

Perancangan Alat *Stir Casting* untuk Proses Pembuatan Komposit Matriks Aluminium dengan Saluran Penuangan

Suryanto Petrus Pintubatu¹, Slamet Sutjipto², Suyitno³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung
Jalan Gegerkalong Hilir, Ds. Ciwaruga, Bandung 40012, Indonesia
E-mail : ¹suryantopintubatusp@gmail.com

ABSTRAK

Kebutuhan akan material baru untuk pengecoran (*casting*) dengan sifat unggul seperti aluminium komposit semakin banyak. Untuk menghasilkan aluminium komposit dapat menggunakan metoda *stir casting*. Proses *stir casting* terdiri dari proses peleburan dan juga penggabungan material dengan cara pengadukan. Perancangan alat *stir casting* ini menggunakan metoda Pahl and Beitz yang terdiri dari tahapan perencanaan, perancangan konsep, perancangan detail, dan dokumentasi. Alat *stir casting* yang dirancang menggunakan *crucible* yang daya tampungnya 10 kg. Elemen pemanas yang digunakan sebagai sumber daya untuk peleburan, dapat diatur temperaturnya mulai dari 600 °C s/d 1200 °C. Media yang digunakan sebagai penggabungan material ketika berbentuk cairan merupakan sebuah *stir road* yang sumber gerakannya berasal dari sebuah motor listrik dengan putaran minimum 200 RPM s/d 1000 RPM. Dirancang juga *reinforcement hoper* sebagai media untuk memasukkan material campuran ke dalam *crucible*, dan juga saluran penuangan sebagai saluran pengeluaran material baru yang sudah terbentuk. Saluran ini nantinya akan terhubung langsung dengan cetakan untuk *casting*.

Kata Kunci

Material komposit, *stir casting*, perancangan, saluran penuangan

1. PENDAHULUAN

Semakin berkembangnya perkembangan di bidang metalurgi, membuat kebutuhan akan material baru semakin tinggi, material yang memiliki keunggulan sifat lebih dibandingkan material yang ada sebelumnya. Material komposit merupakan salah satu rekayasa pada bidang metalurgi, dengan penguat berkekuatan tinggi yang ditambah dan diikat oleh matriks logam. Aluminium merupakan salah satu material yang paling banyak dijadikan material dasar untuk pembuatan material komposit. Aluminium memiliki beberapa sifat unggul seperti ringan, kuat, memiliki ketahanan korosi yang baik, dan penghantar listrik yang baik. Penggunaan material komposit aluminium (AMC) semakin meningkat di berbagai sektor industri, seperti otomotif, beberapa part pada pesawat terbang, dan lainnya.

Untuk mendapatkan material komposit dilakukan proses kerja *stir casting*. Proses ini merupakan proses pengecoran dengan cara menambahkan suatu logam murni (biasanya aluminium) dengan suatu unsur penguat, dengan cara melebur logam murni tersebut kemudian logam murni yang sudah mencair tersebut diaduk-aduk secara terus menerus hingga terbentuk sebuah pusran, kemudian unsur penguat (berupa serbuk) tersebut dicampurkan sedikit demi sedikit melalui tepi dari pusran yang telah terbentuk itu [4].

Proses *stir casting* memiliki dua proses utama yaitu peleburan, untuk mencairkan material dan pengadukan material dalam keadaan cair. Dalam pengadukan material perlu diperhatikan bentuk, kecepatan dari pengaduk yang digunakan. Material AMC yang terbentuk akan disalurkan ke cetakan untuk pengecoran logam (*casting*). Maka perlu diperhatikan saluran tuang dari alat *stir casting*.

Alat *stir casting* sudah pernah dijadikan objek sebuah penelitian. Lubis,dkk [1] membuat alat *stir casting* dengan ukuran 1m² dengan 17 komponen penyusunnya. Temperatur maksimal pengecoran 1050 °C. Sekar, dkk [2] mernacang alat *stir casting* untuk material ringan seperti aluminium, magnesium, dan tembaga. Pada alat *pre heater* untuk *reinforcement material* ditempatkan diatas. Amith,dkk [3] membuat alat *stir casting* sederhana untuk kebutuhan laboratorium. Perancangan alat dibuat untuk material ringan. Motor dan *pulley* ditempatkan pada bagian atas mesin diletakkan sejajar. Kecepatan pemutar pengaduk 400-600 RPM.

