

**PENGARUH WAKTU *MILLING* TERHADAP UKURAN PARTIKEL DAN
FASE KRISTALIN PADA PADUAN $\text{Al}_{50}(\text{FeCr})_{45}\text{SiC}_5$ YANG DIPROSES
DENGAN *PLANETARY BALL MILLING***



UNIVERSITAS
ARIP SETIAWAN
NIM: 41321010012
MERCU BUANA

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA 2025

LAPORAN TUGAS AKHIR

PENGARUH WAKTU *MILLING* TERHADAP UKURAN PARTIKEL DAN FASE KRISTALIN PADA PADUAN $\text{Al}_{50}(\text{FeCr})_{45}\text{SiC}_5$ YANG DIPROSES DENGAN *PLANETARY BALL MILLING*



UNIVERSITAS
Disusun oleh:
MERCU BUANA

Nama : Arip Setiawan

Nim : 41321010012

Program Studi : Teknik Mesin

DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA KULIAH
TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA SATU (S1)
AGUSTUS 2025

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Arip Setiawan

NIM : 41321010012

Program Studi : Teknik Mesin

Judul Laporan Skripsi : PENGARUH WAKTU *MILLING* TERHADAP
UKURAN PARTIKEL DAN FASE KRISTALIN PADA
PADUAN $Al_{50}(FeCr)_4SiC_5$ YANG DIPROSES
DENGAN *PLANETARY BALL MILLING*

Telah sukses dipresentasikan dalam sidang di hadapan Dewan Penguji dan dinyatakan memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Strata 1 pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana.

Disahkan Oleh:

Pembimbing : Ir. Alfian Noviyanto, S.TP., M.T., Ph.D. ()

NIDN : 0319117906

Penguji 1 : Sagir Alva, S.Si., M. Sc., Ph.D. ()

NIDN : 0313037707

Penguji 2 : Gilang Awan Yudhistira, S.T., M.T. ()

NIDN : 0320029602

Jakarta, 2 Agustus 2025

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Zulfa Fitri Ikantrinasari, S.TP., M.T.

NIDN: 0307037202

Ketua Program Studi



Dr. Eng. Imam Hidayat, S.T., M.T.

NIDN: 0005087502

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Arip Setiawan

Nim : 41321010012

Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Judul Tugas Akhir : PENGARUH WAKTU *MILLING* TERHADAP UKURAN PARTIKEL DAN FASE KRISTALIN PADA PADUAN $Al_{50}(FeCr)_{45}SiC_5$ YANG DIPROSES DENGAN *PLANETARY BALL MILLING*

Dengan ini menyatakan bahwa saya melakukan Tugas Akhir dengan sesungguhnya dan hasil penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas Mercu Buana.

MERCU BUANA

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa paksaan.

Jakarta, 2 Agustus 2025



Arip Setiawan

PENGHARGAAN

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat anugrah dan tuntunannya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“PENGARUH WAKTU *MILLING* TERHADAP UKURAN PARTIKEL DAN FASE KRISTALIN PADA PADUAN $Al_{50}(FeCr)_{45}SiC_5$ YANG DIPROSES DENGAN *PLANETARY BALL MILLING*”** dengan begitu baik. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.

Dalam proses ini penulis menyadari bahwa ada keterbatasan dan kemampuan dalam penyusunan skripsi ini. Dalam proses penulisan skripsi ini penulis memperoleh bantuan, bimbingan, serta motivasi dari berbagai pihak, sehingga skripsi ini dapat selesai walaupun masih terdapat beberapa kekurangan dan keterbatasan dari penulis sendiri. Maka penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Andi Adriansyah selaku Rektor Universitas Mercu Buana.
2. Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, S.TP., MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
3. Dr. Eng. Imam Hidayat, ST., MT selaku Kepala Program Studi Fakultas Teknik Mesin Universitas Mercu Buana Jakarta.
4. Ir. Nurato, ST, MT. Ph.D selaku Koordinator Tugas Akhir dan Sekretaris Program Studi Fakultas Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.
5. Sagir Alva, S. Si, M. Sc, Ph.D selaku Kepala Laboratorium Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.
6. Ir. Alfian Noviyanto, S.TP., MT., Ph.D selaku Dosen pembimbing yang sudah mengarahkan dan membimbing dalam Penelitian ini.
7. Bapak Firman dan Bapak Dikki selaku Laboran Teknik Mesin Universitas Mercu Buana yang telah memberikan pengarahan terkait proses manufaktur yang tepat untuk digunakan dalam penelitian ini.

