

**ANALISIS SIFAT TERMAL PADA KOMPOSIT Al-Cu-Mg/SiC  
DENGAN METODE METALURGI SERBUK**

**SKRIPSI**

**Disusun untuk memenuhi salah satu syarat  
memperoleh gelar Sarjana Sains**



**Syafira Nur Fitriani**

**3225130903**

**PROGRAM STUDI FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA**

**2017**

**PERSETUJUAN PANITIA UJIAN SKRIPSI**

**ANALISIS SIFAT TERMAL PADA KOMPOSIT AL-CU-MG/SIC  
DENGAN METODE METALURGI SERBUK**

Nama : Syafira Nur Fitriani  
No.Reg : 3225130903

	Nama	Tanda tangan	Tanggal
Penanggung Jawab			
Dekan	: Prof. Dr. Suyono, M.Si NIP. 196712181993031005	.....	.....
Wakil Penanggung Jawab			
Wakil Dekan I	: Dr. Muktiningsih, M.Si NIP. 196405111989032001	.....	.....
Ketua	: Dr. Iwan Sugihartono, M.Si NIP. 197910102008011018	.....	.....
Sekretaris	: Dr. Widyaningrum Indrasari, M.Si NIP. 197705102006042001	.....	.....
Anggota			
Pembimbing I	: Dr. Anggara Budi S, M.Si NIP. 196010011992031001	.....	.....
Pembimbing II	: Dr. Erfan Handoko, M.Si NIP. 197302012003121002	.....	.....
Penguji	: Dr. Esmar Budi, M.T NIP. 197207281999031002	.....	.....

**Dinyatakan lulus ujian skripsi tanggal: 16 Agustus 2017**

## **SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul **“Analisis Sifat Termal Pada Komposit Al-Cu-Mg/SiC Dengan Metode Metalurgi Serbuk”** yang disusun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains dari Program Studi Fisika Universitas Negeri Jakarta adalah karya ilmiah saya dengan arahan dari dosen pembimbing.

Sumber informasi yang diperoleh dari penulis lain yang telah dipublikasikan yang disebutkan dalam teks skripsi ini, telah dicantumkan dalam Daftar Pustaka sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah.

Jika dikemudian hari ditemukan sebagian besar skripsi ini bukan hasil karya saya sendiri dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya sanding dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Jakarta, Agustus 2017

(Materai 6000)

Syafira Nur Fitriani

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan proposal skripsi yang berjudul “*Analisis Sifat Termal Pada Komposit Al-Cu-Mg/SiC Dengan Metode Metalurgi Serbuk*” di Universitas Negeri Jakarta. Penulis menyadari bahwa selesainya penyusunan proposal ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung.

Terimakasih penulis ucapkan kepada Bapak Dr. Anggara Budi Susila, M.Si dan Bapak Dr. Erfan Handoko, M.Si selaku Pembimbing I dan II atas waktu, bimbingan dan saran yang membangun. Terimakasih kepada Ibu Dr. Widyaningrum Indrasari, M.Si selaku Kaprodi Fisika FMIPA UNJ. Seluruh dosen Jurusan Fisika Universitas Negeri Jakarta serta seluruh staf dan karyawan laboratorium material FMIPA UNJ.

Ucapan terimakasih kepada kedua orang tua Bapak Yadi, Mama Kasinem, dan Mba Ayu. Terimakasih kepada keluarga Sari, Devi, Fasya, Finka, Bunda Desi, Bunda Aseh, Muamar Zaelani dan lainnya yang selalu memberikan semangat dan doa kepada penulis. Kepada teman-teman Fisika 2013 yang telah bersama-sama melewati perkuliahan, serta sahabat-sahabat saya yaitu Donna, Fransiska, Zulfiah, Ajeng, Yulia, Gita, Nadya, Ayusa, Mega, Tessa, Inggit, Taupan, Dyah, Konita, Sandy, Angga, Bella, Tiwi, Ayu dan lainnya yang selalu memberikan semangat doa semasa perkuliahan dan dalam pengerjaan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa proposal ini masih banyak kekurangannya, untuk itu segala saran dan kritik sangat penulis harapkan sebagai proses pembelajaran untuk masa yang akan datang. Semoga proposal ini bermanfaat bagi kita semua.

Jakarta, Agustus 2017

Syafira Nur Fitriani

## ABSTRAK

**SYAFIRA NUR FITRIANI.** Analisis Sifat Termal Pada Komposit Al-Cu-Mg/SiC Dengan Metode Metalurgi Serbuk. Skripsi. Jakarta: Program Studi Fisika. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta, 2017.

Telah dilakukan penelitian tentang material logam dikenal komposit matrik logam (KML) dengan komposisi utama aluminium, tembaga 1.8%, magnesium 4.4%, dan silikon karbida dengan variasi 6 wt%, 6.5 wt%, dan 7 wt%. Pada penelitian ini menggunakan metode metalurgi serbuk yang terus dikembangkan dari proses manufaktur yang dapat mencapai bentuk komponen akhir dengan mencampurkan serbuk *matriks* dan *filler* SiC untuk memperkuat sifat mekanik. Proses *mixing* selama 30 menit dengan putaran 1080 rpm. Pada hasil pengujian DTA menunjukkan bahwa penambahan variasi komposisi SiC mempengaruhi penurunan komposisi Al pada S1 S2 S3. Sehingga dapat mempengaruhi sifat termal yaitu meningkatkan nilai entalphy dan menurunkan titik melting (Tm). Karena Al yang digunakan semakin menurun maka Tm yang didapatkan adalah 616.8°C, 570.5°C, dan 609.8°C. Dengan nilai entalphy  $\Delta H$  meningkat yaitu -272.95 J/g, -234.60 J/g, dan -205.99 J/g.

**Kata kunci :** Aluminium, komposit matrik logam, metalurgi serbuk, DTA

## ABSTRACT

**SYAFIRA NUR FITRIANI.** Analysis of Thermal Properties of Al-Cu-Mg / SiC Composites With Metallurgical Methods Sebuk. Thesis. Jakarta: Physics Study Program, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, State University of Jakarta, 2017.

Research in metal aluminum material has been done which known as metal matrix composite (MMC) with main composition of aluminum, 1.8% copper, 4.4% magnesium, and silicon carbide with variations of 6 wt%, 6.5 wt%, and 7 wt%. In this research, powder metallurgy method continues to be developed from manufacturing process that can reach final component shape by *mixing* powder *matrix* and SiC *filler* to strengthen mechanical properties. Process *mixing* for 30 minutes with 1080 rpm rotation. The DTA test results show that the addition of variation of SiC composition influences the decrease of Al composition on S1 S2 S3. So it can affect the thermal properties of increasing the value of enthalpy and lower the melting point ( $T_m$ ). Since the Al used is decreasing, the  $T_m$  obtained is 616.8 ° C, 570.5 ° C, and 609.8 ° C. With the enthalpy value  $\Delta H$  increased ie - 272.95 J / g, -234.60 J / g, and -205.99 J / g.

**Keywords:** Aluminum, metal matrix composite, powder metallurgy, DTA

## DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	3
1.3 Pembatasan Masalah.....	3
1.4 Perumusan Masalah .....	4
1.5 Tujuan Penelitian .....	4
1.6 Manfaat Penelitian .....	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA .....	5
2.1 Alumunium .....	5
2.2 Paduan Alumunium 2024.....	7
2.2.1 Diagram Fasa Al-Cu.....	10
2.2.2 Diagram Fasa Al-Mg.....	12
2.3 Tembaga.....	13
2.4 Magnesium.....	13
2.5 Silikon Karbida .....	14
2.6 Pengujian Densitas.....	15
2.7 Pengujian DTA .....	17
2.8 Sifat Termal .....	17
2.9 Pengujian SEM .....	18
2.10 Pengujian XRD .....	19
2.11 PengujianVickers .....	21
2.12 Mixing.....	22
2.13 Metalurgi Serbuk .....	23
2.14 Sintering.....	23
2.15 Annealing.....	24
2.16 Aging.....	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	26
3.1 Tujuan Penelitian .....	26
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian.....	26

3.3	Metode Penelitian .....	26
3.4	Alat dan Bahan.....	26
3.5	Prosedur Penelitian .....	27
3.6	Diagram Alir .....	28
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>29</b>
4.1	Pengujian SEM EDS.....	29
4.1.1	Analisis Pengamatan SEM dan EDS Al-Cu-Mg/SiC 6 wt% (S1).....	29
4.1.2	Analisis Pengamatan SEM dan EDS Al-Cu-Mg/SiC 6,5 wt% (S2).....	30
4.1.3	Analisis Pengamatan SEM dan EDS Al-Cu-Mg/SiC 7 wt% (S3).....	32
4.2	Pengujian XRD .....	33
4.2.1	Analisis Pengamatan XRD Pada Al-Cu-Mg/SiC 6 wt% (S1) .....	34
4.2.2	Analisis Pengamatan XRD Pada Al-Cu-Mg/SiC 6,5 wt% (S2) .....	36
4.2.3	Analisis Pengamatan XRD Pada Al-Cu-Mg/SiC 7 wt% (S3) .....	38
4.3	Pengujian Vickers .....	40
4.3.1	Analisis Pengamatan HVN Al-Cu-Mg/SiC.....	41
4.4	Pengujian Densitas .....	43
4.5	Pengujian DTA .....	45
4.5.1	Analisis Pengamatan DTA Pada Al-Cu-Mg/SiC 6 wt% (S1) .....	45
4.5.2	Analisis Pengamatan DTA Pada Al-Cu-Mg/SiC 6,5 wt% (S2) .....	46
4.5.3	Analisis Pengamatan DTA Pada Al-Cu-Mg/SiC 7 wt% (S3) .....	47
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>		<b>48</b>
5.1	Kesimpulan .....	48
5.2	Saran .....	49
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>50</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Diagram Fasa Al-Cu .....	11
Gambar 2. 2 Posisi Atom pada Paduan Al-Cu : (a) Solusi Padat- $\alpha$ superjenuh, (b) Transisi Fasa Endapan $\theta'$ , (c) Fasa Keseimbangan $\theta$ dalam Fasa Matrix- $\alpha$ .....	12
Gambar 2. 3 Diagram Fasa Al-Mg.....	12
Gambar 2. 4 Alat Pengujian DTA.....	17
Gambar 2. 5 Alat Pengujian SEM-EDS Jeol JSM-6510LA .....	19
Gambar 2. 6 Alat Pengujian XRD PANalytical.....	20
Gambar 2. 7 Alat Mikroskop Optik dan Vickers tipe HV-1000 .....	21
Gambar 2. 8 Pengujian Vickers .....	22
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian .....	28
Gambar 4. 1 Hasil SEM Al-Cu-Mg/SiC 6 wt% (S1).....	29
Gambar 4. 2 Hasil EDS Al-Cu-Mg/SiC 6 wt % (S1).....	29
Gambar 4. 3 Hasil SEM Al-Cu-Mg/SiC 6,5 wt % (S2).....	30
Gambar 4. 4 Hasil EDS Al-Cu-Mg/SiC 6,5 wt % (S2).....	31
Gambar 4. 5 Hasil SEM Al-Cu-Mg/SiC 7 wt % (S3).....	32
Gambar 4. 6 Hasil EDS Al-Cu-Mg/SiC 7 wt % (S3).....	32
Gambar 4. 7 Hasil XRD Al-Cu-Mg/SiC 6 wt% (S1).....	34
Gambar 4. 8 Hasil XRD Al-Cu-Mg/SiC 6,5 wt% (S2).....	36
Gambar 4. 9 Hasil XRD Al-Cu-Mg/SiC 7 wt % (S3).....	38
Gambar 4. 10 Grafik XRD Perbandingan Komposisi Al-Cu-Mg/SiC (S1)(S2)(S3) .....	40
Gambar 4. 11 Grafik HVN Al-Cu-Mg/SiC (S1)(S2)(S3) .....	41
Gambar 4. 12 Grafik Perbandingan HVN Terhadap wt % SiC .....	42
Gambar 4. 13 Grafik Hasil Densitas Terhadap Variasi wt% SiC (S1) (S2) (S3) .....	43
Gambar 4. 14 Hasil Persentase Porositas.....	44
Gambar 4. 15 Hasil DTA Al-Cu-Mg/SiC 6 wt% (S1).....	45

Gambar 4. 16 Hasil DTA Al-Cu-Mg/SiC 6,5 wt% (S2) .....	46
Gambar 4. 17 Hasil DTA Al-Cu-Mg/SiC 7 wt% (S3) .....	47

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Sifat-sifat pada Aluminium.....	7
Tabel 2. 2 Seri Paduan Alumunium Menurut Asosiasi Alumunium .....	8
Tabel 2. 3 Batas Komposisi Paduan Aluminium .....	9
Tabel 2. 4 Sifat Mekanik Paduan Aluminium.....	10
Tabel 2. 5 Sifat-sifat pada Tembaga (Cu).....	13
Tabel 2. 6 Sifat Fisis Magnesium (Mg) .....	14
Tabel 2. 7 Sifat Silikon Karbida (SiC).....	15
Tabel 4. 1 Komposisi Unsur Al-Cu-Mg/SiC 6 wt % (S1) .....	30
Tabel 4. 2 Komposisi Unsur Al-Cu-Mg/SiC 6,5 wt % (S2) .....	31
Tabel 4. 3 Komposisi Unsur Al-Cu-Mg/SiC 7 wt % (S3) .....	32
Tabel 4. 4 Data hasil Identifikasi Fasa XRD Komposit Al-Cu-Mg/SiC 6 wt% (S1).....	35
Tabel 4. 5 Data hasil Identifikasi Fasa XRD Komposit Al-Cu-Mg/SiC 6,5 wt% (S2).....	37
Tabel 4. 6 Data hasil Identifikasi Fasa XRD Komposit Al-Cu-Mg/SiC 7 wt% (S3).....	39
Tabel 4. 7 Hardness Vickers Number (HVN) Al-Cu-Mg/SiC.....	41
Tabel 4. 8 Hasil Uji Densitas Variasi wt% SiC .....	43

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Alat dan Bahan Penelitian .....	54
Lampiran 2. Pengolahan XRD .....	56
Lampiran 3. Hasil SEM-EDS.....	63

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Aluminium adalah logam yang paling banyak terdapat di kerak bumi, dan unsur ketiga terbanyak setelah oksigen dan silikon. Aluminium terdapat di kerak bumi sebanyak kira-kira 8,07% hingga 8,23% dari seluruh massa padat dari kerak bumi, dengan produksi tahunan dunia sekitar 30 juta ton pertahun dalam bentuk bauksit dan bebatuan lain (corundum, gibbsite, boehmite, diaspore, dan lain-lain) (USGS). Sulit menemukan aluminium murni di alam karena aluminium merupakan logam yang cukup reaktif.

Selama 50 tahun terakhir, aluminium telah menjadi logam yang luas penggunaannya setelah baja. Perkembangan ini didasarkan pada sifat-sifatnya yang ringan, tahan korosi, kekuatan dan ductility yang cukup baik (aluminium paduan), mudah diproduksi dan cukup ekonomis (aluminium daur ulang). Yang paling terkenal adalah penggunaan aluminium sebagai bahan pembuat pesawat terbang, yang memanfaatkan sifat ringan dan kuatnya (Ahmad Z. 2003).

*Metal matrix composite* (MMC) adalah material teknik yang dibentuk menggunakan dua material atau lebih untuk memperoleh material baru yang mempunyai sifat fisis dan mekanis yang lebih baik dibanding material pembentuknya. Matrik yang digunakan untuk membuat MMC biasanya menggunakan logam lunak dan ringan yaitu aluminium, magnesium, dll., sedangkan penguat MMC biasanya menggunakan partikel SiC, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, dll. Keunggulan MMC dibanding komposit polimer adalah kekerasannya lebih tinggi, tahan aus dan tahan pada temperatur tinggi. Aplikasi MMC pada industri otomotif adalah digunakan untuk *cylinder liners* mesin, *intake valve*, *exhaust valve*, *piston*, dan lain-lain (Sadi dkk. 2014).

Paduan Aluminium Al-2024 pada dasarnya adalah paduan Al-Cu-Mg dengan komposisi Al 90.7wt% - 94.7wt%, Cu 3.8wt% - 4.9wt%, Mg 1.2wt% - 1.8wt%. Al-2024 banyak digunakan untuk industri pesawat terbang dikarenakan paduan ini memiliki keunggulan pada perbandingan kekuatan yang dihasilkan dengan berat struktur yang lebih tinggi dari pada baja, ketahanan lelah yang baik, keuletan serta sifat mampu bentuk yang tinggi. Aluminium tipe ini telah banyak digunakan sebagai bahan untuk badan pesawat dan tabung roket. Sintesis Aluminium 2024 dengan cara mengganti beberapa material campuran dan menambahkan material baru seperti keramik terus dikembangkan untuk memperoleh material yang lebih murah, tetapi memiliki sifat yang sama. Sebagai contoh *Duraluminium* yaitu dengan mengubah matrix seperti Aluminium-Tembaga-Magnesium-Silikon karbida (Al-Cu-Mg/SiC) (Desy, B.U, dkk. 2016).

Komposit matrik logam dengan menggunakan aluminium sebagai matrik telah banyak dikembangkan salah satunya ialah Al 2024. Al 2024 merupakan salah satu paduan aluminium yang banyak dipakai didalam industri pesawat terbang, dan roket, karena memiliki sifat mekanik yang baik yaitu bobot yang ringan, ketahanan terhadap temperatur tinggi, nilai kekerasan yang tinggi, juga bersifat *ductile* (Mcdanels & Hoffman. 1987).

Berdasarkan ulasan diatas maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian mengenai pembuatan paduan aluminium (Al), Tembaga (Cu) dan Magnesium (Mg) sebagai *matriks* dan penambahan SiC sebagai *filler*. Pada penelitian ini akan dilakukan sintesis dan karakterisasi Al 2024 dengan *matriks* Al-Cu-Mg/SiC sebagai *filler* (penguat) dengan menggunakan metode *mechanical alloying*, metode ini dipilih karna proses ini dapat menghasilkan material yang homogen serta mudah dikontrol, sehingga menghasilkan sifat dan karakteristik yang diinginkan (Suryanarayana. 2001).

Penelitian ini menggunakan metode *mixing* dengan waktu 30 menit, variasi pada filler SiC yaitu 6 wt%, 6.5 wt%, dan 7 wt% dengan perlakuan *heat treatment sintering* 1 jam dengan suhu 490°C, *annealing* selama 2 jam dengan suhu 330°C, dan *aging* selama 16 jam dengan suhu 160°C. Oleh karena itu penulis mengajukan skripsi

ini yang berjudul “Analisis Sifat Termal Pada Komposit Al-Cu-Mg/SiC Dengan Metode Metalurgi Serbuk”.

## 1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka dapat diidentifikasi masalah-masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh variasi presentasi bahan (wt%) dari *filler* SiC dengan komposit Al-Cu-Mg ?
2. Apakah pengaruh metode *milling* dalam pembuatan komposit Al-Cu-Mg dengan *filler* SiC?
3. Apakah pengaruh *annealing* terhadap sifat termal, sifat fisis, dan sifat mekanik pada matriks Al-Cu-Mg dengan *filler* SiC ?

