

Pengaruh panjang baffle pada proses stir casting terhadap sifat mekanik komposit AA6061-pasir pantai

Muhammad Rifky Prasetyo^a, Fahmi Imanullah^{a,1}, Hammar Ilham Akbar^{a,b},
Eko Surojo^{a,2}, Dody Ariawan^a

^aProgram Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta

^bProgram Studi Teknik Mesin, Fakultas Sekolah Vokasi, Universitas Sebelas Maret, Surakarta

¹imanullah.fahmi@student.uns.ac.id

²esurojo@ft.uns.ac.id

ABSTRACT

Stir casting is the simplest and most economical method of manufacturing aluminum composites. The stir-casting process has several parameters, such as stirring speed, mixing time, preheating time, and the effectiveness of baffles. Stir casting parameters will affect material properties, like mechanical properties. This study aims to determine the effect of baffle length on the stir casting process on the tensile strength and hardness of the AA6061-sea sand composite. Specimen preparation was carried out at 720–740 °C and stirred at 600 rpm for 10 minutes. Fraction by weight of sea sand: 2%, and additions: 1% mg. The highest hardness and tensile strength results were obtained from specimens without baffles (56.38 BHN and 241.22 MPa). For the half baffle variation, the mechanical value decreases due to the reduction in vertical motion of the particles during the agitation process at the bottom crucible so that the particles settle to the bottom of the crucible. Besides that, the turbulence that occurs causes an increase in porosity. Based on the type of insulation, The hardness and strength values of the round baffle type are higher than those of the flat baffle type (54.67 BHN and 219.77 MPa). Differences influence this in the level of turbulence that occurs during the casting process. Turbulence ensues when air enters the metal casting.

Keywords: AA6061, baffle, sea sand, and stir casting

Received 30 September 2023; **Presented** 5 October 2023; **Publication** 27 May 2024

PENDAHULUAN

Perkembangan dunia industri otomotif dan manufaktur mengharuskan inovasi untuk menghasilkan produk yang murah, unggul dan ramah lingkungan. Salah satu material yang sedang berkembang adalah material komposit. Material komposit adalah bahan rekayasa yang terbuat dari dua atau lebih bahan penyusun berbeda yang melalui proses manufaktur untuk digabungkan dengan tujuan untuk menghasilkan material baru yang sifatnya lebih baik dari pada material sebelumnya. Keunggulan yang dimiliki material komposit seperti ringan, tahan korosi, ulet, biaya perawatan yang rendah dan tahan lama [1]. Material komposit telah diaplikasikan di berbagai bidang, seperti industri perkapalan, pesawat, kereta api dan otomotif. Pada industri otomotif, Metal Matrix Composite (MMC) telah banyak dikembangkan dan diaplikasikan pada komponen otomotif seperti piston, kepala silinder dan batang penghubung [2].

Metal Matrix Composite (MMC) merupakan komposit yang berbahan dasar logam. Aluminium dan paduannya banyak digunakan

dalam pembuatan dalam pembuatan MMC. Aluminium Matrix Composite (AMC) merupakan contoh dari Metal Matrix Composite (MMC). Salah Satu contoh AMC adalah komposit AA6061 dengan penguat Pasir pantai. Aluminium seri 6061 merupakan aluminium dengan paduan utama Mg-Si, dan biasanya digunakan pada bidang transportasi dan konstruksi kerana memiliki keunggulan pada sifat mekaniknya seperti kekerasan dan kekuatan tarik [2]. Pasir pantai merupakan salah bahan yang berpotensi sebagai reinforcement komposit yang bersifat alami. Pasir pantai dipilih karena memiliki partikel mineral dengan komposisi kimia seperti Al₂O₃, SiO₂, CaO, ZrO₂, MnO, dan Fe₂O₃. Proses manufaktur AMC di kategorikan dalam dua jenis, yaitu solid- state process dan liquid-state process.

