

# PENGARUH PARAMETER STIR CASTING TERHADAP SIFAT MEKANIK ALUMINIUM MATRIX COMPOSITE (AMC)

*by Amir Arifin*

---

**Submission date:** 27-May-2019 02:45PM (UTC+0700)

**Submission ID:** 1136443369

**File name:** rhadap\_Sifat\_Mekanik\_Aluminium\_Matrix\_Composite\_AMC\_FLYWHEEL.pdf (566.46K)

**Word count:** 2944

**Character count:** 17742

## PENGARUH PARAMETER *STIR CASTING* TERHADAP SIFAT MEKANIK ALUMINIUM MATRIX COMPOSITE (AMC)

6

**Amir Arifin, Junaidi**

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya  
Jalan Srijaya Negara Bukit Besar, Palembang, Sumatera Selatan,  
Email: [amir@unsri.ac.id](mailto:amir@unsri.ac.id)

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh perubahan parameter proses terhadap kekerasan, tarik, dampak dan struktur mikro aluminium dengan komposisi 12% fly ash dan 8% alumina setelah melalui proses perubahan temperatur, perubahan waktu dan kecepatan stir. Perlakuan perubahan waktu yang dilakukan terbagi menjadi 3 bagian yaitu 180 detik, 300 detik, 480 detik. Temperatur pengadukan juga terbagi menjadi 3 bagian yaitu 700°C, 750°C dan 800°C serta Kecepatan stir 300, 350 dan 400 rpm. Setelah melalui proses pengujian maka didapatkan nilai kekerasan tertinggi pada Waktu 480 detik yaitu 53,051 BHN, nilai dampak 11,398 joule, dan nilai tegangan yaitu 11,861 kgf/mm<sup>2</sup>. Nilai uji kekerasan untuk Temperatur terbaik yaitu 700°C sebesar 52,287 BHN, untuk dampak yaitu 11,396 joule, dan nilai tegangan yaitu 10,550 kgf/mm<sup>2</sup>. Dan untuk Kecepatan stir nilai kekerasan tertinggi di dapat pada kecepatan 350 rpm yaitu 54,645 BHN, nilai dampak sebesar 12,262 joule dan untuk uji tarik nilai tegangan sebesar 12,782 kgf/mm<sup>2</sup>. Dari perubahan nilai kekerasan, dampak dan tarik tersebut membuktikan bahwa terdapat pengaruh parameter proses perubahan temperatur, waktu dan kecepatan stir pada saat pengecoran menggunakan metode stir casting.

**Kata Kunci :** stir casting, parameter proses, sifat mekanik

### 1. PENDAHULUAN

Semakin berkembangnya kualitas teknologi di bumi ini maka akan membutuhkan pengolahan bahan teknik dengan campuran atau kombinasi bahan juga, sehingga teknologi yang dihasilkan akan semakin baik pula. Beberapa tahun belakangan ini perkembangan material menjadi bahan perbincangan industri di dunia, contohnya aluminium matriks komposit atau paduan-paduan lainnya. Sudah banyak pengaplikasian aluminium dalam pembuatan berbagai bahan konstruksi dan alat-alat permesinan maupun peralatan-peralatan lain dalam kehidupan sehari-hari, namun pemilihan bahannya belum sesuai dengan kriteria yang diperlukan, sebagai contoh diperlukannya salah satu bahan material yang memiliki sifat yang keras, kuat, tangguh, ulet, ringan, tahan terhadap temperatur tinggi dan berbagai kemampuan lain dalam penggunaannya. Oleh sebab itu banyak dikembangkan material-material komposit atau paduan-paduan lainnya untuk mengatasi masalah tersebut (Afandi, 2011)

