

STUDI KARAKTERISTIK SIFAT MEKANIK *ALUMINIUM MATRIX COMPOSITE* (AMC) PADUAN AL, 5%Cu, 12%Mg, 15% SiC HASIL PROSES *STIR CASTING* DENGAN VARIASI TEMPERATUR PENGADUKAN

IMAN SAEFULOH^{1*}, AGUS PRAMONO², RICKI HIKMATULLAH¹

¹Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

²Jurusan Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Email*: iman.saefuloh@untirta.ac.id

ABSTRAK

Aluminium Matrix Composites (AMC) adalah jenis material komposit logam dimana aluminium sebagai matriknya dengan Cuprum (Cu), Silikon karbida (SiC) dan Magnesium (Mg) sebagai penguat dari matrik Aluminium. AMC mempunyai prospek pengembangan yang cukup menjanjikan, didasari oleh sifat-sifatnya yang baik, seperti kekerasan dan kekuatan yang tinggi, dan bahan dasar yang mudah didapatkan. Metode yang digunakan untuk pembuatan aluminium komposit yaitu metode stir casting, dengan menggunakan parameter variasi temperatur peleburan 700°, 750°, 800°C, dengan penambahan pembasah Cu 5%, magnesium 12%, dan SiC 15% serta kecepatan pengadukan konstan 600rpm dan waktu pengadukan 10 menit. Pengujian ini meliputi pengujian Kekuatan tarik, kekerasan, impak, komposisi kimia dan Scanning Electron Microskop (SEM), secara berturut-turut nilai kekuatan tarik menurun pada 700°C, 750°C dan 800°C dengan nilai 50, 33 dan 27 N/mm, nilai² kekerasan meningkat dengan nilai 90,73 95,29 dan 98,37 BHN, terjadi penurunan nilai impak dari setiap penambahan Temperatur 3,4, 2,8 dan 2,8 Joule/cm². Pada hasil SEM diketahui masih banyaknya porositas yang terjadi dari hasil coran.

Kata kunci: *Aluminium Matrix Composite, Stir casting, Variasi Temperatur*

ABSTRACT

Aluminum Matrix Composites (AMC) is a one type of metal composite material where aluminum and Cuprum as a matrix, Silicon carbide (SiC) as reinforcement and Magnesium (Mg) for wettability. AMC has a promising development prospect, based on good characteristics, such as hardness and high strength, basic ingredients that are easily available as well. The method used for the manufacture of aluminum based composites was the stir casting method. Using parameters of melting temperature variations were: 700°, 750°, 800°C, with the addition of 5% Cu wetting, 12% magnesium, and 15% SiC and a constant stirring speed of 600 rpm, used time of stirring was 10 minutes. Kind of characterization includes: tensile strength, hardness, impact, chemical composition and Scanning Electron Microscope (SEM). The value of tensile strength decreases at 700°C, 750°C and 800°C were: 50, 33 and 27 N / mm, hardness values increase, were: 90.73 95.29 and 98.37 BHN, there was a decrease in the impact value of each addition of Temperatures 3.4, 2.8 and 2.8 Joules / cm². The result of SEM was known that there were a lot of porosity that occurs by results of castings.

Keywords: *Aluminium Matrix Composite, Stir casting, Variasi Temperatur.*

1. PENDAHULUAN

Aplikasi material berbasis logam pada dunia industri cukup menjanjikan di Indonesia, dengan terus berkembangnya industri otomotif serta kebutuhan masyarakat akan kendaraan bermotor, komponen permesinan, dan bidang lainnya. Industri logam berbasis material komposit di Indonesia pada umumnya masih menggunakan material yang di import, seperti logam aluminium. Aluminium merupakan salah satu logam yang banyak diminati dan digunakan dalam dunia perindustrian. Tidak hanya itu, dalam perkembangan dunia penelitian, logam aluminium juga sering menjadi objek banyak riset. Hal ini disebabkan karena sifat aluminium mudah di-*machining*, difabrikasi, *forming*, tahan korosi, penghantaran listrik dan panas yang sangat baik. Disamping itu juga, sifat mekanik aluminium ternyata dapat ditingkatkan dengan penambahan unsur-unsur paduan, proses perlakuan panas, dan proses pengerjaan dingin (Benjamin etc all, 1989).

