

**SIFAT MEKANIK DAN TERMAL MATERIAL KOMPOSIT LOGAM
Al-Cu-Mg/SiC MELALUI PROSES ANNEALING HASIL *STIR CASTING***

SKRIPSI

Disusun untuk melengkapi syarat-syarat guna memperoleh gelar sarjana sains



Inggit Alfiani Julianti

3225130904

PROGRAM STUDI FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

2017

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

SIFAT MEKANIK DAN TERMAL MATERIAL KOMPOSIT LOGAM Al-Cu-Mg/SiC MELALUI PROSES ANNEALING HASIL *STIR CASTING*

Diajukan oleh :

Inggit Alfiani Julianti

3225130904

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 Fisika

Dr. Widyaningrum Indrasari, M.Si

NIP. 19770510 200604 2 001

LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul **“SIFAT MEKANIK DAN TERMAL MATERIAL KOMPOSIT LOGAM Al-Cu-Mg/SiC MELALUI PROSES ANNEALING HASIL STIR CASTING”** 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 16 Agustus 2017

Inggit Alfiani Julianti

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah swt. Berkat rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “**Sifat Mekanik dan Termal Material Komposit Logam Al-Cu-Mg/SiC Melalui Proses ANNEALING Hasil STIR CASTING**”. Penelitian yang ditulis dalam laporan ini tidak lepas dari pihak-pihak yang turut membantu baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Anggara Budi Susila, M.Si selaku Dosen Pembimbing I atas waktu, bimbingan dan saran yang sangat membantu penulis dalam proses pembuatan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Erfan Handoko, M.Si selaku Dosen Pembimbing II atas bimbingan dan sarannya yang sangat membantu dalam penulis mengerjakan skripsi ini.
3. Ibu Dr. Widyaningrum Indrasari, M.Si selaku ketua program studi Fisika FMIPA UNJ. Yang selalu memberikan motivasi dan bimbingan kepada penulis.
4. Para dosen prodi fisika FMIPA UNJ , yang senantiasa membimbing dan selalu memberi pengarahan kepada penulis.
5. Bapak dan mama yang selalu senantiasa mendampingi dan memberikan semangat , doa,serta motivasi kepada penulis. Juga adik – adik saya Indri , Indira , dan Inggar yang selalu memberikan semangat dan keceriaan setiap harinya.
6. Taupan , Fransiska , dan Syafira selaku patner kerjasama dalam penelitian, dan juga bantuannya dalam setiap proses penelitian.
7. Teman-teman Fisika 2013 yang selalu memberikan saran, bantuan, motivasi , semangat , dan keceriaan bagi penulis.
8. Teman – teman paskibra 46 2013 yang selalu memotivasi penulis agar selalu lebih baik di setiap harinya dan kasih sayang yang telah kalian berikan kepada

Penulis menyadari akan keterbatasan dan kekurangan dalam ilmu pengetahuan dan pengalaman, sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penulisan selanjutnya yang lebih baik.

Jakarta , 16 Agustus 2017

Penulis

ABSTRAK

Inggit Alfiani Julianti. Sifat Mekanik dan Termal Material Komposit Logam Al-Cu-Mg/SiC Melalui Proses *ANNEALING* Hasil *STIR CASTING*. Skripsi. Jakarta: Prodi Fisika. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Jakarta. 2017

Telah dilakukan proses sintesis dari komposisi matriks Al-Cu-Mg dengan filler SiC dengan proses annealing hasil dari stir casting untuk mendapatkan komposit logam Al-Cu-Mg/SiC. Diawali dengan peleburan Aluminium yang dicampur dengan Cu (4.4%) , Mg (1.8%) dan variasi SiC dalam bentuk serbuk yang terlebih dahulu dicampurkan agar lebih homogen. Variasi SiC yang digunakan antara lain 2.5 % , 2.8% , dan 3.1 % . Proses peleburan terjadi pada suhu 900°C sampai berbentuk fasa semisolid. Setelah itu dilakukanlah proses pengadukan komposit menggunakan *stir casting* dengan kecepatan 250 rpm selama 10 menit. Paduan yang dihasilkan akan dicetak dan di dinginkan pada suhu ruang untuk selanjutnya akan dipotong. Setelah itu dilakukan proses annealing selama 2 jam dengan suhu 450 °C dan di ageing selama 16 jam pada 160 °C. Setelah itu sampel akan dipotong untuk di uji SEM (Scanning Electron Microscope), XRD (X-Ray Diffraction), EDS (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy), DTA (Differential Thermal Analysis), serta uji kekerasan bahan Hardness Vickers dan pengujian densitas. Hasil penelitian ini menunjukkan pada pengujian SEM ditemukannya partikel SiC yang menunjukkan bahwa Al-Cu-Mg/SiC merupakan material komposit dan Nilai kekerasan Vickers tertinggi pada komposit Al-Cu-Mg/SiC 3.1% yaitu 66.18 kg/mm².

Kata Kunci: matriks Al-Cu-Mg ; filler SiC; komposit logam Al-Cu-Mg/SiC; stir casting ;annealing; ageing

ABSTRACT

Inggit Alfiani Julianti. Mechanical and Thermal Properties of Al-Cu-Mg / SiC Composite Material Through ANNEALING Process STIR CASTING Results. Skripsi. Jakarta: Physics Department. Faculty of Math and Science. University of Jakarta. 2017

Synthesis of Al-Cu-Mg matrix composition with SiC filler has been done with annealing process of stir casting to obtain Al-Cu-Mg / SiC metal composite. For the beginning Aluminium has smelting and mixed with Cu (4.4%), Mg (1.8%) and SiC variations in powder form which are first mixed to be more homogeneous. SiC variations used are 2.5%, 2.8%, and 3.1%, respectively. The melting process occurs at a temperature of 900 ° C to a semisolid phase. After that, the composite stirring process using stir casting at 250 rpm for 10 minutes. The result is alloy will be printed and cooled at room temperature for subsequent cuts. Thereafter, the 2-hour annealing process was processed at 450 ° C and aged for 16 hours at 160 ° C. After that the sample will be cut for SEM (Scanning Electron Microscope), XRD (X-Ray Diffraction), EDS (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy), DTA (Differential Thermal Analysis), Hardness Vickers Hardness Test and Hardness Testing. The results of this study showed that SEM found SiC particles which showed that Al-Cu-Mg / SiC is the composite material and the highest Vickers hardness value in Al-Cu-Mg / SiC composite 3.1% is 66.18 kg / mm².

Keywords: Al-Cu-Mg / SiC metal composite; Stir casting; Annealing; Ageing

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR GRAFIK.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	4
1.3 Perumusan Masalah	4
1.4 Pembatasan Masalah.....	4
1.5 Tujuan Penelitian	5
1.6 Manfaat Penelitian	5
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA	6
2.1 Aluminium (Al)	6
2.2 Paduan Aluminium	9
2.3 Paduan Aluminium 2024	12
2.4 Tembaga (Cu)	12
2.5 Magnesium (Mg)	13
2.6 Silikon Carbida (SiC)	14

2.7	Material Komposit	15
2.8	Proses <i>Stir Casting</i>	16
2.9	Ageing	17
2.10	Annealing	17
2.11	Wettability	18
2.12	Karakterisasi Sampel	19
2.12.1	Difraksi Sinar X (XRD)	19
2.12.2	SEM dan EDS.....	21
2.12.3	Uji densitas dan Porositas	22
2.12.4	Pengujian Kekerasan <i>Vickers</i>	23
2.12.5	Differential Thermal Analysis (DTA)	24
2.13	Penelitian yang Relevan	25
BAB 3 METODE PENELITIAN		27
3.1	Tujuan	27
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian	27
3.3	Metode penelitian	27
3.4	Alat dan Bahan	28
3.5	Prosedur Penelitian	29
3.6	Diagram Penelitian	30
BAB 4 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....		31
4.1	Preparasi Bahan	31
4.2	Analisa XRD pada Al-Cu-Mg/SiC.....	32
4.3	Analisa Pengamatan SEM dan EDS Pada Al-Cu-Mg/SiC Setelah di <i>Anneling</i> dan <i>Ageing</i>	35
4.5	Kekerasan <i>Vickers</i> pada komposit Al-Cu-Mg/SiC.....	37
4.5	Densitas dan porositas Komposit Al-Cu-Mg/SiC.....	40
4.6	Analisis Termal Diferensial (<i>Differential Thermal Analysis, DTA</i>).....	43

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	45
5.1 Kesimpulan.....	45
5.2 Saran	46
DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN 1 (Stokiometri perhitungan komposit logam Al-Cu-Mg/SiC).....	49
LAMPIRAN 2 (Alat – alat yang digunakan).....	51
LAMPIRAN 3 (Data Identifikasi Fasa XRD).....	52
LAMPIRAN 4 (Foto pembuatan sampel komposit logam Al-Cu-Mg/SiC).....	55
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	56

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Sifat Fisik Alumunium_.....	7
Tabel 2.2. Sifat Mekanik Alumunium.....	8
Tabel 2.3. Daftar Seri Alumunium wrought alloy.....	10
Tabel 2.4. Daftar Seri Alumunium cast alloy.....	10
Tabel 2.5. Sifat Fisis Tembaga.....	13
Tabel 2.6. Sifat Fisis dan Mekanik Magnesium.....	13
Tabel 2.7. Sifat Silka Karbida.....	15
Tabel 4.1 Komposisi tiap sampel Al-Cu-Mg/SiC.....	31
Tabel 4.2 Data kekerasan Vickers komposit Al-Cu-Mg/SiC 2.5 % sebelum treatment.....	37
Tabel 4.3 Data kekerasan Vickers komposit Al-Cu-Mg/SiC 2.8 % sebelum treatment.....	38
Tabel 4.4 Data kekerasan Vickers komposit Al-Cu-Mg/SiC 3.1 % sebelum treatment.....	38
Tabel 4.5 Data kekerasan Vickers komposit Al-Cu-Mg/SiC 2.5 % sesudah treatment.....	39
Tabel 4.6 Data kekerasan Vickers komposit Al-Cu-Mg/SiC 2.8 % sesudah treatment.....	39
Tabel 4.7 Data kekerasan Vickers komposit Al-Cu-Mg/SiC 3.1 % sesudah treatment.....	39
Tabel 4.8 Data hasil denitas komposit Al-Cu-Mg/SiC.....	41
Tabel 4.9 menunjukan porositas pada komposit Al-Cu-Mg/SiC.....	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Fasa Al – Cu.....	11
Gambar 2.2 Diagram Fasa Al – Mg.....	12
Gambar 2.3 Ilustrasi Komposit Berdasarkan Penguat.....	15
Gambar 2.4 Skema Proses Stir Casting.....	16
Gambar 2.5 Alat Uji XRD.....	19
Gambar 2.6 Difraksi sinar X Kristal Kubus.....	19
Gambar 2.7 Alat Uji SEM.....	21
Gambar 2.8 Alat Uji Vickers.....	23
Gambar 2.9 Alat Uji DTA.....	24
Gambar 4.1 . Pengamatan SEM Komposit Al-Cu-Mg/SiC 2,5 wt% dengan perbesaran 1500X	35
Gambar 4.2 . Pengamatan EDS Komposit Al-Cu-Mg/SiC 2,5 wt%.....	35
Gambar 4.3 . Pengamatan SEM Komposit Al-Cu-Mg/SiC 2,8 wt% dengan perbesaran 1500X.....	36
Gambar 4.4 . Pengamatan EDS Komposit Al-Cu-Mg/SiC 2,8 wt%.....	36
Gambar 4.5 . Pengamatan SEM Komposit Al-Cu-Mg/SiC 3,1 wt% dengan perbesaran 1500X.....	37
Gambar 4.6 . Pengamatan EDS Komposit Al-Cu-Mg/SiC 3,1 wt%.....	37
Gambar 4.7 Titik jejak uji vikers.....	37

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Data hasil Identifikasi Fasa XRD Komposit Al-Cu-Mg/SiC	32
Grafik 4.2 Data hasil Identifikasi Fasa XRD Komposit Al-Cu-Mg/SiC 2.5%.....	33
Grafik 4.3 Data hasil Identifikasi Fasa XRD Komposit Al-Cu-Mg/SiC 2.8%.....	33
Grafik 4.4 Data hasil Identifikasi Fasa XRD Komposit Al-Cu-Mg/SiC 3.1%.....	34
Grafik 4.5 Data hasil nilai rata – rata uji vikers Komposit Al-Cu-Mg/SiC sebelum di treatment.....	38
Grafik 4.6 Data hasil nilai rata – rata uji vikers komposit Al-Cu-Mg/SiC setelah di treatment.....	40
Grafik 4.7 Data hasil denitas aktual komposit Al-Cu-Mg/SiC.....	41
Grafik 4.8 Data hasil porositas aktual komposit Al-Cu-Mg/SiC.....	42
Grafik 4.9 Data hasil DTA sampel 1 komposit Al-Cu-Mg/SiC.....	43
Grafik 4.10 Data hasil DTA sampel 2 komposit Al-Cu-Mg/SiC.....	43
Grafik 4.11 Data hasil DTA sampel 3 komposit Al-Cu-Mg/SiC.....	43

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemajuan teknologi saat ini sangatlah berkembang pesat, khususnya di bidang material . Banyak penelitian yang dilakukan untuk mengembangkan bahan meterial agar mempunyai sifat-sifat mekanis seperti kekuatan, kekerasan yang optimal untuk aplikasi tertentu. Penggunaan material yang memiliki bobot ringan mulai dikembangkan sebagai alternatif pengganti logam monolith. Hal ini yang mendorong para peneliti untuk mengembangkan material dan paduan baru untuk menjawab tantangan tersebut. Salah satu material yang dikembangkan adalah material komposit, terutama material komposit matriks logam dan matriks polimer. [1]

Komposit logam atau dikenal dengan Komposit Matrik Logam (KML) adalah kombinasi dari dua material atau lebih dimana logam sebagai matrik dan keramik sebagai penguat (*filler*). Penggabungan dua bahan atau lebih ini dimaksudkan untuk mendapatkan kombinasi sifat yang tidak dimiliki oleh bahan-bahan tersebut. Komposit dapat berupa penggabungan logam dengan logam, logam dengan bahan keramik, logam dengan polimer atau polimer dengan keramik. [2]

Perkembangan dunia perindustrian saat ini mulai mempertimbangkan material aluminium sebagai bahan utama dalam proses produksi. Hal ini dikarenakan aluminium dan paduan aluminium termasuk logam ringan yang memiliki kekuatan tinggi, tahan terhadap karat, konduktor listrik yang cukup baik dan aluminium lebih ringan dari pada besi atau baja. [3]. Selain itu material aluminium juga banyak digunakan dalam berbagai industri, terutama industri otomotif ,dirgantara,hankam dan masih banyak yang lainnya. Dan selain itu, aluminium banyak di jadikan sebagai suatu bahan gabungan komposit. Ini bertujuan agar di dapatkan suatu bahan yang berbasis aluminium dengan kualitas yang baik. Ini semua tidak lepas dari ke unggulan dari aluminium itu sendiri dan bagaimana proses pembuatan komposit aluminiumnya. Kekuatan, kekakuan, dan

ketahanan aus antara beberapa sifat-sifat yang ditingkatkan dengan fase penguatan keras.^[22]

Al-2024 merupakan salah satu paduan aluminium yang banyak dipakai didalam industri pesawat terbang. Unsur dalam paduan ini berupa tembaga (Cu) 3.8-4.9 wt%, Magnesium (Mg) 1.2-1.8 wt%, dan Mangan (Mn) sekitar 0.3-0.9 wt%, Si 0.5wt%, Fe 0.5%wt, Zn 0.24%, Ti 0.15wt%, Cr 0.1wt%. Namun kebutuhan akan Al 2024 ini masih sulit untuk terpenuhi, ini karena bahannya berasal dari luar negeri dan harganya yang cukup mahal. Padahal Al 2024 ini banyak sekali manfaatnya bagi kemajuan teknologi di Indonesia. Maka dari pada itu, dibuatlah komposit matriks yang berbasis aluminium untuk memenuhi kebutuhan akan Al 2024.