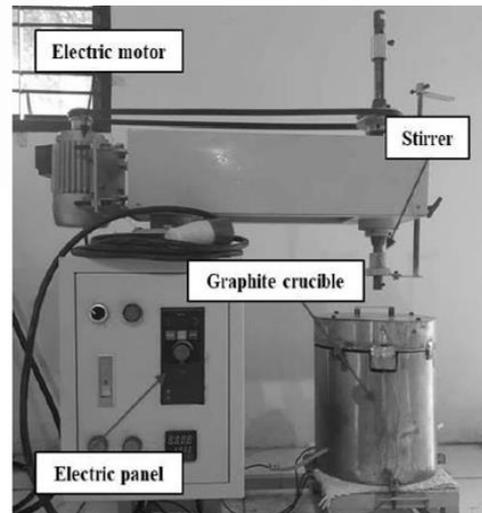
Stir casting salah proses manufaktur komposit AA6061-Pasir pantai yang paling umum digunakan dan termasuk dalam kategori *liquid-state*. Metode ini dianggap paling sederhana dan ekonomis untuk pembuatan komposit Al [3]. Pada pelaksanaan proses stir casting terdapat beberapa parameter seperti kecepatan

pengadukan, waktu pengadukan, dan waktu *preheat* [4]. Parameter stir casting akan mempengaruhi sifat material seperti sifat mekanik [4]. Dibalik kemudahannya, metode stir casting memiliki kekurangan antara lain distribusi partikel penguat yang kurang merata, *wettability* yang rendah [5].

Distribusi partikel merupakan elemen penting untuk mendapatkan sifat material yang unggul. Salah satu hal yang mempengaruhi distribusi partikel adalah proses pengadukan pada metode stir casting [3]. Proses pengadukan pada stir casting membentuk aliran *vortex* yang menginisiasi difusi partikel ke aluminium cair. Difusi partikel dapat di akselerasi dengan mengubah aliran menjadi turbulen. Salah satu cara untuk mendapatkan aliran turbulen adalah dengan menggunakan *baffle* [3]. Keberadaan *baffle* dapat memecah pusaran karena gesekan fluida tambahan dan turbulen [6]. *Baffle* juga dapat meningkatkan aliran vertikal dimana menyebabkan partikel yang beradab dibawah dapat terangkat ke permukaan serta udara masuk ke logam cair sebagai porositas [6]. Selain itu, panjang dari *baffle* juga akan mempengaruhi aliran logam. Panjang *baffle* akan membentuk pola aliran yang berbeda di daerah sekitar *baffle* sehingga akan mempengaruhi distribusi partikel dibagian bawah ketika tidak adanya *baffle* [6]. Maka perlu diketahui parameter penggunaan *baffle* menurut panjang dan bentuknya terhadap sifat mekanik dan distribusi.

METODE PENELITIAN

Metode stir casting digunakan dalam pembuatan komposit AA6061-pasir pantai. Dalam proses fabrikasi komposit, dibutuhkan 97% wt Al, 1% wt Mg dan 2% wt pasir pantai. Proses stir casting menggunakan impeller empat sudu dengan sudut 45°. Selama proses pengadukan digunakan variasi tanpa *baffle*, full *baffle* dan half *baffle* dengan tipe *baffle* yaitu round *baffle* dan flat *baffle*. Setelah aluminium cair, 1% berat Mg, 2% berat pasir pantai ditambahkan ke dalam aluminium cair dan diaduk pada suhu 720-750°C selama 10 menit dengan kecepatan 600 rpm. Setelah 10 menit, lelehan dituangkan ke dalam cetakan permanen yang dipanaskan pada suhu 500°C. Peralatan stir casting ditunjukkan pada Gambar.1