Alumunium merupakan logam non ferro yang paling banyak dipakai didunia, dengan laporan pemakaian per tahunnya hingga saat ini mencapai 24 juta ton. Hampir 75% dari total penggunaan aluminium ini atau sebesar 18 juta ton adalah "aluminium primer" (aluminium yang diekstrak dari bijih). Aluminium ditemukan oleh Sir Humphrey Davy dalam tahun 1809 sebagai suatu unsur, dan pertama kali direduksi sebagai suatu logam oleh Paul Herolt di Prancis dan C.M. Hall di Amerika secara terpisah telah memperoleh logam aluminium dari alumina dengan cara elektrolisa dari garamnya yang terfusi. Sampai sekarang proses Heroult Hall masih dipakai untuk memproduksi aluminium (Surdia and Saito, 1999).

Aluminium Matrix Composites (AMC) adalah jenis material komposit logam dimana aluminium sebagai matriknya dengan Cuprum (Cu), Silikon karbida (SiC) dan Magnesium (Mg) sebagai penguat dari matrik Aluminium. AMC mempunyai prospek pengembangan yang cukup menjanjikan, didasari oleh sifat-sifatnya yang baik, seperti kekerasan dan kekuatan yang tinggi, dan bahan dasar yang mudah didapatkan (Junaedi H, 2003).

Salah satu metode yang dipakai dalam Pengecoran AMC dengan Penguat Tembaga (Cu), Magnesium (Mg) dan Silikon Karbida (SiC) adalah teknik stir casting, metode yang digunakan dalam teknik ini adalah proses pengadukan dengan variasi putaran pada masing-masing tahap pengecoran. Metode Stir casting adalah suatu proses dari produk komposit dimana material penguat (*reinforced*) digabungkan dalam cairan logam dengan cara pengadukan. Keunggulan: Pemilihan proses stir casting dalam pembuatan material ini dikarenakan teknik ini dapat membuat komposit logam dengan distribusi partikel penguat yang merata dan homogen untuk mendapatkan sifat mekanik yang baik .

Proses stir casting merupakan salah satu proses pembuatan komposit dalam kondisi cair yang paling sederhana. Prinsip dari proses stir casting adalah penyatuan partikel penguat ke dalam logam cair dengan pengadukan secara mekanik diatas garis liquidus, lalu dituangkan ke dalam cetakan. Keuntungan dari proses ini adalah mampu menggabungkan partikel penguat yang tidak dibasahi oleh logam cair. Bahan yang tidak dibasahi tersebut terdistribusi oleh adanya gaya pengadukan secara mekanik yang menyebabkan partikel penguat terperangkap dalam logam cair (Mathur and Barnawal, 2013).

Metode pembuatan ini merupakan metode yang paling sederhana, relatif lebih murah dan tidak memerlukan peralatan tambahan. Namun proses stir casting ini kadangkala mengalami beberapa kendala diantaranya adalah distribusi partikel yang kurang homogen dan wettability aluminium terhadap beberapa jenis keramik yang kurang baik. Ketidakhomogenan mikrostruktur disebabkan oleh penggumpalan partikel penguat (*clustering*) dan pengendapan selama pembekuan berlangsung akibat perbedaan densitas matrik dan penguat, terutama pada fraksi volume partikel tinggi. Secara umum fraksi volume penguat hingga 30% dan ukuran partikel 5 – 100 μm dapat disatukan kedalam logam cair dengan metode stir casting. Parameter yang dapat mempengaruhi dalam proses *stir casting* yaitu: kecepatan pengadukan, temperatur pengadukan, perlakuan panas terhadap penguatnya, waktu pengadukan dan kecepatan penuangan serbuk (Khairiel, R, A., 2005).

Ada beberapa keuntungan dari proses stir casting, diantaranya adalah: Dapat memperoleh suatu material tertentu yang sulit dan tidak mungkin didapatkan dengan proses lain (memadukan suatu logam dengan suatu bahan penguat). Proses stir casting mempunyai prospek yang sangat baik dalam bidang pekerjaan karena produk dari stir casting tersebut relatif lebih baik sifat mekaniknya bila dibandingkan dengan hasil-hasil casting yang lain. Proses *stir casting* lebih ekonomis karena material paduan yang ditambahkan merupakan material sisa-sisa dari suatu produksi yang pada umumnya sudah tidak dipakai lagi. Dengan adanya proses pengadukan dalam stir casting maka hasil produk cor akan menjadi lebih baik. Karena memungkinkan gelembung-gelembung udara yang terperangkap dalam logam cair selama proses penuangan untuk naik ke permukaan logam cair, sehingga cacat akibat terjebakny udara dalam produk cor dapat berkurang.

