

Pengujian Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Aluminium Matrix Composite (AMC) Berpenguat Partikel Silikon Karbida (SiC) dan Alumina (Al₂O₃)

Basuki Widodo¹⁾, Anang Subardi²⁾

*1,2,)Jurusan Teknik Mesin S-1 Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional Malang*

Abstrak. *Aluminium Matrix Composite (AMC) adalah material komposit berbasis logam yang menggunakan aluminium sebagai matriksnya. Partikel keramik Silikon Karbida (SiC) dan Alumina (Al₂O₃) sebagai penguat yang sering digunakan untuk meningkatkan sifat – sifat dari AMC. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan SiC dan Al₂O₃ terhadap perubahan sifat mekanis dan struktur mikro pada AMC dengan matriks aluminium seri 1100 menggunakan metode pengecoran stir casting. Variasi partikel keramik yaitu 0%, 1,5% (SiC) + 2% (Al₂O₃), 3% (SiC) + 4% (Al₂O₃), dan 4,5% (SiC) + 6% (Al₂O₃). Pada penelitian ditambahkan magnesium serbuk sebesar 1% dengan tujuan untuk meningkatkan kemampubasahan (wettability). Pengujian sifat mekanis dilakukan dengan melakukan pengujian tarik dan pengujian kekerasan. Dari hasil pengujian Tarik nilai tertinggi pada aluminium murni sebesar 9.41 Kg/mm² dan hasil uji kekerasan menunjukkan kekerasan tertinggi pada variasi 4,5% (SiC) + 6% (Al₂O₃) sebesar 68,3 HRB.*

Kata Kunci : *AMC, SiC, Al₂O₃, Stir Casting.*

I. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Aluminium merupakan salah satu bahan yang banyak dimanfaatkan pada peradaban era modern saat ini, baik dalam dunia otomotif, industri, afiliasi, maupun rumah tangga. Karakteristik yang menjadikan bahan ini sebagai bahan yang banyak dimanfaatkan diantaranya yaitu ringan, kuat, memiliki ketahanan korosi yang baik, memiliki tampilan yang menarik, konduktor listrik yang handal, konduktor panas yang baik, serta beberapa kelebihan lain yang dimiliki oleh material ini.

Oleh karena itu, perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi rekayasa material terus mengembangkan material komposit. Material komposit adalah kombinasi dari dua jenis material atau lebih yang berbeda fasa menjadi material baru yang memiliki sifat dari hasil gabungan kelebihan – kelebihan material penyusunnya (William J. Calister). *Aluminium Matrix Composite (AMC)* merupakan salah satu material komposit berbasis logam yang memanfaatkan aluminium sebagai bahan matriksnya. Material yang ditambahkan pada komposit untuk meningkatkan sifat – sifatnya disebut sebagai bahan penguat. Bahan penguat yang banyak digunakan pada proses produksi *aluminium matrix composite* adalah partikel silikon karbida (SiC) dan alumina (Al₂O₃) merupakan material keramik dengan keunggulan sifat mekanisnya yang tinggi. Penguat SiC dapat meningkatkan kekuatan tarik, kekerasan, densitas, dan ketahanan aus dari Aluminium serta paduannya. Penguat Al₂O₃ memiliki ketahanan terhadap penekanan yang baik dan ketahanan aus yang tinggi. Penyebaran partikel penguat menjadi pengaruh yang sangat menentukan sifat dari *aluminium matrix composite* yang dihasilkan. (B. Vijaya Ramnath, dkk. 2013) Proses *stir casting* adalah salah satu metode pembuatan material komposit dengan mencampurkan bahan material disaat material dalam keadaan mencair, dimana pengadukannya secara mekanik. (Amir Arifin dan Junaidi, 2017)

Dalam penelitian ini, dilakukan pengembangan material *aluminium matrix composite* dengan memadukan partikel penguat Silikon Karbida (SiC) dan Alumina (Al₂O₃) pada matriks logam aluminium menggunakan variasi jumlah partikel penguat.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana pengaruh partikel penguat *Silicon Carbide (SiC)* dan *Aluminium Oxide (Al₂O₃)* pada komposit aluminium terhadap struktur mikro dan peningkatan sifat mekanis ?

