

**PENGARUH WAKTU PENGADUKAN Al-Mg-Si CAIR DENGAN  
TUNGKU INDUKSI TERHADAP DENSITAS PRODUK CORAN DAN  
FLUIDITAS**

**SKRIPSI**

**TEKNIK MESIN KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**AGA SHERY PRAMANA**

**NIM. 135060201111057**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**MALANG**

**2017**



**LEMBAR PENGESAHAN**  
**PENGARUH WAKTU PENGADUKAN AL-Mg-Si CAIR DENGAN**  
**TUNGKU INDUKSI TERHADAP DENSITAS PRODUK CORAN DAN**  
**FLUIDITAS**

**SKRIPSI**

**TEKNIK MESIN KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**AGA SHERY PRAMANA**

**NIM. 135060201111057**

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing  
pada tanggal 9 Agustus 2017

Dosen Pembimbing I

Dr. Ir. Wahyono Suprpto, MT.Met.  
NIP. 19551117 198601 1 001

Dosen Pembimbing II

Dr. Femiana Gapsari M F, ST., MT.  
NIP. 19820704 200812 2 002



Mengetahui,  
Ketua Program Studi S1

Dr. Eng. Widya Wijayanti, ST., MT.  
NIP. 19750802 199903 2 002

## PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelurusan berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya, tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 9 Agustus 2017

Mahasiswa,



Aga Shery Pramana  
NIM. 135060201111057

**JUDUL SKRIPSI:**

**PENGARUH WAKTU PENGADUKAN AI-Mg-Si CAIR DENGAN TUNGKU  
INDUKSI TERHADAP DENSITAS PRODUK CORAN DAN FLUIDITAS**

**Nama Mahasiswa : Aga Shery Pramana**

**NIM : 135060201111057**

**Program Studi : Teknik Mesin**

**Konsentrasi : Teknik Produksi**

**KOMISI PEMBIMBING:**

**Dosen Pembimbing I : Dr. Ir. Wahyono Suprpto, MT.Met.**

**Dosen Pembimbing II : Dr. Femiana Gapsari M F, ST., MT.**

**TIM DOSEN PENGUJI:**

**Dosen Penguji I : Prof.Dr.Ir. Rudy Soenoko, M.Eng., Sc.**

**Dosen Penguji II : Dr. Eng. Moch. Agus Choiron, ST., MT.**

**Dosen Penguji III : Dr. Eng. Widya Wijayanti, ST., MT.**

**Tanggal Ujian : 27 Juli 2017**

**SK Penguji : 920/UN10.6/SK/2017**



*Teriring Ucapan Terima Kasih kepada:  
Ayahanda dan Ibunda Tercinta*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan rahmat, hidayah dan karunia-Nya yang telah diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Pengaruh Waktu Pengadukan Al-Mg-Si Cair Dengan Tungku Induksi Terhadap Densitas Produk Coran dan Fluiditas”** dengan baik.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini dapat terselesaikan berkat bantuan, petunjuk dan bimbingan dari berbagai pihak dalam proses penyelesaian skripsi ini dengan baik. Oleh karena itu, dalam kesempatan kali ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini:

1. Bapak Dr. Eng. Nurkholis Hamidi, ST., M.Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang
2. Bapak Purnami, ST., MT. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang
3. Ibu Dr. Eng. Widya Wijayanti, ST., MT. selaku Ketua Program Studi S1 Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang.
4. Bapak Dr. Ir. Wahyono Suprpto, MT.Met selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan motivasi, bimbingan dan arahan demi kesempurnaan penulisan skripsi.
5. Ibu Dr. Femiana Gapsari, ST., MT selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
6. Seluruh Dosen Pengajar Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang yang telah memberikan banyak ilmu pengetahuan yang sangat mendukung selama penyusunan skripsi.
7. Kedua orang tua yang telah mendukung moril maupun materil sampai sekarang ini.
8. Adik tercinta, Firman Shery Prasetyo dan Rizal Shery Prayoga yang senantiasa selalu mendoakan dan memotivasi penulis.
9. Bangun Setyo Pamungkas, Fadio Romanza Putra, dan Rifaldi Mauliansyah selaku partner seperjuangan yang membantu dalam menyelesaikan pengerjaan skripsi ini.
10. Laboratorium  $\alpha\beta\gamma$  yang telah berkontribusi selama proses penelitian.
11. Seluruh teman-teman mahasiswa mesin angkatan 2013 (M'13) yang telah memberikan banyak masukan dan bantuan kepada penulis.
12. Seluruh teman-teman “CALON ST” yang senantiasa selalu mendoakan dan memotivasi penulis.

13. Semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini, yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu.

Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk dapat digunakan sebagai perbaikan karena penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Akhir kata, penulis berharap agar skripsi ini dapat berguna bagi kita semua sehingga dapat menjadi acuan untuk penelitian lebih lanjut demi kemajuan kita bersama.