Akan tetapi dalam proses pencampuran partikel bahan keramik atau *filler* yaitu berupa SiC terdapat kelemahan. Kelemahan tersebut adalah kecenderungan partikel keramik (SiC yang berbentuk serbuk) terjadi pengendapan atau terapung pada beberapa bagian, ini semua tergantung dari berat jenisnya apakah lebih besar atau lebih kecil dibanding dengan *matriks* cairnya. Hal ini yang menyebabkan distribusi partikel keramik tidak seragam atau tidak merata. Oleh karena itu untuk mengatasi permasalahan tersebut, maka digunakanlah proses yaitu *stir casting*.

Beberapa penelitian dilakukan untuk mengatasi permasalahan pada pengecoran aluminium berpenguat SiC. Pada penelitian sebelumnya yaitu yang dilakukan oleh Anggara Budi Susila tahun 2013 yang berjudul *Structure and Mechanical Properties of Al-Cu/SiC Composite Prepared by Hot Press Method* digunakan metode *Hot Press* didapatkan hasil yaitu pada metode *Hot Press* (5 ton) tanpa penambahan elemen didapatkan kekerasan komposit Al-Cu / SiC dengan perlakuan penuaan lebih baik kualitasnya. Dan pada perubahan fasa dan morfologinya tidak terjadi perubahan yang berbeda pada tiap sampelnya dan memiliki hasil kekerasan. Dan pada penelitian Anisa Agustaningsih tahun 2016 yang berjudul *Analisa Sifat Kekerasan Dan Mikro Struktur Komposisi Matriks Logam Al-Cu-Mg Dengan Penguat SiC Melalui Proses Annealing Hasil Stir Casting*, didapatkan hasil yang menunjukkan ditemukannya partikel SiC yang menunjukkan bahwa Al-Cu-Mg/SiC merupakan material komposit. Dan hasil

terbaiknya didapatkan dari komposisi Al-Cu-Mg dengan komposisi SiC 2,5% dengan kekerasan 89,3 kg/mm²

Salah satu metode yang dipakai adalah teknik *stir casting* menggunakan pengadukan dengan putaran tinggi. Tujuan utamanya adalah untuk mendapatkan distribusi partikel keramik yang seragam. ^[20] Proses *stir casting* adalah pencampuran pada fase cair (*liquid state*). Material pada paduan aluminium diperoleh dari proses peleburan yang dilanjutkan dengan penambahan bahan penguat partikel keramik atau *fillernya* yaitu SiC, dengan menggunakan proses pengadukan (*stirring*) agar terjadi penyebaran partikel keramik yang merata dan seragam. Keuntungan metode *stir casting* adalah prosesnya yang sederhana, mudah, fleksibel dan dapat digunakan untuk produk dalam jumlah yang besar, serta dapat mereduksi *final cost* dari suatu proses. Tujuan proses *stir casting* pada proses pencampuran antara matriks dan *filler* adalah untuk mendapatkan distribusi partikel keramik yang merata dan seragam dalam KML.

Pengadukan mekanik diperlukan untuk meningkatkan *wettability*. Pengadukan pada kondisi cair sempurna mengakibatkan partikel penguat mengapung di permukaan matrik cair. Pengadukan pada kondisi *semi solid* bisa membantu penyatuan matrik dan penguat, namun harus dipanaskan lagi sampai suhu penuangan. ^[22] *Wettability* sangat berpengaruh pada hasil dari komposit karena dari *Wettability* yang baik maka akan membuat komposit yang dibuat akan berkualitas baik.

Berdasarkan uraian diatas, pembuatan Komposit Matriks Logam (KML) dari unsur-unsur logam Al, Cu, Mg sebagai matrik dan keramik SiC sebagai *filler* penulis tertarik untuk melakukan penelitian mengenai pembuatan paduan tersebut. Dengan menggunakan komposisi paduan matriks logam dan menggunakan komposisi *filler* SiC. Selain itu penulis ingin mengetahui titik leleh atau *melting* dari komposisi tersebut sehingga penulis dapat mengetahui pada kondisi apa bahan komposit tersebut bisa di manfaatkan.

Pembuatan komposit ini dilakukan menggunakan metode *Stir Casting* dengan putaran 250 rpm. Selain itu akan digunakan variasi pada SiC yaitu 2.5 wt%, 2.8 wt% dan 3.1 wt%, dengan penambahan perlakuan yaitu *annealing* pada temperatur 450°C selama 2 jam dan proses *ageing* selama 16 jam dengan suhu

160°C. Proses perlakuan panas yang dilakukan menggunakan durasi penuaan selama 16 jam dan suhu 160°C, dimana suhu penuaan yang tinggi memungkinkan matriks mencapai kekerasan yang tinggi dalam waktu yang singkat. ^[19] Semua itu dilakukan dengan harapan dapat menghasilkan produk berkualitas baik yaitu berupa logam baru yang kuat dan ringan.

1.2 Identifikasi Masalah

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

1. Bagaimana tingkat kekerasan dari matrik Al dengan campuran Cu, Mg dengan menggunakan filler SiC ?
2. Bagaimana pengaruh proses *stir casting* terhadap struktur mikro komposit Al-Cu-Mg/SiC?
3. Bagaimana pengaruh variasi persentasi bahan (wt%) dari *filler* SiC terhadap matrik Al dengan campuran Cu Mg/SiC?
4. Bagaimana pengaruh proses *stir casting* dan *treatment* pada Al-Cu-Mg/SiC jika di lihat dari *melting* atau titik lelehnya

1.3 Perumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah diatas, maka masalah yang akan dikaji dalam penelitian ini yaitu :

1. Melihat fasa dan struktur mikro pada komposit Al-Cu-Mg/SiC .
2. Menganalisis hasil densitas dan porositas pada komposit Al-Cu-Mg/SiC .
3. Menganalisis sifat kekerasan pada komposit Al-Cu-Mg/SiC.
4. Menganalisis sifat termal pada komposit Al-Cu-Mg karena pengaruh variasi *filler* SiC serta *treatment* komposit Al-Cu-Mg/SiC .

1.4 Pembatasan Masalah

Permasalahan pada penelitian ini dibatasi hanya pada sifat kekerasan dan titik lelehnya atau *melting* pada paduan Al-Cu-Mg/SiC setelah penambahan material atau *filler* nya yaitu berupa variasi SiC, proses pembuatannya dengan *stir casting*

dan perlakuannya adalah *annealing*. Selain itu penambahan material SiC dengan variasi persentasi bahan (wt%) dari *filler* Sic yaitu 2.5 wt%, 2.8 wt% dan 3.1 wt%. Proses pembuatannya dengan *stir casting* dengan frekuensi perputaran motor pengaduk yaitu 250 rpm selama 10 menit. Dan Penambahan perlakuan yaitu *annealing* dengan temperature 450°C selama 2 jam. Selain itu ditambah dengan proses *ageing* selama 16 jam dengan temperatur 160°C.

Pegujian yang akan dilakukan pada sampel ini adalah dengan menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscope*), XRD (*X-Ray Diffraction*), EDS (*Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*), DTA (*Differential Thermal Analysis*), serta alat untuk menguji kekerasan bahan *Hardness Vickers* dan pengujian densitas.

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini adalah :

1. Menganalisis tingkat kekerasan paduan matrik Al-Cu-Mg dengan *filler* SiC dalam pembuatan komposit material agar untuk mendapatkan material yang ringan dan lebih kuat.
2. Mengetahui hasil dari titik lelehnya atau *melting* pada pengaruh perlakuan *annealing* dan *ageing* untuk bahan paduan matrik Al-Cu-Mg dengan *filler* SiC
3. Mengetahui pengaruh proses *stir casting* terhadap struktur mikro komposit Al-Cu-Mg/SiC.

1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk mendapatkan komposisi bahan yang terbaik serta kondisi optimum dalam menghasilkan *new material* dari komposit Al-Cu-Mg/SiC sehingga menghasilkan komposit matrik logam yang bersifat ringan dan kuat juga memiliki ketahanan termal yang baik.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Aluminium (Al)

Aluminium merupakan unsur *non ferrous* yang paling banyak terdapat di bumi yang merupakan logam ringan yang mempunyai sifat yang ringan, ketahanan korosi yang baik serta hantaran listrik dan panas yang baik, mudah dibentuk baik melalui proses pembentukan maupun permesinan, dan sifat-sifat yang baik lainnya sebagai sifat logam. Di alam, aluminium berupa oksida yang stabil sehingga tidak dapat direduksi dengan cara seperti mereduksi logam lainnya. Pereduksian aluminium hanya dapat dilakukan dengan cara elektrolisis. Sebagai tambahan terhadap kekuatan mekaniknya yang sangat meningkat dengan penambahan Cu, Mg, Si, Mn, Zn, Ni, dan sebagainya, secara satu persatu atau bersama-sama, memberikan juga sifat-sifat baik lainnya seperti ketahanan korosi, ketahanan aus, koefisien pemuaian rendah dan sebagainya. Paduan aluminium dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu aluminium lembaran (*wrought alloy*) dan aluminium batang cor (*casting alloy*). Aluminium (99,99%) memiliki berat jenis sebesar $2,7 \text{ g/cm}^3$, densitas $2,685 \text{ kg/m}^3$, dan titik leburnya pada suhu 660°C , aluminium memiliki *strength to weight ratio* yang lebih tinggi dari baja. Sifat tahan korosi aluminium diperoleh dari terbentuknya lapisan oksida aluminium dari permukaan aluminium. Lapisan oksida ini melekat kuat dan rapat pada permukaan, serta stabil (tidak bereaksi dengan lingkungan sekitarnya) sehingga melindungi bagian dalam^[4].

1. Sifat dari Bahan Aluminium

Aluminium berwarna putih kebiru – biruan, lebih keras dari timah putih, tetapi lebih lunak dari pada seng. Aluminium merupakan logam ringan yang mempunyai ketahanan korosi yang sangat baik karena pada permukaannya terhadap suatu lapisan oksida yang melindungi logam dari korosi. Lapisan oksida ini dengan kuat, stabil dan rapat (tidak bereaksi dengan lingkungannya) sehingga melindungi bagian yang lebih dalamnya. Hantaran listriknya cukup baik sekitar 3,2 kali daya hantar listrik besi. Berat jenis aluminium $2,643 \text{ kg/m}^3$ cukup ringan dibandingkan logam lain. Kekuatan aluminium yang berkisar 83-310 MPa dapat

dilipatkan melalui pengerjaan dingin atau pengerjaan panas. Dengan menambah unsur pengerjaan panas maka dapat diperoleh paduannya dengan kekuatan melebihi 700 MPa paduannya.

Aluminium dapat ditempa, diekstruksi, dilengkungkan, diregangkan, diputar, dispons, dirol dan ditarik untuk menghasilkan kawat. Dengan proses pemanasan dapat diperoleh aluminium dengan bentuk kawat foil, lembaran pelat dan profil. Semua paduan aluminium ini dapat di mampu bentuk (wrought alloys) dapat di mesin, di las dan di patri.^[3]

Tabel 2.1 Sifat Fisik Aluminium ^[5]

Sifat-sifat	Kemurnian Al (%)	
	99,996	>99,0
Massa Jenis (20°C)	2,6989	2,71
Titik leleh	660,2 °C	653-657 °C
Panas Jenis (cal/g . °C)(100 °C)	0,2226	0,2297
Hantaran Listrik (%)	64,94	59 (dianil)
Tahanan listrik koefisien temperatur (°C)	0,00429	0,0115
Koefisien pemuaian (20-100 °C)	23,86 x 10 ⁻⁶	23,5 x 10 ⁻⁶
Jenis kristal, konstanta kisi	FCC, a= 4,013 Å	FCC, a= 4,04 Å

Tabel 2.2 Sifat Mekanik Aluminium^[5]

Sifat-sifat	Kemurnian Al (%)			
	99,996		>99,0	
	Dianil	75% dirol dingin	Dian il	H18
Kekuatan tarik (kg/mm ²)	4,9	11,6	9,3	16,9
Kekuatan mulur (0,2%)(kg/mm ²)	1,3	11	3,5	14,8
Perpanjangan (%)	48,8	5,5	35	5
Kekerasan Brinell	17	27	23	44

Aluminium memiliki kelebihan dibandingkan dengan sifat logam lain. Dibanding dengan logam lainnya kelebihan aluminium adalah :

1. Kuat

Aluminium memiliki daya renggang sebesar 8 kg/mm³, tetapi daya ini dapat berubah menjadi lebih kuat dua kali lipat jika aluminium tersebut dikenakan proses pencairan atau *roling*. Aluminium juga menjadi lebih kuat dengan ditambahkan unsur-unsur lain pendampingnya seperti Mg, Zn, Mn, Si.

2. Ringan

Massa jenis Aluminium pada sekitar suhu kamar adalah 29 °C atau sekitar 2,7 gr/cm³.

3. Memiliki daya hantar listrik yang baik

Aluminium merupakan logam yang paling ekonomis sebagai penghantar listrik karena massa jenisnya lebih kecil dari massa jenis tembaga, dimana kapasitas arus dari aluminium kira-kira dua kali lipat dari kapasitas arus pada tembaga.

4. Mudah di proses

Aluminium mempunyai sifat yang baik untuk proses mekanik dari kemampuan perpanjangannya, hal ini dapat dilihat dari proses penuangan, pemotongan, pembengkokan, ekstrusi dan penempaan aluminium. Maka dari pada itu aluminium sering digunakan dalam penelitian karena sifatnya yang mudah di bentuk sehingga mudah pula di proses.

5. Memiliki ketahanan terhadap korosi

Aluminium mengalami korosi dengan membentuk lapisan oksida yang tipis dimana sangat keras dan pada lapisan ini dapat mencegah karat pada aluminium yang berada di bawahnya. Dengan demikian logam aluminium adalah logam yang mempunyai daya tahan korosi yang lebih baik dibandingkan dengan besi dan baja lainnya.

6. Anti magnetis

Aluminium adalah logam yang termasuk kedalam anti magnetis.

7. Toksifitas

Aluminium adalah logam yang tidak beracun dan tidak berbau.

8. Bisa di daur ulang atau pakai kembali

Aluminium mempunyai titik lebur yang rendah, oleh sebab itu kita dapat memperoleh kembali logam aluminium dari *scrapnya*.

2.2 Paduan Aluminium

Paduan aluminium mempunyai prospek yang luas untuk dipakai dalam industri pesawat terbang karena mempunyai kekuatan spesifik dan modulus elastis yang tinggi. Oleh karena itu pengujian sifat paduan aluminium amat penting untuk mengetahui sifat mekanik dari paduan tersebut. Sifat-sifat mekanik paduan aluminium amat penting, maka tingkat keteguhan dan ketangguhan aluminium paduan perlu diperhatikan pada batas butir, segregasi batas butir dan pengotor, yang dapat mempengaruhi sifat mekanik paduan tersebut^[7].

Paduan aluminium tembaga adalah salah satu paduan logam yang banyak dipakai didalam industri, baik industri ringan maupun berat, akan tetapi masih perlu unsur-unsur penambah dengan tujuan untuk memperbaiki sifat-sifat lain seperti tahan korosi, mampu bentuk dan tuang yang baik. Unsur paduan aluminium adalah silikon, tembaga dan magnesium. Silikon meningkatkan kekerasan dan ketahanan terhadap korosi, tembaga meningkatkan sifat mekanik, sementara magnesium meningkatkan keringanan dan menguatkan ketahanan terhadap benturan^[10].

Berdasarkan standar AA (*Aluminium Association*) komposisi utamanya penomoran pada kode aluminium ditulis dengan kode empat angka, (xxxx) untuk jenis wroughtaluminium alloy dan (xxx.x) untuk castaluminium alloy.

