

## **Pengaruh Variasi Putaran Terhadap Nilai Kekerasan, Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro *Alumunium Matrix Composite* (AMC) Hasil *Stir Casting* Dengan Paduan Mg dan SiC yang Berlebih**

**Iman Saefuloh<sup>1</sup>, Agus Pramono<sup>2</sup>, Muhamad Latief<sup>3</sup>, Hesti Istiqlaliyah<sup>4</sup>**

<sup>1,3)</sup> Teknik Mesin, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Banten, Indonesia

<sup>2)</sup> Teknik Metalurgi, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Banten, Indonesia

<sup>4)</sup> Teknik Mesin, Universitas Nusantara PGRI Kediri, Kediri, Jawa Timur, Indonesia

E-mail : <sup>1)</sup>[iman.saefuloh@untirta.ac.id](mailto:iman.saefuloh@untirta.ac.id), <sup>4)</sup>[hestiisti@unpkediri.ac.id](mailto:hestiisti@unpkediri.ac.id)

### **Abstrak**

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh perubahan parameter proses terhadap kekerasan, kuat tarik, dan struktur mikro alumunium matrix composite (AMC) dengan komposisi Al5%Cu-12%Mg-15%SiC setelah melalui proses perubahan varian kecepatan putar, dimana kecepatan stir casting adalah 1000, 2000 dan 3000 rpm. Dari hasil pengujian didapatkan nilai kekerasan tertinggi dicapai pada kecepatan putar 3000 rpm yaitu 105,6 BH dan nilai kuat tarik tertinggi dicapai pada putaran 2000 rpm yaitu 72,7 N/mm<sup>2</sup>, dan hasil pengamatan struktur mikro menunjukkan penguat unsur C, Mg dan SiC lebih merata pada kecepatan putar 2000 dan 3000 rpm. Dari perbedaan perubahan nilai kekerasan, kuat tarik dan struktur mikro tersebut membuktikan bahwa terdapat pengaruh parameter proses perubahan kecepatan putar stir casting terhadap nilai kekerasan, kuat tarik dan struktur mikro AMC.

Kata kunci: *Alumunium matrix composite*, variasi putaran, *stir casting*.

### **Abstract**

*This study aims to analyze the effect of changing process parameters on hardness, tensile strength, and micro structure of aluminum matrix composite (AMC) with the composition of Al5% Cu-12% Mg-15% SiC after going through the process of changing the rotational speed variant, where the stir casting speed is 1000, 2000 and 3000 rpm. From the test results obtained the highest hardness value is achieved at a rotational speed of 3000 rpm which is 105.6 BH and the highest tensile strength value is achieved at 2000 rpm rotation which is 72.7 N/mm<sup>2</sup>, and the results of microstructure observations show the reinforcement of elements C, Mg and SiC more evenly distributed at 2000 and 3000 rpm rotational speeds. From the differences / changes in the value of hardness, tensile strength and microstructure, it is proved that there is an influence of the parameters of the change process of stir casting rotational speed on the value of hardness and tensile strength and microstructure of AMC.*

*Keywords: alumunium matrix composite, rotation variation, stir casting.*

## 1. PENDAHULUAN

Material *aluminium matrix composite* (AMC) semakin banyak dan sering digunakan untuk keperluan industri pesawat terbang, industri otomotif, industri perkapalan dan industri pertahanan keamanan juga berbagai bahan konstruksi dan alat permesinan [1]. Sebagai contoh aplikasi AMC dalam kehidupan sehari-hari adalah bodi pesawat terbang, bodi otomotif, mesin mobil. Hal dikarenakan AMC selain memiliki berat jenis (densitas) yang rendah/ringan juga memiliki kekuatan yang tinggi [2], selain itu AMC juga memiliki modulus elastisitas dan ketahanan terhadap aus yang tinggi [3].

Namun demikian seringkali AMC belum sepenuhnya menjawab kebutuhan yang menyeluruh tantangan di dunia industri ataupun kebutuhan sehari-hari tersebut yang sesuai dengan kriteria yang diperlukan karena masih banyak terdapat kelemahan-kelemahannya. Oleh karena itu banyak dikembangkan jenis modifikasi AMC yang baru terutama dari kandungan paduan-paduan atau dari proses pembuatannya untuk menghasilkan sifat-sifat AMC baru dan lebih baik. Bahan paduan yang dapat ditambahkan sebagai penguat AMC untuk memperoleh sifat-sifat baru yang lebih baik contohnya antara lain CU, Mg, SiC dll. Untuk metode proses membuat AMC salah satunya adalah *stir casting*, *stir casting* adalah metode proses pengecoran dan pencetakan dengan memutar pengaduk yang diletakkan didalam metal cair [4].