## 1.3 Pembatasan Masalah

Permasalahan pada penelitian ini dibatasi pada perubahan struktur mikro dan sifat kekerasan pada paduan Al-Cu-Mg/SiC dengan proses pencampuran *mixing*, *annealing*, dan *aging*. Komposisi variasi persentasi bahan (wt%) dari *filler* Sic yaitu 6 wt%, 6.5 wt%, dan 7 wt%. Proses pembuatannya dengan *mixing* selama 30 menit dengan kecepatan 1080 putaran/menit. *Sintering* selama 1 jam dengan suhu 490 °C, *annealing* selama 2 jam dengan suhu 330 °C dan *aging* selama 16 jam dengan suhu 160 °C.

Pengujian yang dilakukan pada material komposit adalah dengan menggunakan *DTA (Differential Thermal Analysis)*, *Densitas*, *SEM (Scanning Electron Microscope)* *EDS*, *XRD (X-Ray Diffraction)*, dan *Vickers*.

#### **1.4 Perumusan Masalah**

Permasalahan yang akan dikaji pada penelitian ini adalah apakah akan berpengaruh jika *filler* SiC divariasikan dan menggunakan metode *mixing* terhadap sifat termal, sifat fisis, dan sifat mekanik pada komposit Al-Cu-Mg dan *filler* SiC.

#### **1.5 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan penelitian ini sebagai berikut :

1. Membuat material yang ringan, kuat, dan tahan terhadap panas berbasis Aluminium.
2. Mengetahui pengaruh proses *mixing* dalam pembuatan komposit Al-Cu-Mg dengan *filler* SiC.
3. Menganalisis pengaruh dari variasi *filler* SiC terhadap fasa makroskopis, sifat termal, sifat kekerasan, dan titik leleh dari komposit Al-Cu-Mg.

#### **1.6 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan bermanfaat untuk mendapatkan sifat termal, sifat fisis, dan sifat mekanik terbaik berupa sampel dari komposit Al-Cu-Mg dengan variasi *filler* SiC, yang dibuat dengan metode *mixing* untuk menghasilkan material baru yang ringan, kuat, dan tahan temperature tinggi.

## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA

#### 2.1 Alumunium

Logam aluminium (Al) sebagai matriks, bila ditinjau dari sifat mekanik, seperti nilai kekerasan (hardness) sangat rendah. Oleh karena itu logam Al sebagai material monolitik memiliki banyak kelemahan, seperti: kekuatan mekanik, kekakuan, dan koefisien muainya. Kelebihan logam Al, antara lain memiliki: bobot yang ringan, tahan terhadap korosi, dan mudah dibentuk. Salah satu cara untuk meningkatkan ketahanan aus logam, maka perlu dilakukan penguatan pada logam tersebut, yaitu dengan cara ditambahkan dengan material yang keras, misalnya bahan keramik. Jenis-jenis bahan keramik yang biasa digunakan antara lain:  $Al_2O_3$ , SiC, TiC, dan  $ZrO_2$ . Diantara jenis keramik tersebut yang paling keras adalah SiC. Penggabungan antara material Al sebagai matriks dengan keramik SiC sebagai penguatnya tergolong dalam jenis material komposit, yaitu Komposit Matriks Logam (KML).

Komposit adalah perpaduan dari beberapa bahan yang dipilih berdasarkan kombinasi sifat fisik masing-masing material penyusunnya untuk menghasilkan material baru yang unik, dibandingkan dengan sifat material dasarnya sebelum dikombinasikan, terjadi ikatan antara masing-masing material penyusunnya (Wahyudin, I. 2010).

Pemilihan logam sebagai matriks pada material komposit karena logam memiliki beberapa sifat mekanik yang baik, antara lain kekuatan, modulus elastisitas, ketangguhan, ketahanan impak, konduktivitas listrik dan panas yang tinggi. Proses pembuatan Komposit Matrik Logam (KML) dapat dilakukan melalui berbagai metode (Zulfia, dkk. 2006). Berdasarkan bahan matriks yang digunakan, maka komposit dapat diklasifikasikan ke dalam tiga kelompok, yaitu:

- a. Komposit matriks logam (*Metal Matrix Composite*)

b. Komposit matriks polimer (*Polimer Matrix Composite*)

c. Komposit matriks keramik (*Ceramics Matrix Composite*)

Proses pembentukan komposit dengan matriks Al pada skala industri diklasifikasikan dalam 2 (dua) kelompok utama yaitu: *solid state processes* (proses keadaan padat) dan *liquid state processes* (proses keadaan cair) (Kurniawan,2014). Proses keadaan padat dengan penggunaan metode *milling* dengan variasi waktu 15 menit, 30 menit, dan 45 menit. Hasil dari menggunakan metode *milling* dengan alat Herzong didapatkan waktu *milling* optimum 30 menit dengan rata-rata ukuran partikel 24.35 nm dalam rentang 15.49 - 48.99 nm melalui ala uji PSA untuk mengetahui ukuran nano, XRD untuk mengetahui kristalografi sampel dan SEM untuk mengetahui struktur morfologi mikro. yang menggunakan metode akumulasi distribusi jumlah (number) (Balfas et al. 2016).

Dalam keadaan murni aluminium terlalu lunak, kekuatannya rendah untuk dapat dipakai pada berbagai keperluan teknik. Dengan teknik pepaduan (*alloying*), sifat ini dapat diperbaiki, tetapi sering kali sifat tahan korosinya berkurang demikian pula keuletannya. Sedikit mangan, silikon dan magnesium masih tidak banyak mengurangi sifat tahan korosinya, tetapi seng, besi, timah putih, dan tembaga cukup drastis menurunkan sifat tahan korosinya (Wahyudin, I. 2010).

**Tabel 2. 1** Sifat-sifat pada Aluminium

Titik leleh	660°C
Struktur Kristal	FCC
Kerapatan relative	$2,70 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$
Modulus spesifik	26 Gpa
Kuat tarik maksimum	$45 \times 10^6 \text{ N/m}^2$
Koefisien ekspansi panas (0-100°C)	$23,5 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{K}^{-1}$
Panas jenis rata-rata (0-100°C)	9,70 J/kg °K
Konduktivitas panas (20-100°C)	238 W/m °K
Resistivitas listrik (20°C)	$2,67 \times 10^{-8} \text{ } \Omega\text{m}$
Angka kekerasan Vickers	140 s/d 300 MN/m <sup>2</sup>

## 2.2 Paduan Alumunium 2024

Paduan alumunium 2024 memiliki ketahanan fatik, ketahan korosi dan ketahanan terhadap pemuaiian yang baik pada temperatur kira-kira 60% dibawah temperatur peleburan mutlak. Paduan ini juga dapat diberi perlakuan panas untuk memperoleh kekuatan yang tinggi dan untuk mempertahankan kelenturan dan kekerasan yang sangat baik (Anisa dkk, 2016).

**Tabel 2. 2** Seri Paduan Alumunium Menurut Asosiasi Alumunium

Seri	Paduan Tempaan ( <i>Wrough Alloy</i> )	Paduan Cor ( <i>Cast Alloy</i> )
Aluminium, 99.00% minimum and greater	1xxx	1xx.x
Element :		
Tembaga	2xxx	2xx.x
Mangan	3xxx	-
Silikon, penambahan tembaga atau magnesium	-	3xx.x
Silikon	4xxx	4xx.x
Magnesium	5xxx	5xx.x
Magnesium dan Silikon	6xxx	-
<i>Zinc</i>	7xxx	7xx.x
Timah	-	8xx.x
Elemen lain	8xxx	9xx.x
<i>Unsed Series</i>	9xxx	6xx.x

Seri paduan Alumunium 1xxx memiliki sifat umum konduktivitas termal dan konduktivitas listrik tinggi, sifat mekanik buruk, kemampuan kerja baik, ketahanan korosi sangat baik. Seri paduan 2xxx memiliki sifat mekanik yang sama dengan seperti baja ringan, hanya memiliki ketahanan korosi yang terbatas dan secara pada korosi antar butiran.

Seri paduan 3xxx memiliki kekuatan menengah yang digunakan secara luas dalam suatu batas sifat kekerasan regangan. Seri paduan 4xxx memiliki sifat keuletan yang buruk, impuritas besi dapat menurunkan keuletan material. Seri paduan 5xxx memiliki kekuatan yang baik, ketahanan terhadap korosi yang baik dan dapat disambung dengan baik. Seri paduan 6xxx memiliki kekuatan lebih kecil dari seri

paduan 2xxx dan 7xxx, mudah dibentuk dan ketahanan terhadap korosi yang baik. Seri paduan 8xxx banyak digunakan dalam teknologi kabel *Aluminium Conductor Material* (AMC). Sementara seri paduan 9xxx belum digunakan (Wahyudin, I. 2010).

**Tabel 2. 3** Batas Komposisi Paduan Aluminium

Unsur	Wt %
Si	0,50 maksimum
Fe	0,50 maksimum
Cu	3,8-4,9
Mn	0,30-0,9
Mg	1,2-1,8
Cr	0,10 maksimum
Zn	0,25 maksimum
Ti	0,15 maksimum
Lainnya	0,05(tiap jenis), 0,15 (total)

**Tabel 2. 4** Sifat Mekanik Paduan Aluminium

<i>Temper</i>	Ketebalan Inchi (mm)	Kuat Tarik ksi (Mpa)	Kuat tekan ksi (Mpa)	Elogasi %
<i>O-Sheet &amp; plate</i>	0.010-0.499 (0.25-12.44)	32.0 (max) (220)	14.0 (max) (96)	12
<i>T3-Flat Sheet</i>	0.008-0.249 (0.203-6.32)	63-64 (434-441)	42 (289)	10 – 15
<i>T351-Plate*</i>	0.250-4.000 (6.35-101.6)	64-57 (441-393)	42-41 (289-282)	12 – 4
<i>T4-Coiled Sheet</i>	0.010-0.125 (0.254-3.16)	62 (427)	40 (276)	12 – 15
<i>T81-Flat Sheet</i>	0.010-0.249 (0.254-6.32)	67 (462)	58 (400)	5
<i>T851-Plate</i>	0.250-1.499 (6.35-38.07)	67-66 (462-455)	58-57 (400-393)	5
*kekuatan menurun seiring dengan naiknya ketebalan				

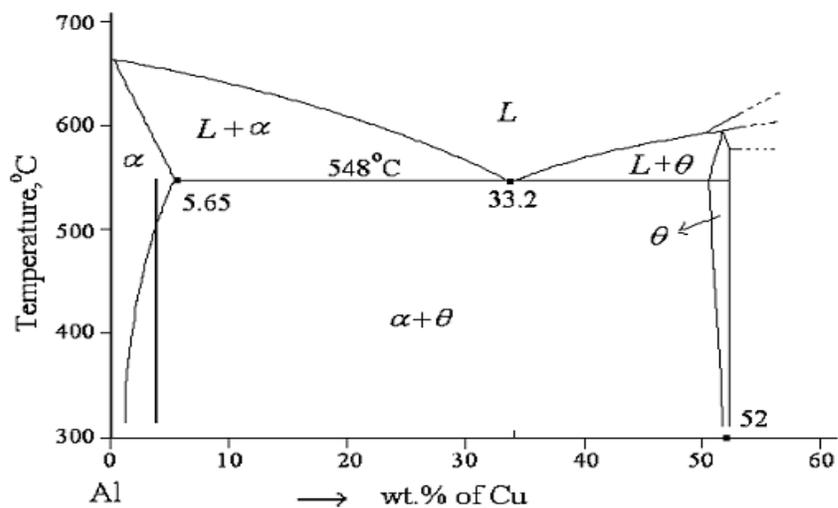
### 2.2.1 Diagram Fasa Al-Cu

Proses pengendapan penguatan (*strengthening precipitation*) meliputi tiga tingkatan dasar yang berfungsi untuk memperbaiki sifat mekanis dan ketahanan aus yang lebih tinggi, yaitu diantaranya :

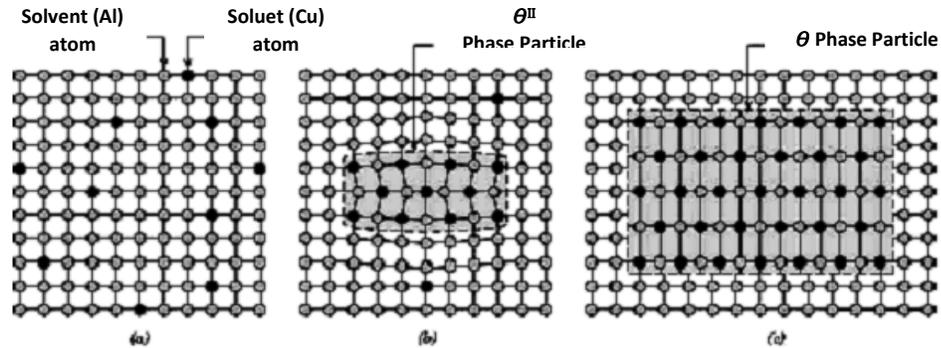
1. Solusi Perlakuan Panas (*Solutionizing*), dimana paduan dipanaskan pada temperatur antara temperatur *solvus* dan temperatur *solidus* dan menahannya hingga terbentuk struktur solusi-padat yang *uniform*.
2. Pendinginan cepat (*Quenching*), di mana sampel didinginkan secara cepat hingga mencapai temperatur kamar dan biasanya medium

pendinginannya menggunakan air. Struktur paduan dalam proses ini berupa solusi-padat superjenuh.

3. Penuaan (*Aging*), merupakan tahap akhir dan merupakan tahapan yang cukup kritis. Selama proses perlakuan panas ini akan terbentuk partikel endapan yang tersebar secara merata. Proses penuaan paduan pada temperatur kamar disebut proses penuaan secara alami (*natural aging*), sedangkan pada temperatur elevasi disebut proses penuaan buatan (*artificial aging*), dan temperatur penuaan biasanya antara 15-25 % dari selisih temperatur antara temperatur kamar dan temperatur solusi perlakuan panas (Wahyudin, I. 2010).



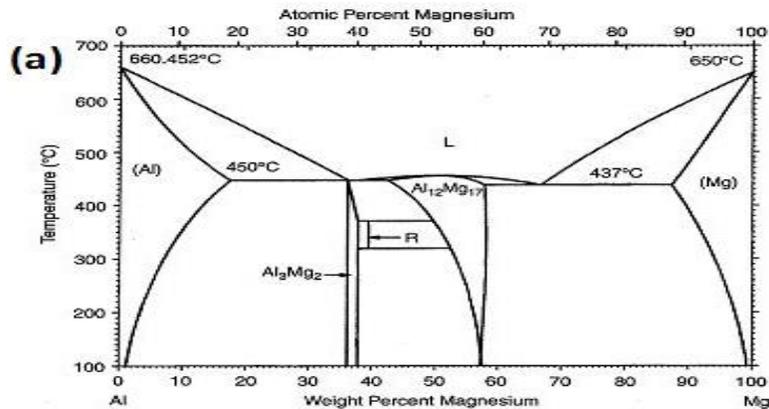
**Gambar 2. 1** Diagram Fasa Al-Cu



**Gambar 2. 2** Posisi Atom pada Paduan Al-Cu : (a) Solusi Padat- $\alpha$  superjenuh, (b) Transisi Fasa Endapan  $\theta''$ , (c) Fasa Kesetimbangan  $\theta$  dalam Fasa Matrix- $\alpha$

### 2.2.2 Diagram Fasa Al-Mg

Paduan Al-Mg dapat meningkatkan kekuatan dan kekerasan, selain itu juga dapat meningkatkan ketahanan terhadap korosi paduannya. Magnesium memiliki kelarutan 17,4% pada temperatur 450°C. Magnesium dengan Si membentuk fasa  $Mg_2Si$  yang mengendap pada perlakuan panasnya. Mekanisme penguatannya melalui mekanisme pengerasan presipitat. Pada gambar juga diperlihatkan bahwa pada kandungan kurang dari 2% Mg memasuki fase *liquid* saat temperatur diatas 660°C (Anisa dkk. 2016).



**Gambar 2. 3** Diagram Fasa Al-Mg

### 2.3 Tembaga

Tembaga adalah unsur kimia dengan simbol Cu dengan nomor atom 29, yang ditemukan sebagai bijih tembaga yang masih bersenyawa dengan zat asam, asam belerang atau bersenyawa dengan kedua zat tadi. Produksi tembaga sebagian besar dipakai sebagai kawat atau bahan untuk menukar panas dalam memanfaatkan hantaran listrik dan panasnya baik. Biasanya digunakan dalam bentuk paduan, karena dapat dengan mudah membentuk paduan dengan logam-logam lain. Struktur kristal tembaga murni adalah face centered cubic (FCC) dan memiliki titik leleh 1084,62 °C (Anisa, dkk. 2016).

**Tabel 2. 5** Sifat-sifat pada Tembaga (Cu)

<b>Sifat Fisis</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>
Densitas	8920	kg/m <sup>3</sup>
<b>Sifat Mekanik</b>	<b>Nilai</b>	-
Kuat Tarik	200	N/ mm <sup>2</sup>
Titik Leleh	1084,62	°C
Modulus Elastisitas	130	Gpa
Kekerasan Brinnel	874	MN m <sup>-2</sup>
<b>Sifat Panas</b>	<b>Nilai</b>	-
Koefisien Ekspansi Thermal	16,5 x 10 <sup>-6</sup>	K <sup>-1</sup>
Konduktivitas Panas	400	W/mK

### 2.4 Magnesium

Magnesium adalah unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki simbol Mg dan nomor atom 12 serta berat atom 24,31. Magnesium adalah elemen terbanyak kedelapan yang membentuk 2% berat kulit bumi, serta merupakan unsur terlarut ketiga terbanyak pada air laut. Logam alkali tanah ini terutama digunakan sebagai zat campuran (*alloy*) untuk membuat campuran aluminium-magnesium yang sering disebut "magnalium" atau "magnelium".

Penambahan Magnesium pada paduan komposit dengan komposisi yang tepat mampu meningkatkan *wettability* matriks aluminium terhadap partikel SiC, kekerasan meningkat, dan porositas menurun (Andre, P. 2016).

**Tabel 2. 6** Sifat Fisis Magnesium (Mg)

Sifat Fisik	Nilai
Massa Jenis	1.738 g/cm <sup>3</sup>
Struktur Kristal	HCP
Titik Lebur	650 °C
Titik Didih	1090 °C

## 2.5 Silikon Karbida

SiC termasuk material keramik. Dan diketahui bahwa keramik mempunyai ikatan ionik yang tinggi dan tahan terhadap suhu tinggi sehingga material keramik mempunyai sifat yang kuat dan rapuh. Pada bahan SiC ditunjukkan mempunyai ketahanan terhadap suhu 2200 – 2700 °C. Pada suhu 1000 °C akan terbentuk lapisan SiO<sub>2</sub>.

