



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH TEMPERATUR SINTER DAN FRAKSI VOLUME
PENGUAT Al_2O_3 TERHADAP KARAKTERISTIK
KOMPOSIT LAMINAT HIBRID $Al/SiC-Al/Al_2O_3$
PRODUK METALURGI SERBUK**

SKRIPSI

**FRANCISKA PRAMUJI LESTARI
040504026Y**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK METALURGI DAN MATERIAL
DEPOK
DESEMBER 2008**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH TEMPERATUR SINTER DAN FRAKSI VOLUME
PENGUAT Al_2O_3 TERHADAP KARAKTERISTIK
KOMPOSIT LAMINAT HIBRID Al/SiC-Al/ Al_2O_3
PRODUK METALURGI SERBUK**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**FRANCISKA PRAMUJI LESTARI
040504026Y**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK METALURGI DAN MATERIAL
DEPOK
DESEMBER 2008**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Franciska Pramuji Lestari
NPM : 040504026Y
Tanda Tangan :
Tanggal : 24 Desember 2008



HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Franciska Pramuji Lestari
NPM : 040504026Y
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material
Judul Skripsi : Pengaruh Temperatur Sinter dan Fraksi Volume Penguat Al_2O_3 Terhadap Karakteristik Komposit Laminat Hibrid Al/SiC-Al/ Al_2O_3 Produk Metalurgi Serbuk

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Metalurgi dan Material Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Anne Zulfia S., M.Sc. ()
Penguji 1 : Dr. Ir. A. Herman Y., M.Phil.Eng. ()
Penguji 2 : Dr. Ir. Sotya Astutiningsih, M.Eng. ()
Penguji 3 : Widyastuti, S.Si, M. Si ()

Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 24 Desember 2008

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

Prof. Dr. Ir. Anne Zulfia Syahrial, M.Sc.

Selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk memberi pengarahan, diskusi dan bimbingan serta persetujuan sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.



**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini, :

Nama : Franciska Pramuji Lestari
NPM : 040504026Y
Program Studi :
Departemen : Metalurgi dan Material
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**Pengaruh Temperatur Sinter dan Fraksi Volume Penguat Al₂O₃
Terhadap Karakteristik Komposit Laminat Hibrid Al/SiC-Al/Al₂O₃
Produk Metalurgi Serbuk**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis atau pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada Tanggal : 24 Desember 2008
Yang menyatakan

(Franciska Pramuji Lestari)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian	3
1.3. Batasan Penelitian	3
1.4. Sistematika Penulisan	4
2. DASAR TEORI	5
2.1 Komposit	5
2. 1. 1 <i>Metal Matrix Komposit</i> (MMC)	7
2. 1. 2 Komposit Laminat Hibrid	9
2.2 <i>Interface</i> Pada Komposit	10
2. 2. 1 <i>Interface</i> dan <i>Wetability</i> pada Matriks dan Penguat	10
2. 2. 2 <i>Interface</i> dan <i>Wetability</i> Lapisan Laminat MMCs Dengan Pelapisan	13
2.3 Material	14
2. 3. 1 Aluminium (Al)	14
2. 3. 2 Silikon Karbida (SiC)	16
2. 3. 3 Alumina (Al ₂ O ₃)	16

2. 3. 4 Magnesium (Mg)	18
2. 4 Metalurgi Serbuk	18
2. 4. 1 Karakteristik Serbuk	20
2.4.1.1 Ukuran dan Distribusi Partikel	20
2.4.1.2 Bentuk Partikel Serbuk	21
2.4.1.3 Luas Permukaan Partikel	22
2.4.1.4 Berat Jenis Serbuk	22
2.4.1.5 Mampu Alir Serbuk (<i>flowability</i>)	23
2.4.1.6 Kompresibilitas	23
2.4.1.7 Gesekan Antar Partikel	23
2. 4. 2 Tahapan Proses Metalurgi Serbuk	24
2.4.2.1 Pencampuran (<i>blending/mixing</i>)	25
2.4.2.2 Penekanan (<i>compaction/pressing</i>)	26
2.4.2.3 Pemanasan (<i>sintering/consolidation</i>)	28
3. METODE PENELITIAN	37
3.1 Diagram Alir Penelitian	37
3.2 Peralatan dan Bahan	38
3. 2. 1 Peralatan	38
3. 2. 2 Bahan	39
3.3 Prosedur Penelitian	40
3. 3. 1 Pembersihan Partikel SiC	40
3. 3. 2 Pembuatan Larutan Pelapisan	40
3. 3. 3 Proses Pelapisan	41
3.4 Pembuatan Komposit Laminat Hibrid Al/SiC-Al/Al ₂ O ₃	42
3. 4. 1 Penentuan Fraksi Volume Penguat dan Matriks	42
3. 4. 2 Proses Pencampuran	44
3. 4. 3 Proses Kompaksi	45
3. 4. 4 Proses Sinter	46
3.5 Pengujian	48
3. 5. 1 Pengujian Densitas dan Porositas Sinter	48
3. 5. 2 Pengujian Tekuk (<i>Bending Test</i>)	50

