

**PENGARUH VARIASI TEMPERATUR TERHADAP PERUBAHAN FASE
PADA PROSES SINTERING $\text{Al}_{50}(\text{FeCr})_{45}\text{SiC}_5$ YANG DISINTESIS DENGAN
*HIGH ENERGY MILLING***



ACHMAD KAHFI MUZAKKIR
NIM: 41321010002

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA 2025

LAPORAN TUGAS AKHIR

PENGARUH VARIASI TEMPERATUR TERHADAP PERUBAHAN FASE
PADA PROSES SINTERING $\text{Al}_{50}(\text{FeCr})_{45}\text{SiC}_5$ YANG DISINTESIS DENGAN
HIGH ENERGY MILLING



Disusun Oleh:

Nama	: Achmad Kahfi Muzakkir
NIM	: 41321010002
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 : Achmad Kahfi Muzakkir

NIM : 41321010002

Program Studi : Teknik Mesin

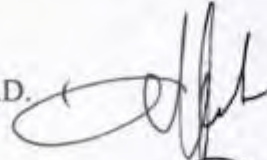
Judul Laporan Skripsi : PENGARUH VARIASI TEMPERATUR TERHADAP PERUBAHAN FASE PADA PROSES SINTERING $\text{Al}_{50}(\text{FeCr})_{45}\text{SiC}_5$ YANG DISINTESIS DENGAN *HIGH ENERGY MILLING*

Telah berhasil dipertahankan pada sidang di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar sarjana Strata I 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

()

MERCU BUANA

Jakarta, 02 Agustus 2025

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



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

NIDN : 0307037202

Ketua Program Studi



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

NIDN: 0005087502

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Achmad Kahfi Muzakkir
NIM : 41321010002
Jurusan : Teknik Mesin
Fakultas : Fakultas Teknik
Judul Tugas Akhir : PENGARUH VARIASI TEMPERATUR TERHADAP PERUBAHAN FASE PADA PROSES SINTERING $Al_{50}(FeCr)_{45}SiC_5$ YANG DISINTESIS DENGAN *HIGH ENERGY 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.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan.

Jakarta, 02 Agustus 2025



Achmad Kahfi Muzakkir

PENGHARGAAN

Puji syukur kepada Allah SWT, berkat limpahan rahmat dan karunia-Nya yang diberikan kepada penulis sehingga dapat menyusun serta menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“PENGARUH VARIASI TEMPERATUR TERHADAP PERUBAHAN FASE PADA PROSES SINTERING $Al_{50}(FeCr)_{45}SiC_5$ YANG DISINTESIS DENGAN *HIGH ENERGY MILLING*”** dengan baik dan tepat waktu. Penyusunan laporan Tugas Akhir atau skripsi ini adalah salah satu syarat untuk menempuh ujian jenjang Sarjana Sastra Satu (S1) di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.

Pada proses pelaksanaan kegiatan dan penyusunan laporan Tugas Akhir, penulis menyadari begitu banyak kekurangan sehingga membutuhkan bantuan serta dukungan dari berbagai pihak. Maka dari itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Andi Adriansyah, M. Eng. selaku Rektor Universitas Mercu Buana.
2. Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, S.TP., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
3. Dr. Eng. Imam Hidayat, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.
4. Dr. Nurato, S.T., M.T., Ph.D. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin dan Koordinator Tugas Akhir.
5. Ir. Alfian Noviyanto, S.TP., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing penulis dalam penyelesaian laporan Tugas Akhir.
6. Sagir Alva, S.Si., M.Sc., Ph.D. selaku Kepala Laboratorium Teknik Mesin Universitas Mercu Buana dan selaku Ketua Penguji Sidang Akhir.
7. Gilang Awan Yudhistira, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Satu Sidang Akhir.
8. Dr. Dianta Ginting, S.Si, M.Sc, Ph.D. selaku dosen penguji sidang kemajuan tugas akhir.
9. 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.
10. Bapak Fathul Bahri dan Ibu Tri Dwi Kosasih selaku orang tua tercinta penulis, yang telah memberikan dukungan penuh, baik secara moral maupun material,

dari awal hingga akhir perkuliahan serta dalam penyusunan laporan Tugas Akhir.

