

## RANCANG BANGUN ALAT *STIR CASTING* MENGGUNAKAN METODE PAHL AND BEITZ UNTUK PROSES PEMBUATAN KOMPOSIT MATRIKS ALUMINIUM

\*Ali Sakti Lubis<sup>1</sup>, Sulardjaka<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

\*E-mail: ali\_sakti\_lubis@yahoo.co.id

### Abstrak

Porositas yang terjadi pada komposit matriks aluminium merupakan suatu masalah terbesar dalam proses pembuatan komposit karena material keramik yang memiliki perbedaan densitas, titik lebur dan titik didih. Akan tetapi material logam lain seperti aluminium, tembaga, magnesium dan lainnya memiliki densitas, titik didih dan titik lebur yang rendah. Oleh karena itu pencampuran partikel keramik SiC sulit terjadi dengan material logam matriksnya. Penelitian ini merancang bangun alat *stir casting* yang terdiri dari *base stand*, *electrical box (temperatur controller)*, pin, penampang, pegangan *hydraulic (handle)*, poros penahan, motor, pulley motor, pengencang, pulley (*stirrer*), pengaduk, *belt*, bantalan, baut, *furnace*, *inverter*, dan cetakan. *Stir casting* dibuat menggunakan metode *Pahl and Beitz* yang terdiri penetapan kebutuhan, perancangan konsep, perancangan detail, dokumen pembuatan produk dan produksi awal. Setelah menyelesaikan pembuatan alat *stir casting*, penelitian ini fokus pada pengeoperasian alat untuk membuat komposit dan menghitung nilai porositas dari komposit tersebut.

**Kata kunci:** Komposit Matriks Aluminium (AMC), *Pahl and Beitz*, Porositas, *Stir Casting*

### Abstract

*Porosity in aluminium matrix composites is one of the greatest problem in manufacturing process because of ceramic materials have different density, melting point and boiling point. But other light materials like aluminium, copper and magnesium etc have less density of melting point and boiling point, so ceramic particle like SiC particle mixing is difficult to light material. This paper deals to devise up a solid model component of stir casting which include base stand, electrical box (temperature controller), pin, cross-section, hydraulic grip (handle), retaining shaft, the motor, the motor pulley, fasteners, pulleys (stirrer), stirrer, belts, bearings, bolts, furnace, inverter, and permanent mold casting. Stir casting was designed by using method of Pahl and Beitz which include clarifying the task, conceptual design, embodiment design, documentation and prototype. After finishing its stir casting, this paper deals to operate it to manufacture a composite and analysis the porosity of those composites.*

**Keywords:** Aluminium Matrix Composites (AMC), *Pahl and Beitz*, Porosit, *Stir Casting*,

### 1. Pendahuluan

Komposit dengan matrix logam atau MMCs (*Metal Matrix Composites*) adalah hasil rekayasa di bidang material, termasuk generasi baru dengan penguat berupa keramik berkekuatan tinggi yang ditambahkan dan diikat oleh *matrix* logam [1]. Penggunaan MMCs meningkat diberbagai sektor industri dengan parameter sifat mekanik material yang menyesuaikan kebutuhan industri masing-masing [2]. Karena kebutuhan material semakin meningkat maka diperlukan usaha-usaha baru untuk mengembangkannya.

Perkembangan produksi material MMCs juga mengalami hambatan seperti porositas yang tinggi [3]. Porositas terjadi karena terperangkapnya gelembung gas didalam cetakan sehingga mengakibatkan kegagalan pembuatan komposit seperti cacat coran *shrinkage* [4]. Untuk menurunkan tingkat kegagalan tersebut pembuatan komposit perlu memperhatikan desain mesin *casting* yang digunakan. Berdasarkan uji densitas pada spesimen yang dihasilkan melalui proses *stir casting* dapat diketahui nilai porositas yang ada [5].

