



**PENGARUH MAGNESIUM TERHADAP KOMPOSIT
Al 6061/nano Al₂O₃ HASIL *STIR CASTING*
AKIBAT PERLAKUAN PANAS**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi teknik mesin (S1) dan mencapai gelar sarjana teknik

Oleh

Abd. Ghofur

NIM 101910101078

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



**PENGARUH MAGNESIUM TERHADAP KOMPOSIT
Al 6061/nano Al₂O₃ HASIL *STIR CASTING*
AKIBAT PERLAKUAN PANAS**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi teknik mesin (S1) dan mencapai gelar sarjana teknik

Oleh

Abd. Ghofur

NIM 101910101078

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

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan keridhoan Allah Subhanahu wa taala atas curahan rahmat, nikmat, hidayatnya yang tiada henti sehingga karya tulis dalam bentuk skripsi yang sederhana ini dapat selesai. Dengan rasa bangga dan kerendahan hati skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ibu tercinta Rokhima dan Ayah tercinta Nasrun. Terima kasih atas semua cinta, kasih sayang, pengorbanan, perhatian, doa, motivasi dan bimbingan serta didikan yang selalu tiada henti-hentinya tercurahkan untuk ananda, serta mohon maaf atas segala kesalahan ananda;
2. Kakakku Indrawati dan Ali Abidin yang kusayangi dan kucintai. Mari kita raih yang terbaik dan tetap semangat wujudkan impian orang tua agar ayah dan ibu kita bahagia di dunia maupun di akhirat nanti;
3. Pamanku, bibiku, ponakanku yang aku banggakan. Terima kasih atas semua perhatian, doa, motivasi dan bimbingan moral yang tak henti hentinya.
4. Semuau guru dari taman kanak-kanak sampai perguruan tinggi. Tiada ilmu yang saya dapatkan tanpa perantara Bapak-Ibu, terima kasih banyak untuk semuanya;
5. Almamater UNEJ yang kubanggakan;
6. Untuk mantanku yang telah menghiiasi hidupku selama kuliah, semoga perhatian mu pada aku dibalas sama sang pencipta;
7. Semua sahabat-sahabatku yang sudah memberikan motivasi maupun cinta dan kasih sayang kalian yang begitu berarti khususnya kepada sahabat-sahabat Mech-X, “You are the best,thanks...”.

MOTTO

Barang siapa keluar untuk mencari ilmu maka dia berada di jalan Allah.
(HR.Turmudzi)*)

Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan.
(*Terjemahan Surat Alam Nasyrat Ayat 6* *)

Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antara kamu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat.
(*Terjemahan Surat Al-Mujadalah Ayat 11* *)

Berangkat dengan penuh keyakinan
Berjalan dengan penuh keikhlasan
Istiqomah dalam menghadapi cobaan

“YAKIN, IKHLAS, ISTIQOMAH”
(TGKH. Muhammad Zainuddin Abdul Madjid)**)

*) Departemen Agama Republik Indonesia. 1998. Al-Qur'an dan Terjemahannya. Semarang: PT Kumudasmoro Grafindo

***) M.M.A. Al-Hanafi. 2010. *Think and Be The Winner*. Yogyakarta : Cakrawala

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **Abd. Ghofur**

NIM : **101910101078**

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul: “Pengaruh Magnesium Terhadap Komposit Al 6061/nano Al₂O₃ Hasil *Stir Casting* Akibat Perlakuan Panas” 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, Juni 2014
Yang menyatakan,

Abd. Ghofur
NIM. 101910101078

SKRIPSI

PENGARUH MAGNESIUM TERHADAP KOMPOSIT

Al 6061/nano Al₂O₃ HASIL *STIR CASTING*

AKIBAT PERLAKUAN PANAS

Oleh

Abd. Ghofur

101910101078

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama : Yuni Hermawan, S.T., M.T.

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

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pengaruh Magnesium Terhadap Komposit Al 6061/nano Al₂O₃ Hasil *Stir Casting* Akibat Perlakuan Panas” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, Tanggal : Rabu, 25 Juni 2014

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua,

Sekretaris,

Yuni Hermawan, S.T., M.T.
NIP. 19750615 200212 1 008

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

Dedi Dwi Laksana, S.T., M.T.
NIP. 19691201 199602 1 001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

Ir. Widyono Hadi, M.T.
NIP. 19610414198902 1 001

*Pengaruh Magnesium Terhadap Komposit Al 6061/nano Al₂O₃ Hasil Stir Casting
Akibat Perlakuan Panas*

