

Pengaruh Variasi Massa SiC Terhadap Laju Korosi Komposit Matriks Logam Al-Cu-Mg/SiC

Taupan Syahbana^{1,a)}, Anggara Budi Susila^{2,b)}, Erfan Handoko^{3,c)}

¹Prodi Fisika,
Kelompok Keilmuan Fisika Material,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta,
Jl. Rawamangun Muka Jakarta, Indonesia, 13220

²Prodi Fisika,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta,
Jl. Rawamangun Muka Jakarta, Indonesia, 13220

³Prodi Fisika,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta,
Jl. Rawamangun Muka Jakarta, Indonesia, 13220

^{a)}taupan_syahbana@yahoo.com

^{b)}anggoro1960@yahoo.com

^{c)}erfisika@yahoo.com

Abstrak

Pembuatan material komposit Al-Cu-Mg dengan filler SiC telah berhasil dibuat menggunakan metode stir casting dengan peleburan pada temperatur 900°C. Variasi massa SiC yang digunakan ialah 3,4wt% ; 3,7wt% dan 4wt%. Pemanasan awal diberikan pada SiC dengan temperatur 900°C selama 20 menit. Matriks kemudian dicampur dengan filler hasil pemanasan awal dan diaduk dengan kecepatan 250rpm. komposit tersebut diberi perlakuan annealing pada 450°C selama 2 jam lalu didinginkan pada temperatur kamar, kemudian diberi perlakuan ageing pada 160°C selama 16 jam. Pengamatan dilakukan untuk melihat pengaruh variasi massa SiC terhadap laju korosi komposit Al-Cu-Mg/SiC. Didapatkan hasil laju korosi terendah terdapat pada 4 wt% SiC .

Kata-kata kunci: komposit Al-Cu-Mg/SiC, stir casting, annealing, ageing, laju korosi

PENDAHULUAN

Aluminium juga memiliki ketahanan terhadap korosi yang cukup tinggi, baik di air tawar, air asin dan di atmosfer. semakin baik ketahanan korosi suatu bahan, maka semakin lama umur pakai bahan tersebut. Selain itu aluminium mempunyai temperatur lebur yang relatif rendah yaitu 660°C dan mudah difabrikasi. Aluminium mempunyai sifat reflektifitas terhadap energi radiasi, cahaya tampak, radiasi panas, dan gelombang elektromagnetik yang efisien [1]. Aluminium 2024 merupakan MMC (*metal matriks composite*) dimana aluminium digunakan sebagai matriks. Aluminium 2024 mempunyai sifat kekuatan dan ketangguhan yang tinggi, ketahanan terhadap korosi dan keretakan yang baik [2]. Untuk meningkatkan sifat mekanik yang optimal pada Paduan ini, diperlukan perlakuan panas seperti *ageing* , *annealing* , *tempering* dan *quenching* untuk membuatnya lebih baik [3].

Penambahan tembaga (Cu) pada paduan aluminium Al-Cu-Mn dapat meningkatkan penarikan dan sifat kekerasan namun menurunkan energi impact [4]. Penambahan magnesium (Mg) dapat meningkatkan *wettability* antara matriks Al dan SiC. Hal tersebut bisa terjadi dengan berikatannya Mg dengan lapisan SiO₂ di permukaan SiC, sehingga lapisan penghalang antara SiC dengan Aluminium bisa dikurangi [5]. Penambahan Silika Karbida (SiC) sebagai partikel penguat adalah efektif untuk meningkatkan kekuatan, kekerasan, konduktivitas termal, ketahanan aus, ketahanan leleh, koefisien ekspansi termalnya rendah sehingga lebih tahan terhadap kejutan suhu dan tahan pada suhu tinggi.

Oleh karena itu pada penelitian ini akan fokus pada pembuatan komposit matriks logam Al-Cu-Mg dengan *filler* SiC. Pada paper ini akan dipaparkan hubungan penambahan massa SiC terhadap laju korosi komposit matriks logam Al-Cu-Mg/SiC.