Parameter *stir casting* yang berpengaruh dan berperan penting dalam menentukan sifat fisik maupun mekanik material antara lain temperatur pengadukan, lama waktu pengadukan, salah satu parameter itu adalah perbedaan kecepatan putaran. Material composite merupakan pencampuran antara dua material yang berbeda secara mikroskopik dimana satu material berfungsi sebagai *reinforced* dan satunya lagi sebagai matrik sehingga menghasilkan material baru lebih kuat dari material sebelumnya [5].

Dalam penggabungan material ada dua yaitu gabungan mikro (*Composite*) dan gabungan mikro (Paduan). Berdasarkan cara penguatannya *composite* penguatan *structural*. Dari beberapa jenis penguat partikel, *composite* penguat serat, *composite* penguat struktural. Dari beberapa jenis penguat ini, pengembangan *composite fly ash* yang dihasilkan dari pembakaran batubara [5-6].

Aluminium adalah jenis logam yang mempunyai ketahanan korosi, hantaran listrik 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 di daur ulang, perawatan yang mudah, *non-sparking* (tidak menimbulkan percikan api ketika material saling digosokkan [7-9].



Gambar 1. Mesin stir casting

Proses *Stir Casting* adalah suatu metode pembuatan material *composite* dengan mencampurkan bahan material disaat material dalam keadaan mencair, dimana pengadukannya secara mekanik. Tujuan utama dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh Temperatur *Stir Casting* yang digunakan Terhadap Sifat Mekanik *Aluminium Matrix Composite* (AMC). Pada penelitian yang sudah dilakukan, metode *stir casting* dapat meningkatkan sifat mekanis pada material *Aluminium Matrix Composite* (AMC) hal ini kuat Tarik dan kekerasan dengan memvariasikan temperatur, komposisi alloy AMC, waktu aging [10-12] .

Dalam penelitian ini penulis juga bermaksud untuk meningkatkan sifat mekanis pada material *Aluminium Matrix Composite* (AMC) dengan metode tersebut. Dimana dalam penelitian ini penulis memvariasikan kecepatan putar pengadukan 1000 Rpm, 2000 Rpm dan 3000 Rpm.

## 2. METODE PENELITIAN

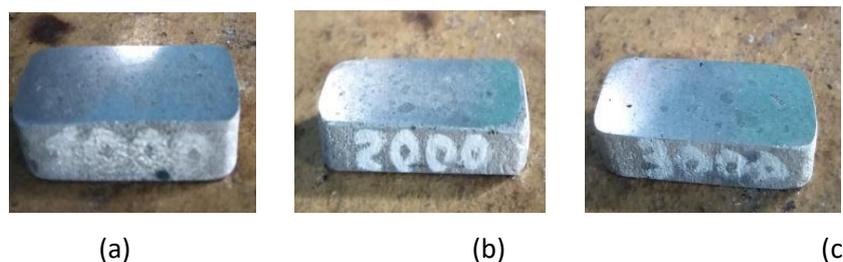
Pada proses pengecoran penelitian ini material yang digunakan Aluminium (Al), Tembaga (Cu), Silicon Carbida (SiC), dengan komposisi Al-5%Cu-12%Mg-15%SiC dengan metode *Stir Casting*. proses pengecoran dan penuangan menggunakan teknik pengecoran gravitasi ketika memasukan Aluminium cair kedalam cetakan.

Alumunium dicairkan didalam tungku/*chamber* pada temperatur  $750^{\circ}\text{C}$ , kemudian dimasukan kedalam tungku *stir casting*. Bersamaan dengan proses pencairan/peleburan alumunium, SiC juga dipanaskan sampai temperatur  $1000^{\circ}\text{C}$  tujuan agar SiC mudah terlarut dan bercampur dengan alumunium, setelah temperatur mencapai temperatur  $1000^{\circ}\text{C}$  kemudian tahan beberapa menit, SiC yang sdh dipanaskan langsung dituangkan/dimasukan kedalam tungku/*chamber stir casting* dicampur dgn alumunium cair. Proses selanjutnya adalah mencampurkan Mg dan Cu kedalam *stir casting* sesuai dengan persentasi yang rencanakan yaitu 5% Cu dan 12% Mg, mesin *stir casting* diputar dengan variasi putaran 1000, 2000, dan 3000 rpm pada temperatur  $600^{\circ}\text{C}$  selama 1 Jam.

