

**ANALISIS KETAHANAN KOROSI PADA KOMPOSIT
Al-Cu-Mg/SiC DENGAN METODE METALURGI SERBUK**

Skripsi

**Diajukan Sebagai Salah Satu
Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Sains**



**Diajukan Oleh :
FRANSISKA PARSAULINA
3225130870**

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
2017**

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

**Analisis Ketahanan Korosi pada Komposit Al-Cu-Mg/Sic dengan
Metode Metalurgi Serbuk**

Diajukan oleh :

FRANSISKA PARSAULINA

3225130870

Diterima dan disetujui pada tanggal :

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Anggara Budi Susila, M.Si
NIP. 19601001 199203 1 001

Dr. Erfan Handoko, M.Si
NIP. 19730201 200312 1 002

Mengetahui,
Ketua Program Studi

Dr. Widyaningrum Indrasari, M.Si
NIP. 19770510 200604 2 001

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena telah memberikan karunia-Nya yang berlimpah sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi yang berjudul “**Analisis Ketahanan Korosi pada Komposit Al-Cu-Mg/Sic dengan Metode Metalurgi Serbuk**”. Penelitian yang ditulis dalam proposal ini tidak lepas dari pihak-pihak yang turut membantu baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar – besarnya kepada :

1. Bapak Dr. Anggara Budi Susila, M.Si selaku dosen pembimbing I, atas dengan tulus ikhlas dengan tiada henti memberikan pengarahan, inspirasi, dorongan, dan nasihat yang meningkatkan wawasan penelitian, dan bimbingannya sehingga penulis mampu menyelesaikan program skripsi ini.
2. Bapak Dr. Erfan Handoko, M.Si selaku dosen pembimbing II, atas atas bimbingannya yang tulus ikhlas dan tiada henti memberikan pengarahan dalam penelitian.
3. Ibu Dr.Widyaningrum Indrasari, M.Si selaku ketua program studi Fisika Universitas Negeri Jakarta.
4. Seluruh dosen Fisika Universitas Negeri Jakarta atas ilmu yang telah diberikan.
5. Seluruh staf dan karyawan laboratorium Fisika Universitas Negeri Jakarta.
6. Orang tua dan kedua adik saya, atas semangat, cinta, dan bantuan yang diberikan.
7. Ayusa, Inggit, Syafira, dan Topan atas semangat, dukungan, dan bantuannya.
8. Teman – teman Fisika 2013 atas kebersamaanya selama menjalani perkuliahan dan atas segala dukungannya.

Penulis berharap penelitian ini dapat bermanfaat khususnya bagi mahasiswa Jurusan Fisika Universitas Negeri Jakarta. Namun penulis menyadari akan keterbatasan, kelemahan dalam ilmu pengetahuan dan pengalaman, sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penulisan selanjutnya yang lebih baik.

Jakarta, Juli 2017

Fransiska Parsaulina

ABSTRAK

Komposit merupakan salah satu material yang terus dikembangkan, karena sifatnya yang kuat dan ringan. Proses pembuatan material dengan metoda metalurgi serbuk memiliki berbagai kelebihan diantaranya material komposit tercampur secara homogen. Pada penelitian ini dilakukan sintesis dan karakterisasi material komposit Al-Cu-Mg dengan variasi filler SiC, komposisi Cu yang digunakan sebanyak 4,4 wt%. Mg sebanyak 1,8 wt% dan variasi SiC yaitu 4,5 wt%, 5 wt%, dan 5,5 wt%. Serbuk Al, Cu, Mg, dan SiC di-mixing selama 30 menit, lalu dijadikan bentuk pelet dengan kompaksi menggunakan tekanan 6 ton pada suhu 325 °C heat treatment yang diberikan berupa sintering, annealing, dan aging. Hasil XRD menunjukkan terbentuknya fasa baru yaitu fasa Al₂Cu, dan fasa Al₂CuMg dan hasil korosi menunjukkan peningkatan nilai laju korosi sebanding dengan peningkatan komposisi SiC.

Kata-kata Kunci: *Komposit, Aluminium, SiC, Metalurgi, Serbuk.*

ABSTRACT

Composite is one of the materials that are constantly developed, because of its strong and lightweight. The process of making the material by powder metallurgy method has various advantages such as composite material mixed homogeneously. In this research, synthesis and characterization of Al-Cu-Mg composite material with SiC filler variation, Cu composition used was 4.4 wt%. Mg as much as 1.8 wt% and SiC variations are 4.5 wt%, 5 wt%, and 5.5 wt%. The powder of Al, Cu, Mg, and SiC mixed for 30 minutes, then used as pellet form with compaction using pressure of 6 tons at 325 °C. Heat treatment given in the form of sintering, annealing, and aging. The XRD results show the formation of new phase are Al₂Cu phase, and Al₂CuMg phase and corrosion result show an increase of corrosion rate value proportional to increasing SiC composition.

Keyword: *Composite, Aluminium, SiC, Corrosion, Powder.*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
KATA PENGANTAR	ii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Perumusan Masalah	3
1.4 Pembatasan Masalah	3
1.5 Tujuan Penelitian	3
1.6 Manfaat Penelitian	4
BAB II	5
KAJIAN PUSTAKA	5
2.1 Komposit	5
2.2 <i>Metal Matrix Composite</i>	6
2.3 Aluminium	7
2.4 Paduan Aluminium 2024	10
2.5 Tembaga	10
2.6 Magnesium	12
2.7 Silika karbida	13
2.8 Metalurgi Serbuk	14
2.9 Sintering	14
2.10 Perlakuan Panas (<i>Heat Treatment</i>)	15
2.11 Korosi	16
BAB III	17
METODE PENELITIAN	17
3.1 Tujuan Penelitian	17

3.2	Tempat dan Waktu Penelitian.....	17
3.3	Metode Penelitian	17
	Metode yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:	17
3.4	Prosedur Penelitian	17
3.5	Karakterisasi Al-Cu-Mg/SiC	18
3.6	Diagram Alir Penelitian	23
BAB IV	.....	24
HASIL DAN PEMBAHASAN	.....	24
4.1	Analisis Struktur Mikro dengan SEM-EDS.....	24
4.2	Analisis Nilai Kekerasan dengan Hardness Vickers.....	37
4.3	Analisis Struktur Fasa dengan XRD	40
4.4	Pengujian Densitas.....	46
4.5	Analisis Korosi Polarisasi	48
BAB V	.....	51
KESIMPULAN	.....	51
5.1	KESIMPULAN.....	51
5.2	SARAN	52
DAFTAR PUSTAKA	.....	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Jenis jenis komposit berdasarkan faktor penguatnya	6
Gambar 2. Diagram fasa Al-Cu	11
Gambar 3. Diagram fasa Al-Mg.....	13
Gambar 4.Scanning Electron Microscope (SEM).....	18
Gambar 5.X-Ray Diffraction (XRD)	19
Gambar 6. Alat Uji Kekerasan Vickers.....	20
Gambar 7. Struktur mikro sampel K1	24
Gambar 8. Area 005 pada sampel K1 dan grafik EDS area 005.....	25
Gambar 9. Area 004 pada sampel K1 dan grafik EDS area 004.....	26
Gambar 10. Area 002 pada sampel K1 dan grafik EDS area 002.....	27
Gambar 11. Area 001 pada sampel K1 dan grafik EDS area 001	27
Gambar 12. Struktur mikro sampel K2	28
Gambar 13. Area 004 pada sampel K2 dan grafik EDS area 004.....	29
Gambar 14. Area 003 pada sampel K2 dan grafik EDS area 003.....	30
Gambar 15. Area 001 pada sampel K2 dan grafik EDS area 001	31
Gambar 16. Area 002 pada sampel K2 dan grafik EDS area 002.....	32
Gambar 17. Struktur mikro sampel K3	33
Gambar 18. Area 005 pada sampel K3 dan grafik EDS area 005.....	33
Gambar 19. Area 004 pada sampel K3 dan grafik EDS area 004.....	34
Gambar 20. Area 001 pada sampel K3 dan grafik EDS area 004.....	35
Gambar 21. Jejak Uji Kekerasan Vickers	37
Gambar 22. Grafik kekerasan ketiga komposit pada 5 titik.....	38
Gambar 23. Nilai rata-rata kekerasan ketiga komposit.....	38
Gambar 24. Grafik pola difraksi sinar-X untuk sampel K1	40
Gambar 25. Grafik pola difraksi sinar-X untuk sampel K2.....	41
Gambar 26. Grafik pola difraksi sinar-X untuk sampel K3	43
Gambar 27. Grafik pengaruh komposisi SiC terhadap densitas komposit	46
Gambar 28. Kurva polarisasi komposit K1	48
Gambar 29. Kurva polarisasi komposit K2.....	48
Gambar 30. Kurva polarisasi komposit K3.....	49
Gambar 31. Grafik pengaruh komposisi SiC terhadap laju korosi	50

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Tabel kode penamaan aluminium	8
Tabel 2. Sifat Fisis Aluminium	9
Tabel 3. Sifat Mekanik & Sifat Panas Aluminium	9
Tabel 4. sifat-sifat yang dimiliki paduan Al 2024	10
Tabel 5. Sifat fisis dan mekanik tembaga	11
Tabel 6. Sifat fisis dan mekanik magnesium	12
Tabel 7. Kode Penamaan Komposit	24
Tabel 8. Kandungan unsur area 005 pada sampel K1	25
Tabel 9. Kandungan unsur area 004 pada sampel K1	26
Tabel 10. Kandungan unsur area 002 pada sampel K1	27
Tabel 11. Unsur yang terkandung pada area 001 di sampel K1	28
Tabel 12. Unsur yang terkandung pada area 004 di sampel K2	29
Tabel 13. Unsur yang terkandung pada area 003 di sampel K2	30
Tabel 14. Unsur yang terkandung pada area 001 di sampel K2	31
Tabel 15. Unsur yang terkandung pada area 002 di sampel K2	32
Tabel 16. Unsur yang terkandung pada area 005 di sampel K3	34
Tabel 17. Unsur yang terkandung pada area 004 di sampel K3	35
Tabel 18. Area 001 pada sampel K3 dan grafik EDS area 004	36
Tabel 19. Data hasil identifikasi fasa XRD sampel K1	41
Tabel 20. Data hasil identifikasi fasa XRD sampel K2	42
Tabel 21. Data hasil identifikasi fasa XRD sampel K3	44
Tabel 22. Kandungan Fasa yang terbentuk pada tiap sampel	44
Tabel 23. Data hasil pengujian densitas	46
Tabel 24. Nilai Laju korosi pada ketiga sampel	49

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Aluminium merupakan logam non-ferrous yang paling banyak digunakan di dunia, dengan pemakaian tahunan sekitar 24 juta ton. Aluminium mempunyai sifat yang unik, yaitu: ringan, dan tahan terhadap korosi pada lingkungan luas termasuk udara, air (termasuk air garam), petrokimia, dan beberapa sistem kimia (Zulaina, 2010). Penelitian terkait pemanfaatan aluminium terus dikembangkan, dilihat dari kelebihan aluminium yang ringan dan tahan terhadap korosi, namun aluminium termasuk jenis logam lunak, dan memiliki titik leleh yang cukup rendah yaitu $660,4^{\circ}\text{C}$ (Callister & Davide, 2009). Sehingga penelitian terkait aluminium terus dikembangkan dengan memadukan aluminium dengan material lain untuk menghasilkan suatu bahan yang kuat dan memiliki titik leleh yang tinggi.

Untuk menghasilkan aluminium yang kuat dan tahan terhadap suhu yang tinggi, maka aluminium dipadukan dengan beberapa material lain yang memiliki sifat dan karakterisasi yang diinginkan. Kombinasi/Paduan dua atau lebih material yang memiliki hubungan antarmuka antara material penyusunnya sehingga diperoleh sifat material yang baru disebut juga dengan komposit. Komposit dapat dikelompokkan menurut jenis material matrik komposit, yaitu : komposit matrik logam, komposit matrik polimer, komposit matrik keramik (Swasono, 2010).

Komposit aluminium masuk kedalam kelompok komposit logam. Komposit aluminium banyak digunakan pada bidang peralatan listrik, bidang transportasi, pengemasan barang, konstruksi, dan industri otomotif. Umumnya penelitian terkait komposit aluminium diteliti untuk mendapatkan komposit aluminium dengan performa yang baik untuk bidang *aerospace* (David & Charles, 1984). Secara umum terdapat dua metode fabrikasi untuk memproduksi komposit matriks logam. Fabrikasi fase padat seperti *bonding* difusi, ekstrusi, metalurgi serbuk, dan lain-lain. Sedangkan rekayasa fase cair seperti filtrasi logam cair, *squeeze casting*, *compocasting*, dan semprot dekomposisi. Aglomerasi atau

penggumpalan partikel merupakan isu penting yang mempengaruhi kualitas produksi. Metode cair untuk fabrikasi komposit matriks logam seperti aluminium memiliki beberapa kelemahan yaitu mahal, dan sulit untuk dikontrol. Teknik bubuk metalurgi seperti paduan mekanik adalah cara alternatif untuk sintesis komposit matriks logam. Teknik ini mampu mencapai distribusi partikel yang homogen juga tersebar di dalam matriks logam (Suryanarayana, 2001).

Komposit matriks logam dengan menggunakan aluminium sebagai matriks 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).

Unsur utama dalam paduan 2024 adalah Silikon (Si) 0,5%, Tembaga (Cu) 3,8%-4,9%, Mangan (Mn) 0,3-0,9%, Magnesium (Mg) 1,2-1,8%, Kromium (Cr) 0,1%, Seng (Zn) 0,25%, Titanium (Ti) 0,15%. (Anggara & Riser, 2016). Pada penelitian ini akan dilakukan sintesis dan karakterisasi Al 2024 dengan matriks Al-Cu – Mg dengan menggunakan SiC sebagai *filler* (penguat) dengan menggunakan metode pemaduan mekanik (*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)

Sintesis komposit akan dibuat dengan komposisi Cu 4.4 wt.%, Mg 1.8 wt.%, Al yang disesuaikan, dan variasi SiC, dengan persentase silikon karbida sebanyak 4.5 wt.%, 5 wt.%, dan 5.5 wt.%. Perbandingan variasi silikon karbida ini dilakukan untuk mengetahui persentase silikon karbida terbaik yang dibutuhkan untuk menghasilkan komposit aluminium dengan performa yang terbaik dengan metode metalurgi serbuk. Sintesis komposit akan dilakukan dengan metode metalurgi serbuk, sampel akan di mixing selama 1 jam dengan menggunakan 8000M *mixer/mill* dengan kecepatan putar 1080 putaran per menit, kemudian sampel di kompaksi, diberikan *heat treatment*, lalu dilakukan pengujian terhadap setiap sampel.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan dari latar belakang tersebut dapat di identifikasikan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh SiC pada sifat mekanik komposit Al-Cu-Mg/SiC?
2. Bagaimana pengaruh SiC pada sifat ketahanan korosi komposit Al-Cu-Mg/SiC?
3. Bagaimana struktur mikro dan fasa apa saja yang terbentuk pada komposit Al-Cu-Mg/SiC?
4. Apa pengaruh metode metalurgi serbuk pada komposit Al-Cu-Mg/SiC ?

1.3 Perumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah, permasalahan yang akan dikaji dalam pembuatan komposit matrik logam yang merupakan komposit dari Al, Cu, dan Mg, dengan variasi *filler* SiC diantaranya adalah fasa yang terbentuk dari paduan komposit material, struktur mikro, korosi, densitas, dan sifat mekanik yang meliputi pengujian kekerasan (*hardness*).