Penelitian ini bertujuan merancang alat untuk proses *stir casting* dengan saluran penuangan. Proses perancangan alat *stir casting* untuk proses pembuatan material aluminium matriks komposit ini, nantinya terdiri dari mengidentifikasi kebutuhan, perancangan konsep produk, perancangan detail dan pembuatan

dokumentasi perancangan. Rancangan ini akan menjadi dasar pembuatan alat *stri casting* pada lab material Politeknik Negeri Bandung.

2. METODOLOGI

Untuk melakukan perancangan alat *stri casting* ini, dilakukan tahapan metodologi dalam pelaksanaannya sesuai dengan metode Pahl and Beitz yang terdiri dari tahapan awal yaitu tahapan perencanaan yang hasil akhirnya daftar tuntutan, tahapan kedua perancangan konsep yang hasil akhirnya berupa konsep terpilih, tahapan ketiga perancangan detail yang hasil akhirnya berupa penentuan komponen yang digunakan dan tahapan terakhir tahapan dokumentasi.

2.1 Perancangan

Tahapan ini merupakan tahapan awal dari proses perancangan. Tahapan dimulai dengan mengidentifikasi permasalahan, analisis pasar, analisis produk yang sudah ada, dan hasil dari tahapan ini adalah daftar tuntutan. Pengumpulan data terkait perancangan alat dilakukan dengan metoda survey terhadap pengguna (laboratorium material Politeknik Negeri Bandung) dan juga survey terhadap penelitian tentang alat *stri casting* yang sudah ada sebelumnya. Permasalahan yang didapat berupa dibutuhkannya perancangan alat *stri casting* pada laboratorium Politeknik Negeri Bandung sebagai media pembelajaran. Alat *stri casting* yang dirancang nantinya akan dilengkapi dengan *hopper* sebagai media pemasukan material yang akan dimasukkan pada aluminium yang sudah cair, dan saluran penuang sebagai media saluran pengeluaran material komposit yang dialirkan menuju cetakan pengecoran.

2.2 Perancangan Konsep

Pada tahapan ini dilakukan penjabaran mengenai fungsi utama dan bagian dari alat. Penjabaran dari fungsi bagian akan menjadi dasar dari pembuatan tabel morfologi, sebagai media pemberian alternatif solusi untuk tiap fungsi bagian. Alternatif solusi pada morfologi nantinya akan dipilih dan membentuk beberapa alternatif konsep rancangan. Konsep rancangan nantinya akan dipilih melalui metoda pembobotan *PUGH Method*. Alternatif konsep rancangan yang memiliki bobot nilai tertinggi akan menjadi konsep rancangan terpilih.

2.3 Perancangan Detail

Pada tahapan ini, kebutuhan untuk pengerjaan konsep rancangan terpilih akan diperinci. Proses tahapan ini dimulai dengan perhitungan untuk material dan juga komponen mesin dan kontrol yang akan digunakan,

seperti pemilihan komponen material baut, pemanas, poros, dan lainnya.

Untuk menghitung kapasitas *crucible* dapat menggunakan persamaan:

$$Q = V_c \times \rho_{al} \quad (1)$$

Q :Kapasitas (kg)

V_c :Volume (mm³)

ρ_{al} :Massa jenis air

Untuk mendapatkan ukuran optimum diameter dari *stirrer blade* adalah

$$d = 0,5 \times D \quad (2)$$

d : diameter optimal *stirrer blade* (mm)

D : Diameter *crucible* (mm)

Tebal optimum untuk satu *blade* dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$b = 0,1 \times D \quad (3)$$

b : tebal *blade* (mm)

D : Diameter *crucible* (mm)

Setelah melakukan perhitungan yang nantinya berpengaruh akan dimensi alat, dilakukan pembuatan 3D model dari konsep rancangan terpilih dengan menggunakan *software CAD* seperti *CATIA* ataupun *Solidworks*. Hasil dari 3D model tersebut akan dianalisis dengan menggunakan *software FEA, Ansys* terhadap beberapa part yang dianggap kritis.

