

**EFEK TEMPERATUR TERHADAP PERUBAHAN FASE PADA PROSES
SINTERING Al-FeCr-SiC YANG DISIAPKAN DENGAN *PLANETARY BALL
MILLING***



UNIVERSITAS
MERCU BUANA
ALIF LUKMAN DIRMANTARA
NIM: 41321010030

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA 2025

LAPORAN TUGAS AKHIR

EFEK TEMPERATUR TERHADAP PERUBAHAN FASE PADA PROSES
SINTERING Al-FeCr-SiC YANG DISIAPKAN DENGAN *PLANETARY BALL*
MILLING



Disusun Oleh:

Nama : Alif Lukman Dirmantara
NIM : 41321010030
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 : Alif Lukman Dirmantara

NIM : 41321010030

Program Studi : Teknik Mesin

Judul Laporan Skripsi : EFEK TEMPERATUR TERHADAP PERUBAHAN
FASE PADA PROSES SINTERING Al-FeCr-SiC
YANG DISIAPKAN 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, ST, MT

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	Alif Lukman Dirmantara
NIM	41321010030
Jurusan	Teknik Mesin
Fakultas	Teknik
Judul Tugas Akhir	EFEK TEMPERATUR TERHADAP PERUBAHAN FASE PADA PROSES SINTERING Al-FeCr-SiC YANG DISIAPKAN DENGAN <i>PLANETARY BALL MILLING</i>

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.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa paksaan.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Jakarta, 2 Agustus 2025



Alif Lukman Dirmantara

PENGHARGAAN

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat anugerah dan tuntunannya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“EFEK TEMPERATUR TERHADAP PERUBAHAN FASE PADA PROSES SINTERING Al-FeCr-SiC YANG DISIAPKAN 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.

Pada 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:

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.

1. Prof. Dr. Andi Adriansyah, M. Eng. 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, S.T., MT. selaku Kepala Program Studi Fakultas Teknik Mesin Universitas Mercu Buana Jakarta.
4. 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 penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.
7. Kepada Ibu Soniyem dan Bapak Mulyono selaku orang tua yang selalu memberikan motivasi, semangat, do'a, dan dukungan penuh selama penulis mengerjakan Tugas Akhir ini.
8. Kepada seseorang yang tidak kalah penting, Nur Afifi Gioti. Terima kasih atas peran dan kehadiranmu dalam perjalanan penyusunan Tugas Akhir ini. Terima

kasih telah menjadi penyemangat, tempat berbagi cerita, pemberi motivasi di saat penulis merasa jenuh, dan senantiasa mendampingi hingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.

9. Maulana Sembiring, Fanuel Hardori, Kahfi Muzakkir, Andre Noval, Arip Setiawan, Renal, serta seluruh rekan-rekan mahasiswa yang telah membantu dalam segala hal dalam penelitian ini.
10. Kepada Bapak Bagas, Bapak Fahroji, Bapak Faried, dan Ibu Ratih 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.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Jakarta, 2 Agustus 2025



Alif Lukman Dirmantara

ABSTRAK

Permasalahan pada paduan aluminium sebagai material struktural terletak pada ketahanannya yang rendah terhadap suhu tinggi dan oksidasi, sehingga diperlukan modifikasi dengan penambahan unsur paduan seperti Fe dan Cr serta partikel penguat keramik SiC untuk meningkatkan performanya. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh temperatur sintering terhadap densitas dan perubahan fase pada paduan Al-FeCr-SiC yang disiapkan menggunakan metode *planetary ball milling*. Proses sintering dilakukan pada temperatur 600°C, 700°C, dan 800°C dengan waktu tahan 2 jam dalam atmosfer argon dan vakum, diikuti uji densitas menggunakan metode Archimedes dan karakterisasi fase menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD). Hasil menunjukkan bahwa densitas aktual pada temperatur 600°C sebesar 3,08756 g/cm³, yang kemudian pada 700°C 3,08147 g/cm³ dan 800°C 3,03742 g/cm³. Karakterisasi XRD tidak menunjukkan terbentuknya fase intermetalik baru, melainkan hanya fase utama Al, Fe, Cr, dan SiC dan fase pengotor yang tidak dapat diidentifikasi. Penurunan intensitas puncak logam pada suhu tinggi mengindikasikan bahwa terjadi reaksi antara logam. Temuan ini menunjukkan bahwa kontrol suhu sintering sangat memengaruhi densitas dan kestabilan mikrostruktur, serta penting untuk pengembangan material tahan suhu tinggi.