Dalam proses pengecoran stir casting banyak parameter yang terlibat yang berperan penting dalam menentukan sifat fisik maupun mekanik material. Parameter itu meliputi perbedaan suhu penuangan, waktu pengadukan dan kecepatan pengadukan. Material komposit merupakan pencampuran antara dua atau lebih material yang berbeda secara makroskopik dimana satu material berfungsi sebagai *reinforced* dan satunya lagi sebagai matrik sehingga menghasilkan material baru yang lebih kuat dari material sebelumnya. Dalam penggabungan material ada dua yaitu gabungan makro (Komposit) dan gabungan mikro (Paduan) (Gipson, 1994). Berdasarkan cara penguatannya komposit dibedakan menjadi tiga, yaitu komposit penguat partikel, komposit penguat serat, komposit penguat struktural. Dari beberapa jenis penguat ini, pengembangan komposit pada penelitian ini adalah dengan penguat partikel, karena bahan yang digunakan adalah *fly ash* yang dihasilkan dari pembakaran batubara (Jones, 1999).

Aluminium adalah jenis logam yang mempunyai ketahanan korosi yang baik dan hantaran listrik yang baik serta sifat yang baik lainnya sebagai sifat logam. Pada penelitian ini, aluminium yang akan digunakan sebagai bahan utama adalah aluminium bekas (*scrap*). Aluminium mempunyai manfaat dan kelebihan terdiri dari ringan, tahan terhadap korosi, kuat, tahan terhadap suhu rendah, mudah diolah, penghantar panas yang baik, *non-magnetic*, konduktor panas yang baik, mudah di daur ulang, perawatan yang mudah, *non-sparking* (tidak menimbulkan percikan api ketika material saling digosokkan) (Surdia T. , 1999)

Keuntungan utama dari *Aluminium Matrix Composites* dibandingkan dengan logam-logam lain yang tanpa penguat (Surappa, 2003)

- Memiliki kekuatan yang lebih besar.
- Meningkatkan kekakuan.
- Mengurangi densitas.
- Sifatnya meningkat pada temperatur yang tinggi
- Mengontrol koefisien perpindahan panas
- Meningkatkan dan menyesuaikan performansi listrik.
- Meningkatkan resistensi keausan dan goresan/abrasi.
- Sangat banyak mengontrol.
- Meningkatkan kemampuan peredaman

Alumina ( $Al_2O_3$ ) merupakan material keramik nonsilikat yang paling penting. Alumina mempunyai ketahanan listrik yang tinggi dan tahan terhadap kejutan termal dan korosi. salah satu jenis keramik yang sering digunakan sebagai penguat (*reinforcement*) pada pembuatan komposit. Aluminium oksida ( $Al_2O_3$ ) atau yang lebih dikenal dengan alumina adalah insulator (penghambat) panas dan listrik yang baik.

Proses *stir casting* adalah salah satu metode pembuatan material komposit dengan mencampurkan bahan material disaat material dalam keadaan mencair, dimana pengadukannya secara mekanik. Dalam membuat material komposit ada beberapa faktor yang harus diperhatikan adalah sebagai berikut (Shinde. S. S. dkk, 2015).

- Untuk mencapai penyebaran yang seragam dari bahan penguat.
- Untuk mencapai *wettability* antara dua material.
- Untuk mencegah adanya porositas pada material komposit.

Pada proses ini yang perlu dipelajari adalah pertama pengadukan disaat pengadukan harus sampai berbentuk pusaran. Sudut *blade* dan jumlah pisau sangat menentukan pola aliran logam cair. Semua ini dilakukan agar penyebaran material penguat menyebar dalam cairan logam, ikatan antar material sempurna dan menghindari pengelompokan. Kedua kecepatan pengadukan merupakan hal yang penting untuk mencapai *wettability* antara matriks dan penguat. Kecepatan pengadukan menentukan penyebaran dari partikel logam cair (Adat RV. dkk., 2015). Ketika temperatur pengadukan ditingkatkan maka porositas juga meningkat hal ini disebabkan saat temperatur meningkat maka timbul gas hidrogen, sehingga gas tersebut terperangkap dalam coran sehingga membentuk rongga-rongga yang disebut porositas. Untuk mendapatkan hasil esimen yang baik dengan porositas rendah temperatur penuangan berada di  $675^{\circ}C-700^{\circ}C$ . Tujuan utama dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh parameter proses metode *stir casting* yang digunakan terhadap karakteristik sifat mekanik dari *Aluminium Matrix Composite* (AMC).