Gambar 1. Rangkaian stir casting

Pengujian Densitas dan Porositas

Pengujian densitas dan porositas pada penelitian ini menggunakan metode *Archimedes*. Skema pengujian densitas dan porositas ditunjukkan pada Gambar 2. dengan persamaan densitas dan porositas:

$$\rho_a = \frac{m_s}{m_s - m_g} \times \rho_{H_2O} \quad (1)$$

Keterangan

- m_s = massa benda di udara (g)
- m_g = massa benda di dalam air (g)
- ρ_{H_2O} = massa jenis air = 1 (g/cm³)
- ρ_a = massa jenis komposit actual (g/cm³)

$$\rho_c = \rho_m V_m + \rho_f V_f + \rho_p V_p \quad (2)$$

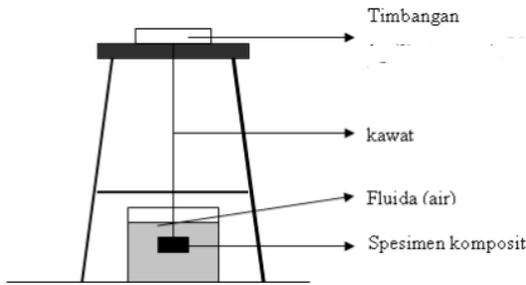
Keterangan

- ρ_c = massa jenis komposit teoritis (g/cm³)
- ρ_m = massa jenis matriks (g/cm³)
- ρ_f = massa jenis fiber (g/cm³)
- ρ_p = massa jenis partikel (g/cm³)
- V_m = fraksi volume matriks (%)
- V_f = fraksi volume fiber (%)
- V_p = fraksi volume partikel (%)

$$P = \left(1 - \frac{\rho_s}{\rho_{th}} \times 100\% \right) \quad (3)$$

Keterangan

- P = presentase porositas (%)
- ρ_s = densitas sampel atau densitas aktual (g/cm³)
- ρ_{th} = densitas teoritis (g/cm³)



Gambar 2. Pengujian densitas dan porositas [7]

Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengukur ketahanan material terhadap deformasi plastis dan untuk mengukur nilai kekerasan dari material tersebut. Pengujian kekerasan menggunakan standar ASTM E10 dengan indenter bola baja berdiameter 2,5 mm, dengan beban yang digunakan 62,5 kg dan waktu penekanan (loading time) 30 detik. Skema pengujian ditunjukkan pada Gambar 3. Persamaan:

$$BHN = \frac{2P}{(\pi D)(\sqrt{D^2 - d^2})} \quad (4)$$

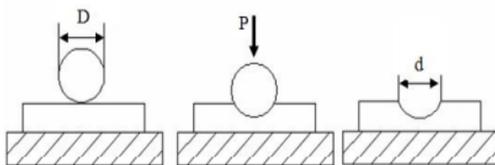
Keterangan

BHN = Angka kekerasan Brinell (Kg/mm²)

P = Beban yang digunakan (kg)

D = Diameter bola baja (mm)

d = Diameter lekukan (mm)



Gambar 3. Skema pengujian kekerasan Brinell [8]

Pengujian Tarik

Pengujian Tarik merupakan uji sifat mekanis suatu material untuk mengetahui nilai kekuatan tarik suatu material dengan standar ASTM E-8. Alat yang digunakan sama dengan alat untuk uji bending yakni Universal Testing Machine (UTM).

Pengujian tarik atau *tensile testing* digunakan untuk mengetahui nilai tegangan dan regangan komposit. Untuk mencari data tersebut dapat menggunakan persamaan dibawah ini:

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \quad (5)$$

Keterangan

σ = Tegangan (N/mm²)

F = Beban yang diberikan (N)

A₀ = Luas penampang awal benda uji (mm²)

$$\varepsilon = \frac{l_i - l_0}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0} \quad (6)$$

Keterangan

ε = Regangan

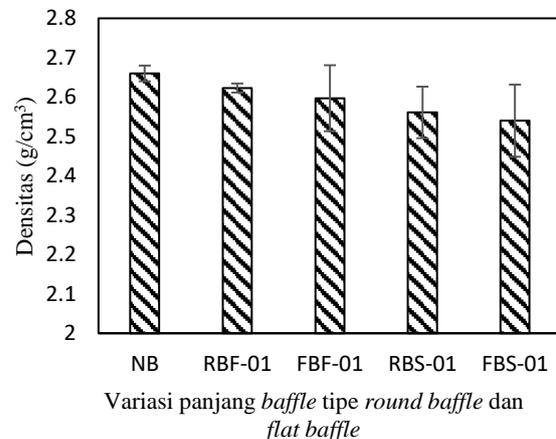
l_i = Panjang setelah diberi pembebanan (mm)

l₀ = Panjang awal sebelum pembebanan (mm)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Densitas dan Porositas