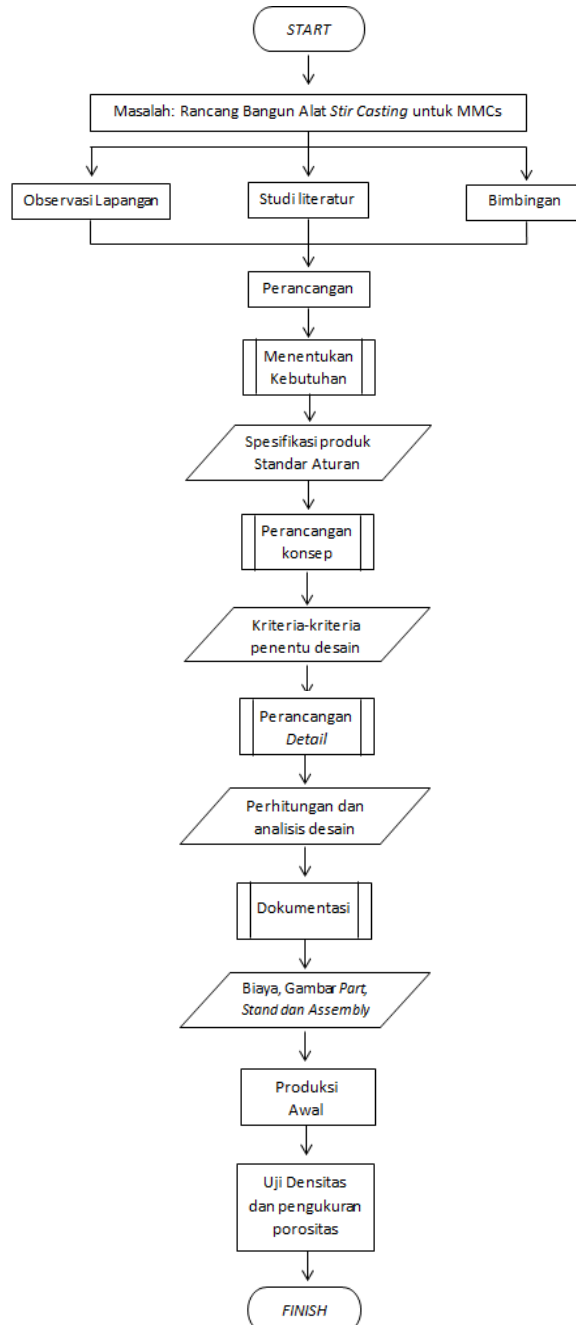
Metode *stir casting* merupakan metode fabrikasi fase cair logam dengan menggunakan sistem pengaduk mekanik. Rancang bangun mesin *stir casting* MMCs menggunakan metode *Pahl and Beitz* yaitu metode perancangan yang terdiri dari penentuan kebutuhan, perancangan konsep produk, perancangan detail dan dokumen pembuatan produk. Setelah semua konsep desain dipenuhi maka selanjutnya adalah pembuatan produk dalam bentuk prototip [6].

Prototip alat *stir casting* tersebut kemudian digunakan untuk memproduksi material MMCs dengan matriks aluminium. Setelah material komposit matriks aluminium diperoleh selanjutnya dilakukan pengujian densitas untuk

mengetahui nilai porositas material. Nilai porositas tersebut akan menunjukkan kemungkinan terjadinya cacat coran seperti *shrinkage* pada material yang diproduksi [7].

Kriteria teknis pada perancangan *detail* umumnya menentukan nilai-nilai terukur dari konsep terbaik. Nilai-nilai tersebut diperoleh dari perhitungan, analisis, konsultasi hingga justifikasi produk yang dipilih. Pada perancangan cetakan perlu mempertimbangkan tinggi penuangan, waktu penuangan, kecepatan tuang, sistem saluran tuang, volume penambah, efisiensi penggunaan bahan, densitas dan porositas [8]. Penelitian ini bertujuan untuk merancang alat *stir casting* dengan metode *Pahl and Beitz*, membuat alat *stir casting* matriks logam aluminium dan menguji densitas hasil proses *stir casting*.

