

TUGAS AKHIR

ANALISIS SINTESIS NANOSILIKA BERBAHAN DASAR ABU BAHAN BAKAR MINYAK SAWIT MENGUNAKAN METODE PENGGILINGAN DENGAN VARIASI DURASI WAKTU PENGGILINGAN

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



RANA AUDREY TSABITAH

03011282126083

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

2025

PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rana Audrey Tsabitah

NIM : 03011282126083

Judul : Analisis Sintesis Nanosilika Berbahan Dasar Abu Bahan Bakar Minyak Sawit Menggunakan Metode Penggilingan Dengan Variasi Durasi Waktu Penggilingan.

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, Januari 2025



Rana Audrey Tsabitah

NIM. 03011282126083

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS SINTESIS NANOSILIKA BERBAHAN DASAR ABU BAHAN BAKAR MINYAK SAWIT MENGGUNAKAN METODE PENGGILINGAN DENGAN VARIASI DURASI WAKTU PENGGILINGAN

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik

Oleh:

RANA AUDREY TSABITAH

03011282126083

Palembang, Januari 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



HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Tugas Akhir ini dengan judul “Analisis Sintesis Nanosilika Berbahan Dasar Abu Bahan Bakar Minyak Sawit Menggunakan Metode Penggilingan Dengan Variasi Durasi Waktu Penggilingan” yang disusun oleh Rana Audrey Tsabitah, NIM. 03011282126083 telah dipertahankan di depan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 23 Januari 2025.

Palembang, 23 Januari 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. Bimo Brata Adhitya, S.T., M.T.
NIP. 198103102008011010

()

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 : Rana Audrey Tsabitah

NIM : 03011282126083

Judul : Analisis Sintesis Nanosilika Berbahan Dasar Abu Bahan Bakar Minyak Sawit Menggunakan Metode Penggilingan Dengan Variasi Durasi Waktu Penggilingan.

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, Januari 2025



Rana Audrey Tsabitah
NIM. 03011282126083

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama Lengkap : Rana Audrey Tsabitah
Jenis Kelamin : Perempuan
E-mail : audreyranaa@gmail.com

Riwayat Pendidikan:

Nama Sekolah	Fakultas	Jurusan	Pendidikan	Masa
SD NEGERI 18 MUARA ENIM	-	-	SD	2009 - 2015
SMP NEGERI 1 MUARA ENIM	-	-	SMP	2015 - 2018
SMA NEGERI 1 MUARA ENIM	-	IPA	SMA	2018 - 2021
Universitas Sriwijaya	Teknik	Teknik Sipil	S1	2021-2025

Demikian Riwayat hidup penulis yang dibuat dengan sebenarnya.

Dengan Hormat,



Rana Audrey Tsabitah
03011282126083

RINGKASAN

ANALISIS SINTESIS NANOSILIKA BERBAHAN DASAR ABU BAHAN BAKAR MINYAK SAWIT MENGGUNAKAN METODE PENGGILINGAN DENGAN VARIASI DURASI WAKTU PENGGILINGAN

Karya Tulis Ilmiah Berupa Tugas Akhir, 23 Januari 2025

Rana Audrey Tsabitah; Dibimbing oleh Dr. Ir. Arie Putra Usman, S.T., M.T.

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

xx + 56 halaman, 46 gambar, 12 tabel,

Nanosilika merupakan silika yang berukuran nano yaitu berkisar 1-100 nm dan memiliki fungsi untuk meningkatkan kuat tekan beton. Nanosilika dapat dihasilkan dengan proses ekstraksi dari limbah abu bahan bakar minyak sawit. Material yang digunakan pada penelitian ini berupa abu bahan bakar minyak sawit dan *high energy milling* sebagai alat penggiling. Penelitian ini menggunakan variasi waktu penggilingan selama 1, 3, dan 5 jam. 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 lama waktu penggilingan maka akan semakin kecil ukuran dan persentase kristal serta meningkatkan kadar silika di dalam sampel. Berdasarkan pengujian diperoleh bahwa waktu optimum untuk penggilingan pada proses ekstraksi adalah 5 jam yang menghasilkan kemurnian silika $\pm 48\%$ serta ukuran kristal rata-rata sebesar 14,81 nm dengan kristalin sebanyak 2,76% dan amorf sebanyak 97,24%.