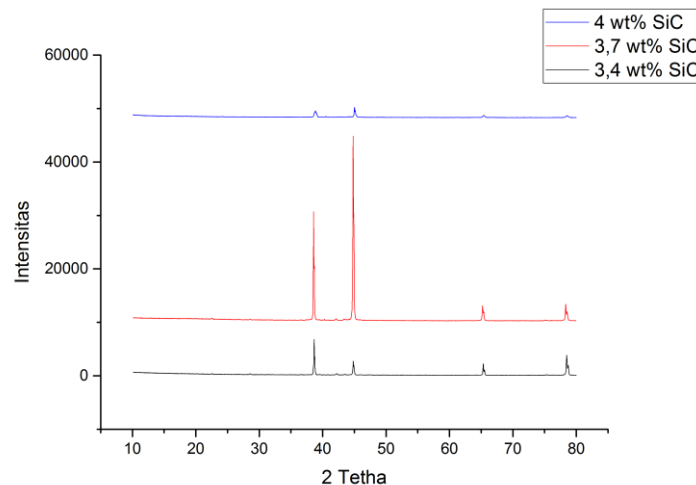
METODE EKSPERIMEN

Matriks Al-Cu-Mg dilebur pada temperatur 900°C. *Filler* SiC juga diberikan pemanasan awal selama 20 menit pada temperatur 900°C. Variasi persen massa yang diberikan ialah (3,4 wt% ; 3,7 wt% dan 4 wt%) SiC. SiC kemudian dicampurkan ke dalam matriks yang telah melebur dan dilakukan pengadukan 250rpm selama 10 menit. Setelah itu paduan kemudian dicetak dan didinginkan pada temperatur ruang. Setelah dingin, sampel diberikan perlakuan annealing pada temperatur 450°C selama 2 jam, lalu didinginkan kembali pada temperatur ruang tanpa menggunakan *quenching*. Sampel kemudian diberikan perlakuan ageing pada temperatur 160°C selama 16 jam. Sampel kemudian diuji dengan potensiostat potensiodinamik untuk mengetahui laju korosi dan dilakukan juga pengujian XRD dan SEM untuk mengetahui pembentukan fasa dan morfologi permukaan sampel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Fasa

Identifikasi fasa yang terbentuk pada komposit dilakukan dengan menggunakan XRD PANalytical



Gambar 1. Pola XRD Komposit Al-Cu-Mg/SiC

Analisa XRD dilakukan dengan menggunakan aplikasi X'pert Highscore untuk mendapatkan fasa yang terbentuk, intensitas puncak, h k l dan sudut terbentuknya fasa. Hasil XRD menunjukkan puncak-puncak yang terbentuk. Pada semua sampel puncak-puncak tertinggi terdapat pada $2\theta = 38^\circ, 45^\circ, 65^\circ$ dan 78° . Puncak-puncak tersebut merupakan puncak yang menunjukkan fasa aluminium (fasa α).