Abd. Ghofur

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

ABSTRAK

Komposit matrik paduan aluminium merupakan material alternatif dengan properties yang memuaskan yang bisa disesuaikan untuk aplikasi tertentu dan sering digunakan untuk obyek riset. Dalam penelitian ini diteliti sifat fisis, mekanik, dan striktur mikro dari pengaruh Mg terhadap komposit Al 6061/nano Al₂O₃ hasil *stir casting* akibat perlakuan panas. Material CMCs dihasilkan dengan cara menempatkan Al 6061 di bawah campuran serbuk alumina 3 dan 5% vf dan magnesium 1, 3, dan 5% wt. Pembuatan komposit dilakukan dengan menggunakan proses *stir casting* pada temperatur 850⁰C dengan kecepatan pengadukan 300 rpm, selama 2 menit. Proses heat treatment dilakukan dengan cara *Solution Heat-Treated* selama 2 jam dengan suhu 530⁰C dan *Artificially Aged* selama 6 jam dengan suhu 175⁰C. Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan dari hasil heat treatment dibandingkan tanpa perlakuan panas. Kekerasan, keausan, dan densitas porositas yang optimum dicapai pada penambahan alumina 3% vf dan Mg 5% wt pada perlakuan panas. Dan pengamatan struktur mikro pada perlakuan panas juga terlihat bahwa distribusi partikel nano alumina tersebar lebih merata dibandingkan tanpa perlakuan panas.

Kata Kunci : Komposit Al 6061/nano Al₂O₃, *Stir Casting*, Perlakuan Panas, dan *Wettability*

*(Effect Of Magnesium The Composite Al 6061/nano Al₂O₃ Results Stir Casting
Due To Heat Treatment)*

Abd. Ghofur

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

ABSTRACT

Aluminum alloy matrix composites are alternative materials with properties that can be customized to satisfy specific applications and are often used for research object. Mechanical properties of aluminum can be increased further by alloying elements, cold working process, and the heat treatment process. One type of composite is attracting considerable attention for high temperature material is a ceramic matrix composites. In the present study investigated the physical properties, mechanical, and micro structure of the effect of Mg against Al 6061/nano Al₂O₃ composite casting wheel results to the heat treatment. CMCs of materials produced by placing under the 6061 Al powder mixture of 3 and 5% vf alumina and magnesium 1, 3, and 5 % wt. Composite manufacturing is done by using the process at a temperature of 850⁰C stir casting with stirring speed of 300 rpm, for 2 minutes. Heat treatment is done by Solution Heat-Treated for 2 hours at a temperature of 530⁰C and artificially Aged for 6 hours at a temperature of 175⁰C. The results showed an increase of heat treatment outcomes compared with no heat treatment. Hardness, wear, optimum density achieved in the addition of 3% vf alumina and 5 wt% Mg in the heat treatment. And observation of microstructure on heat treatment is also seen that the distribution of nano-alumina particles dispersed more evenly than without heat treatment.

Keywords: *composites Al 6061/nano Al₂O₃, stir casting, heat treatment, wettability*

RINGKASAN

Pengaruh Magnesium Terhadap Komposit Al 6061/nano Al₂O₃ Hasil *Stir Casting* Akibat Perlakuan Panas. Abd. Ghofur, 101910101078; 2014; 71 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Komposit adalah material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material berbeda, tergabung atau tercampur secara makroskopik untuk menghasilkan material dengan sifat yang diinginkan, dengan syarat terjadi ikatan antara kedua material tersebut. Salah satu dari jenis komposit yang dipakai luas dalam berbagai aplikasi adalah komposit Al 6061/Al₂O₃. Komposit ini adalah pengembangan dari komposit bermatriks logam yaitu aluminium, biasa disebut *Aluminium Matrix Composites* (AMCs) dengan alumina (Al₂O₃) sebagai fasa penguat.

Seiring berkembangnya dunia perindustrian saat ini mulai mempertimbangkan material yang akan dipakai sebagai bahan utama dalam proses produksi. Dengan demikian material yang dibutuhkan pun akan selalu mengalami berkembang sesuai kebutuhan industri. Dalam berkembangnya material yang dibutuhkan oleh industri semakin mengarah pada material dengan sifat mekanis yang baik, ringan, dan tahan terhadap karat.

Pembuatan komposit dan pengujian komposit Al 6061/nano Al₂O₃ dilakukan di Departemen Metalurgi dan Material, Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Waktu penelitian dimulai tanggal 1 Maret sampai dengan 1 Juni 2014. Variabel yang digunakan alumina 1% dan 3% fraksi volume dan magnesium 1%, 3%, dan 5% *wettability*. Sedangkan parameter yang diamati adalah kekerasan, keausan, densitas, porositas, dan struktur mikro.