Kata kunci: *Nanosilica, palm oil fuel ash, XRD, XRF, SEM*

SUMMARY

ANALYSIS OF NANOSILICA SYNTHESIS BASED ON PALM OIL FUEL ASH USING THE MILLING METHOD WITH VARIATIONS OF MILLING TIME DURATION

Scientific papers in form of Final Projects, January 23rd, 2025

Rana Audrey Tsabitah; Guide by Advisor Dr. Ir. Arie Putra Usman, S.T., M.T.

Civil Engineering, Faculty of Engineering, Sriwijaya University

xx + 56 pages, 46 images, 12 tables

Nanosilica is nano-sized silica, which is around 1-100 nm and has a function to increase the compressive strength of concrete. Nanosilica can be produced by the extraction process from palm oil fuel ash waste. The materials used in this study were palm oil fuel ash and high energy milling as a grinding tool. This study used variations in grinding time for 1, 3, and 5 hours. This study used 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 longer the grinding time, the smaller the size and percentage of crystals and increase the silica content in the sample. Based on the test, it was obtained that the optimum time for grinding in the extraction process was 5 hours which produced a silica purity of $\pm 48\%$ and an average crystal size of 14.81 nm with crystalline as much as 2.76% and amorphous as much as 97.24%.

Keywords: *Nanosilica, palm oil fuel ash, XRD, XRF, SEM*

ANALISIS SINTESIS NANOSILIKA BERBAHAN DASAR ABU BAHAN BAKAR MINYAK SAWIT MENGGUNAKAN METODE PENGGILINGAN DENGAN VARIASI DURASI WAKTU PENGGILINGAN

Rana Audrey Tsabitah¹⁾, Arie Putra Usman²⁾

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

E-mail: audreyranaa@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 ekstraksi dari limbah abu bahan bakar minyak sawit. Material yang digunakan pada penelitian ini berupa abu bahan bakar minyak sawit dan *high energy milling* sebagai alat penggiling. Penelitian ini menggunakan variasi waktu penggilingan selama 1, 3, dan 5 jam. 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 lama waktu penggilingan maka akan semakin kecil ukuran dan persentase kristal serta meningkatkan kadar silika di dalam sampel. Berdasarkan pengujian diperoleh bahwa waktu optimum untuk penggilingan pada proses ekstraksi adalah 5 jam yang menghasilkan kemurnian silika $\pm 48\%$ serta ukuran kristal rata-rata sebesar 14,81 nm dengan kristalin sebanyak 2,76% dan amorf sebanyak 97,24%.

Kata kunci: *Nanosilica, palm oil fuel ash, XRD, XRF, SEM*

Palembang, Januari 2025
Dosen Pembimbing I,


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



ANALYSIS OF NANOSILICA SYNTHESIS BASED ON PALM OIL FUEL ASH USING THE MILLING METHOD WITH VARIATIONS OF MILLING TIME DURATION

Rana Audrey Tsabitah¹⁾, Arie Putra Usman²⁾

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

E-mail: audreyranaa@gmail.com

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

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

Abstract

Nanosilica is nano-sized silica, which is around 1-100 nm and has a function to increase the compressive strength of concrete. Nanosilica can be produced by the extraction process from palm oil fuel ash waste. The materials used in this study were palm oil fuel ash and high energy milling as a grinding tool. This study used variations in grinding time for 1, 3, and 5 hours. This study used 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 longer the grinding time, the smaller the size and percentage of crystals and increase the silica content in the sample. Based on the test, it was obtained that the optimum time for grinding in the extraction process was 5 hours which produced a silica purity of $\pm 48\%$ and an average crystal size of 14.81 nm with crystalline as much as 2.76% and amorphous as much as 97.24%.