11. Siti Maziyah dan Ismail Shaleh selaku saudara kandung penulis, yang dengan kebersamaan dan canda tawa mereka selalu menjadi penyemangat serta memberikan dorongan bagi penulis untuk menyelesaikan penelitian ini.
12. Dini Agustina, yang dengan kesabaran, perhatian, dan kasih sayangnya telah menemani setiap langkah dalam menyelesaikan penelitian ini.
13. Fanuel Hardori, Andre Noval, Alif Lukman Dirmantara, Maulana Sembiring, Arip Setiawan, serta seluruh rekan-rekan mahasiswa yang telah membantu dalam segala hal.
14. Kepada Bapak Bagas, Bapak Fahroji, Bapak Faried, Ibu Ratih, Ibu Nesya yang selalu membantu untuk keberhasilan pengujian dalam penelitian ini.
15. Keluarga Teknik Mesin Angkatan 2021 yang telah memberikan dukungan kepada penulis untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan tepat waktu.
16. Pihak perpustakaan yang telah memberikan akses kepada penulis untuk dapat melihat referensi penelitian terdahulu.
17. Seluruh dosen pengajar, khususnya di Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana, yang telah membagikan ilmu, pengalaman, serta motivasi yang berharga sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
18. Semua pihak yang telah membantu seluruh rangkaian kegiatan Tugas Akhir yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Penulis sangat menyadari masih banyak kekurangan dalam laporan Tugas Akhir dikarenakan keterbatasan pengetahuan yang dimiliki oleh penulis. Maka dari itu, penulis mengharapkan kritik serta saran yang bersifat membangun agar laporan ini nantinya dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Jakarta, 02 Agustus 2025



Achmad Kahfi Muzakir

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh variasi temperatur sintering terhadap perubahan densitas dan struktur fase pada paduan $\text{Al}_{50}(\text{FeCr})_{45}\text{SiC}_5$ yang disintesis menggunakan metode High Energy Milling (HEM). Proses sintering dilakukan pada tiga temperatur berbeda, yaitu 600°C , 700°C , dan 800°C dengan waktu tahan selama 2 jam. Evaluasi densitas dilakukan dengan metode Archimedes, sementara karakterisasi struktur kristal dianalisis menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD). Hasil pengujian densitas menunjukkan bahwa densitas tertinggi dicapai pada temperatur 700°C dengan rata-rata $3,91 \text{ g/cm}^3$, sedikit lebih tinggi dibandingkan 600°C ($3,86 \text{ g/cm}^3$) dan menurun pada 800°C ($3,67 \text{ g/cm}^3$), mengindikasikan potensi terjadinya *over-sintering*. Pola difraksi XRD mengidentifikasi adanya fase utama berupa Al, Fe, Cr, dan SiC, serta pembentukan fase intermetalik Al_5Fe_2 yang signifikan pada temperatur 700°C dan 800°C . Meningkatnya intensitas puncak Al_5Fe_2 seiring naiknya temperatur menandakan terbentuknya fase penguat yang stabil secara termodinamika. Fase SiC tetap hadir secara konsisten di semua temperatur tanpa mengalami degradasi. Hasil ini menunjukkan bahwa proses sintering optimal terjadi pada 700°C , yang menghasilkan densitas tinggi dan pembentukan fase intermetalik yang baik tanpa degradasi struktur mikro. Sintering dalam atmosfer vakum juga terbukti lebih efektif dibandingkan atmosfer argon dalam mencegah oksidasi dan meningkatkan kualitas material.

Kata kunci: $\text{Al}_{50}(\text{FeCr})_{45}\text{SiC}_5$, Sintering, Fase Intermetalik, XRD, Densitas

EFFECT OF TEMPERATURE VARIATION ON PHASE CHANGE IN THE SINTERING PROCESS OF $Al_{50}(FeCr)_{45}SiC_5$ SYNTHESIZED BY HIGH ENERGY MILLING