Tabel 2.3 Daftar seri paduan Aluminium Wrought Alloy^[12]

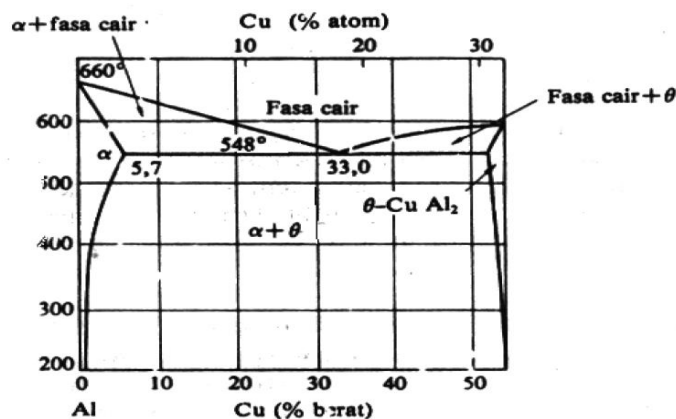
Seri Paduan	Unsur Paduan Utama
1xxx	> 99.000% Alumunium
2xxx	Tembaga / <i>Copper</i> (Cu)
3xxx	Mangan (Mn)
4xxx	Silikon (Si)
5xxx	Magnesium (Mg)
6xxx	Magnesium dan Silikon
7xxx	Seng (Zn)
8xxx	Unsu Lain

Tabel 2.4 Daftar seri paduan Aluminium Cast Alloy^[12]

Seri Paduan	Unsu Paduan Utama
1xx.x	> 99.000% Alumunium
2xx.x	Tembaga / <i>Copper</i> (Cu)
3xx.x	Silikon-Tembaga- Magnesium
4xx.x	Silikon (Si)
5xx.x	Magnesium (Mg)
6xx.x	Tidak digunakan
7xx.x	Seng (Zn)
8.xx.x	Timah / Tin (Sn)
9.xx.x	Unsur Lain

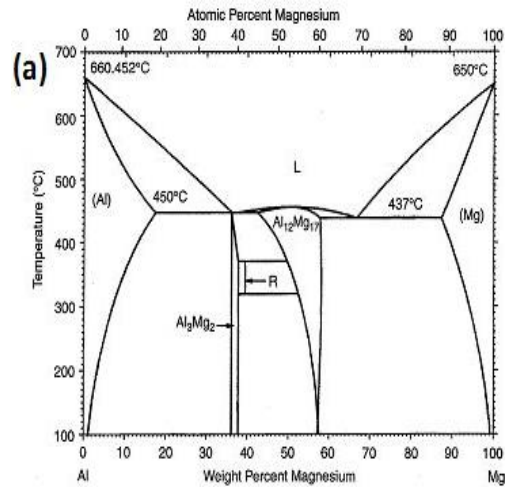
Paduan aluminium pada umumnya merupakan logam yang bersifat *non heat-treatable* karena pada dasarnya aluminium murni merupakan logam yang bersifat *non-heat-treatable*. Oleh karena itu, perlu dilakukan pemaduan aluminium dengan menambahkan unsur lain, agar memiliki sifat unggul yang lebih baik, termasuk kemampuan *heat-treatable* dan mampu las (*weldability*). *Heat-treatable* adalah kemampuan logam untuk dapat ditingkatkan sifat mekaniknya dengan diberi perlakuan panas. *Non heat-treatable* merupakan sifat logam yang tidak akan bisa ditingkatkan sifat mekaniknya dengan diberi perlakuan panas^[12].

Paduan Al-Cu adalah kombinasi dari logam aluminium yang mempunyai sifat ringan, tahankorosi, mudah dimesin, dengan tembaga yang mempunyai sifat penghantar listrik yang baik, keuletan yang tinggi dan juga sifat tahan korosi^[11]. Paduan Al-Cu dapat digolongkan dalam tiga jenis yaitu *hypoeutectic*, *eutectic* dan *hypereutectic*.



Gambar 2.1 Diagram Fasa Al-Cu^[7]

Gambar 2.1, menunjukkan paduan Al-Cu dengan komposisi tembaga < 33% disebut *hypoeutectic*. Titik *eutectic* pada paduan Al-Cu terdapat pada kandungan Cu sebesar 31,9 sampai 32,9%. Sedangkan kandungan tembaga >33,0% disebut *hypereutectic*^[7]. Terlihat pada kandungan <10% Cu memasuki fase liquid saat temperatur sekitar 660 °C



Gambar 2.2 Digaram Fasa Al-Mg(b)^[10]

Dapat dilihat Al-Mg dapat meningkatkan kekuatan dan kekerasannya, selain itu dapat meningkatkan pula ketahanan terhadap korosi antara paduannya. Pada magnesium kelarutannya 17,4% pada temperatur 450°C. Magnesium dengan Si membentuk fasa senyawa Mg₂Si yang mengendap pada perlakuan panasnya. Pada gambar juga diperlihatkan bahwa pada kandungan kurang dari 2% Mg memasuki fase *liquid* saat temperatur diatas 660°C. ^[14]

2.3 Paduan Aluminium 2024

Aluminium seri 2024-T3 diaplikasikan secara luas pada industri pesawat terbang karena memiliki sifat mekanik yang baik seperti; bobot yang ringan, konduktivitas yang baik dan adanya ketahanan korosi yang cukup baik. ^[14] Aluminium ini diperkenalkan oleh Alcoa pada 1931 sebagai produk dingsing Alclad dalam tipe T3. Paduan aluminium 2024 memiliki ketahanan fatik, ketahanan korosi dan ketahanan terhadap pemuaihan 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.

2.4 Tembaga (Cu)

Tembaga dalam tabel periodik memiliki lambang Cu dan nomor atom 29. Tembaga merupakan konduktor panas dan listrik yang baik. Tembaga memiliki

sifatnya halus dan lunak, dengan permukaan berwarna jingga kemerahan. Dan tembaga dikenal memiliki korosi yang cepat sekali.

Gambar 2.5 Sifat fisis Tembaga^[6]

Sifat Fisik	Nilai
Massa Jenis	8.92 g/cm ³
Struktur Kristal	FCC
Titik Lebur	1084 °C
Titik Didih	2927 °C

Penambahan tembaga dengan komposisi yang tepat akan meningkatkan kekuatan terhadap perlakuan panas. Di sisi lain, penambahan tembaga pada paduan Al-Cu akan menurunkan ketahanan korosi, ketahanan retak panas (*hot tear*), dan mengurangi keuletan bahan^[7].

2.5 Magnesium (Mg)

Magnesium memiliki warna yaitu putih keperakan. Unsur ini memiliki densitas yang lebih rendah dibandingkan aluminium. Faktanya, magnesium memiliki densitas yang rendah diantara semua logam rekayasa umum. Seperti aluminium, magnesium memiliki afinitas yang baik untuk oksigen. Magnesium, hanya stabil pada udara atmosfer yang kering, korosi mudah terjadi pada udara yang lembab kecuali dilindungi dengan diberi lapisan atau metode lainnya.

Tabel 2.6 Sifat fisik dan mekanik Magnesium^[6].

Sifat	Nilai	Satuan
Massa atom	24,31	g/mol
Densitas	1,738	g/cm ⁻³
Titik lebur	923	K (650 °C)
Titik didih	1363	K (1090 °C)
Kekuatan tarik	10	N/mm ²
Kekerasan Brinell	33	-

Paduan aluminium dengan magnesium memiliki ketahanan korosi yang sangat baik, sejak lama disebut hidronalium dan dikenal sebagai paduan yang tahan korosi. Paduan aluminium yang mengandung magnesium 4% sampai 10% mempunyai kekuatan tarik diatas 30 kgf/mm² dan perpanjangan diatas 12%. Paduan ini biasanya dipakai untuk alat-alat industri kimia, kapal laut dan pesawat terbang.

Penambahan magnesium pada pembuatan komposit *matriks* aluminium dengan penguat keramik dapat meningkatkan pembasahan dan daya lekat antara *matriks* dan penguatnya dengan membentuk fasa spinel MgAl₂O₄ dan MgO pada daerah antarmuka *matriks* aluminium dengan penguat SiC. Fasa spinel tersebut dapat mereduksi tegangan permukaan antara *matriks* dan penguat sehingga dapat meningkatkan daya lekat antara keduanya. Daya lekat yang baik antara *matriks* dan penguat ini berhubungan dengan kemampuan komposit dalam mendistribusikan gaya luar dari *matriks* menuju penguat secara merata. Dengan kata lain, penambahan Mg dapat meningkatkan sifat mekanis dari material komposit. ^[8]

2.6 Silikon Karbida (SiC)

Silikon Karbida (SiC) atau yang sering disebut dengan material keramik adalah salah satu jenis bahan silikon yang termasuk dalam jenis nonlogam dan non mineral. Serbuk SiC ada yang berwarna hitam atau hijau tergantung dari bahan bakunya. Silikon karbida (SiC), merupakan senyawa kristalin yang mempunyai sifat mekanik dengan kekerasan cukup tinggi dan mempunyai titik leleh tinggi yaitu sekitar 2837°C. Memiliki berat atom 40,1 gram, terdiri atas 70,04% Si dan 39,06% C. Sifat lainnya adalah tidak larut dalam air dan pelarut lainnya, lebih dikenal dengan nama *carborundum* dan *moissanite*, juga mudah berikatan dan tidak menyebabkan oksidasi pada logam aluminium. ^[22] . Karena kekerasan yang tinggi serta konduktivitas termalnya yang baik, SiC biasaya dimanfaatkan untuk bahan abrasif, refraktori, komponen otomotif, penerbangan, dan bidang pertahanan. Dalam pembuatan komposit bermatriks aluminium, silikon karbida (SiC) merupakan jenis penguat diskontinyu untuk komposit

bermatriks logam yang paling umum digunakan. Keuntungan menggunakan SiC sebagai partikel penguat adalah efektif untuk meningkatkan kekuatan, kekakuan, konduktivitas termal, ketahanan aus, ketahanan leleh, dan menurunkan ekspansi termal. SiC mempunyai ketahanan terhadap suhu 2200 – 2700 °C. Pada suhu 1000 °C akan terbentuk lapisan SiO₂.^[9]

Tabel 2.7 Sifat Silika Karbida^[11]

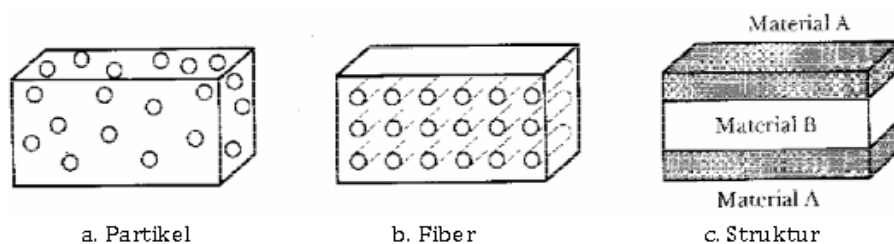
Sifat Fisik	Nilai
Massa Jenis	3.15 g/cm ³
Berat Atom	40,1 g/mol
Warna	Hitam
Struktur Kristal	Hexagonal
Titik Lebur	2700 °C
Titik Didih	2972 °C
Sifat Mekanis	Nilai
Modulus Elastisitas	410 Gpa
Poisson's Ratio	0,14
Kekerasan	3500 VHN
Kekuatan Luluh	450 Mpa
Ketangguhan	4,5 Mpa m
Sifat Panas	Nilai
Konduktivitas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

2.7 Material Komposit

Material komposit suatu campuran atau kombinasi dua atau lebih unsur-unsur makro yang berbeda bentuk dimana komposisinya tidak saling melarutkan, dan diantara unsur-unsur yang satu dengan yang lainnya terdapat jarak antar muka/permukaan.^[15]

- Material Komposit Logam Aluminium

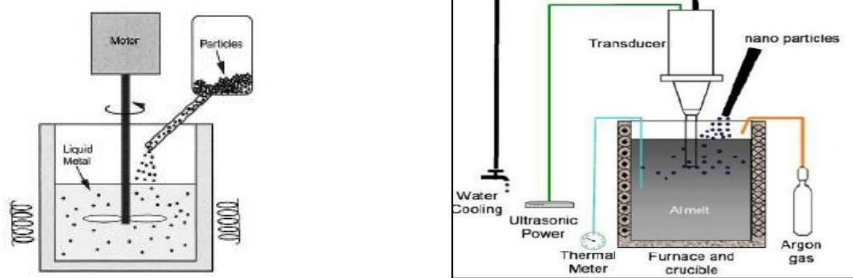
Komposit bermatrik aluminium atau dikenal dengan AMC (*Aluminum Matrix Composites*) adalah salah satu jenis material yang memiliki potensi besar untuk dikembangkan. Hal tersebut dikarenakan kombinasi sifat-sifatnya yang baik, seperti kekuatan dan kekerasan yang tinggi, masa jenis yang rendah, mampu *machining* yang baik, bahan dasar mudah didapatkan di pasaran, dan harga yang cukup terjangkau dan bersaing dengan material lain. Pada pemanfaatannya, AMC banyak digunakan dalam industri otomotif, penerbangan, pertahanan dan lain sebagainya. AMC banyak digunakan pada aplikasi yang membutuhkan performa tinggi, seperti aplikasi dalam permesinan pesawat terbang, juga aplikasi dalam industri otomotif^[16].



Gambar 2.3. Ilustrasi komposit berdasarkan penguat yang digunakannya pada bahan

2.8 Proses *Stir casting/Stirring*

Proses *stir casting* adalah salah satu jenis *Liquid state processing* dilakukan dengan cara melebur *matriks*, dalam hal ini aluminium kemudian dilanjutkan dengan proses pencampuran dengan partikel. Pada proses *stir casting*, aluminium cair diputar oleh suatu mekanisme sehingga membentuk pusaran (*vortex*), dicampur dengan partikel keramik. Ketidak homogenan secara mikrostruktur dapat menyebabkan terjadinya penggumpalan dan sedimentasi pada logam cair dan proses kelanjutannya yaitu saat pembekuan. Penyebabnya adalah adanya masalah interaksi antara partikel dengan logam cairnya yang kurang baik. Secara skematis rangkaian proses dan peralatan yang digunakan dalam proses *stir casting*, dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Skema proses *stir casting*

2.9 Ageing

Ageing, yaitu menahan pada suatu temperatur tertentu (temperatur kamar atau temperatur dibawah *solvus line*) selang waktu tertentu. Pemilihan waktunya dalam proses tersebut seharusnya dilakukan dan diperhitungkan secara cermat. Hal itu disebabkan karena waktu dilakukannya proses *ageing* dapat menyebabkan perbedaan pada jenis, fraksi volume, ukuran dan distribusi partikel endapan, yang pada akhirnya dapat mempengaruhi struktur akhir dan menghasilkan sifat mekanik yang berbeda [20]

2.10 Annealing

Annealing adalah proses *heat treatment* yang dilakukan dengan memanaskan sampel lalu mendinginkannya secara perlahan-lahan di dalam tungku. Tujuan dari *annealing* adalah untuk melunakan, serta memperbaiki sifat kelistrikkannya dan kemagnetan, serta sifat ketangguhannya.^[17] Sampel yang di-*annealing* akan mengalami 3 proses yaitu pemulihan, rekristalisasi, dan pertumbuhan butir. Tahap pemulihan anil terdiri dari penyusunan kembali dislokasi untuk mengurangi energi kisi dan tidak melibatkan perpindahan dari batas sudut besar. Selama tahap pemulihan terjadi penurunan energi yang disimpan dan resistivitas diikuti oleh penurunan kekerasan yang kecil. Salah satu proses pemulihan yang menghasilkan penurunan energi regangan kisi adalah penyusunan kembali dislokasi membentuk dinding sel. Pada tahap rekristalisasi primer kisi yang terdeformasi secara menyeluruh digantikan oleh kisi baru tanpa regangan melalui proses nukelasi dan pertumbuhan, dimana butir tanpa tegangan tumbuh nuklei yang terbentuk dalam deformasi. Orientasi butir baru yang berbeda dengan orientasi kristal yang digantikan menyebabkan proses

pertumbuhan. Hal ini terjadi karena batas sudut besar bergerak memisahkan kristal dari *matriks* yang mengalami regangan. Laju rekristalisasi berpengaruh pada beberapa faktor yaitu :

1. Jumlah deformasi sebelumnya (makin besar tingkat pengerjaan dingin makin rendah temperatur rekristalisasi dan semakin halus ukuran butir)
2. Temperatur *annealing* (dengan turunnya temperatur maka waktu untuk menghasilkan besar butir konstan bertambah secara eksponensial)

Temperatur dan laju pendinginan dari *annealing* tergantung dari hasil yang diinginkan dari struktur mikronya, oleh karena itu *annealing* dibagi menjadi beberapa proses antara lain:

a. *Full Annealing*

Proses pemanasan yang bertujuan untuk melunakan aluminium, proses yang dilakukan dengan cara memanaskan sampai daerah *eutetic* kemudian diberikan waktu tahan dan didinginkan perlahan melewati daerah *eutetic*nya.

b. *Stress Relieving*

Proses untuk menghilangkan tegangan sisa yang ada pada aluminium. Aluminium yang telah mengalami proses pengecoran, permesinan, pengelasan maka akan terdapat tegangan sisa didalamnya. Tegangan sisa menyebabkan distorsi bahkan dapat mengalami retak pada saat digunakan.

c. *Recrystallitation Annealing*

Proses pemanasan ini bertujuan untuk menumbuhkan atau membentuk butir baru setelah mengalami proses pengerjaan dingin (*cold working*). Tujuan dari proses ini adalah untuk menghilangkan tegangan sisa. Pemanasan dilakukan dibawah temperature *eutectic* nya.