Silikon Karbida dengan formula SiC tergolong jenis material keramik non oksida. SiC membentuk struktur tetrahedral dari ikatan Si dengan C. Material SiC ini tergolong material yang keras dan tahan terhadap *abrasive*. Serbuk SiC dapat digolongkan berdasarkan bentuknya menjadi dua macam yaitu particular dan serabut (*whisker*). Material ini tidak mudah melebur pada berbagai kondisi dengan tekanan yang kuat dan relatif tahan terhadap bahan kimia (Andre, P. 2016).

Silicon karbida partikulat diperkuat matriks aluminium komposit (Al-SiCp) telah menarik banyak perhatian selama beberapa dekade terakhir, karena memiliki sifat seperti ringan, kekuatan spesifik tinggi, modulus elastis, ketahanan aus, dan koefisien ekspansi termal yang rendah serta keragaman metode yang tersedia untuk pembuatannya. Penambahan partikel SiC dalam bentuk serbuk komposit (Al-SiCp)

dalam keadaan semipadat menurunkan ukuran partikel SiCp dan memperbaiki distribusi partikel penguat dalam matriks yang dipadatkan. Hal ini juga meningkatkan kekerasan dan menurunkan porositasnya (B. Niroumand, S. Amirkhanlou. 2010).

**Tabel 2. 7** Sifat Silikon Karbida (SiC)

<b>Sifat Fisik</b>	<b>Nilai</b>
Massa Jenis	3.15 g/cm <sup>3</sup>
Berat Atom	40,1 g/mol
Warna	Hitam
Struktur Kristal	Hexagonal
Titik Lebur	2700 °C
Titik Didih	2972 °C
<b>Sifat Mekanis</b>	<b>Nilai</b>
Modulus Elastisitas	410 Gpa
Poisson's Ratio	0,14
Kekerasan	3500 VHN
Kekuatan Luluh	450 Mpa
Ketangguhan	4,5 Mpa m
<b>Sifat Panas</b>	<b>Nilai</b>
Konduktivitas Panas	120 W/m <sup>o</sup> K
Kapasitas Panas	628 J/Kg <sup>o</sup> K

## 2.6 Pengujian Densitas

Densitas merupakan besaran fisis yaitu perbandingan massa (m) dengan volume benda (V). Pengujian densitas yang berbentuk padatan atau bulk digunakan metoda Archimedes (Khairul Sakti,2009). Menurut penelitian yang terlebih dahulu (Anisa,2016) tahapan pengujian densitas adalah sebagai berikut :

- a. Menyiapkan sampel yang akan diuji
- b. Menyiapkan timbangan digital, *beaker glass* 1000 mL, benang dan aquadest
- c. Menimbang berat kering sampel dengan terlebih dahulu

- d. Menimbang berat sampel dalam air, dengan cara memasukan sampel yang digantung dengan benang ke dalam air sampai seluruh permukaan tercelup di dalam air.
- e. Mencatat berat sampel dalam air kemudian menghitung volume sampel.
- f. Menghitung densitas sampel hasil percobaan.

Menurut penelitian yang terlebih dahulu dalam tesis (Khairul Sakti. 2009) untuk menghitung nilai densitas material komposit Al-SiC dipergunakan persamaan :

$$\rho = \frac{m_s}{m_s - (m_g - m_k)} \times \rho_{H_2O} \quad (2.1)$$

Dimana :

$\rho$  = Densitas bulk (gram/cm<sup>3</sup>)

$m_s$  = Massa sampel setelah dikeringkan di dalam oven (gram)

$m_g$  = Massa sampel yang digantung di dalam air (gram)

$m_k$  = Massa kawat penggantung sampel (gram)

$\rho_{H_2O}$  = Massa jenis air = 1 gram/cm<sup>3</sup>

$$\rho_{th} = \rho_{Al} \cdot V_{Al} + \rho_{Cu} \cdot V_{Cu} + \rho_{Mg} \cdot V_{Mg} + \rho_{SiC} \cdot V_{SiC} \quad (2.2)$$

Dimana:

$\rho_{th}$  = densitas teoritis (gram/cm<sup>3</sup>)

$\rho_{Al}$  = densitas Al (gram/cm<sup>3</sup>)

$\rho_{Cu}$  = densitas Cu (gram/cm<sup>3</sup>)

$\rho_{Mg}$  = densitas Mg (gram/cm<sup>3</sup>)

$\rho_{SiC}$  = densitas SiC (gram/cm<sup>3</sup>)

$V_{Al}$  = fraksi massa Al (gram)

$V_{Cu}$  = fraksi massa Cu (gram)

$V_{Mg}$  = fraksi massa Mg (gram)

$V_{SiC}$  = fraksi massa SiC (gram)

$$P = \frac{D_{teoritis} - D_{aktual}}{D_{teoritis}} \times 100 \quad (2.3)$$

Dimana:

P = porositas (%)

$D_{teoritis}$  = densitas teoritis (gram/cm<sup>3</sup>)

$D_{aktual}$  = densitas aktual (gram/cm<sup>3</sup>)

## 2.7 Pengujian DTA

Differential Thermal Analysis (DTA) adalah suatu teknik di mana suhu dari suatu sampel dibandingkan dengan material inert. Suhu dari sampel dan pembanding pada awalnya sama sampai ada kejadian yang mengakibatkan perubahan suhu seperti pelelehan, penguraian, atau perubahan struktur kristal sehingga suhu pada sampel berbeda dengan pembanding. Bila suhu sampel lebih tinggi daripada suhu pembanding maka perubahan yang terjadi adalah eksotermal, dan endotermal bila sebaliknya (Onggo Djulia, H.F. 1999).



**Gambar 2. 4** Alat Pengujian DTA

## 2.8 Sifat Termal

Aplikasi penggunaan analisa termal pada ilmu keadaan padat sangat banyak dan bervariasi. Secara umum DTA lebih bermanfaat dibandingkan TGA; TGA mendeteksi efek yang melibatkan hanya perubahan massa saja. DTA juga dapat

mendeteksi efek ini, namun juga dapat mendeteksi efek lainnya seperti transisi polimorfik, yang tidak melibatkan perubahan berat. Untuk banyak permasalahan, sangat menguntungkan untuk menggunakan DTA dan TGA karena peristiwa-peristiwa termal yang terdeteksi pada DTA dapat diklasifikasikan menjadi beragam proses yang melibatkan berat ataupun yang tidak melibatkan berat. Analisis termal bisa dilakukan dengan TGA dan DTA. DTA adalah metode untuk menganalisis titik leleh dari suatu bahan sebagai fungsi suhu. Perubahan suhu leleh menunjukkan terjadi atau tidaknya ikatan silang dalam campuran. Analisis sifat termal komponen-komponennya sebelum *blending* perlu dilakukan karena hasil analisis dapat berguna untuk menentukan suhu yang dipilih sehingga pada suhu tersebut terjadi pencampuran tetapi tidak sampai terjadi kerusakan. Sifat termal seperti kestabilan panas dari produk komposit juga menjadi sangat penting. Suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan dekomposisi (Onggo Holia, dkk. 2005).

## 2.9 Pengujian SEM

*Scanning Electron Microscope* (SEM) adalah sebuah mikroskop elektron yang didesain untuk mengamati permukaan objek solid secara langsung. Prinsip kerja SEM adalah sebagai berikut: berkas elektron yang dihasilkan oleh *electron gun* akan menyapu permukaan sampel dalam daerah yang sangat kecil, baris demi baris. Pada saat elektron berinteraksi dengan sampel, maka akan dihasilkan *Secondary Electron* (SE), elektron ini masuk ke dalam detektor dan diubah menjadi sinyal listrik yang akan menghasilkan gambar pada layar monitor. Sinyal keluaran dari detektor ini berpengaruh terhadap intensitas cahaya di dalam tabung monitor, karena jumlah cahaya yang dipancarkan oleh monitor sebanding dengan jumlah elektron yang berinteraksi dengan sampel. Hasil yang ditampilkan dengan SEM ini adalah fotografi permukaan sampel. Sedangkan untuk mengetahui unsur-unsur terkandung, dilakukan dengan *Backscattered Electron* (BE). *Backscattered electron* memberikan perbedaan kehitaman gambar berdasarkan nomor atom (Z) dari unsur-unsur fasa yang ada pada sampel. Bahan dengan nomor atom yang besar, akan tampak lebih terang dibanding

bahan dengan nomor atom yang lebih kecil. Proses perekaman gambar dari monitor adalah sebagai berikut: penutup kamera dibuka pada saat sapuan pertama dimulai dan ditutup kembali setelah seluruh permukaan sampel disapu (Muarief, dkk. 2015).



**Gambar 2. 5** Alat Pengujian SEM-EDS Jeol JSM-6510LA

## **2.10 Pengujian XRD**

Teknik difraksi (difraksi sinar-X) merupakan teknik yang sering digunakan dalam penelitian struktur kristal bahan. Berkas sinar-X monokromatik yang jatuh pada sebuah kristal akan terhambur ke segala arah, tetapi karena keteraturan letak atom-atom pada arah tertentu gelombang hambur akan berinterferensi konstruktif sedangkan pada arah yang lain akan berinterferensi destruktif. Menurut Bragg, interferensi konstruktif terjadi bila panjang lintasan yang ditempuh sinar hamburan sejajar adalah kelipatan bilangan bulat dari panjang gelombang ( $\lambda$ ) (Muarief dkk,2015). Pengujian XRD digunakan untuk melihat struktur fasa penyusun yang terbentuk pada komposit Al-Cu-Mg dengan *filler* SiC (Dessy, B.U. 2016).



**Gambar 2. 6** Alat Pengujian XRD PANalytical

Bragg memandang bahwa peristiwa difraksi sinar-x berasal dari hamburan sinar-x oleh bidang-bidang Kristal. Tinjau sekarang dua buah bidang dengan jarak antar bidang  $d_{hkl}$

Pola-pola difraksi akan terjadi pada :

$$2 d \sin \theta = n \lambda \quad (2.4)$$

Dimana :

$d$  = jarak antar bidang

$\theta$  = sudut difraksi

$\lambda$  = panjang gelombang sinar-x yang digunakan

$n$  = orde difraksi, biasanya 1

$$d_{hkl} = \frac{a}{\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}} \quad (2.5)$$

Dimana :

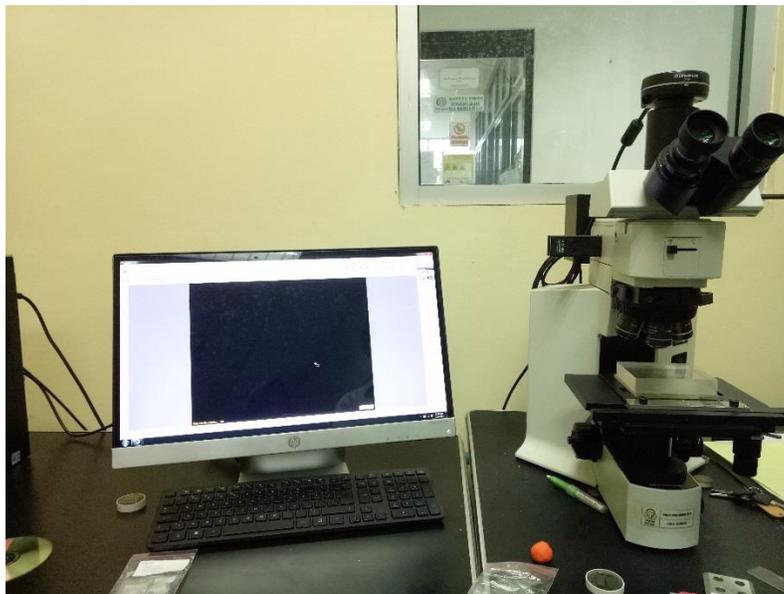
$a$  = Parameter kisi

$d_{hkl}$  = Jarak antar bidang kisi

$h, k, l$  = Indeks bidang

## 2.11 Pengujian Vickers

Kekerasan merupakan ketahanan suatu bahan terhadap penetrasi atau terhadap deformasi dari suatu permukaan bahan. Menurut penelitian yang terlebih dahulu dalam tesis (Khairul Sakti,2009) tersebut, ada tiga tipe pengujian terhadap ketahanan, yaitu : cara tekukan, pantulan (*rebound*), dan goresan (*scratch*). Untuk pengujian bahan dengan cara tekukan biasanya yang digunakan adalah *Brinell*, *Rockwell*, dan *Vickers*. Pengujian kekerasan yaitu dengan menggunakan *Vickers hardness*, umumnya menggunakan alat *micro hardness tester* dengan yang terbuat dari intan (*diamond*) dan berbentuk *pyramid*. Sudut antara permukaan *pyramid* adalah  $\alpha = 136^\circ\text{C}$  .



**Gambar 2. 7** Alat Mikroskop Optik dan Vickers tipe HV-1000

Kedalaman penetrasi adalah  $h$  dan  $d$  yang adalah panjang diagonal, sehingga Vickers Hardness Number (VHN) memenuhi persamaan berikut :

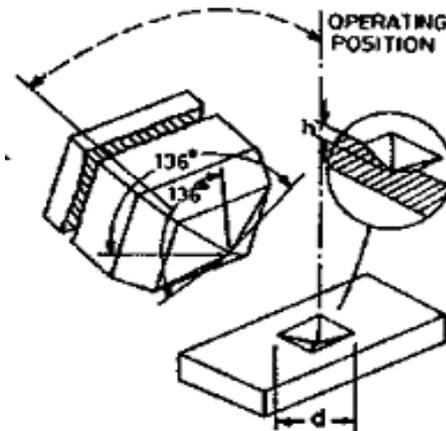
$$\text{VHN} = \frac{2F}{d^2} \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) \quad (2.6)$$

$$\text{VHN} = 1.854 \times \frac{P}{d^2} \quad (2.7)$$

Dimana :

- VHN = Nilai Kekerasan Vickers ( $\text{kgf}/\text{mm}^2$ )
- P = Beban penekanan (kgf)
- a = sudut antar permukaan diamond ( $136^\circ$ )
- d = rata-rata panjang diagonal ( $\mu\text{m}$ )

Bentuk *pyramid* disebabkan oleh penekanan secara geometris yang mirip dengan *pyramid*. Geometris tersebut sangat tergantung pada besarnya beban yang digunakan dan dapat dikonversi menjadi nilai *Vickers hardness* yang diperoleh. Besarnya penekanan yang dilakukan dalam thesis tersebut merupakan besarnya penekanan standar yang digunakan yaitu mulai dari 10 gf hingga 1 kgf (Khairul Sakti,2009).



Gambar 2. 8 Pengujian Vickers

## 2.12 Mixing

8000M *mixer/mill* adalah alat milling yang digunakan untuk melakukan mixing komposisi matriks logam Al-Cu-Mg dengan filler SiC. Nanopartikel yang telah dihasilkan melalui metode *milling* ini dilanjutkan dengan pengujian XRD untuk mengetahui data kualitatif dan kuantitatif kristalografi sampel, dan SEM untuk mengetahui morfologi mikro dan komposisi unsur sampel. Pada penelitian pendahulu

dengan menggunakan metode ultrasonikasi waktu optimum 3 jam memperoleh nanopartikel berorde 20 nm dengan ukuran rata-rata partikel sebesar 146.3 nm, namun produktivitas yang dihasilkan rendah dan memiliki kadar air > 15% (Balfas et al. 2016).

### **2.13 Metalurgi Serbuk**

Metalurgi serbuk adalah metode yang terus dikembangkan dari proses manufaktur yang dapat mencapai bentuk komponen akhir dengan mencampurkan serbuk secara bersamaan dan dikompaksi dalam cetakan, dan selanjutnya disinter di dalam furnace (tungku pemanas). Metode metalurgi serbuk paling umum dalam pabrikasi pembentukan komposit matrik logam atau komposit matrik keramik. Berbagai macam paduan aluminium yang dapat digunakan sebagai matrik komposit yaitu tipe 1100, 2XXX, 6XXX, 7XXX dan Al-Mg. Sedangkan sebagai penguat dapat berupa partikel seperti SiC, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, B<sub>4</sub>C, berupa whisker SiC atau berupa serat pendek Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Keunggulan dari proses metalurgi serbuk dibandingkan dengan proses lainnya, yaitu metalurgi serbuk dapat menghasilkan produk yang lebih baik dan lebih ekonomis. Proses ini dapat menghasilkan karbida sinter, bantalan poros dan produk bimetal yang terdiri dari lapisan serbuk logam yang berbeda, dapat menghasilkan produk dengan porositas yang terkendali, dapat menghasilkan bagian yang kecil dengan toleransi yang ketat dan permukaan yang halus dalam jumlah yang banyak dan mampu bersaing dengan permesinan (Rusianto Toto. 2009)

### **2.14 Sintering**

Sifat mekanik bagian metalurgi serbuk adalah sebanding dengan tempa atau paduan cor. Namun, sintering aluminium dan paduannya sulit karena adanya lapisan aluminium oksida yang stabil yang menutupi bedak yang menahan penyebaran atom di antara masing-masing partikel. Seperti halnya Sinterabilitas, dimana serbuknya lemah terikat satu sama lain. Sinterabilitas yang buruk menyebabkan kerapatan sinter rendah dan sifat mekanik yang buruk. Sintering dilakukan pada 400 C, 500 C dan 600 C selama 1, 2 atau 3 jam di bawah atmosfer netral dengan nitrogen kemurnian 99%

dalam tungku redam dengan pembacaan digital untuk suhu, spesimen setelah waktu sintering dibiarkan mendingin hingga 250 C di dalam tungku untuk menghindari kontaminasi atmosfer dan pendinginan (V.Umasankar et al. 2014).

Sintering merupakan suatu proses pembakaran bahan komposit agar butiran butiran saling mengikat (difusi) dan terjadi penurunan nilai porositas, dalam proses sintering terjadi gaya tarik menarik antar molekul atau atom yang menyebabkan terjadinya bentuk padatan dengan massa yang koheren dari komposit yang dihasilkan. Beberapa variabel yang dapat mempercepat proses sintering yaitu : densitas awal, ukuran partikel, atmosfer sintering, suhu, waktu, dan kecepatan pemanasan (Sakti. 2009).

Sintering yang dilakukan pada paduan Al-2024, Cu, Mg dan *filler* SiC yaitu selama 1 jam pada suhu 490°C.

## **2.15 Annealing**

Proses *annealing* merupakan proses perlakuan panas terhadap logam atau paduan dengan memanaskan logam tersebut pada temperatur tertentu, menahan pada temperatur tadi beberapa saat dan mendinginkan logam tadi dengan laju pendinginan yang sangat lambat. Proses perlakuan panas yang diberikan bertujuan untuk memperbaiki sifat mekanik dari logam atau paduan dan untuk meningkatkan keuletan dan mengurangi tegangan dalam yang menyebabkan material berperilaku getas. Proses ini juga merupakan proses perlakuan panas untuk menghasilkan perlit yang kasar (*coarse perlite*) tetapi lunak dengan pemanasan sampai austenisasi lalu didinginkan secara perlahan-lahan dalam tungku pemanas (*furnace*) (Prihanto. 2014).