1.4 Pembatasan Masalah

Permasalahan pada penelitian ini dibatasi pada variasi SiC dengan metode Metalurgi serbuk ketika sintesis komposit Al-Cu-Mg/SiC. Pegujian yang dilakukan pada material komposit adalah dengan menguji kekerasan sampel, uji densitas material, pengujian korosi, pengujian XRD (*X-Ray Diffraction*) untuk melihat fasa yang terbentuk, dan pengujian struktur mikro dengan SEM (*Scanning Electron Microscope*).

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Merencanakan material yang ringan, kuat, dan tahan terhadap korosi.
2. Mengetahui pengaruh metode metalurgi serbuk pada pembentukan komposit Al-Cu-Mg/SiC.
3. Menganalisis pengaruh dari variasi SiC terhadap fasa yang terbentuk, struktur mikro, kekerasan, dan ketahanan bahan terhadap korosi.

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini ialah memberikan pengertian dan pengembangan ilmu dari komposit Aluminium terkait sifat mekanik dan ketahanan terhadap korosi, agar penelitian mengenai komposit aluminium selanjutnya dapat lebih dan terus dikembangkan.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Komposit

Komposit didefinisikan sebagai kombinasi dari dua atau lebih material yang menghasilkan material baru dengan sifat yang lebih dibandingkan material pembentuknya. Material komposit dibentuk oleh matriks dan penguat atau pengisi (*filler*). Penguat/pengisi (*filler*) memberikan kekuatan dan kekakuan. Umumnya, penguat lebih keras, lebih kuat, dan kaku dari matriks. (Autar, 2006)

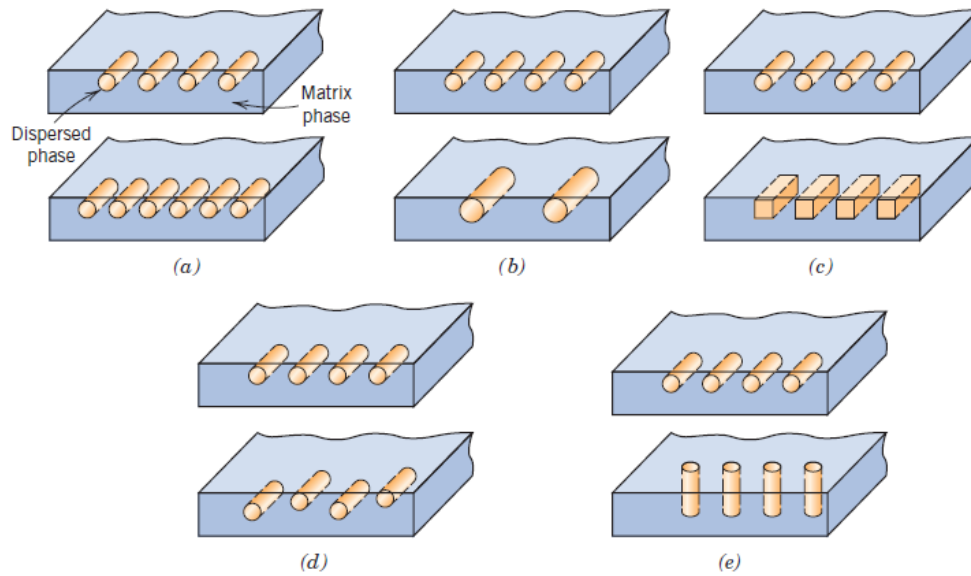
Penguat (*filler*) adalah komponen yang dimasukkan ke dalam matriks yang berfungsi sebagai penerima atau penahan beban utama yang dialami oleh matriks. Sedangkan matriks adalah bagian dari komposit yang mengelilingi partikel penyusun komposit, yang berfungsi sebagai bahan pengikat partikel dan ikut membentuk struktur fisik komposit. Matriks tersebut bergabung bersama dengan bahan penyusun lainnya, oleh karena itu secara tidak langsung mempengaruhi sifat-sifat fisis dari komposit yang dihasilkan (Arnold dkk, 1992).

Terdapat lima faktor penguat yang mempengaruhi sifat dari material komposit yaitu konsentrasi, ukuran, bentuk, distribusi, dan orientasi. Meskipun komposit dengan penguat diskontinu tidak menghasilkan sifat yang sama dan cenderung lebih rendah, akan tetapi biaya lebih murah, metode pembuatannya lebih mudah dan dapat diterapkan pada metode pembuatan yang konvensional. (Callister & Davide, 2009)

Material komposit mempunyai beberapa keuntungan diantaranya :

1. Bobotnya ringan
2. Mempunyai kekuatan dan kekakuan yang baik
3. Biaya produksi murah
4. Tahan korosi

Berikut merupakan gambaran dari lima faktor penguat :



Gambar 1. Jenis jenis komposit berdasarkan faktor penguatnya
 (a) konsentrasi, (b) ukuran, (c) bentuk, (d) distribusi, (e) orientasi (Callister & Davide, 2009)

Bentuk (dimensi) dan struktur penyusun komposit akan mempengaruhi karakteristik komposit, begitu pula jika terjadi interaksi antara penyusun akan meningkatkan sifat dari komposit. Material komposit terdiri dari lebih dari satu tipe material dan dirancang untuk mendapatkan kombinasi karakteristik terbaik dari setiap komponen penyusunnya. Material komposit lebih memiliki banyak keunggulan dibanding dengan material konvensional, diantaranya memiliki kekuatan yang dapat diatur, berat yang lebih ringan, kekuatan dan ketahanan yang lebih tinggi, tahan korosi, dan tahan keausan. (Smallman & Bishop, 2000)

2.2 *Metal Matrix Composite*

Metal matrix composite adalah teknik memadukan logam (matriks) dan filler yang berupa keramik untuk menghasilkan material dengan sifat yang baru (Ede, S, dkk, 2015). *Metal matrix composite* memiliki kelebihan meningkatkan kekuatan, meningkatkan densitas seperti aluminium dan titanium, juga meningkatkan ketahanan terhadap suhu tinggi. (Callister & Davide, 2009)

Aplikasi *metal matrix composite* :

1. Udara : Pesawat ruang angkasa menggunakan tabung boron/aluminium pada bingkai pesawat, tiang teleskop hubble menggunakan aluminium yang diperkuat karbon
2. Militer : komponen presisi rudal yang biasanya terbuat dari komposit aluminium dengan penguat SiC.
3. Transportasi : digunakan pada mesin otomotif, karna kekuatannya yang tinggi dan massanya yang rendah, *metal matrix composite* juga digunakan pada mesin turbin gas. (Autar, 2006)

2.3 Aluminium

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 seperti *corundum*, *gibbsite*, *boehmite*, *diaspore*, dan lain-lain. Sulit menemukan aluminium murni di alam karena aluminium merupakan logam yang cukup reaktif. (Zulaina, 2010)

Al dan paduan Al telah tumbuh menjadi industri besar secara signifikan Karena kombinasi yang baik dari sifat mekanik, dan sifat fisik di atas paduan dasar. Sifat-sifat ini termasuk Kekuatan , keausan tinggi dan kekakuan yang baik, ketahanan suhu yang tinggi, koefisien ekspansi termal yang baik dan kapasitas redaman ditingkatkan. Sifat ini diperoleh Melalui penambahan unsur paduan perlakuan panas (Baghel, A, dkk, 2013)

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). Penggunaan aluminium yang paling terkenal adalah sebagai bahan pembuat pesawat terbang, yang memanfaatkan sifat ringan dan kuatnya.

Aluminium memiliki aplikasi luas dalam domain yang berbeda, seperti transportasi, dekorasi rumah, bangunan dan konstruksi. Tidak ada logam lain yang dapat digunakan dalam banyak hal seperti aluminium. Aluminium juga merupakan konduktor panas dan elektrik yang baik. Jika dibandingkan dengan massanya, aluminium memiliki keunggulan dibandingkan dengan tembaga, yang saat ini merupakan logam konduktor panas dan listrik yang cukup baik, namun cukup berat.

Paduan aluminium diidentifikasi berdasarkan tata namanya. Untuk paduan aluminium tanpa digunakan sistem 4 digit kode angka. Seperti yang ditunjukkan pada table 1, angka pertama menunjukkan jenis unsur paduan utama dan dominan yang terkandung didalam paduan aluminium tersebut. Aluminium dengan kode angka 1xxx merupakan aluminium murni dengan kandungan aluminium mencapai 99 %. Sementara aluminium dengan kode angka 2xxx, 3xxx, dan seterusnya merupakan paduan aluminium dengan menggunakan unsur paduan spesifik tertentu. (Sigit, 2012)

Tabel 1. Tabel kode penamaan aluminium

Kode Paduan aluminium	Komposisi
1xxx	Aluminium murni
2xxx	Al-Cu
3xxx	Al-Mn
4xxx	Al-Si
5xxx	Al-Mg
6xxx	Al-Mg-Si
7xxx	Al-Zn
8xxx	Al-Sn
9xxx	Belum digunakan

Aluminium 99% tanpa tambahan logam paduan apapun dan dicetak dalam keadaan biasa, hanya memiliki kekuatan tensile sebesar 3500 VHN, terlalu lunak untuk penggunaan yang luas sehingga seringkali aluminium dipadukan dengan

logam lain. Berikut merupakan tabel yang menampilkan sifat fisis, sifat mekanik, dan sifat panas pada aluminium.

Tabel 2. Sifat Fisis Aluminium

Sifat Fisis	Satuan	Nilai
Massa Jenis	g/cm^3	2,7
Nomor Atom	-	13
Berat Atom	g/mol	26,67
Warna	-	Putih Keperakan
Struktur Kristal	-	FCC
Titik Lebur	$^{\circ}\text{C}$	660,4
Titik Didih	$^{\circ}\text{C}$	2467
Jari-jari Atom	nm	0,143
Jari-jari Ionik	nm	0,053
Nomor Valensi	-	3

Tabel 3. Sifat Mekanik & Sifat Panas Aluminium

Sifat Mekanik	Satuan	Nilai
Modulus Elastisitas	Gpa	72
Poisson's Ratio	-	0,35
Kekerasan	BHN	65
Kekuatan Luluh	MPa	450
Ketangguhan	Mpa m	4,5
Sifat Panas		
Konduktivitas Panas	$\text{W/m}^{\circ}\text{K}$	237

2.4 Paduan Aluminium 2024

Paduan aluminium digunakan dalam aplikasi maju karena kombinasi kekuatannya yang tinggi, kepadatan rendah, daya tahan, machinability, ketersediaan dan biayanya juga sangat menarik dibandingkan dengan bahan lain (Girisha & Sharma, 2012)

Paduan aluminium 2024 adalah material paduan Al-Cu-Mg pertama yang mempunyai *yield strength* yang mendekati 50.000 psi (344,74 GPa). Paduan Aluminium dengan bahan dasar Al-Cu-Mg (seri 2xxx) banyak digunakan dalam aplikasi struktural seperti sektor penerbangan. Paduan Al-2024 dapat diberikan perlakuan panas (*heat treatment*) untuk memperoleh kekuatan yang tinggi dan untuk mempertahankan kelenturan dan kekerasan yang sangat baik (Wahyudin, 2010). Al-2024 juga memiliki ketahanan fatigue, korosi, dan pemuaihan yang baik. Unsur utama dalam paduan 2024 adalah Silikon (Si) 0,5%, Tembaga (Cu) 3,8%-4,9%, Mangan (Mn) 0,3-0,9%, Magnesium (Mg) 1,2-1,8%, Kromium (Cr) 0,1%, Seng (Zn) 0,25%, Titanium (Ti) 0,15% (Anggara & Riser, 2016). Berikut adalah sifat-sifat yang dimiliki paduan Al 2024.

Tabel 4. sifat-sifat yang dimiliki paduan Al 2024

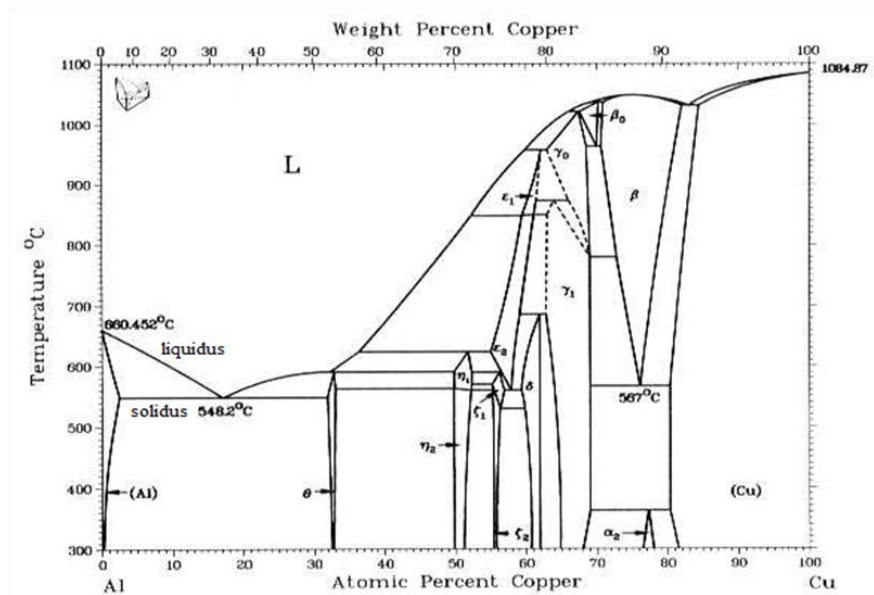
Sifat	Nilai
Densitas	2.77 g/cm ³
Modulus elastisitas	73.1 Gpa
<i>Tensile Strength</i>	469 MPa
Hardness Brinell	120 HBN

2.5 Tembaga

Tembaga mempunyai sifat mudah ditempa dan merupakan konduktor panas dan listrik yang baik kedua setelah perak. Tembaga merupakan unsur yang relatif tidak reaktif sehingga tahan terhadap korosi tetapi apabila teroksidasi, tembaga menjadi besi lemah. Tembaga murni sifatnya halus dan lunak, dengan permukaan berwarna jingga kemerahan.