Hasil dari pengujian densitas terdapat pada Gambar 4. Nilai rata-rata densitas menunjukkan pengaruh panjang *baffle* tipe *round baffle* dan *flat baffle* yang digunakan pada penelitian. Densitas pada spesimen NB nilainya sebesar 2,66 g/cm³. Densitas pada spesimen tipe *round baffle* dengan kode spesimen RBF-01 sebesar 2,623 g/cm³ sedangkan spesimen RBS-01 densitasnya sebesar 2,561 g/cm³. Densitas pada spesimen tipe *flat baffle* dengan kode spesimen FBF-01 sebesar 2,597 g/cm³ sedangkan spesimen FBS-01 densitasnya sebesar 2,54 g/cm³.

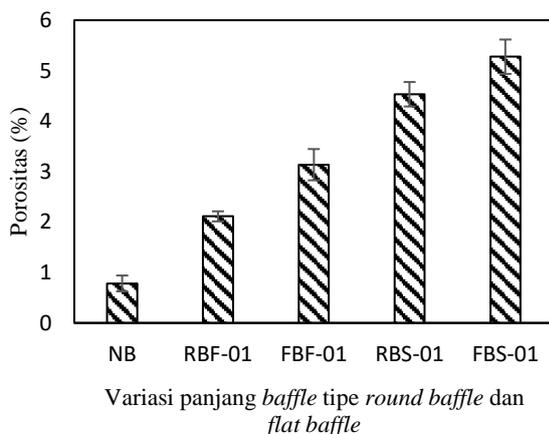


Gambar 4. Grafik rata-rata densitas terhadap variasi panjang *baffle* tipe *round baffle* dan *flat baffle*

Densitas teoritis tiap variasi yang digunakan nilainya sama sebesar 2,67 g/cm³. Kesamaan nilai densitas teoritis tiap variasi ini disebabkan tidak adanya perubahan fraksi berat dari tiap material yang digunakan. Nilai densitas tertinggi diperoleh pada spesimen *non baffle*. Nilai densitas antara *full baffle* dengan setengah *baffle* mengalami penurunan. Penurunan nilai densitas disebabkan adanya partikel penguat yang terendam dibagian bawah kowi saat proses pengadukan. Hal ini terjadi akibat tidak adanya

baffle di bagian bawah kowi yang menyebabkan distribusi partikel kurang merata [9].

Pada variasi berdasarkan tipe *baffle*, tipe *flat baffle* nilai densitas menurun jika dibandingkan tipe *round baffle*. Penyebab menurunnya nilai densitas pada tipe *flat baffle* di akibatkan oleh penampang lebih kecil. Penampang lebih kecil mengakibatkan turbulensi meningkat sehingga porositas yang terjadi meningkat dan nilai mekanik menurun [10]. Nilai densitas komposit dari setiap spesimen digunakan untuk menentukan presentase porositas material tersebut. Hasil dari perhitungan persentase porositas terdapat pada Gambar 5.



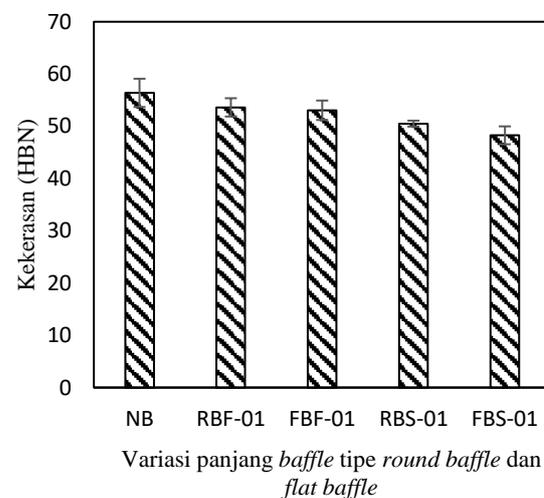
Gambar 5. Grafik porositas terhadap variasi panjang *baffle* tipe *round baffle* dan *flat baffle*