Secara teori seharusnya jumlah pita geser-pita geser dan dislokasi cenderung meningkat yang akhirnya akan makin menghaluskan butir dari struktur mikro logam. Penambahan jumlah pass ECAP( $\Phi=120^\circ, \Psi= 7^\circ$ ) pada masing-masing rute A dan rute Bc dengan dilakukan *intermediate annealing* pada 500 °C antar pass, struktur mikro tidak dapat dibedakan secara signifikan karena keterbatasan resolusi dan perbesaran gambar yang diambil dengan mikroskop optic (Metalurgi. 2010).

*Annealing* yang dilakukan pada paduan Al-2024, Cu, Mg dan *filler* SiC yaitu selama 2 jam pada suhu  $330^{\circ}\text{C}$   $\frac{1}{2}$  dari titik leleh Al.

## **2.16 Aging**

Proses *heat treatment* (proses penuaan atau *aging*) yang telah biasa dilakukan pada paduan aluminium untuk meningkatkan kekuatannya, akan dilakukan pada komposit logam Al-SiC ini untuk mengetahui pengaruhnya terhadap sifat fisis dan mekanis komposit logam tersebut (Juriah. 2011).

Waktu penahanan pada temperatur tertentu untuk perlakuan panas artificial aging akan menentukan pengerasan presipitasinya dan sangat berpengaruh terhadap sifat mekanis paduan Al-Si. Lamanya waktu penahanan akan menghasilkan sifat mekanis yang berbeda, sehingga dalam hal ini akan dicari lama waktu penahanan yang tepat untuk mendapatkan sifat mekanis yang optimum. Dilakukan pemanasan *artificial aging* ( $T=154^{\circ}\text{C}$ , variasi lama waktu penahanan adalah 1, 3, 5, dan 7 jam) (Subowo, H. Subiyanto. 2002). Aging pada paduan Al-2024, Cu, Mg dan *filler* SiC yaitu selama 1 jam dengan suhu  $\frac{2}{8}$  dari titik leleh yaitu  $160^{\circ}\text{C}$ .

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk membuat material yang ringan, kuat, dan tahan terhadap panas berbasis Aluminium. Mengetahui pengaruh proses *mixing* dalam pembuatan komposit Al-Cu-Mg dengan *filler* SiC, dan menganalisis pengaruh dari variasi *filler* SiC terhadap fasa makroskopis, sifat termal, sifat kekerasan, titik leleh dari komposit Al-Cu-Mg.

#### **3.2 Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian dilakukan di Laboratorium Fisika Material Universitas Negeri Jakarta. Dimulai pada bulan Mei 2017 sampai Juli 2017.

#### **3.3 Metode Penelitian**

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengembangan metode eksperimen dengan teknik mechanical alloying. Dengan memberikan perlakuan *heat treatment* pada komposit kemudian dilakukan pengujian SEM EDS, XRD, Vickers, DTA, dan Densitas untuk mengetahui pengaruhnya.

#### **3.4 Alat dan Bahan**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

- a. Timbangan digital dengan nst 0,001 gram
- b. Furnace
- c. Oven
- d. Kertas timbang
- e. Moulding (cetakan sampel)

- f. Alat 8000M *mixer/mill*
- g. Alat SEM-EDS Jeol JSM-6510LA
- h. Alat PANalytical
- i. Alat HV-1000
- j. Alat DTA
- k. Vial

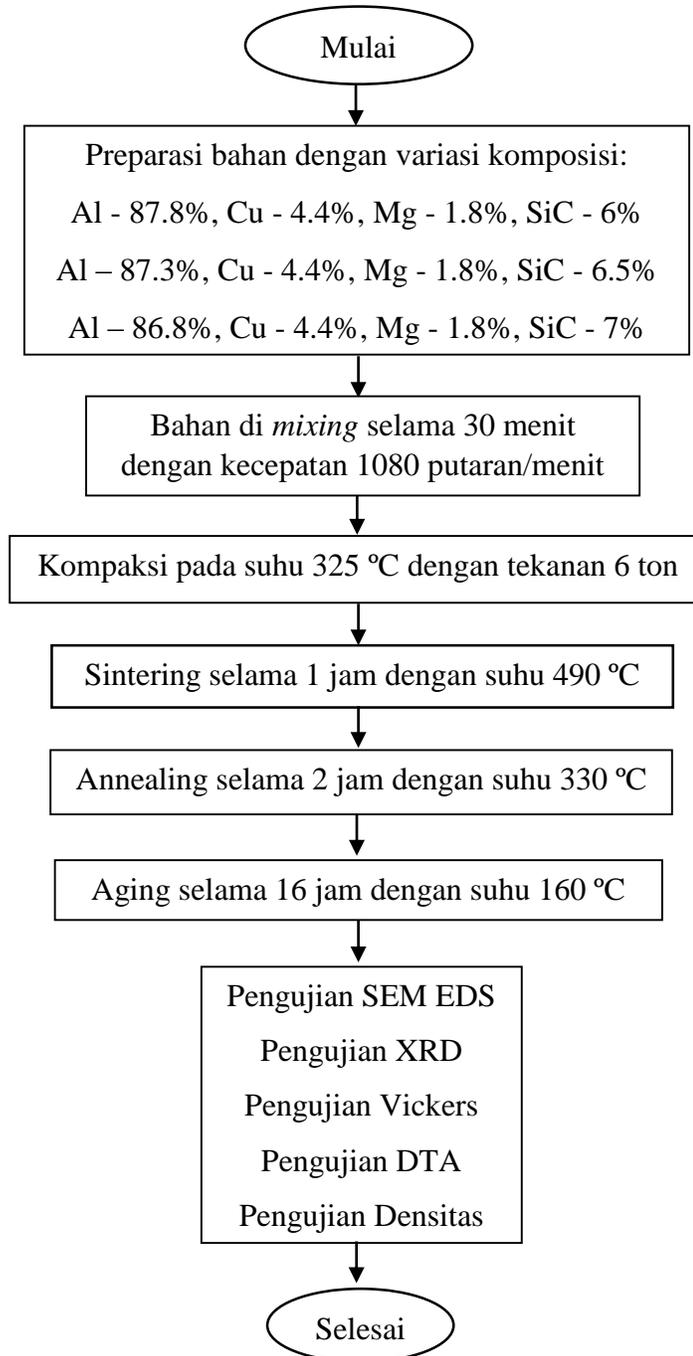
Bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini, yaitu :

- a. Aluminium serbuk
- b. Tembaga serbuk
- c. Magnesium serbuk
- d. Silikon karbida serbuk

### 3.5 Prosedur Penelitian

1. Preparasi bahan seperti aluminium serbuk, tembaga serbuk, magnesium serbuk yang akan digunakan sebagai *matriks* serta serbuk Silikon karbida sebagai filler. Dengan komposisi masing-masing:
  - Al – 87.8 %, Cu – 4.4 %, Mg – 1.8 %, SiC - 6 %
  - Al – 87.3 %, Cu - 4.4 %, Mg – 1.8 %, SiC – 6.5 %
  - Al – 86.8 %, Cu - 4.4 %, Mg – 1.8 %, SiC - 7 %
2. Serbuk *matriks* dan filler tersebut kemudian disatukan dalam wadah vial dan dimasukkan ke dalam alat mixing 8000M untuk dimixing selama 30 menit dengan kecepatan 1080 putaran/menit.
3. Kompaksi pada suhu 325 °C dengan tekanan 6 ton dan ditahan selama 10 menit.
4. Sintering selama 1 jam dengan suhu 490 °C.
5. Annealing selama 2 jam dengan suhu 330 °C.
6. Aging selama 16 jam dengan suhu 160 °C.
7. Melakukan pengujian pada sampel yaitu pengujian SEM EDS, XRD, Vickers, DTA, dan Densitas.

### 3.6 Diagram Alir



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

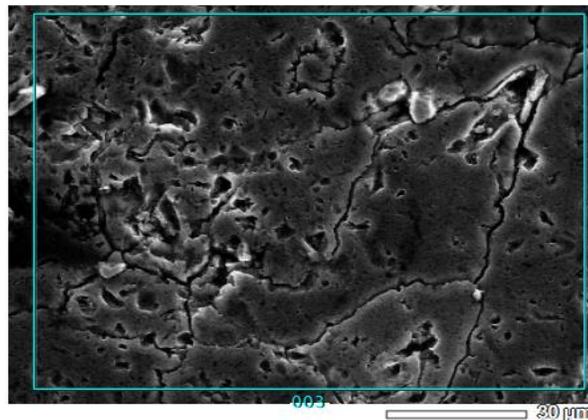
## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

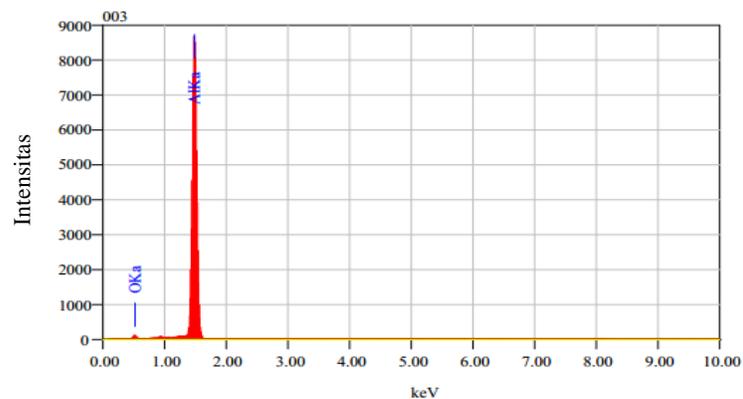
#### 4.1 Pengujian SEM EDS

Pengujian SEM yang dilakukan yaitu untuk melihat morfologi permukaan pada sampel dan mengetahui EDS dari setiap puncak komposit Al-Cu-Mg/SiC pada S1, S2, dan S3.

##### 4.1.1 Analisis Pengamatan SEM dan EDS Al-Cu-Mg/SiC 6 wt% (S1)



Gambar 4. 1 Hasil SEM Al-Cu-Mg/SiC 6 wt% (S1)



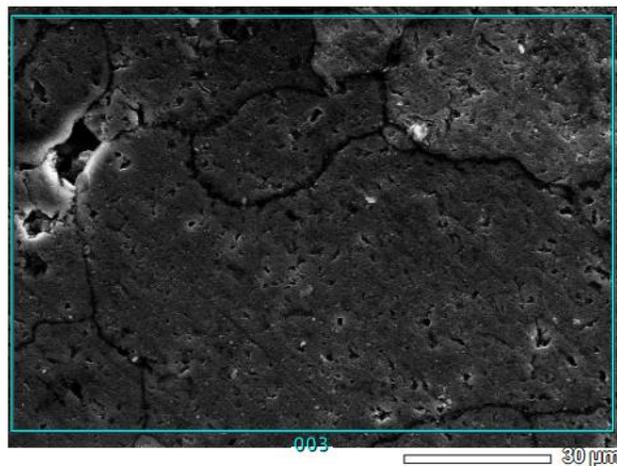
Gambar 4. 2 Hasil EDS Al-Cu-Mg/SiC 6 wt % (S1)

**Tabel 4. 1** Komposisi Unsur Al-Cu-Mg/SiC 6 wt % (S1)

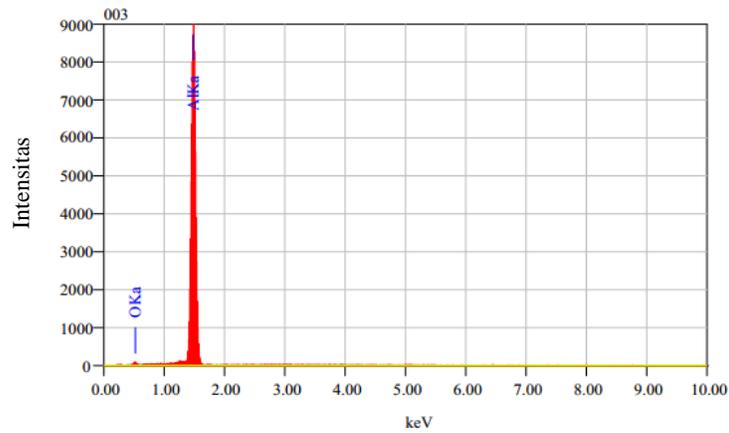
Unsur	Komposisi Masa Unsur (%)
Al	94.39
O	5.61

Pengujian SEM dilakukan untuk mengetahui struktur mikro yang terbentuk dari material yang telah dibuat. Hasil pengujian SEM adalah untuk melihat morfologi struktur dari sampel yang diujikan. Pengujian SEM pada sampel dengan perbesaran 3500 menghasilkan gambar SEM seperti pada Gambar 4.1 dan hasil EDS pada Gambar 4.2 pada SEM Komposit Al-Cu-Mg/SiC 6 wt% dengan proses *metalurgi serbuk*. Bagian yang ditembak area 003 terdapat matrik aluminium, *crack*, dan adanya porositas. Pada S1 SiC yang digunakan lebih sedikit menjadi 6 wt% yang mana *filler* SiC ini hanya mengisi disebagian tempat, sehingga hasil SEM EDS area 003 yang ditembak hanya berupa *matrik* aluminium. Pada tabel 4.1 terdapat komposisi unsur dari hasil SEM EDS yaitu Al 94.39 % dan O 5.61 %.

#### 4.1.2 Analisis Pengamatan SEM dan EDS Al-Cu-Mg/SiC 6,5 wt% (S2)



**Gambar 4. 3** Hasil SEM Al-Cu-Mg/SiC 6,5 wt % (S2)



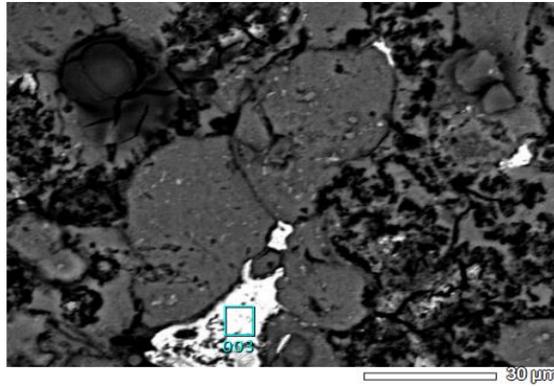
**Gambar 4. 4** Hasil EDS Al-Cu-Mg/SiC 6,5 wt % (S2)

**Tabel 4. 2** Komposisi Unsur Al-Cu-Mg/SiC 6,5 wt % (S2)

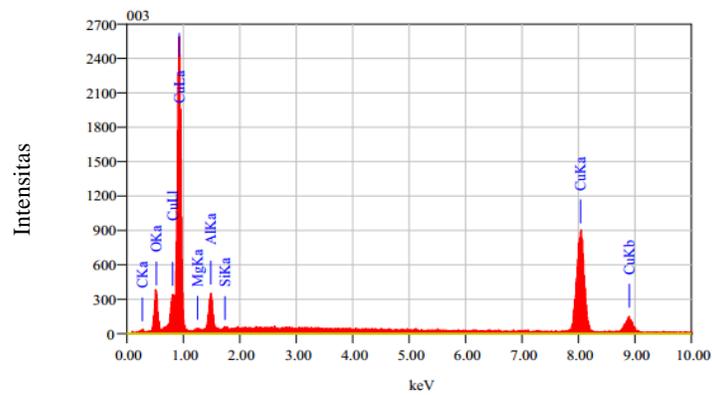
Unsur	Komposisi Masa Unsur (%)
Al	95.98
O	4.02

Pengujian SEM pada sampel dengan perbesaran 3500 menghasilkan gambar SEM seperti pada Gambar 4.3 dan hasil EDS pada Gambar 4.4 pada SEM Komposit Al-Cu-Mg/SiC 6,5 wt% dengan proses *metalurgi serbuk*. Bagian yang ditembak area 003 terdapat matrik aluminium, *crack*, dan adanya porositas. Pada S2 dilakukan penambahan SiC menjadi 6,5 wt% yang mana *filler* SiC ini mengisi disebagian tempat, sehingga hasil SEM pada Gambar 4.3 porositas lebih sedikit dari hasil SEM Gambar 4.1. Hasil SEM EDS area 003 yang ditembak hanya berupa *matrik* aluminium. Pada tabel 4.2 terdapat komposisi unsur dari hasil SEM EDS yaitu Al 95.98 % dan O 4.02 % oksigen yang dihasilkan lebih sedikit kecil, karena dipengaruhi penambahan *filler* SiC.

### 4.1.3 Analisis Pengamatan SEM dan EDS Al-Cu-Mg/SiC 7 wt% (S3)



**Gambar 4. 5** Hasil SEM Al-Cu-Mg/SiC 7 wt % (S3)



**Gambar 4. 6** Hasil EDS Al-Cu-Mg/SiC 7 wt % (S3)

**Tabel 4. 3** Komposisi Unsur Al-Cu-Mg/SiC 7 wt % (S3)

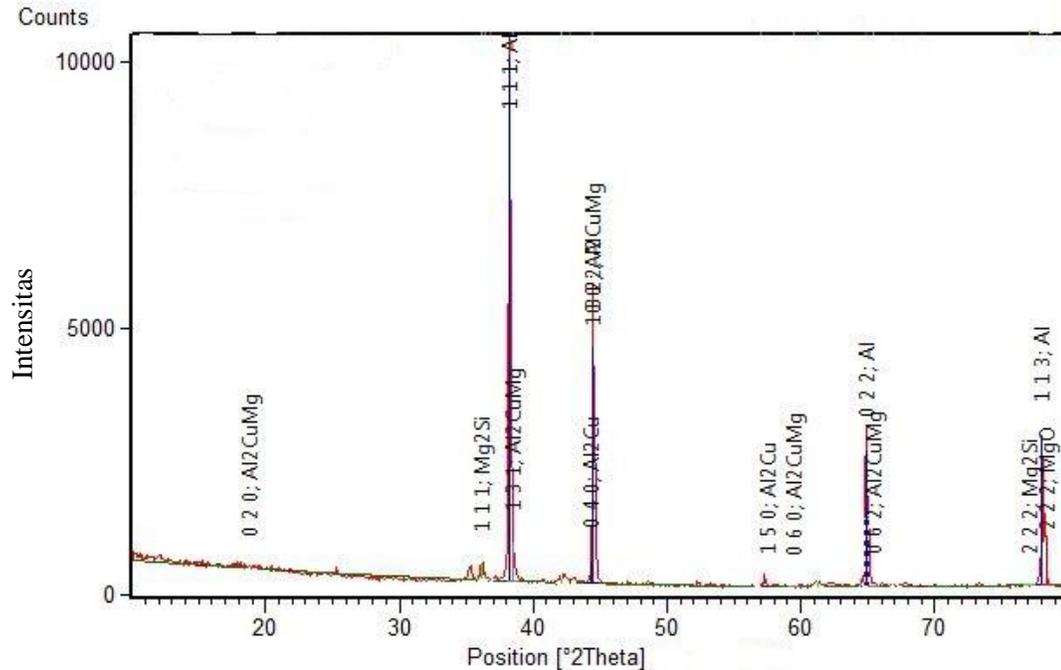
Unsur	Komposisi Masa Unsur (%)
C	2.18
O	10.98
Mg	0.58
Al	6.89
Si	0.37
Cu	79.00

Pengujian SEM pada sampel dengan perbesaran 3500 menghasilkan gambar SEM seperti pada Gambar 4.5 dan hasil EDS pada Gambar 4.6 pada SEM Komposit Al-Cu-Mg/SiC 7 wt% dengan proses *metalurgi serbuk*. Bagian yang ditembak area 003 terdapat *matriks* aluminium, tembaga, magnesium, *crack*, dan adanya porositas. Pada S3 dilakukan penambahan SiC menjadi 7 wt% yang mana *filler* SiC ini mengisi disebagian tempat, sehingga hasil SEM pada Gambar 4.5 porositas lebih sedikit dari hasil SEM Gambar 4.1 dan Gambar 4.3. Hasil SEM EDS area 003 yang ditembak menghasilkan *matriks* seperti aluminium, tembaga, magnesium, dan silikon. Dengan penambahan SiC menjadi 7 wt% sangat mempengaruhi terhadap hasil SEM yang diinginkan. Pada tabel 4.3 terdapat komposisi unsur dari hasil SEM EDS yaitu Al 6.89 %, Cu 79 %, Mg 0.58 %, Si 0.37 %, C 2.18 %, dan O 10.98 %.

