

# **SKRIPSI**

## **PENGARUH WAKTU *BALL MILLING* TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIK KOMPOSIT ALUMINIUM-GRAFIT-ABU TERBANG**



Oleh:

**ADLI JANISYAFUTRA**

**03051382025118**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2024**

# SKRIPSI

## PENGARUH WAKTU *BALL MILLING* TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIK KOMPOSIT ALUMINIUM-GRAFIT-ABU TERBANG

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana  
Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya



OLEH

ADLI JANISYAFUTRA

03051382025118

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2024

# HALAMAN PENGESAHAN

## PENGARUH WAKTU *BALL MILLING* TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIK KOMPOSIT ALUMINIUM-GRAFIT-ABU TERBANG

### SKRIPSI

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin  
Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh:

**ADLI JANISYAFUTRA**

**03051382025118**

Palembang, Desember 2024

Diperiksa dan disetujui oleh

**Pembimbing Skripsi**

Mengetahui,

**Ketua Jurusan Teknik Mesin**



**Prof. Amir Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D.**  
NIP. 197909272003121004



**Qomarul Hadi, S.T., M.T.**

NIP. 196902131995031001

## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Seminar Skripsi ini dengan judul “Pengaruh Waktu *Ball Milling* Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanik Komposit Alumunium-Grafit-Abu Terbang” telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Sriwijaya pada tanggal 12 Desember 2024.

Palembang, 12 Desember 2024

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi

Ketua Penguji :

1. Gunawan, S.T., M.T


NIP. 197705072001121001

(.....)

Anggota :

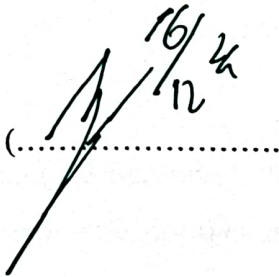
2. Prof. Dr. Ir. Nukman, M.T

NIP. 195903211987031001

(.....)


3. Agung Mataram, S.T., M.T., Ph.D

NIP. 197901052003121002


(.....)

  
Ketua Jurusan Teknik Mesin  
Prof. Amir Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D.  
NIP. 197909272003121004

Pembimbing

  
Qomarul Hadi, S.T., M.T.  
NIP. 196902131995031001

JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Agenda No : 2.8/HM/AK/2024  
Diterima Tanggal : 30 Desember 2024  
Paraf : 

## SKRIPSI

NAMA : ADLI JANISYAFUTRA  
NIM : 03051382025118  
JURUSAN : TEKNIK MESIN  
JUDUL SKRIPSI : PENGARUH WAKTU *BALL MILLING*  
*TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIK*  
*KOMPOSIT ALUMINIUM-GRAFIT-ABU*  
DIBUAT TANGGAL : 05 MEI 2024  
SELESAI TANGGAL : 12 DESEMBER 2024

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Mesin



Prof. Amir Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D.

NIP. 197909272003121004

Palembang, 20 Desember 2024

Diperiksa dan disetujui oleh  
Pembimbing Skripsi



Qomarul Hadi, S.T., M.T.

NIP. 196902131995031001

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT, atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan baik yang berjudul **“Pengaruh Waktu Ball Milling Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Komposit Alumunium-Grafit-Abu Terbang”**.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya. Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis tidak bekerja sendiri, melainkan mendapatkan bantuan serta dukungan dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung.

Oleh karena itu, pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah memberikan bantuan, di antaranya:

1. Terimakasih kepada ayah saya, Edy Syarifudin dan ibu Eni yang telah mendukung saya selama penyusunan skripsi ini.
2. Terimakasih kepada Ketua Jurusan bapak Prof. Amir Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D. Serta dosen-dosen dan staff Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya yang telah membekali saya dengan ilmu yang bermanfaat sebelum menyusun skripsi ini.
3. Terimakasih kepada bapak Qomarul Hadi, S.T, M.T yang merupakan pengajar sekaligus dosen pembimbing saya.
4. Terimakasih kepada teman-teman seperjuangan yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu.

Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi dalam dunia Pendidikan dan industri.

Palembang, Desember 2024



Adli Janisyafutra  
NIM 03051382025118

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Adli Janisyafutra

NIM : 03051382025118

Judul : Pengaruh Waktu *Ball Milling* Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanik Komposit  
Alumunium-Grafit-*Fly Ash*

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (*corresponding author*).

Demikian pernyataan saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari pihak manapun.