Dari penelitian diketahui bahwa dari hasil analisa berupa grafik, nilai yang optimal pada pengujian kekerasan material *As-Cast* variasi yang terbaik yaitu 3% alumina dan 5% magnesium dengan nilai 44 HRB. Sedangkan pada material yang mengalami T6 variasi yang terbaik yaitu 3% alumina dan 5% magnesium dengan nilai 52 HRB.

Pada pengujian keausan material *As-Cast* variasi yang terbaik yaitu 3% alumina dan 5% magnesium dengan nilai $2,86 \times 10^{-3} \text{ mm}^3/\text{m}$. Sedangkan pada material yang mengalami T6 variasi yang terbaik yaitu 3% alumina dan 5% magnesium dengan nilai $1,98 \times 10^{-3} \text{ mm}^3/\text{m}$.

Pada pengujian porositas material *As-Cast* dan *HT* variasi yang terbaik yaitu 0% alumina dan 0% magnesium dengan nilai 0,25%. Dibandingkan variasi alumina dan magnesium yang lainnya.

Pada pengujian densitas material *As-Cast* variasi yang terbaik yaitu 3% alumina dan 5% magnesium dengan nilai $2,37 \text{ gr/cm}^3$. Sedangkan pada material yang mengalami T6 variasi yang terbaik yaitu 3% alumina dan 5% magnesium dengan nilai $2,35 \text{ gr/cm}^3$.

Penambahan volume fraksi penguat alumina dan magnesium *wettability* pada matriks paduan aluminium 6061 menyebabkan peningkatan partikel alumina dalam material komposit sesuai dengan pengamatan dengan menggunakan mikroskop optik.

SUMMARY

Effect Of Magnesium The Composite Al 6061/Nano Al₂O₃ Results Stir Casting Due To Heat Treatment. Riyan Efendi, 101910101078; 2014; 71 page; Department of Mechanical Engineering Faculty of Engineering, University of Jember.

Composite materials is formed from a combination of two or more different materials, incorporated or mixed macroscopically to produce a material with the desired properties, the condition occurs bond between the two materials. One of the types of composites are widely used in various applications is a composite of Al 6061/Al₂O₃. This composite is the development of metals matrix composites, namely aluminum, Aluminum Matrix Composites commonly called (AMCs) with alumina (Al₂O₃) as the reinforcing phase.

As the development of the industrial world are now starting to consider the material to be used as ingredients in the production process. With the material required will always develop according to the needs of industry experience. In the development of materials needed by industry increasingly lead to materials with good mechanical properties, lightweight, and resistant to rust.

Composite manufacture and testing of composite Al 6061/nano Al₂O₃ conducted in the Department of Metallurgical and Materials Engineering, Faculty of Engineering, University of Indonesia. When the study began on March 1 to June 1, 2014. Variables used alumina 1% and 3% volume fraction and magnesium 1%, 3%, and 5% wettability. While the parameters measured were hardness, wear and tear, density, porosity, and microstructure.

The study found that from the results of the analysis in the form of graphs, the optimal value on materials hardness testing As-Cast is the best variation of 3% and 5% magnesium alumina with a value of 44 HRB. While the materials is experiencing T6 best variation of 3% and 5% magnesium alumina with a value of 52 HRB.

In wear testing materials As-Cast is the best variation of 3% and 5% magnesium alumina with a value of $2.86 \times 10^{-3} \text{ mm}^3 / \text{m}$. While the materials is

experiencing T6 best variation of 3% and 5% magnesium alumina with a value of $1.98 \times 10^{-3} \text{ mm}^3 / \text{m}$.

In testing materials porosity As-Cast and HT is the best variation of 0% 0% alumina and magnesium with a value of 0.25%. Compared varisasi alumina and magnesium others.

In testing materials density of As-Cast is the best variation of 3% and 5% magnesium alumina with a value of 2.37 gr/cm^3 . While the materials is experiencing T6 best variation of 3% and 5% magnesium alumina with a value of 2.35 gr/cm^3 .

The addition of the volume fraction reinforced aluminum and magnesium matrix wettability on aluminum alloy 6061 led to an increase in the alumina particles in the composite material in accordance with the observations by using an optical microscope.

