



**PENGARUH PARTIKEL NANO  $Al_2O_3$  TERHADAP KOMPOSIT  
ALUMINIUM 6061/ $Al_2O_3$  MELALUI PROSES *STIR CASTING*  
AKIBAT *HEAT TREATMENT***

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (S1) dan mencapai gelar Sarjana Teknik

oleh:

**Wahadi**

**NIM 101910101026**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 (S1)  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2014**

## **PERSEMBAHAN**

Dengan mengucapkan puji syukur dan Alhamdulillah kepada Allah SWT dengan tulus ikhlas dan segala kerendahan hati skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Allah SWT yang senantiasa memberikan petunjuk dan tuntunan serta jalan kemudahan untuk hamba.
2. Bapak dan Ibu ku tercinta, Bapak Rianto dan Ibu Darmuti. Terimakasih kebesaran hati dan pengorbanannya.
3. Kakak-kakak ku tercinta, Waluyo dan Didik Susanto.
4. Almamater tercinta Fakultas Teknik Universitas Jember.
5. Teman-teman seperjuangan penelitian, yudha, eko, gopur, hafeizh dna ivan di Departemen Metalurgi Fakultas Teknik Universitas Indonesia
6. Keluarga besar “Mech-X” kenangan dan kebersamaan yang tiada luntur.
7. Teman –teman KKN gel.1 2013 Desa Slateng Kec. Ledokombo.

## MOTTO

*"Hiduplah seakan engkau akan mati besok, Belajarlh seakan engkau akan hidup selamanya" (Mahatma Gandhi)*

*Harga kebaikan manusia adalah diukur menurut apa yang telah dilaksanakan / diperbuatnya. (Ali Bin Abi Thalib)*

*"Berikan seorang pria semangkuk nasi dan Anda akan memberinya makanan untuk sehari. Ajarkan seorang pria memelihara padi dan Anda akan memberinya makanan seumur hidup" (Confusius)*

## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

nama : Wahadi

NIM : 101910101026

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul: “*Pengaruh Partikel Nano Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Terhadap Komposit Aluminium 6061/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Melalui Proses Stir Casting Akibat Heat Treatment*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada instansi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 20 juni 2014  
Yang menyatakan,

Wahadi  
NIM 101910101026

**SKRIPSI**

**PENGARUH PARTIKEL NANO  $\text{Al}_2\text{O}_3$  TERHADAP KOMPOSIT  
ALUMINIUM 6061/ $\text{Al}_2\text{O}_3$  MELALUI PROSES *STIR CASTING*  
AKIBAT *HEAT TREATMENT***

Oleh:

Wahadi

101910101026

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Sumarji, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Ir. FX. Kristianta, M.Eng.

## PENGESAHAN

Skripsi berjudul “**Pengaruh Patrikel Nano Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> terhadap Komposit Aluminium 6061/ Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>Melalui Proses *Stir Casting* akibat *Heat Treatment*” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada:**

Hari : Rabu  
Tanggal : 11 Juni 2014  
Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim penguji;

Ketua,

Sekretaris,

Sumarji, S.T., M.T.  
NIP 19680202 199702 1001

Ir.FX. Kristianta, M,Eng.  
NIP 19650120 200112 1 001

Anggota I,

Anggota II,

Hary Sutjahjono, S.T.,M.T.  
NIP 19681205 199702 1 002

Ir. Ahmad Syuhri, M.T.  
NIP 19670123 199702 1 001

Mengesahkan,  
Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember

Ir. Widyono Hadi, M.T.  
NIP 19610414 198902 1 001

## RINGKASAN

**Pengaruh partikel nano  $\text{Al}_2\text{O}_3$  terhadap komposit aluminium 6061/ $\text{Al}_2\text{O}_3$  melalui proses *Stir Casting* akibat *Heat Treatment*; Wahadi, 101910101026; 2014; 84 halaman; Program Studi Strata Satu Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Jember.**

Kebutuhan akan komponen-komponen dengan karakteristik kemampuan yang struktural, ringan dan kuat mengalami peningkatan yang cukup tinggi. Peningkatan ini tentunya didukung perkembangan material yang memiliki sifat yang baik, dalam rangka pemenuhan material untuk aplikasi roket balistik maka dalam penelitian ini bertujuan membuat material yang kuat dan ringan, yaitu komposit.

Komposit ini dibuat dengan menggunakan metode *stir casting*, yaitu fabrikasi komposit dengan melelehkan material matriks aluminium dan ditambahkan penguat alumina kemudian didispersikan melalui proses *stirrer* (pengadukan) dilanjutkan penuangan kedalam cetakan. Sehingga terbentuklah komposit Aluminium-alumina ( $\text{Al}/\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Variasi fraksi volume penguat yang digunakan 0,5%, 1%, 2%, 3% dan 5%  $V_f$ , Sedangkan untuk meningkatkan pembasahan *interface* maka ditambahkan unsur Magnesium, dengan fraksi volume 3%. Dalam penelitian ini dipilih waktu pengadukan 1 menit, karena pengadukan yang lama akan dapat menyebabkan terbentuknya cacat pada komposit.