Tabel 5. Sifat fisis dan mekanik tembaga

Sifat	Nilai
Densitas	8.92 g/cm ³
Berat Atom	63.546 g/mol
Struktur Kristal	FCC
Titik Lebur	1084°C
Titik Didih	2562°C
Nilai Kekerasan	369 MPa
Yield Strength	66 MPa



Gambar 2. Diagram fasa Al-Cu

Efek penambahan tembaga yaitu pada kekuatan dan kekerasan paduan aluminium, baik yang diberikan perlakuan panas maupun tidak. Perlakuan panas akan meningkatkan machinability paduan juga meningkatkan kekerasan matriks (Rana, R, dkk, 2012)

2.6 Magnesium

Unsur Mg di dalam paduan aluminium memperbaiki kekuatan dan keuletan dengan mekanisme *solid-solution strengthening* dan *work hardening*. Berdasarkan diagram fasa Al – Mg, Magnesium dapat terlarut dalam aluminium hingga 17.4 % seperti yang terlihat pada Gambar 3. Diagram fasa Al – Mg. Namun pada aplikasinya, Magnesium ditambahkan hanya hingga 5.5%. Magnesium juga memperbaiki sifat *machinability* dari paduan aluminium. Magnesium dapat memperbaiki ketahanan terhadap korosi dan mampu las. (Rana, R, dkk, 2012)

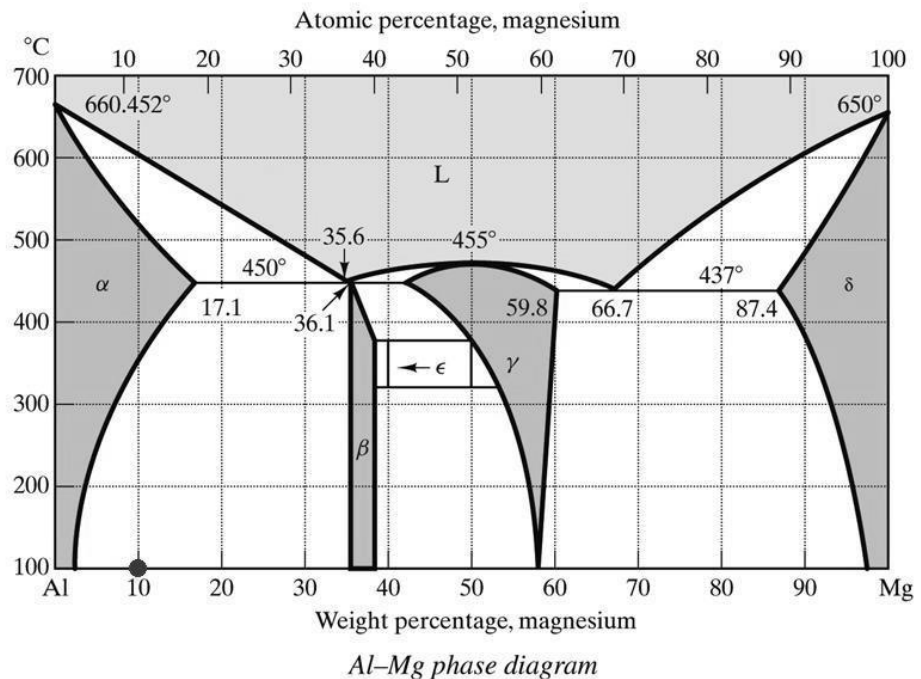
Magnesium di dalam material komposit digunakan sebagai *wetting agent* (pembasah) penguat terhadap matriksnya. Kemampuan suatu penguat terhadap matriks berfungsi sebagai pembentuk ikatan kimia yang kuat pada antar muka antara matriks dan penguat. Perilaku kemampuan pembasahan dapat diketahui dengan menghitung sudut kontak dan energi permukaannya. Magnesium berfungsi untuk meningkatkan kekuatan ikatan adhesi diantara unsur-unsur pembentuk komposit. Berikut dipaparkan sifat mekanis magnesium.

Tabel 6. Sifat fisis dan mekanik magnesium

Sifat	Nilai
Densitas	1.738 g/cm ³
Berat atom	24.305 g/mol
Struktur kristal	HCP
Titik lebur	650°C
Nilai kekerasan	260 BHN
Yield strength	45 Mpa

Magnesium merupakan surfaktan yang baik. Penambahan magnesium pada komposit aluminium silikon berpenguat SiC akan meningkatkan kemampuan pembasahan SiC terhadap paduan aluminium silikon dikarenakan magnesium memiliki tegangan permukaan lebih rendah (0.599 N/m) dibandingkan aluminium (0.760 N/m) atau Al – 12 Si (0.817 N/m). Penurunan tegangan permukaan sangat signifikan terlihat dari penambahan 1 wt.% Mg yaitu

dari 860 menjadi 650 dyn/cm. Sementara penambahan 3 wt.% Mg akan menurunkan tegangan permukaan dari 0.760 menjadi 0.620 N/m (Sigit, 2012).



Gambar 3. Diagram fasa Al-Mg

2.7 Silika karbida

Silika karbida (SiC) adalah salah satu jenis bahan silikon yang termasuk dalam jenis non logam dan non mineral. Karena kekerasan yang tinggi serta konduktivitas termalnya yang baik, SiC biasanya dimanfaatkan untuk bahan *abrasive*, komponen otomotif, penerbangan, dan bidang pertahanan. Dalam pembuatan komposit bermatriks aluminium, silika karbida (SiC) merupakan jenis penguat diskontinu untuk komposit bermatrik logam yang paling umum digunakan.

Keuntungan menggunakan SiC sebagai partikel penguat adalah efektif untuk meningkatkan kekuatan, kekakuan, konduktivitas termal, ketahanan aus, ketahanan leleh, koefisien ekspansi termalnya rendah sehingga lebih tahan terhadap kejutan suhu dan tahan pada suhu tinggi. Silikon karbida juga memiliki kekerasan dan modulus elastisitas yang tinggi, yang mampu meningkatkan sifat mekanis pada aplikasi material komposit. Sifat-sifat SiC yang paling istimewa,

antara lain: daya hantar panas tinggi, tahan pada temperatur tinggi, nilai kekerasan tinggi, tahan kejutan termal dan tahan terhadap korosi serta tidak mudah melebur pada berbagai kondisi tekanan, dan relatif lebih tahan terhadap bahan kimia (Sigit, 2012).

2.8 Metalurgi Serbuk

Dua hal penting dalam metalurgi serbuk adalah kompaksi dan sintering. Kompaksi atau *pressing* biasanya digunakan pada pencampuran/pemaduan serbuk, pada temperatur normal maupun temperatur tinggi dengan tekanan yang besar (Avner, 1974). Salah satu metode pencampuran serbuk adalah pemaduan mekanik (*mechanical alloying*)

Pemaduan mekanik (*mechanical alloying*) adalah teknik pengolahan serbuk untuk menghasilkan bahan baru yang homogen melalui proses pemaduan *milling*. proses pemaduan ini dilakukan untuk menghasilkan paduan dengan sifat dan karakteristik yang di butuhkan (Suryanarayana, 2001). Paduan mekanik aluminium mengandung *disperse* karbida atau oksida, yang selain menghasilkan penguat *disperse* juga menstabilkan struktur berbutir halus. Keuntungan yang diperoleh dari paduan ini timbul karena partikel terdispersi memberikan kekuatan kepada material sehingga desain komposisi matriks paduan terutama ditujukan untuk menghasilkan ketahanan korosi dan ketangguhan, bukan kekuatan saja. (smallman & Bishop, 2000)

2.9 Sintering

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.

Serbuk yang belum disintering memiliki energi permukaan yang tinggi, sintering menyebabkan pergerakan atom yang mengeliminasi energi permukaan.

Energi permukaan per unit volume berbanding terbalik dengan diameter partikel. Sehingga partikel yang kecil memiliki energi yang lebih tinggi dan memerlukan waktu sintering lebih sedikit dibanding partikel berukuran besar (Sakti, 2009).

2.10 Perlakuan Panas (*Heat Treatment*)

Perlakuan panas adalah proses pemanasan dan pendinginan untuk mencapai sifat fisik dan mekanik yang diinginkan melalui modifikasi struktur kristal dari material. Suhu, lamanya waktu, dan laju pendinginan setelah perlakuan panas akan mengubah sifat material. beberapa perubahan yang terjadi akibat perlakuan panas ialah, meningkatkan kekuatan, kekerasan, ketangguhan, daktilitas dan ketahanan korosi (Baghel, 2013)

Pada proses perlakuan panas material penguat (*filler*) akan mengisi bagian bagian kosong pada matriks sehingga *filler* berperan sebagai penghambat dislokasi dan memperkuat material, proses presipitasi-penguatan melibatkan tiga langkah dasar, yaitu *annealing*, *quenching*, dan *aging*. secara umum perlakuan aging secara signifikan dapat meningkatkan sifat dari beberapa paduan aluminium dan komposit. terutama paduan seri 2xxx dan 6xxx. Namun, beberapa perbedaan yang diamati dalam literatur, karena beberapa penulis menyatakan bahwa penambahan partikel dispersi (*filler*) mempercepat *aging*. (Martin, 2011)

a. Annealing

Merupakan proses perlakuan panas yang ditujukan untuk melunakkan dan menaikkan kembali keuletan benda kerja agar dapat dideformasi lebih lanjut. Pada dasarnya proses *Annealing* dan *Stress relief Annealing* itu mempunyai kesamaan yakni bahwa kedua proses tersebut dilakukan masih dibawah garis A1 (temperature kritis A1) sehingga pada dasarnya yang terjadi hanyalah rekristalisasi saja.

b. Quenching

sistem pendinginan material secara cepat dengan cara penyemprotan air pada pencelupan serta perendaman produk yang masih panas kedalam media air atau oli.

c. 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, 2010)

2.11 Korosi

Korosi adalah kehancuran atau kerusakan material karena reaksi dengan lingkungannya. Korosi pada logam juga dapat diartikan sebagai reaksi kebalikan dari pemurnian logam. Korosi ini sendiri bisa mengakibatkan menurunnya kualitas dari baja tersebut sehingga mengakibatkan baja tersebut menjadi cepat lemah dan rusak (Afandi, Arief, & Amiadji, 2015). Selain itu korosi juga dapat diartikan sebagai penurunan mutu logam yang disebabkan oleh reaksi elektrokimia antara logam dengan lingkungan sekitarnya.

Korosi dapat terjadi apabila terdapat empat elemen di bawah ini :

a. Anoda

Terjadi reaksi oksidasi, maka daerah tersebut akan timbul korosi

b. Katoda

Terjadi reaksi reduksi, daerah tersebut mengkonsumsi elektron

c. Ada hubungan (*Metallic Pathaway*)

Tempat arus mengalir dari katoda ke anoda

d. Larutan (*electrolyte*)

Larutan korosif yang dapat mengalirkan arus listrik, mengandung ion-ion.

Agar korosi dapat terjadi, keempat elemen tersebut harus ada. Jika salah satu dari keempat elemen itu tidak ada, maka korosi tidak akan terjadi.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan material yang ringan, kuat, dan tahan terhadap korosi dengan melakukan sintesis komposit aluminium dengan matriks Al-Cu-Mg dan *filler* SiC, dengan variasi SiC. Kemudian akan dilakukan karakterisasi untuk mengetahui fasa yang terbentuk, densitas, bentuk morfologi komposit, kekerasan, dan ketahanan terhadap korosi.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan sejak Maret 2017 hingga Mei 2017 di Laboratorium Material Fisika Universitas Negeri Jakarta.

3.3 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

Metode Eksperimen

- a. Membuat paduan Aluminium Al-2024 dengan paduan berikut dengan menggunakan metode metalurgi serbuk :
 1. Al sebanyak 88,3 wt%, 88,8 wt% dan 89,3 wt%
 2. Cu sebanyak 4,4 wt%
 3. Mg sebanyak 1,8 wt%
 4. SiC sebanyak 4,5 wt% ; 5 wt% dan 5,5 wt%
- b. Memberikan perlakuan *Heat treatment* pada suhu 480°C selama 2 jam

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

1. Timbangan digital dengan nst 0,001 gram
2. Vial
3. *Ball Mil*
4. 8000M *mixer/mill*

5. *Furnace*
6. Gelas Ukur
7. Alat Kompaksi

3.4.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

1. Serbuk aluminium
2. Serbuk tembaga
3. Serbuk magnesium
4. Serbuk silikon karbida

3.5 Karakterisasi Al-Cu-Mg/SiC

3.5.1 Scanning Electron Microscope (SEM)



Gambar 4. Scanning Electron Microscope (SEM)

Prinsip kerja dari SEM adalah sebagai berikut:

1. Sebuah pistol elektron memproduksi sinar elektron dan dipercepat dengan anoda.
2. Lensa magnetik memfokuskan elektron menuju ke sampel.

3. Sinar elektron yang terfokus memindai (*scan*) keseluruhan sampel dengan diarahkan oleh koil pemindai.
4. Ketika elektron mengenai sampel maka sampel akan mengeluarkan elektron baru yang akan diterima oleh detektor dan dikirim ke monitor (CRT).

Beberapa alat SEM dilengkapi dengan EDS. EDS dihasilkan dari Sinar X karakteristik, yaitu dengan menembakkan sinar X pada posisi yang ingin kita ketahui komposisinya. Maka setelah ditembakkan pada posisi yang diinginkan maka akan muncul puncak – puncak tertentu yang mewakili suatu unsur yang terkandung. Dengan EDS kita juga bisa membuat *elemental mapping* (pemetaan elemen) dengan memberikan warna berbeda – beda dari masing – masing elemen di permukaan bahan. EDS bisa digunakan untuk menganalisa secara kuantitatif dari persentase masing – masing elemen.

3.5.2 X-Ray Diffraction (XRD)



Gambar 5.X-Ray Diffraction (XRD)

Prinsip kerja XRD ialah sebagai berikut, Komponen utama XRD yaitu terdiri dari tabung katoda (tempat terbentuknya sinar-X), sampel holder dan detektor. Setiap XRD memiliki komponen lain berupa *cooler* yang digunakan untuk mendinginkan, karena ketika proses pembentukan sinar-X dikeluarkan energi yang tinggi dan menghasilkan panas. Kemudian seperangkat komputer dan CPU.

XRD memberikan data-data difraksi dan kuantisasi intensitas difraksi pada sudut-sudut dari suatu bahan. Data yang diperoleh dari XRD berupa intensitas difraksi sinar-X yang terdifraksi dan sudut-sudut 2θ . Tiap pola yang muncul pada

pola XRD mewakili satu bidang kristal yang memiliki orientasi tertentu. (Widyawati, 2012)

Suatu kristal yang dikenai oleh sinar-X tersebut berupa material (sampel), sehingga intensitas sinar yang ditransmisikan akan lebih rendah dari intensitas sinar datang (Grant, 2002). Dapat dijelaskan dengan persamaan Bragg, yaitu :

$$n\lambda = 2d \sin \theta$$

Dimana :

n = Orde difraksi

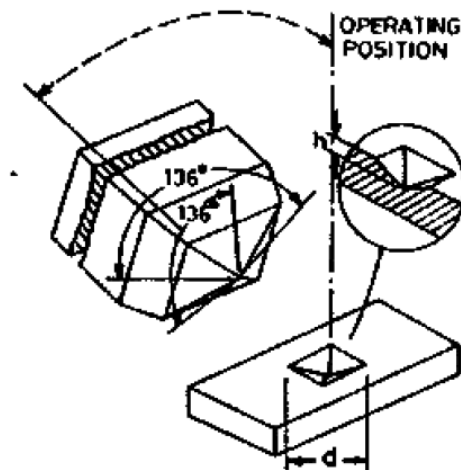
λ = Panjang gelombang sinar-x

d = Jarak antar kisi kristal

θ = Sudut sinar datang

Setelah proses XRD akan dihasilkan grafik, grafik yang di hasilkan merupakan grafik 2θ terhadap intensitas, dimana θ adalah sudut di tembakannya sinar x dan intensitas merupakan besarnya intensitas sinar x yang di deteksi oleh detektor, grafik hasil keluaran XRD ini dapat di analisis menggunakan software Highscore, Match, dll.

3.5.3 Uji Kekerasan



Gambar 6. Alat Uji Kekerasan Vickers

Kekerasan didefinisikan sebagai ketahanan suatu bahan dari berbagai macam perubahan bentuk permanen dan penetrasi oleh bahan lebih keras. (Aydemir & dkk, 2011). Salah satu alat uji kekerasan ialah uji vickers menggunakan indentor sebuah piramida. Untuk setiap tes berlian indentor memiliki piramida geometri sangat kecil yang ditekan ke permukaan beban specimen. Masa penekan yang digunakan berkisar antara 1 hingga 1000 g, dan diamati di bawah mikroskop lalu diukur, hasil pengukuran ini kemudian diubah menjadi angka kekerasan. Preparasi sampel harus dilakukan dengan sangat hati-hati *grinding* dan *polishing* mungkin diperlukan untuk memastikan lekukan yang jelas. Uji vickers dinyatakan dengan HVN.

$$HVN = \frac{1,854 \times P}{d^2}$$

3.5.4 Uji Densitas

Pengujian densitas dan porositas dilakukan dengan menggunakan standar ASTM C 20- 749 yang mengacu pada hukum Archimedes. Tahapan pengujian densitas dan porositas adalah dimulai dengan menyiapkan sampel yang akan diuji, timbangan, *beaker glass* 100 ml, benang dan aquadest. Kemudian menimbang berat kering sampel terlebih dahulu dan hasilnya dicatat. Lalu sampel digantung dengan benang dan dicelupkan kedalam air sampai seluruh permukaan tercelup dalam air, dan ditimbang berat sampel dalam air. mencatat berat sampel dalam air kemudian menghitung berat sampel dengan rumus berikut:

$$\rho_m = \frac{m_s}{m_s - m_g} \times \rho_{H_2O}$$

Dimana ρ_m adalah densitas aktual (gram/cm³), m_s adalah massa sampel kering (gram), m_g adalah massa sampel yang digantung di dalam air (gram), dan ρ_{H_2O} adalah massa jenis air yaitu 1 gram/cm³.