Malang, Agustus 2017

Penulis



## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	i
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	v
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	vii
<b>RINGKASAN</b> .....	ix
<b>SUMMARY</b> .....	x
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Penelitian Sebelumnya .....	5
2.2 Alumunium .....	6
2.3 Paduan Alumunium .....	7
2.3.1 Paduan Al-Mg-Si .....	8
2.4 Pengecoran Logam .....	9
2.5 <i>Semi Solid Casting</i> .....	10
2.5.1 <i>Semi Solid Rheocasting</i> .....	11
2.5.2 <i>Low Pouring Temperature</i> .....	11
2.5.3 <i>Solidification</i> .....	12
2.5.4 Parameter Proses <i>Rheocasting</i> .....	15
2.6 Kualitas Produk Coran .....	16
2.7 Fluiditas .....	17
2.8 <i>Density</i> .....	20
2.9 Hipotesis .....	20
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
3.1 Metode Penelitian .....	23



3.2 Tempat dan Waktu Penelitian .....	23
3.3 Variabel Penelitian .....	23
3.3.1 Variabel Bebas .....	23
3.3.2 Variabel Terikat .....	23
3.3.3 Variabel Terkontrol .....	24
3.4 Alat dan Bahan Penelitian .....	24
3.4.1 Alat .....	24
3.4.2 Bahan .....	27
3.5 Desain Cetakan.....	27
3.5.1 Alat Uji Fluiditas .....	27
3.5.2 Desain Benda Kerja .....	28
3.6 Prosedur Penelitian.....	28
3.6.1 Pembuatan Spesimen .....	28
3.6.2 Prosedur Uji Piknometri .....	29
3.6.3 Prosedur Uji Fluiditas .....	29
3.7 Rancangan Hasil Penelitian.....	30
3.8 Diagram Alir Penelitian .....	31
3.8.1 Pembuatan Spesimen .....	31
3.8.2 Pengujian Fluiditas.....	32
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Data Hasil Pengujian Fluiditas.....	33
4.2 Data Hasil Pengujian Densitas Produk Coran.....	33
4.3 Pembahasan .....	35
4.3.1 Hasil Uji Fluiditas .....	35
4.3.2 Hasil Uji Densitas .....	37
4.3.3 Hasil Uji Mikrostruktur .....	38
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan .....	39
5.2 Saran.....	39
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Sifat-sifat Fisik Alumunium .....	6
Tabel 2.2	Sifat Mekanik Alumunium .....	7
Tabel 2.3	Sistem Penamaan Alumunium dan Paduannya .....	8
Tabel 3.1	Rancangan Tabel Hasil Penelitian Fluiditas .....	30
Tabel 3.2	Rancangan Tabel Hasil Penelitian Densitas .....	30
Tabel 4.1	Hasil Pengujian Fluiditas Al-Mg-Si pada Proses <i>Rheocasting</i> .....	33
Tabel 4.2	Hasil Pengujian Piknometri dan Nilai <i>Apparent Density</i> .....	34



## DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Mikrostruktur Al-7,1%Si dengan proses <i>semi solid rheocasting</i> pada kecepatan pengadukan (a) 100 rpm dan (b) 1500 rpm. ....	5
Gambar 2.2	Diagram Fase Al-Mg-Si.....	9
Gambar 2.3	Skema Proses <i>Semi-Solid Metal</i> (SSM).....	10
Gambar 2.4	Proses <i>Semi-Solid Rheocasting</i> .....	11
Gambar 2.5	Proses Pembentukan Butir.....	12
Gambar 2.6	Macam-macam daerah pembekuan.....	13
Gambar 2.7	Proses terlepasnya lengan dendrit.....	14
Gambar 2.8	<i>Plane Interface Method</i> .....	14
Gambar 2.9	<i>Jagged Interface Method</i> .....	15
Gambar 2.10	<i>Independent Crystallization Method</i> .....	15
Gambar 2.11	Pengaruh Kecepatan Putar terhadap Ukuran Partikel.....	16
Gambar 2.12	Foto mikrostruktur a). Tanpa diaduk b.) 750 rpm c). 1000 rpm.....	16
Gambar 2.13	Contoh Alat Pengujian Spiral.....	18
Gambar 2.14	Contoh Alat Pengujian <i>Vacum</i> .....	19
Gambar 2.15	Contoh Alat <i>Fluidity Strip Test Piece</i> .....	19
Gambar 3.1	Tungku Peleburan.....	24
Gambar 3.2	Timbangan Elektrik.....	25
Gambar 3.3	<i>Thermogun</i> .....	25
Gambar 3.4	<i>Stopwatch</i> .....	25
Gambar 3.5	Alat Pengaduk.....	26
Gambar 3.6	Cetakan <i>Pulley</i> .....	26
Gambar 3.7	Alat Uji Piknometri.....	27
Gambar 3.8	<i>Ingot Al-Mg-Si</i> .....	27
Gambar 3.9	Alat Uji Fluiditas.....	28
Gambar 3.10	Dimensi <i>Pulley</i> .....	28
Gambar 3.11	Diagram Alir Pembuatan Spesimen ( <i>Pulley</i> ).....	31
Gambar 3.12	Diagram Alir Pengujian Fluiditas.....	32
Gambar 4.1	Hasil Uji Fluiditas a). 10 detik b). 20 detik c). 40 detik d). 60 deti.....	35

Gambar 4.2 Hubungan Waktu Pengadukan dengan Fluiditas Al-Mg-Si Hasil Proses Rheocasting.....36

Gambar 4.3 Hubungan Waktu Pengadukan dengan Densitas Produk Coran ..... 37

Gambar 4.4 Hasil Foto Mikrostruktur Spesimen dengan Perbesaran 400x.....38



## DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul
Lampiran 1	Desain <i>Pulley</i>
Lampiran 2	Desain Alat Uji Fluiditas (Plate 1)
Lampiran 3	Desain Alat Uji Fluiditas (Plate 2)
Lampiran 4	Foto Hasil Pengecoran Spesimen <i>Pulley</i>
Lampiran 5	Hasil Uji Komposisi



## RINGKASAN

**Aga Shery Pramana**, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juli 2017, *Pengaruh Waktu Pengadukan Al-Mg-Si Cair Dengan Tungku Induksi Terhadap Densitas Produk Coran Dan Fluiditas*, Dosen Pembimbing : Wahyono Suprpto dan Femiana Gapsari.