Nilai rata-rata porositas dari variasi panjang *baffle* serta tipe *baffle* ditunjukkan pada Gambar 5. Nilai porositas pada spesimen NB sebesar 0,783%. Nilai porositas pada spesimen tipe *round baffle* dengan kode RBF-01 sebesar 2,112% sedangkan spesimen RBS-01 sebesar 4,533%. Nilai porositas pada spesimen tipe *flat baffle* FBF-01 sebesar 3,137% sedangkan spesimen FBS-01 sebesar 5,277%.

Nilai porositas berbanding terbalik dengan nilai densitas, semakin tinggi nilai porositas maka akan semakin rendah nilai densitasnya. Porositas dapat disebabkan gas yang terjebak saat proses pengadukan dan penyusutan saat proses *solidifikasi* [11]. Nilai porositas pada *full baffle* lebih rendah jika dibandingkan setengah *baffle*. Hal ini sesuai dengan nilai densitas seperti pada Gambar 4. Pada variasi tipe *round baffle* nilai porositasnya lebih rendah jika dibandingkan dengan tipe *flat baffle*. Nilai porositas yang rendah disebabkan oleh penampang lebih besar, sehingga udara yang terjebak lebih sedikit. Hal ini menyebabkan porositas menurun dan nilai mekanik spesimen meningkat [10].

Pengujian Kekerasan

Hasil pengujian kekerasan komposit AA6061-pasir pantai dapat dilihat pada Gambar 6. Adapun spesimen yang digunakan dalam pengujian yaitu NB (*Non Baffle*), RBF-01 (*Round Baffle Full*), RBS-01 (*Round Baffle Setengah*), FBF-01 (*flat baffle full*), FBS-01 (*Flat Baffle Setengah*). Nilai kekerasan pada spesimen NB adalah 56,38 BHN. Kekerasan pada spesimen kode RBF-01 nilai kekerasan 54,68 BHN sedangkan spesimen RBS-01 nilai kekerasan 50,50 BHN. Kekerasan pada spesimen FBF-01 sebesar 53,05 BHN sedangkan spesimen FBS-01 nilai kekerasan 47,01 BHN.



Gambar 6. Grafik rata-rata kekerasan brinell komposit AA6061-pasir pantai terhadap variasi panjang *baffle* tipe *round baffle* dan *flat baffle*

Nilai kekerasan tertinggi dicapai pada spesimen NB. Spesimen NB merupakan variasi tanpa *baffle* menghasilkan porositas yang kecil sehingga kekerasan meningkat. Hal ini bertentangan dengan beberapa hasil simulasi. Hasil simulasi pengadukan tanpa *baffle* memiliki distribusi partikel yang kurang merata sedangkan untuk pengadukan menggunakan *baffle* akan meningkatkan homogenitas partikel akibat aliran turbulen [3]. Simulasi dengan pengadukan setengah *baffle* memiliki hasil distribusi partikel baik [6]. Hal tersebut dikarenakan adanya perbedaan saat proses simulasi dan eksperimen. Pada proses eksperimen udara masuk ke logam coran sehingga menyebabkan porositas.