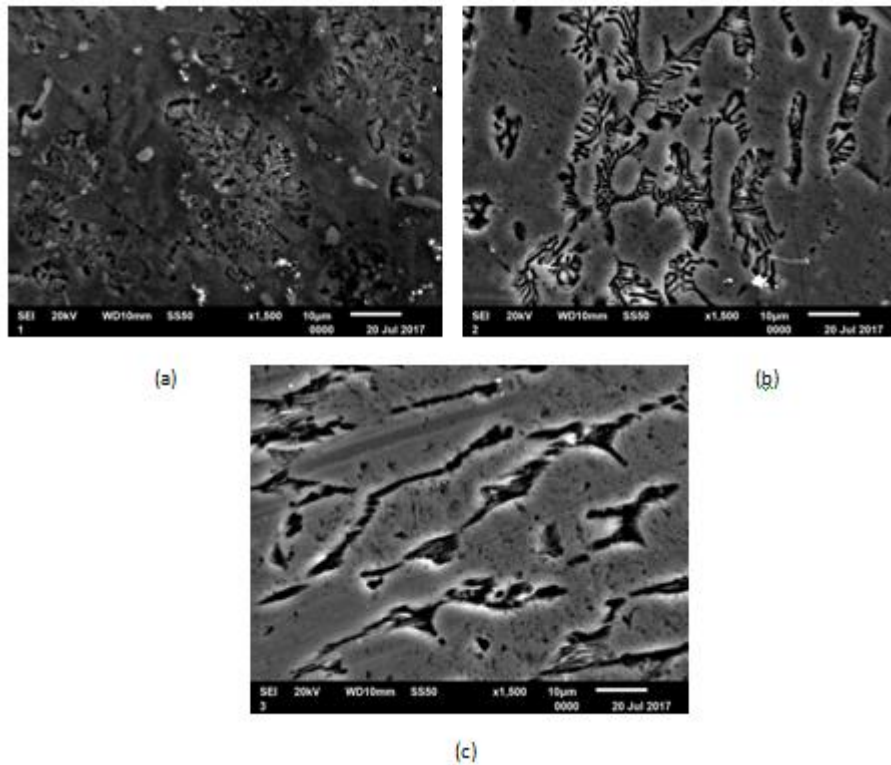
Namun jika diamati lebih jauh lagi dengan menggunakan X'pert Highscore, maka akan terbaca puncak-puncak minor dan fasa-fasa yang dibentuknya. Pada sampel dengan menggunakan 3,4 wt% SiC juga terbentuk fasa Al₂Cu (θ) pada posisi $29,4875^\circ; 42,6175^\circ; 65,2094^\circ$ dan $65,3917^\circ$. Sedikit presipitat Mg₂Si juga terbentuk pada sampel ini yang berada pada posisi $47,5176^\circ$. Pada sampel dengan menggunakan 3,7 wt% SiC fasa Al₂Cu (θ) juga terbentuk dengan jumlah yang meningkat dibandingkan sampel dengan 3,4 wt% SiC.

Fasa Al_2Cu (Θ) terbentuk pada posisi $20,7165^\circ$ dan $78,2108^\circ$ dengan intensitas tertinggi pada posisi $78,2108^\circ$. Selain fasa Al_2Cu , terbentuk juga presipitat Mg_2Si pada posisi $26,6846^\circ$; $65,3987^\circ$ dan $99,5714^\circ$ dengan intensitas tertinggi berada pada posisi $65,3987^\circ$. Pada sampel dengan menggunakan 4 wt% SiC Sedikit fasa Al_2Cu (Θ) juga terbentuk pada sampel ini dengan posisi puncak $36,6486^\circ$. Sedangkan presipitat Mg_2Si terbentuk lebih banyak jika dibandingkan dengan sampel 3,4 wt% SiC dan 3,7 wt% SiC. Puncak-puncak Mg_2Si berada pada posisi $24,6582^\circ$; $28,4760^\circ$; $40,5060^\circ$; $50,0524^\circ$; $58,3936^\circ$; $73,2281^\circ$; $78,4410^\circ$ dan $78,6718^\circ$ dengan intensitas tertinggi berada pada posisi $78,4410^\circ$. Jika dibandingkan dengan sampel 3,4 wt% SiC dan 3,7 wt% SiC, presipitat Mg_2Si paling banyak terbentuk pada sampel dengan komposisi 4 wt% SiC.

Terjadi peningkatan jumlah presipitat Mg_2Si yang terbentuk jika dibandingkan dengan sampel 3,4 wt% SiC, hal ini dikarenakan bertambahnya massa SiC sehingga semakin banyak SiC yang berikatan dengan Mg. Fasa Al_2Cu dan Mg_2Si yang terbentuk pada setiap sampel merupakan hasil dari proses aktivasi *thermal* pada proses *annealing* [6]. Hal ini dikarenakan ketika perlakuan *annealing* diberikan, unsur Cu berdifusi ke dalam aluminium. Kemampuan difusi Cu dalam Al lebih besar dibandingkan kemampuan difusi Al dalam Cu dan Mg dalam Al pada temperaur $450^\circ C$, sehingga terbentuk fasa Al_2Cu . Sedangkan presipitat Mg_2Si terbentuk karena Mg lebih mudah berikatan dengan SiC dibandingkan larut dengan aluminium [7]. Hal ini juga mengindikasikan SiC yang telah diberikan pemanasan awal berhasil membentuk lapisan SiO_2 dan berpengaruh pada peningkatan kemampubasahan SiC, sehingga mempermudah ikatannya dengan Mg [8]. Bertambahnya massa SiC juga menyebabkan semakin banyaknya SiC yang berikatan dengan Mg, sehingga berpengaruh pada bertambahnya presipitat Mg_2Si pada komposit.