Keywords: Nanosilica, palm oil fuel ash, XRD, XRF, SEM

Palembang, Januari 2025
Dosen Pembimbing I,



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

Mengetahui/Menyetujui
Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan,



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

x

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 Abu Bahan Bakar Minyak Sawit Menggunakan Metode Penggilingan Dengan Variasi Durasi Waktu Penggilingan**”. 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, S.E. M.Si., selaku Rektor Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IPM, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
3. Ibu Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T., 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 Dr. Ir. Yulindasari S.T., M.Eng., IPM., ASEAN Eng. selaku dosen pembimbing akademik yang selalu memberikan arahan.
6. Dosen-dosen serta staf Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Sriwijaya yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Untuk yang tersayang, kedua orang tua penulis, Ayah dan Bunda yang selalu menjadi penyemangat serta selalu memberikan doa, kasih sayang, dukungan dan motivasi dengan penuh cinta terhadap semua proses yang penulis lakukan sehingga penulis mampu menyelesaikan studi hingga akhir.
8. Teruntuk saudara tercinta, Kak Puput, Dek Randza, dan Abang Adin yang selalu ada dalam situasi apapun dan dalam kondisi apapun serta selalu memberikan dukungan yang tulus kepada penulis sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir ini.

9. Sahabat penulis, Arlika Sarry yang telah kebersamai sejak awal masa perkuliahan serta banyak membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
10. Sahabat penulis, Afifah, Tamara, Winda dan Nanda. Terimakasih telah kebersamai sejak awal masa perkuliahan, mengisi keseharian penulis di kampus dan selalu menjadi pendengar yang baik untuk penulis.
11. Teman-teman seperjuangan tugas akhir dan rekan-rekan angkatan 2021 lainnya yang telah memberikan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
12. Terakhir, terima kasih untuk diri sendiri, karena telah mampu berusaha keras dan berjuang sejauh ini. Mampu mengendalikan diri dari berbagai tekanan diluar keadaan dan tak pernah memutuskan menyerah sesulit apapun proses, ini merupakan pencapaian yang patut dibanggakan untuk diri sendiri.

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, Januari 2025

Rana Audrey Tsabitah

DAFTAR ISI

PERNYATAAN INTEGRITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	viii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT.....	x
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL.....	xviii
DAFTAR NOTASI.....	xix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Ruang Lingkup	3
1.5 Metode Pengumpulan Data	3
1.6 Rencana Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Nano Teknologi	5
2.1.1 Kelebihan Penggunaan Nano Material Dalam Beton	6
2.1.2 Kekurangan Penggunaan Nano Material Dalam Beton.....	8
2.2 Nano Silika	9
2.3 Proses Sintesis	11
2.4 Abu bahan bakar minyak sawit (POFA).....	12
2.5 Penggilingan dengan mesin <i>High Energy Milling</i>	14
2.6 Pengujian Mikrostruktur.....	16
2.6.1 <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	16

2.6.2 <i>Scanning Electron Microscope (SEM)</i>	17
2.6.4 <i>X-Ray Fluorescence (XRF)</i>	18
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1 Studi Literatur.....	20
3.2 Alur Penelitian.....	20
3.3 Alat dan Bahan	23
3.3.1 Abu bahan bakar minyak sawit (POFA)	23
3.3.2 Timbangan Digital	23
3.3.3 Saringan	23
3.3.4 Sieve Shaker	24
3.3.5 Oven.....	24
3.3.6 <i>Furnace</i>	25
3.3.7 Mesin penggiling <i>High Energy Milling</i>	25
3.3.8 Bola-bola <i>Milling</i>	25
3.3.9 Wadah	26
3.3.10 Plastik <i>Ziplock</i>	26
3.3.11 Alat Pengujian <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	27
3.3.12 Alat Pengujian <i>Scanning Electron Microscope (SEM)</i>	27
3.3.13 Alat Pengujian <i>X-Ray Fluorescence (XRF)</i>	27
3.4 Tahapan Pengujian.....	28
3.4.1 Tahap 1	28
3.4.2 Tahap 2.....	28
3.4.3 Tahap 3.....	28
3.4.4 Tahap 4.....	29
3.4.5 Tahap 5.....	30
3.4.6 Tahap 6.....	30
3.4.7 Tahap 7.....	30
3.4.8 Tahap 8.....	31
3.4.9 Tahap 9.....	32
3.4.10 Tahap 10.....	32
3.4.11 Tahap 11.....	33
3.4.12 Tahap 12.....	38
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	40