Penelitian ini dilakukan untuk melihat pengaruh Variasi temperature pengadukan terhadap sifat mekanik maupun morfologi yang dihasilkan.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Penimbangan

material pembentuk komposit Al-Cu-Mg-SiC ditimbang berdasarkan fraksi massa, dimana komposisi dari serbuk Cu, Mg, SiC sebagai penguat (*reinforcement*) yaitu sebesar 5%, 12%, 15% dan sisanya adalah matrik aluminium. Bahan yang digunakan sebagai matrik adalah aluminium dengan jenis A6061, A6061 digunakan karena memiliki sifat mampu cor yang baik, sedangkan bahan yang digunakan sebagai penguat (*reinforcement*) adalah serbuk cuprum (Cu), magnesium (Mg) dan *silicon carbide* (SiC). Cu, Mg dan SiC dipilih karena mudah berikatan dengan aluminium dan juga tidak menyebabkan oksidasi pada logam aluminium, alat yang di gunakan seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Timbangan digital

2.2 Peleburan dan Pembuatan AMC

Temperatur tuang pada aluminium cair perlu diperhatikan karena aluminium cair dengan suhu yang sangat tinggi sangat rentan terhadap oksidasi. Sebaliknya, apabila temperatur penuangan terlalu rendah, maka aluminium cair akan terlalu cepat membeku yang berakibat aluminium cair gagal mengisi seluruh rongga cetak JIS Z 2202, alat yang di gunakan seperti pada gambar 2.



Gambar 2. Alat Peleburan Alumunium

2.2.1 *Stir casting*.

Stir casting merupakan suatu proses penting dari produk komposit dimana material bahan penguat digabungkan dalam cairan logam dengan cara pengadukan. Tujuan dari proses *stir casting* ini merupakan agar bahan penguat SiC tersebar secara merata didalam logam, sehingga campuran logam cair tersebut menjadi homogeny, alat yang di gunakan seperti pada gambar 3.



Gambar 3. Mesin stir casting

2.2.2 Pembuatan AMC dengan metode *Stir Casting*.

Dalam pembuatan AMC bahan yang digunakan adalah matrik aluminium sebagai matrik dan serbuk Cu, Mg dan SiC sebagai *reinforced*. Serbuk Cu, Mg dan SiC dengan variasi persentase 5%, 12%, 15% dicampur dengan matrik aluminium. Matrik aluminium dimasukkan ke dalam furnace dan dipanaskan sampai suhu 700°C, 750°C dan 800°C pada saat aluminium sudah mencair turunkan masukkan Cu, Mg dan SiC kedalam furnace dan diaduk seiring suhu dinaikkan sampai 700°C, 750°C dan 800°C kemudian di tuang ke dalam cetakan. Dari hasil pengecoran kemudian diuji kekuatan tarik, kekerasan *brinell*, kekuatan impact dan pengamatan struktur mikro.

2.3 Pengujian Tarik

Uji Tarik bertujuan untuk mengetahui kekuatan bahan terhadap gaya Tarik. Proses pengujian ini dilakukan di Laboratorium B2TKS Puspitek, Serpong Tangerang Selatan. Specimen yang akan di uji Tarik di buat seperti standar ASTM E8M-09 ditunjukkan dengan gambar 4.



Gambar 4. Mesin uji tarik

2.4 Pengujian kekerasan

Kekerasan sampel uji dapat diukur menggunakan alat uji kekerasan *Hardness Tester Brinell* pada 3 titik setiap variasi Temperatur dengan penetrator berbentuk bola diameter. Tujuan uji kekerasan adalah untuk mengetahui kekerasan setiap sampel proses pegujian kekerasan *brinell* yakni indenter yang digunakan adalah bola baja keras, ini dimaksudkan untuk mendapatkan nilai kekerasan material aluminium. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium B2TKS. Mesin yang digunakan yaitu mesin uji kekerasan tipe *Future-Tech LC-200 RB* dengan diameter indenter 2,5 mm dan beban 187,5 Kgf. Standar pengujian yang digunakan adalah ASTM E-10 ditunjukkan oleh gambar 5.



Gambar 5. Mesin Uji Kekerasan *Brinell*

2.5 Pengujian Impak

Pengujian impact dilakukan untuk mengetahui pengaruh beban dampak terhadap sifat mekanik material serta mengetahui pengaruh kegagalan material dengan beban dampak. Pengujian dilakukan dengan metode *charpy* dimana Pengujian tumbuk dengan meletakkan posisi spesimen uji pada tumpuan dengan posisi horizontal/mendatar, dan arah pembebanan berlawanan dengan arah takik-an, alat yang di gunakan seperti pada gambar 6.