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Bahan-bahan yang digunakan dalam proses *stir casting* ini adalah Aluminium (*scrap*) Serbuk Aluminium Oksida ( $Al_2O_3$ ) dan Serbuk *Fly ash* (Abu terbang). Semua bahan tersebut dilebur dalam sebuah kowi dengan metode *stir casting*. Parameter proses yang digunakan dalam

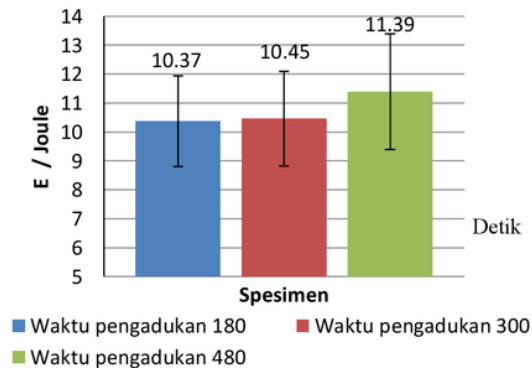
pegecoran ini meliputi; Kecepatan putaran 300 hingga 400 rpm dan lama pengadukan adalah 5 hingga 15 menit sedang temperatur penuangan yang digunakan adalah 700 hingga 800°C. Tabel 1 menunjukkan parameter proses yang digunakan selama proses pengecoran. Untuk mengetahui sifat mekanik yang dari AMC yang dihasilkan maka dilakukan pengujian sifat mekanik yaitu; Uji kekerasan, Uji tarik dan Uji Impak.

**Tabel 1. Variabel dan variasi proses *Stir Casting***

Faktor	Variabel		
Fraksi Volume	Al+Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 8wt%+12wt% fly ash	Al+Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 8wt%+12 wt% fly ash	Al+Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 8wt%+12wt% flyash
Kecepatan Pengadukan	300 rpm	350 rpm	400 rpm
Waktu pengadukan	180 detik	300 detik	480 detik
Temperatur penuangan	700 °C	750 °C	800 °C

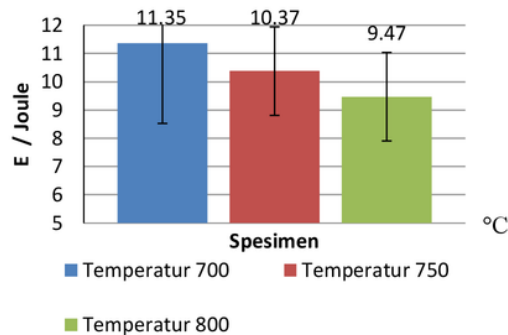
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah semua pengujian selesai, data-data yang ada disusun dan kemudian diolah untuk menganalisis kekuatan tarik, kekuatan impak. **Error! Reference source not found.** menunjukkan hasil pengujian impak yang dilakukan. Dari gambar tersebut terlihat peningkatan kekuatan impak seiring dengan meningkatnya waktu pengadukan.



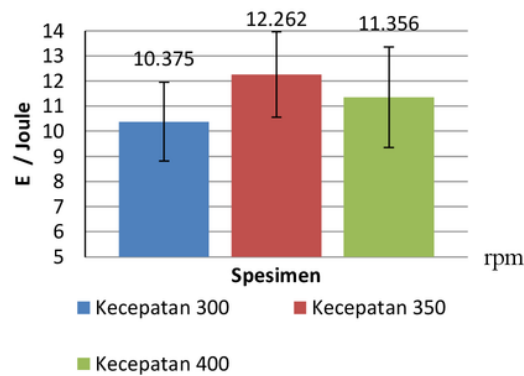
**Gambar 1. Grafik; E rata-rata VS Waktu pengadukan (detik)**

Kekuatan impak AMC terbukti dapat menurun seiring dengan meningkatnya temperatur penuangan yang dilakukan seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



**Gambar 2. Grafik; E VS Temperatur Penuangan**

Kecepatan putaran terbaik dalam penelitian ini dicapai pada kecepatan putaran 350 rpm dimana pada kecepatan putaran itu didapatkan kekuatan impact tertinggi dibanding dua kecepatan putaran yang lain seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