Kata Kunci: Sintering, Al-FeCr-SiC, Efek temperatur, Transformasi fase, Densitas.



**THE EFFECT OF TEMPERATURE ON PHASE TRANSFORMATION
DURING THE SINTERING PROCESS OF AL-FE-CR-SiC PREPARED BY
PLANETARY BALL MILLING**

ASBTRACT

The limitation of aluminium alloys as structural materials lies in their low resistance to high temperatures and oxidation, thus requiring modification through the addition of alloying elements such as Fe and Cr, as well as ceramic reinforcement particles like SiC, to enhance their performance. This study aims to examine the effect of sintering temperature on the density and phase transformation of Al-FeCr-SiC alloys prepared using the planetary ball milling method. The sintering process was carried out at temperatures of 600°C, 700°C, and 800°C with a holding time of 2 hours under an argon and vacuum atmosphere, followed by density testing using the Archimedes method and phase characterization using X-Ray Diffraction (XRD). The results showed that the actual densities at 600°C, 700°C, and 800°C were 3.08756 g/cm³, 3.08147 g/cm³, and 3.03742 g/cm³, respectively. XRD characterization did not reveal the formation of new intermetallic phases, but rather only the main phases of Al, Fe, Cr, and SiC, along with unidentified impurity phases. The decrease in metal peak intensity at high temperatures indicates that reactions occurred between the metallic elements. These findings demonstrate that sintering temperature control greatly influences the density and microstructural stability and is therefore crucial for the development of high-temperature-resistant materials.

Keyword: Sintering, Al-FeCr-SiC, Effect Temperature, Transformation Phase, Density.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN PERNYATAAN	ii
PENGHARGAAN	iii
ABSTRAK	v
<i>ASBTRACT</i>	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR SIMBOL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 RUMUSAN MASALAH	4
1.3 TUJUAN	5
1.4 MANFAAT	5
1.5 RUANG LINGKUP DAN BATASAN MASALAH	5
1.6 SISTEMATIKA PENULISAN	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 TINJAUAN PUSTAKA	7
2.2 SINTERING	14
2.2.1 Tahapan Sintering	16
2.2.2 Mekanisme Difusi Sintering	18
2.2.3 Mekanisme Densifikasi	19
2.2.4 Teknik Sintering	21
2.2.5 Efek Temperatur Sintering	23
2.3 PENGUJIAN SIFAT FISIS Al-FeCr-SiC	25
2.3.1 Densitas	26
2.4 KARAKTERISASI PADUAN Al-FeCr-SiC	26
2.4.1 <i>X-ray Diffraction (XRD)</i>	26
2.4.2 <i>Raman Microscopy</i>	28
BAB III METODE PENELITIAN	30

3.1	DIAGRAM ALIR PENELITIAN	30
3.2	WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN	32
3.3	TAHAPAN PROSES PENELITIAN	32
3.3.1	Parameter Sintering	33
3.3.2	Karakterisasi Paduan Al-FeCr-SiC	33
3.4	ALAT DAN BAHAN PENELITIAN	34
3.4.1	Alat yang Digunakan	34
3.4.2	Bahan yang digunakan	37
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1.	PERSIAPAN SAMPEL DAN PROSES SINTERING PADUAN AL-FE-CR-SIC 39	
4.2.	HASIL PERBANDINGAN SAMPEL YANG DISINTERING DENGAN ATMOSFER ARGON DAN DISINTERING DENGAN ATMOSFER VAKUM	41
4.3.	PENGUJIAN DENSITAS PADUAN Al-FeCr-SiC MENGGUNAKAN METODE ARCHIMEDES	43
4.4.	OBSERVASI PERMUKAAN PADUAN Al-FeCr-SiC PADA SETIAP TEMPERATUR MENGGUNAKAN <i>RAMAN MICROSCOPY</i>	47
4.5.	HASIL DATA XRD PADA PADUAN Al-FeCr-SiC	52
BAB V	PENUTUP	55
5.1	KESIMPULAN	55
5.2	SARAN	56
	DAFTAR PUSTAKA	57
	LAMPIRAN	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Diagram proses sintering	15
Gambar 2.2. Tahapan-tahapan sintering	16
Gambar 2.3. Skematik diagram mengenai mekanisme difusi sintering	18
Gambar 2.4. Perbedaan <i>Solid State Sintering</i> dan <i>Liquid Phase Sintering</i>	20
Gambar 2.5. (a) <i>Pressureless Sintering</i> , (b) dan (c) <i>Pressure Assisted Sintering</i>	21
Gambar 2.6. Kepadatan sinter dari komposit SiCf/SiC setelah pengepresan panas pada 5 kondisi berbeda.	22
Gambar 2.7. Efek temperatur sintering terhadap densitas relatif	24
Gambar 2.8. Perubahan fase pada proses sintering	25
Gambar 2.9. Prinsip Kerja XRD	27
Gambar 2.10. Ilustrasi persamaan bragg	28
Gambar 2.11. Prinsip Kerja <i>Raman Microscopy</i>	29
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian	31
Gambar 3.2. Mortar Agate	34
Gambar 3.3. Sieve Mesh	34
Gambar 3.4. Wadah	35
Gambar 3.5. Timbangan Digital	35
Gambar 3.6. Cetakan	35
Gambar 3.7. Kompaksi	36
Gambar 3.8. Crucible	36
Gambar 3.9. Furnace	36
Gambar 3.10. X-ray Diffraction	37
Gambar 3.11. Raman Microscopy	37
Gambar 3.12. Serbuk Al ₅₀ -FeCr ₄₅ -SiC ₅ at%	37
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian	31
Gambar 3.2. Mortar Agate	34
Gambar 3.3. <i>Sieve Mesh</i>	34
Gambar 3.4. Wadah	35
Gambar 3.5. Timbangan Digital	35
Gambar 3.6. Cetakan	35
Gambar 3.7. Kompaksi	36