Pengujian porositas dilakukan dengan menghitung densitas teoritisnya terlebih dahulu dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\rho_{th} = \rho_{Al} \cdot V_{Al} + \rho_{Cu} \cdot V_{Cu} + \rho_{Mg} \cdot V_{Mg} + \rho_{SiC} \cdot V_{SiC}$$

Dimana ρ_{th} adalah densitas teoritis (gram/cm³), ρ_{Al} adalah densitas Al (gram/cm³), ρ_{Cu} adalah densitas Cu (gram/cm³), ρ_{Mg} adalah densitas Mg

(gram/cm³), ρ_{SiC} adalah densitas SiC (gram/cm³), V_{Al} adalah fraksi massa Al (gram), V_{Cu} adalah fraksi massa Cu (gram), V_{Mg} adalah fraksi massa Mg (gram), adalah V_{SiC} adalah fraksi massa SiC (gram).

Sehingga nilai porositas bisa dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$P = \frac{D_{teoritis} - D_{Faktual}}{D_{teoritis}} \times 100\%$$

Dimana P adalah porositas (%), D teoritis adalah densitas teoritis (gram/cm³), dan D aktual adalah densitas aktual (gram/cm³) (Muarief, 2015).

3.5.5 Uji Korosi

Korosi adalah kehancuran atau kerusakan material karena reaksi dengan lingkungannya. Korosi pada logam juga dapat diartikan sebagai reaksi kebalikan dari pemurnian logam. Korosi ini sendiri bisa mengakibatkan menurunnya kualitas dari baja tersebut sehingga mengakibatkan baja tersebut menjadi cepat lemah dan rusak. (Afandi, Arief, & Amiadji, 2015)

Laju korosi adalah kecepatan rambatan atau kecepatan penurunan kualitas bahan terhadap waktu. Dalam perhitungan laju korosi, satuan yang biasa digunakan adalah mm/th (standar internasional) atau mill/year (mpy, standar British). Tingkat ketahanan suatu material terhadap korosi umumnya memiliki nilai laju korosi antara 1 – 200 mpy. Untuk mengetahui laju korosi suatu material umumnya menggunakan metode kehilangan massa (*mass loss*). Perhitungan laju korosi atas dasar kehilangan massa logam selama pengujian dirumuskan seperti pada persamaan dibawah ini :

$$CR = \frac{K \times W}{A \times t \times D}$$

Keterangan :

CR = laju korosi (mpy)

K = Konstanta laju korosi ($3,45 \cdot 10^6$)

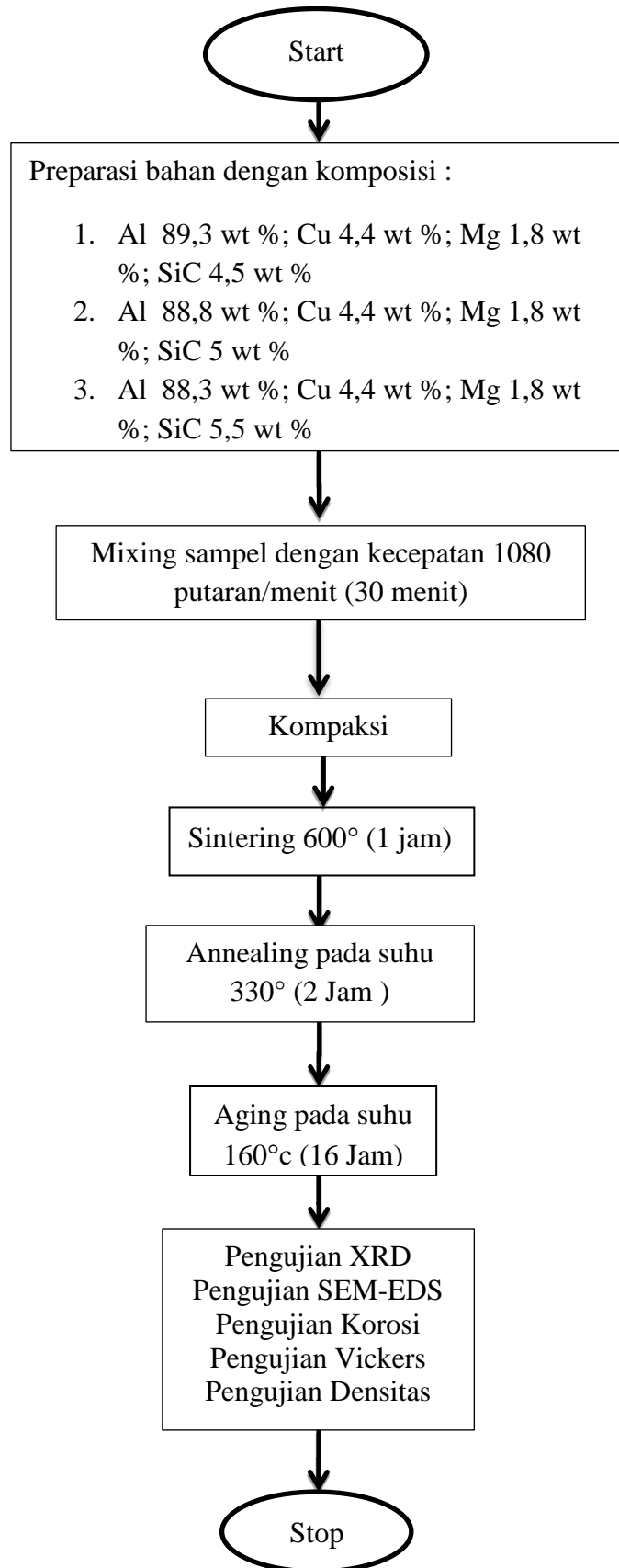
W = massa yang hilang (g)

A = luas permukaan spesimen (cm²)

t = waktu perendaman (jam)

D = densitas specimen (g/ cm³)

3.6 Diagram Alir Penelitian



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

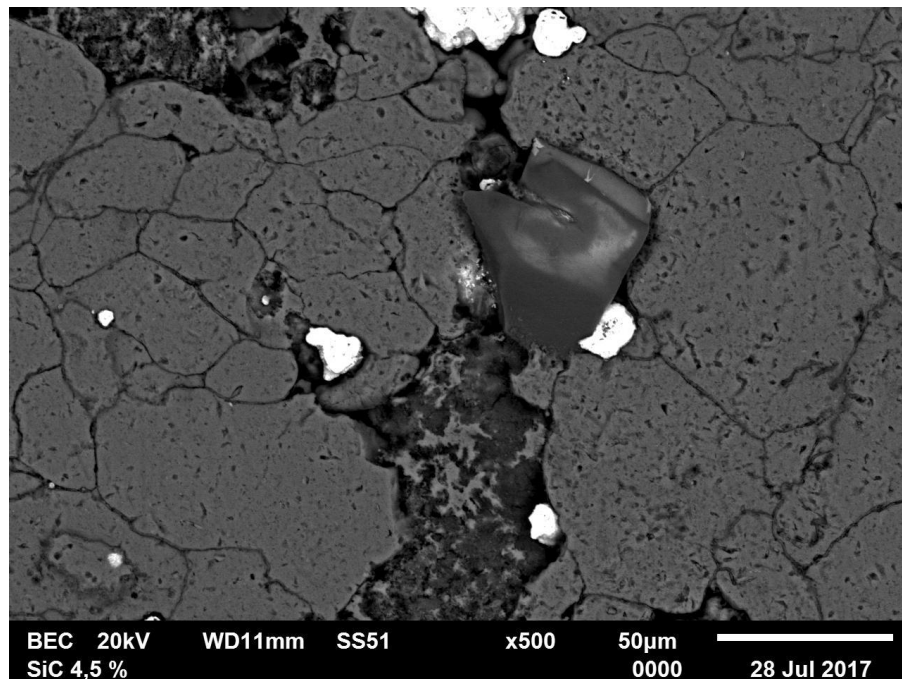
4.1 Analisis Struktur Mikro dengan SEM-EDS

Dalam penelitian ini terdapat sampel – sampel yang diteliti diberi kode penamaan berdasarkan kepada kandungan SiC, yaitu :

Tabel 7. Kode Penamaan Komposit

Kode Penamaan	Kandungan SiC
K1	4,5 wt% SiC
K2	5 wt% SiC
K3	5,5 wt% SiC

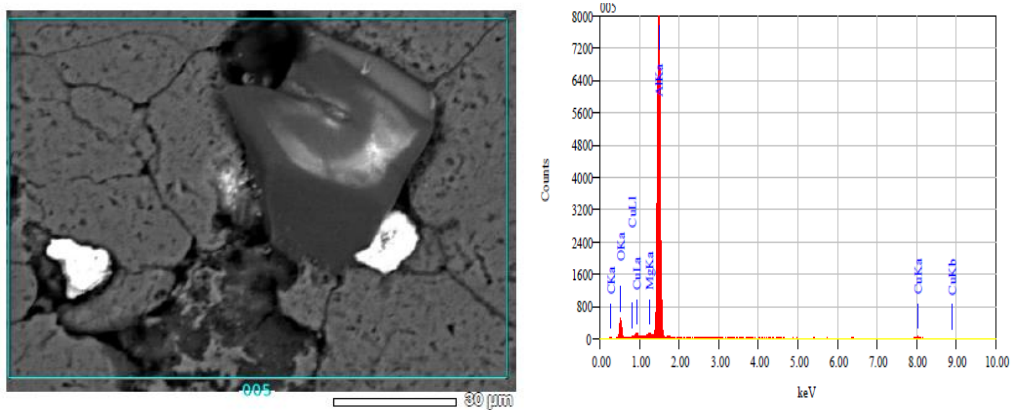
Setelah sampel komposit Al-Cu-Mg/SiC selesai di preparasi dilakukan pengujian Analisis Struktur Mikro dengan SEM (Scanning Electron Microscope) dari hasil pengamatan struktur mikro menggunakan SEM-EDS JEOL JSM-6510LA dengan perbesaran 500x pada ketiga sampel, didapatkan data berupa gambar dibawah ini.



Gambar 7. Struktur mikro sampel K1

Dari gambar 7 terlihat struktur mikro sampel K1 dengan kandungan 4,5% SiC dapat dilihat kondisi matriks memiliki batas butir yang terlihat dengan jelas dan cukup besar namun, terlihat juga banyak porositas yang terbentuk pada sampel K1, banyaknya porositas yang terbentuk disebabkan oleh kecilnya tekanan kompaksi yaitu 6 ton selama 10 menit. Banyaknya porositas yang terbentuk ini pun mempengaruhi angka kekerasan bahan, dapat diprediksi sampel K1 memiliki angka kekerasan yang kecil.

Dilakukan pula pengujian dengan menggunakan EDS dilakukan untuk mengetahui unsur – unsur yang terdapat pada sampel yang dibuat, berikut merupakan hasil EDS sampel K1.

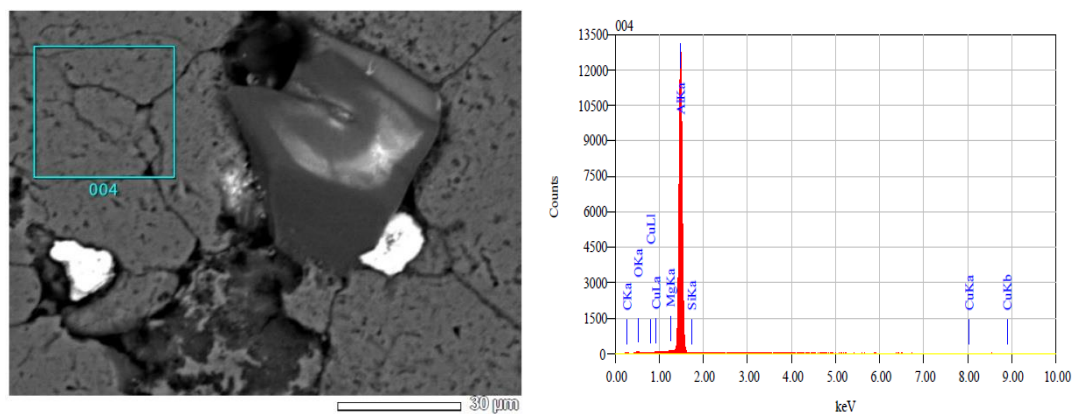


Gambar 8. Area 005 pada sampel K1 dan grafik EDS area 005

Tabel 8. Kandungan unsur area 005 pada sampel K1

Unsur	Massa (wt%)
C	5,91
O	19,08
Mg	0,83
Al	73,81
Si	0,37

Gambar 8 dan tabel 8 menjelaskan bahwa pada area 5 di sampel K1 terdapat beberapa unsur yaitu Al, Cu, Mg, C, dan O. Pada penelitian ini unsur Al, Cu, Mg adalah unsur yang digunakan sebagai pembentuk komposit material pada sampel K1 namun terdapat juga unsur O dan C yang merupakan pengotor pada sampel ini, oksigen yang terdapat pada sampel ini dimungkinkan disebabkan oleh banyaknya porositas yang terbentuk pada sampel K1, sehingga terdapat oksigen didalamnya. Dilakukan pula penembakan EDS di area lain pada sampel K1



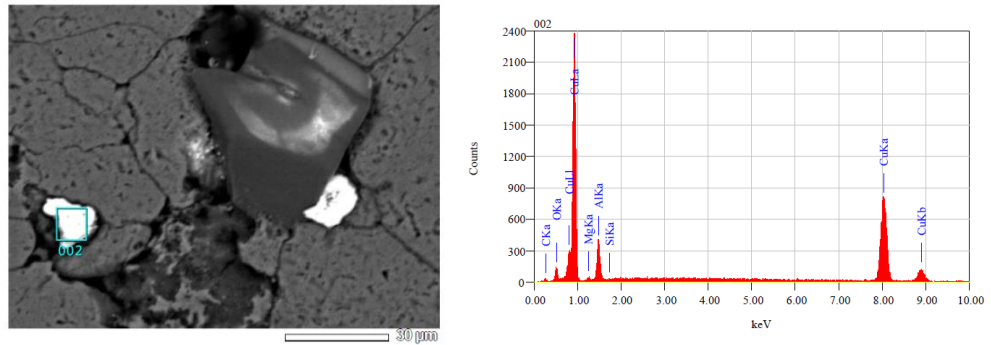
Gambar 9. Area 004 pada sampel K1 dan grafik EDS area 004

Tabel 9. Kandungan unsur area 004 pada sampel K1

Unsur	Massa (wt%)
C	4,17
O	3,23
Mg	0,58
Al	91,90
Cu	0,12

pada area 004 yang merupakan matriks terdapat unsur-unsur Al, Cu, Mg, C, dan O di dalamnya. Dimana Al, Cu, Mg, C adalah unsur yang dipilih sebagai pembentuk komposit ini, O yang terbentuk kemungkinan besar disebabkan oleh banyaknya porositas yang terdapat pada sampel K1.

Terdapat 2 gumpalan yang terlihat pada sampel K1 berikut merupakan hasil EDS pada gumpalan yang terlihat terang.