ABSTRACT

This study aims to evaluate the effect of sintering temperature variations on changes in density and phase structure in $Al_{50}(FeCr)_{45}SiC_5$ alloys synthesised using the High Energy Milling (HEM) method. The sintering process was carried out at three different temperatures, namely 600°C, 700°C, and 800°C with a holding time of 2 hours. Density evaluation was carried out using the Archimedes method, while crystal structure characterisation was analysed using X-Ray Diffraction (XRD). The density test results showed that the highest density was achieved at 700°C with an average of 3.91 g/cm³, slightly higher than 600°C (3.86 g/cm³) and decreased at 800°C (3.67 g/cm³), indicating the potential for over-sintering. XRD diffraction patterns identified the presence of the main phases of Al, Fe, Cr, and SiC, as well as the formation of a significant Al_5Fe_2 intermetallic phase at 700°C and 800°C. The increasing intensity of the Al_5Fe_2 peak as the temperature rises indicates the formation of a thermodynamically stable reinforcing phase. The SiC phase remains consistently present at all temperatures without degradation. These results indicate that the optimal sintering process occurs at 700°C, which results in high density and good formation of intermetallic phases without degradation of the microstructure. Sintering in a vacuum atmosphere was also shown to be more effective than an argon atmosphere in preventing oxidation and improving material quality.

Keywords: $Al_{50}(FeCr)_{45}SiC_5$, Sintering, Intermetallic Phase, XRD, Density

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN PERNYATAAN	ii
PENGHARGAAN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 RUMUSAN MASALAH	4
1.3 TUJUAN	4
1.4 MANFAAT	4
1.5 RUANG LINGKUP DAN BATASAN MASALAH	5
1.6 SISTEMATIKA PENULISAN	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 TINJAUAN PUSTAKA	7
2.2 <i>HIGH ENERGY MILLING</i>	20
2.3 SINTERING	22
2.3.1 Teknik Sintering	22
2.3.2 Mekanisme Densifikasi	23
2.3.3 <i>Canny Edge Detection</i>	25
2.3.4 Tahapan Sintering (<i>Sintering Stage</i>)	26
2.3.5 Skema Sintering	28
2.3.6 Efek Temperatur Sintering Terhadap Perubahan Fase	29
2.4 KARAKTERISASI	33
2.4.1 <i>Raman Microscopy</i>	33
2.4.2 Densitas Archimedes	35
2.4.3 Difraksi Sinar-X (<i>X-Ray Diffraction -XRD</i>)	36

BAB III	METODE PENELITIAN	40
3.1	DIAGRAM ALIR PENELITIAN	40
3.2	WAKTU DAN PELAKSANAAN	42
3.3	ALAT DAN BAHAN	43
3.3.1	Bahan Yang Digunakan	43
3.3.2	Alat Yang Digunakan	43
3.4	PROSEDUR PENELITIAN	47
3.4.1	Studi Pustaka	48
3.4.2	Persiapan Alat dan Bahan	48
3.4.3	Proses Sintering	48
3.4.4	Pengujian dan Pengolahan Data	49
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	51
4.1	PEMBENTUKAN SERBUK MENJADI <i>PELLET</i>	51
4.2	SINTERING $Al_{50}(FeCr)_{45}SiC_5$	52
4.2.1	Observasi <i>Microstructure</i> $Al_{50}(FeCr)_{45}SiC_5$ Melalui <i>Raman Microscopy</i>	53
4.2.2	Analisis Open Porositas Terhadap Variasi Temperatur	56
4.2.3	Perbandingan Hasil Sintering Pada Atmosfer Vakum dan Argon	59
4.3	PENGUJIAN DENSITAS	60
4.4	ANALISIS <i>X-RAY DIFFRACTION</i>	65
BAB V	PENUTUP	70
5.1	KESIMPULAN	70
5.2	SARAN	71
	DAFTAR PUSTAKA	72
	LAMPIRAN	76
	LAMPIRAN 1. PERHITUNGAN DENSITAS KESELURUHAN	76
	LAMPIRAN 2. <i>OPEN POROSITY CANNY EDGE MAP CODE</i>	78
	LAMPIRAN 3. DOKUMENTASI PENELITIAN	80