2. Kajian Pustaka

2.1. Aluminium

Aluminium merupakan logam ringan mempunyai ketahanan korosi yang baik dan hantaran listrik yang baik dan sifat-sifat yang baik lainnya sebagai sifat logam. Sebagai tambahan terhadap, kekuatan mekaniknya yang sangat meningkat dengan penambahan Cu, Mg, Si, Mn, Zn, Ni, dsb, secara satu persatu atau bersama-sama, memberikan juga sifat-sifat baik lainnya seperti ketahan korosi, ketahan aus, koefisien pemuaian rendah, dsb. Material ini dipergunakan di dalam bidang yang luas bukan saja untuk peralatan rumah tangga tapi juga dipakai untuk keperluan material pesawat terbang, mobil, kapal laut, konstruksi, dsb. (Tata Surdia,1999)

2.1.1 Standar Paduan Aluminium

Ada beberapa standar, seperti: ISO, Aluminium Assosiation of America, German (DIN), Swiss (VSM), Austria (Onorm), Italia (UNI), dll., memiliki variasi paduan aluminium yang bermacam – macam.

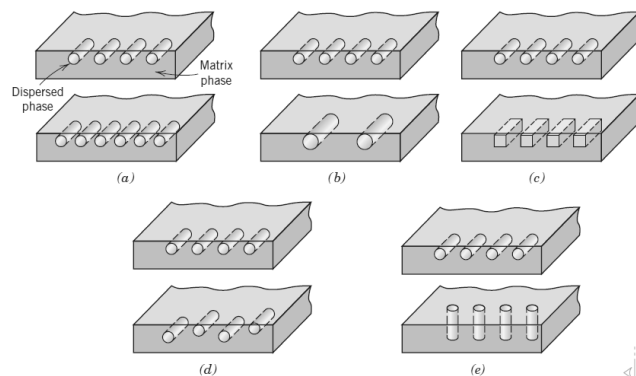
Tabel 2.1 Pengelompokkan Paduan Aluminium

S.No.	Principal alloying element	Alloy series (wrought)	Alloy series (cast)
1.	Aluminium 99% minimum	1xxx	1xxx
2.	Copper	2xxx	2xxx
3.	Manganese (Si + Cu and/or Mg)	3xxx	3xxx
4.	Silicon	4xxx	4xxx
5.	Magnesium	5xxx	5xxx
6.	Magnesium and silicon	6xxx	-
7.	Zinc	7xxx	7xxx
8.	Tin	-	8xxx
9.	Other elements	8xxx	9xxx
10.	Unused series	9xxx	6xxx

V.

2.2. Komposit

Komposit adalah material dari bahan yang berbeda – beda yang disatukan sehingga memiliki sifat yang lebih baik dari sifat asalnya. Dalam pembuatan material komposit, insinyur secara cerdas mengkombinasikan berbagai macam logam, keramik, dan polimer untuk menghasilkan material jenis baru yang memiliki keunggulan yang baik. Umumnya material – material komposit terdiri dari dua fasa, salah satunya disebut dengan *matrix*, yang bersifat kontinu dan melingkupi fasa lainnya, sering disebut sebagai fasa terdispersi. Sifat dari komposit tergantung dari sifat fasa penyusunnya, jumlahnya, dan geometri dari fasa terdispersinya. Geometri fasa terdispersi yang dimaksud adalah bentuk dari partikel dan ukurannya, penyebarannya, dan orientasinya. Karakteristik ini digambarkan dalam Gambar 2.1.



VI. Gambar 2.1 Skema Dari Beragam Geometri dan Karakteristik Spatial Dari Partikel Fasa Terdispersi yang Dapat Memengaruhi Sifat Dari Komposit : (A) Konsentrasi, (B) Ukuran, (C) Bentuk, (D) Distribusi, dan (E) Orientasi.

2.3. Aluminium Matrix Composite

Aluminium Matrix Composite adalah salah satu material komposit berbasis logam yang menggunakan aluminium sebagai bahan matriksnya. Keunggulan dari aluminium adalah memiliki nilai kekakuan yang tinggi, ketahanan leleh yang tinggi, dan proses pembuatan yang relatif rendah. Komposit aluminium telah dikembangkan selama beberapa tahun dan memiliki variasi yang berbeda – beda dan telah dicoba dengan beberapa variasi tepat. Penguat itu termasuk *continuous fibre*, monofilamen dan multifilamen, *short fiber*, *whiskers*, dan partikulat.