2.11 Wettability

Kemampuan basah adalah kemampuan pada cairan matriks untuk merata kepermukaan suatu padatan . Pembasahan merupakan kontak antara fasa cairan dan permukaan fasa padat, dihasilkan dari interaksi antar molekul ketika keduanya terbawa secara bersamaan tergantung dari energi yang di minimalkan. Derajat pembasahan dijelaskan dengan sudut kontak (*contact angle*) sudut dimana antar muka fasa *liquid – vapor* bertemu dengan antarmuka fasa *solid-liquid*. Maka dari pada itu suatu *Wettability* sangat berpengaruh pada kualitas dari

suatu bahan material. Sehingga dalam prosesnya *Wettability* sangat dilihat dalam pembuatan sebuah komposit.

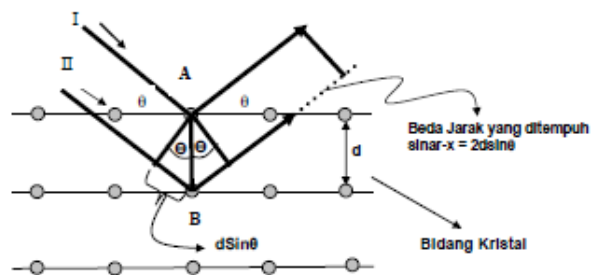
2.12 Karakterisasi Sampel

2.12.1 Difraksi Sinar X (X-Ray Diffraction)



Gambar 2.6 Alat uji 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 (λ) (Beiser, 1995).



Gambar 2.7 Difraksi Sinar X Kristal Kubus (Beiser,1995)

Apabila suatu berkas sinar dengan panjang gelombang λ dijatuhkan pada sekumpulan bidang kristal yang berjarak d pada sudut θ , maka berkas sinar

tersebut dipantulkan secara simetri dengan sudut θ , sinar yang dipantulkan tampak jika berkas-berkas dari tiap bidang yang berdekatan saling menguatkan. Berkas neutron tersebut tidak saja dipantulkan oleh bidang permukaan, tetapi juga oleh bidang-bidang di bawahnya. Pantulan ini akan sefasa apabila berkelipatan bulat dari panjang gelombang berkas. Rumusan umum untuk jarak konstanta kisi (parameter kisi) dalam kristal kubik (Cullity, 1976) adalah:

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

Dengan a = Parameter kisi

d_{hkl} = Jarak antar bidang kisi

h, k, l = Indeks bidang

Dalam mengidentifikasi hasil pengujian karakteristik menggunakan alat XRD pada sebuah sampel dapat digunakan beberapa langkah untuk mengolahnya, diantaranya seperti berikut:

- Pertama, mencari puncak difraksi pada lapisan yang terbentuk pada substrat menggunakan *software* Bella V2.21. *Software* Bella adalah *software* buatan Dr. Muhammad Hikam. *Software* ini dapat digunakan untuk mencari luas kurva intensitas sehingga pengguna dapat mencari ukuran butir dari sampel tersebut. Dengan *software* Bella pengguna juga dapat mengkonversi data dari UDF menjadi .raw atau .prm untuk digunakan pada program GSAS.

- Kedua, mencocokkan puncak-puncak yang terlihat pada langkah pertama dengan data *Joint on Committee Powder Diffraction Standards* (JCPDS). Sehingga didapatkan bidang-bidang hkl berapa saja yang membentuk sampel tersebut.

- Ketiga, mencari luas kurva setengah gelombang (FWHM) dan sudut yang presisi sesuai dengan puncak hasil pencocokan pada langkah kedua. Hasil tersebut kemudian digunakan untuk mencari ukuran butir pada sampel tersebut.

- Keempat, mencocokkan data yang dihasilkan alat XRD dengan puncak hasil pencocokan pada langkah kedua untuk mendapatkan jarak antar bidang

kisi (d). Hasil tersebut kemudian digunakan untuk mencari parameter kisi (a) pada sampel tersebut.

2.12.2 SEM (*Scanning Electron Microscope*) dan EDS (*Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy*)



Gambar 2.5 Alat uji Sem

SEM adalah salah satu alat uji untuk melihat morfologi dan komposisi material biologi dan fisika. Seperti halnya mikroskop optik, SEM digunakan sebagai alat bantu untuk melihat suatu permukaan dengan skala kecil. EDS merupakan suatu alat uji untuk mengetahui fasa pada suatu material. Mekanisme alat ukur SEM dapat dijabarkan sebagai berikut

- a. Sampel diletakkan dalam cawan yang dilapisi emas
- b. Sampel disinari dengan pancaran elektron bertenaga kurang lebih 20 kV sehingga sampel memancarkan elektron tunman (*secondary electron*) dan elektron terpantul (*back scattered electron*) yang dapat dideteksi dengan *detector scintillator* yang diperkuat sehingga timbul gambar pada layar CRT
- c. Pemotretan dilakukan setelah dilakukan pengesetan pada bagian tertentu, dari objek dan perbesaran yang diinginkan sehingga diperoleh foto sesuai yang diinginkan
- d. Gambar yang didapat selanjutnya diidentifikasi fasa-nya

2.12.3 Uji Densitas dan Porositas

Pengujian densitas dan porositas dilakukan dengan menggunakan standar pengujian ASTM C 373-88 yang mengacu pada hukum Archimedes.^[20]

Tahapan pengujian densitas dan porositas adalah sebagai berikut :

Menyiapkan sampel yang akan diuji

- a. Menyiapkan timbangan digital, *beaker glass* 1000 mL, benang dan aquadest
- b. Menimbang berat kering sampel dengan terlebih dahulu
- c. Menimbang berat sampel dalam air, dengan cara memasukan sampel yang digantung dengan benang ke dalam air sampai seluruh permukaan tercelup di dalam air.
- d. Mencatat berat sampel dalam air kemudian menghitung volume sampel dengan rumus sebagai berikut :

$$V = \frac{W}{D} \quad (1)$$

Dimana,

- V = volume sampel (cm³)
W = berat sampel dalam air (gram)
D = densitas air (gram/cm³)

- e. Menghitung densitas sampel hasil percobaan dengan menggunakan rumus :

$$D_B = \frac{W_D}{V} \quad (2)$$

Dimana,

- V = volume sampel (cm³)
W_D = berat sampel kering (gram)
D_B = densitas sampel (gram/cm³)

- f. Menghitung nilai porositas sampel hasil percobaan dengan menggunakan rumus berikut :

$$P = \frac{D_{teoritis} - D_{aktual}}{D_{teoritis}} \times 100 \quad (3)$$

Dimana,

- P = porositas dari hasil pengecoran. (%)

D_{teoritis} = densitas teoritis (gram/cm^3)

D_{aktual} = densitas aktual (gram/cm^3)

2.12.4 Pengujian Kekerasan Vickers



Gambar 2.8 Alat uji Vickers

Sifat mekanik bahan merupakan hubungan antara respon atau deformasi bahan terhadap beban yang bekerja. Sifat mekanik bahan biasanya berkaitan dengan kekuatan, kekerasan dan keuletan.

Dalam penelitian ini, sifat mekanik hanya difokuskan pada sifat kekerasan dengan menggunakan metode kekerasan *vickers* (*vickers hardness*). Pengujian kekerasan dengan metode Vickers bertujuan menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap intan berbentuk piramida dengan sudut puncak 136° yang ditekan pada permukaan material uji tersebut. Angka kekerasan Vickers (HV) didefinisikan sebagai hasil bagi keefisien sebagai hasil dari beban uji (F) dalam Newton yang dikalikan dengan angka faktor 0,102 dan luas permukaan bekas luka tekan (injakan) bola baja (A) dalam milimeter persegi.

$$HV = \frac{2F \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)}{d^2} \quad (4)$$

Secara matematis dan setelah disederhanakan,

$$HV = 1,854 \times \frac{F}{d^2} \quad (5)$$

Keterangan :

HV : kekerasan Vickers (Kg/mm^2)

d : diameter pengujian (mm)

F : gaya yang diberikan pada sampel (N)

2.12.5 Analisis Termal Diferensial (*Differential Thermal Analysis, DTA*)



Gambar 2.9 Alat uji Analisis Termal Diferensial (*Differential Thermal Analysis, DTA*)

Salah satu teknik yang digunakan dalam analisis termal yakni analisis termal diferensial (DTA) yang mengukur perbedaan temperatur, ΔT , antara sampel dan material pembanding yang inert sebagai fungsi waktu; untuk itu DTA digunakan untuk mendeteksi perubahan panas. Temperatur sampel dan blanko harus sama hingga terjadi suatu kondisi termal, seperti peleburan, dekomposisi, atau perubahan dalam struktur kristal, yang terjadi dalam sampel, dimana dalam kasus ini dapat terjadi perubahan yang sifatnya eksotermik atau pun endotermik.

Perbedaan temperatur dapat juga timbul di antara dua sampel yang inert ketika respon keduanya terhadap pemanasan tidaklah sama. Sehingga dengan demikian, DTA dapat digunakan untuk mempelajari sifat-sifat termal dan perubahan fase yang tidak menjurus pada suatu perubahan di dalam entalpi. Garis dasar (base line) pada kurva DTA memperlihatkan proses yang terputus (diskontinu) pada saat terjadinya transisi temperatur dan slope pada kurva tersebut pada beberapa titik akan bergantung pada konstitusi mikrostruktural pada temperatur tersebut.

Kurva DTA dapat digunakan sebagai sidik jari untuk tujuan identifikasi, sebagai contoh, pada penelitian terhadap lempung dimana kesamaan struktur dari pandangan wujud difraksi yang berbeda sulit untuk diinterpretasikan. Daerah di bawah puncak (peak) DTA dapat dirujuk pada suatu perubahan entalpi dan ini tidaklah dipengaruhi oleh kapasitas panas dari sampel.

Instrument DTA komersial tersedia dengan skala temperatur -190 sampai 1600°C. Ukuran sampel biasanya kecil, beberapa miligram, karena akan lebih sedikit masalah dengan gradient termal dalam sampel yang mungkin akan mengurangi sensitivitas dan akurasi. Rangkaian DTA biasanya didesign dengan sensitivitas maksimum untuk perubahan termal, tapi rangkaian ini seringkali kehilangan respon dari kalorimeter. Jika data kalorimetri dibutuhkan, biasanya akan lebih baik dan lebih mudah untuk menggunakan Pembacaan Diferensial Kalorimetri (DSC).

2.13 Penelitian Yang Relevan

Berdasarkan penelitian Anggara Budi Susila tahun 2013 dengan judul *Structure and Mechanical Properties of Al-Cu/SiC Composite Prepared by Hot Press Method* diketahui bahwa hasilnya memiliki kesamaan pada morfologinya dan tidak terjadi banyak perubahan fasa yang banyak. Dan di dapatkan kesimpulan bahwa pada komposit Al-Cu / SiC diperoleh dengan metode press panas (5 ton) tanpa penambahan elemen didapatkan kekerasan komposit Al-Cu / SiC dengan perlakuan penuaan lebih baik kualitasnya. ^[23]

Penelitian yang dilakukan oleh Suyanto pada tahun 2015 dengan judul Analisa Ketangguhan Komposit Aluminium Berpenguat Serbuk SiC. Pada penelitian ini dilakukan dengan metode *semi solid stir casting*. Pada penelitian sebelumnya menyatakan bahwa peningkatan persentase SiC akan meningkatkan ketangguhan impak. Pada penelitian ini kenaikan harga impak dicapai hingga penambahan SiC 5%, sedangkan harga impak menurun dengan penambahan SiC lebih dari 5%. Dari data tersebut bisa dianalisa bahwa penambahan Mg 1% hanya efektif untuk menaikkan *wettability* matriks Al terhadap SiC sampai 5%. Penambahan Mg lebih dari 1% diperlukan untuk mempertahankan *wettability* pada penambahan SiC lebih dari 5%. Maka dari pada itu pada penelitian ini didapatkan kesimpulan bahwa AMC (*Aluminum Matrix Composites*), Penambahan 1% Mg mampu meningkatkan ketangguhan, dan nilai ketangguhan tertinggi dicapai pada penambahan 5% SiC, penambahan SiC lebih dari 5% menurunkan ketangguhan, penambahan Mg 1% hanya efektif untuk menaikkan *wettability* matriks Al terhadap SiC sampai 5%. Penambahan Mg lebih dari 1%

diperlukan untuk mempertahankan *wettability* pada penambahan SiC lebih dari 5%.

Pada penelitian Anisa Agustaningsih tahun 2016 dengan judul Analisa Sifat Kekerasan Dan Mikro Struktur Komposisi Matriks Logam Al-Cu-Mg Dengan Penguat SiC Melalui Proses *Annealing* Hasil *Stir Casting* , dilakukan variasi SiC 1.5 % , 2 % , 2.5 % dengan matriks Mg 4.4 % dan Cu 1.2 % . Dari semuanya didapatkan hasil hasil XRD pada SiC 2.5 % pada 2θ yaitu $38,390^\circ$ Dan hasil SEM menunjukkan ditemukannya partikel SiC yang meunjukkan bahwa Al-Cu-Mg/SiC merupakan material komposit. Nilai densitas tertinggi pada komposit Al-Cu-Mg/SiC 2,5% yaitu $2,68 \text{ gram/cm}^3$ dan Nilai porositas terendah pada komposit Al-Cu-Mg/SiC 2,5% yaitu 2,47 % . Lalu Nilai kekerasan Vickers tertinggi Al- 4,4% Cu-1,2% Mg/SiC 2,5% mencapai $89,3 \text{ kg/mm}^2$.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini untuk memanfaatkan paduan Al-Cu-Mg dengan penguat SiC dalam pembuatan komposit material serta mengetahui pengaruh perlakuan *annealing* setelah proses *stir casting* terhadap struktur mikro dan sifat termal serta sifat mekanik komposit Al-Cu-Mg/SiC.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Fisika Material Universitas Negeri Jakarta. Dimulai pada bulan April 2017 sampai selesai.

3.3 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen yaitu, pengembangan metode pembuatan komposit dengan melakukan pengadukan mekanik (*stir casting*) pada logam yang berfungsi sebagai *matriks* diatas temperatur leburnya kemudian dituang didalam cetakan. Paduan *matriks* Aluminium, tembaga, Magnesium dan SiC dilebur sampai suhu yang ditentukan. Setelah itu dicampur atau digabungkan semuanya dengan *stirrer* dengan kecepatan 250 rpm .Kemudian dituang pada cetakan untuk selanjutnya dilakukan pendinginan furnace selama 1 hari. Selanjutnya sampel tersebut diberikan perlakuan *annealing* pada suhu 450°C dalam waktu 2 jam. Selanjutnya sampel di dinginkan kembali pada suhu ruang untuk selanjutnya ke treatment selanjutnya yaitu dengan proses *agieng* selama 16 jam dengan temperatur 160 °C . kemudian sampel akan dipotong menjadi beberapa bagian dan dilapisi dengan resin agar membantu dalam proses pengamplasan. Setelah sampel selesai diampelas barulah sampel melalui proses etsa dan selanjutnya sampel siap untuk di uji.