Untuk meningkatkan sifat mekanik komposit sebagai perbandingan komposit *As cast* dengan *heat treatment (HT)* maka penelitian ini dilanjutkan dengan perlakuan pasan T6, berupa *solution treatment* pada suhu  $530^\circ\text{C}$  selama 2 jam, *quenching* dan dilanjutkan proses *aging* pada suhu  $175^\circ\text{C}$  selama 6 jam.

Karakterisasi komposit  $\text{Al}/\text{Al}_2\text{O}_3$  menggunakan pengujian kekerasan, pengujian keausan, pengujian densitas dan porositas dan pengamatan metalografi. Hasil yang diperoleh dari pengujian kekerasan diperoleh nilai kekerasan *HT* tertinggi 53 HRB pada fraksi volume 5%, dibanding *as cast* 5%  $V_f$  sebesar 48 HRB. Semakin

meningkat penambahan penguat maka diperoleh nilai kekerasan semakin tinggi. Peningkatan ini dapat disebabkan karena pengaruh perlakuan T6 dengan menghadirkan presipitat-presipitat berupa  $Mg_2Si$  dan  $MgAl_2O_4$  sebagai fungsi penguatan terhadap kekuatan ikatan partikel dalam *interface*, sehingga pergerakan dislokasi matriks dapat terhambat, sedangkan menurunnya kekerasan dan ketahanan aus dapat disebabkan karena pengaruh porositas dan aglomerasi partikel akibat pembasahan yang kurang baik. Meningkatnya kekerasan mendukung ketahanan aus komposit, diperoleh nilai tahan aus yang semakin menurun seiring meningkatnya volume penguat. Keausan tertinggi pada 5% penguat pada *HT* yaitu  $1,37 \text{ mm}^3/\text{m}$ , nilai ini lebih rendah dibanding *as cast* yaitu  $1,49 \text{ mm}^3/\text{m}$ .

Sedangkan pengujian densitas dan porositas memiliki keterbalikan fluktuasi secara linear, semakin rendah densitas maka porositas semakin tinggi. Nilai densitas *HT* terendah diperoleh pada 5%  $V_f$  yaitu  $2,35 \text{ g/cm}^3$ , lebih tinggi dibanding *as cast* 5%  $V_f$  yaitu  $2,29 \text{ g/cm}^3$ . Sedangkan porositas terbentuk semakin tinggi seiring bertambahnya partikel penguat, porositas tertinggi terjadi pada *HT* 5%  $V_f$  yaitu 6,38 %, lebih rendah dibanding *as cast* 5% yaitu 6,96%. Pengaruh perlakuan T6 terbukti dapat menurunkan nilai porositas dan meningkatkan densitasnya.



## SUMMARY

**Effect of particles nano Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> on aluminum composite 6061/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> through Stir Casting process due Heat Teratment;** Wahadi, 101910101026; 2014; 69 pages; Tier One Program Mechanical Engineering Department of Mechanical Engineering Faculty of Engineering, University of Jember.

The need for components with characteristic structural capability, light and strong enough to increase the height. This increase is certainly supported the development of a material that has good properties, in order to meet the material for ballistic rocket applications then be made of material that is strong and light weight, which is composite.

The composite is made by stir casting method, which is fabricated by melting the material matrix composite aluminum and alumina added amplifier then dispersed through the stirrer (stirring) continued pouring into the mold. So forming a composite aluminum - alumina (Al/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Variation of volume fraction of reinforcement used 0.5%, 1%, 2%, 3% and 5% Vf, As for increasing the discussion interface then added the element magnesium, with a volume fraction of 3%. In this study been stirring time 1 minute, stirring for long will cause the formation of porosity defects in the composite.

To improve the mechanical properties of the composite as a composite ratio of As cast by heat treatment (HT), this study continued with barely T6 treatment, solution treatment at a temperature of 530°C for 2 hours, quenching and continued aging process at a temperature of 175 °C for 6 hours.