2.4. Partikel Penguat Aluminium Matrix Composite

1. Al₂O₃ (Alumina)

Alumina adalah oksida aluminium dari senyawa kimia pada aluminium dan oksigen dengan rumus kimia Al₂O₃. Beberapa sifat penting dari alumina adalah: kekerasan tinggi, kekuatan tinggi, dan titik lebur tinggi.

2. SiC (Silicon Carbide)

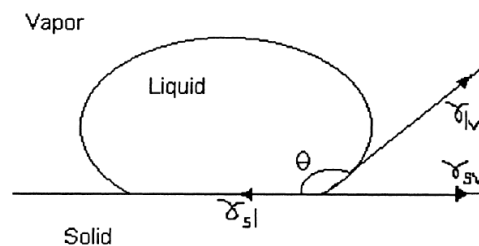
SiC (*Silicon Carbide*) merupakan senyawa kristalin yang mempunyai sifat mekanik dengan kekerasan paling tinggi dan mempunyai titik leleh tinggi yaitu sekitar 2837°C.

2.5. Penyebaran Partikel Penguat

Salah satu masalah yang dihadapi dalam pembuatan material *metal matrix composite* adalah penyebaran dari partikel penguat selama peleburan atau penuangan. Hal ini diakibatkan karena perbedaan densitas antara partikel penguat dan logam cair. Penyebaran partikel penguat dipengaruhi oleh beberapa hal diantaranya a) penyebaran di dalam logam cair akibat pengadukan b) penyebaran di dalam logam cair setelah pengadukan tetapi sebelum pembekuan logam cair dan c) penyebaran partikel kembali akibat proses pembekuan.

Salah satu teknik pencampuran partikel penguat yang baik dengan menggunakan *vortex method* atau biasa disebut *stir casting*. Pada metode ini setelah material matrik meleleh, logam cair diaduk untuk menghasilkan pusaran pada permukaan logam cair kemudian partikel penguat dimasukkan melalui sisi pusaran.

2.6. Sifat Pembasahan (Wettability) Antara Penguat dan Matriks

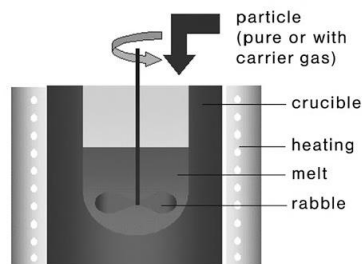


VII. Gambar 2.2 Skema Sudut Kontak Pada Sifat Pembasahan

Wettability bisa didefinisikan sebagai kemampuan dari suatu cairan untuk menyebar pada permukaan yang padat. Besarnya sudut kontak (θ) pada penjelasan pada Gambar 2.7 menjelaskan sifat pembasahan (*wettability*), yakni (a) $\theta = 0^\circ$, pembasahan yang sempurna, (b) $\theta = 180^\circ$, tidak terjadi pembasahan, dan (c) $0^\circ < \theta < 180^\circ$, pembasahan sebagian.

2.7. Proses Pengecoran Stir Casting

- VIII.
- IX.
- X.
- XI.
- XII.
- XIII.



XIV. Gambar 2.3 Skema Proses Pembuatan Komposit Metode Stir Casting

XV.