Palembang, Desember 2024



Adli Janisyafutra

NIM. 03051382025118

## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Adli Janisyafutra

NIM : 03051382025118

Judul : Pengaruh Waktu *Ball Milling* Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanik Komposit Alumunium-Grafit-*Fly Ash*

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

Demikian pernyataan saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari pihak manapun.



Palembang, Desember 2024



Adli Janisyafutra

NIM. 03051382025118



## RINGKASAN

### PENGARUH WAKTU *BALL MILLING* TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIK KOMPOSIT ALUMINIUM-GRAFIT-ABU TERBANG

Karya Tulis Ilmiah berupa skripsi, Desember 2024

Adli Janisyafutra, dibimbing oleh Qomarul Hadi S.T., M.T.

xxx + 71 halaman, 11 tabel, 27 gambar, 9 lampiran

#### RINGKASAN

Material komposit adalah material yang terdiri dari dua atau lebih jenis material berbeda yang digabungkan. Terdapat dua komponen utama: matriks dan penguat (*reinforcement*). Matriks bertindak sebagai bahan dasar, sedangkan penguat memperkuat matriks. Kombinasi ini mempengaruhi sifat-sifat komposit seperti kekuatan, modulus elastisitas, dan sifat mekanik lainnya. Pemilihan material penguat yang tepat sangat penting untuk meningkatkan atau memperbaiki sifat matriks dan mencapai karakteristik yang diinginkan dalam material komposit. Pada penelitian ini, pembuatan material komposit dengan matriks aluminium yang diperkuat dengan grafit dan abu terbang (*fly ash*) menggunakan proses metalurgi serbuk. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh waktu *ball milling* terhadap distribusi komponen, densitas, porositas, kekerasan, dan struktur mikro komposit. Penelitian ini menggunakan variasi waktu *ball milling* selama 10, 30, 60, dan 90 menit untuk menentukan waktu optimal yang menghasilkan sifat mekanik terbaik. Matriks aluminium digunakan dengan fraksi volume 87,5%, sedangkan grafit dan *fly ash* masing-masing 2,5% dan 10%. Pengujian dilakukan terhadap densitas dan porositas menggunakan metode Archimedes, pengujian kekerasan dengan metode Rockwell, serta analisis struktur mikro menggunakan *Scanning Electron Microscopy (SEM)*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan waktu *ball milling* memengaruhi homogenitas campuran serbuk, distribusi partikel, dan sifat mekanik komposit. Pada waktu *ball milling* 90 menit, komposit menunjukkan densitas tertinggi dengan nilai  $2,44877 \text{ g/cm}^3$ , porositas

terendah dengan nilai 7,56829699%, dan kekerasan optimal dengan nilai 44,6 HRB. Pengamatan menggunakan SEM menunjukkan distribusi partikel yang lebih merata pada waktu ini, yang berkontribusi terhadap peningkatan kekuatan material. Kesimpulannya, waktu ball *milling* memiliki pengaruh signifikan terhadap sifat fisik dan mekanik komposit aluminium-grafit-abu terbang. Variasi waktu *ball milling* 90 menit adalah kondisi optimal untuk mencapai sifat material terbaik, dengan kombinasi densitas tinggi, porositas rendah, dan kekerasan maksimal. Penelitian ini menunjukkan potensi besar material komposit berbasis aluminium sebagai alternatif material ringan yang ramah lingkungan dengan aplikasi luas di industri otomotif dan dirgantara. Manfaat penelitian ini meliputi optimalisasi proses metalurgi serbuk, pemanfaatan limbah abu terbang sebagai bahan penguat, dan kontribusi terhadap pengembangan material inovatif untuk kebutuhan industri masa depan.

Kata Kunci : *Ball Milling*, komposit aluminium, grafit, abu terbang

Kepustakaan : 33 (2002-2023)

## SUMMARY

### THE EFFECT OF BALL MILLING TIME ON THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES COMPOSITE ALUMINIUM-GRAPHITE-FLY ASH

Scientific Writing in the form of a thesis, December 2024

Adli Janisyafutra, supervised by Qomarul Hadi S.T., M.T.