2.4 Dokumentasi

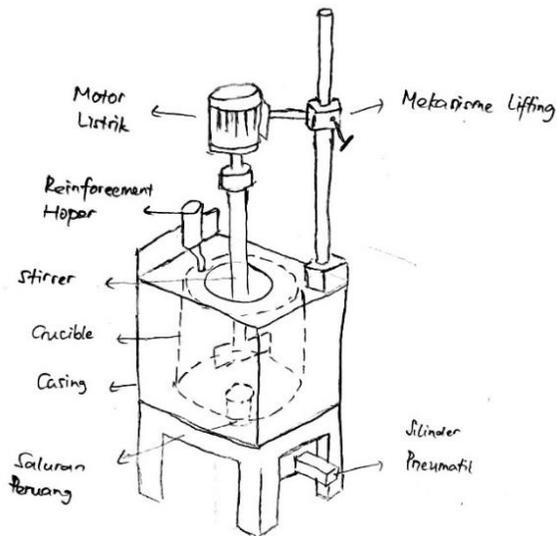
Tahapan ini merupakan tahapan akhir yang berisikan gambar kerja dari perancangan alat *stri casting* yang digunakan sebagai dasar pengerjaan manufaktur alat *stri casting*. Selain itu berisikan juga SOP dari alat yang dirancang .

3. Hasil

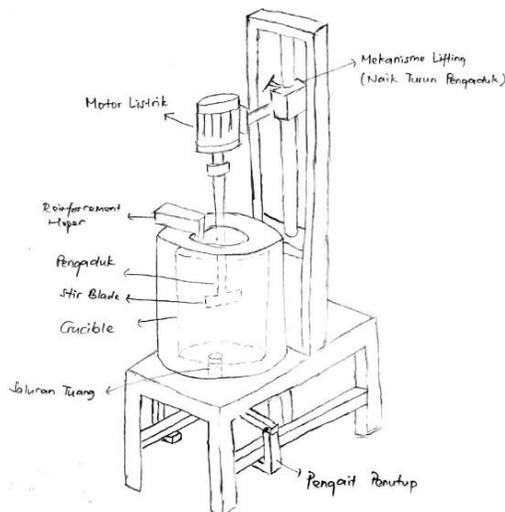
Untuk mendapatkan dasar perancangan dilakukan indentifikasi kebutuhan dengan membuat daftar tuntutan dengan mempertimbangkan berbagai aspek sebagai berikut :

1. Kapasitas *crucible* 10 kg
2. Temperatur alat dapat diatur 600⁰C s.d 1000⁰C
3. Memiliki saluran penuangan dan tidak boleh bocor
4. Material dasar *castng* yang digunakan adalah aluminium

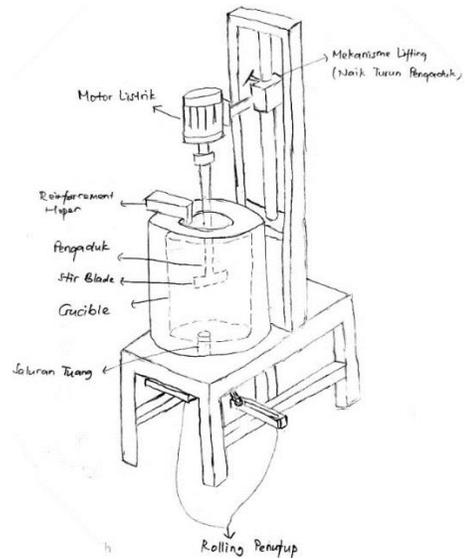
Dalam pemilihan konsep rancangan yang digunakan dalam perancangan alat *stir casting*, terdapat beberapa alternatif konsep rancangan yang akan dipilih menjadi konsep rancangan terpilih sebagai berikut :