3.4 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

1. Timbangan digital dengan nst 0,001 gram
2. Cetakan Sampel
3. Motor Pengaduk
4. Furnace
5. Mesin SEM
6. Mesin EDS
7. Mesin Difraktometer Sinar X (XRD)
8. Hardness Vickers Tester
9. Alat Uji Densitas
10. Alat uji DTA
11. Alat pemotong
12. Mesin amplas
13. Gelas Breaker
14. Oven

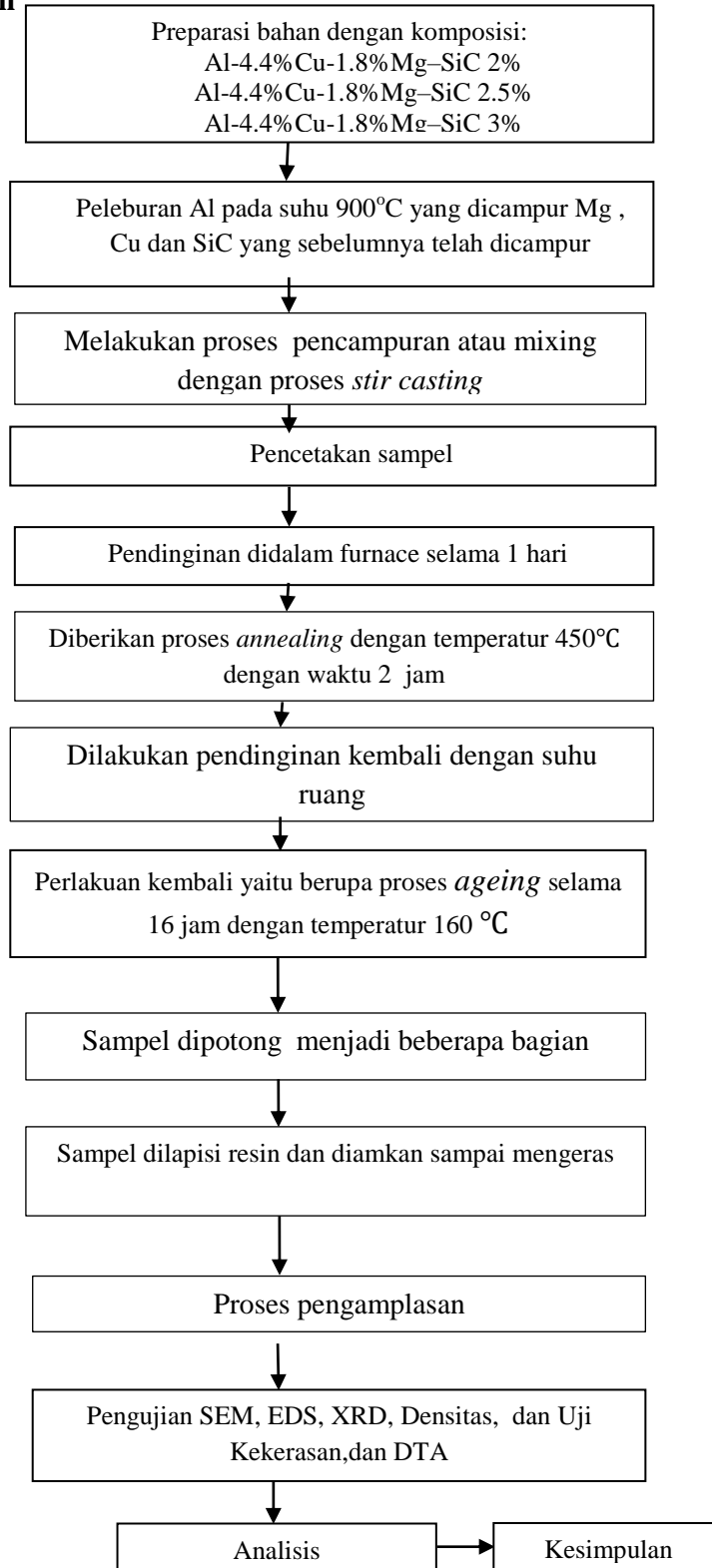
Bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini, yaitu :

1. Aluminium murni batangan
2. Tembaga
3. Magnesium
4. Serbuk Silika karbida

3.5 Prosedur Penelitian

1. Preparasi bahan seperti aluminium, tembaga, magnesium yang akan digunakan sebagai *matriks* serta serbuk Silika karbida sebagai filler. Dengan komposisi masing-masing:
 - a) Al – 4.4 % Cu - 1.8% Mg – SiC 2.5 %
 - b) Al – 4.4 % Cu – 1.8% Mg – SiC 2.8 %
 - c) Al – 4.4 % Cu -1.8 % Mg – SiC 3.1 %
2. Potongan aluminium dan serbuk tembaga, magnesium, dan SiC disatukan dalam satu wadah untuk dilakukan pemanasan sampai titik lelehnya.
3. Setelah paduan aluminium, tembaga, magnesium, dan SiC mencapai temperature titik leburnya, Kemudian berikan proses pengadukan *stirring* \\ pada suhu yang telah ditentukan , selanjutnya untuk proses pengadukan dilakukan dengan motor pengaduk dengan putaran 250 rpm selama 10 menit. Mengulang langkah tersebut dengan menggunakan komposisi SiC yang berbeda. Setelah itu dilakukan casting atau proses pencetakan sampel.
4. Setelah itu dilakukan pencetakan paduan dan selanjutnya sample akan di proses *annealing* selama 2 jam dengan temperatur 450°C.
5. Selanjutnya dilakukan pendinginan dilakukan pada udara suhu ruang, setelah mencapai suhu ruang dan padat.
6. Ketika sampel sudah bersuhu ruang barulah di *ageing* sebagai salah satu prosesnya selama 16 jam dengan suhu 160 °C.
7. Lalu setelah proses tersebut barulah sampel di dinginkan kembali untuk selanjutnya akan dipotong lalu di amplas dan di etsa.
8. Melakukan pengujian pada sampel.

3.6 Diagram Alir Penelitian



BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Preparasi Bahan

Dalam penelitian ini telah dilakukan pembuatan material komposit *matriks* logam paduan aluminium (Al-Cu-Mg) dengan variasi penguat yaitu SiC melalui proses *stir casting*. Sampel-sampel yang diteliti seperti pada tabel 4.1 berikut,

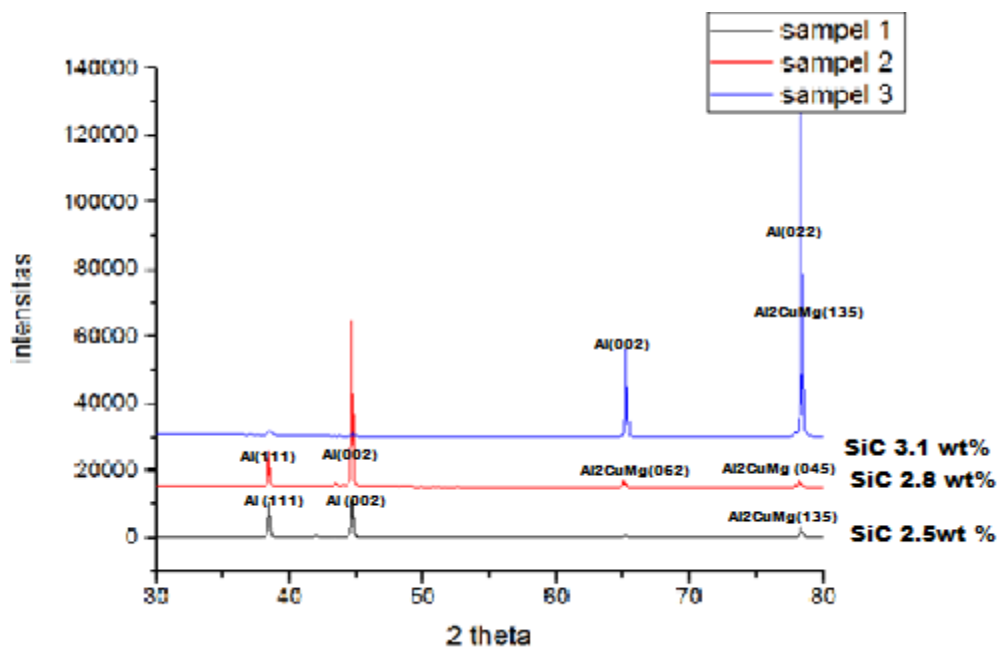
Komposisi <i>Matriks</i>	Komposisi Filler SiC	Massa (gram)				Massa Total (gram)
		Al	Cu	Mg	SiC	
Al - 4.4 wt% Cu - 1.2 wt% Mg	2.5 wt%	34.40	1.65	0.67	0.94	37.663
	2.8 wt%	31.41	1,51	0,62	0,96	34.502
	3.1 wt%	43.84	2.12	0.87	1.49	48.323

Tabel 4.1 Komposisi tiap sampel Al-Cu-Mg/SiC

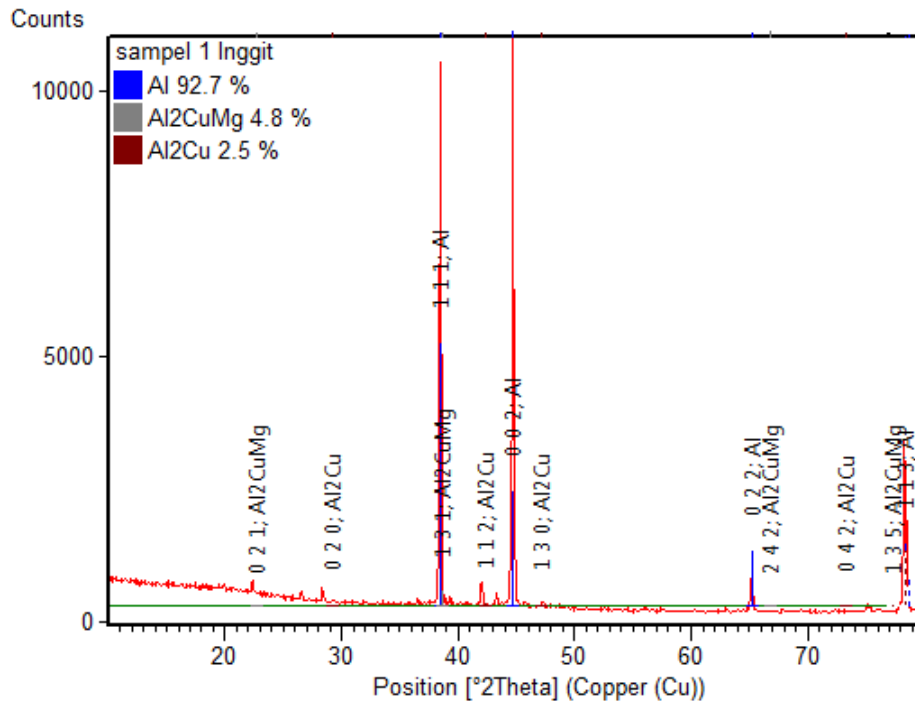
Untuk penambahan magnesium (Mg) pada pembuatan komposit *matriks* aluminium dengan penguat SiC dapat meningkatkan *wettability* dan daya lekat antar *matriks* dan penguatnya pada daerah antarmuka *matriks* aluminium dengan penguat SiC, karena antara *matriks* dengan SiC sulit dalam membentuk komposit disebabkan SiC memiliki kemampuan membasahi (*wettability*) yang rendah. Pada saat pengadukan dengan metode *stir casting*, terjadi persebaran partikel penguat SiC pada matriks aluminium. Itu karena dalam keadaan *semisolid* SiC dan matriks akan di aduk agar partikel SiC menyisip (*interstitial*) di bagian kosong pada aluminium atau yang biasa disebut *vacancies* (kekosongan). Peristiwa ini yang diharapkan dapat meningkatkan kekuatan mekanik dari logam. Setelah dilakukan pencampuran *matriks* dan penguatnya dengan proses *stir casting* dalam proses peleburannya, setelah dicetak dan dingin, sampel dipotong menjadi dua bagian kemudian sebagian diberikan perlakuan *annealing* dan pendinginan

dilakukan dengan perlahan di dalam *furnace* selama 1 hari. Setelah itu dilakukan proses *ageing* untuk meningkatkan sifat mekanik dari bahan komposit logam Al-Cu-Mg/SiC.

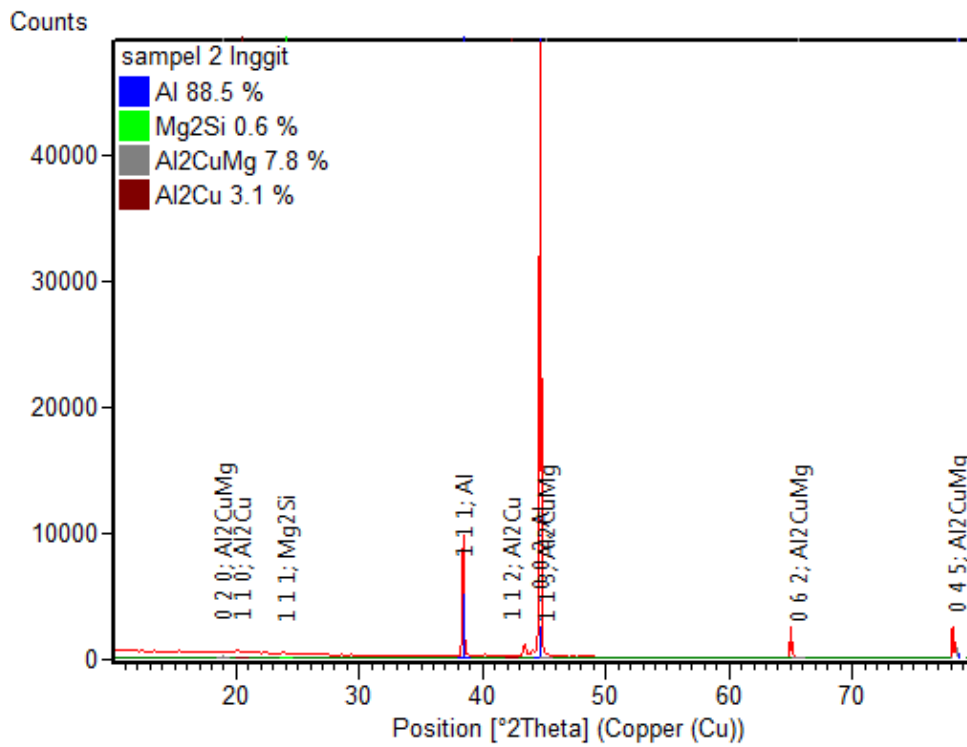
4.2 Analisa XRD Pada Al-Cu-Mg/SiC



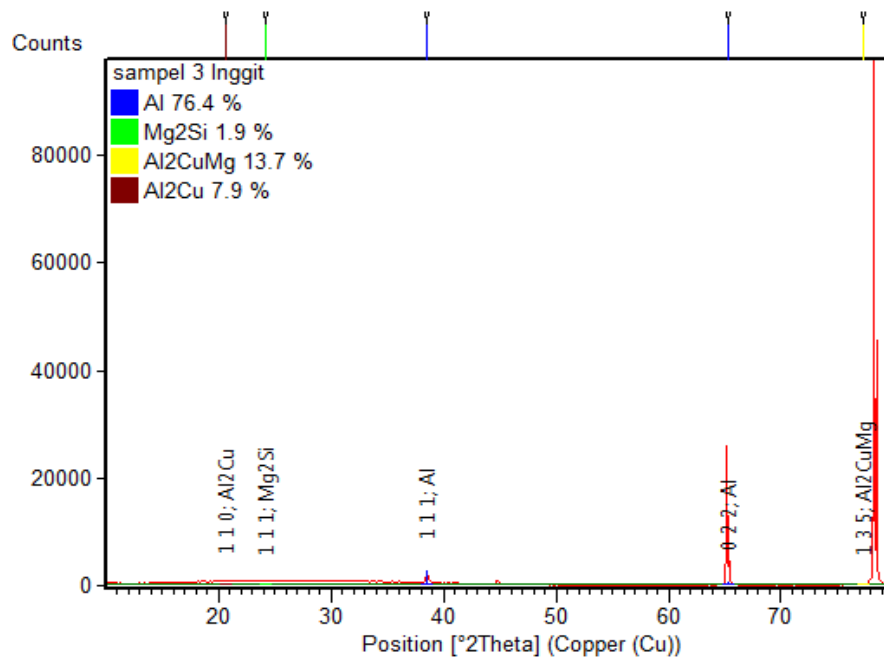
Grafik 4.1 Data hasil Identifikasi Fasa XRD Komposit Al-Cu-Mg/SiC



