



UNIVERSITAS INDONESIA

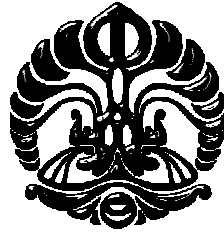
**PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI KOMPOSIT
Matriks Logam Al₅Cu/Al₂O₃(p)
MELALUI PROSES THIXOFORMING**

TESIS

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk
memperoleh gelar Magister Teknik**

**TULUS SWASONO
0806423040**

**FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK METALURGI DAN MATERIAL
DEPOK
JULI 2010**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI KOMPOSIT
Matriks Logam Al₅Cu/Al₂O₃(p)
MELALUI PROSES THIXOFORMING**

TESIS

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk
memperoleh gelar Magister Teknik**

**TULUS SWASONO
0806423040**

**FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK METALURGI DAN MATERIAL
KEKHUSUSAN MATERIAL
DEPOK
JULI 2010**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Tulus Swasono
NPM : 0806423040

Tanda Tangan :

Tanggal : 6 Juli 2010

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :
Nama : Tulus Swasono
NPM : 0806423040
Departemen : Teknik Metalurgi dan Material
Judul Tesis : Pembuatan dan Karakterisasi Komposit
Matriks Logam Al5Cu/Al₂O₃(p) Melalui
Proses Thixoforming

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ir. Dedi Priadi, DEA (.....)
Pembimbing : Dr. Ir. Winarto, M.Sc (.....)
Penguji : Dr. Ir. Dedi Priadi, DEA (.....)
Penguji : Prof.Dr.Ir. Anne Zulfia, M.Phil. Eng (.....)
Penguji : Dr. Ir. Winarto, M.Sc (.....)
Penguji : Dr. Ir. Sutopo, M.Sc (.....)

Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 6 Juli 2010

KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puji hanya bagi Allah Subhaanahu Wa Ta'ala yang telah memberikan Hidayah dan Isti'anah. Sholawat dan salam kepada Nabi Muhammad Shallallahu Alaihi Wasallam sehingga atas Rahmat dan Karunia Allah, saya dapat menyelesaikan penelitian dan seluruh kegiatan perkuliahan di Program Pasca Sarjana Bidang Ilmu Teknik, Program Studi Teknik Metalurgi dan Material guna memperoleh gelar Megister Teknik. Saya menyadari bahwa tanpa pertolongan Allah Subhaanahu Wa Ta'ala dan bantuan serta bimbingan dari berbagai pihak, sejak awal masa perkuliahan hingga saat penyusunan tesis, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan seluruh kegiatan penelitian dan perkuliahan ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr. Ir. Dedi Priadi, DEA, sebagai Pembimbing I, Tim Penguji dan Wakil Dekan Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
2. Dr. Ir. Winarto, M.Sc, sebagai Pembimbing II, Tim Penguji dan Sekretaris Departemen Teknik Metalurgi dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
3. Prof. Dr. Ir. Anne Zulfia, M.Sc, sebagai Tim Penguji
4. Dr. Ir, Sutopo, M.Sc sebagai Tim Penguji
5. Prof. Dr. Ing. Ir. Bambang Suharno, sebagai Pembimbing Akademik dan Ketua Departemen Teknik Metalurgi dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
6. Seluruh staf pengajar dan Teknisi di Departemen Teknik Metalurgi dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
7. Kedua Orang Tua yang senantiasa memberi dukungan.
8. Keluargaku tercinta, Siti Nurjannah Sipayung, Dzulqornain dan Nabilah, atas segala pengorbanan, dukungan dan do'anya.
9. Rekan-rekan di Program Magister Pasca Sarjana Departemen Teknik Metalurgi dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia terutama, Maman Kartaman, ST dan Anton Norman ST.
10. Rekan-rekan di Program Doktor Pasca Sarjana Departemen Teknik Metalurgi dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia terutama Ir. Wahyono, MT, Ir. Richard, MT dan Ir. Yusuf, MT.