xxx + 71 pages, 11 tables, 27 figures, 9 appendices

#### SUMMARY

Composite materials are materials consisting of two or more different types of materials combined. There are two main components: matrix and reinforcement. The matrix acts as the base material, while the reinforcement strengthens the matrix. This combination affects the properties of the composite such as strength, elastic modulus, and other mechanical properties. The selection of the right reinforcement material is very important to improve or repair the properties of the matrix and achieve the desired characteristics in the composite material. In this study, the manufacture of composite materials with an aluminum matrix reinforced with graphite and fly ash using a powder metallurgy process. The purpose of this study was to analyze the effect of ball milling time on the distribution of components, density, porosity, hardness, and microstructure of the composite. This study used variations in ball milling time for 10, 30, 60, and 90 minutes to determine the optimal time that produces the best mechanical properties. The aluminum matrix was used with a volume fraction of 87.5%, while graphite and fly ash were 2.5% and 10%, respectively. Tests were conducted on density and porosity using the Archimedes method, hardness testing using the Rockwell method, and microstructure analysis using Scanning Electron Microscopy (SEM). The results showed that increasing the ball milling time affected the homogeneity of the powder mixture, particle distribution, and mechanical properties of the composite. At a ball milling time of 90 minutes, the composite showed the highest density with a value

of  $2.44877 \text{ g/cm}^3$ , the lowest porosity with a value of 7.56829699%, and optimal hardness with a value of 44.6 HRB. Observations using SEM showed a more even particle distribution at this time, which contributed to the increase in material strength. In conclusion, the ball milling time has a significant effect on the physical and mechanical properties of aluminum-graphite-fly ash composites. The variation of the ball milling time of 90 minutes is the optimal condition to achieve the best material properties, with a combination of high density, low porosity, and maximum hardness. This study shows the great potential of aluminum-based composite materials as an alternative environmentally friendly lightweight material with wide applications in the automotive and aerospace industries. The benefits of this research include optimization of powder metallurgy processes, utilization of fly ash waste as a reinforcing material, and contribution to the development of innovative materials for future industrial needs.

Keywords : Ball Milling, aluminum composite, graphite, fly ash

Literature : 33 (2002-2023)

## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
KATA PENGANTAR .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	vi
RINGKASAN .....	vi
SUMMARY .....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1    Latar Belakang.....	1
1.2    Rumusan Masalah.....	3
1.3    Ruang Lingkup Penelitian .....	3
1.4    Tujuan Penelitian .....	4
1.5    Manfaat Penelitian .....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1    Material Komposit.....	5
2.2    Material Penguat Penyusun Komposit.....	6
2.2.1    Penguat Komposit Partikel ( <i>Particulate Composite</i> ).....	6
2.2.2    Penguat Komposit Serat ( <i>Fiber Composite</i> ).....	7
2.2.3    Penguat Komposit Stuktural .....	8
2.3    Matriks Penyusun Komposit.....	9
2.3.1    Metal Matriks Composite (MMC atau MMC's).....	9
2.3.2    Ceramic Matriks Composite (CMC atau CMC's) .....	10
2.3.3    Polymer Matriks Composite (PMC atau PMC's).....	11
2.4    Material Penyusun Komposit Matriks Alumunium.....	12
2.4.1    Alumunium .....	12

2.4.2	Grafit.....	15
2.4.3	Abu Terbang ( <i>Fly Ash</i> ) .....	16
2.5	Metalurgi Serbuk .....	17
2.5.1	Proses Pencampuran ( <i>Mixing</i> ) .....	18
2.5.2	Proses <i>Ball Milling</i> .....	18
2.5.3	Proses Penekanan ( <i>Compaction</i> ).....	19
2.5.4	Proses <i>Sintering</i> .....	19
2.6	Analisis Karakteristik Pada Komposit Al-Grafit-Abu Terbang .....	21
2.6.1	<i>Scanning Electron Microscopy</i> .....	21
2.6.2	Pengujian Kekerasan.....	22
2.6.3	Pengujian Densitas dan Porositas. ....	22
2.7	Review Penelitian Sebelumnya .....	24
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....</b>		<b>27</b>
3.1	Rancangan Penelitian.....	27
3.2	Alat dan Bahan.....	28
3.2.1	Alat.....	28
3.2.2	Bahan .....	29
3.3	Parameter Uji .....	29
3.4	Prosedur Pembuatan Komposit.....	30
3.4.1	Persiapan Serbuk.....	30
3.4.2	Proses Pencampuran Serbuk.....	31
3.4.3	Proses <i>Ball Milling</i> .....	31
3.4.4	Penekanan ( <i>Compaction</i> ).....	31
3.4.5	Proses <i>Sintering</i> .....	32
3.5	Metode Pengujian Komposit .....	33
3.5.1	<i>Scanning Electron Microscope</i> .....	33
3.5.2	Pengujian Kekerasan Rockwell .....	34
3.5.3	Pengujian Densitas dan Porositas. ....	35
3.6	Hasil Yang Diharapkan.....	36
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>37</b>
4.1	Karakteristik Serbuk .....	37
4.1.1	Alumunium .....	37
4.1.2	Grafit.....	39
4.1.3	Fly-Ash .....	41