3. 5. 3 Pengamatan Struktur Mikro	51
3. 5. 4. Pengamatan fasa pada komposit laminat hibrid Al/SiC-Al/Al ₂ O ₃	52
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	53
4.1 Pengaruh Temperatur Sinter Terhadap Densitas Komposit Laminat Hibrid Al/SiC-Al/Al ₂ O ₃	53
4.2 Pengaruh Temperatur Sinter Terhadap Porositas Komposit Laminat Hibrid Al/SiC-Al/Al ₂ O ₃	57
4.3 Pengaruh Fraksi Volume Penguat Al ₂ O ₃ Terhadap Densitas Komposit Laminat Hibrid Al/SiC-Al/Al ₂ O ₃	61
4.4 Pengaruh Fraksi Volume Penguat Al ₂ O ₃ Terhadap Porositas Komposit Laminat Hibrid Al/SiC-Al/Al ₂ O ₃	64
4.5 Pengaruh Fraksi Volume Penguat Al ₂ O ₃ Terhadap Modulus Elastisitas Komposit Laminat Hibrid Al/SiC-Al/Al ₂ O ₃	69
4.6 Pengaruh Temperatur Sinter Terhadap Modulus Elastisitas Komposit Laminat Hibrid Al/SiC-Al/Al ₂ O ₃	73
4.7 Pengamatan Fasa pada Komposit Laminat Hibrid Al/SiC-Al/Al ₂ O ₃	76
5. KESIMPULAN	79
6. DAFTAR REFERENSI	82

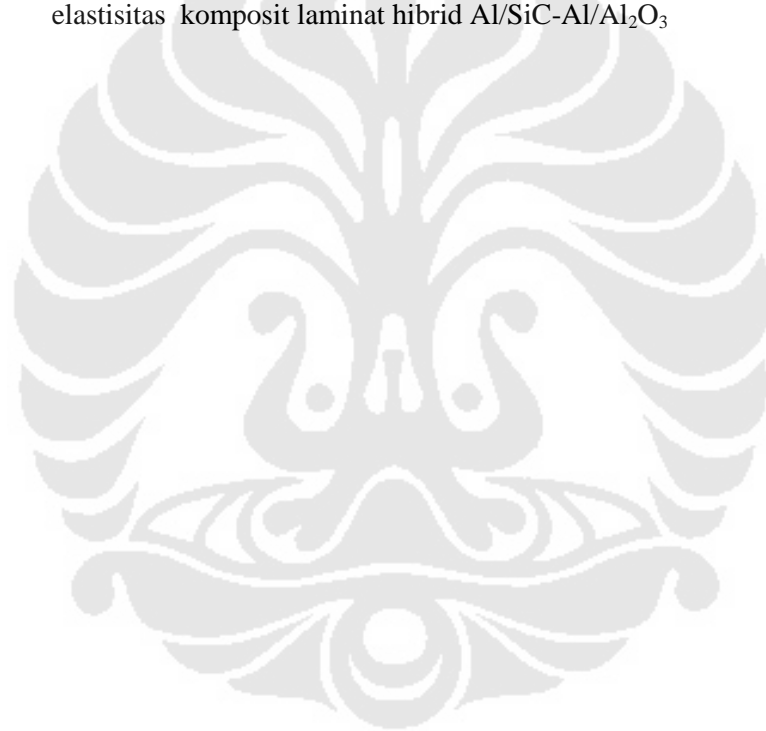
DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Sifat-sifat Logam Aluminium	14
Tabel 2.2	Nilai Berat Jenis untuk Al Serbuk Hasil Proses Atomisasi	16
Tabel 2.3	Sifat-sifat Silikon Karbida	16
Tabel 2.4	Sifat-sifat Alumina	17
Tabel 2.5	Sifat-sifat Magnesium	18
Tabel 2.6	Klasifikasi partikel serbuk	21
Tabel 2.7	<i>Sintering process</i>	33
Tabel 3.1	Perbandingan Fraksi Volume Al/SiC dan Al/Al ₂ O ₃	42
Tabel 4.1	Nilai pengaruh temperatur sinter terhadap densitas komposit laminat hibrid Al/SiC-Al/Al ₂ O ₃	54
Tabel 4.2	Nilai pengaruh temperatur sinter terhadap porositas komposit laminat hibrid Al/SiC-Al/Al ₂ O ₃	57
Tabel 4.3	Nilai pengaruh fraksi volume penguat Al ₂ O ₃ terhadap densitas komposit laminat hibrid Al/SiC-Al/Al ₂ O ₃	62
Tabel 4.4	Nilai pengaruh fraksi volume penguat Al ₂ O ₃ terhadap porositas komposit laminat hibrid Al/SiC-Al/Al ₂ O ₃	67
Tabel 4.5	Nilai pengaruh fraksi volume Al ₂ O ₃ terhadap modulus elastisitas komposit laminat hibrid Al/SiC-Al/Al ₂ O ₃	71
Tabel 4.6	Nilai pengaruh temperatur sinter terhadap modulus elastisitas komposit laminat hibrid Al/SiC-Al/Al ₂ O ₃	75