Semoga Allah Subhaanahu Wa Ta'ala memberikan balasan kebaikan kepada semua pihak yang telah membantu penelitian ini. Semoga hasil penelitian ini membawa manfaat dan barokah bagi pengembangan ilmu material di Indonesia.

Depok, 6 Juli 2010

Penulis



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

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

Nama : Tulus Swasono
NPM : 0806423040
Program Studi : Rekayasa Material
Departemen : Metalurgi dan Material
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Tesis

demikian 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 : **“Pembuatan dan Karakterisasi Komposit Matriks Logam Al₅Cu/Al₂O₃(p) Melalui Proses Thixoforming”** 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 memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada Tanggal : 6 Juli 2010

Yang Menyatakan

(Tulus Swasono)

ABSTRAK

Nama : Tulus Swasono
Program Studi : Rekayasa Material
Judul : **Pembuatan dan Karakterisasi Komposit Matriks Logam Al5Cu/Al₂O₃(p) Melalui Proses Thixoforming**

Komposit Matrik Logam dengan penguat partikel banyak diterapkan pada bidang keteknikan dikarenakan memiliki performan yang baik seperti kekuatan tinggi, kekerasan tinggi, sifat tahan aus, koefisien ekspansi panas rendah dan harga bersaing. Jenis paduan yang banyak digunakan di industri paduan aluminium-tembaga (AlCu) yang bila di kombinasikan dengan alumina dari jenis keramik yang kuat dan keras akan membentuk suatu material baru berupa komposit matrik logam. Salah satu metode pembuatan komposit yang sekarang banyak dikembangkan adalah metode pembentukan semisolid. *Thixoforming* adalah proses pembentukan material dalam kondisi semisolid dengan pemanasan ulang ingot yang berstruktur mikro globular. Pada penelitian ini dilakukan pembuatan komposit dengan proses *thixoforming* pada matrik paduan Al5Cu serta penguat berupa 5, 10, 15 dan 20 % Vf partikel Al₂O₃. Penambahan 4 % magnesium pada komposit dilakukan untuk meningkatkan sifat *wetting* partikel Al₂O₃. Karakterisasi komposit matrik logam Al5Cu/ Al₂O₃ dilakukan dengan pengujian mekanik (uji kekerasan, keausan dan uji tarik), pengujian metalografi, berat jenis, porositas, SEM/EDS dan XRF. Hasil pengujian menunjukkan foto SEM memperlihatkan penyebaran partikel alumina tersebar merata pada matrik. Komposit hasil *thixoforming* mengalami peningkatan sifat mekanis (kekerasan dan keausan) dengan penambahan fraksi volume penguat partikel Al₂O₃. Namun berat jenis komposit matrik logam berkurang dengan peningkatan fraksi volume Al₂O₃.

Kata kunci : Komposit Matrik Logam Al5Cu/Al₂O₃, Pembentukan semisolid, Thixoforming, Sifat Mekanis, densitas.

ABSTRACT

Name : Tulus Swasono
Study Program : Material Engineering
Title : *Fabrication and Characterization of Metal Matrix Composites Al5Cu/Al₂O₃(p) by Thixoforming Process*

Metal Matrix Composite with reinforced particles have been applied mostly in engineering materials due to the high strength, high hardness, high wear resistance, low heat coefficient expansion and competitive prices. The most types of MMC alloying used for industrial components is aluminum-copper Alloys (AlCu). When this alloying is combined with ceramic alumina (Al₂O₃) can be produced the new materials of MMC. One of the recent developed manufacturing method for MMC is used by semi-solid forming method. *Thixoforming* is one of semi-solid forming process by reheating the ingots of MMC and continued by forged them into the parts. The research is focused on manufacturing of metal matrix composite by *thixoforming* process using the alloying matrix of Al5Cu with the addition of particle reinforcement of 5, 10, 15 and 20 % volume fraction (vf) of Al₂O₃. The wetting agent of Al₂O₃ particles is used by the addition of 4 % of magnesium. The characterization of MMC was carried out by mechanical tests (hardness and wear resistance), and by Metallographic tests (microstructure, porosity and density) and also using SEM/EDS to characterize the microstructure of both matrix and reinforcement of MMC. The results show that MMC manufactured by *Thixoforming* process have increased mechanical properties (hardness and wear resistance) by increasing the volume fraction of Al₂O₃. However, the bulk density of MMC is decreased by increasing the the volume fraction of Al₂O₃. The SEM photographs shows that the alumina particles are randomly distributed into the MMC matrix.