4.1 Pengujian Mikrostruktur.....	40
4.1.1 X-ray fluorescence (XRF)	40
4.1.2 X-Ray Diffraction (XRD).....	42
4.1.3 <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM)	53
BAB 5 PENUTUP	55
5.1 Kesimpulan.....	55
5.2 Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem beton rekayasa nano	7
Gambar 2.2 : SEM Beton OPC & SEM Beton Nano Silika.	10
Gambar 2.3 Dua Jenis Pendekatan dalam fabrikasi nanopartikel: Top-Down dan Bottom-up	11
Gambar 2.4 Proses tumbukan antara bubuk dan bola pada saat proses milling ...	14
Gambar 2.5 Skema gerakan bola dan serbuk dalam tabung jar pada saat proses milling	15
Gambar 2.6 Hasil XRD Nano Pofa	17
Gambar 2.7 Gambar SEM Nano Pofa.....	18
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	22
Gambar 3.2 Abu bahan bakar minyak sawit (POFA).....	23
Gambar 3.3 Timbangan Digital.....	23
Gambar 3.4 Saringan.....	24
Gambar 3.5 Sieve Shaker.....	24
Gambar 3.6 Oven	24
Gambar 3.7 Furnace	25
Gambar 3.8 Mesin high energy <i>milling</i>	25
Gambar 3.9 Bola-bola <i>milling</i>	26
Gambar 3.10 Wadah.....	26
Gambar 3.11 Plastik <i>Ziplock</i>	26
Gambar 3.12 Alat Uji XRD.....	27
Gambar 3.13 Alat Uji SEM.....	27
Gambar 3.14 Alat Uji XRF	27
Gambar 3.15 Mengoven abu bahan bakar minyak sawit (POFA)	28
Gambar 3.16 Menyaring abu bahan bakar minyak sawit (POFA)	29
Gambar 3.17 Memfurnace abu bahan bakar minyak sawit (POFA)	29
Gambar 3.18 Foto sebelum dan sesudah proses furnace.....	29
Gambar 3.19 Menimbang abu bahan bakar minyak sawit (POFA)	30
Gambar 3.20 Menimbang bola-bola baja.....	30
Gambar 3.21 Memasukan material kedalam alat HEM.....	31
Gambar 3.22 <i>Setting</i> waktu <i>On-Off</i>	31

Gambar 3.23 Foto sebelum dan sesudah <i>milling</i>	32
Gambar 4.1 Hasil uji XRD keberadaan senyawa pada sample variasi durasi penggilingan 1 jam.....	43
Gambar 4.2 Hasil uji XRD keberadaan senyawa pada sampel variasi durasi penggilingan 3 jam.....	43
Gambar 4.3 Hasil uji XRD keberadaan senyawa pada sampel variasi durasi penggilingan 5 jam.....	44
Gambar 4.4 Hasil XRD variasi durasi penggilingan 1 jam.....	44
Gambar 4.5 Hasil XRD variasi durasi penggilingan 3 jam.....	45
Gambar 4.6 Hasil XRD variasi durasi penggilingan 5 jam.....	45
Gambar 4.7 Hasil perhitungan luas area titik puncak dengan variasi durasi waktu 1 jam penggilingan.....	46
Gambar 4.8 Grafik luas area titik puncak dengan variasi durasi waktu 1 jam penggilingan.....	47
Gambar 4.9 Hasil perhitungan luas area total dengan variasi durasi waktu 1 jam penggilingan.....	47
Gambar 4.10 Hasil perhitungan luas area titik puncak dengan variasi durasi waktu 3 jam penggilingan.....	48
Gambar 4.11 Grafik luas area titik puncak dengan variasi durasi waktu 3 jam penggilingan.....	48
Gambar 4.12 Hasil perhitungan luas area total dengan variasi durasi waktu 3 jam penggilingan.....	49
Gambar 4.13 Hasil perhitungan luas area titik puncak dengan variasi durasi waktu 5 jam penggilingan.....	49
Gambar 4.14 Grafik luas area titik puncak dengan variasi durasi waktu 5 jam penggilingan.....	50
Gambar 4.15 Hasil perhitungan luas area total dengan variasi durasi waktu 5 jam penggilingan.....	50
Gambar 4.16 Foto SEM hasil penggilingan, (a) durasi 1 jam, (b) durasi 3 jam, dan (c) durasi 5 jam.....	53