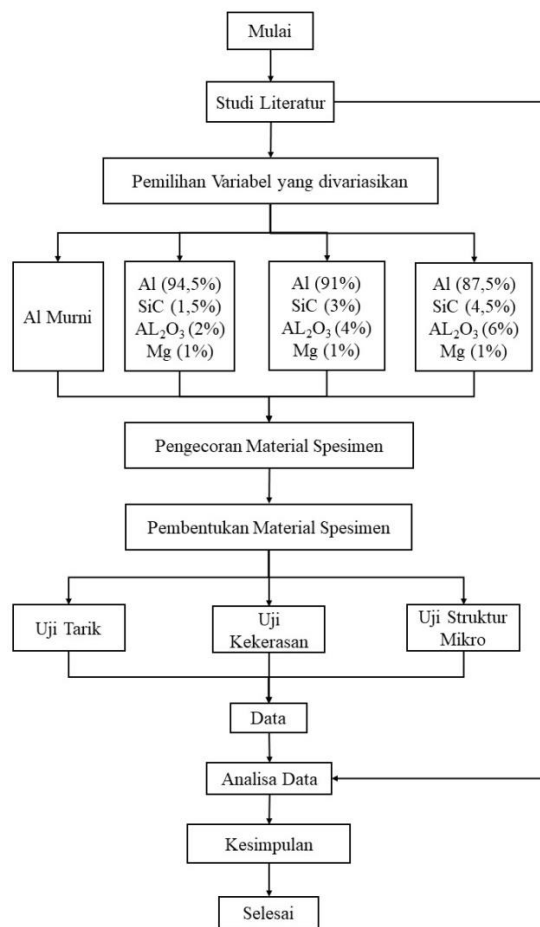
Proses Pengecoran *Stir Casting* adalah salah satu teknik pembuatan material komposit aluminium yang membutuhkan biaya yang cukup murah. Cara ini juga memiliki kelebihan dari jenis material yang akan dibuat, dan bisa membuat komposit hingga 30% volume fraksi penguat dengan ikatan matriks logam dan penyebaran partikel penguat yang lebih baik karena proses pengadukan yang dilakukan selama pembuatan komposit.

2.8. Magnesium

Magnesium adalah salah satu elemen reaktif yang berfungsi untuk meningkatkan kemampubasahan antara partikel keramik dengan matriks aluminium sehingga dapat menghasilkan ikatan yang kuat. Penambahan elemen paduan magnesium tersebut bisa memperbaiki matriks aluminium dengan cara membentuk lapisan sementara antara partikel penguat dan aluminium cair.

3. Metodologi Penelitian

3.1 Diagram Alir Penelitian



XVI. Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Peralatan dan Bahan

3.2.1 Peralatan :

1. Tungku Pelebur
2. Mesin *Stir Casting*
3. *Ladle*
4. Cetakan Logam
5. Termokopel
6. Timbangan Digital
7. Jangka Sorong
8. Gerinda
9. Mesin Bubut
10. Mesin Uji Tarik
11. Mesin Uji Kekerasan
12. Mesin Uji Struktur Mikro

3.2.2 Bahan :

1. Aluminium 1100
2. Silikon Karbida (SiC)
3. Alumina (Al_2O_3)

4. Magnesium (Mg)

3.3 Variabel Penelitian

Tabel 3.1 Fraksi Volume Matriks Al, Partikel SiC, Al_2O_3 , dan Mg

Variasi	Aluminium (%)	SiC (%)	Al_2O_3 (%)	Mg (%)
1	100	0	0	0
2	95,5	1,5	2	1
3	92	3	4	1
4	88,5	4,5	6	1

3.4 Pembuatan Material *Aluminium Matrix Composite*

Pengecoran material *aluminium matrix composite* dilakukan di Laboratorium Proses Produksi I di ITN Malang Kampus 2.