Keywords : *Metal Matrix Composite of Al5Cu/Al₂O₃, Semi-Solid Forming, Thixoforming, Mechanical Properties and Bulk Density.*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	vi
ABSTRAK.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 LATAR BELAKANG.....	1
1.2 PERUMUSAN MASALAH.....	4
1.3 RUANG LINGKUP PENELITIAN.....	5
1.3.1 Bahan Penelitian.....	5
1.3.2 Parameter Proses.....	5
1.3.2 Karakterisasi.....	6
1.4 TUJUAN.....	7
1.5 SASARAN PENELITIAN.....	7
1.6 HASIL YANG DIHARAPKAN.....	7
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 KOMPOSIT Matrik Logam.....	8
2.2 ALUMINIUM Matrik Komposit.....	10
2.3 STIR CASTING.....	12
2.4 MATERIAL PENYUSUN KOMPOSIT Matrik Logam.....	13
2.4.1 Paduan Al-Cu.....	13
2.4.2 Alumina.....	18
2.5 Metode Pembentukan Semisolid.....	19
3. METODOLOGI PENELITIAN.....	27
3.1 PENJELASAN DIAGRAM ALIR PENELITIAN.....	29
3.1.1 Tahapan Persiapan Bahan dan Percobaan	29
3.1.2 Proses Pembuatan Komposit Aluminium Al ₅ Cu/Al ₂ O ₃ dengan Metode <i>Semisolid</i>	31
3.1.2.1 Pembuatan Paduan Al ₅ Cu.....	31
3.1.2.2 Stir Casting Al ₅ Cu/Al ₂ O ₃	32
3.1.2.3 Thixoforming Komposit Al ₅ Cu/Al ₂ O ₃ ...	33
3.1.3 Persiapan Sampel Uji dan Perlakuan Panas.....	35
3.1.4 Proses Karakterisasi Komposit Aluminium Al ₅ Cu/Al ₂ O ₃	36
4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	41
4.1 HASIL PENGUJIAN.....	
4.1.1 Perhitungan Fraksi Volume, Berat dan Densitas Komposit Teoritis.....	41
4.1.2 Analisa Kimia.....	42

4.1.3	Hasil Pengukuran Butir Partikel Alumina dengan SEM.....	43
4.1.4	Hasil Uji Kekerasan.....	44
4.1.5	Hasil Uji Laju Keausan.....	44
4.1.6	Hasil Uji Berat Jenis dan Porositas.....	44
4.1.7	Hasil Uji Tarik.....	44
4.1.8	Distribusi Alumina di dalam matrik Al ₅ Cu.....	45
4.1.9	Hasil Pengamatan Metalografi.....	48
4.1.10	Pengujian SEM dan EDS.....	52
4.2	PEMBAHASAN.....	53
4.2.1	Analisa Kimia.....	53
4.2.2	Pengaruh Fraksi Volume Penguat Al ₂ O ₃ dan Parameter Aging terhadap Kekerasan.....	53
4.2.3	Densitas dan Porositas Komposit.....	58
4.2.4	Pengaruh Fraksi Volume Penguat Al ₂ O ₃ dan Parameter Aging terhadap Ketahanan Aus.....	60
4.2.5	Hubungan Metalografi dan Distribusi partikel dengan Sifat Mekanis.....	64
5.	KESIMPULAN.....	72
	DAFTAR REFERENSI.....	74
	LAMPIRAN.....	76