4.1.4	Perhitungan Fraksi Volume Material Komposit.....	43
4.2	Manufacture Material Komposit.....	44
4.2.1	Penggilingan Bola Baja ( <i>Ball Milling</i> ) .....	45
4.2.2	Penekanan ( <i>Compaction</i> ).....	47
4.2.3	Sintering.....	48
4.3	Hasil Pengujian Material Komposit.....	49
4.3.1	Pengujian Densitas Dan Porositas Material Komposit .....	49
4.3.2	Pengujian Kekerasan.....	53
4.3.3	<i>Scaning Electron Microscope</i> .....	55
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....		59
5.1	Kesimpulan .....	59
5.2	Saran .....	60
DAFTAR PUSTAKA .....		61
LAMPIRAN.....		64

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Susunan Geometri Dan Spasial Fasa.....	6
Gambar 2.2 Mesin <i>Ball Milling</i> .....	19
Gambar 2.3 <i>Scanning Electron Microscopy</i> .....	22
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian .....	27
Gambar 3.2 Proses <i>Ball Milling</i> .....	31
Gambar 3.3 Cetakan Untuk Membentuk Serbuk .....	32
Gambar 3.4 <i>Scanning Electron Microscope</i> (Abdullah & Mohammed, 2019) .....	34
Gambar 3.5 Alat Uji Kekerasan Rockwell.....	35
Gambar 3.6 Skema Pengujian Densitas .....	36
Gambar 4.1 Serbuk Aluminium (Pembesaran 450x) .....	38
Gambar 4.2 <i>Profil Peak XRD</i> Pada Serbuk Grafit .....	40
Gambar 4.3 Serbuk Grafit (Pembesaran 450x) .....	41
Gambar 4.4 Serbuk <i>Fly Ash</i> (Pembesaran 200x) .....	42
Gambar 4.5 Proses Pencampuran Basah Menggunakan <i>Jar Test Machine</i> .....	44
Gambar 4.6 Penyaringan.....	45
Gambar 4.7 Mesin <i>Ball Milling</i> .....	45
Gambar 4.8 Ukuran Bola Baja .....	46
Gambar 4.9 Struktur Mikro Proses <i>Ball Milling</i> (a) 10 menit, (b) 90 menit .....	46
Gambar 4.10 Penekanan Serbuk Material Komposit.....	47
Gambar 4.11 Alat <i>Furnace</i> .....	49
Gambar 4.12 Perbandingan Densitas <i>Apparent</i> Terhadap Densitas Teoritik .....	52
Gambar 4.13 Grafik Porositas.....	52
Gambar 4.14 Grafik Densitas.....	53
Gambar 4.15 Titik Pengujian .....	54
Gambar 4.16 Grafik Pengujian Kekerasan.....	55
Gambar 4.17 SEM Spesimen 1 Waktu 10 Menit Pembesaran 500x dan 1000x....	56
Gambar 4.18 SEM Spesimen 4 Waktu 90 Menit Pembesaran 500x dan 1000x....	57



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik Alumunium (Bashori Hasan, 2020) .....	13
Tabel 2.2 Sistem penamaan paduan alumunium berdasarkan Alumunium Association (AA) (Sofyan, 2021).....	14
Tabel 2.3 Karakteristik Grafit (Tomo, 2010).....	15
Tabel 2.4 Komposisi Fly Ash Batubara (Hadi, 2018).....	16
Tabel 3. 1 Variasi Waktu <i>Ball Milling</i> .....	28
Tabel 3.2 Alat Proses Penelitian .....	28
Tabel 4.1 Spesifikasi Alumunium Serbuk .....	38
Tabel 4.2 Kondisi Pengukuran Grafit ( <i>Measurement Condition</i> ).....	39
Tabel 4.3 <i>Peak List</i> Hasil XRD Pada Grafit .....	40
Tabel 4.4 Spesifikasi Serbuk Grafit .....	41
Tabel 4.5 Komposisi <i>Fly Ash</i> .....	42
Tabel 4.6 Hasil Densitas Porositas.....	51