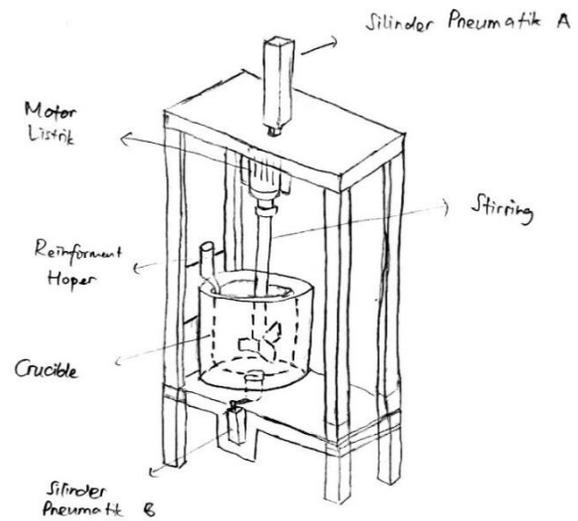
Gambar 1. Alternatif Konsep A



Gambar 2. Alternatif Konsep B



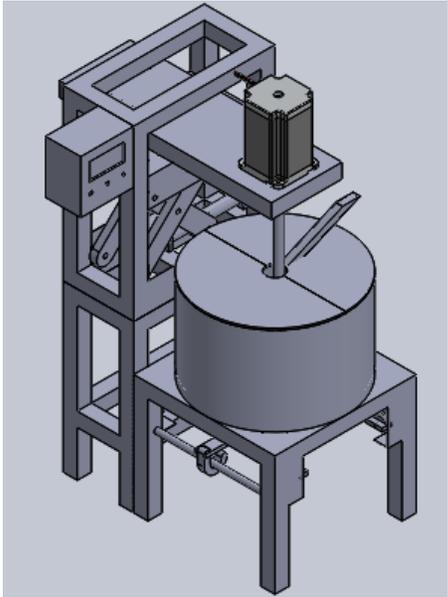
Gambar 3. Alternatif Konsep C



Gambar 4. Alternatif Konsep D

Setelah menentukan alternatif konsep, dilakukan penilaian untuk menentukan alternatif konsep yang terpilih dengan mempertimbangkan aspek *user criteria* yang terdiri dari umur pakai, kemudahan pengoperasian, kemudahan perawatan, harga, dan estetika alat serta ditinjau juga dari *manufacturing criteria* yang terdiri dari ketersediaan bahan, ketersediaan mesin dan peralatan, waktu produksi, biaya manufaktur, dan kemudahan manufaktur. Berdasarkan hasil pemilihan terhadap keempat alternatif konsep tersebut, didapatkan konsep terpilih yaitu alternatif konsep-B.

Berikut merupakan bentuk 3D dari konsep rancangan terpilih.



Gambar 5. Konsep Rancangan Alat Sitr Casting

Komponen utama dari alat ini adalah :

1. Motor listrik, sebagai sumber daya dari pengadukan material komposit
2. Pengaduk (*Stirrer*), sebagai alat yang akan menyampurkan material menjadi material komposit
3. Tungku (*Crucible*), sebagai wadah untuk peleburan aluminium dan pengadukan material komposit
4. Penutup saluran penguangan, sebagai penutup saluran penguangan ketika dilakukan proses peleburan dan pencampuran material
5. *Reinforcement hoper*, sebagai saluran masuk material *reinforcement* ke dalam *crucible*
6. *Controlling*, untuk mengatur tingkat pemanasan pada proses peleburan dan putaran *stirrer road*.

4. PEMBAHASAN

Alat ini menggunakan *crucible* dari material *grafite* yang memiliki titik lebur 2700 °C [6] dengan ukuran jari-jari (r) 80 mm dan tinggi (t) 220 mm. Untuk menghitung kapasitas material aluminium yang dapat ditampung di dalam *crucible* dapat menggunakan rumus

$$Q = V_c \times \rho_{al}$$

Dengan ρ_{al} sebesar $27 \times 10^{-7} \text{ kg/mm}^3$, sehingga didapatkan $Q = 11,94 \text{ kg}$, atau melebihi kapasitas yang diharapkan yaitu 10 kg.

Alat *stir casting* ini menggunakan motor listrik yang penggunaan putarannya 200 – 1000 RPM. Putaran dari motor listrik akan diteruskan *stirrer* untuk memutar campuran aluminium dan material penguatnya. *Stirrer* menggunakan tiga *blade* untuk mengaduk material cair. Ukuran optimum diameter dari *stirrer blade* (d) adalah

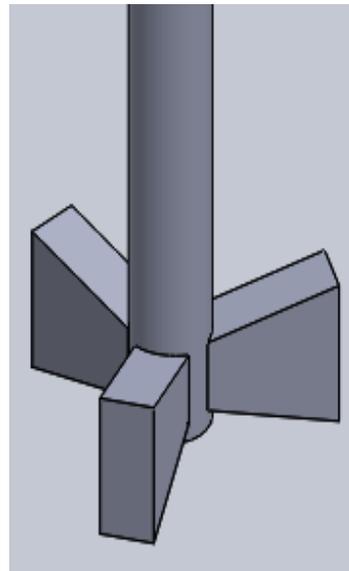
$$d = 0,5 \times D$$

Dengan D merupakan diameter *crucible* sebesar 160 mm. Sehingga didapat diameter *stirrer blade* 80 mm.