## 2. Bahan dan Metode Penelitian



Gambar 1. Metode penelitian

Seperti ditunjukkan pada Gambar 1, penelitian ini meliputi perancangan dan pembuatan alat *stir casting* didasarkan pada pemilihan material komponen penyusun dengan metode *Pahl and Beitz* yang meliputi penentuan kebutuhan, perancangan konsep produk, perancangan detail dan dokumen pembuatan produk. Setelah semua konsep desain terpenuhi maka tahap akhir adalah pembuatan produk dalam bentuk prototip. Pemodelan komponen dan *assembly*

mesin *stir casting* dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Solid Work* dengan temperatur maksimum pengecoran 1050°C dan kecepatan *stirrer rod* maksimum 1200 rpm. Alat tersebut kemudian juga digunakan untuk pembuatan AMC yang kemudian diuji densitas untuk mengetahui porositas dari proses *stir casting*.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Alat *stir casting* tersebut menggunakan batang pengaduk untuk menghasilkan material MMCs dengan *ellectronic assembly* terhadap temperatur *furnace* dan kecepatan putar *stirrer rod*. Untuk membantu menyelesaikan permasalahan tersebut, studi literatur ke berbagai publikasi ilmiah, jurnal dan penelitian perlu dilakukan. Selain itu juga dikonsultasikan dengan pembimbing dan melakukan wawancara ke pihak terkait proses rancang bangun alat *stir casting*. Masalah ini terjadi karena penggunaan MMCs yang meningkat diberbagai sektor industri dengan parameter sifat mekanik material yang menyesuaikan kebutuhan industri masing-masing. Karena kebutuhan material semakin meningkat maka diperlukan usaha-usaha baru untuk mengembangkannya. Pengembangan material komposit umumnya dilakukan dengan metode pengecoran. Akan tetapi pada proses pengecoran sendiri juga mengalami beberapa hambatan seperti *wettability*, distribusi partikel yang *non-homogenous*, dan porositas yang tinggi.

Hal tersebut menjadi penyebab kegagalan dalam proses pembuatan komposit. Untuk menurunkan tingkat kegagalan tersebut pembuatan komposit perlu memperhatikan desain alat *casting* yang digunakan. *Stir casting* diketahui dapat menurunkan faktor kegagalan tersebut. Metode *stir casting* pada dasarnya sama dengan metode pengecoran lain yang melebur dua atau lebih logam menjadi fase cair kemudian mencetaknya dalam cetakan (*die casting*). Akan tetapi alat *stir casting* menggunakan *stirrer rod* (batang pengaduk). Melalui *stirrer rod*, *blade* akan mengaduk komposit cair tersebut untuk membuat distribusi partikel material menyatu sehingga *wettability* dan porositas nya menurun.

Melalui konsep tersebut, alat *stir casting* ini dirancang dengan menggunakan metode *Pahl and Beitz*. Metode *Pahl and Beitz* ditentukan dari penentuan kebutuhan. Kebutuhan dalam proses rancang bangun *stir casting* berisi spesifikasi produk seperti dimensi, kapasitas, lingkungan dan harga yang diharapkan. Selain spesifikasi produk, aturan standar yang digunakan juga harus dipertimbangkan seperti hubungan pemilihan material dari sifat mekanik dan fisis yang digunakan dengan fungsi yang diharapkan.