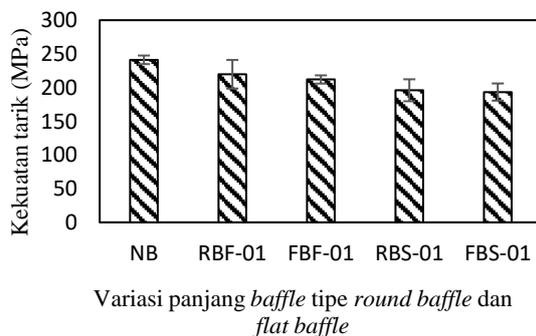
Nilai kekerasan pada variasi setengah *baffle* jika dibandingkan dengan *full baffle* hasilnya menurun. Penurunan nilai kekerasan disebabkan karena berkurangnya gerak vertikal partikel ketika proses pengadukan di bagian

bawah kowi sehingga partikel terendam di bagian bawah [9]. Perendaman partikel terjadi ketika partikel sulit bergerak ke permukaan dan bergerak kembali ke pusaran yang dihasilkan oleh *impeller* dan turun ke bagian bawah kowi. Hal ini akibat tidak adanya *baffle* di bagian bawah kowi. Selain itu, turbulensi yang terjadi menyebabkan porositas meningkat dan menurunkan nilai mekanik [10].

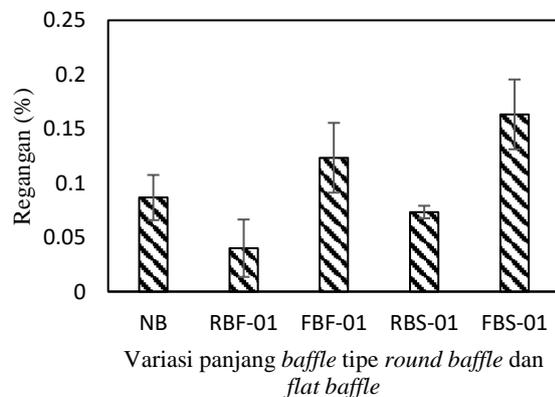
Sedangkan berdasarkan tipe *baffle*, nilai kekerasan tipe *round baffle* lebih tinggi jika dibandingkan dengan tipe *flat baffle*. Nilai kekerasan meningkat dipengaruhi oleh perbedaan tingkat *turbulensi* yang terjadi saat proses pengecoran. Tingkat *turbulensi* lebih rendah pada tipe *round baffle* jika dibandingkan *flat baffle*. *Turbulensi* terjadi dimana udara mampu masuk ke dalam logam coran [10,12]. Semakin tinggi *turbulensi* memungkinkan udara masuk ke logam coran sehingga porositas yang terbentuk meningkat [10].

Pengujian Tarik

Pengujian tarik untuk komposit AA6061 berporositas pasir pantai dapat dilihat pada Gambar 7. dan Gambar 8.



Gambar 7. Grafik rata-rata kekuatan tarik dengan variasi panjang *baffle* tipe *round* dan *flat baffle*



Gambar 8. Grafik rata-rata regangan dengan variasi panjang *baffle* tipe *round* dan *flat baffle*

Nilai kekuatan tarik pada spesimen NB sebesar 241,22 MPa. Nilai kekuatan tarik pada tipe

round baffle dengan kode RBF-01 sebesar 219,77 MPa sedangkan untuk spesimen RBS-01 sebesar 196,01 MPa. Nilai kekuatan tarik pada tipe *flat baffle* dengan kode spesimen FBF-01 sebesar 212,03 MPa sedangkan untuk spesimen FBS-01 sebesar 193,37 MPa. Untuk nilai rata-rata regangan masing- masing variasi spesimen ditunjukkan pada Gambar 8. Di mana nilai regangan spesimen dengan kode NB regangannya sebesar 0,09. Untuk nilai regangan tipe *round baffle* dengan kode spesimen RBF-01 sebesar 0,04 sedangkan untuk spesimen RBS-01 sebesar 0,07. Untuk tipe *flat baffle* dengan kode spesimen FBF- 01 nilai regangannya sebesar 0,12 sedangkan untuk spesimen dengan kode FBS-01 regangannya 0,16.

Dari Gambar 7. dan Gambar 8. dapat diketahui bahwa pada variasi setengah *baffle* nilai kekuatan tarik mengalami penurunan dibandingkan dengan *full baffle*. Hal ini disebabkan berkurangnya gerak vertikal partikel saat pengadukan. Gerak vertikal partikel yang berkurang menyebabkan partikel penguat terendam pada bagian bawah kowi [9].