8. Kepada kedua orang tua saya, Bapak Budi Yanto dan Ibu Sundari, serta kakak saya yang selalu memberikan motivasi, semangat, dan do'a.
9. Kepada Sheila Stefanie Saputri, terima kasih atas ketulusan, kesabaran, dan perhatiannya yang senantiasa mendampingi penulis dalam setiap tahapan hingga penelitian ini berhasil diselesaikan.
10. Kepada Bagas Haqi Arrosyid, S. Si yang selalu membantu untuk keberhasilan pengujian dalam penelitian ini.
11. Teman-teman mahasiswa Jurusan Teknik Mesin angkatan 2021 Universitas Mercu Buana yang selalu memberikan motivasi dan semangat dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir.
12. Pihak perpustakaan yang telah memberikan akses kepada penulis untuk dapat melihat referensi penelitian terdahulu.
13. Seluruh dosen pengajar khususnya Dosen Teknik Mesin Universitas Mercu Buana yang telah memberikan ilmunya kepada penulis sehingga penulis dapat kelancaran dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
14. Masih banyak lagi pihak-pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini yang tidak disebutkan satu persatu namun tidak mengurangi rasa hormat dan terima kasih penulis.

MERCU BUANA

Jakarta, 2 Agustus 2025



Arip Setiawan

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji evolusi ukuran partikel dan fase kristal pada serbuk paduan $\text{Al}_{50}(\text{FeCr})_{45}\text{SiC}_5$ yang disintesis menggunakan metode pemaduan mekanik dengan *planetary ball milling* (PBM). Variasi waktu *milling* yang digunakan adalah 0, 3, 6, 10, 15, dan 20 jam, dengan ball to powder ratio (BPR) sebesar 6,67:1. Karakterisasi dilakukan menggunakan Particle Size Analyzer (PSA) untuk menganalisis distribusi ukuran partikel, serta X-ray Diffraction (XRD) untuk mengidentifikasi fase kristal, perubahan intensitas, dan ukuran kristalit. Hasil PSA menunjukkan penurunan ukuran partikel setelah 3 jam *milling* secara signifikan. Namun, seiring bertambahnya waktu *milling* terjadi fenomena *cold welding* sehingga menyebabkan aglomerasi yang membuat ukuran partikel kembali meningkat. Sementara itu, hasil XRD menunjukkan bahwa tidak terbentuk fase baru selama proses *milling*. Fase utama seperti Al, Fe, Cr, dan SiC tetap terdeteksi, namun intensitasnya berubah secara signifikan. Puncak Al menjadi lebih dominan, sedangkan puncak Fe, Cr, dan SiC mengalami penurunan intensitas, disertai pelebaran puncak yang mengindikasikan penurunan ukuran kristalit, peningkatan strain mikro, dan akumulasi cacat kristal. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa proses *planetary ball milling* secara efektif mengubah ukuran partikel dan karakteristik kristal internal tanpa membentuk fase baru, serta memiliki potensi besar untuk pengembangan material maju dalam bidang teknik mesin.

Kata kunci: Al–FeCr–SiC, *Planetary ball Milling*, Ukuran Partikel, *X-ray Diffraction*, Pemaduan Mekanik, Fase.