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Klasifikasi komposit matrik logam	8
Gambar 2.2	Bentuk umum penguat <i>fiber</i> , dapat berupa <i>straight continuous fibers</i> , <i>discontinuous fiber</i> atau <i>whiskers</i> , <i>particles</i> atau <i>flakes</i> , atau <i>continuous fibers</i> yang dianyam.....	9
Gambar 2.3	Metalurgi peleburan komposit matrik logam.....	10
Gambar 2.4	Grafik kekuatan tarik dari jenis penguat dan fraksi volume yang berbeda.....	11
Gambar 2.5	Skema proses melt steering.....	13
Gambar 2.6	Perbedaan kekuatan tarik maksimum dan kekuatan yield dari pengujian tarik terhadap sejumlah paduan aluminium.....	15
Gambar 2.7	Diagram fasa Aluminium-Tembaga, daerah diarsir adalah daerah paduan aluminium seri 2xxx dengan kemampuan dikeraskan secara presipitasi.....	15
Gambar 2.8	Mekanisme pengerasan presipitasi pada paduan Al5Cu...	16
Gambar 2.9	Diagram waktu dan temperatur proses pengerasan presipitasi paduan AlCu.....	16
Gambar 2.10	Pengaruh temperatur pada sudut kontak pada Al-Mg / Al ₂ O ₃ dan Al/ Al ₂ O ₃ murni.....	18
Gambar 2.11	Struktur mikro a) dendritik and (b) globular.....	20
Gambar 2.13	Skema ilustrasi evolusi struktur pada proses pembekuan cairan dibawah kondisi steering.: (a) <i>initial dendritic fragment</i> ; (b) <i>dendritic growth</i> ; (c) <i>rosette</i> ; (d) <i>ripened rosette</i> ; (e) <i>spheroid</i>	21
Gambar 2.14	Jenis stiiring: (a) <i>mechanical stirring</i> ; (b) <i>passive stirring</i> ; (c) <i>electromagnetic .vertical. stirring</i> ; (d) <i>electromagnetic .horizontal. stirring</i>	22
Gambar 2.15	Fungsi volume fraksi likuid sebagai fungsi temperatur pada beberapa paduan aluminium.....	22
Gambar 2.16	Kurva fraksi volume solid pada paduan A356 dan	

	Al ₄ ,4Cu. Garis putus-putus menunjukkan temperatur eutektik..	23
Gambar 2.17	Bagan proses pembuatan logam <i>Semisolid</i>	25
Gambar 3.1	Proses Pembuatan bahan matriks Komposit Matrik Logam Al ₅ Cu.....	27
Gambar 3.2	Skema Penelitian Komposit Matrik Logam dengan Squeeze Casting.....	28
Gambar 3.3	Ingot aluminium murni.....	29
Gambar 3.4	Ingot Magnesium murni.....	29
Gambar 3.5	Tembaga murni.....	29
Gambar 3.6	Oksida Aluminium (Al ₂ O ₃)	29
Gambar 3.7	Cetakan tempa <i>semisolid</i> yang dilengkapi pemanas.....	30
Gambar 3.8	Proses peleburan aluminium dan tembaga menggunakan burner minyak tanah.....	32
Gambar 3.9	Paduan Al ₅ Cu hasil pengecoran.....	32
Gambar 3.10	Dapur listrik untuk pembuatan komposit dan pemanasan hingga mencapai kondisi <i>semisolid</i>	32
Gambar 3.11	Proses <i>steering</i> cairan aluminium-tembaga sambil melakukan pencampuran partikel alumina secara bertahap.....	33
Gambar 3.12	Ingot komposit Al ₅ Cu/ Al ₂ O ₃ hasil casting.....	33
Gambar 3.12	Proses pemanasan kembali ingot komposit Al ₅ Cu/ Al ₂ O ₃ untuk mencapai fasa <i>semisolid</i>	34
Gambar 3.13	Proses penampatan material <i>semisolid</i> komposit Al ₅ Cu/ Al ₂ O ₃ di cetakan	34
Gambar 3.14	Proses penekanan material semi solid dalam cetakan tertutup. (a) <i>punch</i> bergerak turun. (b) penekanan disertai penahanan 3 detik. (c). <i>puch</i> bergerak naik.....	34
Gambar 3.15	Produk hasil prose <i>thixoforming</i>	35
Gambar 3.16	Proses perlakuan panas komposit hasil forming	