Gambar 6. Mesin Uji Impak

2.6. Pengamatan mikrostruktur

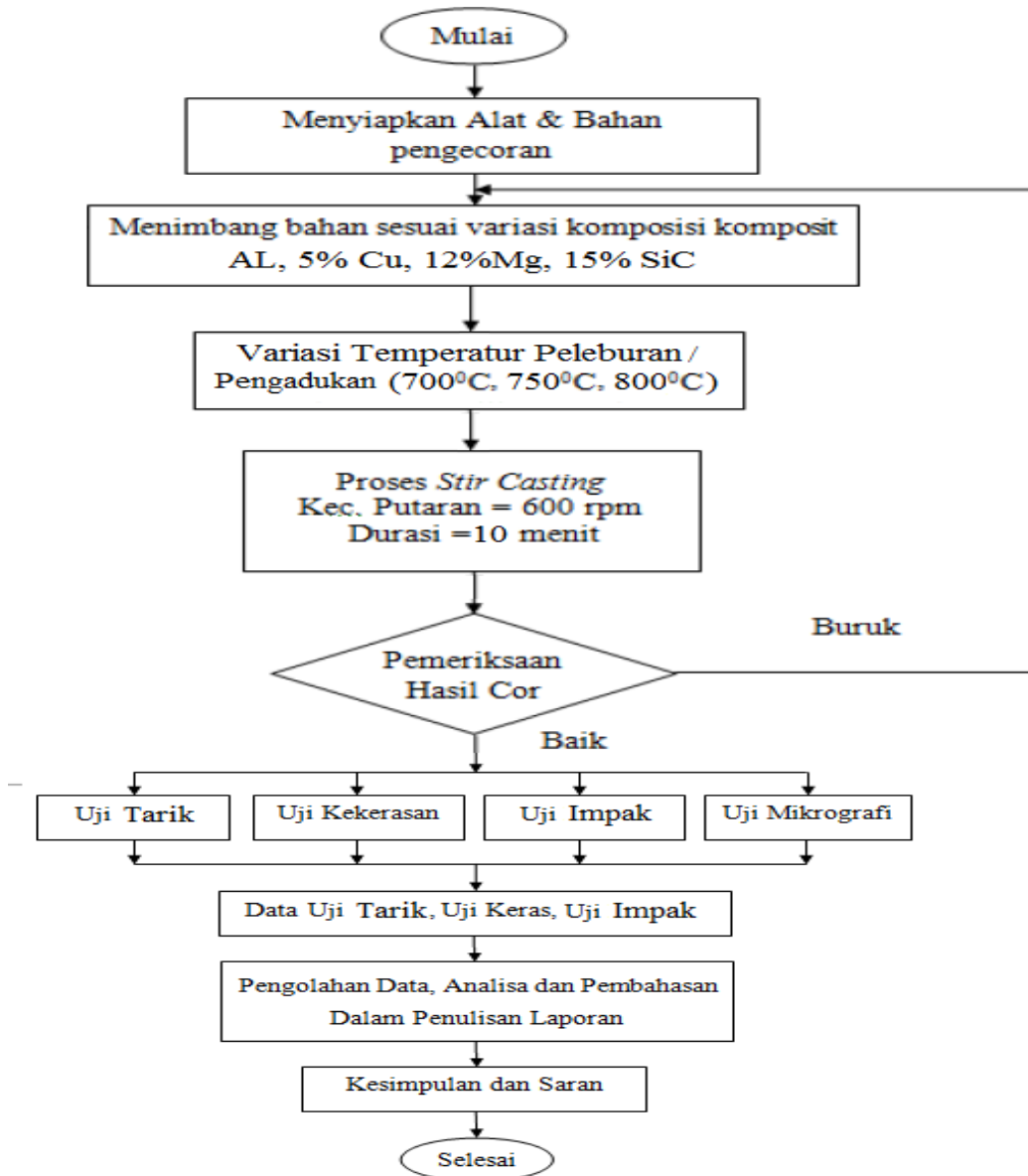
Pengamatan struktur mikro dimaksudkan untuk melihat *interface* yang terbentuk pada aluminium *matrix composite* hasil pengecoran. Pengujian ini dilakukan menggunakan *Olympus Metallurgical Microscope* di Laboratorium B2TKS Puspitek, Serpong Tangerang Selatan.

Pengujian *Metalography* dilakukan untuk mengetahui struktur mikro yang terdapat dalam logam, dimana struktur logam merupakan penggabungan dari satu atau lebih struktur Kristal, pada umumnya logam terdiri dari banyak Kristal. Dalam logam, pengertian Kristal sering disebut pula sebagai butiran. Batas pemisah antara dua Kristal disebut batas butir (*grand boundary*). Selain itu pengujian ini di gunakan unuk mengetahui ikatan yang terjadi pada logam campuran, alat yang di gunakan seperti pada gambar 7.