Selain puncak dan fasa yang terbentuk, diperoleh juga data dengan menggunakan persamaan Scherrer. Dari data yang telah diperoleh, jika ukuran kristal dibandingkan dengan Fwhm (lebar puncak difraksi setengah maksimum), maka semakin besar Fwhm akan membuat ukuran kristal semakin kecil. Pelebaran puncak difraksi disebabkan oleh tingkat pengkristalan, ukuran kristal dan regangan kisi yang ada pada suatu bahan [9]. Didapatkan juga bahwa penambahan persen massa SiC tidak mempengaruhi ukuran kristal pada Mg_2Si . Rata-rata kuran kristal pada setiap sampel relatif konstan sekitar 1000\AA , hal ini dikarenakan tidak adanya peningkatan temperatur *annealing*. Ukuran kristal dipengaruhi oleh temperatur *annealing*, semakin tinggi temperatur *annealing* maka akan semakin besar ukuran kristal yang terbentuk. Hal ini dikarenakan proses rekristalisasi dan pertumbuhan butir yang terjadi [10].

Analisis Struktur Mikro



Gambar 2. Hasil pengamatan SEM pada sampel dengan (a) 3,4 wt% SiC (b) 3,7 wt% SiC (c) 4 wt% SiC

ZAF Method Standardless Quantitative Analysis							
Fitting Coefficient : 0.2396							
Element	(keV)	Mass%	Error%	Atom%	Compound	Mass%	Cation
C K	0.277	19.30	1.08	35.88			K
O K	0.525	4.31	0.88	6.02			2.3553
Al K	1.486	63.79	0.31	52.78			3.8002
Si K	1.739	1.97	0.63	1.56			78.1957
Fe K	6.398	1.57	1.09	0.63			1.3501
Cu K	8.040	3.15	2.27	1.11			2.2109
Zn K	8.630	5.91	2.92	2.02			4.2033
Total		100.00		100.00			7.8845

(a)

ZAF Method Standardless Quantitative Analysis							
Fitting Coefficient : 0.2507							
Element	(keV)	Mass%	Error%	Atom%	Compound	Mass%	Cation
C K*	0.277	11.52	1.64	22.41			K
O K	0.525	5.83	1.06	8.51			1.0299
Al K	1.486	77.79	0.36	67.35			4.6980
Zn K	8.630	4.86	3.89	1.74			88.8876
Total		100.00		100.00			5.3845

(b)

ZAF Method Standardless Quantitative Analysis							
Fitting Coefficient : 0.2544							
Element	(keV)	Mass%	Error%	Atom%	Compound	Mass%	Cation
C K	0.277	26.71	1.46	44.21			K
O K	0.525	3.54	1.36	4.40			2.9767
Al K	1.486	69.75	0.34	51.39			4.4800
Total		100.00		100.00			94.5433

(c)

Gambar 3. Hasil pengamatan EDS pada sampel dengan (a) 3,4 wt% SiC (b) 3,7 wt% SiC (c) 4 wt% SiC