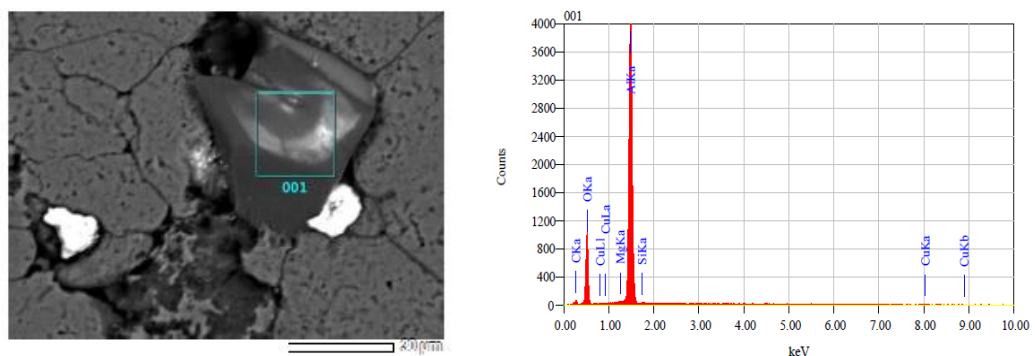


Gambar 10. Area 002 pada sampel K1 dan grafik EDS area 002

Tabel 10. Kandungan unsur area 002 pada sampel K1

Unsur	Massa (wt%)
C	2,66
O	4,40
Mg	0,99
Al	9,57
Si	0,08
Cu	82,30

Gambar 10 dan tabel 10 merupakan hasil EDS pada sampel K1. Area 002 pada sampel K1 terlihat seperti gumpalan terang, yang ternyata saat ditembak menggunakan EDS terdeteksi bahwa gumpalan terang yang terbentuk merupakan mayoritas unsur Cu. Dilakukan pula penembakan pada gumpalan gelap yang terdapat pada sampel K1

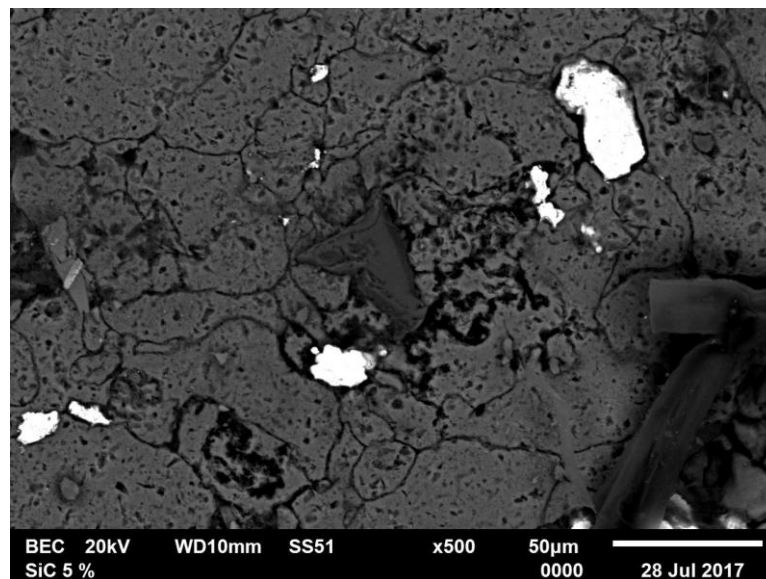


Gambar 11. Area 001 pada sampel K1 dan grafik EDS area 001

Tabel 11. Unsur yang terkandung pada area 001 di sampel K1

Unsur	Massa (wt%)
C	8,31
O	43,28
Mg	0,31
Al	47,85
Cu	0,24

Pada area 001 merupakan gumpalan gelap yang setelah ditembak dengan EDS dapat diketahui merupakan mayoritas dari unsur Al dan Oksigen akibat dari porositas. Berikutnya merupakan hasil SEM-EDS dari sampel K2 dengan kandungan 5 wt% SiC

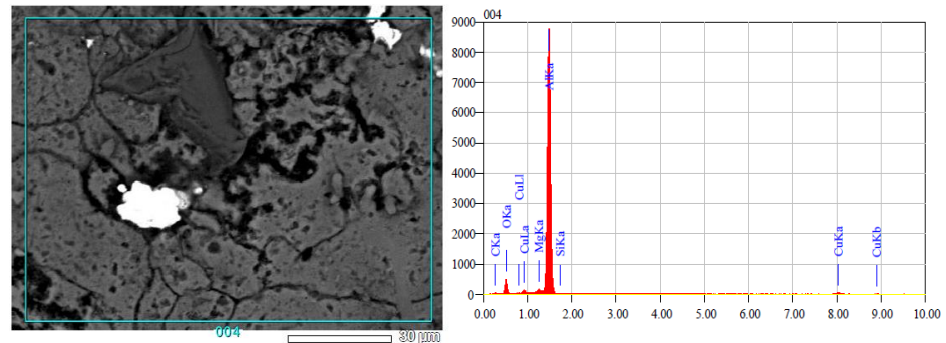


Gambar 12. Struktur mikro sampel K2

Pada gambar 12 terlihat struktur mikro sampel K2 yang memiliki batas butir yang terlihat jelas antar matriks dan fasa matriks yang cukup besar,. Namun pada sampel tetap terlihat banyaknya porositas yang memang disebabkan karna

kecilnya tekanan yang digunakan saat kompaksi yaitu hanya 6 ton, sehingga nilai kekerasan pada sampel ini juga diprediksi. memiliki nilai yang rendah. Berikut merupakan hasil EDS dari sampel K2.

Dan kandungan unsur yang terdapat di area 004 pada sampel K2 dijelaskan melalui tabel dibawah ini



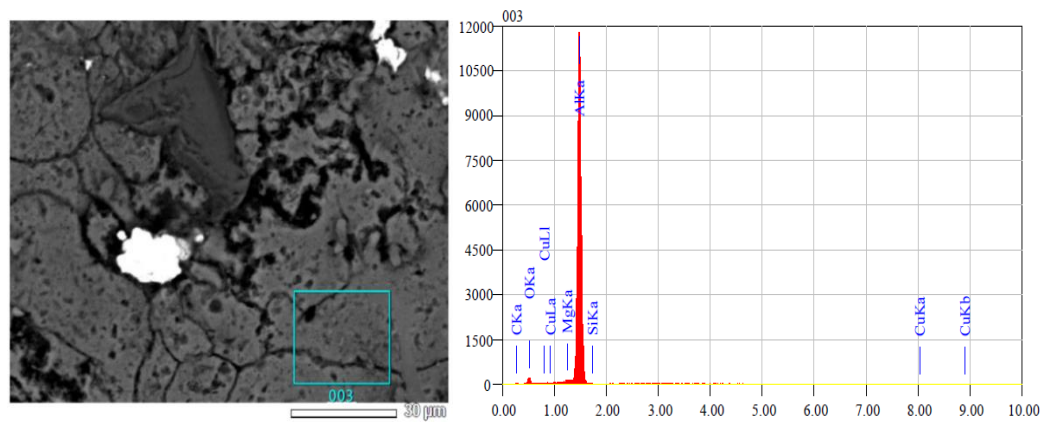
Gambar 13. Area 004 pada sampel K2 dan grafik EDS area 004

Tabel 12. Unsur yang terkandung pada area 004 di sampel K2

Unsur	Massa (wt%)
C	4,54
O	18,36
Mg	0,94
Al	72,96
Cu	3,19

Gambar diatas menjelaskan mikrostruktur dari sampel K2, dan table diatas menjelaskan kandungan unsur yang terdapat pada area 004 di sampel K2 yang di dominasi oleh unsur Al 72,96 % namun juga mengandung banyak oksigen yaitu sebesar 18,36 %, kemudian C sebanyak 4,54 %, Cu sebanyak 3,19 % dan Mg sebanyak 0,94 %.

Dilakukan pula penembakan di titik lain pada sampel K2 dan menghasilkan hasil sebagai berikut,

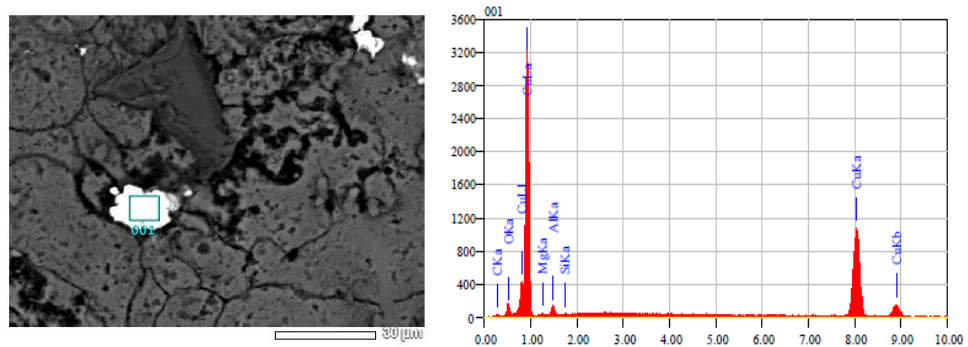


Gambar 14. Area 003 pada sampel K2 dan grafik EDS area 003

Tabel 13. Unsur yang terkandung pada area 003 di sampel K2

Unsur	Massa (wt%)
C	6,11
O	8,58
Mg	0,55
Al	84,49
Cu	0,26

Penembakan selanjutnya pada sampel K2 dilakukan pada matriks dari sampel tersebut, dan hasil EDS menampilkan bahwa terdapat unsur unsur Al, Cu, Mg pada area 003 di sampel K2 namun unsur Si tidak terdeteksi pada area ini. Selanjutnya dilakukan penembakan EDS pada area yang terlihat menggumpal/ terjadi aglomerasi.

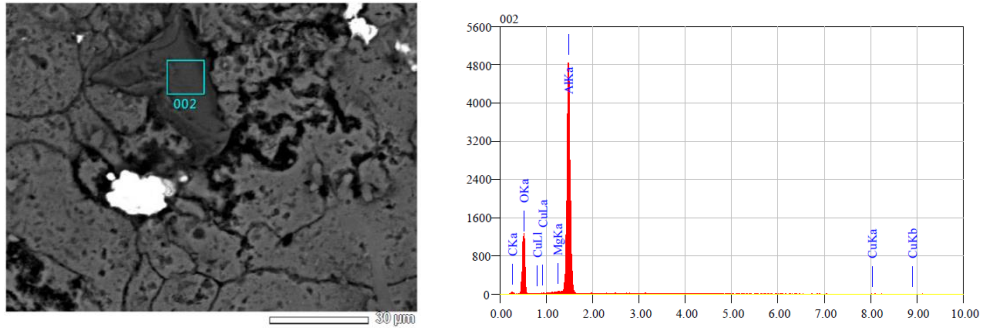


Gambar 15. Area 001 pada sampel K2 dan grafik EDS area 001

Tabel 14. Unsur yang terkandung pada area 001 di sampel K2

Unsur	Massa (wt%)
C	2,20
O	3,75
Mg	0,78
Al	2,56
Si	0,15
Cu	90,58

Dari hasil EDS yang ditunjukkan pada tabel diatas dapat kita ketahui bahwa gumpalan putih yang terbentuk pada mikrostruktur sampel K2 merupakan aglomerasi dari unsur Cu, karna pada area 001 di sampel K2 terdapat 90,58 % Cu, hampir serupa dengan area 002 yang terdapat pada sampel K1 yang juga mengandung 82,30 % unsur Cu. Dilakukan pula penembakan pada area gumpalan hitam yang berada pada sampel K2 dan didapatkan hasil sebagai berikut.



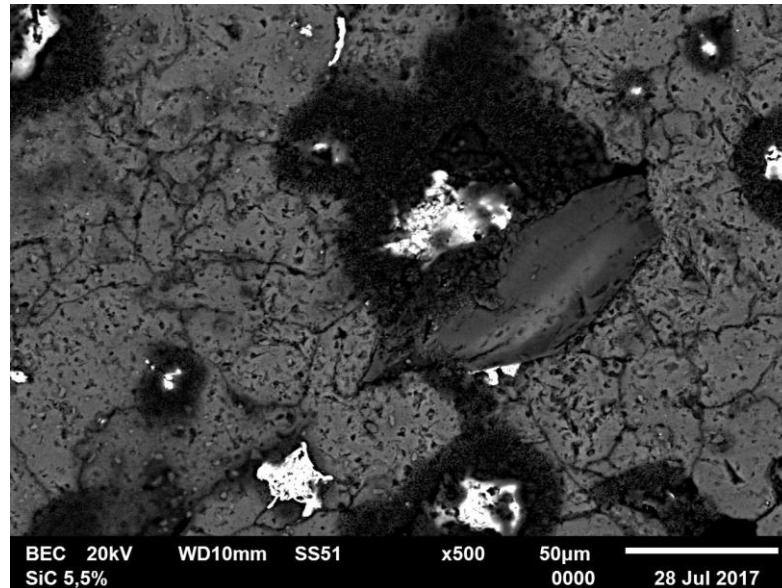
Gambar 16. Area 002 pada sampel K2 dan grafik EDS area 002

Tabel 15. Unsur yang terkandung pada area 002 di sampel K2

Unsur	Massa (wt%)
C	6,14
O	44,12
Mg	0,40
Al	49,34

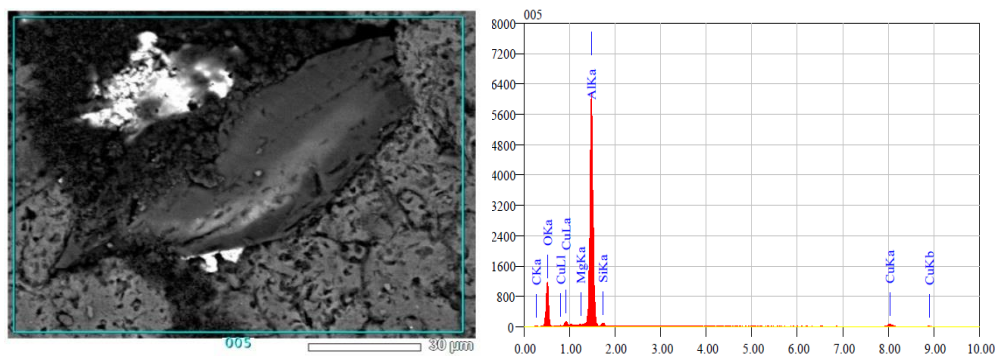
Dari gambar 16 dan tabel 15 di atas kita dapat mengetahui kandungan unsur di area 002 pada sampel K2, terlihat area 002 merupakan penggumpalan yang menyebabkan perbedaan warna pada permukaan matriks lainnya, dari hasil EDS kita ketahui bahwa pada gumpalan di area 002 terbentuk dari unsur dominan yaitu Al 49,34 % dan oksigen sebanyak 44,12% ini menunjukkan besarnya porositas yang terdapat pada sampel K2.

Berikut, merupakan hasil SEM-EDS sampel K3 dengan SiC 5,5 %



Gambar 17. Struktur mikro sampel K3

Struktur mikro sampel K3 hampir serupa dengan sampel K1, dan K2, dimana batas butir terlihat cukup jelas, dan terdapat aglomerasi yang juga terjadi pada sampel sampel sebelumnya, terjadinya aglomerasi ini bisa disebabkan oleh waktu mixing yang kurang lama, sehingga serbuk-serbuk pembentuk komposit belum tercampur secara homogen. Dilakukan pula penembakan EDS di beberapa titik pada sampel K3.