**Gambar 3. Grafik; E rata-rata VS Kecepatan Stir**

Hasil pengujian impact berguna untuk mengetahui keuletan, dan kegetasan pada material hasil cor, dari hasil pengujian yang telah dilakukan dapat dianalisa berdasarkan nilai yang didapat pada pengujian untuk mengetahui perbandingan parameter proses aluminium cor terhadap rata-rata energi impact (E), dan nilai rata-rata energi impact persatuan luas (W). Gambar 1 sampai dengan Gambar 3 rata-rata energi impact pada komposisi aluminium cor *fly ash* 12% alumina 8% parameter 1 dimana terdapat perbedaan lama Waktu pengadukan, didapatkan nilai tertinggi pada waktu 480 detik nilai E rata-ratanya 11,398 joule hal ini dikarnakan semakin lama waktu pengadukan maka percampuran fraksi semakin merata, pada parameter 2 dimana perbedaan Temperatur penuangan terjadi, nilai tertinggi di dapat pada temperatur 700°C nilai E rata-ratanya 10,375 joule, hal ini berbanding terbalik dengan laju temperatur karna semakin tinggi temperatur maka tingkat keuletannya berkurang. Meningkatnya temperatur penuangan akan menghasilkan bentuk struktur mikro dan sifat mekanis yang berbeda. Sebab semakin tinggi temperatur penuangan menyebabkan delta temperatur *liquid-undercooling* semakin tinggi dan tingginya temperatur penuangan menyebabkan terjebaknya gas hidrogen semakin banyak

sehingga nilai kekuatan tarik elongasi dan nilai kekerasan mengalami penurunan. dan parameter 3 dimana Kecepatan stir berubah, nilai tertinggi di dapat pada kecepatan 350 rpm yaitu 12,262 joule hal ini di karnakan percampuran fraksi pada kecepatan tersebut sangat ideal tapi pada kecepatan 400 rpm nilai kekerasan menurun hal ini dikarnakan adanya oksidasi pada campuran sehingga terjadi porositas.

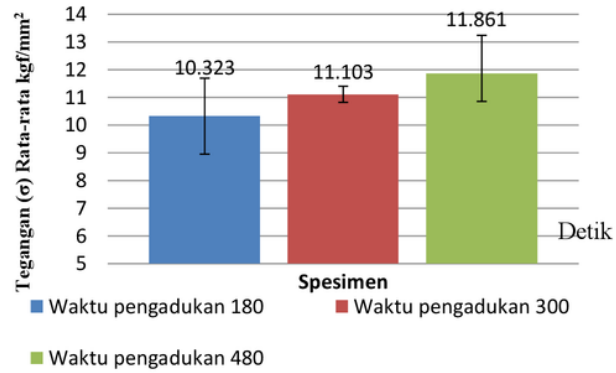
Uji tarik adalah salah satu teknik pengujian yang dilakukan untuk mengetahui sifat mekanik material, dan karakteristik dari material. parameter pengujian meliputi kekuatan tarik, tegangan dan regangan dari komposit material Al-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Gambar 4 menunjukkan hasil uji tarik yang telah dilakukan terhadap specimen AMC yang dihasilkan.

Berdasarkan yang ditunjukkan pada Gambar 5 sampai dengan Gambar 7 menunjukan nilai tegangan rata-rata pada logam cor Al-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, berdasarkan komposisi kandungan *fly ash* 12% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 8% parameter Waktu, nilai tegangan tertinggi di dapat pada waktu terlama 11,861 kgf/mm<sup>2</sup>, pada komposisi penguat *fly ash* 12% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 8% Parameter nilai yang dihasilkan pada Temperatur 700°C sebesar 10,550 kgf/mm<sup>2</sup>, dikomposisi penguat *fly ash* 12% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 8% Parameter Kecepatan stir didapatkan nilai terbesar pada kecepatan 350 rpm yaitu 12,782 kgf/mm<sup>2</sup>.