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan Densitas Teoritik .....	64
Lampiran 2 Perhitungan Densitas <i>Apparent</i> .....	64
Lampiran 3 Perhitungan Porositas .....	64
Lampiran 4 Data Pengujian Kekerasan <i>Rockwell</i> .....	65
Lampiran 5 Lembar Kartu Bimbingan Skripsi.....	66
Lampiran 6 Hasil Similaritas Skripsi .....	67
Lampiran 7 Surat Pernyataan Bebas <i>Plagiarisme</i> .....	69
Lampiran 8 Surat Keterangan Pengecekan <i>Similarity</i> .....	70
Lampiran 9 Form Cek Format Yang Telah Disetujui .....	71

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Material komposit adalah sistem material yang mengandung dua fase atau lebih yang dicampur tanpa melibatkan reaksi kimia. Sifat-sifat material komposit terbentuk melalui perpaduan sifat-sifat bahan penyusunnya yaitu matriks dan penguat atau pengisi, yang keduanya mempunyai karakteristik yang berbeda. Kombinasi tulangan dan matriks akan mempengaruhi sifat-sifat komposit seperti kekuatan, modulus elastisitas, dan sifat mekanik lainnya. Pemilihan material penguat harus dilakukan secara hati-hati untuk meningkatkan atau memperbaiki sifat-sifat matriks sehingga dapat membentuk material komposit yang optimal (Tjahjanti Prantasi Harmi, 2018).

Aluminium merupakan material logam yang tergolong non-ferro, menunjukkan keunggulan dalam ketahanan terhadap korosi dan ringan. Bahan ini sering digunakan sebagai matriks, dan bila dicampur dengan serbuk besi, menghasilkan komposit aluminium dengan karakteristik mekanik yang unggul sehingga dapat bersaing dengan jenis komposit lainnya (Mastuki dkk, 2021).

Aluminium dalam keadaan murni menunjukkan karakteristik yang menarik, seperti kelembutan, daya tahan, dan ringan. Selain itu, logam ini dapat dibentuk dengan tampilan yang beragam, mulai dari keperakan hingga abu-abu, tergantung pada kekasaran permukaannya. Kekuatan tarik aluminium murni mencapai 90 MPa, sedangkan aluminium paduan memiliki kekuatan tarik berkisar hingga 600 MPa. Dengan berat hanya sepertiga baja, aluminium memfasilitasi proses pembengkokan, pengecoran, penarikan, dan ekstrusi mesin (Bagus dan Majanasastra, 2016).

Grafrit merupakan salah satu dari berbagai alotrop karbon yang dibedakan berdasarkan struktur atomnya, sehingga mempengaruhi sifat fisik dan kimianya. Struktur grafit terdiri dari lapisan atom karbon yang memudahkan pergerakan di

antara mereka. Oleh karena itu, grafit mempunyai tekstur yang halus dan umumnya digunakan pada pensil sebagai "timah". Dengan warna abu-abunya, grafit juga memiliki kemampuan untuk bertindak sebagai konduktor listrik karena delokalisasi elektron antar permukaannya.

Struktur kristal grafit terdiri dari jaringan lapisan beraturan dengan pola pengikatan 6 karbon. Ada juga variasi karbon dalam keadaan amorf dan berbagai keadaan antara amorf dan kristal. Dari segi morfologi, karbon muncul dalam berbagai bentuk, antara lain karbon aktif bubuk, pelumas padat, dan karbon kaca (Sinta Indiarti Nurrohmah, 2019).

Fly ash merupakan produk sampingan dari proses pembakaran bahan bakar, khususnya batu bara. Bahan ini tidak dimanfaatkan dan jika dibiarkan menumpuk dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan. Selain memenuhi kriteria sebagai material pozzolan, fly ash juga memiliki sifat fisik yang baik, seperti porositas rendah dan partikel halus. Partikel fly ash umumnya berbentuk bulat dengan permukaan halus. Perbandingan berat antara fly ash dan bottom ash yang terbentuk berkisar 15-25% dan 75-25% (Hadi dan Zamheri, 2017).