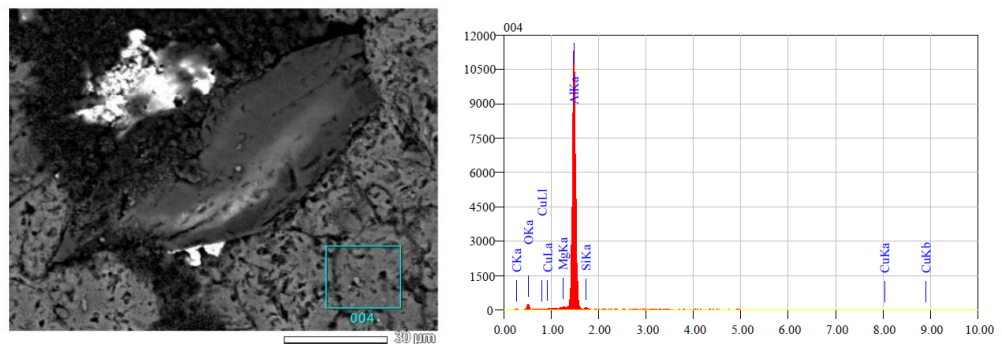


Gambar 18. Area 005 pada sampel K3 dan grafik EDS area 005

Tabel 16. Unsur yang terkandung pada area 005 di sampel K3

Unsur	Massa (wt%)
C	2,20
O	35,31
Mg	0,20
Al	56,68
Si	0,76
Cu	4,85

Dari tabel diatas diketahui bahwa unsur-unsur yang digunakan sebagai pembentuk paduan terdapat pada sampel K3 yang ditembak menggunakan EDS yaitu Al sebanyak 56,68%, Cu sebanyak 4,85% Mg sebanyak 0,20 %, dan Si sebanyak 0,76%. Namun masih banyak terdapat unsur oksigen pada sampel K3 yaitu sebanyak 35,31 % yang berarti sampel K3 ini pun mengandung banyak porositas. Dilakukan pula penembakan pada titik lain di sampel K3

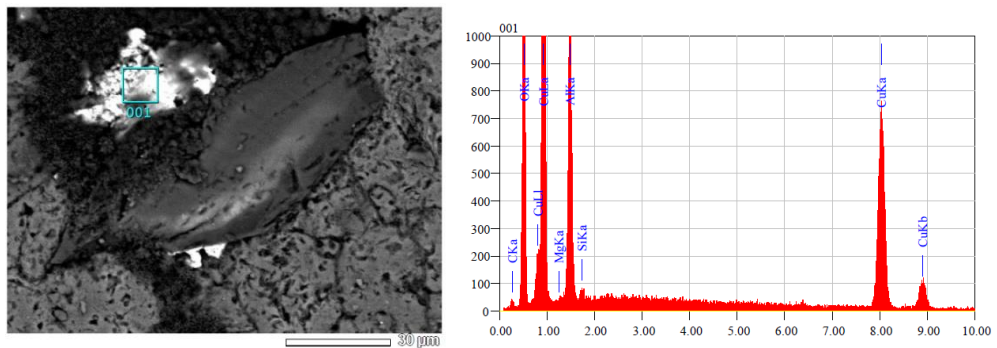


Gambar 19. Area 004 pada sampel K3 dan grafik EDS area 004

Tabel 17. Unsur yang terkandung pada area 004 di sampel K3

Unsur	Massa (wt%)
C	5,02
O	9,47
Mg	0,56
Al	84,38
Si	0,55
Cu	0,02

Area 004 pada sampel K3 merupakan area matriks komposit, dapat kita lihat kandungan unsur yang berada pada matriks sampel K3 terlihat bahwa unsur – unsur tersebar merata, terdapat unsur, Al, Cu, Mg, Si dan C pada area 004 di sampel K3. Penembakan dilakukan pula pada area aglomerasi terang untuk memastikan kandungan unsur dan membandingkan dengan hasil sampel K1 dan K2.



Gambar 20. Area 001 pada sampel K3 dan grafik EDS area 004

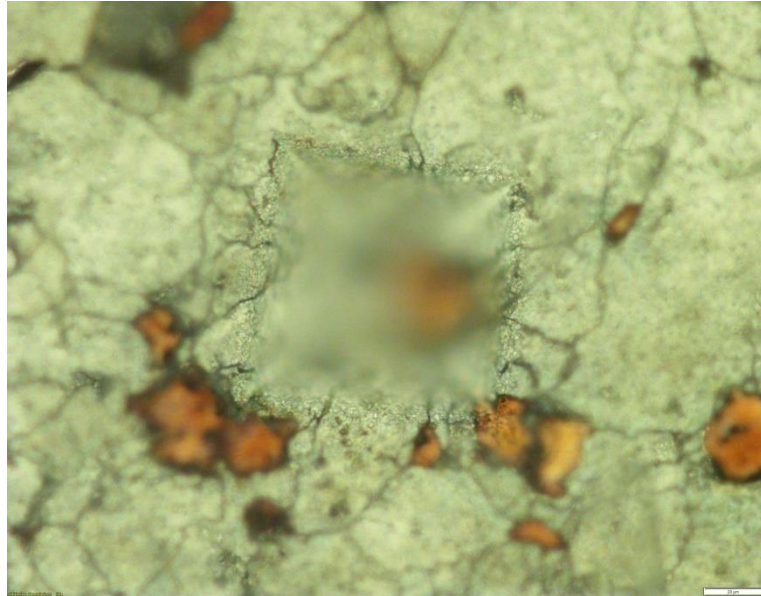
Tabel 18. Area 001 pada sampel K3 dan grafik EDS area 004

Unsur	Massa (wt%)
C	2,57
O	30,60
Mg	0,14
Al	15,83
Si	0,45
Cu	50,42

Dari hasil diatas dapat kiat ketahui bahwa gumpalan terang yang terbentuk mayoritas merupakan unsur Cu, sama hal nya yang terjadi pada sampel K1 dan K2 terjadi aglomerasi unsur Cu, hal ini disebabkan oleh densitas Cu yang berbeda cukup jauh (Iriany, 2006) dengan densitas Al, Mg dan SiC, dimana densitas Cu sebesar $8,9 \text{ g/cm}^3$ sedangkan densitas Al sebesar $2,7 \text{ g/cm}^3$, Mg sebesar $1,738 \text{ g/cm}^3$ dan SiC sebesar $2,9 \text{ g/cm}^3$. Perbedaan densitas yang cukup jauh pada Cu, mengakibatkan sulitnya unsur Cu untuk merata pada matriks komposit dan cenderung menggumpal sehingga menimbulkan aglomerasi.

4.2 Analisis Nilai Kekerasan dengan Hardness Vickers

Pengujian kekerasan pada ketiga sampel dilakukan di 5 titik pada permukaan sampel, dengan menggunakan beban 100 gr (Gur & Yildiz, 2008) berikut merupakan jejak pengujian Vickers

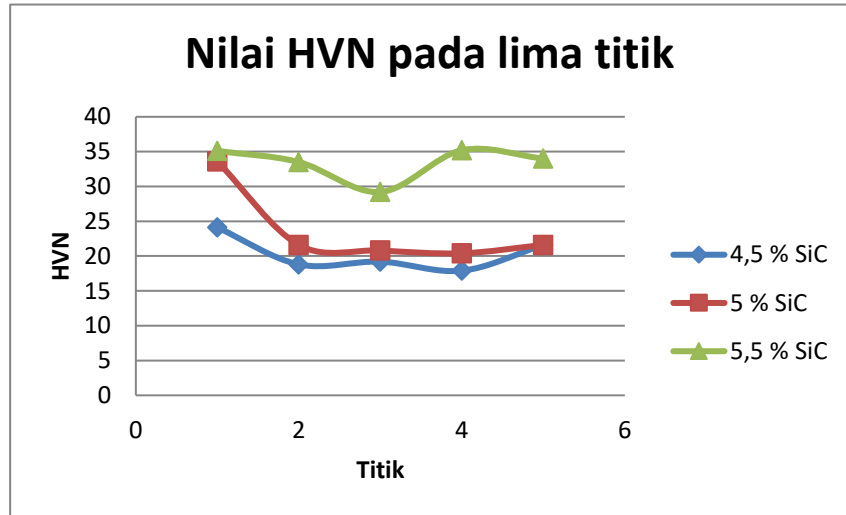


Gambar 21. Jejak Uji Kekerasan Vickers

Data hasil pengujian Vickers pada ketiga sampel di lima titik pada permukaan sampel

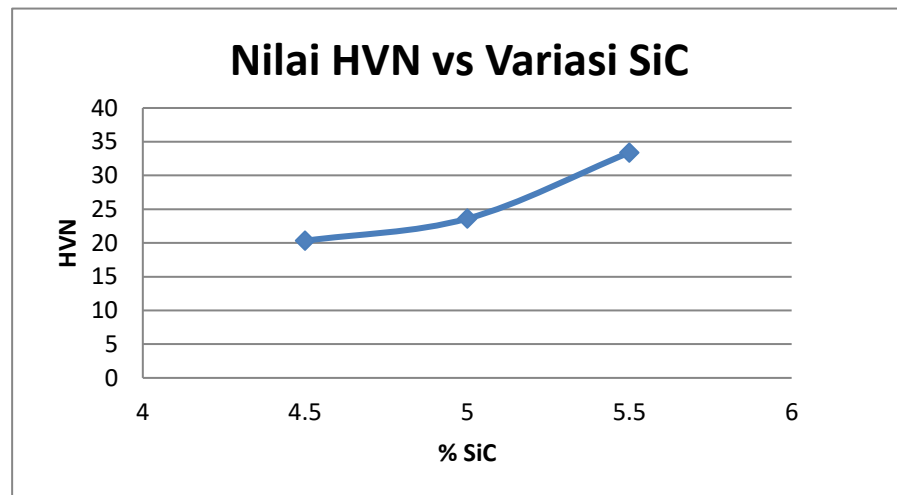
Sampel	HVN 1	HVN 2	HVN 3	HVN 4	HVN 5	HVN rata-rata
K1	24,1	18,8	19,2	17,9	21,6	20,32
K2	33,6	21,6	20,8	20,4	21,6	23,6
K3	35,1	33,5	29,2	35,2	34,0	33,4

Berikut merupakan grafik nilai kekerasan (HVN) terhadap kandungan SiC di lima titik pada ketiga sampel.



Gambar 22. Grafik kekerasan ketiga komposit pada 5 titik

Dari ketiga grafik diatas terlihat nilai kekerasan yang berbeda-beda pada tiap titik di ketiga sampel, nilai kekerasan yang tinggi dipengaruhi oleh komposisi SiC yang berdampak pada banyaknya filler yang berdifusi mengisi kekosongan kekosongan atom pada batas butir, grafik diatas juga menjelaskan tidak meratanya nilai kekerasan komposit pada setiap sampel kemungkinan disebabkan oleh tidak meratanya filler (SiC) yang tersebar di setiap komposit, sehingga disetiap sampel memiliki nilai kekerasan yang naik turun. Berikut merupakan grafik perbandingan



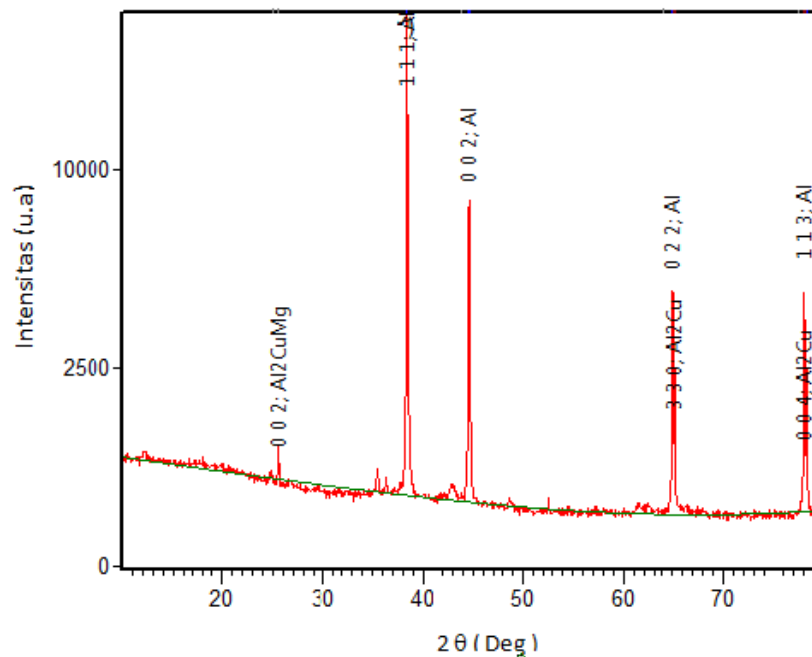
Gambar 23. Nilai rata-rata kekerasan ketiga komposit

nilai rata-rata kekerasan tiap sampel,

Dari grafik pada gambar 23 kita dapat melihat pengaruh kandungan SiC terhadap nilai kekerasan (HVN) pada tiap sampel. Nilai kekerasan tertinggi terdapat pada sampel K3 dengan komposisi SiC 5,5 wt% yaitu sebesar 33,4 HVN, selanjutnya sampel K2 dengan komposisi SiC 5 wt% yaitu sebesar 23,6 HVN, dan nilai kekerasan paling kecil oleh sampel K1 dengan komposisi SiC 4,5 wt%, semakin bertambahnya kandungan SiC dalam sampel maka semakin meningkat pula kekerasan sampel tersebut, hal ini terjadi karena SiC berperan sebagai filler (reinforcement) yang berfungsi mengisi kekosongan - kekosongan yang terdapat di batas butir sehingga meningkatkan kekerasan sampel, saat proses pemanasan sintering atom atom SiC berdifusi dan mengisi kekosongan pada batas batas butir dan memperbesar luas sentuh antar partikel dan meningkatkan kekerasan bahan sehingga meningkatkan ketahanan terhadap deformasi plastis pada matriks aluminium menjadi meningkat karna sifat SiC yang kaku (Taning, B, & dkk, 2013).

4.3 Analisis Struktur Fasa dengan XRD

Analisis struktur fasa dilakukan untuk mengetahui fasa-fasa yang terbentuk dalam komposit Al-Cu-Mg/SiC. Pengujian XRD dilakukan dengan Panalitical XRD, dan pengolahan data menggunakan software highscore. Berikut merupakan hasil XRD dari sampel K1



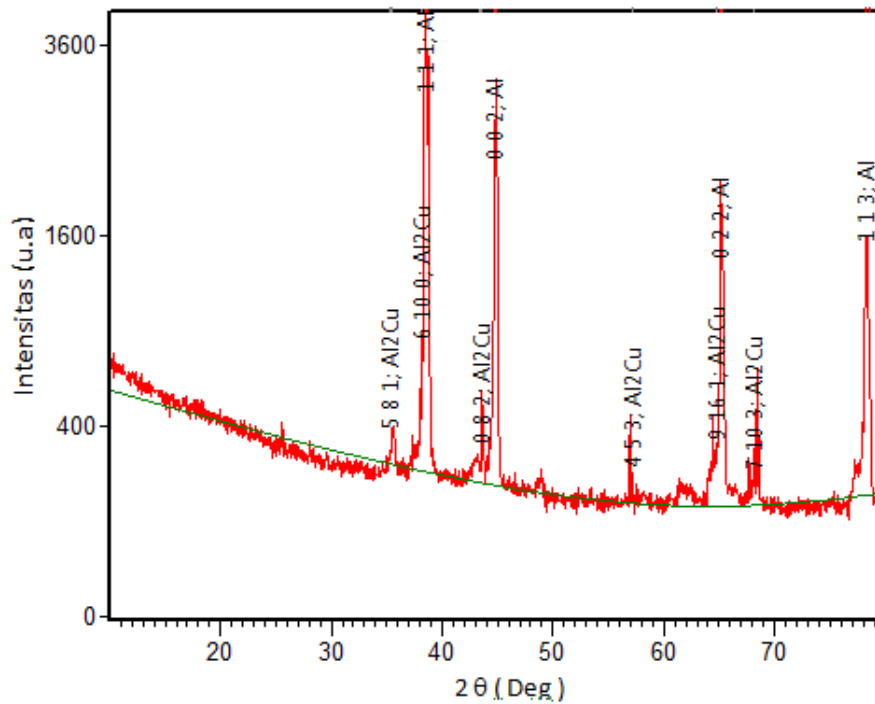
Gambar 24. Grafik pola difraksi sinar-X untuk sampel K1

Dari gambar 24 diatas dapat terlihat bahwa puncak-puncak tertinggi yang terbentuk mengindikasikan bahwa sampel 4,5 % SiC mengandung fasa – fasa dominan seperti Al, Al₂Cu, dan Al₂CuMg yang masing masing memiliki nilai persen berat yaitu Al 98,0 wt%, Al₂CuMg 1,3 wt%, dan Al₂Cu sebesar 0,6 wt% puncak tertinggi terdapat pada sudut $2\theta = 38,37^\circ$ yang merupakan puncak Al, puncak fasa Al dan Al₂Cu yang berhimpitan pada sudut $2\theta = 65^\circ$ dan 78° dan puncak Al₂CuMg pada sudut $2\theta = 25^\circ$. data hasil olahan XRD dari grafik diatas dijelaskan oleh tabel dibawah ini.