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kelebihan nano material dan keuntungan aplikasinya di Industri Konstruksi	8
Tabel 2.2 Kandungan Abu bahan bakar minyak sawit (POFA)	13
Tabel 2.3 Kuat tekan masing-masing campuran pada umur berbeda.....	14
Tabel 2.4 Pengaruh waktu dalam proses sintesis menggunakan shaker milling terhadap ukuran partikel.....	16
Tabel 2.5 Hasil XRF Nano Pofa.....	18
Tabel 4.1. Hasil XRF penggilingan durasi 1 jam	40
Tabel 4.2. Hasil XRF penggilingan durasi 3 jam	41
Tabel 4.3. Hasil XRF penggilingan durasi 5 jam	41
Tabel 4.4. Hasil perhitungan ukuran kristal variasi durasi waktu 1 jam penggilingan.....	51
Tabel 4.5. Hasil perhitungan ukuran kristal variasi durasi waktu 3 jam penggilingan.....	51
Tabel 4.6. Hasil perhitungan ukuran kristal variasi durasi waktu 5 jam penggilingan.....	51
Tabel 4.7. Perbandingan nilai kristalin, amorf dan ukuran kristal	52

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

Perkembangan infrastruktur di seluruh dunia mendorong kemajuan pesat dalam pembangunan konstruksi, dengan beton menjadi bahan yang paling banyak diminati. Namun, beton yang digunakan sebagai bahan utama pada bangunan membutuhkan campuran semen sebagai bahan pengikat, pembuatan semen yang terdiri dari bahan alami seperti kapur, tanah liat, dan serpih yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan, karena pembuatan semen itu sendiri mengeluarkan karbon dioksida dalam jumlah besar. Oleh karena itu, mencampurkan material lain dalam pembuatan beton saat ini sangat penting dilakukan untuk mengurangi pencemaran lingkungan. Salah satu material yang dapat digunakan adalah material nano.

Material nano adalah bahan yang memiliki struktur dan sifat yang sangat berbeda dibandingkan dengan material biasa karena ukurannya yang sangat kecil. Bahan ini memiliki dimensi dalam rentang skala nano, biasanya antara 1 hingga 100 nanometer. Material yang paling banyak dan umum digunakan adalah nano silika. Nano silika adalah bentuk silika (SiO_2) dengan ukuran partikel yang sangat kecil, biasanya di bawah 100 nanometer. Dengan ukuran yang sangat kecil, nano silika memiliki sifat fisik dan kimia yang berbeda dibandingkan dengan silika dalam bentuk makro atau mikro. Penggunaan nano silika dalam beton dapat memberikan berbagai keuntungan, termasuk peningkatan kekuatan dan durabilitas beton. Penggunaan nano silika dalam campuran beton biasanya melibatkan penambahan dalam jumlah kecil, seringkali antara 1% hingga 5% dari berat semen. Ini karena nano silika sangat reaktif dan efisien, sehingga jumlah kecil sudah cukup untuk memberikan efek signifikan pada sifat-sifat beton.