*Ball milling* merupakan proses mekanis yang bertujuan untuk menggiling, mencampur, atau menghaluskan material hingga ukuran partikel yang lebih kecil, bahkan hingga skala nano. Proses ini dilakukan dengan meletakkan material dengan bola-bola penggiling yang keras, seperti baja atau keramik, ke dalam wadah berbentuk silinder. Wadah tersebut kemudian diputar menggunakan motor, sehingga bola-bola di dalamnya bergerak saling bertabrakan dan menghasilkan gaya tumbukan dan gesekan yang efektif untuk memecah material menjadi partikel yang lebih halus. Proses *Ball Milling* merupakan metode yang umum digunakan dalam produksi komposit dengan menggunakan teknik metalurgi serbuk. *Ball milling* menghasilkan distribusi seragam dari partikel pengisi dalam matriks aluminium, sehingga dapat meningkatkan sifat mekanik dan sifat fisik komposit.

Penelitian ini mengenai pengaruh waktu *ball milling* pada komposit aluminium-grafit-abu terbang terhadap sifat mekanik dan sifat fisiknya, karena pengetahuan yang lebih mendalam tentang perubahan sifat-sifat ini dapat memberikan wawasan yang berharga untuk meningkatkan kegunaan dan kinerja komposit tersebut. Berdasarkan hal tersebut, penulis memilih topik untuk tugas

akhir skripsi dengan judul: “Pengaruh Waktu *ball milling* Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Komposit Aluminium-Grafit-Abu Terbang”.

## 1.2 Rumusan Masalah

Penelitian ini salah satu masalah utama adalah bagaimana waktu *ball milling* mempengaruhi ukuran partikel dan distribusi grafit dan *fly ash* dalam matriks aluminium. Selain itu perlu diketahui apakah distribusi komponen-komponen tersebut dapat meningkatkan sifat mekanik material komposit yang dihasilkan. Komposisi campuran aluminium, grafit dan *fly ash* juga menarik untuk dipahami pengaruhnya terhadap sifat fisik seperti densitas dan porositas, serta sifat mekanik seperti kekerasan dan kekuatan tarik.

## 1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini banyak parameter untuk meningkatkan kualitas daripada material komposit tersebut, oleh sebab itu peneliti membatasi ruang lingkup penelitian yang akan dibahas sebagai berikut:

1. Material yang digunakan sebagai berikut:
  - a) Serbuk aluminium sebagai matriks dari komposit material tersebut dibeli di Toko Electronican
  - b) Grafit sebagai penguat dari komposit didapat dari CV. Budach Indonesia
  - c) Abu Terbang (*fly ash*) sebagai penguat komposit didapat dari limbah hasil pembakaran batu bara pembangkit listrik di PT. Pusri
  - d) Zinc Stearate sebagai pelumas dies yang dibeli di Toko Pharmapreneurstore
2. Parameter pembuatan komposit untuk meningkatkan kualitas antara lain:
  - a) Fraksi volume material penyusun komposit Al : Grafit : Abu Terbang (87,5% : 2,5% : 10%)
  - b) Perbandingan serbuk terhadap bola baja ialah 9:1 dengan dengan kecepatan penggilingan bola baja 200 rpm.

- c) Waktu *ball milling* 10 menit, 30 menit, 60 menit, 90 menit.
  - d) Tekanan kompaksi sebesar 140 – 160 Mpa.
  - e) Suhu *Sintering* dijaga selama 60 menit dengan temperatur 580°C.
3. Pengujian yang dilakukan pada material komposit diantaranya :
- a) Pengujian struktur mikro material
  - b) Pengujian densitas dan porositas
  - c) Pengujian kekerasan metode Rockwell
4. Proses pembuatan material komposit pada penelitian ini menggunakan metode metalurgi serbuk

#### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penulis yang dilakukan pada penelitian ini adalah:

1. Menganalisa pengaruh waktu *ball milling* serbuk komposit terhadap sifat mekanik pada komposit alumunium yang berpenguat grafit dan *fly ash* menggunakan proses Metalurgi Serbuk.
2. Menganalisa densitas dan porositas pada material komposit.
3. Menganalisis struktur mikro komposit yang terbentuk.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian yang dilakukan dapat diharapkan dapat memberi manfaat pada penelitian sebagai berikut:

1. Memahami cara pembuatan material komposit dengan matriks aluminium yang diperkuat dengan grafit dan *fly ash* dengan Proses Metalurgi Serbuk.
2. Mengetahui pengaruh dari proses Metalurgi Serbuk.
3. Mengetahui pengaruh waktu *ball milling* pada komposit matriks aluminium berpenguat grafit dan *fly ash* terhadap sifat mekaniknya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ababil, I. Z., & Prasetyo, A. B. (2023). *Variasi Waktu Milling Paduan Serbuk Ni-Fe-Co Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Sebagai Bahan Komponen Otomotif dengan Metode Mechanical Alloy*. 04(01), 41–47.
- Abdullah, A., & Mohammed, A. (2019). Scanning Electron Microscopy (SEM): A Review. *Proceedings of 2018 International Conference on Hydraulics and Pneumatics - HERVEX*, 77–85.
- Bagus, R., & Majanasastra, S. (2016). Analisis Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Hasil Proses Hydroforming Pada Material Tembaga (Cu) C84800 Dan Aluminium Al 6063. Dalam *Jurnal Imiah Teknik Mesin* 4(2), 18-19. <http://ejournal-unisma.net>
- Bashori Hasan. (2020). *Uji Material Aluminium Paduan Dengan Metode Kekerasan Rockwell*.
- Bastwros, M., Kim, G. Y., Zhu, C., Zhang, K., Wang, S., Tang, X., & Wang, X. (2014). Effect of ball milling on graphene reinforced Al6061 composite fabricated by semi-solid sintering. *Composites Part B: Engineering*, 60, 111–118. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2013.12.043>
- Bondan, E. K., & Sofyan, T. (2021). *Pengantar Material Teknik*.
- Hadi, Q. (2018). *Pengaruh Pengadukan Dengan Variasi Simple Padlle Blade Terhadap Kehomogenan Dan Sifat Mekanik Komposit Al-Fly-Ash Dengan Metode Stir Casting Tanpa Pembasahan* 18(2), 85-94.
- Hadi, Q., & Zamheri, A. (2017). *Pengaruh Fraksi Volume Penguat Abu Terbang, Serbuk Besi Dan Matrik Resin Terhadap Keausan Dan Kekerasan Untuk Bahan Kampas Rem*. 9(1).
- Hardiyanti, H., Pribadi, S., & Setiawan, J. (2016). Bahan Reaktor Temperatur Tinggi. *Majalah Pengelolaan Instalasi Nuklir*, No.16, 37–43
- Hidayat, W. (2019). *Klasifikasi dan Sifat Material Teknik Serta Pengujian material*.
- Irawan, M. C., Hadi, Q., Zacky, M. S. A., Armando, C., & Janisyafutra, A. (2023). *Seminar Nasional AVoER 15 Pengaruh Fraksi Volume Dan Bola Baja Penggilingan Fe*. D, 10–11.
- Kartini, R., Darmasetiawan, H., Karo, A. K., & Sudirman, D. (2002). Pembuatan Dan Karakterisasi Komposit Polimer Berpenguat Serat Alam. Dalam *Jurnal Sains Materi Indonesia Indonesian Journal of Materials Science* 3(3), 30-38.
- Lino Alves, F. J., Baptista, A. M., & Marques, A. T. (2016). Metal and ceramic matrix composites in aerospace engineering. Dalam *Advanced Composite Materials for Aerospace Engineering* (hlm. 59–99). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08->