Pengecoran logam merupakan salah satu proses manufaktur yang sering digunakan untuk membuat sebuah produk berbahan dasar logam. Namun hingga saat ini proses pengecoran logam masih memiliki beberapa kendala. Salah satunya masih adanya cacat pada produk corannya yaitu berupa porositas. Sehingga muncul sebuah gagasan untuk mengurangi terjadinya cacat pada produk coran yaitu *semisolid rheocasting*. Proses ini memanfaatkan fase antara fase cair dan fase padat dari logam. *Semisolid Rheocasting* adalah proses pengecoran dimana logam yang telah dicairkan kemudian didinginkan dengan bantuan proses pengadukan hingga keadaan *semisolid* kemudian dituangkan kedalam cetakan. Sehingga dengan dilakukannya pengecoran dengan metode ini akan menghasilkan struktur butir yang globular.

Pada penelitian ini, dilakukan penelitian tentang pengaruh waktu pengadukan Al-Mg-Si cair terhadap densitas produk coran dan fluiditas. Dilakukannya penelitian ini karena pada penelitian-penelitian sebelumnya hanya meneliti tentang pengaruh kecepatan pengadukan. Pada penelitian ini digunakan empat variasi waktu pengadukan yaitu 10 detik, 20 detik, 40 detik, dan 60 detik untuk mengetahui pengaruhnya terhadap densitas produk coran dan fluiditas.

Hasil dari penelitian ini adalah variasi waktu pengadukan memiliki pengaruh terhadap densitas produk coran dan fluiditas. Dengan bertambahnya waktu pengadukan akan menghasilkan struktur butir yang *globular* dan lebih kecil. Sehingga logam akan lebih mudah mengalir mengisi rongga cetak karena hambatan alirnya semakin kecil dan meningkatkan fluiditasnya. Dari penelitian ini didapat nilai fluiditas tertinggi terjadi pada waktu pengadukan 60 detik dengan besar 6,3 cm. Sedangkan nilai fluiditas yang terendah terjadi pada waktu pengadukan 10 detik dengan besar 0,128 mm. Selain itu dengan struktur butir yang lebih *globular* dan lebih kecil akan membuat butir ini lebih mudah mengisi rongga yang kosong sehingga tidak terdapat udara yang terjebak dan meningkatkan densitas produk coran. Pada penelitian ini di dapat nilai densitas tertinggi sebesar 2,56 gr/cm<sup>3</sup> pada pengadukan 60 detik. Nilai densitas terendah terdapat pada pengadukan 10 detik yaitu 2,50 gr/cm<sup>3</sup>.

**Kata Kunci:** *Semisolid Rheocasting*, Al-Mg-Si, Fluiditas, Densitas.

## SUMMARY

**Aga Shery Pramana**, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, July 2017, *The Effect of Stirring Time on Melting Al-Mg-Si Used Induction Furnace to Density of Casting Product and Fluidity*, Academic Supervisor: Wahyono Suprpto and Femiana Gapsari.

*Metal casting is one of the most frequently manufacturing processes used for making a metal-based product. But until now this process still has some constraints. But there is still a defect in the product castings that is porosity. So came an idea to reduce the occurrence of defects in casting products that is semisolid rheocasting. This process take advantages the phase between the liquid phase and the solid phase of the metal. Semisolid rheocasting is a casting process where the melted metal is cooled with the help of the stirring process until the semisolid state then poured into the mold. So with this casting method will produce a globular grain structure.*

*In this research, discussed the effect of stirring time Al-Mg-Si liquid on density of casting products and fluidity. This research is done because in previous research only examined about the effect of speed of stirring. In this research used four variations of stirring time 10 seconds, 20 seconds, 40 seconds, and 60 seconds to know the effect on the density of casting products and fluidity.*

*The result of this research is the variation of stirring time has influence to density of casting product and fluidity. With increasing stirring time will result a smaller globular grain structure. So the metal will more easily flow fill the cavity because of the smaller flow resistance and will increase the fluidity. From this research obtained the highest fluidity value occurred at 60 seconds stirring time with a value of 6.3 cm. While the lowest fluidity occurred at 10 seconds stirring time with a value of 0.128 mm. In addition, with grain structures are more globular and smaller will make this grain easier to fill the empty cavity so that no trapped air and increase the density of the casting product. In this study obtained the highest density value found in 60 seconds stirring with a value 2.56 gr/cm<sup>3</sup>. The lowest density value is found in stirring 10 seconds with a value 2.50 gr/cm<sup>3</sup>.*

**Keyword:** *Semisolid Rheocasting, Al-Mg-Si, Fluidity, Density*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dengan berkembangnya ilmu pengetahuan pada bidang teknologi maka semakin berkembang pula industri manufaktur di dunia. Berkembangnya ilmu tersebut didasari pada adanya peningkatan akan permintaan sebuah produk, salah satunya yaitu pada industri pengecoran logam. Pengecoran logam merupakan proses mencairkan sebuah logam dalam tungku peleburan yang kemudian akan dituangkan kedalam cetakan (Heine, 1990). Dalam hal ini material yang sering digunakan adalah alumunium. Karena alumunium memiliki titik lebur yang rendah dan memiliki konduktivitas termal yang tinggi. Selain itu alumunium juga menempati posisi kedua dalam urutan material yang penting dalam dunia *engineering*. Alumunium mempunyai sifat yang mudah dibentuk, densitasnya rendah, tahan aus, ketahanan korosi yang baik dan mudah untuk melakukan proses pengecorannya (Surdia dan Chijiwa, 1999).