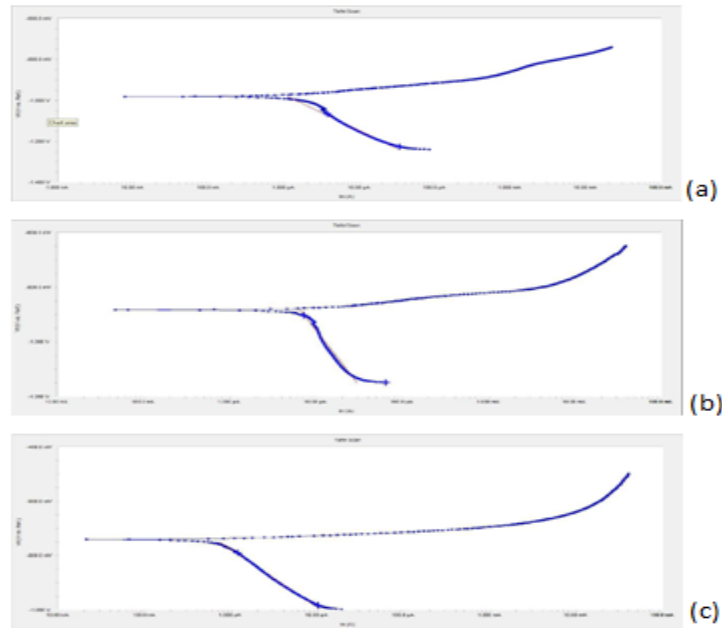
Analisa struktur mikro dilakukan dengan mengamati gambar hasil pengujian SEM dengan perbesaran x1500 dan EDS dengan menggunakan mesin SEM Jeol jsm 6510LA. Pada sampel komposit Al-Cu-Mg dengan 3,4 wt% ; 3,7 wt% dan 4 wt% SiC batas-batas butir belum terlihat jelas, hal ini bisa disebabkan oleh perbesaran SEM yang kurang besar dan akibat proses nukleasi yang berjalan lambat dan masih belum selesai. pembentukan kisi yang tidak sesuai juga menjadi penyebab batas butir menjadi tidak jelas [11]. Pada pengamatan EDS untuk sampel 3,7 wt % dan 4 wt% SiC yang ditunjukkan oleh gambar 3 (a) dan (b), tidak terlihat adanya unsur SiC pada bagian tersebut. Hal ini menunjukkan pada sampel 3,7 wt % dan 4 wt% SiC terjadi penyebaran partikel SiC yang tidak homogen. Hasil EDS juga menunjukkan adanya unsur oksigen (O) pada setiap sampel. Hal ini bisa disebabkan oleh oksigen yang masuk ketika proses pencetakan, oksigen ini juga akan menyebabkan tingkat porositas menjadi tinggi. Gas-gas oksigen tersebut terjebak sampai ke bagian dalam sampel. Namun unsur oksigen yang ada pada setiap sampel ini juga dimungkinkan ikatan antara aluminium dengan oksigen yang membentuk lapisan Al₂O₃ yang merupakan lapisan tipis pelindung aluminium [12]. Selain unsur oksigen, terdapat juga presentase unsur karbon(C) dalam pengamatan EDS. Unsur karbon bisa disebabkan oleh SiC yang bereaksi dengan aluminium cair pada suhu tinggi sehingga terbentuk fasa Al₄C₃ [13].

Analisis Laju Korosi

Pengujian laju korosi dilakukan dengan menggunakan Potensiostat Gamry Reference 600 menggunakan media NaCl.

Tabel 1. Data hasil pengukuran laju korosi pada komposit Al-Cu-Mg dengan filler SiC

Sampel (wt% SiC)	Icorr (mA)	Ecorr (mV)	A (cm ²)	EW	D (gr/cm ³)	T (°C)	CR (mmpy)
3.4	0.001109	-981.4	0.712	9.32	1.47	27.3	1,28x10 ⁻³
3.7	0.006448	-882.2	0.495	9.32	1.5	26.6	1,05x10 ⁻²
4	0.000718	-747.6	0.54	9.32	1.57	26.5	1,027x10 ⁻³



Gambar 4. Grafik hasil pengukuran laju korosi pada komposit Al-Cu-Mg dengan (a) 3,4 wt% SiC (b) 3,7 wt% SiC (c) 4 wt% SiC

Berdasarkan data yang terdapat pada table 1 dapat dilihat bahwa laju korosi terendah terdapat pada sampel dengan 4 wt% SiC yaitu $1,02 \times 10^{-3}$ mmpy, sedangkan dua sampel lainnya mempunyai nilai $1,28 \times 10^{-3}$ mmpy untuk sampel 3,4 wt% dan $1,05 \times 10^{-2}$ mmpy untuk sampel dengan 3,7 wt% SiC. Data tersebut menunjukkan peningkatan laju korosi pada sampel 3,7 wt% SiC, namun terjadi penurunan pada sampel 4 wt% SiC. Jika diamati lebih cermat maka didapatkan hasil peningkatan persentase massa SiC cenderung membuat laju korosi menurun. Hal tersebut terlihat dari sampel dengan 4 wt% SiC mempunyai nilai laju korosi yang terendah. Hal ini dikarenakan SiC merupakan unsur keramik yang inert [14]. SiC juga tidak mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap potensial korosi sumur aluminium [15]. Hal ini juga sesuai dengan referensi yang menunjukkan proses heat treatment dan waktu terkena media lebih mempengaruhi laju korosi daripada penambahan persentase SiC [16].