100037-3.00003-1

- Mastuki, B., Malik, I., & Fadlurrohman, Z. (2021). Analisa Kekerasan dan Struktur Mikro Pada Komposit Aluminium 6061 Paduan Pasir Besi Lokal Dengan Perlakuan Panas T6 Variasi Komposisi dan Holding Time. *Mekanika : Jurnal Teknik Mesin*, 7(2), 72-82. <https://jurnal.untag-sby.ac.id/index.php/Mekanika>.
- Mazars, V., Caty, O., Couégnat, G., Bouterf, A., Roux, S. G., Denneulin, S., Pailhes, J., Vignoles, G. L., Roux, S., Pailhès, J., & Vignoles, G. L. (2017). Damage investigation and modeling of 3D woven ceramic matrix composites from X-ray tomography in-situ tensile tests. *Acta Materialia*, 140. <https://doi.org/10.1016/j.actamat.2017.08.034>
- Meilani Alfanzamil. (2016). Pengaruh Waktu Pencampuran Dan Temperatur Sintering Terhadap Komposisi Fasa Intermetalik Dan Sifat Mekanik Komposit Cu-10% Wtsn Sebagai Material Peluru Frangible (Skripsi). Jurusan Teknik Material Dan Metalurgi/Institute Teknologi Sepuluh November.
- Mohammed, A., & Abdullah, A. (2019, November). *Scanning Electron Microscopy (SEM): A Review Minimum flexural steel reinforcement for concrete beams: A review View project PhD research View project Scanning Electron Microscopy (SEM): A Review*. <https://www.researchgate.net/publication/330168803>
- Nayiroh, N. (2013). *Metalurgi Serbuk*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim. Kota Malang, Jawa Timur.
- Oroh, J., Sappu, F., & Lumintang, R. (2013). Analisis Mekanik Material Komposit Serat Sabut Kelapa. *Oroh, J., Sappu, F., & Lumintang, R. (2013). Analisis Mekanik Material Komposit Serat Sabut Kelapa. Poros Teknik. Poros Teknik*.
- Praveen Kumar, R., Periyasamy, P., Rangarajan, S., & Sathish, T. (2020). League championship optimization for the parameter selection for Mg/WC metal matrix composition. *Materials Today: Proceedings*, 21, 504–510. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.06.646>
- Pribadi, S., Setiawan, J., & Hardiyanti, H. (2016). *Karakterisasi Densitas Grafit Sebagai Kandidat Bahan Reaktor Temperatur Tinggi*. PIN Pengelolaan Instalasi Nuklir. 9(16), 37-43.
- Rouhi, M., Moazami-Goudarzi, M., & Ardestani, M. (2019). Comparison of effect of SiC and MoS<sub>2</sub> on wear behavior of Al matrix composites. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China (English Edition)*, 29(6), 1169–1183. [https://doi.org/10.1016/S1003-6326\(19\)65025-9](https://doi.org/10.1016/S1003-6326(19)65025-9)
- Sathish, T., & Karthick, S. (2020). Wear behaviour analysis on aluminium alloy 7050 with reinforced SiC through taguchi approach. *Journal of Materials Research and Technology*, 9(3), 3481–3487. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2020.01.085>
- Setiawati, M., 2018. Fly Ash Sebagai Bahan Pengganti Semen Pada Beton. *Semin. Nas. Sains dan Teknol.* 17, 1–8.
- Sharma, A. K., Bhandari, R., Aherwar, A., & Rimašauskiene, R. (2020). Matrix Universitas Sriwijaya



- materials used in composites: A comprehensive study. *Materials Today: Proceedings*, 21, 1559–1562. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.11.086>
- Singh, B., Grewal, J. S., & Sharma, S. (2021). Effect of addition of flyash and graphite on the mechanical properties of A6061-T6. *Materials Today: Proceedings*, 50, 2411–2415. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.10.258>
- Sinta Indarti Nurrohmah. (2019). *Pengaruh Thermal Shock Dan Komposisi Grafit, Kaolin (Clay) Terhadap Ketahanan Impact Dan Struktur Makro Kowi Berbahan Dasar Limbah Evaporation Boats*. 11(2), 287-295.
- Sofyan, B. T. (2021). Sifat Material. In *Pengantar Material Teknik*. <http://eprints.itenas.ac.id/id/eprint/1814%0A>
- Son, J. H., Oh, M. W., Kim, B. S., Park, S. D., Min, B. K., Kim, M. H., & Lee, H. W. (2013). Effect of ball milling time on the thermoelectric properties of p-type (Bi,Sb)<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>. *Journal of Alloys and Compounds*, 566, 168–174. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2013.03.062>
- Tjahjanti Prantasi Harmi. (2018). *Buku Ajar Teori Dan Aplikasi Material Komposit Dan Polimer*. (S. B. Sartika & M. T. Multazam, Ed.; 1 ed). UMSIDA Press.
- Tomo, H. (2010). Universitas Indonesia Karakteristik Sifat Mekanik Dan Elektrik Pelat Bipolar Sel Bahan Bakar Berkarbon Grafit Dalam Matrik Polimer Abs Tesis. 15–16.
- Yuliana, D. (2017). Bab II Tinjauan Pustaka Bab II Tinjauan Pustaka 2.1. 1–64. *Gastronomía Ecuatoriana y Turismo Local.*, 1(69), 5–24.
- Zahara, Y., Ratnawulan, Ramli, & Fauzi, A. (2016). Pengaruh Waktu Milling Terhadap Ukuran Butir Quartz Dari Nagari Saruaso Kabupaten Tanah Datar. *Pillar of Physics*, 8, 113–120.