1. Menyiapkan peralatan dan bahan yang diperlukan dalam penelitian.
2. Menimbang aluminium murni yang telah dipotong – potong sebelumnya dengan fraksi volume yang telah ditentukan sebesar 100%, 95,5%, 92%, dan 88,5%.
3. Menimbang partikel penguat Silikon Karbida (SiC) dengan fraksi volume 1,5%, 3%, dan 4,5%.
4. Menimbang partikel penguat Alumina (Al_2O_3) dengan fraksi volume 2%, 4%, dan 6%.
5. Menimbang serbuk magnesium (Mg) dengan fraksi volume 1%.
6. Melebur aluminium di dalam tungku peleburan hingga mencapai keadaan titik cairnya.
7. Memasukkan *degasser* untuk mengangkat terak yang tercampur di dalam cairan aluminium dan *coveral* untuk mengurangi kandungan gas – gas yang terperangkap pada matriks aluminium.
8. Membuang terak dan kotoran – kotoran lainnya yang mengambang di atas aluminium cair untuk mengurangi jumlah *impurities* yang bisa tercampur di dalam aluminium cair.
9. Melakukan pemanasan (*heat treatment*) pada partikel penguat silikon karbida (SiC) dan alumina (Al_2O_3) hingga mencapai temperatur 500 °C untuk menghindari perbedaan temperatur antara partikel penguat dengan aluminium cair yang terlalu tinggi dan menghilangkan udara yang terperangkap pada partikel penguat.
10. Memasang alat pengaduk *stir casting* pada tungku krusibel untuk persiapan proses pencampuran partikel penguat (SiC & Al_2O_3) ke dalam matriks logam aluminium.
11. Menghidupkan alat pengaduk untuk menghasilkan pusaran yang dapat membantu proses penyebaran partikel ke dalam matriks logam.
12. Menambahkan serbuk magnesium (Mg) yang berfungsi sebagai material paduan yang bisa meningkatkan sifat pembasahan pada aluminium cair.
13. Memasukkan partikel penguat silikon karbida (SiC) dan alumina (Al_2O_3) yang telah dipanasi sebelumnya dekat dengan permukaan logam cair matriks aluminium.
14. Mengaduk logam cair (Al 1100 – SiC – Al_2O_3 – Mg) selama 5 menit untuk memperoleh pendistribusian partikel penguat terjadi secara merata.
15. Melakukan pemanasan pada peralatan seperti *ladle* dan cetakan logam agar tidak terjadi perbedaan temperatur yang terlalu tinggi dengan logam cair yang dapat menurunkan temperatur aluminium yang sangat cepat saat dilakukan penuangan juga untuk menghilangkan kandungan air yang terdapat pada peralatan dan cetakan logam.
16. Melapisi cetakan dengan serbuk parting untuk memudahkan pelepasan material komposit dari cetakan.
17. Menuang komposit aluminium – SiC – Al_2O_3 – Mg ke dalam cetakan logam.
18. Melepas material komposit (Al – SiC – Al_2O_3 – Mg) dari cetakan logam.

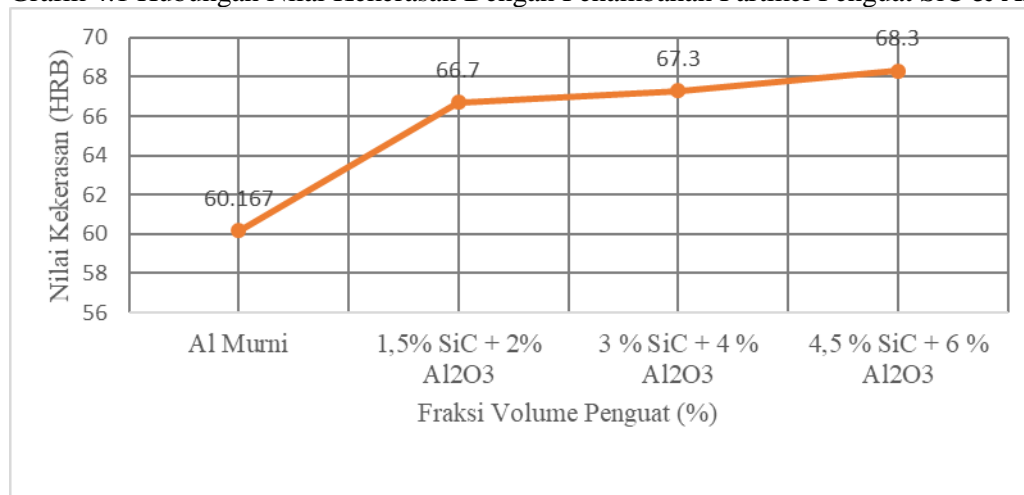
4. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Kekerasan.

XVII. Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Kekerasan

No	Variasi Material	Titik Pengujian	Nilai Kekerasan (HRB)
1	Al Murni	1	61.5
		2	51
		3	68
Rata - Rata Nilai Kekerasan (HRB)			60.167
2	Al Murni + 1,5% SiC + 2 % Al ₂ O ₃ + Mg	1	64
		2	69
		3	67
Rata - Rata Nilai Kekerasan (HRB)			66,7
3	Al Murni + 3 % SiC + 4 % Al ₂ O ₃ + Mg	1	62
		2	68
		3	65
Rata - Rata Nilai Kekerasan (HRB)			67,3
4	Al Murni + 4,5 % SiC + 6 % Al ₂ O ₃ + Mg	1	72
		2	67
		3	66
Rata - Rata Nilai Kekerasan (HRB)			68,3