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Komposit partikulit dengan arah penguatan isotropik	5
Gambar 2.2	Arah penguatan komposit	6
Gambar 2.3	Klasifikasi MMC berdasarkan bentuk penguat	8
Gambar 2.4	Komposit lamina isotropik	10
Gambar 2.5	<i>Mechanical Bonding</i>	10
Gambar 2.6	<i>Electrostatic Bonding</i>	11
Gambar 2.7	<i>Chemical Bonding</i>	11
Gambar 2.8	Gaya yang dihasilkan pada peristiwa <i>wetting</i>	12
Gambar 2.9	Gaya yang dihasilkan pada peristiwa <i>wetting</i>	12
Gambar 2.10	Mekanisme pelapisan $MgAl_2O_4$ pada permukaan penguat SiC	14
Gambar 2.11	Ilustrasi permukaan penguat SiC yang terlapis $MgAl_2O_4$	14
Gambar 2.12	Bentuk partikel serbuk	22
Gambar 2.13	Tahapan proses metalurgi serbuk	24
Gambar 2.14	Mekanisme pencampuran dan pengadukan serbuk	25
Gambar 2.15	Jenis kompaksi/penekanan	26
Gambar 2.16	Perilaku serbuk saat kompaksi	28
Gambar 2.17	Perilaku serbuk pada Tahapan <i>Sintering</i>	28
Gambar 2.18	Tahap pertumbuhan leher dengan rasio X/D	29
Gambar 2.19	Struktur pori pada intermediate stage	30
Gambar 2.20	Pertumbuhan butir yang mengeliminasi porositas	30
Gambar 2.21	Pemisahan dan pembulatan pori pada final stage	30
Gambar 2.22	Mekanisme transport massa	32
Gambar 2.23	Pengaruh temperatur sinter terhadap sifat mekanik	32
Gambar 2.24	Perilaku Partikel Serbuk saat <i>Solid-state sintering</i>	34
Gambar 2.25	Perilaku partikel serbuk saat proses <i>liquid phase sintering</i>	35
Gambar 2.26	Proses densifikasi dan <i>swelling</i> pada <i>liquid fase sintering</i>	36
Gambar 3.1	<i>Ultrasonic Cleaner</i>	40
Gambar 3.2	Proses Pembuatan Larutan Pelapisan dan <i>Magnetic Stirrer</i>	41
Gambar 3.3	Proses Pelapisan Al_2O_3 (a) dan SiC (b)	41
Gambar 3.4	Timbangan Digital	43
Gambar 3.5	Proses Pencampuran Matriks dan Penguat	44
Gambar 3.6	Mesin Kompaksi	45
Gambar 3.7	<i>Tube Furnace</i>	46
Gambar 3.8	Pengujian Densitas dan Porositas	48
Gambar 3.9	Skema Uji <i>Bending</i>	49
Gambar 3.10	Mesin Uji Bending, Pengatur Beban dan Pencatatt Grafik Hasil Uji	50
Gambar 3.11	Mesin XRD	51
Gambar 4.1	Grafik pengaruh temperatur sinter terhadap densitas komposit laminat hibrid Al/SiC-Al/ Al_2O_3	54
Gambar 4.2	Mikrostruktur komposit laminat hibrid Al/SiC-Al/ Al_2O_3 dengan menggunakan MO perbesaran 100x	55
Gambar 4.3	Grafik pengaruh temperatur terhadap porositas komposit laminat hibrid Al/SiC-Al/ Al_2O_3	58
Gambar 4.4	Mikrostruktur daerah laminasi komposit laminat hibrid Al/SiC-Al/ Al_2O_3 Vf SiC 40%, Vf Al_2O_3 40%, waktu tahan sinter 6 jam, (A)Temperatur Sinter 600°C, (B)Temperatur Sinter 650°C, (C) Temperatur Sinter 700°C	60
Gambar 4.5	Grafik pengaruh fraksi volume penguat Al_2O_3 terhadap densitas komposit laminat hibrid Al/SiC-Al/ Al_2O_3	62
Gambar 4.6	Distribusi penguat pada komposit laminat hibrid	