Characterization of composite Al/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> using hardness testing, wear testing, density and porosity testing and metallographic observations. The results obtained from testing the hardness obtained the highest value of 53 HRB hardness HT on the volume fraction of 5%, compared to 5% Vf as cast by 48 HRB. Increasing addition of reinforce the higher hardness values obtained. This increase may be due to the effect

of treatment T6 with presenting precipitates form Mg<sub>2</sub>Si precipitates and MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> as a function of strengthening the bond strength of particles in the interface, so that the movement of dislocations matrix can be inhibited, while the decrease in hardness and wear resistance can be caused by the influence of porosity and particle agglomersi due to wetting unfavorable. Increasing violence supports composite wear resistance, wear resistant grades obtained decreases with increasing volume of the amplifier. Wear and tear on the top 5% in the HT amplifier is 1.37 mm<sup>3</sup>/m, this value is lower than cast as of 1.49 mm<sup>3</sup>/m.

While testing the density and porosity have a linear fluctuations reversibility, the lower the density the higher theporosity. lowest density HT value sobtained at 5% Vf is 2.35g/cm<sup>3</sup>, higher than 5% cast as Vf is 2.29 g/cm<sup>3</sup>. Mean while, the higher the porosity formed with increasing particle amplifier, high porosity also occurs in HT 5% Vf is 6.38%, lower than the 5% that is cat as 6.96%. Effect of T6 treatment proven to reduce the porosity and increase the density values.

## PRAKATA

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh patrikel nano  $Al_2O_3$  terhadap komposit aluminium 6061/ $Al_2O_3$  melalui proses *Stir Casting* akibat *Heat Treatment*” Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan banyak terimakasih kepada:

1. Ir. Widyono Hadi, M.T., selaku Dekan Faklutas Teknik Universitas Jember;
2. Sumarji, S.T.,MT., selaku Dosen Pembimbing Utama, dan Ir. FX. Kristianta, M. Eng, selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu dan pikiran serta perhatiannya guna memberikan bimbingan dan pengarahan demi selesainya skripsi ini;
3. Hary Sutjahjono, S.T.,M.T dan Ir. Ahmad Syuhri, M.T selaku Dosen Penguji yang telah memberikan masukan dan saran;
4. Salahuddin Junus, S.T, M.T selaku Dosen dalam penelitian dari Universitas Jember;
5. Prof. Dr. Ir. Anne Zulfia Syahrial, M.Sc dari Universitas Indonesia;
6. Semua Dosen Teknik Mesin yang tidak bisa disebutkan satu demi satu, terimakasih atas semua pengajaran dan bimbingan, semangat dan waktu yang telah bapak sampaikan kepada saya;
7. Tim penelitian yang solid dari UNEJ (Yudha, Eko dan Gofur) dan UI (Hafeizh dan Ivan) terimakasih atas kerjasamanya;
8. Bapak Riyanto, Uwak Andi dan adek Dandy, yang turut membantu penyelesaian skripsi ini;

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini jauh dari sempurna. Oleh karena itu kritik dan saran sangat diperlukan dari semua pihak demi membangun kesempurnaan skripsi ini. Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi masyarakat.

Jember, Juni 2014

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PEMBIMBINGAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vi
<b>RINGKASAN</b> .....	vii
<b>SUMMARY</b> .....	ix
<b>PRAKATA</b> .....	xi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xvi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xviii
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan dan Manfaat .....	3
1.3.1. Tujuan .....	3
1.3.2. Manfaat .....	4
1.4 Batasan Masalah .....	4
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	6
<b>2.1 Komposit</b> .....	6
2.1.1 Komposit Matriks Logam.....	7
2.1.2 Komosit Matriks Aluminium. ....	7
2.1.3 Komposit Matriks Partikel.....	8
<b>2.2 Karakteristik Matriks</b> .....	11
2.2.1 Aluminium.....	11

2.2.2 Aluminium 6061 .....	14
<b>2.3 Karakteristik Penguat.....</b>	<b>16</b>
2.3.1 Alumina (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) .....	16
2.3.2 Magnesium.....	18
<b>2.4 Karakteristik Ikatan Matriks dengan Penguat.....</b>	<b>20</b>
<b>2.5 Dampak Penambahan alumina pada Matriks .....</b>	<b>21</b>
<b>2.6 Pengecoran Aduk (<i>Stir casting</i>) .....</b>	<b>22</b>
<b>2.7 Perlakuan Panas pada Aluminium.....</b>	<b>24</b>
2.7.1 Perlakuan Panas Komposit Al /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	25
<b>2.8 Nanopartikel.....</b>	<b>28</b>
<b>2.9 Nanokomposit .....</b>	<b>30</b>
<b>2.10 Pengujian Nanokomposit Al/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.....</b>	<b>33</b>
2.10.1 Pengujian Kekerasan .....	33
2.10.2 Pengujian Keausan .....	34
2.10.3 Pengujian Densitas dan Porositas.....	36
2.10.4 Pengamatan Struktur Mikro .....	37
<b>2.11 Hipotesis .....</b>	<b>38</b>
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>39</b>
<b>3.1 Metode Penelitian.....</b>	<b>39</b>
<b>3.2 Tempat dan Waktu Penelitian.....</b>	<b>39</b>
<b>3.3 Alat dan Bahan Penelitian .....</b>	<b>39</b>
3.3.1 Alat .....	39
3.3.2 Bahan.....	40
<b>3.4 Variabel Penelitian.....</b>	<b>40</b>
3.4.1 Variabel Bebas .....	40
3.4.2 Variabel Terikat .....	40
3.4.3 Variabel Kontrol.....	41
<b>3.5 Prosedur fabrikasi Nano komposit Al/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> .....</b>	<b>41</b>
<b>3.6 Proses Perlakuan Panas .....</b>	<b>42</b>