Pencemaran lingkungan yang menjadi permasalahan saat ini sangat memengaruhi kehidupan sehari-hari, salah satunya disebabkan oleh abu hasil pembakaran minyak sawit, yang dikenal dengan sebutan Palm Oil Fuel Ash (POFA). Limbah POFA yang semakin menumpuk dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Dengan banyaknya limbah POFA yang dapat mencemari

lingkungan di era modern saat ini, daur ulang adalah cara yang dapat dilakukan karena memiliki keunggulan dari segi ekonomi dan lingkungan.

Permasalahan limbah POFA yang semakin banyak dan penggunaan semen yang berlebihan saat ini dapat memengaruhi keadaan lingkungan . Oleh karena itu, memvariasi kan pembuatan campuran beton saat ini sangat penting dilakukan untuk mengurangi pencemaran lingkungan seperti menambahkan limbah POFA dalam bentuk nano yang akan diolah sehingga menghasilkan nano silika yang berasal dari proses sintesis. Pemanfaatan POFA terbukti meningkatkan sifat mekanik dan perilaku ketahanan beton seperti meningkatkan kekuatan, ketahanan permukaan dan permeabilitas air pada beton. Selain dapat dimanfaatkan sebagai campuran beton, POFA juga dapat digunakan untuk stabilisasi tanah.

Untuk mengolah limbah POFA sehingga menjadi nano silika dapat dilakukan menggunakan metode penggilingan dengan variasi waktu karena durasi waktu dapat mempengaruhi ukuran partikel. Maka dari itu, untuk membuat campuran beton yang ramah lingkungan serta untuk mengurangi pencemaran lingkungan pada industri konstruksi modern saat ini dilakukan penelitian tentang proses sintesis nano silika berbahan dasar limbah POFA sebagai campuran beton menggunakan metode penggilingan dengan variasi durasi waktu penggilingan.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah bagaimana proses sintesis nano silika berbahan dasar abu bahan bakar minyak sawit menggunakan metode penggilingan dengan variasi durasi waktu penggilingan, serta bagaimana pengaruh variasi durasi waktu penggilingan terhadap kualitas nano silika yang dihasilkan.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui proses sintesis nano silika berbahan dasar abu bahan bakar minyak sawit menggunakan metode penggilingan dengan variasi durasi waktu penggilingan, serta mengetahui pengaruh variasi durasi waktu penggilingan terhadap kualitas nano silika yang dihasilkan.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Abu bahan bakar minyak sawit yang lolos saringan berukuran 200 mesh.
2. Kecepatan yang digunakan dalam proses sintesis abu bahan bakar minyak sawit adalah 1450 rpm.
3. Waktu yang digunakan dalam proses sintesis abu bahan bakar minyak sawit adalah 1 jam, 3 jam, dan 5 jam.
4. Mesin *high energy milling* sebagai alat penggiling untuk proses sintesis.
5. Oven untuk pengeringan abu bahan bakar minyak sawit dengan suhu 100°C.
6. *Furnace* untuk pembakaran abu bahan bakar minyak sawit dengan suhu 200°C.
7. Berat abu bahan bakar minyak sawit yang disintesis 3 gram.
8. Analisis mikrostruktur menggunakan pengujian *X-ray diffraction (XRD)*, *Scanning Electron Microscope (SEM)*, dan *X-Ray Fluorescence (XRF)*.

1.5 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dalam Tugas Akhir yang membahas sintesis nano silika berbahan dasar abu bahan bakar minyak sawit dengan variasi durasi waktu penggilingan menggunakan dua metode, yaitu :

1. Data Primer

Dalam tugas akhir ini, data primer diperoleh langsung melalui pengujian yang dilakukan di laboratorium serta hasil bimbingan langsung dari dosen pembimbing.

2. Data Sekunder

Data sekunder dalam tugas akhir ini diperoleh secara tidak langsung dari objek penelitian dan informasi yang ditemukan melalui sumber-sumber bacaan di internet. Data sekunder tersebut berupa studi pustaka yang digunakan sebagai referensi yang relevan dengan topik penelitian.