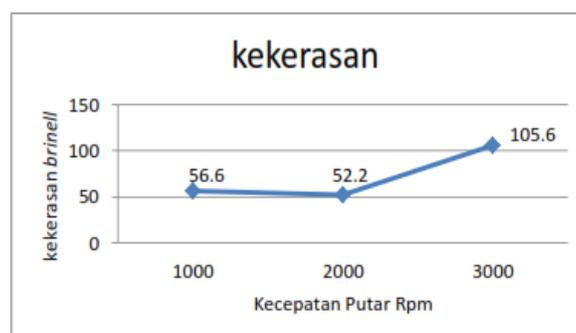
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### a. Hasil Pengujian 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.



Gambar 3. Spesimen uji Kekerasan (a)1000 Rpm (b)2000 Rpm dan (c)3000 Rpm



Gambar 4. Grafik hasil Pengujian nilai kekerasan terhadap kecepatan putar *stir casting*

Melalui grafik diatas dapat dilihat bahwa penambahan kecepatan putar menaikkan nilai kekerasan dari komposit. Pada kondisi kecepatan putar 1000 Rpm didapat bahwa nilai kekerasannya 56.6 HB dan mengalami penurunan menjadi 52.2 HB setelah mengalami kenaikan kecepatan putar menjadi 2000 Rpm (mengalami penurunan sebesar 8%). Namun ketika ditambah kecepatan putar jadi 300 Rpm nilai kekerasannya justru naik menjadi 105.6 HB (mengalami peningkatan sebesar 102%). Hal ini dapat disebabkan melalui beberapa hal sesuai dengan literatur yang didapat penulis dan akan dijelaskan sebagai berikut.

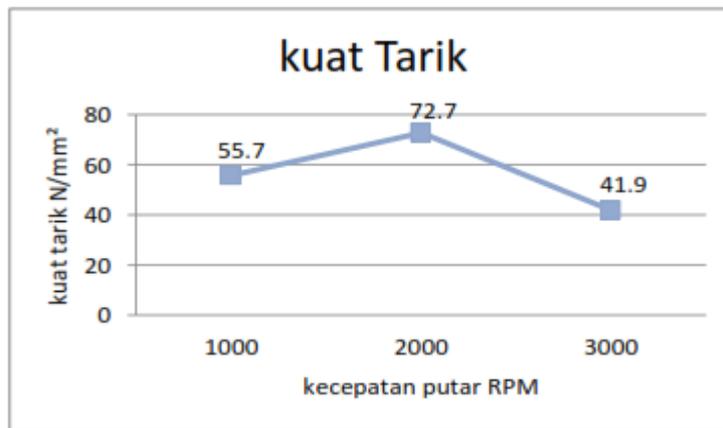
Nilai kekerasan komposit aluminium yang lebih rendah dibandingkan *monolith*-nya dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti pembasahan yang kurang baik pada material komposit, terbentuknya porositas pada matriks aluminium komposit, dan distribusi yang kurang merata dari penguat SiC. Pembasahan yang kurang baik antara matriks dan penguat dapat dibuktikan melalui pengamatan mikrostruktur. Antarmuka (fasa spinel AlCuMg) yang terbentuk juga tidak optimum akibat suhu *preheating* penguat SiC yang tidak optimum, sehingga kemungkinan tidak terbentuk SiO<sub>2</sub> pada permukaan serbuk penguat SiC. Dalam fabrikasi komposit, sebenarnya antarmuka memiliki peranan penting karena berfungsi sebagai penyalur gaya dari luar, menuju matriks, dan akhirnya penguat. Apabila antarmuka yang terbentuk kurang baik, maka kekuatan komposit juga rendah.

#### **b. Hasil Pengujian Tarik**

Pengujian tarik material aluminium matrix composit (AMC) menggunakan standar ASTM E8M-09 dengan kecepatan penarikan 10 mm/mnt pada kondisi temperatur ruang 27<sup>0</sup>C.