## **4.2 Pengujian XRD**

Pengujian XRD di lakukan untuk mengetahui fasa-fasa yang terbentuk dari komposit Al-Cu-Mg/SiC pada sampel 1, sampel 2, dan sampel 3. Analisis kuantitatif dilakukan menggunakan program X'Pert HighScore. Identifikasi awal dilakukan dengan mencocokkan hasil XRD pada data COD (*Crystallography Open Database*).

#### 4.2.1 Analisis Pengamatan XRD Pada Al-Cu-Mg/SiC 6 wt% (S1)



**Gambar 4. 7** Hasil XRD Al-Cu-Mg/SiC 6 wt% (S1)

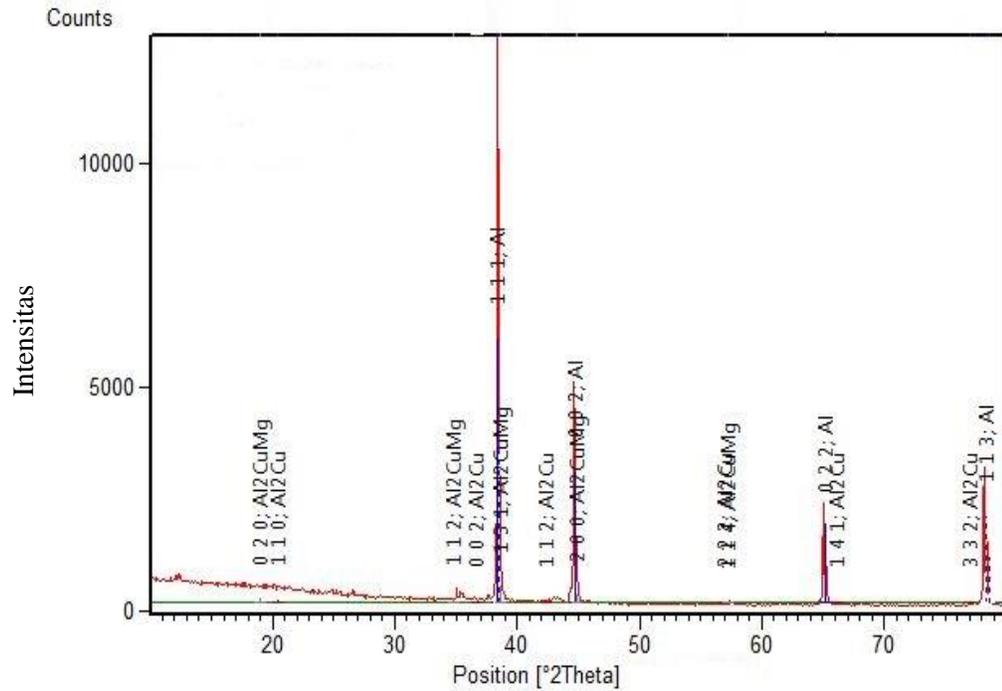
Pada Gambar 4.7 terdapat beberapa puncak - puncak yang terdeteksi, puncak-puncak tersebut didapatkan dan disamakan dengan rujukan no kartu yang sesuai untuk setiap fasa. Terbentuk fasa baru setelah proses *annealing* terjadi yaitu munculnya fasa  $Mg_2Si$ . Fasa ini muncul karena proses pemanasan. Munculnya fasa ini dikarenakan sifat unsur Magnesium (Mg) yang memiliki sifat ringan dan mudah menguap jika dipanaskan. Pada Gambar 4.7 terdeteksi lima puncak diketahui yaitu puncak fasa Al,  $Al_2CuMg$ ,  $Al_2Cu$ ,  $Mg_2Si$ , dan  $MgO$ . Pada Gambar 4.7 dijelaskan bahwa sumbu x merupakan  $2\theta$  dan sumbu y merupakan intensitas pada puncak. Berdasarkan grafik diatas maka dapat dituliskan pada Tabel 4.4 berikut :

**Tabel 4. 4** Data hasil Identifikasi Fasa XRD Komposit Al-Cu-Mg/SiC 6 wt% (S1)

No	2 $\theta$	d[Å]	FWHM	Hkl	Intensitas	Struktur	Fasa	No. Kartu
1	15.12	5.85	0.10	110	1330	FCC	Al <sub>2</sub> Cu	9012196
2	18.82	4.71	0.06	020	778	FCC	Al <sub>2</sub> CuMg	7222567
3	18.86	4.71	0.06	020	519	FCC	Al <sub>2</sub> CuMg	7222567
4	21.58	4.11	0.10	020	389	FCC	Al <sub>2</sub> Cu	9012196
5	36.14	2.48	0.28	111	519	HCP	Mg <sub>2</sub> Si	1537740
6	36.39	2.47	0.06	111	681	FCC	Al <sub>2</sub> CuMg	7222567
7	36.74	2.45	1.26	111	649	FCC	MgO	1011116
8	38.21	2.35	0.13	111	10474	FCC	Al	1502689
9	38.46	2.33	0.06	131	8172	FCC	Al <sub>2</sub> CuMg	7222567
10	42.14	2.14	0.28	002	324	HCP	Mg <sub>2</sub> Si	1537740
11	42.73	2.12	1.26	002	1070	FCC	MgO	1011116
12	44.30	2.04	0.10	040	3470	FCC	Al <sub>2</sub> Cu	9012196
13	44.45	2.03	0.06	132	6453	FCC	Al <sub>2</sub> CuMg	7222567
14	44.46	2.03	0.12	002	4734	FCC	Al	1502689
15	57.00	1.61	0.06	114	454	FCC	Al <sub>2</sub> CuMg	7222567
16	57.56	1.59	0.10	150	389	FCC	Al <sub>2</sub> Cu	9012196
17	59.45	1.55	0.06	060	195	FCC	Al <sub>2</sub> CuMg	7222567
18	61.27	1.51	0.28	022	746	HCP	Mg <sub>2</sub> Si	1537740
19	64.79	1.44	0.10	440	324	FCC	Al <sub>2</sub> Cu	9012196
20	64.86	1.43	0.13	022	2627	FCC	Al	1502689
21	65.04	1.43	0.13	022	2555	FCC	Al	1502689
22	65.43	1.42	0.06	062	1800	FCC	Al <sub>2</sub> CuMg	7222567
23	67.06	1.39	0.10	350	422	FCC	Al <sub>2</sub> Cu	9012196
24	69.09	1.35	0,10	060	97	FCC	Al <sub>2</sub> Cu	9012196
25	77.11	1.23	0.29	222	1557	HCP	Mg <sub>2</sub> Si	1537740
26	78.01	1.22	0.13	113	2854	FCC	Al	1502689
27	78.34	1.21	1.26	222	1621	FCC	MgO	1011116

Berdasarkan Tabel 4.4 didapatkan intensitas tertinggi pada sudut  $2\theta$  38.21° dengan intensitas 10474, jarak antar bidang (d) 2.35 Å , fasa Al dengan struktur kristal dan hkl (1 1 1). Berdasarkan Tabel 4.4 terdapat lima fasa pada komposit Al-Cu-Mg/SiC, fasa tersebut adalah fasa Al, Al<sub>2</sub>CuMg, Al<sub>2</sub>Cu, Mg<sub>2</sub>Si, dan MgO. Intensitas tertinggi pada fasa Al, menunjukkan bahwa komposisi *matrik* Al lebih banyak dari Cu-Mg-SiC dalam komposit Al-Cu-Mg/SiC. Semakin besar intensitas pada suatu fasa maka sudut  $2\theta$  yang dihasilkan semakin kecil.

#### 4.2.2 Analisis Pengamatan XRD Pada Al-Cu-Mg/SiC 6,5 wt% (S2)



**Gambar 4. 8** Hasil XRD Al-Cu-Mg/SiC 6,5 wt% (S2)

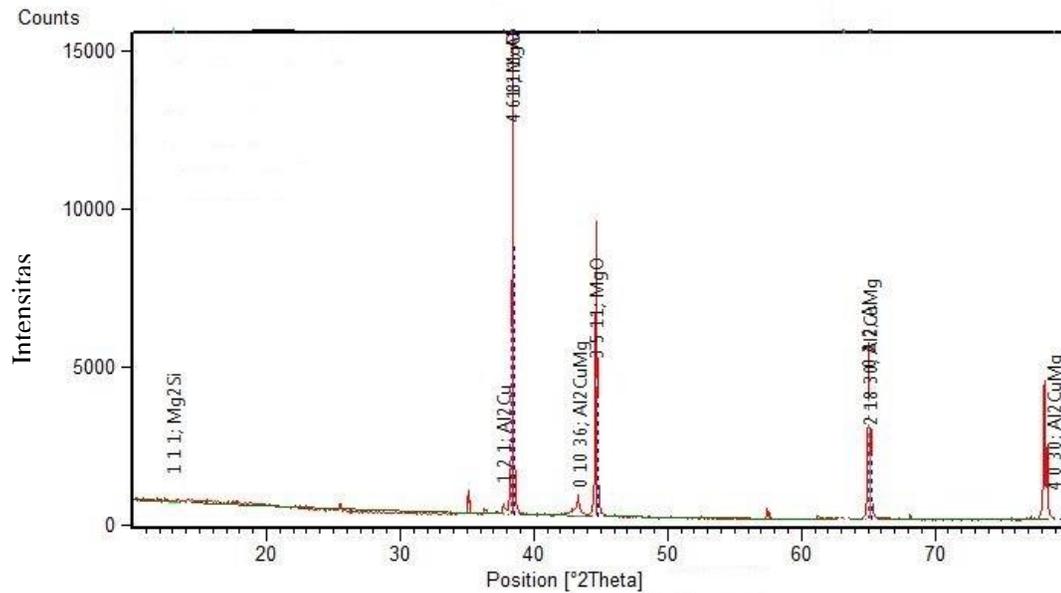
Pada Gambar 4.8 terdapat beberapa puncak - puncak yang terdeteksi, puncak-puncak tersebut didapatkan dan disamakan dengan rujukan no kartu yang sesuai untuk setiap fasa. Empat puncak terdeteksi diketahui yaitu puncak fasa Al, Al<sub>2</sub>CuMg, dan Al<sub>2</sub>Cu. Pada Gambar 4.8 dijelaskan bahwa sumbu x merupakan 2θ dan sumbu y merupakan intensitas pada puncak. Berdasarkan grafik diatas maka dapat dituliskan pada Tabel 4.5 berikut :

**Tabel 4. 5** Data hasil Identifikasi Fasa XRD Komposit Al-Cu-Mg/SiC 6,5 wt% (S2)

No	2 $\theta$	d[Å]	FWHM	Hkl	Intensitas	Struktur	Fasa	No.Kartu
1	18.92	4.68	0.10	020	594	FCC	Al <sub>2</sub> CuMg	7222567
2	20.47	4.33	0.10	110	554	FCC	Al <sub>2</sub> Cu	9012196
3	34.80	2.57	0.10	112	634	FCC	Al <sub>2</sub> CuMg	7222567
4	36.61	2.45	0.10	002	317	FCC	Al <sub>2</sub> Cu	9012196
5	38.40	2.34	0.10	111	277	FCC	Al	1502689
6	38.51	2.34	0.10	111	6020	FCC	Al	1502689
7	38.66	2.32	0.10	131	3327	FCC	Al	1502689
8	42.39	2.13	0.10	112	277	FCC	Al <sub>2</sub> Cu	9012196
9	44.68	2.02	0.10	002	2337	FCC	Al	1502689
10	44.94	2.01	0.10	200	4871	FCC	Al <sub>2</sub> CuMg	7222567
11	56.92	1.61	0.10	222	238	FCC	Al <sub>2</sub> Cu	9012196
12	57.21	1.60	0.10	114	277	FCC	Al <sub>2</sub> CuMg	7222567
13	65.15	1.43	0.10	330	2455	FCC	Al <sub>2</sub> Cu	9012196
14	65.16	1.43	0.10	022	1941	FCC	Al	1502689
15	66.07	1.41	0.10	141	2376	FCC	Al <sub>2</sub> Cu	9012196
16	77.06	1.23	0.10	332	3485	FCC	Al <sub>2</sub> Cu	9012196
17	78.37	1.22	0.10	004	3208	FCC	Al <sub>2</sub> Cu	9012196
18	78.60	1.21	0.10	113	594	FCC	Al	1502689

Berdasarkan Tabel 4.5 didapatkan intensitas tertinggi pada sudut  $2\theta$  38.51° dengan intensitas 6020, jarak antar bidang (d) 2.34 Å , fasa Al dengan struktur kristal dan hkl (1 1 1). Berdasarkan Tabel 4.5 terdapat tiga fasa pada komposit Al-Cu-Mg/SiC, fasa tersebut adalah fasa Al, Al<sub>2</sub>CuMg, dan Al<sub>2</sub>Cu. Intensitas tertinggi pada fasa Al, menunjukkan bahwa komposisi *matrik* Al lebih banyak dari Cu-Mg-SiC dalam komposit Al-Cu-Mg/SiC. Semakin besar intensitas pada suatu fasa maka sudut  $2\theta$  yang dihasilkan semakin kecil.

### 4.2.3 Analisis Pengamatan XRD Pada Al-Cu-Mg/SiC 7 wt% (S3)



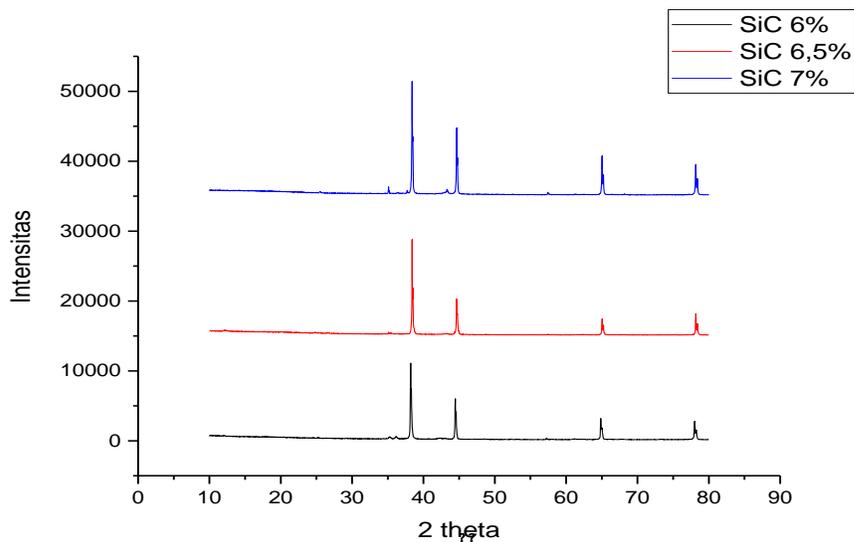
**Gambar 4. 9** Hasil XRD Al-Cu-Mg/SiC 7 wt % (S3)

Pada Gambar 4.9 terdapat beberapa puncak - puncak yang terdeteksi, puncak-puncak tersebut didapatkan dan disamakan dengan rujukan no kartu yang sesuai untuk setiap fasa. Terbentuk fasa baru setelah proses *annealing* terjadi yaitu munculnya fasa  $Mg_2Si$ . Fasa ini muncul karena proses pemanasan. Munculnya fasa ini dikarenakan sifat unsur Magnesium (Mg) yang memiliki sifat ringan dan mudah menguap jika dipanaskan. Pada Gambar 4.9 lima puncak terdeteksi diketahui yaitu puncak fasa  $Mg_2Si$ ,  $MgO$ ,  $Al_2Cu$ ,  $Al_2CuMg$ , dan  $Al$ . Pada Gambar 4.9 dijelaskan bahwa sumbu x merupakan  $2\theta$  dan sumbu y merupakan intensitas pada puncak. Berdasarkan grafik diatas maka dapat dituliskan pada Tabel 4.7 berikut :

**Tabel 4. 6** Data hasil Identifikasi Fasa XRD Komposit Al-Cu-Mg/SiC 7 wt% (S3)

No	2 $\theta$	d[Å]	FWHM	hkl	Intensitas	Struktur	Fasa	No.Kartu
1	13.05	6.77	0.10	111	624	HCP	Mg <sub>2</sub> Si	1537740
2	14.01	6.32	0.10	004	768	FCC	MgO	1011116
3	37.76	2.37	0.10	121	2735	FCC	Al <sub>2</sub> Cu	9012196
4	37.77	2.38	0.10	224	3263	HCP	Mg <sub>2</sub> Si	1537740
5	38.33	2.35	0.10	111	15498	FCC	Al	1502689
6	38.39	2.34	0.10	111	8780	FCC	Al	1502689
7	38.41	2.34	0.10	468	15402	FCC	MgO	1011116
8	38.49	2.34	0.10	111	8780	FCC	Al	1502689
9	43.37	2.08	0.10	0 10 36	4222	FCC	Al <sub>2</sub> CuMg	7222567
10	44.71	2.02	0.10	3 5 11	9644	FCC	MgO	1011116
11	44.76	2.02	0.10	002	4894	FCC	Al	1502689
12	63.15	1.47	0.10	2 12 12	3263	FCC	MgO	1011116
13	63.18	1.47	0.10	2 6 49	3982	FCC	Al <sub>2</sub> CuMg	7222567
14	65.02	1.43	0.10	0 2 2	3455	FCC	Al	1502689
15	65.03	1.43	0.10	1 19 39	5758	FCC	Al <sub>2</sub> CuMg	7222567
16	65.07	1.43	0.10	330	2831	FCC	MgO	1011116
17	65.19	1.42	0.10	2 18 30	5806	FCC	Al <sub>2</sub> CuMg	7222567
18	65.21	1.43	0.10	022	2015	FCC	Al	1502689
19	78.89	1.21	0.10	4 0 30	4606	FCC	Al <sub>2</sub> CuMg	7222567

Berdasarkan Tabel 4.6 didapatkan intensitas tertinggi pada sudut  $2\theta$  38.33° dengan intensitas 15498, jarak antar bidang (d) 2.35 Å, fasa Al dengan struktur kristal dan hkl (1 1 1). Berdasarkan Tabel 4.6 terdapat lima fasa pada komposit Al-Cu-Mg/SiC, fasa tersebut adalah fasa Al, Al<sub>2</sub>CuMg, Al<sub>2</sub>Cu, Mg<sub>2</sub>Si, dan MgO. Intensitas tertinggi pada fasa Al, menunjukkan bahwa komposisi *matrik* Al lebih banyak dari Cu-Mg-SiC dalam komposit Al-Cu-Mg/SiC. Semakin besar intensitas pada suatu fasa maka sudut  $2\theta$  yang dihasilkan semakin kecil.