Grafik 4.1 Hubungan Nilai Kekerasan Dengan Penambahan Partikel Penguat SiC & Al₂O₃



4.1.2 Pembahasan

Dari grafik Grafik 4.1 dapat diketahui bahwa dengan penambahan jumlah fraksi volume partikel penguat SiC dan Al₂O₃ pada setiap variasinya akan meningkatkan nilai kekerasan material komposit aluminium. Material variasi pertama (Al 1100) yang belum ditambahkan partikel penguat silikon karbida (SiC) dan alumina (Al₂O₃) memiliki nilai kekerasan sebesar 60,167 HRB. Kekerasan material komposit aluminium semakin meningkat dengan penambahan partikel penguat. Pada variasi kedua (1,5% SiC + 2% Al₂O₃) terjadi peningkatan kekerasan sebesar 66,7 HRB. Kemudian pada variasi ketiga (3% SiC + 4% Al₂O₃) kekerasan meningkat menjadi 67,3 HRB. Pada variasi keempat (4,5 % SiC + 6 % Al₂O₃) kekerasan kembali meningkat menjadi 68,3 HRB. Peningkatan nilai kekerasan pada material komposit aluminium terjadi karena partikel penguat yang digunakan untuk mengubah sifat mekanis material komposit aluminium yaitu silikon karbida (SiC) dan alumina (Al₂O₃)

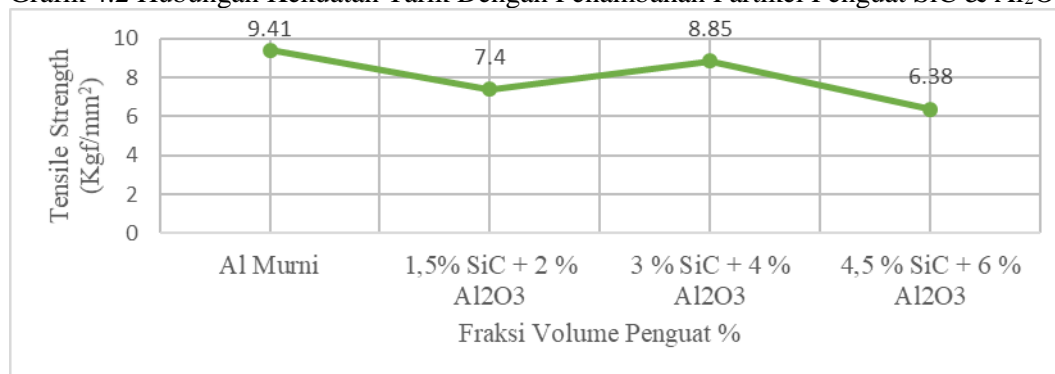
merupakan material keramik yang memiliki kekerasan yang tinggi^[13]. Sehingga dengan adanya penyebaran partikel penguat (SiC dan Al₂O₃) pada matriks Al 1100 dapat meningkatkan nilai kekerasan dari material komposit aluminium tersebut.

42 Pengujian Tarik

Tabel .4.2 Data Hasil Pengujian Tarik

No	Variasi	Jumlah Spesimen	Area (Mm ²)	Max Force (Kgf)	0.2% Y.S (Kgf/mm ²)	Tensile Strain (Kgf/mm ²)	Elongation (%)
1	Al Murni	A	120.75	1250	6.64	10.35	24.5
		B	120.75	1102	5.79	9.12	24.5
		C	120.75	1052	5.54	8.75	22
	Rata - Rata Tensile Strength						9.41
2	Al Murni + 1,5% SiC + 2 % Al ₂ O ₃ + 1% Mg	A	120.75	1099	8.96	8.96	12
		B	120.75	796	4.17	6.48	13
		C	120.75	831	4.44	6.77	17
	Rata - Rata Tensile Strength						7.4
3	Al Murni + 3 % SiC + 4 % Al ₂ O ₃ + 1% Mg	A	120.75	1150	5.62	9.37	21
		B	120.75	731	3.97	5.96	13
		C	120.75	1378	8.98	11.23	11
	Rata - Rata Tensile Strength						8.85
4	Al Murni + 4,5 % SiC + 6 % Al ₂ O ₃ + 1% Mg	A	120.75	843	4.60	6.87	14.5
		B	120.75	657	4.22	5.36	11.5
		C	120.75	887	4.94	7.23	18
	Rata - Rata Tensile Strength						6.38