Gambar 7. Mesin Pengamatan SEM

2.7 Diagram Alir Penelitian



Gambar 8. Diagram alir penelitian

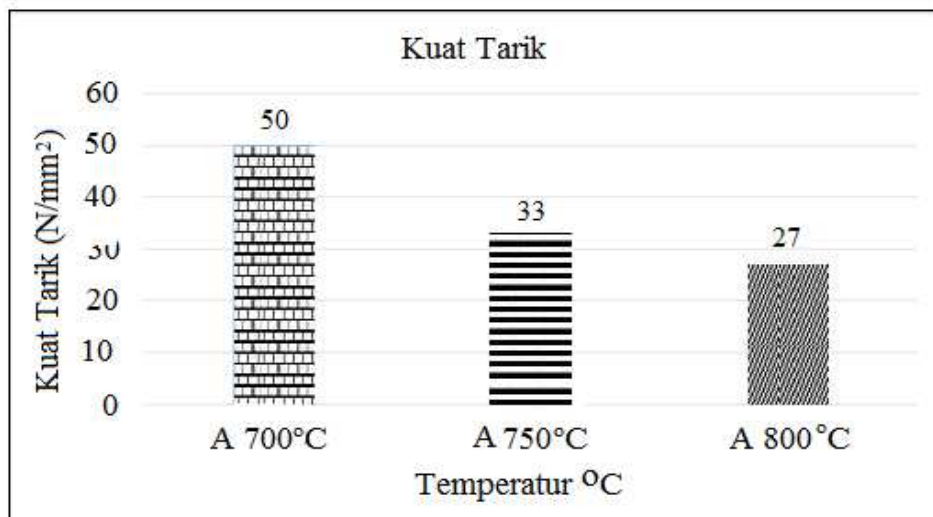
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kekuatan Tarik

Pengujian tarik material aluminium hasil perlakuan panas dilakukan dengan kondisi specimen pada temperatur ruangan 23°C, benda uji dengan ukuran specimen yang telah ditentukan diseting kecepatannya 10 mm/menit pada mesin uji Tarik dapat di lihat pada gambar 8. Data hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 9. Spesimen Uji tarik



Gambar 10. Grafik hubungan kekuatan tarik terhadap kenaikan temperature pengadukan

Dari grafik 10 dapat diketahui nilai kuat tarik hasil proses *stir casting* dengan temperatur pengecoran suhu dari 700°C, 750°C dan 800°C didapatkan hasil uji tarik nilai tertinggi pada suhu 700°C dengan nilai kuat tarik sebesar 50 N/mm². Dan untuk nilai beban tarik terendah didapat pada suhu 800°C dengan nilai 27 N/mm². Berdasarkan hasil pengujian tarik bahwa

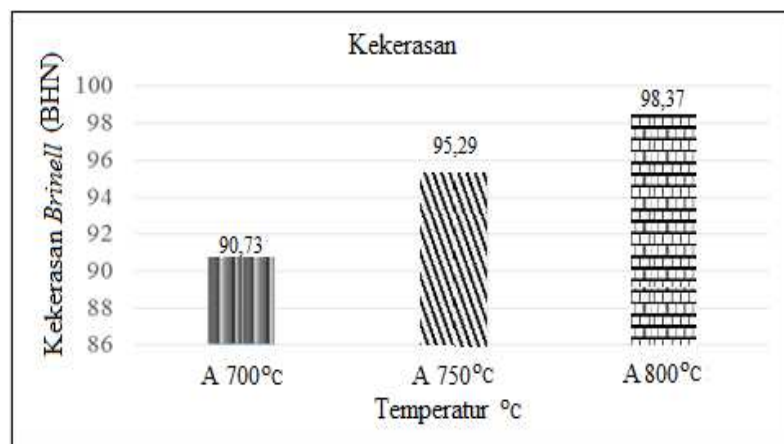
temperatur penuangan mempengaruhi tingkat kekuatan tarik material, semakin tinggi temperatur maka semakin rendah pula tingkat kekuatan tarik yang di hasilkan. Sebab semakin tinggi temperatur penuangan menyebabkan delta temperatur *liquid-undercooling* semakin tinggi dan tingginya temeperatur penuangan menyebabkan terjebaknya gas hidrogen semakin banyak sehingga nilai kekuatan tarik mengalami penurunan

3.2 Kekerasan

Proses pengujian kekerasan dapat diartikan sebagai kemampuan suatu bahan terhadap pembebanan dalam perubahan yang tetap, artinya ketika gaya tertentu diberikan pada suatu benda uji dan karena pengaruh pembebanan benda uji akan mengalami deformasi. Pengujian kekerasan menggunakan metode *Brinell* dengan beban 187,5 kgf dan diameter bola 2,5 mm dilakukan berdasarkan standar ASTM E-10 ditunjukkan gambar 11.