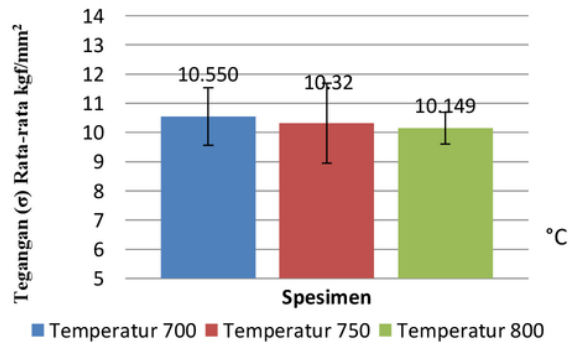


**Gambar 4. Spesimen Uji Tarik**

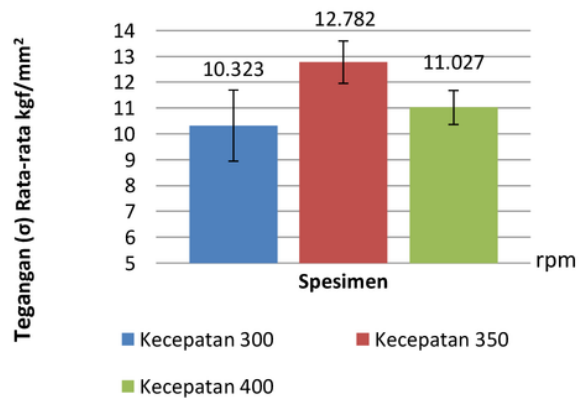
Nilai tegangan mengalami penurunan pada Waktu pengadukan paling sebentar, karna saat pengadukan sebentar fraksi menggumpal sehingga percampuran tidak merata, sedangkan untuk waktu pengadukan paling lama fraksi tercampur merata dan kekuatan tarik meningkat. Pada Temperatur rendah kekuatan tarik meningkat karna tidak adanya porositas sedangkan temperatur tinggi menyebabkan adanya gas hidrogen yang terjebak, sehingga menimbulkan ruang pada coran hal ini menyebabkan timbulnya porositas sehingga mempengaruhi kekuatan tarik. Dan untuk parameter kecepatan sedang, deformasi butir yang terjadi pada bagian dalam menyebabkan meningkatnya angka kekerasan pada bagian ini, sedangkan untuk kecepatan stir tinggi campuran justru terendap ke bawah karna pengaruh gravitasi penguat itu sendiri, hal ini menyebabkan fraksi tidak menyatu sempurna. Sehingga mempengaruhi nilai kekuatan tegangan dan regangan.