Namun proses pengecoran yang dilakukan selama ini masih memiliki kendala, yaitu masih banyak terjadinya cacat pada produk coran. Dalam prosesnya, penuangan alumunium pada proses pengecoran logam sering terjadi cacat, bisa berupa cacat penyusutan ataupun cacat rongga (Tiwan, 2007). Salah satu parameter produk coran yang berkualitas adalah sedikitnya cacat yang terdapat pada produk coran. Sehingga munculah satu alternatif untuk mengurangi cacat pada proses pengecoran logam yaitu dengan pengecoran *semisolid*.

Proses pengecoran *semisolid* dapat dikategorikan menjadi dua metode, yaitu *rheocasting* dan *thixocasting*. *Rheocasting* adalah proses pengecoran dimana logam yang telah dicairkan kemudian didinginkan hingga keadaan *semisolid* kemudian dituangkan kedalam cetakan. Sedangkan *thixocasting* merupakan proses dimana logam dipanaskan hingga temperatur diantara *solidus* dan *liquidus* sehingga menjadi *semisolid*, kemudian logam tersebut dituangkan untuk dicetak.

Keunggulan dari penggunaan metode pengecoran *semisolid* yaitu dengan proses peleburan alumunium yang tidak sampai fase *liquid* maka energi dan biaya yang dibutuhkan tidak terlalu banyak (Ivanchev. et al, 2008). Selain itu dengan proses pemanasan yang tidak sampai pada fase *liquid*, maka tidak ada udara yang akan terjebak dan tidak adanya kotoran

2 yang akan masuk dalam cairan (Tiwan, 2007). Namun dalam proses pengecoran *semisolid* ini memiliki kekurangan yaitu fluiditasnya yang lebih rendah dibandingkan logam dengan proses pengecoran tradisional.

Salah satu parameter yang mempengaruhi baiknya kualitas produk coran adalah fluiditas logam cair dan densitas produk coran. Densitas merupakan ukuran antara massa per satuan volume benda. Sedangkan fluiditas merupakan kemampuan logam cair untuk mengisi rongga cetakan, mengalir melalui saluran untuk membentuk bagian sesuai dengan permukaan benda yang dibuat hingga terjadi *solidification*. Fluiditas dapat mempengaruhi hasil coran memiliki kualitas yang bagus dan tidak. Dengan dilakukannya proses *rheocasting* butir yang terbentuk diharapkan akan berbentuk *globular* dan lebih kecil sehingga hambatan alir logam cair akan berkurang dan dapat meningkatkan fluiditas dari logam cair dan membuat densitas produk semakin tinggi.

Dari penjelasan diatas, maka akan dilakukan penelitian tentang pengaruh lama pengadukan alumunium pada proses pengecoran *semisolid rheocasting* terhadap densitas produk coran dan fluiditas. Nantinya dengan dilakukannya penelitian ini diharapkan dapat menambah referensi dalam bidang pengecoran agar bisa menghasilkan produk coran yang berkualitas.

### 1.2 Rumusan masalah

Rumusan masalah yang ada dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh waktu pengadukan alumunium pada pengecoran *semisolid* terhadap densitas produk coran dan fluiditas.

### 1.3 Batasan masalah

Agar pembahasan dalam penelitian ini tidak terlalu melebar maka perlu adanya batasan masalah, yaitu :

1. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Al-Mg-Si.
2. Proses pengecoran yang digunakan yaitu proses *semi solid rheocasting*.
3. Batang pengaduk tidak diberikan *preheating*.
4. Batang pengaduk terbuat dari *stainless steel*.
5. Suhu sekitar dianggap tidak berpengaruh.
6. Kecepatan penuangan dianggap sama.

#### 1.4 Tujuan penelitian

Adapun tujuan dari dilakukannya penelitian ini yaitu :

1. Untuk mengetahui pengaruh waktu pengadukan terhadap densitas produk coran.
2. Untuk mengetahui pengaruh waktu pengadukan terhadap fluiditas logam.

#### 1.5 Manfaat

Dengan dilakukannya penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat, yaitu :

1. Dapat menjadi alternatif dalam proses pengecoran logam untuk menghasilkan produk coran yang berkualitas.
2. Menambah wawasan kepada pembaca khususnya pada bidang pengecoran logam dengan metode *semisolid*.





## BAB II

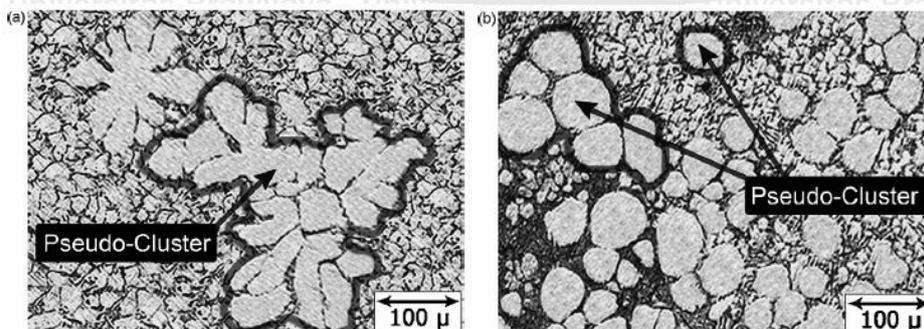
### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Sebelumnya

Sumanth et al (1999) dalam penelitiannya yang berjudul, “*Fluidity Testing On Al-Si-Mg Cast Alloys*” menjelaskan bahwa fluiditas logam Al-Si-Mg meningkat seiring dengan bertambahnya temperatur peleburan, *preheating* pada cetakan, dan komposisi *silicon*. Dan juga didapatkan suhu tuang yang dibutuhkan untuk mendapatkan fluiditas yang baik yaitu 800 – 850°C. Kandungan *silicon* pada logam paduan meningkatkan tegangan permukaan sehingga menimbulkan ketahanan retak yang baik pada aliran logam ketika memasuki saluran.