Tebal optimum untuk satu *blade* (b) dapat dihitung dengan persamaan berikut :

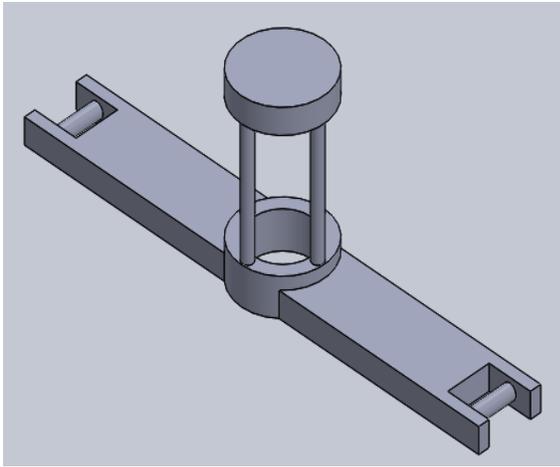
$$b = 0,1 \times D$$

Maka didapatkan lebar *blade* 16 mm. *Stirrer road* dan *blade* menggunakan material AISI 310



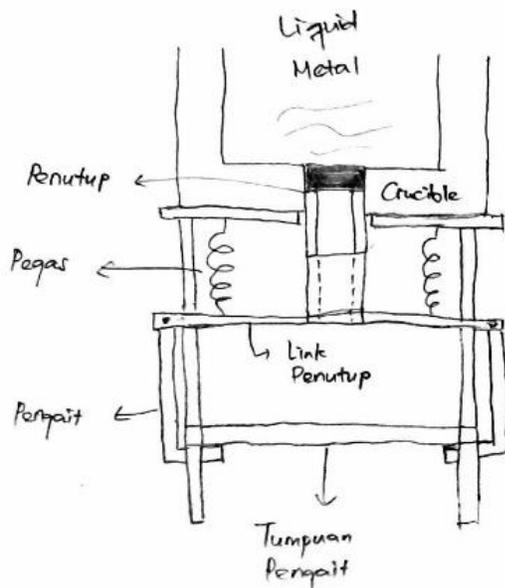
Gambar 6. *Stirrer*

Salah satu kelebihan dari alat yang dirancang adalah adanya sistem saluran penguangan pada *crucible*. Saluran penguangan terdiri dari penutup link penutup, dan pengait. Sistem yang digunakan menggunakan sistem mekanik dengan bantuan dari sistem pegas. Penggunaan sistem mekanik dan juga pegas karena penggunaannya yang lebih murah dibandingkan dengan sistem yang lain seperti pneumatik / hidrolik dan juga berdasarkan atas kondisi yang ada pada laboratorium material Politeknik Negeri Bandung.

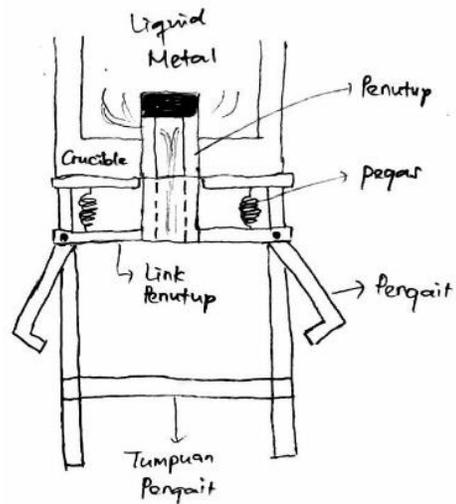


Gambar 7. Penutup Saluran Penuangan

Penutup saluran penuangan dibuat berbentuk seperti pada gambar 7. Penutup ini terbuat dari material *stainless steel* AISI 310 yang memiliki *melting point* 2650 °F atau sekitar 1454 °C, sehingga dapat menahan panas dari proses peleburan dan pengadukan material komposit. Diameter dari penutup berukuran 40 mm dengan tinggi 75 mm. Pada bagian samping penutup dihubungkan dengan link yang terhubung kepada sistem penutup saluran penuangan yang ada digunakan. Proses kerja dari sistem penutup saluran penuangan pada alat *stir casting* ini dapat digambarkan seperti sketsa Gambar 8 dan Gambar 9