Gambar 11. Specimen uji kekerasan

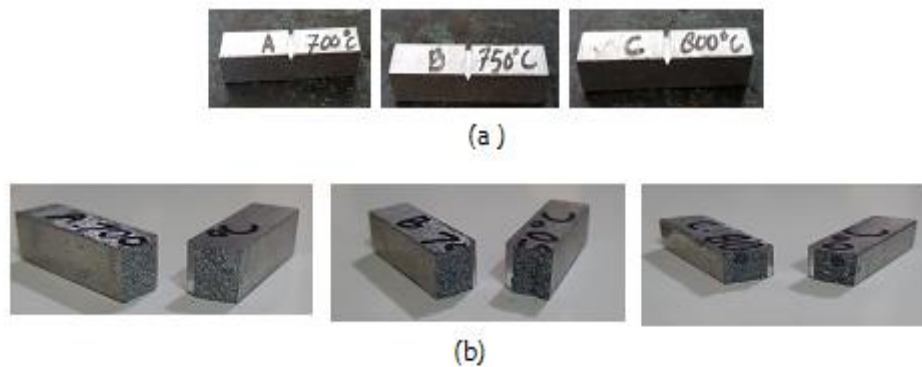


Gambar 12. Grafik hubungan nilai kekerasan dengan temperature pengadukan

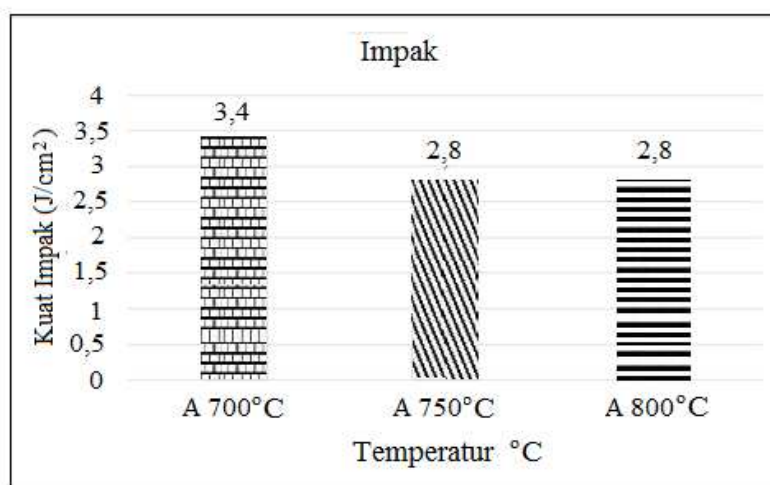
Dari grafik 12 dapat dapat diketahui nilai kekerasan hasil proses *stir casting* dengan temperatur pengecoran suhu dari 700°C, 750°C dan 800°C didapatkan hasil uji kekerasan nilai tertinggi pada suhu 800°C dengan nilai kuat tarik sebesar 98,37 HB Dan untuk nilai kekerasan terendah didapat pada suhu 700°C dengan nilai kekerasan 90,73 HB. Berdasarkan hasil pengujian keras bahwa temperatur penuangan mempengaruhi tingkat kekerasan material semakin tinggi temperatur maka semakin tinggi pula tingkat kekerasan yang di hasilkan.

3.3 Kekuatan Impak

Ketangguhan (*impact*) merupakan ketahanan bahan terhadap beban kejut. Inilah yang membedakan pengujian *impact* dengan pengujian tarik dan kekerasan dimana pembebanan dilakukan secara perlahan-lahan. Pengujian *impact* merupakan suatu upaya untuk mensimulasikan kondisi operasi material yang sering ditemui dalam perlengkapan transportasi atau konstruksi dimana beban tidak selamanya terjadi secara perlahan-lahan melainkan datang secara tiba-tiba.