1.6. Rencana Sistematika Penulisan

Berikut adalah rencana sistematika penulisan pada laporan tugas akhir yang membahas sintesis nano silika dari abu bahan bakar minyak sawit dengan variasi durasi waktu penggilingan :

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini mencakup latar belakang tugas akhir, rumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, metode pengumpulan data, serta sistematika penulisan dalam tugas akhir.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi kajian literatur yang digunakan dalam tugas akhir, yang memberikan penjelasan teori dari pustaka dan literatur mengenai definisi sintesis nano silika berbasis abu bahan bakar minyak sawit dengan variasi durasi waktu penggilingan.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas mengenai bahan dan alat uji yang digunakan dalam tugas akhir, serta pelaksanaan penelitian yang mencakup proses sintesis nano silika berbahan dasar abu bahan bakar minyak sawit dengan variasi durasi waktu penggilingan.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi hasil pengolahan data yang diperoleh dari pengujian laboratorium mengenai sintesis nano silika berbahan dasar abu bahan bakar minyak sawit dengan variasi durasi waktu penggilingan.

BAB 5 PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari penelitian tugas akhir yang dapat digunakan untuk keperluan di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Rahman Mohd Sam, Jamilu Usman & Salihuddin Radin Sumadi (2017) “Properties of binary and ternary blended cement mortars containing palm oil fuel ash and metakaolin, *Journal of the Chinese Institute of Engineers*”, 40:2, 170-178, DOI: 10.1080/02533839.2017.1287594
- Amira Maryam Md Sukaimi, Raja Nurul Afiqah Raja Zulkefli, Haryati Yaacob et al, (2018). “Effect of grinding period on physical properties of modified bitumen using palm oil fuel ash (POFA)”.
- Arole and S.V. Munde. 2014, *Fabrication of Nanomaterials by Top-Down and Bottom-up Approaches – An Overview, Journal Of Advances in Applied Sciences and Technology*.
- Clunan, Anne. et al. 2014. *Nanotechnology in A Globalized World Strategic Assessments of An Emerging Technology*. Muntery: Naval Postgraduate School.
- Devi Oktorina, Natalina. (2018). *Penggunaan Cangkang Kelapa Sawit Untuk Bata Beton Ringan*.
- Gengying Li. 2004, *Properties of High-Volume Fly Ash Concrete Incorporating Nano-SiO₂*.
- Gunawan, I., Yusuf, S., Sudirman, dan Pudiastutik, W. 2011. Efek Waktu Milling Terhadap Karakterisasi Partikel Kapur Alam Dengan Menggunakan X-Ray Diffraction. *Jurnal Kimia Kemasan*, Vol. 33 No. 1.
- Gusni Vitri, Hazmal Herman;. (2019). *Pemanfaatan Limbah Kelapa Sawit Sebagai Material Tambahan Beton* .
- Hassan Wan Nur Firdaus Wan, Mohamed A. Ismail b,c,, Han-Seung Lee d , Mohammed Seddik Meddah e , Jitendra Kumar Singh d , Mohd Warid Hussin f , Mohammad Ismail f. (2020). ”Mixture optimization of high-strength blended concrete using central composite design”.
- Hassan Wan Nur Firdaus Wan, Mohamed A. Ismail¹ , Hanseung Lee , Mohd Warid Hussin³ , Mohammad Ismail³ and Jitendra Kumar Singh⁴, “Utilization of nano agricultural waste to improve the workability and early strength of concrete”, Vol. 8, No. 4, 316-331, 2017.