Tabel 19. Data hasil identifikasi fasa XRD sampel K1

No	2θ	d-spacing	h	k	l	Fasa	No
1	25.0076	3.56674	1	1	1	Al ₂ CuMg	7222567
2	25.4706	3.49426	0	0	2	Al ₂ CuMg	7222567
3	38.3704	2.34402	1	1	1	Al	1502689
4	43.815	2.06967	2	2	0	Al ₂ CuMg	7222567
5	44.6205	2.02912	0	0	2	Al	1502689
6	44.7377	2.02911	0	0	2	Al	1502689
7	44.7847	2.02709	1	1	3	Al ₂ CuMg	7222567
8	64.1368	1.45445	1	3	4	Al ₂ CuMg	7222567
9	65.0026	1.4336	0	2	2	Al	1502689
10	65.0944	1.4318	3	3	0	Al ₂ Cu	9012196
11	65.1845	1.43359	0	2	2	Al	1502689
12	65.2766	1.43179	3	3	0	Al ₂ Cu	9012196
13	77.602	1.23235	1	3	5	Al ₂ CuMg	7222567
14	78.0249	1.22369	0	0	4	Al ₂ Cu	9012196
15	78.1399	1.22218	1	1	3	Al	1502689
16	78.2563	1.22368	0	0	4	Al ₂ Cu	9012196
17	78.3717	1.22217	1	1	3	Al	1502689

Pada sampel K2 dilakukan pula pengujian XRD dan didapatkan hasil sebagai berikut,



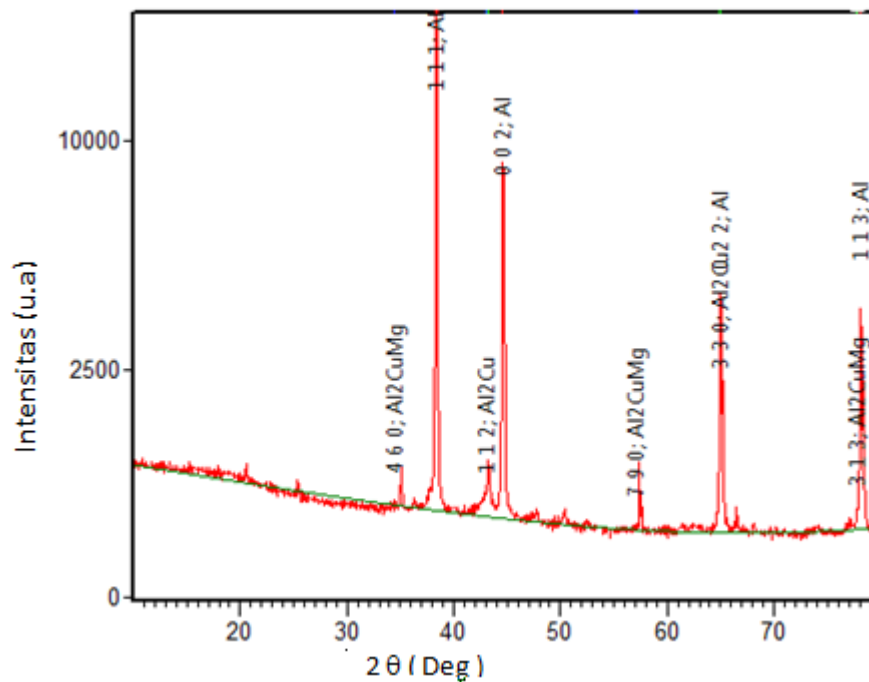
Gambar 25. Grafik pola difraksi sinar-X untuk sampel K2

Dari grafik pola difraksi sinar-X diatas terlihat bahwa puncak-puncak tertinggi yang terbentuk mengindikasikan bahwa sampel 5 % SiC mengandung fasa – fasa dominan yaitu Al, dan Al₂Cu yang masing masing memiliki nilai persen berat sebesar, Al 97,4 wt%, dan Al₂Cu 2,6 wt%, puncak tertinggi terdapat pada sudut $2\theta = 38,53^\circ$ yang merupakan puncak Al. tabel dibawah ini merupakan data hasil olahan dari grafik XRD untuk sampel K2

Tabel 20. Data hasil identifikasi fasa XRD sampel K2

No	2θ	d-spacing	h	k	l	Fasa	No
1	35.3288	2.53855	5	8	1	Al ₂ Cu	9012196
2	35.4193	2.53856	5	8	1	Al ₂ Cu	9012196
3	38.2153	2.35318	6	10	0	Al ₂ Cu	9012196
4	38.5338	2.33446	1	1	1	Al	1502689
5	38.6331	2.33447	1	1	1	Al	1502689
6	43.4113	2.08797	8	9	1	Al ₂ Cu	9012196
7	43.6227	2.07319	0	8	2	Al ₂ Cu	9012196
8	44.7801	2.02226	0	0	2	Al	1502689
9	44.8972	2.02227	0	0	2	Al	1502689
10	57.1482	1.61451	3	13	2	Al ₂ Cu	9012196
11	57.2218	1.60861	4	5	3	Al ₂ Cu	9012196
12	64.7813	1.43796	9	16	1	Al ₂ Cu	9012196
13	65.1482	1.43074	0	2	2	Al	1502689
14	65.33	1.43075	0	2	2	Al	1502689
15	68.1784	1.37435	7	10	3	Al ₂ Cu	9012196
16	78.2749	1.22041	1	1	3	Al	1502689
17	78.5064	1.22041	1	1	3	Al	1502689
18	78.5724	1.21955	1	16	3	Al ₂ Cu	9012196
19	79.7299	1.20474	14	18	0	Al ₂ Cu	9012196
20	79.8057	1.20378	3	22	1	Al ₂ Cu	9012196
21	79.8057	1.20378	13	18	1	Al ₂ Cu	9012196
22	79.8495	1.20323	7	19	2	Al ₂ Cu	9012196
23	79.8495	1.20323	11	17	2	Al ₂ Cu	9012196
24	79.9137	1.20243	9	21	0	Al ₂ Cu	9012196

Sampel K3 merupakan komposit dengan 5,5 % SiC, pengujian yang sama dilakukan pada sampel K3, dilakukan pengujian XRD dengan menembakan sinar-X ke permukaan sampel K3 dan didapatkan grafik sebagai berikut,



Gambar 26. Grafik pola difraksi sinar-X untuk sampel K3

Gambar diatas menunjukkan hasil data XRD untuk sampel K3 dari grafik diatas dapat kita lihat puncak tertinggi pada posisi $2\theta = 38,35^\circ$ merupakan fasa Al puncak-puncak tertinggi yang terbentuk mengindikasikan bahwa sampel 5,5 % SiC mengandung fasa – fasa dominan yaitu Al, Al_2Cu , dan Al_2CuMg yang masing masing memiliki nilai persen berat sebesar, Al 93,9 wt%, Al_2CuMg 0,4 wt%, dan Al_2Cu sebesar 5,8 wt%. berikut merulakan data hasil pengolahan dari grafik XRD diatas.

Tabel 21. Data hasil identifikasi fasa XRD sampel K3

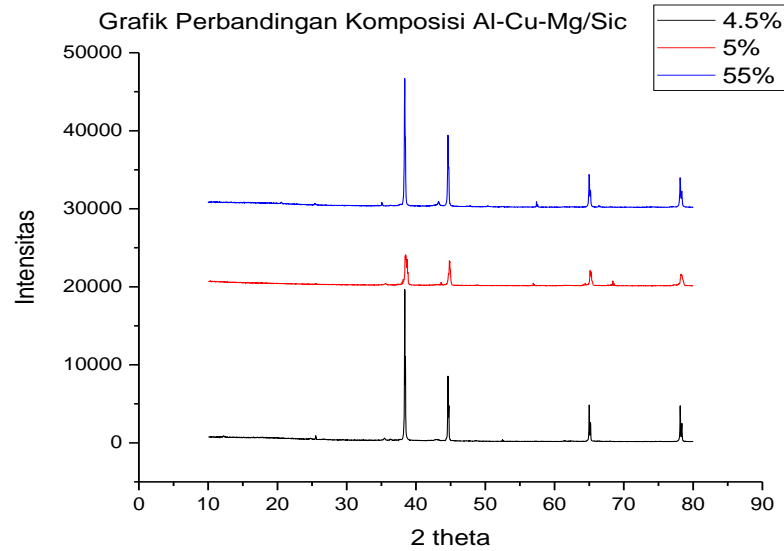
No	2 θ	d-spacing	h	k	l	Fasa	No
1	34.4888	2.59843	4	6	0	Al ₂ CuMg	7222567
2	38.3556	2.3449	1	1	1	Al	1502689
3	38.455	2.34487	1	1	1	Al	1502689
4	42.9987	2.10704	5	5	1	Al ₂ CuMg	7222567
5	43.1017	2.09704	1	1	2	Al ₂ Cu	9012196
6	43.2146	2.09702	1	1	2	Al ₂ Cu	9012196
7	44.6068	2.02971	0	0	2	Al	1502689
8	56.9512	1.61963	2	6	2	Al ₂ CuMg	7222567
9	57.005	1.61422	7	9	0	Al ₂ CuMg	7222567
10	57.1601	1.61421	7	9	0	Al ₂ CuMg	7222567
11	64.9193	1.43524	3	3	0	Al ₂ Cu	9012196
12	64.993	1.43379	0	2	2	Al	1502689
13	77.7045	1.23098	3	3	2	Al ₂ Cu	9012196
14	77.7439	1.22741	3	1	3	Al ₂ CuMg	7222567
15	78.1335	1.22226	1	1	3	Al	1502689

Dari ketiga hasil grafik pola XRD diatas dapat kita ketahui jumlah fasa yang terbentuk pada setiap sampel, berikut rincian persentase jumlah fasa yang terbentuk pada setiap sampel diatas dalam wt%.

Tabel 22. Kandungan Fasa yang terbentuk pada tiap sampel

Sampel	Fasa Al (wt%)	Fasa Al ₂ Cu (wt%)	Fasa Al ₂ CuMg (wt%)
K1	94,6	1,8	3,6
K2	97,4	2,6	-
K3	93,9	0,4	5,8

Berikut merupakan grafik perbandingan dari ketiga sampel yang telah dibuat,



Gambar 27. Grafik perbandingan hasil XRD pada ketiga sampel

Gambar 27 menampilkan grafik hasil XRD dari ketiga sampel komposit, ketiga grafik diatas memiliki puncak pada posisi yang hampir sama namun intensitasnya berbeda namun fasa-fasa yang terbentuk sama. Fasa fasa yang terbentuk ialah fasa Al, Al_2Cu , dan fasa Al_2CuMg , fasa- fasa ini akan mempengaruhi sifat mekanik komposit tersebut.

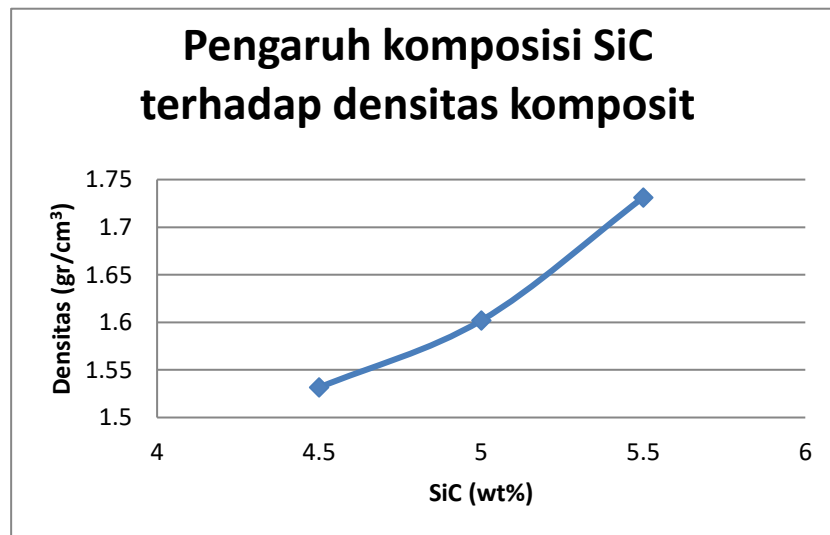
4.4 Pengujian Densitas

Pengujian densitas dilakukan di laboratorium fisika Universitas Negeri Jakarta, pengujian dilakukan menggunakan timbangan digital dengan menghitung masa kering dan massa basah dari ketiga sampel, berikut data yang didapat dari pengujian densitas.

Tabel 23. Data hasil pengujian densitas

Sampel	Massa Kering (gr)	Massa Basah (gr)	Densitas(gr/cm^3)	Porositas (%)
K1	4.829	1.676	1.531557	44,8082
K2	5.501	2.067	1.601922	52,2191
K3	4.915	2.076	1.731243	48,8665

Dari data diatas dapat diketahui pengaruh variasi SiC terhadap densitas, dan akan lebih dijelaskan dengan grafik berikut.