Gambar 12. Spesimen uji impact (a) sebelum di uji (b) sesudah di uji impact

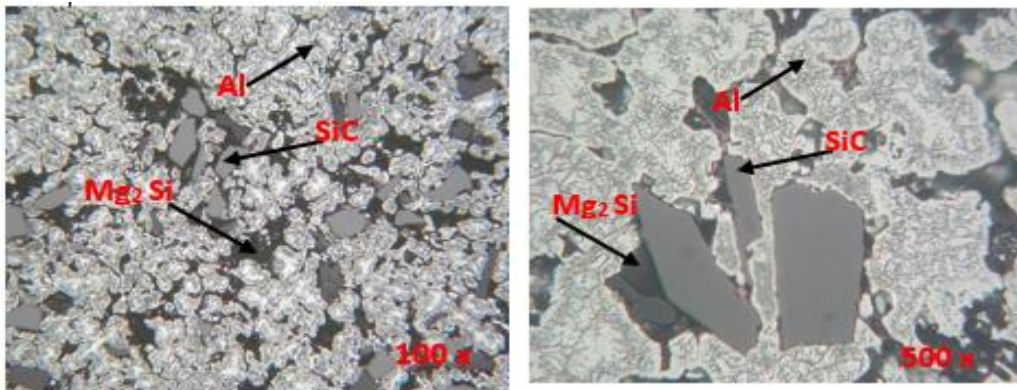


Gambar 14. Grafik hubungan nilai kekuatan impact terhadap temperature pengadukan

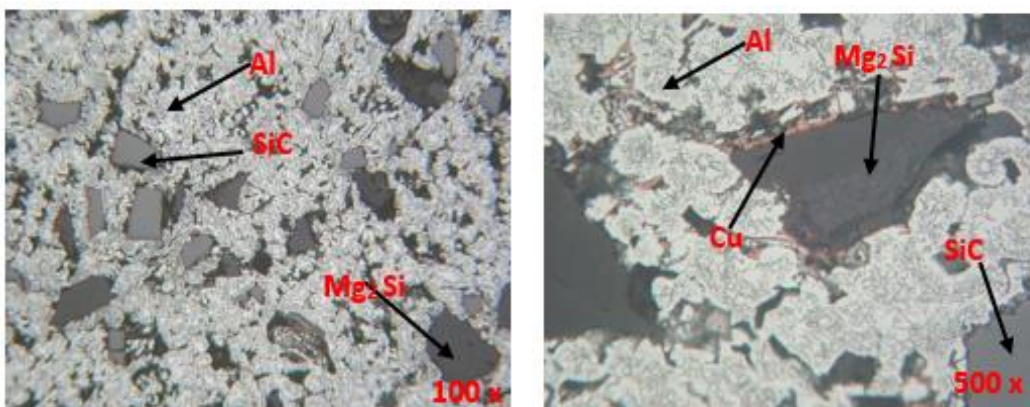
Dari garfik 14 dapat diketahui nilai Kuat Impact hasil proses *stir casting* dengan temperatur pengecoran suhu dari 700°C, 750°C dan 800°C didapatkan hasil uji Impact nilai tertinggi pada suhu 700°C dengan nilai kuat Impact sebesar 3,4 J/cm². Dan untuk nilai Kuat Impact terendah didapat pada suhu 750°C dan 800°C dengan nilai 2,8 J/cm². Berdasarkan hasil pengujian impact bahwa temperatur penuangan mempengaruhi tingkat kekuatan impact material, semakin tinggi temperatur maka semakin rendah pula tingkat kekuatan impact yang di hasilkan. Sebab semakin tinggi temperatur penuangan menyebabkan delta temperatur *liquid-undercooling* semakin tinggi dan tingginya temeperatur penuangan menyebabkan terjebaknya gas hidrogen semakin banyak sehingga nilai kekuatan impact mengalami penurunan

3.4. Pengamatan Struktur Mikro

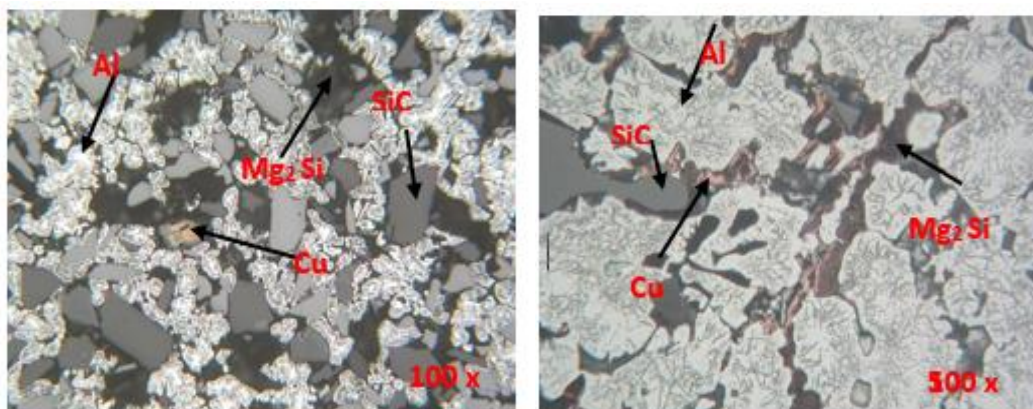
Dari pengamatan ini didapat struktur mikro dari setiap sampel menggunakan *scanning Elektro mikroskop* (SEM), seperti pada gambar 15, 16 dan 17.