	<i>semisolid</i>	36
Gambar 3.17	Gambar spesimen uji tarik.....	36
Gambar 4.1	Hasil uji XRF terhadap serbuk Alumina.....	42
Gambar 4.2.	(a), (b), Pengukuran butir serbuk alumina dengan SEM...	43
Gambar 4.3	Distribusi Alumina pada matrik Al5Cu, hasil <i>casting</i> dengan penguat (a) 0%, (b) 5%, (c) 10%, (d) 15 %, (e) 20 % Al ₂ O ₃	45
Gambar 4.4	Distribusi Alumina pada matrik Al5Cu, hasil <i>thixoforming</i> tanpa <i>aging</i> dengan penguat (a) 0%, (b) 5%, (c) 10%, (d) 15 %, (e) 20 % Al ₂ O ₃	46
Gambar 4.5	Distribusi Alumina pada matrik Al5Cu, hasil <i>thixoforming</i> dan <i>Aging</i> 16 jam dengan penguat (a) 0%, (b) 5%, (c) 10%, (d) 15 %, (e) 20 % Al ₂ O ₃	47
Gambar 4.6	Distribusi Alumina pada matrik Al5Cu, hasil <i>Thixoforming</i> dan <i>aging</i> 28 jam dengan penguat (a) 0%, (b) 5%, (c) 10%, (d) 15 %, (e) 20 % Al ₂ O ₃	48
Gambar 4.7	Metalografi sampel hasil cor dengan penguat (a) 0%, (b) 5%, (c) 10%, (d) 15 %, (e) 20 % Al ₂ O ₃ . Perbesaran 500x.....	49
Gambar 4.8	Metalografi sampel hasil <i>thixoforming</i> dengan penguat (a) 0%, (b) 5%, (c) 10%, (d) 15 %, (e) 20 % Al ₂ O ₃ sebelum di <i>heat treatment</i> . Perbesaran 500x.....	50
Gambar 4.9	Metalografi sampel hasil <i>thixoforming</i> dengan penguat (a) 0%, (b) 5%, (c) 10%, (d) 15 %, (e) 20 % Al ₂ O ₃ setelah proses <i>solution treatment</i> 540 °C hold 4 jam kemudian di <i>aging</i> selama 16 jam. Perbesaran 500x.....	51
Gambar 4.10	Metalografi sampel hasil <i>thixoforming</i> dengan penguat (a) 0%, (b) 5%, (c) 10%, (d) 15 %, (e) 20 % Al ₂ O ₃ setelah proses <i>solution treatment</i> 540 °C hold 4 jam kemudian di <i>aging</i> selama 28 jam. Perbesaran 500x.....	52
Gambar 4.11	Hasil uji kekerasan ingot komposit dan hasil <i>thixoforming</i> tanpa perlakuan panas.....	55
Gambar 4.12	Hasil uji kekerasan produk <i>thixoforming</i> di <i>solution treatment</i> pada temperatur 540 °C dan di <i>aging</i> pada temperatur 200 °C selama 16 dan 28 jam.....	57
Gambar 4.13.	Densitas komposit secara teoritis, bentuk ingot <i>casting</i>	