**Gambar 4. 10** Grafik XRD Perbandingan Komposisi Al-Cu-Mg/SiC (S1)(S2)(S3)

Pada gambar 4.10 grafik XRD yang dihasilkan dari perbandingan komposisi Al-Cu-Mg/SiC pada variasi SiC 6 wt%, 6,5 wt%, dan 7 wt% ialah berupa puncak-puncak intensitas dengan sudut 2 theta yang di hasilkan juga sama pada setiap puncak-puncak. Pada puncak pertama terdapat fasa  $Al_2Cu$ ,  $Al_2CuMg$ , puncak kedua terdapat fasa MgO, Al. Pada puncak ketiga terdapat fasa Al, dan pada puncak keempat terdapat fasa Al,  $Al_2Cu$ , dan  $Al_2CuMg$ . Ketiga puncak yang memiliki puncak fasa sama dar ketiga variasi SiC yaitu pada puncak ketiga dengan fasa Al.

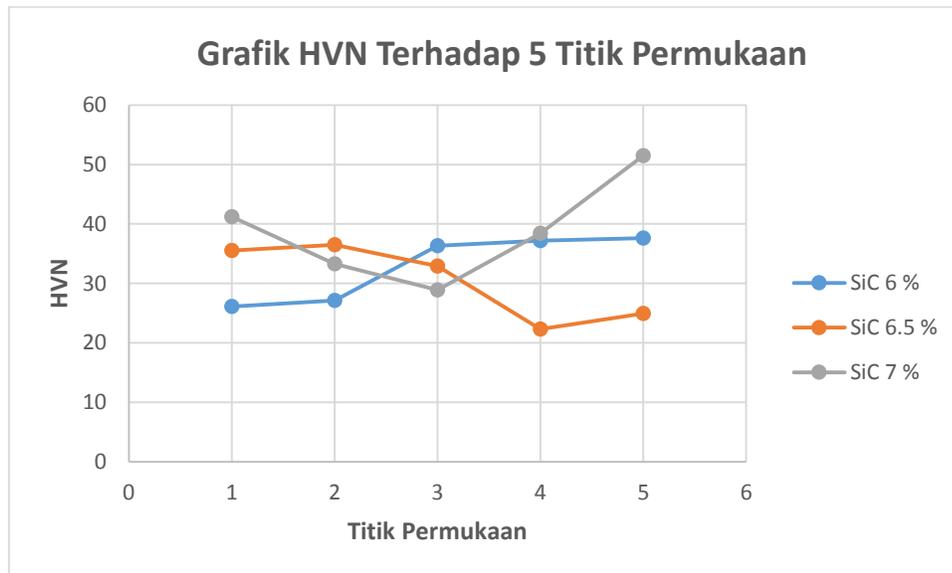
### 4.3 Pengujian Vickers

Pengujian kekerasan yaitu dengan menggunakan hardness Vickers, umumnya menggunakan alat *micro hardness tester* dengan yang terbuat dari intan (*diamond*) dan berbentuk *pyramid*. Pengujian hardness Vickers dilakukan dengan alat tipe HV-1000 di Pusat Sains dan Teknologi Bahan Maju (PSTBM-BATAN).

### 4.3.1 Analisis Pengamatan HVN Al-Cu-Mg/SiC

Tabel 4. 7 Hardness Vickers Number (HVN) Al-Cu-Mg/SiC

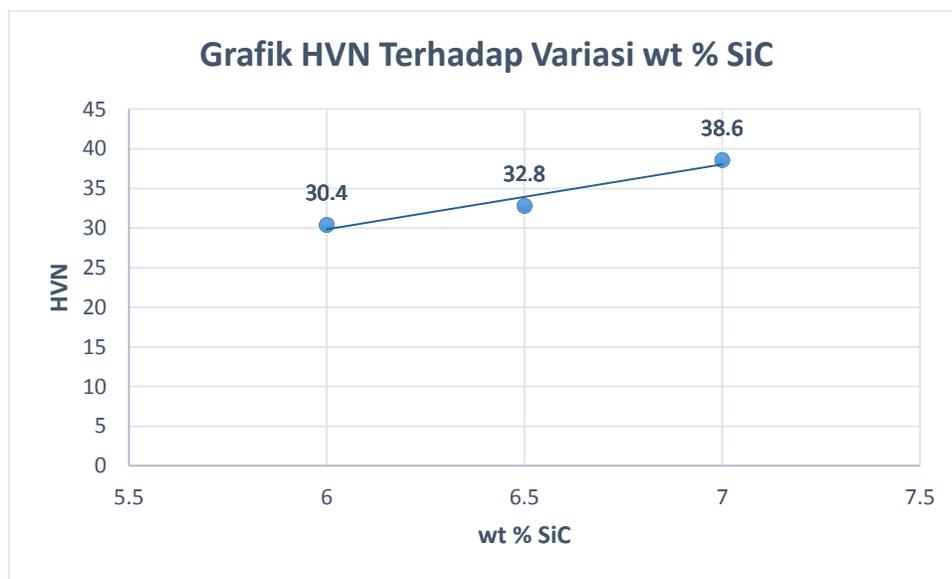
No.	HVN		
	S1 (6 wt %)	S2 (6.5 wt %)	S3 (7 wt %)
1	26.1	35.5	41.2
2	27.1	36.5	33.3
3	36.3	32.9	28.9
4	37.2	22.3	38.4
5	37.6	24.9	51.5
HVN Rata-rata	30.4	32.8	38.6



Gambar 4. 11 Grafik HVN Al-Cu-Mg/SiC (S1)(S2)(S3)

Pada Tabel 4.7 hasil pengujian Vickers pada setiap 5 titik yang menggunakan beban sebesar 0.1 kg, memiliki nilai hardness Vickers berbeda-beda antara S1 S2 S3. Pada Gambar 4.11 juga menunjukkan kurva grafik yang naik dan turun, ini dapat terjadi

karena komposit Al-Cu-Mg/SiC ini dibuat dengan metode metalurgi serbuk yang dimixing dan juga dikompaksi. Untuk S1 dengan SiC 6 wt sebesar 30.4 HVN, S2 SiC 6.5 wt% sebesar 32.8 HVN, dan S3 SiC 7 wt% sebesar 38.6 HVN. SiC memiliki nilai kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan komposit lainnya seperti Al, Cu, Mg. Sehingga semakin besarnya komposisi SiC akan memberikan nilai HVN yang semakin besar dan kekerasan yang tinggi juga.



**Gambar 4. 12** Grafik Perbandingan HVN Terhadap wt % SiC

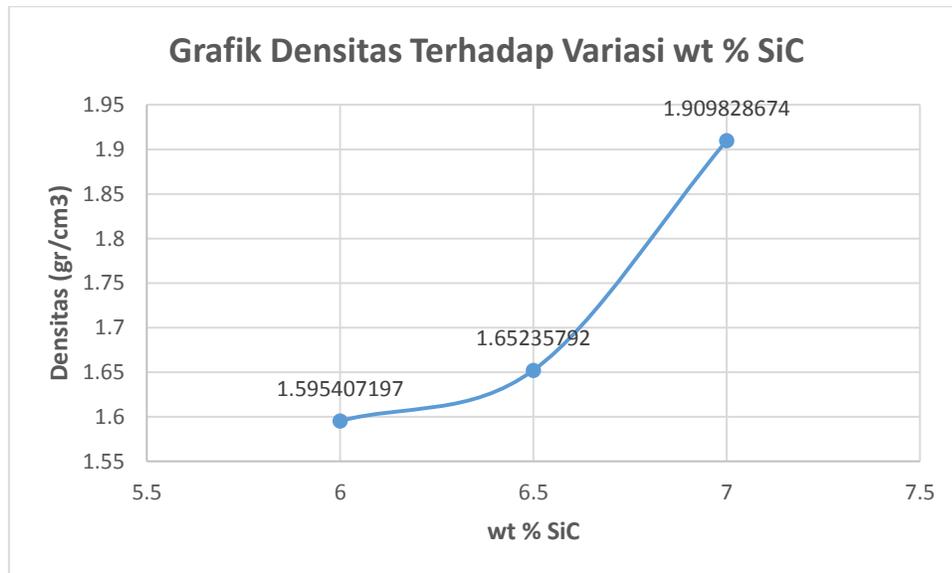
Pada gambar 4.12 Hasil dari HVN terhadap variasi wt% SiC menunjukkan kurva grafik yang linier dengan tujuan yang sesuai dari penelitian ini menggunakan variasi SiC 6 wt%, 6.5 wt%, dan 7 wt%. Semakin banyaknya SiC yang di gunakan maka semakin besar juga nilai kekerasan (HVN) dari ketiga sampel tersebut.

#### 4.4 Pengujian Densitas

Dengan menggunakan persamaan 2.1, nilai  $\rho$  densitas yang didapatkan dari ketiga variasi SiC yaitu sebagai berikut :

**Tabel 4. 8** Hasil Uji Densitas Variasi wt% SiC

Variasi SiC	$M_s$ (gr)	$M_g$ (gr)	Densitas (gr/cm <sup>3</sup> )	Porositas(gr/cm <sup>3</sup> )
SiC 6 wt%	6.739	2.515	1.595	42.60 %
SiC 6.5 wt%	5.466	2.158	1.652	40.60 %
SiC 7 wt%	4.236	2.018	1.909	30.70 %

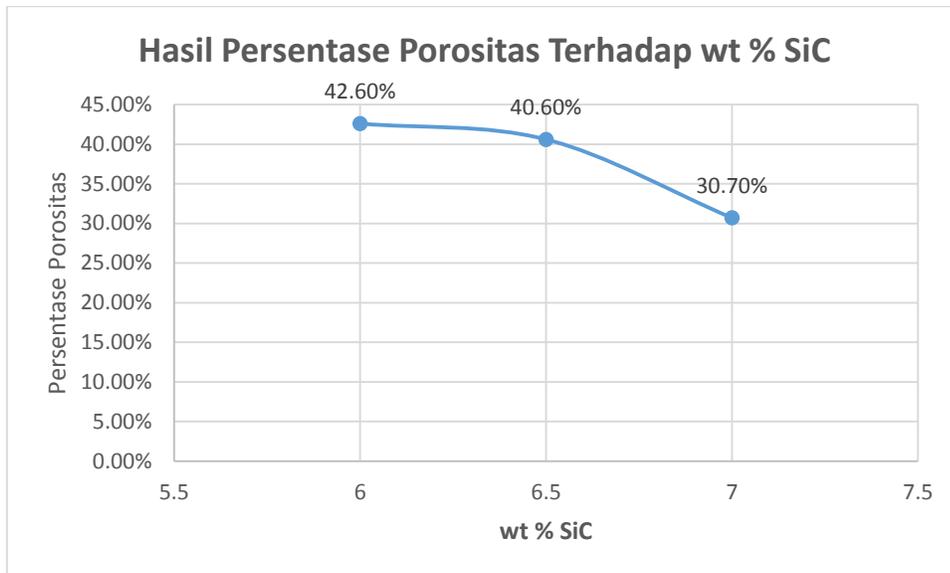


**Gambar 4. 13** Grafik Hasil Densitas Terhadap Variasi wt% SiC (S1) (S2) (S3)

Dari hasil uji densitas didapatkan nilai densitas pada Tabel 4.8 yaitu 1.595 gr/cm<sup>3</sup>, 1.652 gr/cm<sup>3</sup>, 1.909 gr/cm<sup>3</sup>.

Kenaikan nilai densitas tidak terjadi secara signifikan. Penambahan SiC ini dapat meningkatkan nilai densitas. Peningkatan densitas terjadi karena adanya gaya adhesi-koheisi antar partikel. Gaya ini dipengaruhi oleh penguncian antar permukaan partikel, gaya *Van Der Walls* dan gaya elektrostatis. Hal ini dikarenakan pada model

ikatan ini porositas yang terbentuk relative semakin kecil dengan meningkatnya komposisi penguat SiC yang digunakan, maka semakin besar pula nilai densitas yang diperoleh (S. Anggara Budi, F.Riser. 2016).



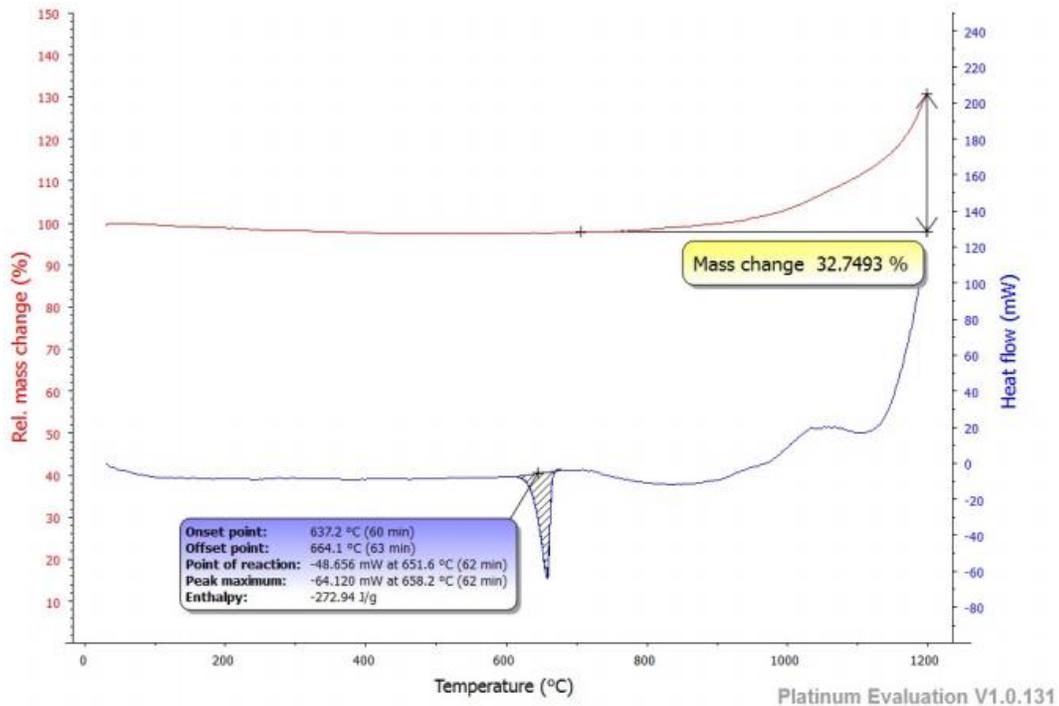
**Gambar 4. 14** Hasil Persentase Porositas

Dari Tabel 4.8 menghasilkan nilai porositas dari uji densitas sebesar 42.60%, 40.70%, dan 30.70%. Porositas berbanding terbalik dengan penambahan komposisi SiC ini dapat terjadi karena penambahan SiC dapat menurunkan tingkat porositas pada sebuah sampel. Gambar 4.14 menghasilkan penurunan grafik dari nilai porositas dan dapat dilihat pada Tabel 4.8 hasil dari persentase porositas.

## 4.5 Pengujian DTA

Pengujian DTA menggunakan suhu termal maksimal yaitu 1200°C dengan menggunakan nitrogen pada saat pengujian DTA.

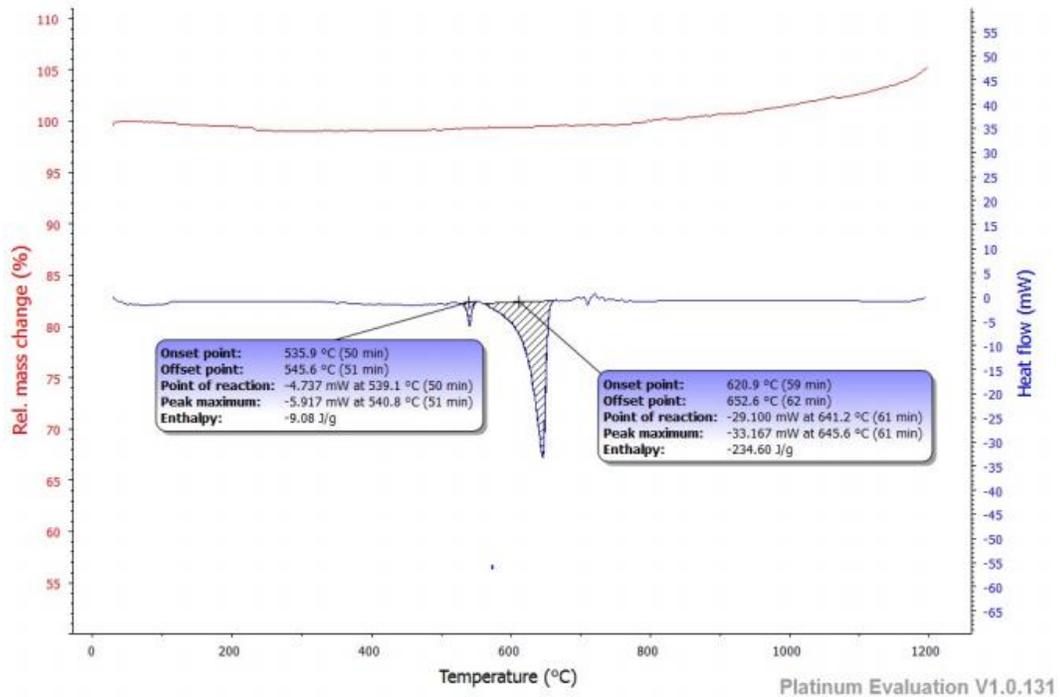
### 4.5.1 Analisis Pengamatan DTA Pada Al-Cu-Mg/SiC 6 wt% (S1)



**Gambar 4. 15** Hasil DTA Al-Cu-Mg/SiC 6 wt% (S1)

Dari hasil DTA diatas, titik leleh Al dijadikan sebagai acuan yaitu 660°C. Menurunnya nilai titik lebur pada komposit AlCuMg/SiC 6 wt% berhubungan dengan komposisi dan nilai sifat mekanik. Dengan entalphy  $\Delta H$  untuk Gambar 4.15 yang didapatkan sebesar -272.94 J/g. Titik lebur ( $T_m$ ) pada komposit AlCuMg/SiC 6 wt% sebesar 616.8 °C yang mendekati nilai titik lebur dari basis Al tersebut. Penurunan titik lebur ( $T_m$ ) juga memberikan perubahan massa menjadi 97.5905 % dan laju panas - 7.76121 mW.