Grafik 4.2 Data hasil Identifikasi Fasa XRD Komposit Al-Cu-Mg/SiC 2.5%



Grafik 4.3 Data hasil Identifikasi Fasa XRD Komposit Al-Cu-Mg/SiC 2.8%



Grafik 4.4 Data hasil Identifikasi Fasa XRD Komposit Al-Cu-Mg/SiC 3.1%

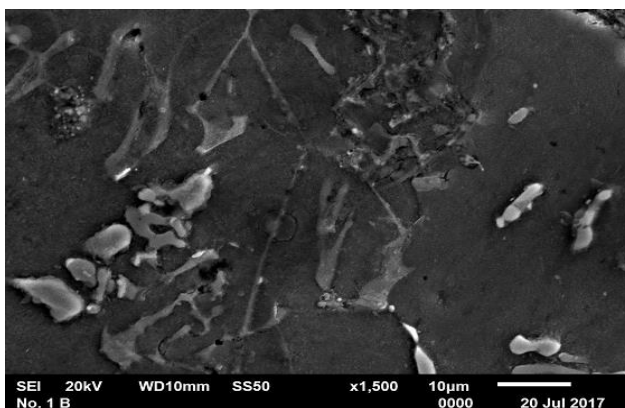
Pada sampel pertama yang di tunjukan pada grafik 4.2 ,ada beberapa pola difraksi sampel yang tidak teridentifikasi ketika dicocokkan dengan pola difraksi pada yang memiliki puncak tertinggi adalah Aluminium dengan 2θ terbesar $38.4432^\circ, 44.7193^\circ, 65.1960^\circ, 78.4063^\circ$. Sedangkan fase yang lain terbentuk pada 2θ lainnya adalah Al₂CuMg 38.6956° , Al₂Cu 78.4116° . Fasa yang terbentuk jika dibandingkan dengan ICDD diperoleh Al 92.7%, Al₂CuMg 4.8%, Al₂Cu 2.5%. Ada beberapa fase yang tidak terbentuk karena sedikitnya jumlah komposisinya sehingga tidak tercampur dan tidak membentuk fasa yang diinginkan. Fasa Al₂Cu terbentuk karena difusi atom-atom presipitat (Cu) terjadi ketika proses pemanasan berlangsung dan karena didinginkan secara lambat didalam dapur pemanas, atom-atom presipitat tersebut kembali menuju daerah-daerah yang paling memungkinkan untuk ditempati yaitu dibatas butir dan di permukaan secara keseluruhan membentuk fasa Al₂Cu yang memiliki struktur yang kasar.

Lalu pada sampel kedua yaitu pada grafik 4.3 , Fasa yang terbentuk adalah Al 88.5%, Al₂CuMg 7.8%, Al₂Cu 3.1% dan Mg₂Si 0.6%. pada 2θ terbesar adalah Al 38.4103° , dan fasa terbesar lainnya dalam 2θ adalah Al₂Cu 42.3960° , Mg₂Si 24.0407° , Al₂CuMg 78.6066° . Selanjutnya pada sampel ketiga

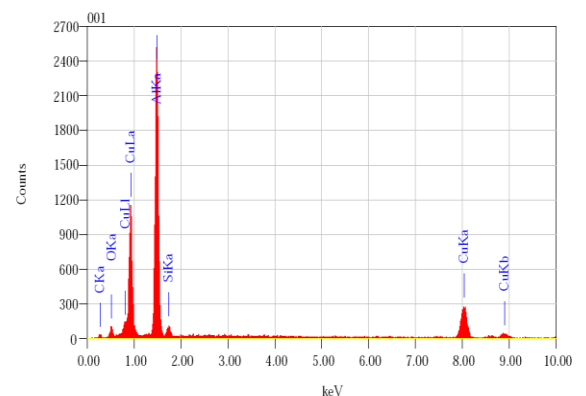
Fasa yang terbentuk adalah Al 76.4%, Al₂CuMg 13.7%, Al₂Cu 7.9% dan Mg₂Si 1.9% . Pada 2θ terbesar adalah Al 78.4436° . Fasa terbesar lainnya dalam 2θ adalah Al₂Cu 66.9528°, Mg₂Si 40.0309°, Al₂CuMg 66.8931°. Kemudian pada sampel ketiga yang terlihat pada grafik 4.4 muncul fasa Al₂Cu dan Mg₂Si yang merupakan presipitat-presipitat yang berfungsi sebagai penguat. *Annealing* berpengaruh pada intensitas hamburan sinar-X. Setelah sampel diberikan perlakuan *annealing* pada suhu 450°C terjadi kenaikan intensitas pada ketiga puncak karakteristik tanpa terjadi perubahan bidang hkl, meskipun terdapat puncak yang mengalami penurunan. Terjadinya kenaikan pada puncak disebabkan adanya proses pemulihan selama *annealing* berlangsung yaitu adanya perbaikan struktur kristal dengan mengurangi adanya kekosongan, cacat kristal dan penyusunan kembali dislokasi yang dimungkinkan terdapat pada sampel Al-Cu-Mg dengan 2.5 wt% SiC.^[24]

Beberapa puncak mengalami penurunan intensitas tanpa diikuti oleh perubahan bidang hkl. Penurunan intensitas bisa diakibatkan oleh butir-butir baru yang terbentuk belum maksimal atau belum stabil sehingga ketika ada efek temperatur maka atom-atom mengalami getaran panas sehingga intensitas refleksinya menurun.^[24]

4.3 Analisa Pengamatan SEM dan EDS Pada Al-Cu-Mg/SiC Setelah di *Annealing* dan *Ageing*

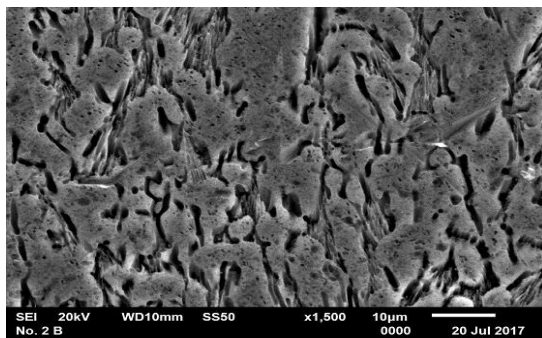


Gambar 4.1 . Pengamatan SEM Komposit Al-Cu-Mg/SiC 2,5 wt% dengan perbesaran 1500X

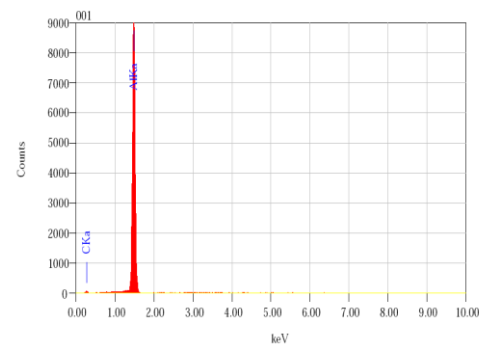


Gambar 4.2 . Pengamatan EDS Komposit Al-Cu-Mg/SiC 2,5 wt%

Pada sampel yang pertama belum terlalu terlihat batas butir, aka tetapi jika dilihat pada EDS nya terdapat SiC. Hal ini menunjukkan bahwa sampel ini merupakan komposit Al-Cu-Mg/SiC, karena komposit merupakan gabungan antara *matriks* dan unsur penguat. Kondisi fasa matrik yaitu aluminium yang merupakan fasa yang paling dominan tersusun rapat dan di dalamnya mengandung presipitat-presipitat (material endapan yang berperan dalam proses pengerasan dan berfungsi sebagai inklusi atau penghambat laju dislokasi) yang terdistribusi secara merata yaitu di dalam butiran aluminium dan di batas butir. Presipitat-presipitat yang terbentuk terdiri dari fasa Al₂Cu, dan sebagainya. Presipitat-presipitat tersebut berfungsi sebagai pengeras dalam komposit.

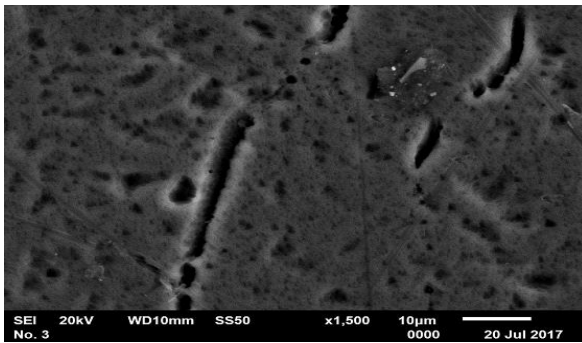


Gambar 4.3 . Pengamatan SEM Komposit Al-Cu-Mg/SiC 2.8% dengan perbesaran 1500x

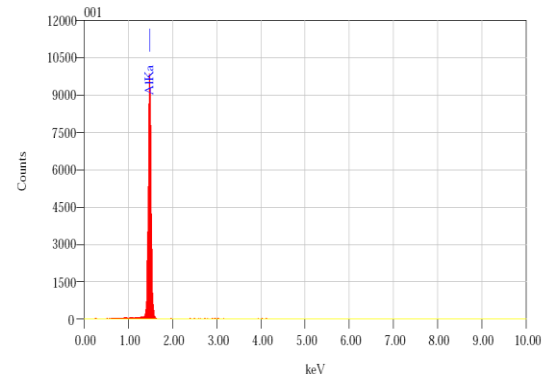


Gambar 4.4 . Pengamatan EDS Komposit Al-Cu-Mg/SiC 2,8 wt%

Pada sampel kedua batas butir sampel lebih terlihat dari sebelumnya. elemen-elemen paduan akan dipertahankan dengan cara mencegah terjadinya difusi atom-atom paduan keluar dari matriknya. Dengan kata lain, fasa-fasa paduan dipaksa untuk tetap bercampur pada fasa matriknya yaitu aluminium, sehingga paduan menjadi keras.



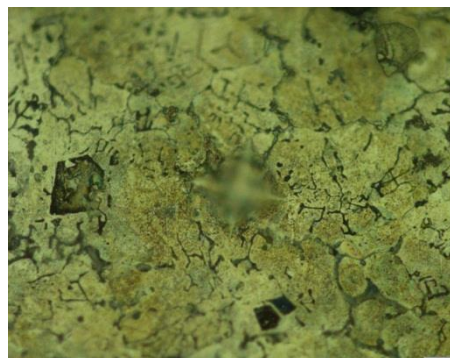
Gambar 4.5 . Pengamatan SEM Komposit Al-Cu-Mg/SiC 3.1% dengan perbesaran 1500x



Gambar 4.6 . Pengamatan EDS Komposit Al-Cu-Mg/SiC 3,1 wt%

Pada sampel ketiga lebih terlihat dominan aluminium. Ini dikarenakan jumlah komposisi aluminium lebih banyak dibandingkan komposisi yang lainnya. Pada sampel ketiga ini mengandung elemen-elemen paduan yang terbentuk dalam fasa-fasa paduan seperti fasa kedua dalam sistem biner yaitu Al_2Cu hitam dan Mg_2Si yang berwarna keabu-abuan, seperti yang diperlihatkan pada gambar.

4.4 Kekerasan Vickers pada komposit Al-Cu-Mg/SiC



Gambar 4.7 titik jejak uji vickers

Pengujian vickers dilakukan pada sampel komposit Al-Cu-Mg/SiC untuk masing masing persentase berat SiC yaitu 2,5 wt%; 2.8 wt%; dan 3.1 wt%.

Hasil uji vikers sebelum di treatment

Sampel 1 (SiC 2.5%)

(d1)	(d2)	$\frac{((d1+d2)/2)}{40}$ (d rata – rata)	$(d\ rata - rata)^2$	HVN (kg/mm ²)
5.78	5.75	0.144125	0.020772	8.927396
5.73	5.75	0.1435	0.020592	9.00533
5.73	5.71	0.143	0.020449	9.068414
5.69	5.71	0.1425	0.020306	9.132164
5.75	5.73	0.1435	0.020592	9.00533
			Rata – rata	9.027727 kg/mm ²

Tabel 4.2 Data kekerasan Vickers komposit Al-Cu-Mg/SiC 2.5 % sebelum di treatment

Sampel 2 (SiC 2.8%)

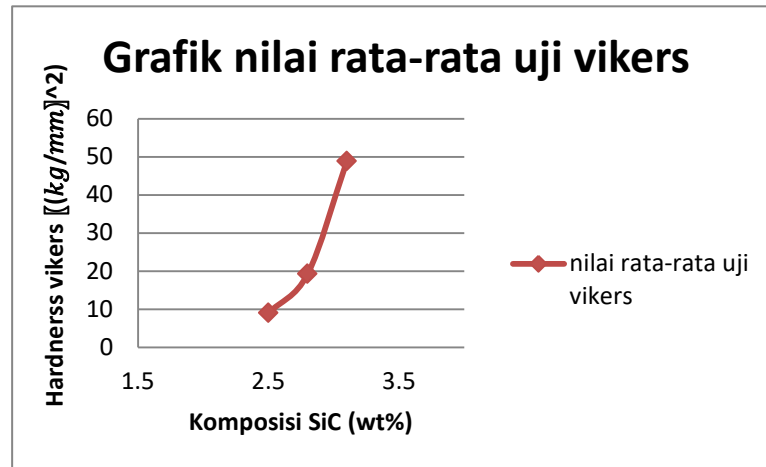
(d1)	(d2)	$\frac{((d1+d2)/2)}{40}$ (d rata – rata)	$(d\ rata - rata)^2$	HVN (kg/mm ²)
3.92	3.95	0.098375	0.009678	19.1617
3.92	4.01	0.099125	0.009826	18.87283
3.88	3.86	0.09675	0.009361	19.81078
3.94	3.92	0.09825	0.009653	19.21048
3.93	3.94	0.098375	0.009678	19.1617
			Rata – rata	19.2435 kg/mm ²

Tabel 4.3 Data kekerasan Vickers komposit Al-Cu-Mg/SiC 2.8 % sebelum di treatment

Sampel 3 (SiC 3.1%)

(d1)	(d2)	$\frac{((d1+d2)/2)}{40}$ (d rata – rata)	$(d\ rata - rata)^2$	HVN (kg/mm ²)
2.47	2.49	0.062	0.003844	48.24142
2.46	2.44	0.06125	0.003752	49.43007
2.43	2.44	0.060875	0.003706	50.04094
2.45	2.5	0.061875	0.003829	48.43653
2.49	2.48	0.062125	0.00386	48.04748
			Rata – rata	48.83929 kg/mm ²

Tabel 4.4 Data kekerasan Vickers komposit Al-Cu-Mg/SiC 3.1 % sebelum di treatment



Grafik 4.5 Data hasil nilai rata – rata uji vikers Komposit Al-Cu-Mg/SiC sebelum di treatment

Hasil uji vikers setelah di treatment

Sampel 1 (SiC 2.5%)

(d1)	(d2)	$\frac{((d1+d2)/2)/40}{(d \text{ rata} - \text{rata})}$	$(d \text{ rata} - \text{rata})^2$	HVN (kg/mm ²)
5.01	4.98	0.124875	0.015594	11.89193
4.77	4.77	0.11925	0.014221	13.04027
4.6	4.6	0.115	0.013225	14.02193
4.65	4.65	0.11625	0.013514	13.72200
4.64	4.65	0.116125	0.013485	13.75156
			Rata – rata	13.28554 kg/mm ²

Tabel 4.5 Data kekerasan Vickers komposit Al-Cu-Mg/SiC 2.5 % sesudah di treatment

Sampel 2 (SiC 2.8%)