- Hassan Wan Nur Firdaus Wan. (2019). "Engineering Properties of High Strength Blended Concrete Enhanced with Nano POFA".
- Jamilu Usman a, Abdul Rahman Mohd Sam, (2017). "Acid resistance of palm oil fuel ash and metakaolin ternary blend cement mortar".
- Januar Dwi Nugroho. (2020) "Pengaruh Waktu Dalam Proses Sintesis Dengan Shaker Milling Terhadap Ukuran Partikel Kaolin"
- Jenkin, R., Gould, R. W. dan Dale, G. 1995. Quantitative X-Ray Spectrometry, 2nd Edition. Marcel Dekker. New York. 13-18.
- Kumar Abhishek, Manish Pratap Sing, "Effects and Challenges of Application of Nano Materials In Concrete: A Brief Review", Vol. 5, June 2019.
- Liew Yu Xuan, Ramadhansyah Putra Jaya, Siew Choo Chin, "Suitability of Using LA Abrasion Machine for the Nano Manufacturing of Palm Oil Fuel Ash and Incorporating in Mortar Mixture" ,Vol. 18, 2023.
- Mashri.M.O.M, Megat Azmi Johari, Zainal Arifin Ahmad, M.J.A. Mijarsh, "Influence of milling process of palm oil fuel ash on the properties of palm oil fuel ash-based alkali activated mortar", 2022.
- Mayasari, Oktaviana Dyah, et al. "Metode Ball Milling untuk Fabrikasi dan Modifikasi Struktur Nanomaterial (Ball Milling Method for Nanomaterial Fabrication and Structures Modification)." Welcome Speech from Committee and Head of Chemistry: 8. (2016).
- Mostafa Khanzadi, "Influence of Nano-Silica Particles on Mechanical Properties and Permeability of Concrete", Second International Conference on Sustainable Construction Materials and Technologies, June 28 - June 30, 2010.
- Mursal, Iin Lidia Putama. "Karakterisasi XRD Dan SEM Pada Material Nanopartikel Serta Peran Material Nanopartikel Dalam Drug Delivery System." Pharma Xplore: Jurnal Sains dan Ilmu Farmasi 3.2 (2018).
- R N A Raja Zulkefli1 , H Yaacob1 , R Putra Jaya1 , M N M Warid1 , N Hassan1 , M R Hainin1 and M K Idham, (2017). "Effect of different sizes of palm oil fuel ash (POFA) towards physical properties of modified bitumen".

- Rachmad Almi Putra, T. Andi Fadly, Muhammad Yakob, Desy Monica, Vina Asmara, Adi Rahwanto, Zulkarnain Jalil. (2022). "Nanomaterial Sintesis Dan Analisis".
- Rajak Mohd Azrul Abdul, Zaiton Abdul Majid¹, Mohammad Ismail. (2015). "Physicochemical characterizations of nano-palm oil fuel ash".
- S.N. Chinnu ^a , S.N. Minnu ^b , A. Bahurudeen ^b, R. Senthilkumar, (2020). "Influence of palm oil fuel ash in concrete and a systematic comparison with widely accepted fly ash and slag: A step towards sustainable reuse of agro-waste ashes".
- Simanjuntak, B. A., dan Purwaningsih, H. 2012. Pengaruh Kecepatan Milling Terhadap Perubahan Struktur Mikro Komposit Mg/Al₃Ti. Jurnal Teknik ITS. Vol. 1, No. 1 (Sept. 2012) ISSN: 2301-9271
- Siregar Shinta Marito Siregar, Syahrul Humaidi, Nurdin Bukit, Erna Frida, "Palm Oil Fuel Ash and Fly Ash for a Partial Replacement of Cement in High-Quality, Environmentally Friendly Mortar as a Solution to Industrial Waste", Vol. 9, No.1, 2024.
- Sofyanto, Sunarti, Y.Utubira. (2022). "Sintesis Zeolit Dari Abu Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Adsorben Untuk Menurunkan Kadar BOD Dan COD" .
- Suryanarayana, C. 2001. Mechanical alloying and milling, Progress in Materials Science 46 (2001) 1-184.
- Toozandehjani, M., Matori, K. A., dan Ostovan, F. 2017 'Effect of Milling Time on the Microstructure, Physical and Mechanical Properties of Al-Al₂O₃ Nanocomposite Synthesized by Ball Milling and Powder Metallurgy', Materials, 10(11), p. 1232. doi: 10.3390/ma10111232.
- Zainudin Azlan, Chee Kiong Sia, Pauline Ong, Narong Oh Lai Ching, Nik Hisyamudin Muhd Nor, "Potential of Palm Oil Fuel Ash (POFA) Layers as Secondary Raw Material in Porcelain Stoneware Application", Vol. SI 2 (2), PP, 2017.