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan hasil pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa variasi panjang *baffle* menyebabkan penurunan pada nilai kekuatan tarik dan kekerasan komposit AA6061-pasir pantai akibat adanya turbulensi yang menyebabkan udara masuk ke spesimen cor dan partikel terendam di bagian bawah kowi. Partikel yang terendam sulit bergerak kembali ke permukaan akibat tidak adanya *baffle* pada bagian bawah kowi. Berdasarkan tipe *baffle*, penggunaan *flat baffle* menyebabkan porositas yang berlebih pada spesimen cor akibat aliran yang terbentuk saat pengecoran sehingga nilai kekuatan tarik dan kekerasan komposit AA6061-pasir pantai menurun.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didukung oleh RKAT PTNBH Universitas Sebelas Maret dengan skema "Penelitian Unggulan Terapan (PUT UNS)" nomor kontrak 228/UN27.22/PT.01.03/2023.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Chandra Kandpal, B., Kumar, J., & Singh, H. (2018). *Manufacturing and technological challenges in Stir casting of metal matrix composites– A Review.*

- Materials Today: Proceedings*, 5(1), 5–10.
- [2] Bharath, V., Nagaral, M., Auradi, V., & Kori, S. A. (2014). *Preparation of 6061Al-Al₂O₃ MMC's by Stir Casting and Evaluation of Mechanical and Wear Properties*. *Procedia Materials Science*, 6, 1658–1667.
- [3] Rohatgi, P. K., Sobczak, J., Asthana, R., & Kim, J. K. (1998). *Inhomogeneities in silicon carbide distribution in stirred liquids—a water model study for synthesis of composites*. *Materials Science and Engineering: A*, 252(1), 98–108.
- [4] Kandpal, B. C., kumar, J., & Singh, H. (2017). *Fabrication and characterisation of Al₂O₃/aluminium alloy 6061 composites fabricated by Stir casting*. *Materials Today: Proceedings*, 4(2), 2783–2792.
- [5] A. Arifin, J. (2017). Pengaruh Parameter Stir Casting Terhadap Sifat Mekanik Alumunium Matrix Composite (AMC), 3 (1).
- [6] Tran, T. T., Vo, T. T., Cho, S. C., Lee, D. H., & Hwang, W. R. (2018). *A stir casting system for drawdown of light particles in manufacturing of metal matrix composites*. *Journal of Materials Processing Technology*, 257, 123–131.
- [7] Prasad, K. V., Jayadevan, K. R., 2016, *Simulation of Stirring in Stir Casting*, *Procedia Technology*, Vol. 24, pp. 356 – 363.
- [8] Sulardjaka, Rahman, M. S., Wahyudianto, C., 2013, *Pengaruh Waktu dan Temperatur Sinter Terhadap Densitas dan Porositas Komposit Aluminium yang Diperkuat Limbah Geothermal*, *Rotasi*, Vol. 15 (4), pp. 28-32.
- [9] Khazam, O., & Kresta, S. M. (2009). *A novel geometry for solids drawdown in stirred tanks*. *Chemical Engineering Research and Design*, 87(3), 280–290.
- [10] Ahmad, S. N., Hashim, J., & Ghazali, M. I. (2005). *The Effects of Porosity on Mechanical Properties of Cast Discontinuous Reinforced Metal–Matrix Composite*. *Journal of Composite Materials*, 39(5), 451–466.
- [11] S. Mizhar, & Fauzi, R. D. (2016). Pengaruh Penambahan Magnesium Terhadap Kekerasan, Kekuatan Impak Dan Struktur Mikro Pada Aluminium Paduan (Al-Si) Dengan Metode Lost Foam Casting. *Mekanik: Jurnal ilmiah teknik mesin*, 2 (2).
- [12] S.N. Aqida, M.I. Ghazali, & J. Hashim. (2004). *Effects Of Porosity On Mechanical Properties Of Metal Matrix: An Overview*.