<b>3.7 Pengujian</b> .....	43
3.7.1 Pengujian Kekerasan .....	43
3.7.2 Pengujian Keausan .....	43
3.7.3 Pengujian Densitas dan Porositas.....	44
3.7.4 Pengamatan Struktur Mikro.....	45
<b>3.8 Diagram Alir Penelitian</b> .....	47
<b>BAB 4. PEMBAHASAN</b> .....	48
<b>4.1 Analisis Proses Fabrikasi Komposit Al/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> .....	48
<b>4.2 Karakterisasi Komosit Al/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> .....	49
4.2.1 Pengujian Kekerasan.....	49
4.2.2 Pengujian Keausan.....	50
4.2.3 Pengujian Densitas dan Porositas .....	53
4.2.4 Pengamatan Struktur Mikro .....	57
4.2.5 Perbandingan Struktur Mikro Antar Fraksi Volume .....	65
4.2.6 Perbandingan Srtuktur Mikro <i>As cast</i> dengan <i>HT</i> .....	66
<b>BAB 5 PENUTUP</b> .....	68
<b>5.1 Kesimpulan</b> .....	68
<b>5.2 Saran</b> .....	69
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Cacat Porositas .....	9
Gambar 2.2 Diagram Kekerasan Brinell.....	10
Gambar 2.3 Variasi Kekerasan Komposit.....	10
Gambar 2.4 Laju Keausan Komposit.....	11
Gambar 2.5 Skema Sudut Kontak .....	20
Gambar 2.6 Skema Stir Casting .....	22
Gambar 2.7 Kurva Perlakuan Panas .....	25
Gambar 2.8 Bentuk Skala Partikel Nano .....	28
Gambar 2.9 Jenis Nanomaterial .....	31
Gambar 2.10 Bahan Nanokomposit.....	31
Gambar 2.11 Jenis Orientasi Filler .....	32
Gambar 2.12 Alat Uji Kekerasan Rokwell B .....	34
Gambar 2.13 Alat Uji Keausan .....	34
Gambar 2.14 Skema Pengujian Aus .....	35
Gambar 2.15 Mikroskop Optik.....	38
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian .....	45
Gambar 4.1 Grafik pengujian kekerasan.....	49
Gambar 4.2 Grafik Pengujian Keausan .....	51
Gambar 4.3 Grafik Pengujian Densitas .....	53
Gambar 4.4 Grafik Pengujian Porositas.....	55
Gambar 4.5.a Struktur Mikro Al 6061.....	58
Gambar 4.5.b Struktur Mikro 0,5% Vf.....	59
Gambar 4.5.c Struktur Mikro 1% Vf.....	60
Gambar 4.5.d Struktur Mikro 2% Vf.....	61



Gambar 4.5.e Struktur Mikro 3% Vf.....	62
Gambar 4.5.e' Struktur Mikro 3% Vf.....	63
Gambar 4.5.f Struktur Mikro 5% Vf.....	64
Gambar 4.6 Perbandingan Struktur Mikro Antar Vf.....	65
Gambar 4.7 Perbandingan Struktur Mikro <i>As cast</i> dengan <i>HT</i> .....	67

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Sifat Fisik Aluminium Murni .....	12
Tabel 2.2 Sifat Mekanik Aluminium Murni.....	12
Tabel 2.3 Sifat Mekanik Aluminium pada temperatur ruang.....	13
Tabel 2.4 Klasifikasi Paduan Aluminium <i>As Cast</i> .....	13
Tabel 2.5 Klasifikasi Paduan Aluminium Tempa .....	14
Tabel 2.6 Komposisi Paduan Aluminium 6061 .....	15
Tabel 2.7 Sifat Penguat $Al_2O_3$ .....	17
Tabel 2.8 Sifat Magnesium .....	18
Tabel 2.9 Penamaan Standard Perlakuan Panas .....	24
Tabel 3.1 Pengujian Kekerasan .....	43
Tabel 3.2 Pengujian Laju Keausan .....	44
Tabel 3.3 Pengujian Densitas dan Porositas.....	45