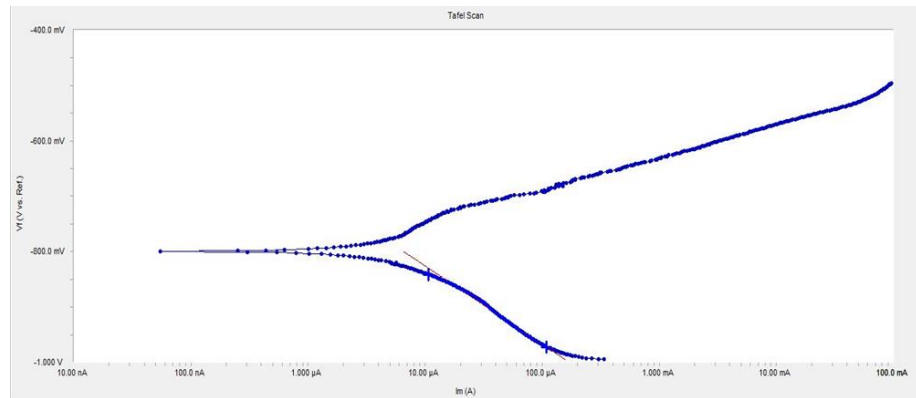


Gambar 27. Grafik pengaruh komposisi SiC terhadap densitas komposit

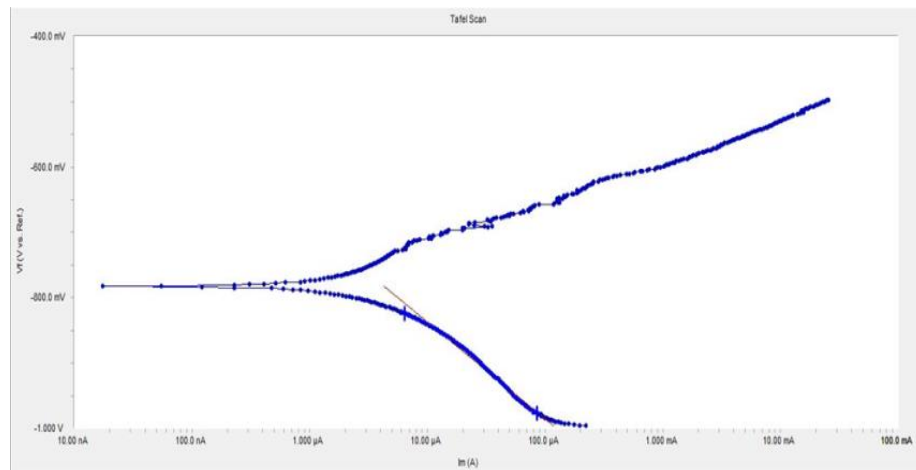
Gambar 27 menjelaskan hubungan komposisi SiC terhadap densitas komposit, nilai densitas komposit terbesar ditunjukkan pada komposit dengan 5,5 wt% SiC, dan nilai densitas terkecil ditunjukkan pada komposit dengan 4,5 wt% SiC dari hasil tersebut maka dapat diketahui bahwa semakin besar komposisi SiC yang digunakan maka semakin besar pula densitas komposit yang terbentuk. Hal ini disebabkan nilai densitas SiC yang lebih besar dari Aluminium mengakibatkan kenaikan densitas setiap penambahan komposisi SiC, dimana densitas SiC yaitu $3,15 \text{ gr/cm}^3$ dan nilai densitas Al $2,7 \text{ gr/cm}^3$.

4.5 Analisis Korosi Polarisisasi

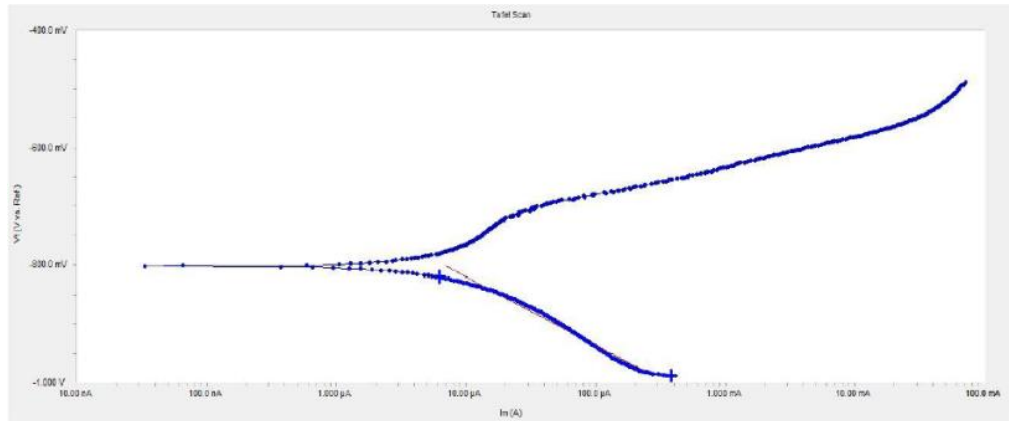
Pengukuran laju korosi dilakukan untuk mengetahui pengaruh kandungan SiC terhadap nilai laju korosi, pengujian dilakukan dengan metode elektrokimia dengan NaCl 3,5% menggunakan Potensiostat Gamry Reference 600, didapatkan hasil sebagai berikut.



Gambar 28. Kurva polarisasi komposit K1



Gambar 29. Kurva polarisasi komposit K2

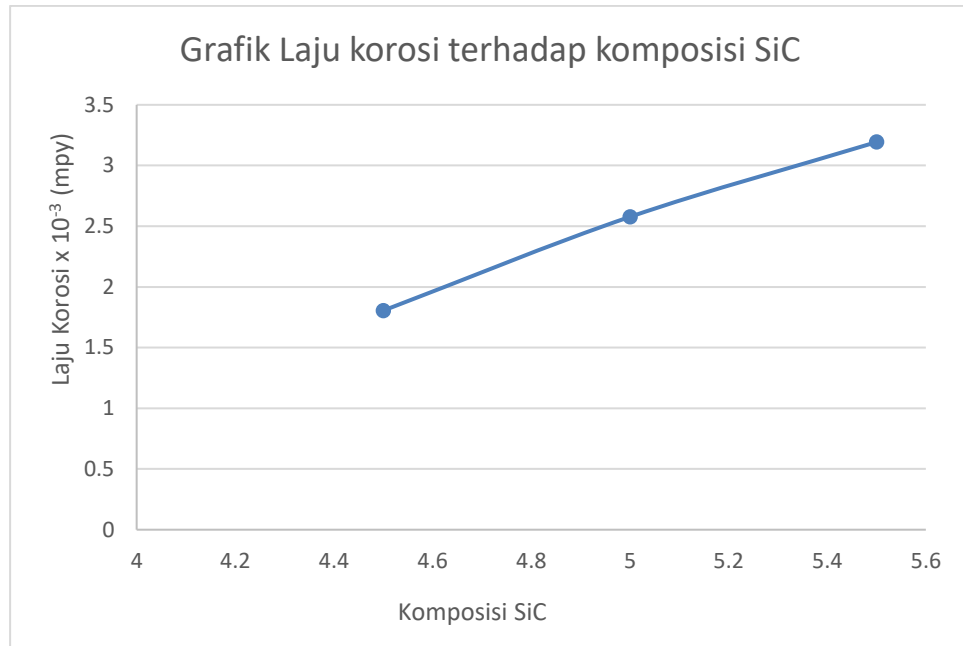


Gambar 30. Kurva polarisasi komposit K3

Tabel 24. Nilai Laju korosi pada ketiga sampel

Sampel	I corr (μA)	Laju Korosi (mpy)
K1	6,555	$1,805 \times 10^{-3}$
K2	4,279	$2,577 \times 10^{-3}$
K3	7,074	3.193×10^{-3}

Dari hasil perhitungan laju korosi menunjukkan bahwa komposit Al-Cu-Mg/SiC yang telah dibuat memiliki proteksi/perlindungan korosi yang sangat baik. Hal ini ditunjukkan dari nilai laju korosi yang bernilai $<0,02$ mm/tahun. Sampel 1 menunjukkan nilai laju korosi terkecil atau proteksi terbaik, dilanjutkan oleh sampel 2, dan terakhir sampel 3. Dari data diatas dapat diketahui bahwa peningkatan komposisi SiC meningkatkan nilai laju korosi (Abbas, Hassan, & Alwan, 2015). Berikut merupakan grafik peningkatan laju korosi terhadap komposisi SiC,



Gambar 31. Grafik pengaruh komposisi SiC terhadap laju korosi

Grafik diatas menjelaskan semakin meningkatnya komposisi SiC maka laju korosi dari komposit yang telah dibuat juga meningkat, peningkatan laju korosi ini berarti kualitas bahan semakin berkurang, hal ini juga disebabkan oleh proses pembetukan komposit, dimana saat dibuat komposit hanya ditekan dengan kompaksi seberat 6 ton pada suhu 325 °c, sehingga mengakibatkan banyaknya porositas pada komposit dan kualitas komposit menjadi tidak maksimal. Penurunan kualitas komposit juga disebabkan oleh ukuran partikel yang masih besar, jika ukuran partikel semakin kecil maka akan memperbesar ketahanan komposit pada korosi.

BAB V

KESIMPULAN

5.1 KESIMPULAN

Setelah melakukan penelitian, karakterisasi, dan menganalisis data hasil karakterisasi maka kesimpulan dari penelitian analisis ketahanan korosi pada komposit Al-Cu-Mg/SiC dengan metode metalurgi serbuk ialah :

1. Telah berhasil dibuat komposit Al-Cu-Mg/SiC dengan variasi SiC 4,5%, 5%, dan 5,5% dibuktikan dengan terbentuknya fasa baru yaitu Al_2Cu , dan Al_2CuMg , dan terdapat ke 4 unsur yang dipadukan pada matriks komposit yang terlihat pada hasil EDS
2. Fasa fasa yang terbentuk pada komposisi Al-Cu-Mg/SiC dengan metode metalurgi serbuk ialah fasa Al, Al_2Cu , dan Al_2CuMg .
3. Nilai kekerasan komposit Al-Cu-Mg/SiC berbanding lurus dengan komposisi SiC semakin besar komposisi SiC maka semakin besar pula kekerasan komposit.
4. Hasil Uji SEM-EDS menunjukkan unsur-unsur yang terdapat pada matriks tersebar merata, namun terjadi penggumpalan Cu disebabkan oleh densitas Cu yang berbeda cukup jauh dari densitas Al, Mg, dan SiC.
5. Nilai densitas komposit Al-Cu-Mg/SiC berbanding lurus dengan komposisi SiC, semakin besar komposisi SiC maka semakin besar densitas komposit yang terbentuk.
6. Laju korosi komposit Al-Cu-Mg/SiC berbanding lurus dengan komposisi SiC, semakin besar komposisi SiC maka semakin meningkat nilai laju korosi.

5.2 SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka penulis menyarankan :

1. Menambahkan waktu mixing sehingga serbuk bercampur dengan homogen.
2. Meningkatkan tekanan kompaksi dan menambahkan waktu penahanan untuk mengurangi porositas.
3. Menambahkan waktu sintering sehingga atom atom yang berdifusi lebih banyak dan persentase paduan baru yang terbentuk meningkat, juga mengurangi porositas.

DAFTAR PUSTAKA

Abbas, M., Hassan, K., & Alwan, A. (2015). *Study of Corrosion Resistance of aluminium Alloy 6061/SiC Composites in 3,5% NaCl Solution*. *Internation Journal of Material* , 32.

Afandi, Y. K., Arief, I. S., & Amiadji. (2015). *Analisa Laju Korosi pada Pelat Baja Karbon dengan Variasi Ketebalan Coating*. *Jurnal Teknik ITS* , G-1.

Anggara, B., & Riser, F. (2016). *Karakterisasi Aluminium Alloy Al-Cu-Mg dengan Filler SiC dengan Metoda Stir Casting* . Jakarta: Universitas Negeri Jakarta.

Autar, K. K. (2006). *Mechanics of Composite Materials*. United States of Amerika: CRC Press.

Avner, S. H. (1974). *Introduction to Physical Metallurgy*. New York: McGraw-hill book company.

Aydemir, B., & dkk. (2011). *The Advantages of New Generation Hardness Measurement Method*. University of Kragujevac.

Baghel, A, dkk. (2013). *The effect of Heat Treatment on Mechanic Properties of ADC-12 Sic Metal Matrix Composite*. *International Journal of Science and Research* , 197.

Callister, W. D., & Davide, G. R. (2009). *Materials Science and Engineering an Introduction*. United States of America: WILEY.

David, L., & Charles, A. (1984). *Microstructure and Orientation Effects on Proprties of Discontinuous Silicon Carbide/Aluminium Composite*. *NASA Technical Paper 2302* , 5.

Ede, S, dkk. (2015). *Effect of Silicon Carbide (SIC) Nano Particulates Addition on Mechanical Properties of Aa2618 Alloy*. *International Journal of Scientific Research Publication* , 1.

El-Eskandary, S. (2001). *Mechanical Alloying for Fabrication of Advanced Engineering Materials*. Cairo: William Andrew.

Girisha, H. N., & Sharma, K. V. (2012). *Effect of magnesium on strength and microstructure of Aluminium Copper Magnesium Alloy*. *International Journal of Scientific & Engineering Research* , 1.

Grant, N. M. (2002). *X-Ray Diffraction*. New York: Plenum Press Haddock.

- Gur, C. H., & Yildiz, I. (2008). *Utilization of Non-destructive Methods for Determining the Effect of Age-Hardening on Impact Toughness of 2024 Al-Cu-Mg Alloy*. *J nondestruck eval* , 100.
- Iriany. (2006). *Pengaruh Parameter Pencampuran terhadap Keseragaman Bahan Pengikat*. *Jurnal Teknologi Proses* , 156.
- Linda, K. (2012). *Analisis Termal Differential Scanning Calorimetry dan Differential Thermal Analysis*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Martin, I. (2011). *Aluminum Alloys for Al/SiC Composites*. Mexico: INTECH.
- Mcdanels, D. L., & Hoffman, C. A. (1987). *Microstructure and Orientation Effect on Properties of Discontinuous Silicon Carbide/ Aluminium Composite*. NASA TECHNICAL PAPER 2302 , 25.
- Muarief. (2015). *Sintesis Lapisan Tipis Komposit Ni-TiAlN Menggunakan Teknik Elektrodeposisi dalam Menurunkan Laju Korosi pada Substrat High Speed Steel (HSS), Galvanis dan Kuningan*. Jakarta: Universitas Negeri Jakarta.
- Onggo, D., & Hamzah, F. (1999). *Penggunaan Differential Thermal Analysis (DTA) Pada Penentuan Aktivitas Dan Reaktivitas Katalis Fe₂O₃, Co₃O₄, NiO, CuO, dan LaMO₃ (M=Fe, Co, dan Ni) Untuk Oksidasi CO Menjadi CO₂*. Bandung: JMS.
- Rana, R, dkk. (2012). *Review on the Influence of Alloying elements on the Microstructure and Mechanical Properties of Aluminium Alloys and Aluminium Alloy Composite*. *International Journal of Scientific and Research Publication* , 2.
- Saboor, E. *Producing of Metal Matrix Composite by Mechanical Alloying*. German: MVTAT.
- Sakti, K. (2009). *Pembuatan Komposit Metal Al Alloy Nano Keramik Sic dan Karakterisasinya*. Medan: Universitas Sumatra Utara.
- Sigit, S. R. (2012). *Pengaruh Pengerasan Penuaan dan Pencapaian terhadap Karakterisasi Komposit Al-17Si-Mg-Zn Berpenguat Partikulat SiC 5 wt.% dengan Variasi Kandungan Mg Hasil Proses Squeeze Casting*. Depok: Universitas Indonesia.
- Smallman, R. E., & Bishop, R. J. (2000). *Metalurgi Fisik Modern dan Rekayasa Material*. Jakarta: Erlangga.
- Suryanarayana, C. (2001). *Mechanical Alloying and Milling*. New York: Plenum Press.

Swasono, T. (2010). *Pembuatan dan Karakterisasi Komposit Matrix Logam Al5Cu Melalui Proses Thixofoming*. Depok: Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

Taning, A. Z., B, S., & dkk. (2013). *Karakteristik Komposit Al-5%Cu-4%Mg Berpenguat Partikel 20-25% SiC Hasil As-Cast dan Hail Proses Thixofoming*. Depok: Universitas Indonesia.

Wahyudin, I. (2010). *Pengaruh Perlakuan Panas Daerah Eutektik Terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekanik pada Paduan Aluminium 2024 yang Terlelehkan*. Jakarta: Universitas Negeri Jakarta.

Widyawati, N. (2012). *Analisa Pengaruh Heating Rate terhadap Tingkat Kristal dan Ukuran Butir Kristal BZT yang Ditumbuhkan dengan Metode Sol Gel*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.

Zulaina, R. S. (2010). *Analisis Pengaruh Sr Terhadap Ketahanan*. Depok: Universitas Indonesia.