	Al/SiC-Al/Al ₂ O ₃ , temperatur sinter 600°C, waktu tahan 6 jam, 40% Vf SiC (A) 10% Vf Al ₂ O ₃ , (B) 20% Vf Al ₂ O ₃ , (C) 30% Vf Al ₂ O ₃ , (D) 40% Vf Al ₂ O ₃	64
Gambar 4.7	Porositas yang terjadi pada daerah laminasi (A) dan daerah antarmuka partikel serbuk	65
Gambar 4.8	Grafik pengaruh fraksi volume penguat Al ₂ O ₃ terhadap porositas komposit laminat hibrid Al/SiC-Al/Al ₂ O ₃	67
Gambar 4.9	Retak pada daerah laminasi	68
Gambar 4.10	Perbedaan kelengkungan antarlapisan komposit dengan variasi Vf Al ₂ O ₃ setelah proses sinter T 600°C	69
Gambar 4.11	Nilai pengaruh fraksi volume Al ₂ O ₃ terhadap modulus elastisitas komposit laminat hibrid Al/SiC-Al/Al ₂ O ₃	71
Gambar 4.12	Delaminasi pada daerah laminasi komposit laminat hibrid Al/SiC-Al/Al ₂ O ₃ , Vf SiC 10%, Vf Al ₂ O ₃ 10%, T sinter 650°C, waktu sinter 6 Jam	73
Gambar 4.13	Grafik pengaruh temperatur sinter terhadap modulus elastisitas komposit laminat hibrid Al/SiC-Al/Al ₂ O ₃	75



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Tabel Perhitungan Densitas Teoritis Komposit Laminat Hibrid Al/SiC-Al/Al ₂ O ₃	85
Lampiran 2.	Tabel Perhitungan Densitas Eksperimental Komposit Laminat Hibrid Al/SiC-Al/Al ₂ O ₃	86
Lampiran 3.	Tabel Perhitungan Porositas Eksperimental Komposit Laminat Hibrid Al/SiC-Al/Al ₂ O ₃	88
Lampiran 4.	Tabel Perhitungan Modulus Elastisitas Eksperimental Komposit Laminat Hibrid Al/SiC-Al/Al ₂ O ₃	90
Lampiran 5.	Berkas Hasil Pengujian XRD <i>SiC Coating</i>	92
Lampiran 6.	Berkas Hasil XRD Al ₂ O ₃ <i>Coating</i>	95
Lampiran 7.	Gambar Struktur Mikro dengan MO	97
Lampiran 8.	Gambar Struktur Mikro dengan SEM	103