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1.	Prinsip Kerja <i>High Energy Shaker Mill</i> .	21
Gambar 2. 2.	Mekanisme Solid State Sintering.	24
Gambar 2. 3.	Mekanisme Liquid Phase Sintering.	25
Gambar 2. 4.	Tahapan Sintering	26
Gambar 2. 5.	Skema Sintering.	28
Gambar 2. 6.	Perubahan Fase AlCrFe Pada Variasi Temperatur Sintering (650°C, 700°C, 750°C, 800°C).	31
Gambar 2. 7.	Perubahan Fase AlCrFe Pada Variasi Temperatur Sintering (400°C, 500°C, 550°C).	32
Gambar 2. 8.	XRD Pattern untuk sampel AlFe yang disintering pada temperatur 550°C dibawah tekanan 80 Mpa dengan tungku SPS.	33
Gambar 2. 9.	Prinsip Kerja Raman <i>Microscopy</i> .	35
Gambar 2. 10.	Prinsip Kerja Pengujian Densitas	36
Gambar 2. 11.	Komponen Utama Dalam XRD.	37
Gambar 2. 12.	Skema difraksi sinar-x pada kisi kristal berdasarkan hukum bragg.	38
Gambar 3. 1.	Diagram Alir Penelitian	41
Gambar 3. 2.	Serbuk $\text{Al}_{50}(\text{FeCr})_{45}\text{SiC}_5$ yang telah disintesis dengan HEM	43
Gambar 3. 3.	<i>Agate Mortar</i>	44
Gambar 3. 4.	Sieve Test Mesh 325	44
Gambar 3. 5.	Baskom Penampungan	45
Gambar 3. 6.	Timbangan Digital	45
Gambar 3. 7.	<i>Circular Die</i> 15mm	46
Gambar 3. 8.	Alat Kompaksi	46
Gambar 3. 9.	Tungku Sintering	47
Gambar 3. 10.	<i>X-Ray Diffraction Machine</i>	47
Gambar 4. 1.	Pelet Hasil Proses Kompaksi	51
Gambar 4. 2.	Sampel pelet hasil proses sintering.	52
Gambar 4. 3.	Teknik sintering single stage sintering	53
Gambar 4. 4.	Raman <i>Microscopy</i> (a) Sampel 1 $\text{Al}_{50}(\text{FeCr})_{45}\text{SiC}_5$ 600°C, (b) Sampel 2 $\text{Al}_{50}(\text{FeCr})_{45}\text{SiC}_5$ 600°C, (c) Sampel 1 $\text{Al}_{50}(\text{FeCr})_{45}\text{SiC}_5$	

	700°C, (d) Sampel 2 $\text{Al}_{50}(\text{FeCr})_{45}\text{SiC}_5$ 700°C, (e) Sampel 1 $\text{Al}_{50}(\text{FeCr})_{45}\text{SiC}_5$ 800°C, (f) Sampel 2 $\text{Al}_{50}(\text{FeCr})_{45}\text{SiC}_5$ 800°C	54
Gambar 4. 5.	Analisis <i>open porosity</i> sampel hasil raman <i>microscopy</i> yang disintering pada temperatur 600°C (a,b), 700°C (c,d), 800°C (e,f).	56
Gambar 4. 6.	Grafik Porositas dan <i>Relative Densitas</i> $\text{Al}_{50}(\text{FeCr})_{45}\text{SiC}_5$	57
Gambar 4. 7.	Hasil sintering pada atmosfer vakum dan argon (a) Atmosfer Vakum 600°C, (b) Atmosfer Vakum 700°C, (c) Atmosfer Vakum 800°C, (d) Atmosfer Argon 600°C, (e) Atmosfer Argon 700°C, (f) Atmosfer Argon 800°C,	59
Gambar 4. 8.	Hasil pengujian densitas menggunakan metode Archimedes.	63
Gambar 4. 9.	Grafik perbandingan densitas aktual (g/cm^3) material paduan $\text{Al}_{50}(\text{FeCr})_{45}\text{SiC}_5$ pada variasi temperatur sintering (600°C, 700°C, dan 800°C), pada kondisi vakum (S1, S2, AVG) maupun dengan gas argon mengalir (S-ARG).	64
Gambar 4. 10.	Pola Difraksi Paduan $\text{Al}_{50}(\text{FeCr})_{45}\text{SiC}_5$ Pada Berbagai Temperatur Sintering	66

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1.	Penelitian terdahulu	7
Tabel 3. 1.	Proses Sintering	48
Tabel 4. 1.	Porositas dan Estimasi Densitas <i>Relative</i> Berdasarkan Canny Edge Detection	58
Tabel 4. 2.	Data Massa Kering dan Basah Sampel 1 dan 2	61
Tabel 4. 3.	Hasil Pengujian Densitas Sampel Pada Temperatur 600°C	62