Sabatino dan Arnberg (2005) dalam penelitiannya menyatakan bahwa : (1) fluiditas logam murni dan logam *eutectics* lebih tinggi daripada logam paduan, karena kandungan Fe pada paduan alumunium secara signifikan menurunkan fluiditas. (2) fluiditas meningkat seiring dengan meningkatnya suhu peleburan *superheat*. (3) inklusi gas oksida dapat menurunkan fluiditas, terutama pada suhu penuangan yang rendah.

Mirzadeh dan Niroumand (2009) dalam penelitiannya tentang fluiditas dari Al-Si *semisolid slurry* pada proses *rheocasting* menjelaskan bahwa, fluiditas Al-7,1% Si meningkat seiring dengan peningkatan kecepatan pengadukan pada proses *semisolid slurry*. Hal ini dikarenakan kecepatan pengadukan yang tinggi menyebabkan hambatan alir rendah karena proses pengadukan menghasilkan bentuk *pseudo-cluster* yang lebih globular dan kecil.



Gambar 2.1 Mikrostruktur Al-7,1%Si dengan proses *semi solid rheocasting* pada kecepatan pengadukan (a) 100 rpm dan (b) 1500 rpm.

Sumber : Mirzadeh dan Niroumand (2009, p5)

Dari penelitian sebelumnya dapat disimpulkan bahwa peningkatan kecepatan pengadukan pada proses *semisolid rheocasting* akan meningkatkan fluiditas. Namun kurangnya dari penelitian-penelitian sebelumnya adalah tidak membahas tentang hubungan antara waktu pengadukan terhadap fluiditas dan densitas sehingga menjadikan alasan mengapa dilakukannya penelitian ini.

## 2.2 Alumunium

Alumunium merupakan logam *non ferro* yang paling sering digunakan dalam dunia manufaktur. Alumunium pertama kali ditemukan oleh Sir Humphrey Davy pada tahun 1809 (Surdia dan Saito, 1999). Alumunium dapat diperoleh dengan dua cara yaitu dengan memproses biji bauksit ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) yang merupakan bahan baku pembuatan alumunium atau dengan cara melakukan peleburan ulang pada sisa produksi alumunium (alumunium sekrap).

Alumunium banyak digunakan dalam industri manufaktur karena terkenal dengan logam yang ringan dengan massa jenis  $2,7 \text{ gram/cm}^3$ . Selain itu alumunium juga memiliki ketahanan korosi yang baik, ketahanan aus yang baik dan mampu cor.

Tabel 2.1  
Sifat-sifat Fisik Alumunium

Sifat-sifat	Kemurnian Al (%)	
	99,996	>99,0
Massa Jenis ( $20^\circ$ )	2,6989	2,71
Titik Cair	660,2	653-657
Panas Jenis (cal/g $^\circ\text{C}$ ) ( $100^\circ\text{C}$ )	0,2226	0,2297
Hantaran Listrik (%)	64,94	59 (dianil)
Tahanan Listrik Koefisien Temperatur ( $^\circ\text{C}$ )	0,00429	0,0115
Koefisien pemuaian (20- $100^\circ\text{C}$ )	$23,86 \times 10^{-6}$	$23,5 \times 10^{-6}$
Jenis kristal, konstanta kisi	<i>Fcc</i> , $a = 4,013 \text{ kX}$	<i>Fcc</i> , $a = 4,04 \text{ kX}$

Sumber : Surdia dan Saito (1999, p.134)

Dalam pengaplikasiannya alumunium memiliki kegunaan yang luas dalam segala bidang. Material ini sering digunakan terutama untuk penggunaan peralatan kedokteran. Selain itu material ini banyak juga digunakan untuk pembuatan pesawat terbang, kendaraan bermotor, kapal laut dan berbagai komponen mesin. Namun dalam pengaplikasiannya

aluminium murni masih memiliki mampu cor dan sifat mekanis yang jelek. Untuk meningkatkan sifat mekanisnya maka diperlukan penambahan unsur paduan ketika proses pengecoran.

Tabel 2.2  
Sifat Mekanik Aluminium

Sifat-Sifat	Kemurnian Al (%)			
	99,996		>99,0	
	Dianil	75% dirol dingin	Dianil	H18
Kekuatan Tarik (kg/mm <sup>2</sup> )	4,9	11,6	9,3	16,9
Kekuatan Mulur	1,3	11,0	3,5	14,8
Perpanjangan (%)	48,8	5,5	35	5
Kekerasan Brinell	17	27	23	44

Sumber : Surdia dan Saito (1999, p.134).

### 2.3 Paduan Aluminium

Aluminium terkenal akan logam yang ringan sehingga menjadi logam yang sering digunakan dalam dunia industri manufaktur. Aluminium juga memiliki sifat mampu cor yang baik namun memiliki sifat mekanis yang jelek. Untuk memperbaiki sifat mekanik dari aluminium maka perlu ditambahkan paduan aluminium. Pada umumnya aluminium sering ditambahkan unsur paduan yaitu, magnesium (Mg), chromium (Cr), silikon (Si), zinc (Zn), besi (Fe), tembaga (Cu), dan mangan (Mn).