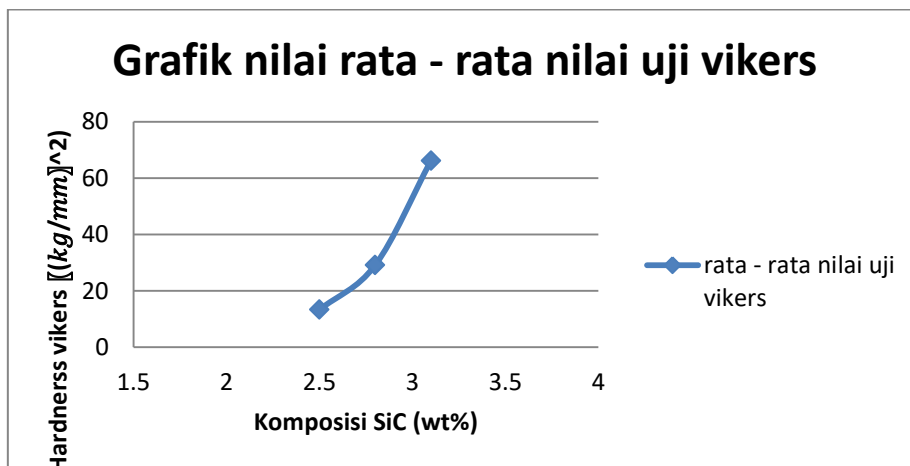
(d1)	(d2)	$\frac{((d1+d2)/2)/40}{(d \text{ rata} - \text{rata})}$	$(d \text{ rata} - \text{rata})^2$	HVN (kg/mm ²)
3.3	3.3	0.0825	0.006806	27.24555
3.26	3.24	0.08125	0.006602	28.09032
2.9	2.91	0.072625	0.005274	35.15856
3.2	3.25	0.080625	0.0065	28.52752
3.36	3.33	0.083625	0.006993	26.51741
			Rata – rata	29.10787 kg/mm ²

Tabel 4.6 Data kekerasan Vickers komposit Al-Cu-Mg/SiC 2.8 % sesudah treatment

Sampel 3 (SiC 3.1%)

(d1)	(d2)	$\frac{(d1+d2)}{2}/40$ (d rata – rata)	$(d\ rata - rata)^2$	HVN (kg/mm ²)
2.08	2.08	0.052	0.002704	68.57988
2.16	2.15	0.053875	0.002902	63.88940
2.09	2.10	0.052375	0.002743	67.60134
2.15	2.16	0.053875	0.002902	63.88940
2.10	2.11	0.052625	0.002769	66.96057
			Rata – rata	66.184118 kg/mm ²

Tabel 4.7 Data kekerasan Vickers komposit Al-Cu-Mg/SiC 3.1 % sesudah di treatment



Grafik 4.6 Data hasil nilai rata – rata uji vikers komposit Al-Cu-Mg/SiC setelah di treatment

Grafik pada gambar 4.5 yaitu grafik nilai rata-rata uji vikers Komposit Al-Cu-Mg/SiC sebelum di treatment. Dalam grafik ini menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah komposisi SiC maka nilai kekerasan semakin meningkat. Pada grafik 4.6 yaitu nilai rata – rata uji vikers komposit Al-Cu-Mg/SiC setelah di treatment pun menunjukkan bahwa semakin besar komposisi SiC yang ditambahkan maka sifat kekerasannya pun akan semakin meningkat. Hasil ini mirip dengan penelitian sebelumnya, bahwa semakin besar jumlah komposisi penguat yang digunakan yaitu SiC, semakin tinggi nilai kekerasan yang diperoleh dan terjadi peningkatan ikatan antar partikel^[25]. Pada sampel permukaan komposit Al-Cu-Mg/SiC setelah diberikan *treatment* memiliki kekerasan yang lebih tinggi karena pada permukaan tersebut terbentuk fasa Al₂Cu

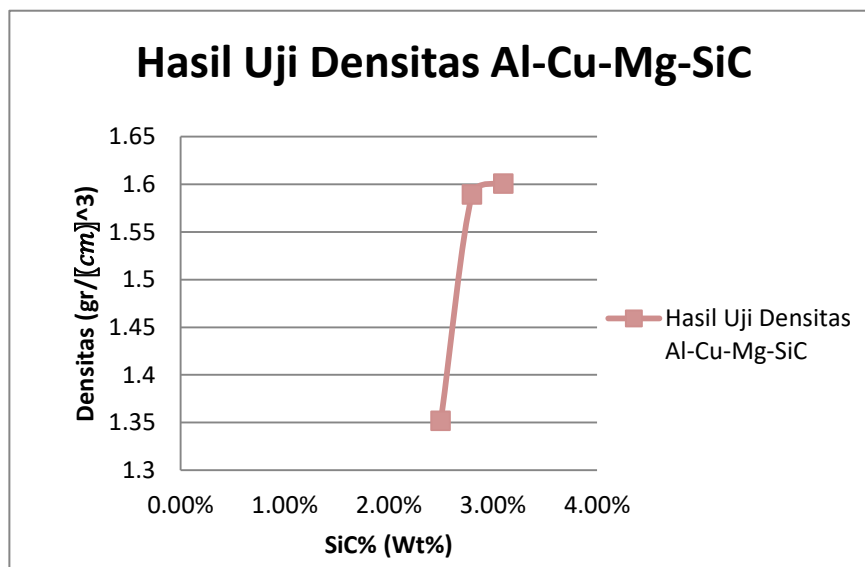
dan Mg_2Si yang berfungsi sebagai presipitat-presipitat sebagai penguat dalam komposit tersebut.

4.5 Densitas dan porositas komposit Al-Cu-Mg/SiC

Pengujian densitas dan porositas bertujuan untuk mengetahui perbandingan antara nilai densitas teoritis dengan nilai densitas aktual komposit Al-Cu-Mg/SiC. Densitas aktual biasanya lebih kecil dibandingkan dengan densitas teoritis, hal ini bisa disebabkan oleh adanya porositas gas pada material aktual, distribusi penguat SiC yang kurang merata atau daerah di sekitar penguat yang tidak terbasahi aluminium. Pada gambar 4.8 adalah tabel densitas aktual,

Sampel Kering (gram)	Sampel Basah (gram)	Densitas Sampel (gr/cm^3)
9.843	2.561	1.351689
5.094	1.888	1.588896
4.828	1.811	1.600265

Tabel 4.8 Data hasil denitas komposit Al-Cu-Mg/SiC



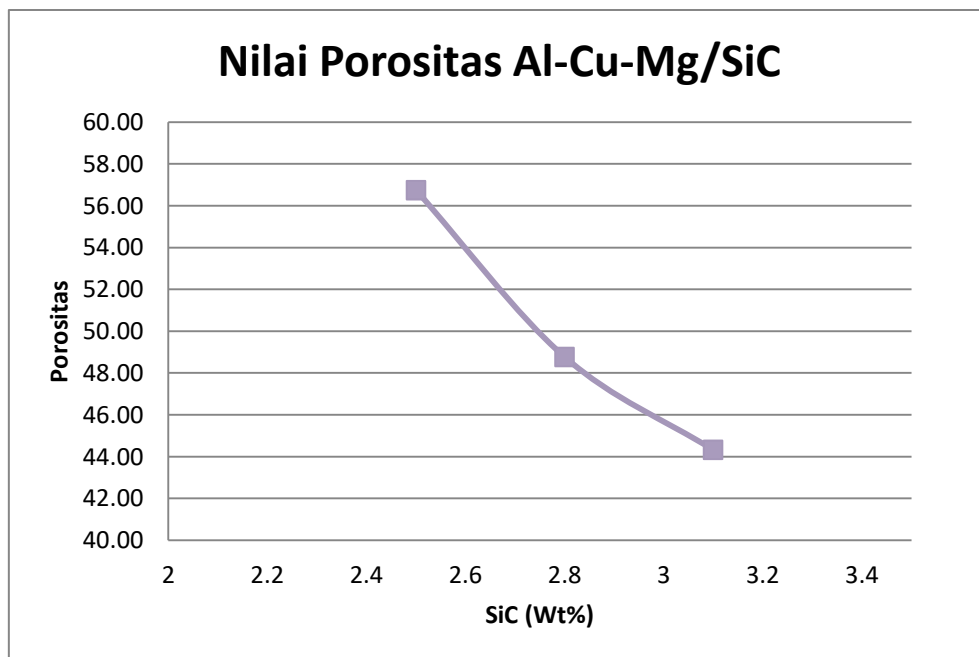
Grafik 4.7 Data hasil denitas aktual komposit Al-Cu-Mg/SiC

Dapat dilihat dari grafik 4.7 bahwa semakin banyak serbuk SiC yang ditambahkan maka akan semakin besar nilai densitasnya.

Nilai Porositas

Densitas Sampel(gr/cm^3)	Porositas
1.351689	56.74347399
1.588896	48.76702044
1.600265	44.32121476

Tabel 4.9 menunjukkan porositas pada komposit Al-Cu-Mg/SiC

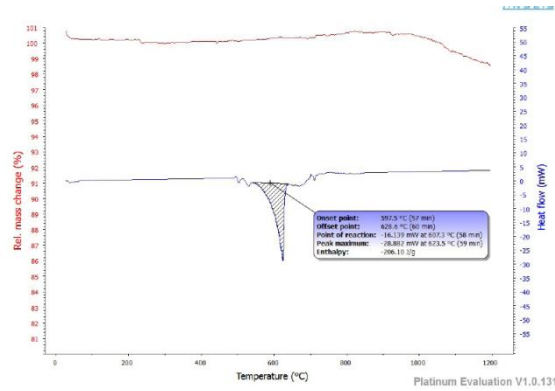


Grafik 4.8 Data hasil porositas aktual komposit Al-Cu-Mg/SiC

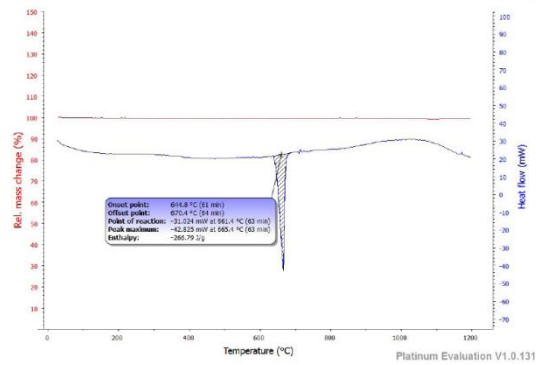
Porositas bisa terjadi dikarenakan beberapa hal, seperti porositas gas, dan *particle pull-out*. Porositas gas bisa terjadi karena proses pengadukan yang dilakukan pada lelehan aluminium dan serbuk penguat dapat menyerap gas pada atmosfer dan masuk ke lelehan komposit. Gas yang terjebak ini menyebabkan timbulnya porositas gas pada komposit dan porositas ini dapat menurunkan nilai

mekanis dari komposit karena daerah ini bertindak sebagai daerah konsentrasi tegangan yang menjadi awal penyebab retak.

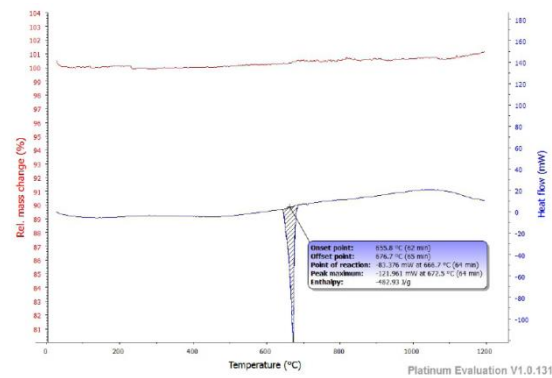
4.6 Analisis Termal Diferensial (*Differential Thermal Analysis, DTA*)



Grafik 4.9 Data hasil DTA sampel 1 komposit Al-Cu-Mg/SiC



Grafik 4.10 Data hasil DTA sampel 2 komposit Al-Cu-Mg/SiC



Grafik 4.11 Data hasil DTA sampel 3 komposit Al-Cu-Mg/SiC

DTA melibatkan pemanasan atau pendinginan dari sampel pengujian dan sampel referensi dibawah kondisi yang identik saat dilakukan perekaman dalam berbagai perbedaan temperatur antara sampel dan referensi. Perbedaan temperatur ini lalu di plot berdasarkan waktu atau temperatur.^[26] *Differential temperatur* juga dapat meningkat diantara dua sampel inert saat respon mereka ke perlakuan panas yang diberikan tidak identik. DTA digunakan untuk studi sifat termal dan perubahan fasa yang tidak mengakibatkan perubahan entalpi. Hasil pengujian DTA ini merupakan kurva yang menunjukkan diskontinuitas pada temperatur transisi dan kemiringan kurva pada titik tertentu akan tergantung pada konstitusi mikrostruktur sampel pada temperatur tersebut. Kurva DTA secara garis besar adalah kurva perbedaan temperatur antara material sampel dengan material referensi. Kurva DTA dapat digunakan sebagai *finger print* untuk tujuan identifikasi. Area dibawah peak kurva DTA dapat diidentifikasi sebagai perubahan entalpi dan tidak dipengaruhi oleh kapasitas panas sampel.^[26]

Berdasarkan grafik 4.09 , 4.10 dan 4.11 terlihat bahwa nilai titik lebur dari komposit Al-Cu-Mg/SiC apabila diurutkan telah terjadi penurunan enthalpy mulai dari sampel 1 , sampel 2 dan sampel 3 sebagai acuan yaitu dengan temperatur 660°C. Menurunnya nilai titik lebur pada komposit Al-Cu-Mg/SiC pada sampel 1 , sampel 2, dan sampel 3 berhubungan dengan komposisi dan nilai sifat mekanik. Sedangkan antara sampel 1 maka entalphy ΔH sebesar -206.10 J/g, pada sampel 2 entalphy ΔH sebesar -266.79 J/g, sedangkan pada sampel 3 entalphy ΔH sebesar -482.93 J/g . Untuk titik lebur pada komposit Al-Cu-Mg/SiC mengalami peningkatan. Pada sampel 1 dengan SiC 2.5% didapatkan titik lebur sebesar 597.5°C. Lalu pada sampel 2 dengan SiC 2.8% didapatkan titik lebur sebesar 644.8°C . Dan pada sampel 3 dengan SiC 3.1% didapatkan titik lebur sebesar 655.8°C. Dalam hal ini dapat dilihat bahwa semakin besar jumlah komposisi SiC maka akan berpengaruh pada meningkatnya titik lebur pada bahan komposit. Kehadiran Cu dan SiC_p akan menurunkan *rate corrotion* jadi penyempitan entalphy akan menurunkan *yield stress* dan menghambat laju korosi.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Fasa yang terbentuk pada uji XRD sampel yang paling dominan adalah Alumunium. Selain itu fasa yang terbentuk dalam 2θ lainnya adalah Al_2CuMg , Al_2Cu dan Mg_2Si . Fasa dominan yaitu aluminium dengan intensitas terbesar pada 2θ yaitu pada sampel 1 dengan SiC 2.5% sebesar 38.4432° , dan pada sampel 2 dengan SiC 2.8% sebesar 38.4103° , sedangkan pada sampel 3 dengan SiC 3.1 % sebesar 38.4436° . Semakin banyak komposisi SiC maka Semakin meningkatnya nilai intensitasnya. Pada pengujian SEM sampel yang telah diberikan perlakuan *annealing dan ageing* ditemukannya partikel SiC yang menunjukkan bahwa Al-Cu-Mg/SiC merupakan material komposit. Walaupun ada sampel yang belum tercampur merata dengan SiCnya.
2. Nilai densitas tertinggi pada komposit Al-Cu-Mg/SiC pada sampel ke 3 yaitu SiC sebanyak 3.1% sebesar $1.600265 \text{ gram/cm}^3$. Dan untuk nilai porositas terendah pada komposit Al-Cu-Mg/SiC pada sampel ke 3 yaitu SiC sebanyak 3.1% sebesar 44.32121476 . dapat dilihat bahwa semakin tinggi densitasnya maka nilai porositasnya semakin kecil.
3. Nilai kekerasan Vickers tertinggi sebelum di treatment terdapat pada sampel 3 yaitu sebesar 48.83929 kg/mm^2 dan pada sampel setelah di treatment didapatkan nilai tertinggi yang terdapat pada sampel 3 dengan kandungan Al- 4,4% Cu-1,8% Mg SiC sebanyak 3.1% sebesar 66.18 kg/mm^2 . Dalam hal ini, semakin banyak komposisi SiC nya maka tingkat kekerasannya semakin meningkat.
4. Nilai termal dari komposit Al-Cu-Mg/SiC apabila diurutkan telah terjadi peningkatan mulai dari sampel 1 , sampel 2 dan sampel 3. Pada sampel 1 dengan SiC 2.5% didapatkan titik lebur sebesar 597.5°C . Lalu pada sampel 2 dengan SiC 2.8% didapatkan titik lebur sebesar 644.8°C . Dan pada sampel 3 dengan SiC 3.1% didapatkan titik lebur sebesar 655.8°C . Dalam hal ini dapat dilihat bahwa semakin besar jumlah komposisi SiC maka akan berpengaruh pada meningkatnya titik lebur pada bahan komposit.