**Gambar 5. Tegangan VS waktu pengadukan**



**Gambar 6. Tegangan Vs Temperatur Penuangan**

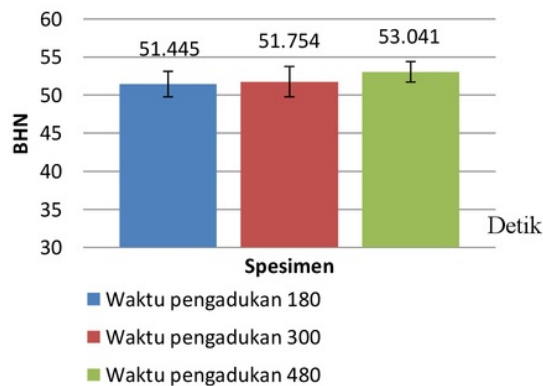


**Gambar 7. Tegangan VS Kecepatan stir**

Dari hasil pengujian kekerasan yang telah dilakukan, yang bertujuan untuk mengetahui kemampuan bahan untuk menahan tekanan pada permukaan. Gambar 8 menunjukkan hasil injakan indentor pada spesimen uji kekerasan yang dilakukan dalam hal ini metode yang digunakan adalah metode Brinel. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9 sampai dengan Gambar 11 dimana nilai kekerasan logam cor dengan komposisi *fly ash* 12% Alumina 8% Parameter Waktu pengadukan paling lama yaitu 480 detik sebesar 53,041 BHN, dan nilai kekerasan logam cor dengan kandungan *fly ash* Alumina 8% parameter Temperatur penuangan di dapat nilai tertinggi pada suhu 700 °C sebesar 52,287 BHN, dan pada komposisi logam cor *fly ash* 12% Alumina 8% parameter kecepatan stir di dapat nilai tertinggi pada putaran 350 rpm diperoleh nilai kekerasannya sebesar 54,645 BHN. nilai kekerasan logam cor komposit AL- $Al_2O_3$  semakin meningkat seiring dengan lamanya waktu pengadukan, nilai kekerasan berbanding terbalik dengan temperatur penuangan karna saat temperatur tinggi terjadinya oksidasi sehingga terjadi porositas, tapi pada kecepatan stir nilai tertinggi di dapat pada kecepatan 350 rpm hal ini di karenakan pada kecepatan tersebut fraksi tercampur secara merata.

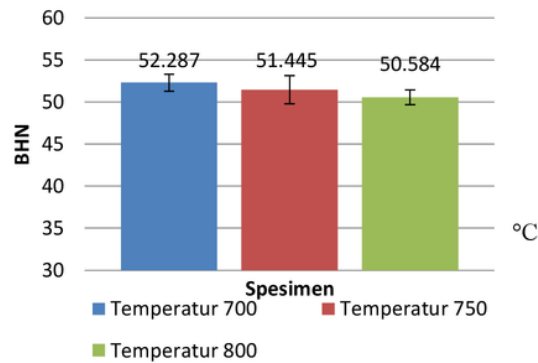


Gambar 8. Spesimen Uji Kekerasan

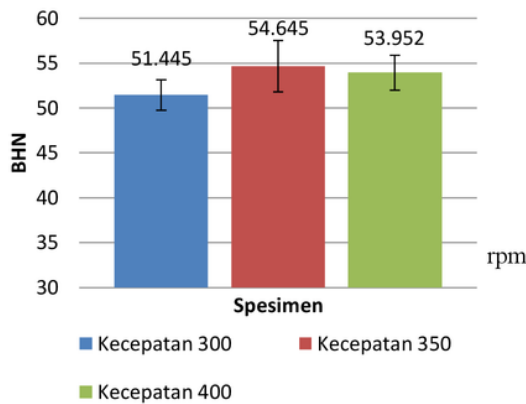


Gambar 9. Kekerasan VS waktu pengadukan





Gambar 10. Kekerasan rata-rata VS Temperatur Penuangan

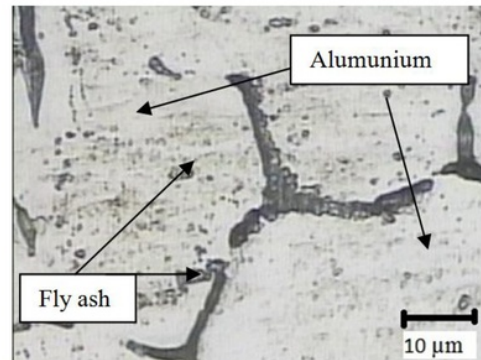


Gambar 11. Kekerasan rata-rata VS Kecepatan stir

6

Proses pengamatan struktur mikro ini dilakukan pada laboratorium CNC-CAD/CAM Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya. Adapun proses yang dilakukan pengamatan struktur mikro ialah pada spesimen tingkat kekerasan paling tinggi, sedang dan tinggi. Pengamatan struktur mikro ini bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat dan fasa logam yang terdapat didalam logam. Berikut gambar struktur mikro dari setiap spesimen.