Gambar 5. Spesimen Uji tarik



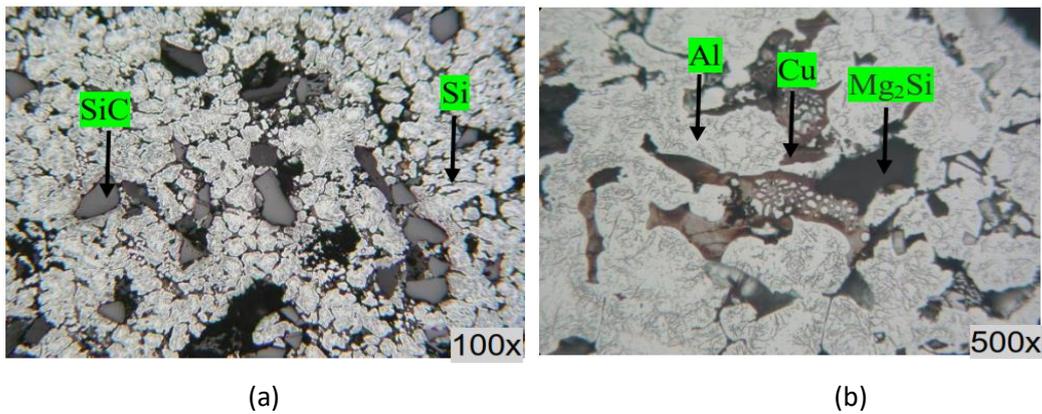
Gambar 6. Grafik Kuat Tarik

Dari gambar 6 dapat diketahui nilai kuat tarik hasil proses *stir casting* dengan kecepatan putar dari 1000 Rpm , 2000 Rpm dan 3000 Rpm didapatkan hasil uji tarik nilai tertinggi pada kecepatan 2000 Rpm dengan nilai kuat tarik sebesar 72.7 N/mm<sup>2</sup> dan untuk nilai beban tarik terendah didapat pada kecepatan 3000 Rpm dengan nilai 41.9N/mm<sup>2</sup>. Pengaruh kecepatan putar pengadukan pada kekuatan tarik komposit Al-5%Cu-12%Mg-15%SiC juga ditunjukkan pada garfik 4.2. Pada penelitian ini, ketika kecepatan putar pengadukan dinaikkan dari 1000 menjadi 2000 rpm, kekuatan tarik rata-rata komposit Al-5%Cu-12%Mg-15%SiC naik, yaitu naik dari 55.7 N/mm<sup>2</sup> menjadi 72.7 N/mm<sup>2</sup> (mengalami kenaikan sebesar 30%). Namun terjadi penurunan menjadi 41.9 N/mm<sup>2</sup> ketika kecepatan putar pengadukan 3000 rpm(mengalami penurunan sebesar 42%). Berdasarkan garfik 4.2, ditunjukkan bahwa sinyal tertinggi terjadi pada variasi ke dua dengan S/N ratio sebesar 72.7 N/mm<sup>2</sup>, maka kecepatan putar optimum adalah 2000 rpm, Sebab semakin tinggi kecepatan putar menyebabkan delta temperatur *liquidundercooling* semakin tinggi dan tingginya kecepatan putar menyebabkan terjebaknya gas hidrogen semakin banyak sehingga nilai kekuatan tarik mengalami penurunan. Tidak terbentuknya precipitat Mg<sub>2</sub>Si dengan baik sehingga nilai kekuatan tarik rendah. Faktor yang mempengaruhi terjadinya peningkatan nilai kekuatan tarik dan kekerasan bahan adalah terbentuknya precipitat Mg<sub>2</sub>Si di dalam matrik Al  $\alpha$

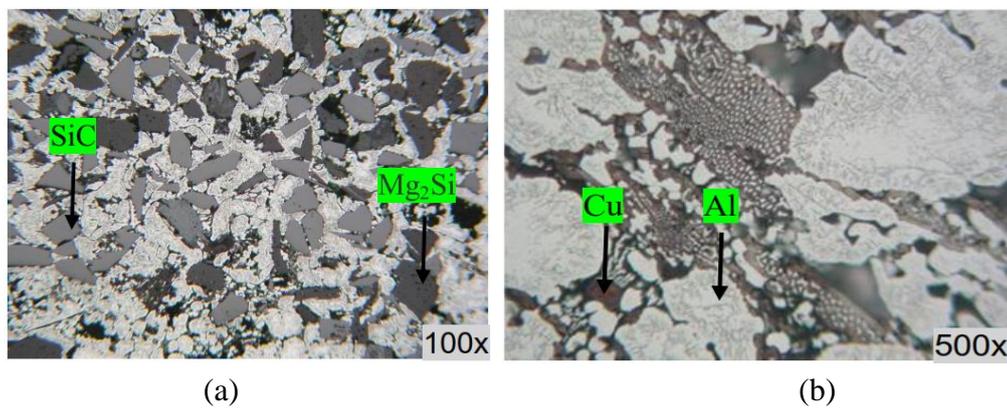
### c. Pengamatan Struktur Mikro

Terlihat dalam gambar 7, 8, dan 9 struktur mikro Cu sudah mengalami perubahan warna distribusi partikel SiC pada matrik komposit terlihat menyebabkan porositas berupa rongga halus pada permukaan partikel SiC seperti