5.2 Saran

Penulis menyarankan untuk penelitian selanjutnya dilakukan pada kondisi vacum pada saat proses *stir casting* untuk mengurangi adanya penyisipan gas kedalam *matriks*. Dan pada saat pencetakan sampel harus dalam keadaan panas dan secepat mungkin karena untuk meminimalisir SiC mengambang dan tidak tercampur pada matriksnya. Selanjutnya untuk poses *stir* atau pengadukan haruslah konstan, karena itu sangat mempengaruhi pencampuran antara *matriks* dan *fillernya*. Pada proses annealing sebaiknya menggunakan suhu yang sesuai agar struktur mikro yang didapatkan dapat terlihat batas butirnya lebih jelas. Untuk pengujian sampel agar mendapatkan hasil yang lebih akurat permukaan sampel diusahakan dibuat sehalus mungkin pada saat preparasi untuk pengujian.

DAFTAR PUSTAKA

1. Fuadi Hasan , Anne Zulfia , dan Yusuf Afandi. 2013. Fabrikasi Komposit Matriks Logam Al5Cu/SiC(p) dengan metode stir casting dan karakterisasinya. Jakarta : Universitas Indonesia.
2. MK, Surappa. dan Rohatgi PK, “*Preparation and Properties of Cast Aluminium Ceramic Particle Composite*”, Jurnal of Material Science No 16, 1981. p. 981-992.
3. Sudrajat, Angger. 2012. Analisis Sifat Mekanik Hasil Pengelasan Aluminium Aa 1100 Dengan Metode *Friction Stir Welding* (FSW)
4. Barun , Ir.Aznam. dan Budi Agraham. *Analisis Ketahanan Sambungan Keling Pada Aluminium 2024 dengan Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro*. Jurnal. Universitas Muhammadiyah Jakarta: Jakarta.
5. Syahbuddin, dkk. Paduan Al A356 Setengah Padat dengan Menggunakan Las Asetelin dan Las Listrik. Jakarta.
6. Weast, R.C. 1977, *Handbook of Chemistry and Physics*, 88th edition, CRC
7. Selamat, Sugeng. *Pengaruh Konsentrasi Cu Pada Proses Pembekuan Searah Terhadap Sifat Mekanis Paduan Al-Cu*. Jurnal. Universitas Maria Kudus : Kudus
8. S. Shivkumar et al., Influence of Solution Treatment on Tensile Properties of Sr Modified Al-Si-Mg Alloys, *Journal of Heat Treating*, 8, pp. 63–70, 1990.
9. Arino Anzip , Suhariyanto. 2006.Peningkatan Sifat Mekanik Paduan Aluminium A356.2 dengan Penambahan *Manganese* (Mn) dan Perlakuan Panas T6. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
10. P, Purwanto, Supardi, Ari, Handayani Karakterisasi. 1999. *Paduan Al2024, Al2091 Dan Al8090*. Jurnal. Batan : Kawasan Puspiptek Serpong
11. Adril ,Elvis. dan Zulfikar Sri Mulyadi Dt. Basa dan Nini Firmawati. 2010. *Pengaruh Penambahan Mangan Terhadap Sifat Mekanik Paduan Aluminium A7075*.Jurnal. Politeknik Negeri Padang dan Universitas Andalas Padang : Padang
12. Awi Andoko, Budi Harjanto. Yuyun Estriyanto. 2012. *Analisis Struktur Hasil Repair Welding Tentang Sifat Fisik Dan Mekanik Pada Cast Wheel Alumunium Dengan Metode Pengelasan MIG*. Universitas Sebelas Maret : Surakarta

13. X. J. Liu, I. Ohnuma, R. Kainuma, K. Ishida. 1998. *Thermodynamic assessment of the Aluminum-Manganese (Al-Mn) binary phase diagram*. Jurnal. Departement of Materials Science, Graduate School of Egeineering. Tohoku University : Japan
14. Nugroho, Fajar. 2015. Pengaruh Rapat Arus Anodizing Terhadap Nilai Kekerasan Pada Plat Aluminium Paduan AA Sei 2024-T3. Yogyakarta.
15. Mel. M. Schwartz, 1997, *Composites Materials, Processing, Fabrication and Applications*, Prentice Hall, pp. 470-485.
16. Sahin Y. dan Murphy, S., (1996), The Effect of Fibre Orientation of The Dry Sliding Wear of Borsic Reinforced Aluminium Alloy, *S. Mater Sci*, 34, pp.5399-5407.
17. Ali Mazahery ,Mohsen Ostad Shabani. characterization of cast A356 alloy reinforced with nano SiC composites, *Science Direct Nonferrous Met.Soc. China*.22(2002)275-280.
18. ASM Handbook. Volume 4. Heat Treating. ASM International. USA. 1991.
19. Taha, MA., and El-Mahallawy, NA. (1993). "Advances in Metal Matrix Composites". *Key Engineering Materials 79-80, 75-90*.
20. Hashim, J., et al. (2001). "The Wettability of SiC Particle in Cast Aluminium Matrix Composites". *Journal of Material Processing Technology* 119, 329-335.
21. Luangvaranunt T, Dhadsanadhep C, Umeda J, dkk Trans 2010;51.
22. Kissel, Randolf J. Robert L., 2002, Gupta M., Qin S., 1997
23. Susila ' Anggara Budi and Bambang Soegijono , Structure and Mechanical Properties of Al-Cu/SiC Composite Prepared by Hot Press Method, Departemen Fisika, FMIPA, Universitas Indonesia. 2013
24. Warsiti. 2005. Studi Pengaruh Suhu *Annealing* terhadap Struktur kristal dan Magnetoresistansi *Permalloy* NiFe Hasil Elektrodeposisi. Surakarta : Universitas Sebelas Maret.
25. Suarsana, Ketut dan Putu Wijaya. 2015. Studi Ekperimen Pembuatan Komposit Metal *Matriks* Aluminium Penguat SIC Wisker dan Al₂O₃ Partikel sebagai Material Alternatif. Bali : Politeknik Negeri Bali.
26. H. K. D. H. Bhadeshia. *Thermal Analysis Techniques*. University of Cambridge, Materials Science & Metallurgy.

LAMPIRAN 1

Perhitungan komposisi untuk pembuatan matriks logam Al-Cu-Mg/SiC

Sampel 1 (SiC 2.5%)

$$\text{Massa Al (91,3\%)} = \frac{91.3}{100} \times 100 \text{ gr} = 91.3 \text{ gr}$$

$$\text{Massa Al } 34.403 = 91.3\%$$

Massa total

$$\frac{91.3}{100} \times T = 34.403\text{gr}$$

$$T = \frac{34.403 \times 100}{91.3}$$

$$T = 37.681\text{gr}$$

Massa

$$\text{SiC (2.5\%)} = \frac{2.5}{100} \times 37.681 = 0.942\text{gr}$$

$$\text{Cu (4.4 \%)} = \frac{4.4}{100} \times 37.681 = 1.658\text{gr}$$

$$\text{Mg (1.8 \%)} = \frac{1.8}{100} \times 37.681 = 0.678\text{gr}$$

Sampel 2 (SiC 2.8%)

$$\text{Massa Al (91, \%)} = \frac{91}{100} \times 100 \text{ gr} = 91 \text{ gr}$$

$$\text{Massa Al } 31.404 = 91\%$$

Massa total

$$\frac{91}{100} \times T = 31.404\text{gr}$$

$$T = \frac{31.404 \times 100}{91}$$

$$T = 34.509\text{gr}$$

Massa

$$\text{SiC (2.5\%)} = \frac{2.8}{100} \times 34.509 = 0.966\text{gr}$$

$$\text{Cu (4.4 \%)} = \frac{4.4}{100} \times 34.509 = 1.518\text{gr}$$

$$\text{Mg (1.8 \%)} = \frac{1.8}{100} \times 34.509 = 0.621\text{gr}$$

Sampel 3 (SiC 3.1%)

$$\text{Massa Al (90.7, \%)} = \frac{90.7}{100} \times 100 \text{ gr} = 90.7 \text{ gr}$$

$$\text{Massa Al } 43.843 = 90.7\%$$

Massa total

$$\frac{90.7}{100} \times T = 43.843\text{gr}$$

$$T = \frac{43.843 \times 100}{90.7}$$

$$T = 48.338\text{gr}$$

Massa

$$\text{SiC (3.1\%)} = \frac{3.1}{100} \times 48.338 = 1.498\text{gr}$$

$$\text{Cu (4.4 \%)} = \frac{4.4}{100} \times 48.338 = 2.127\text{gr}$$

$$\text{Mg (1.8 \%)} = \frac{1.8}{100} \times 48.338 = 0.870\text{gr}$$

LAMPIRAN 2

Foto alat-alat yang digunakan



Pengaduk



Neraca Digital



Furnace



Drill impact (pengaduk)



Oven



crucible dan penyanggah



Mesin uji Vickers



Mesin Uji SEM
(SEM Jeol jsm 6510LA)



Mesin Uji XRD
(XRD Panatical)

LAMPIRAN 3

Data Identifikasi Fasa XRD Komposit Al-Cu-Mg/SiC 2.5%

No.	Pos. [°2Th.]	FWHM [°2Th.]	Area calc.	Assignment	h	k	l	Multiplicity	Area [cts*°2Th.]	d-spacing [Å]	Card number
1	22.6965	0.1000	120.2860	Al ₂ CuMg	0	2	1	12	212.56	3.91467	7222567
2	29.2365	0.1000	180.3666	Al ₂ Cu	0	2	0	24	220.06	3.05217	9012196
3	38.4432	0.1000	35492.5200	Al	1	1	1	24	40737.39	2.33975	1502689
4	38.6956	0.1000	823.0280	Al ₂ CuMg	1	3	1	24	1243.84	2.32507	7222567
5	42.4289	0.1000	449.4980	Al ₂ Cu	1	1	2	4	415.33	2.12872	9012196
6	44.7193	0.1000	17159.0300	Al	0	0	2	8	49020.59	2.02487	1502689
7	47.1600	0.1000	424.1993	Al ₂ Cu	1	3	0	2	386.18	1.92561	9012196
8	65.1960	0.1000	10855.4800	Al	0	2	2	4	5149.77	1.42981	1502689
9	66.8389	0.1000	134.5933	Al ₂ CuMg	2	4	2	8	88.16	1.39860	7222567
10	73.2823	0.1000	97.5776	Al ₂ Cu	0	4	2	8	66.54	1.29071	9012196
11	77.2671	0.1000	126.4447	Al ₂ CuMg	1	3	5	8	83.58	1.23379	7222567
12	77.3290	0.1000	55.1573	Al ₂ Cu	3	3	2	8	37.67	1.23602	9012196
13	78.4063	0.1000	12554.6400	Al	1	1	3	16	19506.08	1.21869	1502689
14	78.4116	0.1000	13.7311	Al ₂ Cu	0	0	4	16	20.61	1.22165	9012196
15	78.6395	0.1000	6247.2610	Al	1	1	3	8	7009.27	1.21868	1502689

Data Identifikasi Fasa XRD Komposit Al-Cu-Mg/SiC 2.8%

No.	Pos. [°2Th.]	FWHM [°2Th.]	Area calc.	Assignment	h	k	l	Multiplicity	Area [cts*°2Th.]	d-spacing [Å]	Card number
1	18.9265	0.1000	661.3699	Al ₂ CuMg	0	2	0	8	1123.94	4.68509	7222567
2	20.4709	0.1000	548.1907	Al ₂ Cu	1	1	0	6	950.90	4.33497	9012196
3	24.0407	0.1000	66.5822	Mg ₂ Si	1	1	1	8	125.41	3.69875	1537740
4	38.4103	0.1000	26127.7900	Al	1	1	1	24	34807.52	2.34168	9012196
5	42.3960	0.1000	426.7130	Al ₂ Cu	1	1	2	4	476.87	2.13030	9012196
6	44.6864	0.1000	12631.6000	Al	0	0	2	8	165342.00	2.02628	9012196
7	45.1954	0.1000	709.2024	Al ₂ CuMg	1	1	3	4	916.26	2.00464	7222567
8	65.6551	0.1000	77.1855	Al ₂ CuMg	0	6	2	8	50.24	1.42092	7222567
9	78.5835	0.1000	68.7714	Al ₂ CuMg	0	4	5	8	28.10	1.21638	7222567
10	78.6066	0.1000	4598.9170	Al	1	1	3	8	1665.56	1.21911	9012196

Data Identifikasi Fasa XRD Komposit Al-Cu-Mg/SiC 3.1%

N o.	Pos. [°2Th.]	FWHM [°2Th.]	Area calc.	Assignment	h	k	l	Multiplicity	Area [cts*°2Th.]	d-spacing [Å]	Card number
1	19.0399	0.1000	800.4280	Al ₂ CuMg	0	2	0	8	1596.60	4.65745	7222567
2	20.5774	0.1000	966.1710	Al ₂ Cu	1	1	0	6	1972.24	4.31278	9012196
3	24.1589	0.1000	151.2862	Mg ₂ Si	1	1	1	12	453.01	3.68093	1537740
4	38.5104	0.1000	15568.4100	Al	1	1	1	24	13657.21	2.33582	9012196
5	40.0309	0.1000	423.5656	Mg ₂ Si	0	2	2	2	653.24	2.25054	1537740
6	45.2978	0.1000	858.5230	Al ₂ CuMg	1	1	3	2	687.53	2.00035	7222567
7	65.2446	0.1000	4762.9650	Al	0	2	2	4	62422.43	1.42886	9012196
8	66.8931	0.1000	206.5417	Al ₂ CuMg	2	4	2	8	111.35	1.39760	7222567
9	66.9528	0.1000	86.4464	Al ₂ Cu	1	2	3	8	47.51	1.39650	9012196
10	72.8133	0.1000	135.1764	Mg ₂ Si	2	2	4	8	52.47	1.29786	1537740
11	78.4436	0.1000	5507.8990	Al	1	1	3	16	140106.10	1.21820	9012196

LAMPIRAN 4

Foto pembuatan sampel dan Sampel komposit matriks logam Al-Cu-Mg/SiC



Sampel pada saat setelah di cetak



Sampel pada saat setelah di treatment



Sampel pada saat di masukkan kedalam oven



Sampel pada saat di preparasi untuk diuji

Untuk di treatment.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Inggit Alfiani Julianti . Lahir di Jakarta, 5 Juli 1995 merupakan anak ke 1 dari 4 bersaudara dari pasangan suami istri Bapak Sugeng Rachmat dan Ibu Siti Khodijah.

Pendidikan Formal dimulai dari MI. Miftahul Umam (2001 - 2007), SMPN 226 Jakarta (2007 -2010), SMAN 46 Jakarta (2010 - 2013) dan kemudian Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Jakarta (September 2013 – September 2017).

Selama menjalani perkuliahan, pernah menjadi asisten laboratorium Fisika Dasar Universitas Negeri Jakarta dan menjadi pemakalah seminar di Institut Teknologi Bandung Pada tahun 2017. Pada tahun 2016 bergabung dengan Pusat Teknologi Material – BPPT, Gedung 224 Kawasan PUSPIPTEK Serpong- Tangerang dalam menyelesaikan Praktik Kerja Lapangan.