PRAKATA

Segala puji dan syukur kehadirat ALLAH SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul *Pengaruh Magnesium Terhadap Komposit Al 6061/nano Al₂O₃ Hasil Stir Casting Akibat Perlakuan Panas*. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Yuni Hermawan, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing I, dan Bapak Ir. FX. Kristianta, M.Eng., selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatiannya dalam penulisan skripsi ini.
2. Bapak Salahuddin Junus S.T.,M.T., selaku dosen Jurusan Mesin FT UNEJ dan Prof. Dr. Ir. Anne Zulfia, M.Sc., selaku dosen Departemen Metalurgi dan Material FTUI atas kesediaan dan kebaikannya yang telah meluangkan waktu membantu dan membimbing.
3. Ibu, Bapak, Kakak dan semua keluarga besar yang selalu aku rindu atas semangat, motivasi dan dukungannya.
4. Eko, Wahadi, dan Yuda mahasiswa UNEJ, Hafes dan Ivan mahasiswa UI selaku rekan kerja dalam pengerjaan skripsi.
5. Semua teman-teman teknik mesin angkatan 2010, khususnya Mas Samsul, Mas Mocep, Mas Mancus, Mas Manpek, Mas Bintang, Mas Bunyamin, Mas Akbar, Pak Bos, Mas Tant, Mas Wahyu, Mas Ryan, ataupun Mas-Mbak lainnya yang belum tersebutkan terima kasih semuanya “Tiada ilmu dan moral yang kau bagi pada saya serta kesempurnaan tanpa kebersamaan dari kalian semua, makan gak makan yang penting kumpul”.

6. Ely MANELA, Ryan KARIMATA, IKAMALA, dan sahabat Club ROKET AIR dan Club yang ada di MESIN yang terus menghibur, membagi ilmu, dan mendukung saya dalam pengerjaan skripsi.
7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan namanya satu per satu, atas doa dan dorongan semangat selama pengerjaan skripsi ini.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, Juni 2014

Penulis

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|--|---------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | ii |
| HALAMAN MOTTO | iii |
| HALAMAN PERNYATAAN | iv |
| HALAMAN PEMBIMBINGAN | v |
| HALAMAN PENGESAHAN | vi |
| ABSTRAK | vii |
| ABSTRACT | viii |
| RINGKASAN | ix |
| SUMMARY | xi |
| PRAKATA | xiii |
| DAFTAR ISI | xv |
| DAFTAR GAMBAR | xviii |
| DAFTAR TABEL | xx |
| BAB 1. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 3 |
| 1.3 Batasan Masalah | 3 |
| 1.4 Tujuan Penelitian | 4 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | 4 |
| BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1 Komposit Matriks Logam | 5 |
| 2.1.1 Komposit Matriks Aluminium..... | 6 |
| 2.1.2 Komposit Bermatriks Metal..... | 6 |
| 2.2 Nanokomposit | 7 |
| 2.3 Material Komposit Al6061/nano Al₂O₃ | 8 |
| 2.1.1 Aluminium 6061..... | 8 |

| | |
|--|-----------|
| 2.1.2 Alumina (Al_2O_3)..... | 9 |
| 2.1.2 Magnesium..... | 10 |
| 2.4 Kemampubasahan pada Matriks dan Penguat..... | 11 |
| 2.5 Porisitas..... | 12 |
| 2.6 Metode <i>Stir Casting</i>..... | 15 |
| 2.7 Perlakuan panas komposit Al 6061..... | 17 |
| 2.8 Pengujian..... | 18 |
| 2.8.1 Pengujian Kekerasan..... | 18 |
| 2.8.2 Pengujian Keausan..... | 19 |
| 2.8.3 Pengujian Densitas dan Porositas..... | 20 |
| 2.8.4 Pengujian Struktur Mikro..... | 22 |
| BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN..... | 23 |
| 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian..... | 23 |
| 3.2 Alat dan Bahan..... | 23 |
| 3.2.1 Alat..... | 23 |
| 3.2.2 Bahan..... | 24 |
| 3.3 Variabel Penelitian..... | 24 |
| 3.3.1 Variabel Bebas..... | 24 |
| 3.3.2 Variabel Terikat..... | 24 |
| 3.3.3 Variabel Kontrol..... | 24 |
| 3.4 Proses Pembuatan Komposit Al6061/nano-Al_2O_3..... | 24 |
| 3.5 Proses Perlakuan Panas..... | 25 |
| 3.6 Hipotesis..... | 26 |
| 3.7 Pengujian..... | 27 |
| 3.7.1 Pengujian Kekerasan..... | 27 |
| 3.7.2 Pengujian Keausan..... | 28 |
| 3.7.3 Pengujian Densitas dan Porositas..... | 30 |
| 3.7.4 Pengujian Struktur Mikro..... | 31 |
| 3.8 Jadwal Penelitian..... | 32 |
| 3.9 Diagram Alir Penelitian..... | 33 |
| BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 35 |