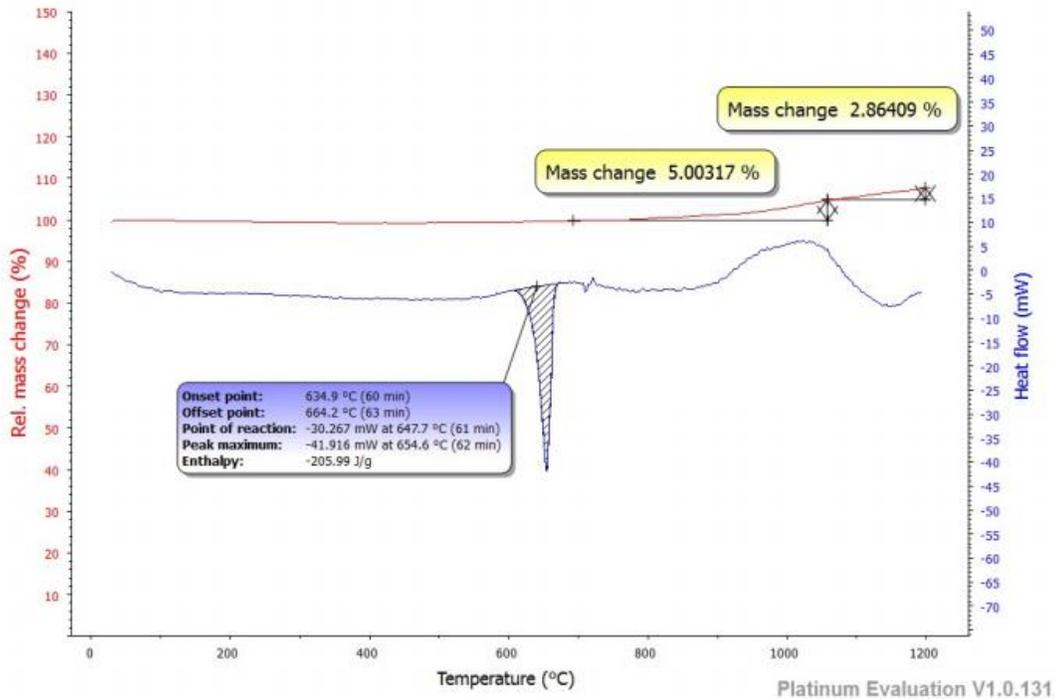
#### 4.5.2 Analisis Pengamatan DTA Pada Al-Cu-Mg/SiC 6,5 wt% (S2)



Gambar 4. 16 Hasil DTA Al-Cu-Mg/SiC 6,5 wt% (S2)

Dari hasil DTA diatas, titik leleh Al dijadikan sebagai acuan yaitu 660°C. Menurunnya nilai titik lebur pada komposit AlCuMg/SiC 6,5 wt% berhubungan dengan komposisi dan nilai sifat mekanik. Dengan entalphy  $\Delta H$  untuk Gambar 4.16 yang didapatkan sebesar -234.60 J/g. Titik lebur ( $T_m$ ) pada komposit AlCuMg/SiC 6,5 wt% sebesar 570.5 °C yang melewati daerah *eutektik* dari nilai titik lebur basis Al tersebut. Penurunan titik lebur ( $T_m$ ) juga memberikan perubahan massa menjadi 99.445 % dan laju panas -2.0991 mW.

### 4.5.3 Analisis Pengamatan DTA Pada Al-Cu-Mg/SiC 7 wt% (S3)



**Gambar 4. 17** Hasil DTA Al-Cu-Mg/SiC 7 wt% (S3)

Dari hasil DTA diatas, titik leleh Al dijadikan sebagai acuan yaitu 660°C. Menurunnya nilai titik lebur pada komposit AlCuMg/SiC 7 wt% berhubungan dengan komposisi dan nilai sifat mekanik. Dengan entalphy  $\Delta H$  untuk Gambar 4.17 yang didapatkan sebesar -205.99 J/g. Titik lebur ( $T_m$ ) pada komposit AlCuMg/SiC 7 wt% sebesar 609.8 °C yang mendekati nilai titik lebur dari basis Al tersebut. Penurunan titik lebur ( $T_m$ ) juga memberikan perubahan massa menjadi 99.5009 % dan laju panas -4.26899 mW. Dari ketiga hasil pengujian DTA S1 S2 S3 seperti pada Gambar 4.15, Gambar 4.16, dan Gambar 4.17 perubahan nilai entalphy  $\Delta H$  yang didapatkan semakin meningkat dengan nilai sifat mekanik dari ketiga sampel S1 S2 S3 yang meningkat juga karena adanya variasi penambahan wt% SiC dimana semakin banyak SiC yang digunakan maka semakin besar nilai sifat mekanik yang didapatkan.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan pada penelitian pembuatan Komposit Al-Cu-Mg dengan filler SiC maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai densitas berbanding lurus dengan penambahan komposisi berat SiC. Semakin banyak komposisi berat SiC yang digunakan semakin tinggi nilai densitas yang didapatkan. Dengan material yang dibuat berbasis Aluminium ini menghasilkan material dengan sifat fisis yang ringan.
2. Nilai porositas berbanding terbalik dengan besar komposisi SiC. Oleh karena itu semakin tinggi komposisi berat SiC nilai porositas yang dihasilkan semakin kecil. Nilai porositas terkecil pada SiC 7 wt% dengan 30.70%.
3. Sifat mekanik yang didapatkan dari nilai kekerasan berbanding lurus dengan penambahan komposisi berat SiC. Semakin banyak komposisi berat SiC yang digunakan semakin tinggi nilai kekerasan yang didapatkan dari Hardness Vickers yaitu dengan nilai 30.4 HVN, 32.8 HVN, dan 38.6 HVN.
4. Penambahan variasi komposisi SiC mempengaruhi penurunan komposisi Al pada S1 S2 S3. Sehingga dapat mempengaruhi sifat termal yaitu meningkatkan nilai entalphy dan menurunkan titik melting ( $T_m$ ). Karena Al yang digunakan semakin menurun maka  $T_m$  yang didapatkan adalah  $616.8^{\circ}\text{C}$ ,  $570.5^{\circ}\text{C}$ , dan  $609.8^{\circ}\text{C}$ . Dengan nilai entalphy  $\Delta H$  meningkat yaitu  $-272.95 \text{ J/g}$ ,  $-234.60 \text{ J/g}$ , dan  $-205.99 \text{ J/g}$ .
5. Metode *metalurgi serbuk* dapat menghasilkan porositas yang sedikit dan proses *mixing* pada komposit Al-Cu-Mg/SiC menghasilkan campuran komposit terbaik dari *matriks* Al-Cu-Mg dan *filler* SiC. Pada pengujian SEM EDS bagian permukaan S1 S2 S3 teridentifikasi unsur partikel seperti Al, Cu, Mg dan SiC.

## **5.2 Saran**

Untuk penelitian metalurgi serbuk kedepannya, diharapkan menggunakan alat kompaksi dengan tekanan yang lebih tinggi. Supaya tidak menimbulkan porositas.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustianingsih, A. dkk. (2016). *Pengaruh Variasi Komposisi SiC dan Perlakuan Annealing Terhadap Nilai Densitas dan Porositas Pada Komposit Al-Cu-Mg/SiC Hasil Metode Stir Casting*.
- Ahmad, Z. (2003). *The properties and application of scandium-reinforced aluminium*. JOM.
- Anggara, B., & Riser, F. (2016). *KARAKTERISASI ALUMINIUM ALLOY Al-Cu-Mg DENGAN FILLER SiC DENGAN METODA STIR CASTING*. Jakarta: Universitas Negeri Jakarta.
- Balfas, dkk. (2016). *Pengaruh Milling Terhadap Karakteristik Nanopartikel Biomassa Rotan*. Jurnal Keteknikaan Pertanian, Vol. 4, No. 1, p 81-86.
- Kurniawan, I. (2014). *Struktur Mikro Dan Keausan Blok Rem Kereta Api Berbahan Al-SiC Berdasarkan Komposisi Material*. Jurnal INFOTEKMESIN, Volume 7.
- Mcdanels, D. L., & Hoffman, C. A. (1987). *Microstructure and Orientation Effect on Properties of Discontinous Silicon Carbide/ Alumunium Composite*. NASA TECHNICAL PAPER 2302 , 25.
- Muarief, dkk. (2015). *Sintesis Lapisan Tipis Komposit Ni-TiAlN Menggunakan Teknik Elektrodeposisi Pada Berbagai Substrat*. Skripsi
- Mulyanti, J. (2011). *Pengaruh Temperature Proses Aging Terhadap Karakteristik Material Komposit Logam Al-SiC Hasil Stircasting*. Jurnal Kompetensi Teknik.
- Onggo Djulia, H. F. (1999). *Penggunaan Differential Thermal Analysis (DTA) Pada Penentuan Aktivitas Dan Reaktivitas Katalis Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CO<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, NiO, CuO, dan LaMO<sub>3</sub> (M=Fe, Co, dan Ni) Untuk Oksidasi CO Menjadi CO<sub>2</sub>*. JMS, Vol. 4 No. 1, hal. 14.

- Onggo Holia, dkk. (2005). *Analisis Sifat Termal Komposit Polipropilen-Kenaf*. Prosiding Simposium Nasional Polimer Vol. 150-151.
- Parlindungan, A. (2016). *Analisis Kekerasan & Mikro Struktur Komposit Matriks Logam Al-Cu-Mg-Mn Dengan Reinforce SiC Melalui Proses Hot Press*.
- Rusianto, T. (2009). *Hot Pressing Metalurgi Serbuk Aluminium Dengan Variasi Suhu Pemanasan*. Jurnal Teknologi, Vol. 2 Nomor 1: 89 - 95.
- Sadi, dkk. (2014). *Analisis Pengaruh Kandungan SiC Temperatur Cairan, Kecepatan Putar Dan Durasi Waktu Pengadukan Pada Kekuatan Tarik Komposit Al-SiC*. Rotasi - Vol. 16, N0. 1 : 7 - 13.
- Sakti, K. (2009). *Pembuatan Komposit Metal Al Alloy Nano Keramik SiC Dan Karakterisasinya*. Tesis.
- Suryanarayana, C. (2001). *Mechanical Alloying and Milling*. New York: Plenum Press.
- Trihutomo, P. (2014). Pengaruh Proses Annealing Pada Hasil Pengelasan Terhadap Sifat Mekanik Baja Karbon Rendah. *Jurnal Teknik Mesin*.
- Utami, D. dkk. (2016). *Studi Pengaruh Perlakuan Annealing Terhadap Nilai Densitas Komposit Logam Al-Cu-Mg/SiC Hasil Stir Casting*.
- V, U. e. (2014). *Experimental evaluation of the influence of processing parameters on the mechanical properties of SiC particle reinforced AA6061 aluminium alloy matrix composite by powder processing*. Journal of Alloys and Compounds, 582 380-386.
- Wahyudin, I. (2010). *Pengaruh Perlakuan Panas Daerah Eutektik Terhadap Struktur Mikro Dan Sifat Mekanik Pada Paduan Aluminium 2024 Yang Terlelehkan*.

Zulfia A, M. A. (2006). *Pengaruh Suhu Pemanasan Dan Waktu Tahan Terhadap Karakterisasi Material Komposit Logam Al/SiC Hasil Infiltrasi Tanpa Tekanan*. Makara Teknologi, Vol. 10, No. 1 : 18 - 23.

# LAMPIRAN

## Lampiran 1. Alat dan Bahan Penelitian



Sampel 1  
Al-Cu-Mg/SiC 6 wt%



Sampel 2  
Al-Cu-Mg/SiC 6.5 wt%



Sampel 3  
Al-Cu-Mg/SiC 7 wt%



8000m/mixing



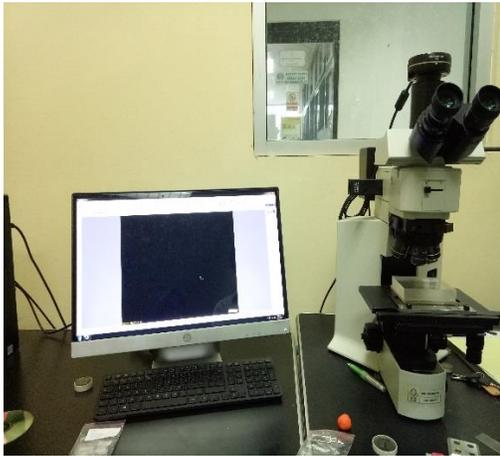
Serbuk komposit Al-Cu-Mg/SiC



XRD PANalytical



SEM-EDS Jeol JSM-6510LA



Alat HV-1000



Furnace



Oven



Kompaksi



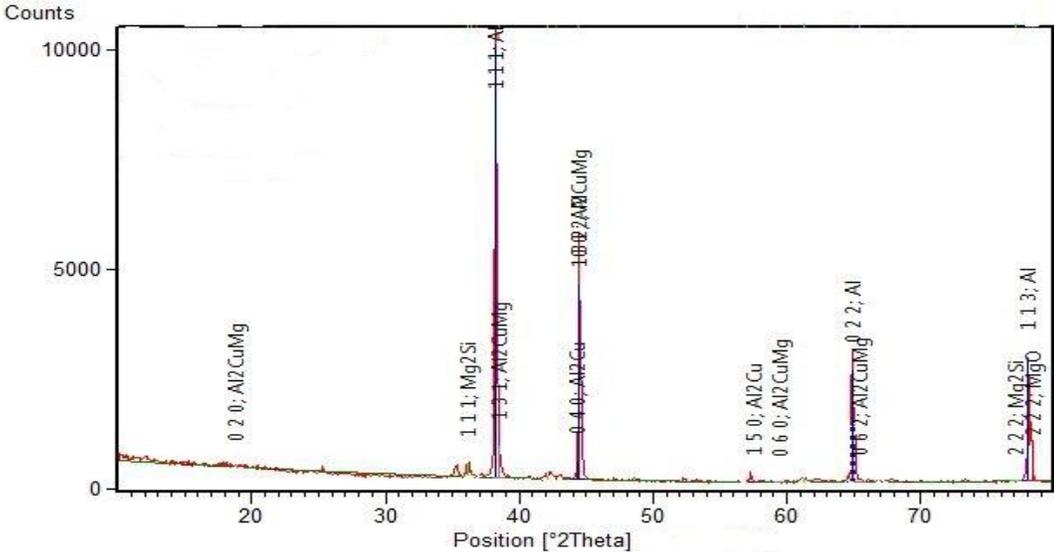
Neraca digital



Cetakan Molding

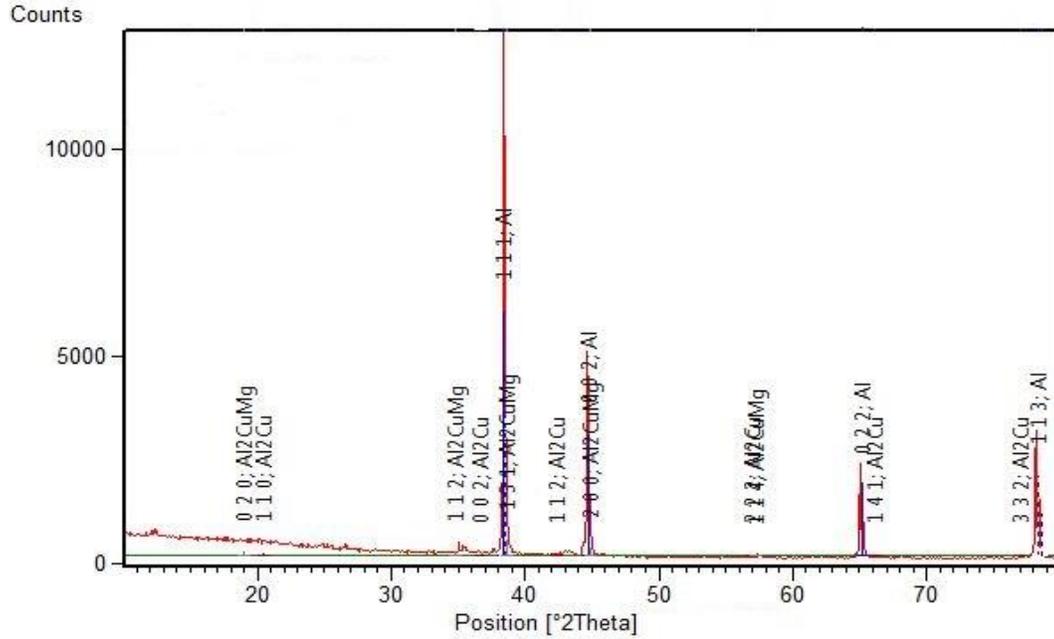
## Lampiran 2. Pengolahan XRD

### Data XRD Al-Cu-Mg/SiC S1



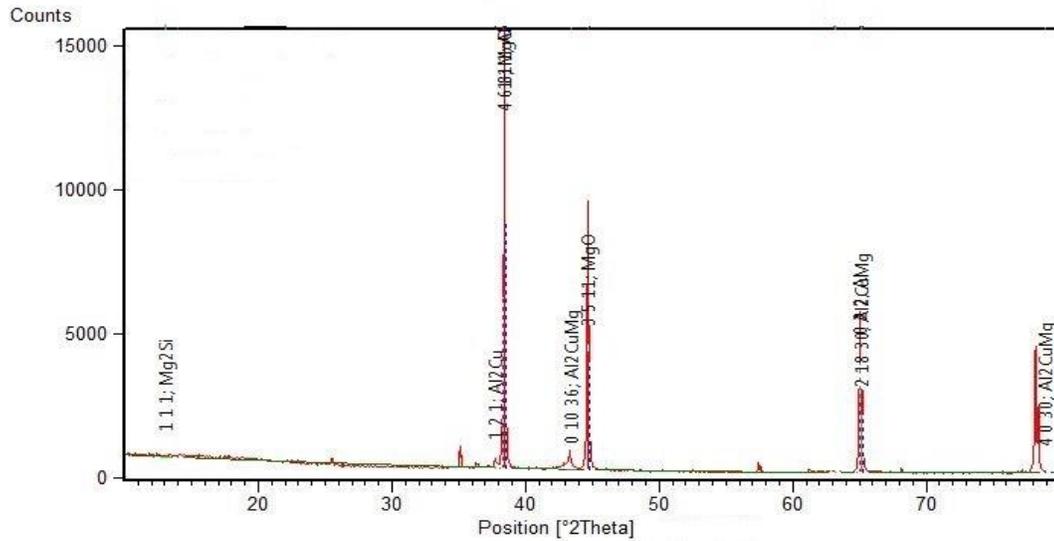
No.	Pos. [°2 $\theta$ .]	d-spacing [Å]	FWHM [°...]	h	k	l	Area calc.	Multiplicity	Assignment
1	15.1256	5.85278	0.1000	1	1	0	223.5945	8	Al <sub>2</sub> Cu
2	18.8202	4.71132	0.0623	0	2	0	152.9331	6	Al <sub>2</sub> CuMg
3	18.8681	4.71113	0.0623	0	2	0	76.0725	6	Al <sub>2</sub> CuMg
4	21.5796	4.11470	0.1000	0	2	0	66.1508	12	Al <sub>2</sub> Cu
5	36.1432	2.48319	0.2891	1	1	1	3449.5660	6	Mg <sub>2</sub> Si
6	36.3909	2.47299	0.0623	1	3	0	6.0890	12	Al <sub>2</sub> CuMg
7	36.7445	2.45000	1.2626	1	1	1	247.1720	24	MgO
8	38.2125	2.35335	0.1369	1	1	1	60119.3900	8	Al
9	38.4687	2.33826	0.0623	1	3	1	242.4220	2	Al <sub>2</sub> CuMg
10	42.1408	2.14793	0.2891	0	0	2	411.3697	2	Mg <sub>2</sub> Si
11	42.7379	2.11930	1.2626	0	0	2	2104.4890	4	MgO
12	44.3062	2.04278	0.1000	0	4	0	1.5883	8	Al <sub>2</sub> Cu
13	44.4514	2.03645	0.0623	1	3	2	87.1214	4	Al <sub>2</sub> CuMg
14	44.4671	2.03577	0.1369	0	0	2	28730.8500	4	Al
15	57.0074	1.61816	0.0623	1	1	4	4.4477	8	Al <sub>2</sub> CuMg
16	57.5630	1.59989	0.1000	1	5	0	2.8018	8	Al <sub>2</sub> Cu
17	59.4549	1.55341	0.0623	0	6	0	0.1782	2	Al <sub>2</sub> CuMg
18	61.2759	1.51530	0.2891	0	2	2	1054.6000	8	Mg <sub>2</sub> Si
19	64.7972	1.44122	0.1000	4	4	0	0.7631	8	Al <sub>2</sub> Cu
20	64.8655	1.43630	0.1369	0	2	2	17345.6800	4	Al
21	65.0476	1.43628	0.1369	0	2	2	8620.9410	4	Al
22	65.4309	1.42525	0.0623	0	6	2	17.9150	4	Al <sub>2</sub> CuMg
23	67.0623	1.39795	0.1000	3	5	0	0.8792	8	Al <sub>2</sub> Cu
24	69.0935	1.35836	0.1000	0	6	0	1.5725	8	Al <sub>2</sub> Cu
25	78.0155	1.22381	0.1369	1	1	3	19342.4200	8	Al
26	78.3499	1.21943	1.2626	2	2	2	372.1372	8	MgO
27	77.1118	1.23588	0.2901	2	2	2	15.3379	16	Mg <sub>2</sub> Si