Penggolongan penamaan paduan aluminium dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu aluminium tempa dan aluminium tuang. Standarisasi penamaan paduan aluminium menurut *American Standart Testing Materials* (ASTM) mempergunakan angka dalam penamaan dan penggolongan aluminium paduan. Berikut merupakan cara penggolongan aluminium paduan berdasarkan ASTM :

Tabel 2.3

## Sistem Penamaan Alumunium dan Paduannya

No. Seri	Komposisi Utama
1xxx	Alumunium, $\geq 99,00\%$
2xxx	Alumunium – tembaga
3xxx	Alumunium – mangan
4xxx	Alumunium – <i>silicon</i>
5xxx	Alumunium – magnesium
6xxx	Alumunium – magnesium – <i>silicon</i>
7xxx	Alumunium – <i>zinc</i>
8xxx	Elemen – elemen yang lain

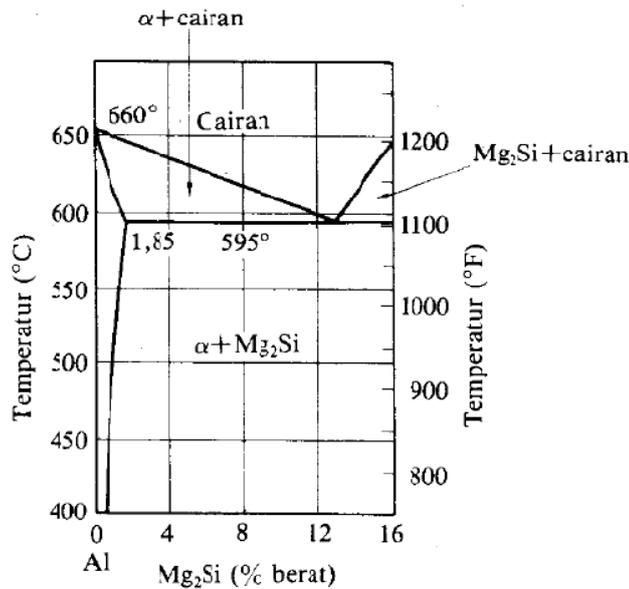
Sumber : ASM Handbook Vol. 2 (2000, p.39)

## Keterangan :

1. Angka pertama menunjukkan jenis unsur paduan pada alumunium.
2. Untuk golongan 1xxx angka kedua menunjukkan batas minimal komposisi zat pengotor alami. Untuk dua angka terakhir dari 4 digit menunjukkan persentase minimum alumunium.
3. Untuk golongan 2xxx hingga 8xxx, digit kedua menunjukkan modifikasi paduan. Jika digit kedua nol (0) menunjukkan bahwa alumunium paduan asli. Jika digit kedua berturut-turut 1-9, merupakan modifikasi dari paduan asli.
4. Untuk dua digit terakhir tidak mempunyai pengertian yang spesial, namun hanya menunjukkan perbedaan pada kelompok paduan alumunium.

### 2.3.1 Paduan Al-Mg-Si

Alumunium sering diberi paduan dengan logam lain. Hal ini dilakukan dengan tujuan mendapatkan sifat mekanik dan mampu cor yang baik. Salah satunya yaitu paduan Al-Mg-Si. Dalam penggolongannya jenis paduan ini dikategorikan dengan nomor 6xxx. Paduan ini memiliki kelebihan yaitu memiliki mampu bentuk yang baik untuk penempaan, ekstruksi dan juga tahan korosi. Namun paduan ini mempunyai kekuatan yang kurang dibandingkan paduan-paduan lainnya.



Gambar 2.2 Diagram fase Al-Mg-Si  
Sumber: Surdia dan Saito (1999, p.139)

Jenis paduan ini sering digunakan sebagai rangka konstruksi, pembuatan pesawat terbang, kapal laut, dan kabel tenaga.

## 2.4 Pengecoran Logam

Pengecoran logam merupakan proses dimana logam dicairkan didalam tungku kemudian dilakukan proses penuangan ke dalam cetakan hingga membeku menjadi produk yang diinginkan. Dalam prosesnya terdiri dari beberapan elemen, mulai dari perencanaan, peleburan logam, penuangan logam, pengecekan hasil, finishing produk hingga produk siap dipakai.

Berdasarkan jenis cetaknya proses pengecoran logam dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu *expendable mold casting* dan *permanent mold casting*. Dari kedua jenis cetakan tersebut memiliki perbedaan, yaitu umur cetakan. Untuk *expendable mold casting* dimana cetakan hanya dapat digunakan sekali saja sedangkan *permanent mold casting* cetakan dapat digunakan berkali-kali. Pada jenis *expendable mold casting*, cetakan pasir merupakan salah satu bahan cetakan yang sering digunakan.