Grafik 4.2 Hubungan Kekuatan Tarik Dengan Penambahan Partikel Penguat SiC & Al₂O₃

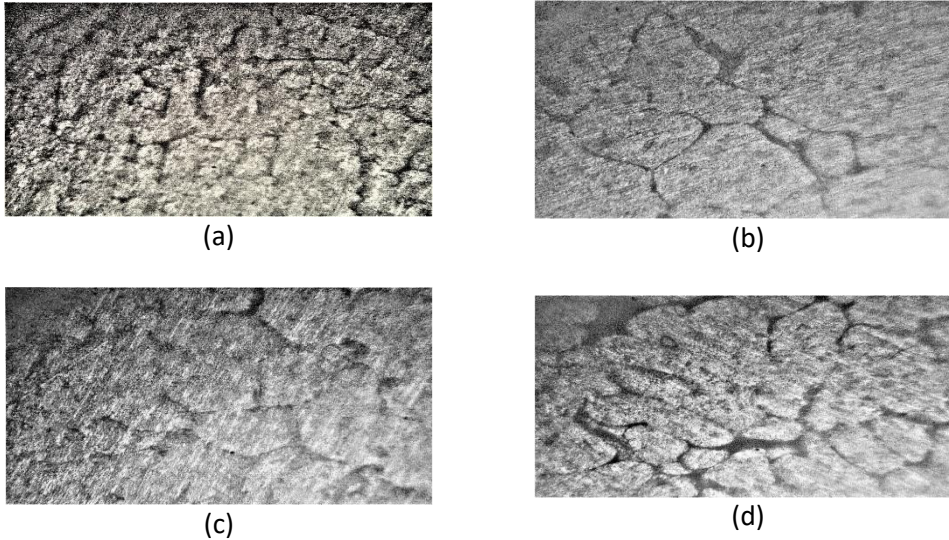


4.2.2 Pembahasan

Grafik 4.2 merupakan hasil pengujian kekuatan tarik dari material komposit matriks aluminium (Al – Al₂O₃ – SiC). Dapat diketahui hasil dari pengecoran material pada variasi pertama (Al 1100) yang belum mengalami penambahan partikel penguat memiliki kekuatan tarik sebesar 9.41 Kgf/mm². Namun, pada variasi kedua dengan penambahan partikel penguat sebesar (1,5% SiC + 2% Al₂O₃) kekuatan tarik menurun menjadi 7,4 Kgf/mm². Selanjutnya pada variasi ketiga dengan penambahan partikel penguat sebesar (3% SiC + 4% Al₂O₃) terjadi peningkatan kekuatan tarik material menjadi 8,85 Kgf/mm². Pada variasi keempat (4,5% SiC + 6% Al₂O₃) kekuatan tarik material komposit aluminium kembali menurun menjadi 6,38 Kgf/mm².

Dari penjelasan di atas dapat diketahui kekuatan tarik material komposit lebih rendah dari pada kekuatan tarik material aslinya (Al 1100). Penurunan kekuatan tarik pada material komposit tersebut bisa diakibatkan oleh beberapa hal diantaranya terbentuknya porositas pada material komposit, penyebaran partikel penguat yang tidak merata pada matriks aluminium, dan pembasahan antara partikel penguat dengan matriks aluminium yang kurang sempurna.

4.2.3 Pengujian Struktur Mikro



Gambar 4.1 Struktur Mikro Perbesaran 250X : (a) Al 1100, (b) 1,5%SiC+2% Al₂O₃, (c) 3%SiC+4% Al₂O₃, (d) 4,5%SiC+6% Al₂O₃

Gambar 4.1 merupakan hasil struktur mikro dari material komposit aluminium dari setiap variasi. Dapat dilihat batas butir antara partikel penguat (SiC dan Al₂O₃) dengan matriks Al 1100 semakin rapat seiring dengan bertambahnya jumlah fraksi volume penguat pada matriks. Sehingga batas butir yang semakin rapat ini berdampak pada kekerasan material komposit aluminium yang semakin meningkat (Setiadi, 2014).