## Data XRD Al-Cu-Mg/SiC S2



No.	Pos. [°2Th.]	d-spacing [Å]	FWHM [°...]	h	k	l	Area calc.	Multiplicity	Assignment
1	18.9256	4.68532	0.1000	0	2	0	473.9195	8	Al2CuMg
2	20.4700	4.33517	0.1000	1	1	0	209.2341	6	Al2Cu
3	34.8058	2.57549	0.1000	1	1	2	524.7850	6	Al2CuMg
4	36.6114	2.45251	0.1000	0	0	2	0.8320	24	Al2Cu
5	38.4093	2.34174	0.1000	1	1	1	29475.7700	24	Al
6	38.5091	2.34170	0.1000	1	1	1	14653.9200	24	Al
7	38.6618	2.32703	0.1000	1	3	1	747.3447	24	Al2CuMg
8	42.3950	2.13035	0.1000	1	1	2	162.8683	4	Al2Cu
9	44.6854	2.02632	0.1000	0	0	2	14250.2000	8	Al
10	44.9452	2.01521	0.1000	2	0	0	340.7678	8	Al2CuMg
11	56.9280	1.61622	0.1000	2	2	2	26.3824	4	Al2Cu
12	57.2129	1.60884	0.1000	1	1	4	27.3771	8	Al2CuMg
13	65.1504	1.43426	0.1000	3	3	0	0.0603	4	Al2Cu
14	65.1621	1.43047	0.1000	0	2	2	9015.2450	4	Al
15	66.0777	1.41285	0.1000	1	4	1	12.8479	8	Al2Cu
16	77.0674	1.23649	0.1000	3	3	2	40.1706	8	Al2Cu
17	78.3724	1.21913	0.1000	1	1	3	10426.3600	16	Al
18	78.3777	1.22209	0.1000	0	0	4	4.9752	16	Al2Cu
19	78.6056	1.21912	0.1000	1	1	3	5188.2160	8	Al

### Data XRD Al-Cu-Mg/SiC S3



No.	Pos. [°2Th.]	d-spacing [Å]	FWHM [°...]	h	k	l	Area calc.	Multiplicity	Assignment
1	13.0578	6.77457	0.1000	1	1	1	38.5606	24	Mg <sub>2</sub> Si
2	14.0198	6.32750	0.1000	0	0	4	72.3066	24	MgO
3	37.7691	2.37995	0.1000	1	2	1	268.3997	8	Al <sub>2</sub> Cu
4	37.7711	2.38574	0.1000	2	2	4	27.2758	4	Mg <sub>2</sub> Si
5	38.3379	2.35176	0.1000	3	5	9	0.9542	8	MgO
6	38.3997	2.34230	0.1089	1	1	1	71461.5200	8	Al
7	38.4118	2.34159	0.1000	4	6	8	35.1884	4	MgO
8	38.4991	2.34229	0.1089	1	1	1	35527.3600	4	Al
9	43.3734	2.08453	0.1000	0	10	36	0.5913	4	Al <sub>2</sub> CuMg
10	44.7141	2.02509	0.1000	3	5	11	1.0431	4	MgO
11	44.7663	2.02788	0.1089	0	0	2	17181.1600	8	Al
12	63.1571	1.47463	0.1000	2	12	12	0.3879	4	MgO
13	63.1883	1.47397	0.1000	2	6	49	0.1662	8	Al <sub>2</sub> CuMg
14	65.0275	1.43667	0.1000	3	3	0	0.1273	8	Al <sub>2</sub> Cu
15	65.0285	1.43309	0.1089	0	2	2	21897.3800	8	Al
16	65.0314	1.43659	0.1000	1	19	39	0.0089	8	Al <sub>2</sub> CuMg
17	65.0741	1.43575	0.1000	4	6	16	0.6112	8	MgO
18	65.1973	1.42979	0.1000	2	18	30	0.0933	8	Al <sub>2</sub> CuMg
19	65.2104	1.43308	0.1089	0	2	2	10883.1500	8	Al
20	78.8966	1.21234	0.1000	4	0	30	0.0555	8	Al <sub>2</sub> CuMg
21	78.8978	1.21534	0.1000	0	0	4	10.0537	8	Al <sub>2</sub> Cu

## Pengolahan Data XRD Al-Cu-Mg/SiC S1

### Parameter Kisi

$$a = d \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

No	2 $\theta$	d (Å)	FWHM	hkl	h <sup>2</sup> +k <sup>2</sup> +l <sup>2</sup>	a (Å)	a <sup>3</sup>
1	18.82	4.71	0.06	020	4	9.42	835.89
2	36.14	2.48	0.28	111	3	4.29	78.95
3	38.21	2.35	0.13	111	3	4.07	67.41
4	38.46	2.33	0.06	131	11	7.72	460.09
5	44.30	2.04	0.10	040	16	8.16	543.33
6	44.45	2.03	0.06	132	14	7.59	437.24
7	44.46	2.03	0.12	002	4	4.06	66.92
8	57.56	1.59	0.10	150	26	8.10	531.44
9	59.45	1.55	0.06	060	36	9.3	804.35
10	65.04	1.43	0.13	022	8	4.04	65.93
11	65.43	1.42	0.06	062	40	8.98	724.15
12	78.01	1.22	0.13	113	11	4.04	65.93
13	78.34	1.21	1.26	222	12	4.19	73.56
14	77.11	1.23	0.29	222	12	4.26	77.30

## Pengolahan Data XRD Al-Cu-Mg/SiC S2

### Parameter Kisi

$$a = d \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

No	2 $\theta$	d (Å)	FWHM	hkl	h <sup>2</sup> +k <sup>2</sup> +l <sup>2</sup>	a (Å)	a <sup>3</sup>
1	18.92	4.68	0.10	020	4	9.36	820.02
2	20.47	4.33	0.10	110	2	6.12	229.22
3	34.80	2.57	0.10	112	6	6.29	248.85
4	36.61	2.45	0.10	002	4	4.9	117.65
5	38.40	2.34	0.10	111	3	4.05	66.43
6	42.39	2.13	0.10	112	6	5.21	141.42
7	44.68	2.02	0.10	002	4	4.04	65.93
8	44.94	2.01	0.10	200	4	4.02	64.96
9	57.21	1.60	0.10	114	18	6.78	311.66
10	65.15	1.43	0.10	330	18	6.06	222.54
11	65.16	1.43	0.10	022	8	4.04	65.93
12	78.37	1.22	0.10	004	16	4.88	116.21
13	78.60	1.21	0.10	113	11	4.01	64.48

### Pengolahan Data XRD Al-Cu-Mg/SiC S3

#### Parameter Kisi

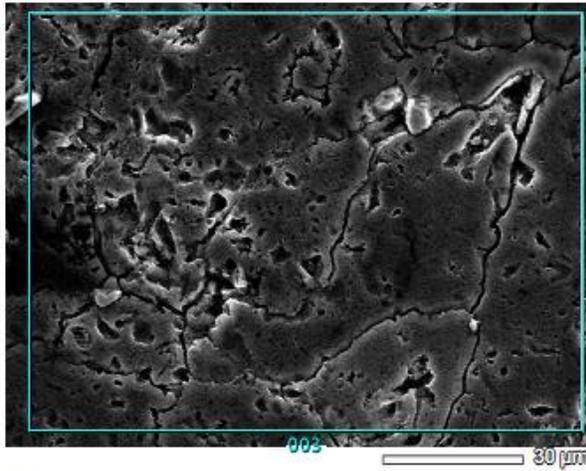
$$a = d \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

No	2 $\theta$	d (Å)	FWHM	hkl	h <sup>2</sup> +k <sup>2</sup> +l <sup>2</sup>	a (Å)	a <sup>3</sup>
1	13.05	6.77	0.10	111	3	11.72	1609.84
2	37.76	2.37	0.10	121	6	5.80	195.11
3	38.33	2.35	0.10	359	115	25.20	16003.01
4	43.37	2.08	0.10	0 10 36	1396	77.71	469278.57
5	44.71	2.02	0.10	3 5 11	155	25.15	15907.94
6	65.02	1.43	0.10	0 2 2	8	4.04	65.94
7	65.03	1.43	0.10	1 19 39	1883	62.05	238905.06
8	78.89	1.21	0.10	4 0 30	916	36.62	49108.31

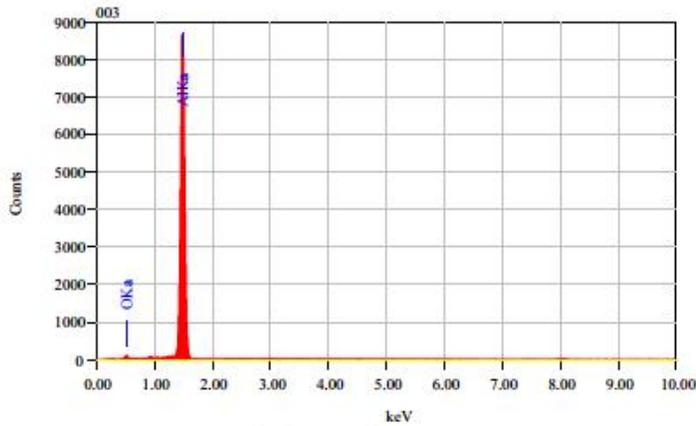
### Lampiran 3. Hasil SEM-EDS

SIC 6%-03

1/1



Title	: IMG1
Instrument	: 6510(LA)
Volt	: 20.00 kV
Mag.	: x 1,000
Date	: 2017/07/20
Pixel	: 512 x 384



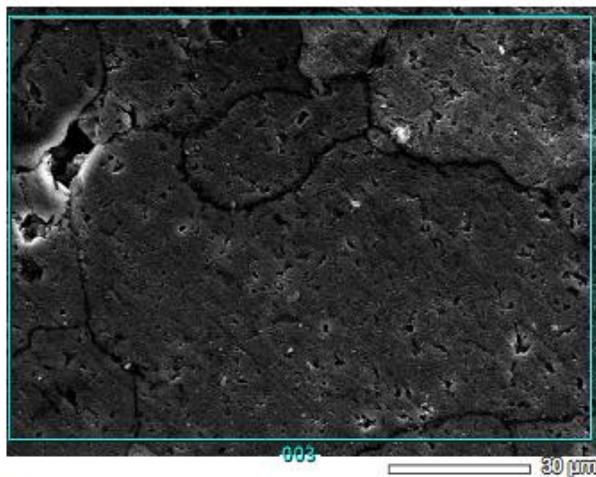
Acquisition Parameter	
Instrument	: 6510(LA)
Acc. Voltage	: 20.0 kV
Probe Current	: 1.00000 nA
PHA mode	: T4
Real Time	: 41.11 sec
Live Time	: 30.00 sec
Dead Time	: 26 %
Counting Rate	: 2998 cps
Energy Range	: 0 - 20 keV

ZAF Method Standardless Quantitative Analysis  
Fitting Coefficient : 0.2091

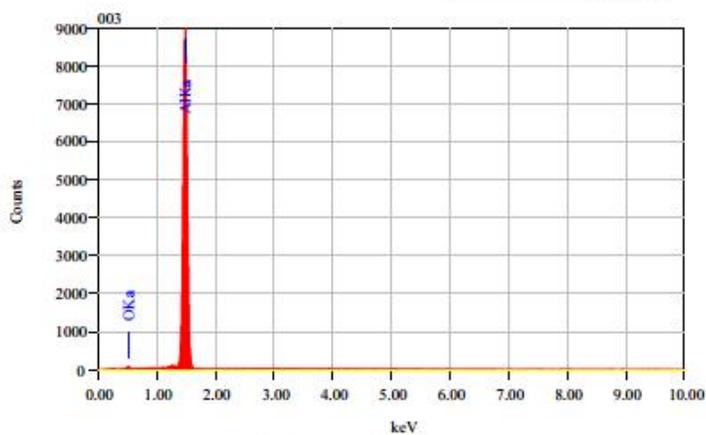
Element	(keV)	Mass%	Error%	Atom%	Compound	Mass%	Cation	K
O K	0.525	5.61	1.04	9.12				4.0368
Al K	1.486	94.39	0.36	90.88				95.9632
Total		100.00		100.00				

SIC6,5%-03

1/1



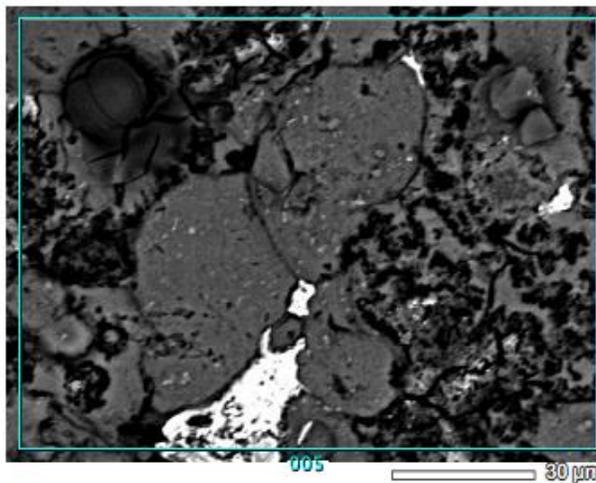
Title	: IMG1
Instrument	: 6510 (1A)
Volt	: 20.00 kV
Mag.	: x 1,000
Date	: 2017/07/20
Pixel	: 512 x 384



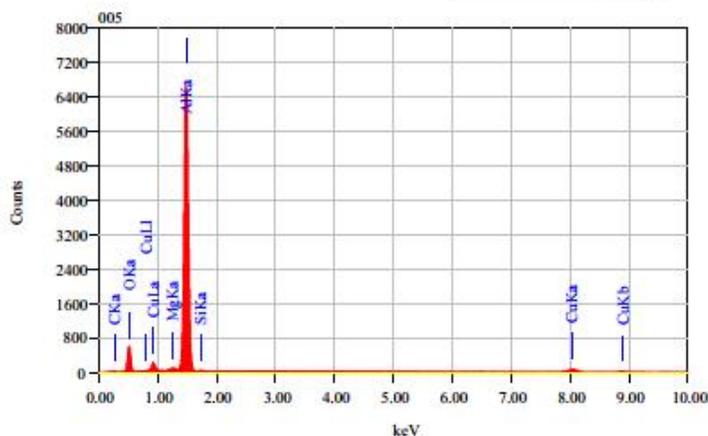
Acquisition Parameter	
Instrument	: 6510 (1A)
Acc. Voltage	: 20.0 kV
Probe Current	: 1.00000 nA
PHA mode	: T4
Real Time	: 41.18 sec
Live Time	: 30.00 sec
Dead Time	: 26 %
Counting Rate	: 3053 cps
Energy Range	: 0 - 20 keV

ZAF Method Standardless Quantitative Analysis  
Fitting Coefficient : 0.2149

Element	(keV)	Mass%	Error%	Atom%	Compound	Mass%	Cation	K
O K	0.525	4.02	1.16	6.60				2.8184
Al K	1.486	95.98	0.39	93.40				97.1816
Total		100.00		100.00				



Title	: IMG1
Instrument	: 6510(LA)
Volt	: 20.00 kV
Mag.	: x 1,000
Date	: 2017/07/28
Pixel	: 512 x 384



Acquisition Parameter

Instrument	: 6510(LA)
Acc. Voltage	: 20.0 kV
Probe Current	: 1.00000 nA
PHA mode	: T4
Real Time	: 40.23 sec
Live Time	: 30.00 sec
Dead Time	: 25 %
Counting Rate	: 2822 cps
Energy Range	: 0 - 20 keV

ZAF Method Standardless Quantitative Analysis  
Fitting Coefficient : 0.2454

Element	(keV)	Mass%	Error%	Atom%	Compound	Mass%	Cation	K
C K*	0.277	3.58	1.16	6.91				0.3679
O K	0.525	22.73	0.67	32.92				23.7105
Mg K*	1.253	0.64	0.34	0.61				0.5808
Al K	1.486	66.62	0.33	57.22				68.1807
Si K*								
Cu K	8.040	6.43	2.46	2.34				7.1601
Total		100.00		100.00				

## RIWAYAT HIDUP



Syafira Nur Fitriani lahir di Jakarta pada 03 Maret 1995, sebagai anak kedua dari pasangan Bapak Yadi dan Ibu Kasinem. Pada tahun 2001-2007 penulis menempuh pendidikan dasar di SDN Laranga 01, kemudian pada tahun 2007-2010 penulis melanjutkan pendidikan menengah pertama di SMP Yadika 5, dan pada tahun 2010-2013 menempuh pendidikan menengah atas di SMA Muhammadiyah 18 Jakarta. Penulis memulai perkuliahan pada tahun 2013 dan pada tahun 2015 penulis pernah menjadi asisten laboratorium pada praktikum Fisika Dasar I. Perkuliahan ditempuh dari tahun 2013 hingga lulus pada tahun 2017 dengan skripsi yang berjudul “Analisis Sifat Termal Pada Komposit Al-Cu-Mg/SiC Dengan Metode Metalurgi Serbuk”