Penyesuaian sifat mekanik dan fisis material dilakukan terhadap semua stand pada alat *stir casting* yaitu terhadap *furnace stand*, *hydraulic system stand*, *stirrer assembly stand*, dan *electronic assembly stand*. Penyesuaian tersebut diperlukan dalam menentukan jenis material rancangan pada *furnace stand* seperti titik lebur material *furnace* dan *stirrer rod* yang harus lebih tinggi dibanding material MMCs yang akan di *casting*. Jika tidak dikhawatirkan akan terjadi peleburan pada *stirrer rod* atau *furnace*. *Heater vessel* dalam *furnace* juga akan diinduksi temperatur tinggi (maksimum 1050 °C) untuk melebur logam sehingga keamanan operator disekitar *furnace* juga dijadikan pertimbangan sehingga perlu dilapisi induktor panas yang mengelilingi *furnace* seperti batu tahan api.

*Hydraulic system stand* yang dibuat mempertimbangkan waktu dan arah guna mencegah distribusi partikel yang *non homogenous* dan menurunkan porositas komposit. Hasil akan lebih maksimal apabila arah dibuat vertikal atau tegak lurus *stand* dengan waktu maksimal 40 detik menuju titik mati atas dari titik mati bawah *hydraulic*.

*Stirrer assembly stand* dibentuk mempertimbangkan daya dan kecepatan putar yang dari motor terhadap *stirrer rod*. Putaran *stirrer rod* ini juga akan dipengaruhi oleh reduksi yang terjadi saat proses berlangsung sehingga untuk mencapai kecepatan maksimal pemutaran diperlukan *inverter* untuk menjaga kestabilan kecepatan putar *stirred rod*. *Electronic assembly stand* disusun harus pada posisi yang lebih tinggi dari bagian-bagian lain di alat *stir casting* guna menjaga keamanan penggunaan elektronik oleh operator. *Electronic assembly* harus dibuat menyesuaikan keperluan *furnace* dan kecepatan putar. Faktor ini akan mempengaruhi pemilihan *electronic controller* yang digunakan. Pada *furnace* misalnya mode pengaturan suhu harus dapat disesuaikan dan diatur dengan selisih yang tidak terlalu jauh dari temperatur aktual *casting* yang harus dicapai. Atau pada contoh lain yaitu mode pengatur kecepatan *stirrer rod* yang dapat diatur tetap dan dipercepat sesuai kebutuhan.

Tahap akhir dari desain *stand* yaitu cetakan. Cetakan juga harus mempertimbangkan tinggi penuangan, waktu tuang, kecepatan tuang, sistem saluran tuang, volume penambah dan efisiensi penggunaan bahan material yang digunakan. Cetakan tidak memerlukan induksi panas untuk menghindari dampak negatif dari temperatur tuang yang terlalu menurun terhadap densitas, porositas dan kekerasan material yang dihasilkan.

Setelah penentuan kebutuhan terpenuhi maka langkah selanjutnya dalam rancang bangun alat *stir casting* yaitu perancangan konsep. Perancangan konsep terdiri dari faktor-faktor seperti kontrol temperatur yang baik, proses pembuatan alat, kebutuhan tempat, operator, bahan baku, bahan standar dan perawatan. Kontrol temperatur akan diberikan toleransi 100 °C antara temperatur aktual dan temperatur terbaca pada alat. Jumlah proses permesinan yang semakin sedikit akan semakin mempercepat proses rancang bangun alat. Hal ini berarti bahwa semakin sedikit tahap yang dilewati akan mengoptimalkan waktu pembuatan alat.

Alat yang dibuat juga harus mempertimbangkan faktor keterbutuhan tempat. Semakin besar alat yang dibuat akan menyebabkan semakin luas pula tempat yang dibutuhkan untuk mengoperasikan alat. Hal itu tentu berdampak pada kinerja operator. Selain keterbutuhan tempat, jumlah operator saat mengoperasikan alat juga harus dijadikan pertimbangan. Semakin sedikit operator yang dibutuhkan maka semakin mudah alat tersebut dioperasikan.

Perancangan ini juga mempertimbangkan penggunaan bahan baku dan bahan standar untuk menentukan penilaian terhadap konsep yang akan dibuat. Semakin sedikit bahan baku dan standar yang digunakan maka penilaian akan semakin tinggi. Oleh karena itu penggunaan bahan baku dan standar akan ditekan seminim mungkin.