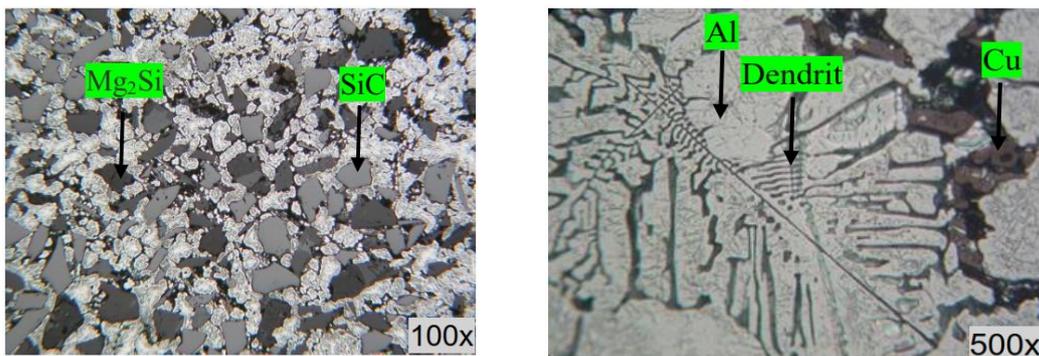
ditunjukkan pada gambar hasil struktur mikro. Porositas berupa rongga halus ini menjadikan ikatan antara permukaan partikel SiC dengan matrik aluminium menjadi berkurang dan menjadikan kekuatan tarik komposit menurun. Semakin bertambahnya kecepatan putar batas butir antara SiC dan matrik AlCuMg rapat mulai dari variasi kecepatan 1000 Rpm, 2000 Rpm. 3000 Rpm.



**Gambar 7.** Struktur mikro sampel kode 1000 material Al-SiC berupa aluminium (putih), SiC (abu abu butir besar), Silisium (sebagai batas butir dan telah menyebar pada butiran) dan Cu yang sudah mengalami perubahan warna. (a) perbesaran 100x (b) perbesaran 500x. *Etsa: Dix's keller reagent*



**Gambar 8** Struktur mikro sampel kode 2000 material Al-SiC berupa aluminium (putih), SiC (abu abu butir besar), Silisium (sebagai batas butir dan telah menyebar pada butiran) dan Cu yang sudah mengalami perubahan warna (a) perbesaran 100x dan (b) perbesaran 500x. *Etsa: Dix's keller reagent*



**Gambar 4.9** Struktur mikro sampel kode 3000 material Al-SiC berupa dendrite aluminium (putih), SiC (abu abu butir besar), Silisium (sebagai batas butir dan telah menyebar pada butiran) dan Cu yang sudah mengalami perubahan warna. (a) perbesaran 100x (b) perbesaran 500x. *Etsa: Dix's keller reagent*

Sehingga batas butir yang semakin rapat berdampak pada kekerasan pada material komposit Al-5%Cu-12%Mg-15%SiC, SiC meningkat dan sebaliknya. Pengaruh kecepatan putar juga berpengaruh terhadap *wettability* dari matrik, yaitu mampu membasahi partikel penguat yang berupa SiC. Dari struktur mikro terlihat bahwa SiC dapat menyatu dengan matrik AlCuMg dikarenakan pengaruh *wettability* unsur Mg berpengaruh pada matrik. Dari gambar struktur mikro (1000) diketahui batas butirnya tidak rapat sehingga kekuatannya lebih rendah dibanding (2000), dan (3000).