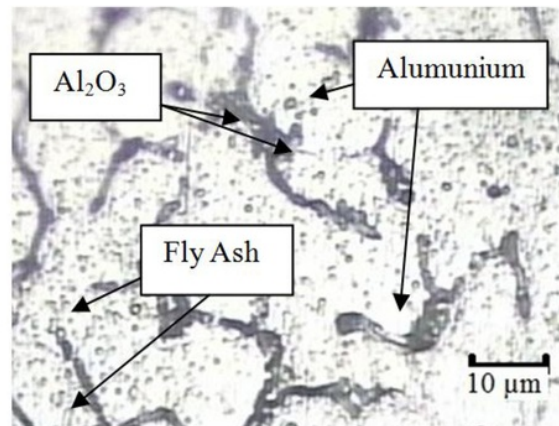
Struktur Mikro pada spesimen dengan komposisi Alumina 8% dan *fly ash* 12% dengan nilai kekerasan paling rendah yaitu 50,548 BHN seperti ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12 Hasil struktur mikro dengan komposisi Alumina 8% dan *fly ash* 12%

Pada kekerasan rendah komposisi fraksi Alumina 8% dan *fly ash* 12% pengamatan struktur dapat dilihat penyebaran penguat *fly ash* pada matrik alumunium mulai terlihat pada gambar dengan terbentuknya struktur butir dan halus.

Struktur Mikro pada spesimen dengan komposisi Alumina 8% *fly ash* 12% dengan nilai kekerasan tertinggi yaitu 54,645 BHN.



Gambar 13 Hasil struktur mikro pembesaran

Pengamatan struktur mikro pada kekerasan sedang komposisi fraksi *fly ash* 12% Alumina 8% di titik satu dan titik dua pada pembesaran 50x dapat dilihat penyebaran penguat *fly ash* dan alumina menyebar merata dengan sedikit terdapat interstisi disebagian sisi dan membentuk struktur yang halus.

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian tentang pengecoran, dimana alumunium sebagai matrik dan penambahan unsur penguat berupa Alumina dan *fly ash* maka dapat disimpulkan sebagai

berikut: Pembuatan komposit dengan menggunakan parameter proses telah berhasil dijalankan. Nilai dari hasil perubahan parameter proses tidak terlalu signifikan dari satu pengujian dengan pengujian lain. Dengan penerapan metode *stir casting* pencampuran antara matrik aluminium dan penguat *fly ash dan alumina* dapat dilakukan dengan lebih baik ini terbukti dari peningkatan kekuatan mekanik material tersebut. Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan pengaruh waktu pengadukan sangat mempengaruhi sifat mekanik material yang di hasilkan, hal ini terbukti dari lama waktu pengadukan sejalan dengan kekuatan sifat mekaniknya. Temperatur penuangan berbanding terbalik dengan nilai kekerasan dan keuletan material dimana semakin tinggi temperatur maka kekuatannya menurun, Sebab semakin tinggi temperatur penuangan menyebabkan delta temperatur *liquid-undercooling* semakin tinggi dan tingginya temperatur penuangan menyebabkan terjebaknya gas hidrogen semakin banyak sehingga nilai kekuatan tarik elongasi dan nilai kekerasan mengalami penurunan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, Y. (2011). fabrication of metal matrix composite alloy al 4,5 % Mg/sic by semi solid forming. *The International Conference on Quality In Research (QIR)* , 14-40.
- ASM International. (2000). *Mechanical Testing and Evalution: Vol 8*. United States of America: ASM International.
- ASTM International. (2004). *Standard Test Method for Brinell Hardness of Metallic Material*. United States of America: STM International.
- ASTM. (2000). *standard test method for determining izod pendulum impact resistance of plastics*. Amerika National Standard.
- Bhandare, d. (2013). preparation of aluminium matrix composite by using stir casting method. *Internasional Jurnal of Ennginering and advanced Technology* , volume 3 issue 2.
- Committe, A. H. (1988). *Metal Handbook Casting. ninth edition volume 15* .
- Gipson, R. F. (1994). *Principles of composite material mechanics*. New York: International edition.
- Handbook, C. (1973). *Metal Handbook Metallography, Structure and Phase Diagrams*. Ohio: ASM internasional.
- Harmanto, S. (2015). Pengaruh temperatur penuangan terhadap porositas pada cetakan logam dengan bahan aluminium bekas. *Semarang, Universitas Politeknik Negeri Semarang* .
- Jones, R. M. (1999). *Mechanics Of Compsite 2nd edition*. USA: Taylor and Francis.
- Ltd, C. (2013). *Capral's Little Green Book*. Australia: Capral's Ltd.
- Mulyanti, J. (2013). Pengaruh Temperatur Aging Terhadap Karakteristik Material Komposit Logam Al-SiC Hasil Stir Casting . *Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Janabadra* .