Setelah alat berfungsi baik tentu jenis perawatan alat harus dapat semudah mungkin dilakukan dengan menekan jumlah jenis perawatan yang dibutuhkan. Perawatan dilakukan untuk mempertahankan kondisi dan kualitas alat agar tetap berfungsi dengan baik. Perawatan terdiri dari pelumasan, penyetulan, pengencangan dan perbaikan. Semakin sedikit jenis perawatan yang dibutuhkan berarti semakin kecil kemungkinan kerusakan yang dapat terjadi setelah alat mampu beroperasi.

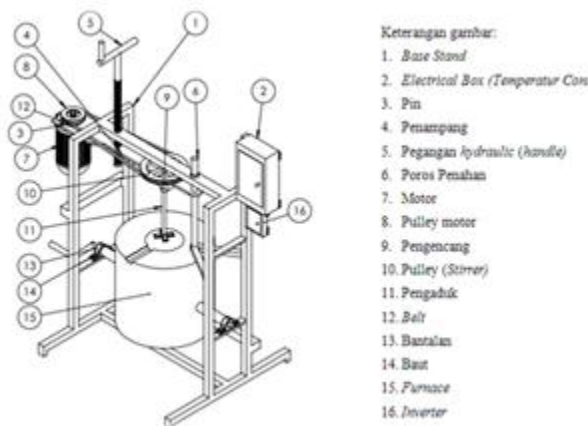
Tahap ketiga dari metode *pahl and beitz* yaitu perancangan detail dimensi bagian-bagian alat dan analisis desain yang dibuat disertai perhitungan volume yang akan dihasilkan ditinjau dari hubungan dimensi *heater vessel* dan cetakan. Hal tersebut dilakukan untuk menurunkan kemungkinan kegagalan kerja yang terjadi saat alat beroperasi. Oleh karena itu desain *heater vessel* harus menyesuaikan volume material yang dibutuhkan cetakan sehingga material yang dihasilkan dapat menyesuaikan bentuk yang diharapkan.

Dokumen pembuatan produk harus memenuhi beberapa faktor seperti susunan komponen produk, bentuk, dimensi, dan material dari setiap komponen produk dan perkiraan biaya yang dibutuhkan. Bagian-bagian dari *stir casting* yaitu *furnace stand*, *hydraulic system stand*, *stirrer assembly stand*, dan *electronic assembly stand* yang digambarkan 3D menggunakan perangkat lunak *solid works* sehingga akan mempermudah proses pembuatan alat sebagai acuan kesesuaian desain dan alat yang telah dibuat.

Kontrol semacam ini perlu untuk menghindari atau menurunkan faktor ketidaksesuaian antara desain dan alat yang dibuat. Selain penggambaran desain, biaya pembuatan produk juga akan dijabarkan berdasarkan pengeluaran biaya pembuatan dari pembelian material hingga alat *stir casting* selesai dibuat. Setelah semua konsep desain terpenuhi maka tahap akhir adalah pembuatan produk dalam bentuk prototype.

Cara menggunakan alat *stir casting* ini ditunjukkan dalam contoh pembuatan metal *matrix composites* dengan bahan dasar Al-Mg-SiC-TiB. Material komposit Al-Mg-SiC-TiB yang dihasilkan kemudian diukur densitas terukur dan teoritis untuk mengetahui porositas. Nilai porositas komposit Al-Mg-SiC-TiB menggunakan alat *stir casting* semakin ke dasar cetakan maka akan semakin tinggi pula porositasnya akan tetapi masih pada batas toleransi yang diizinkan.