Pada gambar juga terlihat struktur butir senyawa SiC pada putaran 2000 dan 3000 rpm sebarannya lebih merata dibandingkan putaran 1000 rpm, sehingga homogenitas material AMC dapat tercapai dengan baik. Hasil dari proses pengecoran Gambar 4.9 terlihat bahwa bentuk dari matriks tersebut merupakan fasa dendrit yang terbentuk karena kecepatan putar yang semakin ditingkatkan. Hal ini pun berpengaruh terhadap kekerasannya dimana kekerasan komposit hasil cor adalah 105.6 HB.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa maka pada penelitian AMC dengan variasi temperatur waktu *aging* dapat di tarik kesimpulan sebagai berikut ini :

- a. Kekerasan komposit bermatriks Al-5%Cu-12%Mg-15%SiC akan meningkat seiring dengan peningkatan varian kecepatan putar . Peningkatan kecepatan

putar berbanding terbalik dengan nilai keuletan material dimana semakin tinggi kecepatan putar maka kekuatannya menurun, karena terjadinya porositas berupa rongga halus pada permukaan partikel SiC seperti ditunjukkan pada gambar hasil struktur mikro. Porositas berupa rongga halus ini menjadikan ikatan antara permukaan partikel SiC dengan matrik aluminium menjadi berkurang dan menjadikan kekuatan tarik komposit menurun.

- b. Proses *stir casting* menyebabkan perubahan bentuk struktur paduan Al-5%Cu12%Mg-15%SiC baik pada kecepatan putar 1000 Rpm, 2000 Rpm dan 3000 Rpm, dimana batas butir yang semakin rapat berdampak pada kekerasan pada material komposit Al-5%Cu-12%Mg-15%SiC, SiC meningkat dan sebaliknya. Pengaruh kecepatan putar juga berpengaruh terhadap *wettability* dari matrik, yaitu mampu membasahi partikel penguat yang berupa SiC. Struktur mikro AMC terlihat bahwa SiC dapat menyatu dengan matrik AlCuMg dikarenakan pengaruh *wettability* unsur Mg berpengaruh pada matrik. Dari gambar struktur mikro semakin besar kecepatan putar maka semakin merata pula sebaran SiC, Mg dan Cu pada AMC.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Smith, F. William, "Material Science and engineering" (second edition). New York: Mc Graw-Hillinc. 1995.
- [2] Widi Aprianto, et. al., "Pemilihan bahan dan proses " Universitas Jenderal Achmad Yani., Bandung, 2014.
- [3] Suyanto, et al., Sulardjaka., Sri Nugroho, "Pengaruh Komposisi Mg dan SiC Terhadap Sifat Kekerasan Komposit AlSi-SiC yang dibuat dengan Proses Semi Solid Stircasting" Universitas Diponogoro, 2017.
- [4] Anne Zulfa, et. al., "Proses Penuaan (Aging) pada Paduan Aluminium AA 333 Hasil Proses Sand Casting". Universitas Indonesia, Jakarta. 2010.
- [5] Juriah Mulyanti, "Pengaruh Temperatur Aging Terhadap Karakteristik Material Komposit Logam Al-SiC Hasil Stir casting", Universitas Janabadra, 2011.
- [6] Supriatna, "Pengaruh Perlakuan Panas Dan Penuaan Terhadap Sifat Mekanis Pada Material Komposit Matrik Al-4,5%Cu-4%Mg-10%SiC(P)", Universitas Gunadarma. 2017.

- [7] Fuad Abdillah., “Perlakuan Panas Paduan Al-Si pada prototype piston berbasis material piston bekas”. Universitas Diponegoro : Semarang. 2010.
- [8] B Bakri, S Chandrabakty, ‘Efek Waktu Perlakuan Panas Temper Terhadap Kekuatan Tarik dan Ketangguhan Impak Baja Komersial” SMARTek 4 (2), 2012
- [9] Pengaruh Variasi Temperatur Tuang Terhadap Ketangguhan Impak dan Struktur Mikro pada Pengecoran Alumunium, Simetris Jurnal Teknik Mesin, Elektro dan Ilmu Komputer 8 (1) Hal. 219-224, 2017.
- [10] Amir Arifin, et. al., ”Pengaruh Parameter Stir Casting Terhadap Sifat Mekanik Alumunium Matrix Composite (AMC)” Flywheel, Jurnal Teknik Mesin Untirta Volume III Nomor 1 Hal. 21-31, 2017.
- [11] Iman Saefuloh, et. al., “Studi Karakteristik Sifat Mekanik Alumunium Matrix Composite (AMC) Paduan AL, 5%Cu, 12%Mg, 15% SiC Hasil Proses Casting dengan Variasi Temperatur Pengadukan, Jurnal Teknika Untirta Edisi 14 No. 2 Hal. 151 -164, 2018.
- [12] Iman Saefuloh, et. al., “Studi mechanical properties dan struktur mikro hasil variasi temperatur dan waktu aging pada alumunium matrix composite (AMC) hasil proses stir casting dengan kandungan matrix Berlebih” Jurnal Mesin Nusantara Vol. 1 No. 2 Hal. 60-68, 2018.