Pada proses pengecoran logam ada empat faktor yang mempengaruhi, yaitu :

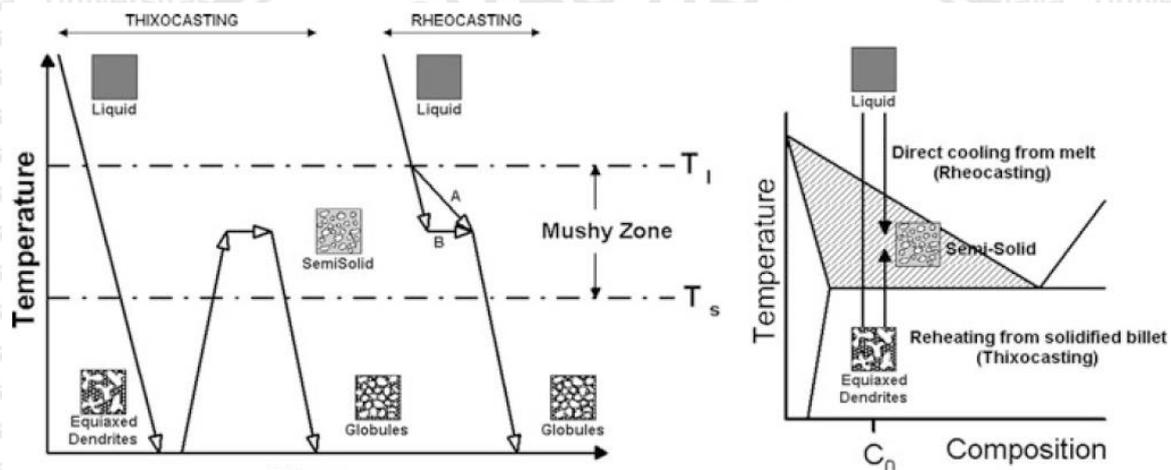
1. Aliran logam cair ke dalam rongga cetakan.
2. Perpindahan panas dari logam ke cetakan selama proses pembekuan dan pendinginan.
3. Material dari cetakan.
4. Pembekuan logam.

## 2.5 Semi Solid Casting

Proses *Semi-Solid Metal* (SSM) merupakan salah satu alternatif pada proses manufaktur terutama pada pengecoran dan pembentukan. Proses ini memanfaatkan keuntungan dari kedua fase padat dan cair pada proses pembentukan. Dengan memberi gaya geser pada *Semi-Solid Metal* maka hambatan alir dari cairan akan berkurang sehingga logam dapat mengalir lebih baik. Hal inilah yang membuat proses SSM dijadikan alternatif pengecoran konvensional pada skala industri.

Dalam metodenya terdapat dua cara pembentukan *slurry* pada SSM, yaitu :

- Proses Rheo
- Proses Thixo



Gambar 2.3 Skema Proses *Semi-Solid Metal* (SSM)

Sumber: Nafisi dan Ghomashchi (2016, p10)

Pada proses rheo pembuatan SSM *slurry* dengan cara logam cair diberikan gaya geser sehingga mengalami pendinginan hingga fase *semisolid* kemudian langsung dituang kedalam cetakan menjadi produk. Sedangkan proses thixo pada dasarnya memiliki tiga langkah proses, yaitu :

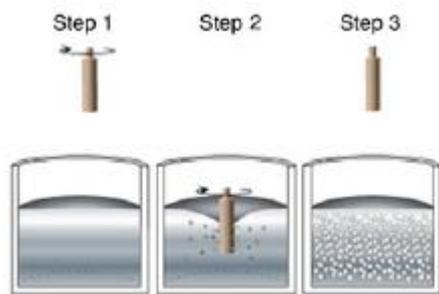
- Pertama menyiapkan bahan yang memiliki panjang dan berat yang sama, atau berpotensi untuk berubah menjadi struktur globular.
- Kedua memanaskan kembali bahan ke suhu antara *solid* dan *liquid* untuk mendapatkan struktur *semisolid*.
- Langkah terakhir adalah membentuk *slurry* dengan karakteristik *thixotropic*.

*Thixocasting* merupakan metode pemrosesan SSM yang pertama. Namun, karena berbagai masalah seperti fasilitas produksi terbatas, paduan terbatas, kesulitan daur ulang

dan biaya prosesnya yang tinggi, menyebabkan daya saingnya terhadap proses pengecoran yang lain telah menurun.

### 2.5.1 *Semi-Solid Rheocasting*

Seperti yang sudah dijelaskan di atas *rheocasting* merupakan salah satu proses manufaktur yang memanfaatkan proses *semisolid metal*. Dimana gaya geser yang diterapkan ketika proses pemadatan logam akan membentuk struktur yang *nondendritic*. Salah satu jenis prosesnya yaitu menggunakan metode pengadukan mekanis. Proses ini merupakan proses yang paling sederhana yaitu logam yang telah dipanaskan pada suhu *superheated* kemudian diaduk hingga terjadi proses pendinginan hingga fase *semisolid* kemudian dituang pada cetakan.



Gambar 2.4 Proses *Semi-Solid Rheocasting*  
Sumber: Nafisi dan Ghomashchi (2016, p23)

### 2.5.2 *Low Pouring Temperature*

Suhu penuangan merupakan salah satu parameter yang berpengaruh pada proses pengecoran logam. Telah banyak diketahui bahwa suhu penuangan yang rendah memiliki dampak pada produk pengecoran. Tidak hanya menyebabkan pembentukan butir yang sama, namun juga dapat mengurangi cacat coran, seperti *shrinkage* dan porositas. Pada proses *semi-solid*, suhu penuangan yang lebih rendah memberikan umur alat yang lebih lama, toleransi dimensi yang lebih baik karena ekspansi dan penyusutan yang lebih sedikit.

Selain itu suhu penuangan yang rendah juga mempengaruhi ukuran dari butir. Dengan mengurangi suhu penuangan maka ukuran butir yang dihasilkan akan menjadi lebih kecil. Dalam penelitian Wang et (2000) dijelaskan bahwa dengan mengurangi suhu penuangan paduan  $AlSi7Mg0.35$  dari  $725^{\circ}C$  menjadi  $625^{\circ}C$  dihasilkan ukuran butir sebesar  $310\ \mu m$  menjadi  $100\ \mu m$  dengan bentuk *globular*.