5. Kesimpulan

Dari data yang diperoleh setelah melakukan penelitian dan telah dilakukan pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil pengujian kekerasan pada material komposit aluminium yang diperkuat dengan partikel SiC dan Al₂O₃ menunjukkan nilai kekerasan material bertambah dengan naiknya jumlah fraksi volume penguat. Variasi pertama (Al 1100 tanpa penguat) menunjukkan rata-rata nilai kekerasan sebesar 60,167 HRB. Pada variasi kedua nilai kekerasan 66,7 HRB (naik 10,85%), variasi ketiga nilai kekerasan 67,3 HRB (naik 0,9%), dan variasi keempat nilai kekerasan 68,3 HRB (naik 1,5%).
2. Hasil pengujian tarik menunjukkan nilai kekuatan tarik material komposit aluminium dengan penambahan partikel SiC dan Al₂O₃ lebih rendah dari nilai kekuatan tarik material matriksnya. Variasi pertama (Al 1100 tanpa penguat) rata-rata nilai kekuatan tarik yaitu 9,41 Kgf/mm². Pada variasi kedua kekuatan tarik 7,4 Kgf/mm² (turun 21,36%), variasi ketiga kekuatan tarik 8,85 Kgf/mm² (naik 19,6%), dan variasi keempat kekuatan tarik 6,38 Kgf/mm² (turun 27%).
3. Batas butir antara partikel penguat dan matriks akan semakin rapat dengan semakin bertambahnya jumlah fraksi volume penguat.

Daftar Pustaka

- [1]. Arifin, Amir dan Junaidi. 2017. Pengaruh Parameter Stir Casting Terhadap Sifat Mekanik Aluminium Matrix Composite (AMC)

- [2]. Bhatia, Raminder Singh. An Experimental Analysis of Aluminium Metal Matrix Composite Using Al₂O₃/B₄Cr/Gr Particles. *International Journal of Advanced Research In Computer Science*. Volume 8, No. 4.
- [3]. Callister, William D. 2007. *Materials Science and Engineering : An Introduction*
- [4]. Hashim, J., Looney, L., and Hashimi M.S.J. 1999. *Metal Matrix Composites: Production By The Stir Casting Method*. *Journal of Materials Processing Technology*. 92 – 93: 1-7
- [5]. Mavhungu, S.T., et. al. 2017. *Aluminium Matrix Composites for Industrial Use: Advances and Trends*. Elsevier. *Procedia Manufacturing* (2017): 178 – 182
- [6]. Prabowo, Tito Arifanto. 2017. Studi Eksperimental Pengaruh Penambahan Al₂O₃ Terhadap Kekuatan Tarik Pada *Aluminium Matrix Composite*. Skripsi diterbitkan. Surabaya: FTI ITS Surabaya.
- [7]. Patoliya, Dharmes M. dan Sharma, Sunil. 2015. *Praparation and Characterization of Zirconium Dioxide Reinforced Aluminium Metal Matrix Composite*. *IJIRSET*. Vol. 4: Issue 5.
- [8]. Ramnath, B. Vijaya (et.al). 2014. *Aluminium Metal Matrix Composites – A Review*. *Advanced Study Center Co. Ltd.*, 38: 55-60.
- [9]. R. V., Singh. *Aluminium Rolling: Processes, Principles, and Applications*. New Delhi: Tata McGraw Hill Education Private Limited.
- [10]. Setiadi, Bayu dan Sulardjaka. 2014. Kajian Sifat Fisis dan Mekanis Material Komposit Dengan Matrik AlSiMg Diperkuat Dengan Serbuk SiC. *Prosiding SNATIF. Ke-1*: 153 – 160.
- [11]. Surdia, Tata dan Saito, Shinroku. 1999. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- [12]. Surdia, Tata dan Chijiwa, Kenji. 2000. *Teknik Pengecoran Logam*. Jakarta: Pradnya Paramita
- [13]. Wacono, Deri Dagi., Sulardjaka. 2014. Pengaruh Persentase Berat Serbuk SiC terhadap Sifat Fisik dan Sifat Mekanik Komposit dengan Matriks AlSiTiB yang Diperkuat Serbuk SiC. *Jurnal Teknik Mesin S-1*, 2(3): 239-248.