Gambar 15. Grafik hasil pengamatan menggunakan SEM perbesaran 100 kali dan 500 kali pada temperature 700°C



Gambar 16. Grafik hasil pengamatan menggunakan SEM perbesaran 100 kali dan 500 kali pada temperature 750°C



Gambar 17. Grafik hasil pengamatan menggunakan SEM perbesaran 100 kali dan 500 kali pada temperature 800°C

Dari hasil pengamatan *metallography* menunjukkan bahwa pada temperatur 700°C menunjukkan kerapatan struktur yang kurang merata, pada temperature 750°C menunjukkan kerapatan struktur yang cukup merata, pada temperature 800°. Namun Demikian Spesimen AMC dengan perbesaran 100 kali 500 kali pada. Hal ini dapat menjelaskan bahwa porositas dipengaruhi oleh adanya kenaikan temperatur dan distribusi partikel serbuk Cu, Mg dan SiC pada matrik. Bila temperature pengadukan semakin naik partikel serbuk Cu, Mg dan SiC merata dan partikel serbuk Cu, Mg dan SiC diselimuti oleh bahan matrik Al. Hal ini membuat interaksi atau ikatan antara partikel serbuk Cu, Mg dan SiC dan bahan matrik Al sangat baik. Sebaliknya bila temperatur semakin naik berat serbuk Cu Mg dan SiC pada komposit lebih besar atau banyak maka beberapa partikel serbuk Cu, Mg dan SiC saling berimpit atau mengelompok, sehingga ikatan antara partikel serbuk Cu, Mg dan SiC dan bahan matrik Al tidak sempurna. Hal ini akan memunculkan rongga sehingga porositasnya meningkat.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil data pengujian dan analisa yang sudah dilakukan pada *Aluminium Matriks Composite* (AMC) dapat diambil kesimpulan bahwa kenaikan temperatur pengadukan pada proses pengecoran stir casting dapat menaikkan sifat mekanik kekerasan namun demikian juga dapat menurunkan nilai kekuatan tarik dan kekuatan akibat impak serta dapat meningkatkan porositas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Laboratorium Material Universitas Indonesia (UI) yang telah memberikan kesempatan yang seluas-luasnya untuk menggunakan peralatan laboratoriumnya seperti alat peleburan, alat stir casting, dan alat-alat yang lainnya. Tak lupa pula penulis ucapkan terima kasih kepada Laboratorium Jurusan Teknik Metalurgi UNTIRTA yang sudah memberikan pinjaman beberapa laboratoriumnya, dan suatu saya tak lupa mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang sudah membantu terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR RUJUKAN

- ASM 1992. *Properties and Selection Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials*. Volume 2
Anonim, 2006, Annual Book of ASTM Standart, Vol. 08.01, USA
- Benjamin, W.N., Alan, B.D., dan Ricard, A.W., 1989, "Modern Manufacturing Process Engineering," Singapore : McGraw-Hill Book Co.
- Iman Saefuloh, 2018 "Studi Karakterisasi Sifat Mekanik Dan struktur Mikro Material Piston Aluminium-Silikon Alloy" *Flywheel Vol. 4 No 2 hal 56-62*
- JIS 1980. *Test Pieces for Impact Test for Metallic Materials*. Japanese Standards Association
- Juniadi, H., 2003, "Pengaruh Volume Fraksi Terhadap Karakteristik Metal Matrix Composite Al 6063-Al₂O₃ Hasil Proses Casting," *Jurnal Universitas Merdeka Malang*, Malang.
- Khairil, R, A., 2005, "The Influence of Alumina Particle Size on Sintered Density and Hardness of Discontinuous Reinforced Aluminum Metal Matrix.
- Mathur, S. dan Barnawal, A. 2013. *Effect of Process Parameter of Stir Casting on Metal Matrix Composites*. Volume 2.
- Surdia, T., dan Kenji, C., 1991, "Teknik Pengecoran Logam," Jakarta : PT. Pradnya Paramita