**EFFECT OF MILLING TIME ON PARTICLE SIZE AND CRYSTALLINE
PHASE IN $\text{Al}_{50}(\text{FeCr})_{45}\text{SiC}_5$ ALLOY PROCESSED BY
PLANETARY BALL MILLING**

ABSTRACT

This study aims to examine the evolution of particle size and crystal phase in Al–FeCr–SiC composite powders synthesised using the mechanical blending method with planetary ball milling (PBM). The milling times used were 0, 3, 6, 10, 15, and 20 hours, with a ball-to-powder ratio (BPR) of 6.67:1. Characterisation was performed using a Particle Size Analyzer (PSA) to analyse particle size distribution, as well as X-ray Diffraction (XRD) to identify crystalline phases, intensity changes, and crystallite size. PSA results showed a significant decrease in particle size after 3 hours of milling. However, as milling time increased, cold welding occurred, causing agglomeration and resulting in an increase in particle size. Meanwhile, the XRD results showed that no new phases were formed during the milling process. The main phases such as Al, Fe, Cr, and SiC remained detectable, but their intensities changed significantly. The Al peak became more dominant, while the Fe, Cr, and SiC peaks experienced a decrease in intensity, accompanied by peak broadening, indicating a decrease in crystallite size, increased microstrain, and accumulation of crystal defects. Thus, it can be concluded that the planetary ball milling process effectively alters particle size and internal crystal characteristics without forming new phases, and holds great potential for the development of advanced materials in the field of mechanical engineering.

Keywords: Al-FeCr-SiC, Planetary ball Milling, Particle Size, X-Ray Diffraction Mechanical Alloying, Phase.

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN PERNYATAAN	ii
PENGHARGAAN	iii
ABSTRAK	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 RUMUSAN MASALAH	3
1.3 TUJUAN	3
1.4 MANFAAT	3
1.5 RUANG LINGKUP DAN BATASAN MASALAH	4
1.6 SISTEMATIKA PENULISAN	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.2 PEMADUAN MEKANIK	18
2.3 DISTRIBUSI UKURAN PARTIKEL	20
2.4 DIFUSI ATOMIK	21
2.5 KARAKTERISASI HASIL PEMADUAN MEKANIK	23
2.5.1 <i>Particle Size Analyzer</i>	23
2.5.2 <i>X-ray Diffraction</i>	25
BAB III METODE PENELITIAN	27
3.1 DIAGRAM ALIR PENELITIAN	27
3.2 WAKTU DAN PELAKSANAAN	28
3.3 ALAT YANG DIGUNAKAN	28
3.4 BAHAN YANG DIGUNAKAN	32
3.5 PROSEDUR PENELITIAN	33
3.5.1 Studi Pustaka	33
3.5.2 Persiapan Alat dan Bahan	34
3.5.3 Persiapan Serbuk $\text{Al}_{50}(\text{FeCr})_{45}\text{SiC}_5$	34

3.5.4	Tahapan Proses <i>Planetary ball Milling</i>	36
3.5.5	Pengujian dan Pengolahan Data	37
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1	PROSES SINTESIS SERBUK $\text{Al}_{50}(\text{FeCr})_{45}\text{SiC}_5$	39
4.2	HASIL KARAKTERISASI UKURAN PARTIKEL (PSA)	40
4.3	HASIL KARAKTERISASI PERUBAHAN FASE (XRD)	44
BAB V	PENUTUP	47
5.1	KESIMPULAN	47
5.2	SARAN	48
	DAFTAR PUSTAKA	49
	LAMPIRAN	55



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Ilustrasi Aglomerasi	20
Gambar 2. 2 Komponen Utama XRD	26
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian	27
Gambar 3. 2 Timbangan Digital	28
Gambar 3. 3 Glove Box	29
Gambar 3. 4 Mortar Agate	29
Gambar 3. 5 Saringan Mesh 325	30
Gambar 3. 6 Wadah	30
Gambar 3. 7 Planetary Ball Milling	31
Gambar 3. 8 Particle Size Analyzer	31
Gambar 3. 9 X-Ray Diffraction	31
Gambar 3. 10 Serbuk Aluminium	32
Gambar 3. 11 Serbuk Besi dan Kromium	32
Gambar 3. 12 Serbuk Silikon Karbida	33
Gambar 4. 1 Distribusi ukuran partikel	41
Gambar 4. 2 Ilustrasi aglomerasi	43
Gambar 4. 3 Pola difraksi sinar-X	44

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Penelitian terdahulu	6
Tabel 2. 2 Acuan indeks polidispersitas	24
Tabel 4. 1 Kesimpulan hasil ukuran partikel	42