Gambar 3.8. <i>Crucible</i>	36
Gambar 3.9. <i>Furnace</i>	36
Gambar 3.10. <i>X-ray Diffraction</i>	37
Gambar 3.11. <i>Raman Microscopy</i>	37
Gambar 3.12. Serbuk Al ₅₀ -FeCr ₄₅ -SiC ₅ at%	37
Gambar 4.1. Hasil pelet serbuk Al-FeCr-SiC yang telah dikompaksi	40
Gambar 4.2. Gambar (a), (b), dan (c) menunjukkan sampel yang disinter menggunakan atmosfer argon, sedangkan gambar (d), (e), dan (f) menunjukkan sampel yang disinter dalam kondisi atmosfer vakum.	40
Gambar 4.3. Hasil sintering pada atmosfer argon (a) 600°C, (b) 700°C, (c) 800°C dan pada atmosfer vakum (d) 600°C, (e) 700°C, (f) 800°C	41
Gambar 4.4. Tren hasil pengujian densitas sampel menggunakan Archimedes	46
Gambar 4.5. Permukaan paduan Al-FeCr-SiC pada temperatur (a) Sampel 1 600°C, (b) Sampel 2 600°C, (c) Sampel 1 700°C, (d) Sampel 2 700°C, (e) Sampel 1 800°C, (f) Sampel 2 800°C	48
Gambar 4.6. Melihat <i>open pore</i> menggunakan metode <i>canny edge map</i> pada permukaan paduan Al-FeCr-SiC pada temperatur (a) Sampel 1 600°C, (b) Sampel 2 600°C, (c) Sampel 1 700°C, (d) Sampel 2 700°C, (e) Sampel 1 800°C, (f) Sampel 2 800°C	50
Gambar 4.7. Hasil grafik XRD paduan Al-FeCr-SiC setelah sintering	52
Gambar 4.8. Alasan mengapa tidak terjadinya perubahan fase pada sintering paduan Al-FeCr-SiC	54

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Penelitian Terdahulu	8
Tabel 2.2 Deskripsi tahapan sintering	17
Tabel 3.1. Parameter yang dikontrol dalam Sintering	33
Tabel 4.1. Data massa kering sampel	43
Tabel 4.2. Data massa basah sampel	44
Tabel 4.3. Data hasil pengujian densitas sampel	45
Tabel 4.4. Persentase porositas dan estimasi densitas relatif permukaan paduan Al–FeCr–SiC berdasarkan analisis <i>Canny Edge Map</i>	51



DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan
ρ_m	Densitas aktual, g/cm ³
m_k	Massa kering, g
m_b	Massa basah, g
ρ_f	Massa jenis fluida, g/cm ³



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A PERHITUNGAN DENSITAS AKTUAL PADUAN AL-FECR-SIC MENGUNAKAN METODE ARCHIMEDES	64
LAMPIRAN B MELIHAT OPEN PORE MENGGUNAKAN METODE CANNY EDGE MAP	66
LAMPIRAN C DOKUMENTASI PENELITIAN.....	67