KESIMPULAN

Penambahan persentase massa dari *filler* SiC memberikan pengaruh pada semakin banyaknya presipitat Mg_2Si yang terbentuk, namun fasa aluminium tetap menjadi fasa dominan yang terbentuk. Penambahan persentase massa SiC juga cenderung membuat laju korosi semakin menurun. Nilai laju korosi terbaik dalam penelitian ini terdapat pada komposit Al-Cu-Mg dengan 4 wt% SiC.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada bapak Dr. Anggara Budi Susila, M.Si yang merupakan pembimbing dalam penelitian dan pembuatan makalah ini.

REFERENSI

1. Kaufman, J.Gilbert, *Properties and Selection: Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials*. ASM International Handbook Committee (1990)
2. Davis, J.R, *Aluminium and Aluminium Alloys*. ASM International (2001)
3. Warner, Timothy, *Aircraft Structure Element Made of an Al-Cu-Mg Alloy*. United States (2003)
4. Shehadeh, Lina M, *The Effect of Adding Different Percentages of Manganese (Mn) and Copper (Cu) on the Mechanical Behavior of Aluminum*. University of Jordan, Amman, Jordan (2015)

5. Zhou, W. , Xu, Z.M, *Casting of SiC Reinforced Metal Matrix Composites*. Journal of Materials Processing Technology 63. Nanyang Technological University, Nanyang Avenue, Singapore (1997)
6. Chen, Chih-Yuan, *Effect of Annealing on The Interfacial Structure Aluminium-Copper Joints*. Department of Materials Science and Engineering, National Cheng Kung University, Taiwan, R. O. China (2007)
7. Chen, Chih-Yuan, *Influence of Interfacial Structure Development on the Fracture Mechanism and Bond Strength of Aluminum/Copper Bimetal Plate*. Department of Materials Science and Engineering, National Cheng Kung University, Taiwan, R. O. China (2006)
8. Saleh, M, *Pengaruh Pelapisan Oksida SiO₂ Pada Permukaan Partikel SiC Terhadap Kualitas Ikatan Antarmuka Komposit Al-SiC*. Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya (2009)
9. Mishra, S.K, *A comparative assessment of crystallite size and lattice strain in differently cast A356 aluminium alloy*. Department of Metallurgical and Materials Engineering, National Institute of Technology, Rourkela, India (2015)
10. Fujda, Martin, *Effect of Solution Annealing Temperature on Structure and Mechanical Properties of EN AW 2024 Aluminium Alloy*. Technical University of Košice, Republik Slovakia (2007)
11. Mohamed, A.M.A, *A Review on the Heat Treatment of Al-Si-Cu/Mg Casting Alloy*. Materials Technology Unit (MTU), Qatar University, Doha, Qatar (2012)
12. Giarno, *Korosi Pada Paduan Aluminium 3104-H19 Dalam Lingkungan Hidrogen Peroksida*. FMIPA Universitas Indonesia, Depok (2008)
13. Fan, Tongxiang, *The effect of Si upon the interfacial reaction characteristics in SiCp/Al-Si system composites during multiple-remelting*. Shanghai Jiaotong University, , Shanghai, Republic of China (1999)
14. Jamal, Niveen dkk, *Fabrication of Metal Matrix Composites Reinforced with Nano SiC and Studying their Corrosion Behavior in 3.5%NaCl*. Department of Materials Engineering, University of Technology- Baghdad (2017)
15. Bobic, B dkk, *Corrosion of Metal-Matrix Composites with Aluminium Alloy Substrate*. R&D Center IHIS Technoexperts, Zemun, Serbia (2010)
16. Alaneme, Kenneth, *Corrosion Behaviour of Heat - Treated Al-6063/ SiCp Composites Immersed in 5 wt% NaCl Solution*. Department of Metallurgical and Materials Engineering, Federal University of Technology, Nigeria (2011)