- Perez. (2004). *Fracture Mechanics*. New York: Kluwer Academic Publisher.
- S. Wilastri, A. B. (2011). Pengaruh Variasi Kecepatan Putar Dalam Metode Stir Casting Terhadap Densitas dan Porositas Al-SiC Untuk Aplikasi Blok Rem Kereta Api. *Vol 7*, 31-35.
- Sarangi, D. K. (2009). Fabrication and Characteristic Aluminium-Fly Ash Composite Using Stir Casting Method. *Departement of Metallurgical and Materials Engineering National Institute of Technology*.
- Shashi Prakash, d. b. (2013). The effect of process parameters on mechanical stir casting process. *NIET journal of engginering Technology*, Vol. 1, issuse 2.
- Shubham, M. B. (2013). Effect of parameters of stir casting on metal matrix composite . *Internasional journal of science and risearch (IJSR)* .
- Surappa, M. (2003). Aluminium Matrix Composites . *Challenges and Opportunitieism India : Departement of Metallurgy, Indian Institute of Science* .
- Surdia, T. d. (1999). *pengetahuan bahan teknik*. Jakarta: Pradnya paramita.
- Surdia, T. (1999). *Pengetahuan Buku Teknik*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Suryanegara, B. (2015). Pengaruh Perlakuan Panas Terhadap Sifat Mekanik Meterial Komposit Al-Sic yang dibuat dengan Proses Stir Casting. *Inderalaya* .
- Suyanto. (2015). Analisa Ketangguhan Komposit Alumunium Berpenguat SiC. *Volume 6 No 1, Semarang* .
- Wijaya, A. (2014). Pengaruh Variasi Fraksi Volume filer fly ash Batubara Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Komposit Matriks Polipropilena .

# PENGARUH PARAMETER STIR CASTING TERHADAP SIFAT MEKANIK ALUMINIUM MATRIX COMPOSITE (AMC)

## ORIGINALITY REPORT

9%

SIMILARITY INDEX

%

INTERNET SOURCES

1%

PUBLICATIONS

8%

STUDENT PAPERS

## PRIMARY SOURCES

1

Submitted to Universitas Negeri Surabaya The State University of Surabaya

Student Paper

2%

2

Submitted to Universitas Andalas

Student Paper

1%

3

Submitted to Universiti Teknologi Malaysia

Student Paper

1%

4

Submitted to Edith Cowan University

Student Paper

1%

5

Mondiu Olayinka Durowoju, Johnson Olumuyiwa Agunsoye, Lateef Owolabi Mudashiru, Adekunle Adetayo Yekinni et al. "Optimization of Stir Casting Process Parameters to Improve the Hardness Property of Al/RHA Matrix Composites", European Journal of Engineering Research and Science, 2017

Publication

1%

Submitted to Sriwijaya University

6	Student Paper	1%
7	Submitted to Curtin University of Technology Student Paper	1%
8	Submitted to University of Strathclyde Student Paper	1%
9	Submitted to Universitas Muhammadiyah Yogyakarta Student Paper	<1%
10	Sujal Bhattacharjee, Dilpreet S. Bajwa. "Feasibility of Reprocessing Natural Fiber Filled Poly(lactic acid) Composites: An In-Depth Investigation", Advances in Materials Science and Engineering, 2017 Publication	<1%
11	Submitted to Universitas Muhammadiyah Surakarta Student Paper	<1%
12	Submitted to Universiti Teknologi MARA Student Paper	<1%
13	Submitted to Sultan Agung Islamic University Student Paper	<1%
14	Kurt A. Rosentrater, Andrew W. Otieno. "Considerations for Manufacturing Bio-Based Plastic Products", Journal of Polymers and the	<1%

# Environment, 2006

Publication

---

---

Exclude quotes      Off

Exclude matches      Off

Exclude bibliography      Off