| | |
|--|-----------|
| 4.1 Pengujian Komposit Terhadap Sifat Mekanis | 35 |
| 4.2.1 Pengujian Kekerasan | 35 |
| 4.2.2 Pengujian Laju Aus..... | 37 |
| 4.2 Pengujian Densitas dan Porositas..... | 38 |
| 4.3 Pengujian Struktur Mikro (Metallograpy)..... | 42 |
| BAB 5. PENUTUP..... | 49 |
| 5.1 Kesimpulan | 49 |
| 5.2 Saran | 50 |
| DAFTAR PUSTAKA | 51 |
| LAMPIRAN..... | 53 |

DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|--|---------|
| 2.1 Sudut Kontak Pembasahan..... | 12 |
| 2.2 Kelarutan Hidrogen vs Kekuatan pada Aluminium | 13 |
| 2.3 Kelarutan Hidrogen vs Temperatur Aluminium Cair | 14 |
| 2.4 Variasi Porositas dengan Konten dan Ukuran Partikel Al ₂ O ₃ | 14 |
| 2.5 Skema <i>Stir Casting</i> | 16 |
| 2.6 Siklus <i>Aging</i> T6 (garis lurus) dan Siklus T4 (Garis Putus-Putus)..... | 17 |
| 2.7 alat uji kekerasan Rockwell B..... | 19 |
| 2.8 Alat Uji Aus Metode Ogoshi..... | 19 |
| 2.9 Skema Percobaan Uji Aus..... | 19 |
| 3.1 Diagram Alir Penelitian | 34 |
| 4.1 Grafik kekerasan <i>As Cast</i> dan <i>HT</i> Komposit Aluminium 6061/nano Al ₂ O ₃ .. | 35 |
| 4.2 Grafik keausan <i>As-Cast</i> dan <i>HT</i> Komposit Aluminium 6061/nano Al ₂ O ₃ | 37 |
| 4.3 Grafik Densitas <i>As Cast</i> dan <i>HT</i> pada Komposit Aluminium 6061/nano Al ₂ O ₃ | 39 |
| 4.4 Grafik Porositas <i>As-Cast</i> dan <i>HT</i> Komposit Aluminium 6061/nano Al ₂ O ₃ .. | 40 |
| 4.5 Komposit Al 6061/nano Al ₂ O ₃ dengan Pembesaran 100x pada sample <i>As Cast</i> | 42 |
| a. Al ingot Al ₂ O ₃ 0% dan Mg 0% | 42 |
| b). Al ₂ O ₃ 1% dan Mg 1% | 42 |
| c). Al ₂ O ₃ 1% dan Mg 3% | 43 |
| d). Al ₂ O ₃ 1% dan Mg 5% | 43 |
| e). Al ₂ O ₃ 3% dan Mg 1%..... | 43 |
| f). Al ₂ O ₃ 3% dan Mg 3%..... | 43 |
| g). Al ₂ O ₃ 3% dan Mg 5%..... | 43 |
| 4.6 Komposit Al 6061/nano Al ₂ O ₃ dengan Pembesaran 100x pada sample <i>HT</i> | 45 |
| a). Al ingot Al ₂ O ₃ 0% dan Mg 0%..... | 45 |
| b). Al ₂ O ₃ 1% dan Mg 1%..... | 45 |

| | |
|--|----|
| c). Al ₂ O ₃ 1% dan Mg 3%..... | 45 |
| d). Al ₂ O ₃ 1% dan Mg 5%..... | 45 |
| e). Al ₂ O ₃ 3% dan Mg 1%..... | 45 |
| f). Al ₂ O ₃ 3% dan Mg 3%..... | 45 |
| g). Al ₂ O ₃ 3% dan Mg 5%..... | 46 |
| 4.7 Foto Mikro Perbandingan <i>HT</i> dan <i>As-Cast</i> pada komposit Al 6061/nano | |
| Al ₂ O ₃ pebesaran 100x dengan Al ₂ O ₃ 1% dan Mg 1% | 47 |
| a) <i>As-Cast</i> | 47 |
| b) <i>HT</i> | 47 |
| 4.8 Foto Mikro Perbandingan <i>HT</i> dan <i>As-Cast</i> pada komposit Al 6061/nano | |
| Al ₂ O ₃ pebesaran 500x dengan Al ₂ O ₃ 1% dan Mg 1% | 47 |
| a) <i>As-Cast</i> | 47 |
| b) <i>HT</i> | 48 |