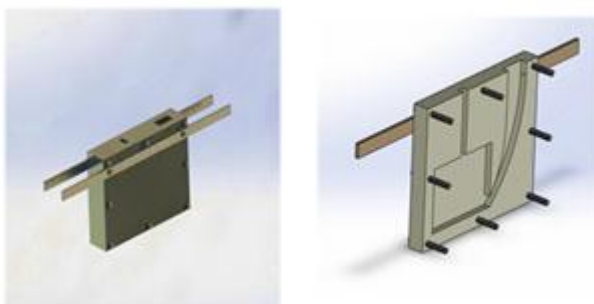
Pembuatan alat ditunjukkan pada Gambar 2 dalam bentuk 2D, Gambar 3 dalam bentuk 3D sedangkan cetakan dalam 2D (Gambar 4) dan 3D (Gambar 4). Untuk material komposit Al-Mg-SiC-TiB ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 2. Assembly 2D alat stir casting



Gambar 3. Assembly 3D alat stir casting



Gambar 4. Cetakan dalam 3D



Gambar 5. Material komposit Al-Mg-SiC-TiB

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan analisa yang telah dilakukan dalam pengujian ini, dapat disimpulkan bahwa :

1. Komponen utama penyusun *stir casting* memiliki bahan *mild steel* kecuali *heater vessel* dan *stirrer rod* dengan bahan *310 steel*. Temperatur maksimum pengecoran sebesar  $1050^{\circ}\text{C}$  dan kecepatan putar maksimum *stirrer rod* 1200 rpm. Tinggi penuangan sebesar 9,9 cm, waktu tuang 1,54 second, kecepatan tuang 545 g/second, sistem saluran tuang terdiri dari saluran masuk dan saluran turun dengan besaran luas, volume dan massa berturut turut sebesar (1,43 cm<sup>2</sup> dan 1,99 cm<sup>2</sup>), (12, 844 cm<sup>3</sup> dan 17, 982 cm<sup>3</sup>) dan (35,2 gram dan 131,029 gram) sedangkan nilai penyusutan coran sebesar 7% dengan volume penambah sebesar 131,029 cm<sup>3</sup> dan efisiensi penggunaan bahan sebesar 73,03%
2. Alat *stir casting* dibuat berukuran 1m<sup>2</sup> dengan 17 komponen penyusun meliputi *base stand*, *electrical box (temperatur controller)*, pin, penampang, pegangan *hydraulic (handle)*, poros penahan, motor, pulley motor, pengencang, pulley (*stirrer*), pengaduk, *belt*, bantalan, baut, *furnace*, *inverter*, dan cetakan dengan biaya perancangan sebesar Rp 10.405.000,00.
3. Massa jenis material Al-Mg-SiC-TiB teoritis sebesar 2,739 gr/cm<sup>3</sup> dan terukur sebesar 2,665 gr/cm<sup>3</sup> dengan porositas sebesar 2,695%.

#### 5. Daftar Pustaka

- [1] Sahin, 1996, *The Effect of Fibre Orientation of The Dry Sliding Wear of Borsic Reinforced 2014 Aluminium Alloy*, S. Mater Sci, 34 (1996) 5399-5407.
- [2] Akiniwa, 2006, *Evaluation of material properties of SiC particle reinforced aluminum alloy composite using neutron and X-ray diffraction*, Materials Science and Engineering A 437 93–99.
- [3] Jasmi, H, 1999, *The production of metal matrix composites using the stir casting technique*, Dublin city university, Ireland.
- [4] Sekar, 2013, *Design of stir casting machine*. American international journal of research in science, technology, engineering and mathematics 13-214 hal 56-61.
- [5] Rahmat, A, 2008, *Tahapan Perancangan*, Politeknik Bandung, Bandung.
- [6] Hermanto, S, 2012, *pengaruh tekanan pada proses HPDC terhadap porositas dengan material ADC 12*, Politeknik Negeri Semarang, Semarang.
- [7] Subhakanta, 2009, *Fabrication and characterisation of aluminium-fly ash composite using stir casting method*, National institute of technology rourkela, India.
- [8] Hastono, R, 1992, *Teknologi Cor Gravity Teori Dasar dan Aplikasi*, Jakarta.