	dan hasil <i>thixoforming</i>	58
Gambar 4.14	Grafik hasil uji porositas pada ingot komposit dan hasil <i>thixoforming</i>	59
Gambar 4.15	Grafik hasil uji laju keausan pada ingot komposit dan hasil <i>thixoforming</i>	62
Gambar 4.16	Grafik hasil uji laju keausan pada hasil <i>thixoforming</i> setelah di laku panas T6 dengan waktu <i>aging</i> 16 dan 28 jam	63
Gambar 4.17	Distribusi partikel alumina pada fraksi volume 5 % Al_2O_3 ; (a) ingot, (b) <i>thixoforming</i> , (c) T6, <i>aging</i> 16 jam, (d) T6, <i>aging</i> 28 jam.....	65
Gambar 4.18	Distribusi partikel alumina pada fraksi volume 10 % Al_2O_3 ; (a) ingot, (b) <i>thixoforming</i> , (c) T6, <i>aging</i> 16 jam, (d) T6, <i>aging</i> 28 jam	65
Gambar 4.19	Distribusi partikel alumina pada fraksi volume 15 % Al_2O_3 ; (a) ingot, (b) <i>thixoforming</i> , (c) T6, <i>aging</i> 16 jam, (d) T6, <i>aging</i> 28 jam	66
Gambar 4.20	Distribusi partikel alumina pada fraksi volume 20 % Al_2O_3 ; (a) ingot, (b) <i>thixoforming</i> , (c) T6, <i>aging</i> 16 jam, (d) T6, <i>aging</i> 28 jam	67
Gambar 4.21	Grafik hasil uji tarik hasil <i>thixoforming</i> pada berbagai fraksi volume alumina.	68
Gambar 4.22	Perubahan struktur mikro hasil laku panas T6 pada fraksi volume 5 % Al_2O_3 ; (a) ingot, (b) <i>thixoforming</i> , (c) T6, <i>aging</i> 16 jam, (d) T6, <i>aging</i> 28 jam	69
Gambar 4.23	Perubahan struktur mikro hasil laku panas T6 pada fraksi volume 10 % Al_2O_3 ; (a) ingot, (b) <i>thixoforming</i> , (c) T6, <i>aging</i> 16 jam, (d) T6, <i>aging</i> 28 jam	70
Gambar 4.24	Perubahan struktur mikro hasil laku panas T6 pada fraksi volume 15 % Al_2O_3 ; (a) ingot, (b) <i>thixoforming</i> , (c) T6, <i>aging</i> 16 jam, (d) T6, <i>aging</i> 28 jam	70
Gambar 4.25	Perubahan struktur mikro hasil laku panas T6 pada fraksi volume 20 % Al_2O_3 ; (a) ingot, (b) <i>thixoforming</i> , (c) T6, <i>aging</i> 16 jam, (d) T6, <i>aging</i> 28 jam	71

DAFTAR TABEL

Tabel II.1	Klasifikasi Paduan Aluminium	14
Tabel II.2	Kodifikasi Temper Paduan Aluminium.....	17
Tabel II.3	Karakteristik Alumina.....	19
Tabel IV.1	Perhitungan Densitas Teoritis Paduan.....	41
Tabel IV.2	Perhitungan Berat Paduan.....	41
Tabel IV.3	Komposisi Kimia Ingot Aluminium Tembaga hasil cor..	42
Tabel IV.4	Komposisi Kimia Serbuk Alumina.....	42
Tabel IV.5	Komposisi Kimia Ingot Magnesium	43
Tabel IV.6	Analisa Kekerasan Ingot Komposit As Cast	54
Tabel IV.7	Analisa Kekerasan Hasil Thixoforming Tanpa Perlakuan Panas	54
Tabel IV.8	Analisa Kekerasan Hasil Thixoforming Setelah T6 dan Aging 16 Jam	55
Tabel IV.9	Analisa Kekerasan Hasil Thixoforming Setelah T6 dan Aging 28 Jam	59
Tabel IV.10	Analisa Perhitungan Pengujian Aus Komposit as Cast ...	60
Tabel IV.11	Analisa Perhitungan Laju Aus Komposisi Hasil Thixoforming Tanpa Perlakuan Panas	60
Tabel IV.12	Analisa Perhitungan Laju Aus Komposit Hasil Thixoforming dan T6 Aging 16 jam.....	62
Tabel IV.13	Analisa Perhitungan Laju Aus Komposit Hasil Thixoforming dan T6 Aging 28 jam	62

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Hasil Uji SEM/EDS.....	76
Lampiran 2	Data Uji Kekerasan.....	93
Lampiran 3	Data Uji Keusan.....	95
Lampiran 4	Perhitungan densitas dan porositas.....	99
Lampiran 5	Data Perhitungan Uji Tarik.....	100