Gambar 8. Posisi penutup pada proses peleburan dan penggabungan material komposit



Gambar 9. Posisi penutup pada proses pengeluaran material komposit

Sistem kerja dari alat yang dirancang adalah tarik link penutup terlebih dahulu dan kaitkan pada tumpuan pengait, dengan tujuan untuk menutup saluran penuangan yang ada pada *crucible*. Setelahnya aluminium akan dimasukkan ke dalam *crucible*. Kemudian aluminium akan dicairkan terlebih dahulu dengan menyalakan pemanas hingga titik leleh dari aluminium. Setelah aluminium mencair, masukkan material *reinforment* yang berbentuk bubuk melalui *reinforment hoper* kemudian aduk dengan menggunakan *stirrer* dengan menghidupkan motor listrik. Setelah beberapa menit dan pengadukan sudah merata dan material komposit terbentuk, matikan motor listrik untuk menghentikan proses pengadukan. Geser pegaduk ke atas dengan mendorong penyangga motor listrik ke atas. Kemudian lepaskan pengait link penutup saluran pengeluaran dari tumpuan pengait untuk membuka penutup saluran pengeluaran sehingga material komposit yang terbentuk akan mengalir keluar dari *crucible* menuju cetakan pengecoran yang sudah dipersiapkan.

5. KESIMPULAN

Dari hasil pemaparan bagian hasil dan pembahasan diatas, didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

- Alat memiliki panjang 610mm, lebar 400 mmtinggi sekitar 1200mm.
- Motor listrik yang digunakan memiliki putaran 200 – 1000 RPM
- *Crucible* terbuat dari material *stainless steel* dengan radius 80 mm dan tinggi 220 mm dengan

kapasitas akhir 11,94 kg atau melebihi kapasitas yang diharapkan yaitu 10 kg.

- *Stirrer* menggunakan 3 *blade* dengan ukuran diameter *blade* 80 mm dan tebal 16 mm yang dibuat dari material AISI 310.
- Pada alat dirancang saluran penuangan material komposit yang sudah terbentuk dengan menggunakan sistem mekanik dan juga sistem pegas.
- Penutup pada bagian saluran penuangan dibuat dari material AISI 310 yang memiliki *melting point* 1454 °C dengan diameter 40 mm dan tinggi 75 mm

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Lubis, A.S, Sulardjaka. 2014. Rancang Bangun Alat *Stir Casting* Menggunakan Metode *Pahl and Beitz* untuk Proses Pembuatan Komposit Matriks Aluminium. Semarang: Universitas Diponegoro.
- [2] Sekar, K., Allesu K., M.A. Joseph. 2013. *Design of a Stir Casting Machine*. India: National Institute of Technology.
- [3] Amith Kishor, Ashutosh Gupta, Jyotirmay Das. 2017. *Design and Fabrication of Stir Casting Machine*. Chennai, India : Veltech Dr.RR & Dr.SR University..
- [4] Qomarul Hadi. 2018. Pengaruh Pengadukan dengan Variasi *Simple Padle Blade* Terhadap Kehomogenan dan Sifat Mekanik Komposit Al-Fly-Ash dengan Metode *Stir Casting* Tanpa Pembasahan. Indralaya : Universitas Sriwijaya..
- [5] Sundari Ella. 2011. Rancang Bangun Dapur Peleburan Aluminium Bahan Bakar Gas. Palembang, Politeknik Negeri Sriwijaya.
- [6] Sahoo, Manabhanjan, Ivan Sunit Rout, Dipta Ranjan Patra. 2015. *Design and Fabrication of a stir casting Furnace Set-Up*. Bhubaneswar, India : C.V. Raman College of Engineering.
- [7] Sahu, M.K, Raj Kumar Sahu, 2018. Fabrication of Aluminum Matrix Composite by Stir Casting Technique and Stirring Process Parameters Optimization