### 2.5.3 Solidification

*Solidification* (pembekuan logam) adalah proses perubahan bentuk logam dari fase cair ke fase padat. Dalam pengecoran logam solidifikasi sangat berpengaruh pada pembentukan struktur butir dan sifat mekanik dari logam tersebut. Proses solidifikasi dipengaruhi oleh nukleasi dan proses pertumbuhan fasa primer pada paduan. Tahapan pada pembekuan ada dua yaitu :

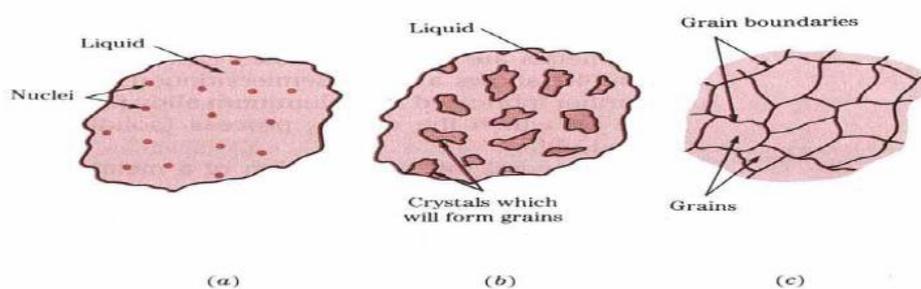
#### 1. Pembentukan Inti Stabil

##### a. Pengintian Homogen

Pengintian dalam suatu logam cair terjadi ketika atom-atom mulai menyusun diri untuk membentuk inti. Pengintian homogen terjadi karena suhu pembekuan yang rendah sehingga atom-atom bergerak lambat untuk membuat sebuah inti. Atom-atom yang bergerak lambat akan membuat pembekuan logam terjadi secara merata diseluruh bagian logam cair sehingga butir yang terbentuk akan memiliki homogenitas baik dari segi ukurann atau bentuk butir.

##### b. Pengintian Heterogen

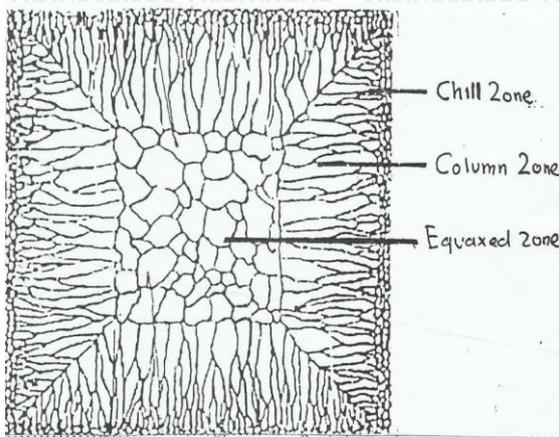
Pengintian heterogen terjadi karena adanya zat asing atau logam cair yang tidak murni. Karena adanya zat asing pada logam cair menyebabkan pembekuan logam menjadi tida merata diseluruh bagian logam cair sehingga butir yang terbentuk menjadi heterogen dengan ukuran yang beragam.



Gambar 2.5 Proses Pembentukan Butir

Sumber: Beeley (2001, p83)

Pada proses pembekuan logam terdapat macam-macam daerah pembekuan, yaitu :



Gambar 2.6 Macam-macam daerah pembekuan  
Sumber: Kalpakjian (2009, p192)

a. *Chill Zone*

Daerah yang terkena kontak langsung dengan dinding cetakan ketika proses penuangan logam yang mengakibatkan pendinginan yang cepat. Apabila temperatur penuangan rendah maka seluruh logam cair akan membeku dibawah temperatur penuangannya. Akibatnya logam yang berada di tengah akan membeku dalam jangka waktu yang lama.

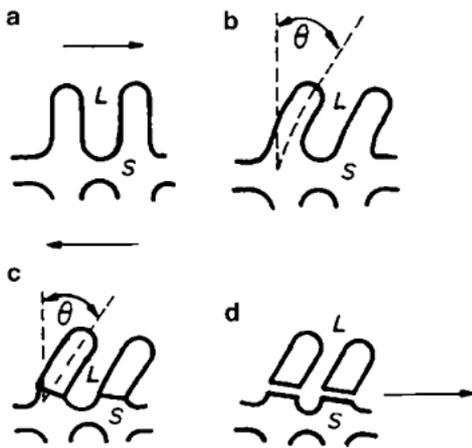
b. *Columnar Zone*

Daerah yang terbentuk sesaat setelah penuangan, dimana terjadi ketika kristal pada *chill zone* mulai tumbuh memanjang berlawanan arah dengan arah perpindahan panas. Kristal-kristal yang tumbuh tersebut disebut dendrit. Setiap dendrit memiliki banyak lengan-lengan sekunder dan tersier.

c. *Equiaxed Zone*

Daerah ini terdiri dari butir *equiaxed* yang terletak secara acak di bagian tengah-tengah logam. Pada daerah ini tidak terjadi pertumbuhan butir yang memanjang seperti pada daerah *chill* dan *columnar*.

Pada *rheocasting* ketika logam dalam proses *solidification* dilakukan pengadukan maka akan menghasilkan struktur yang *nondendritic*. Hal ini terjadi karena lengan dendrit yang terlepas dari akarnya akibat adanya gaya geser yang dihasilkan dari proses pengadukan. Terlepasnya lengan dendrit ini terjadi karena lengan dendrit mengalami beban dari gaya geser yang dihasilkan pada proses pengadukan.

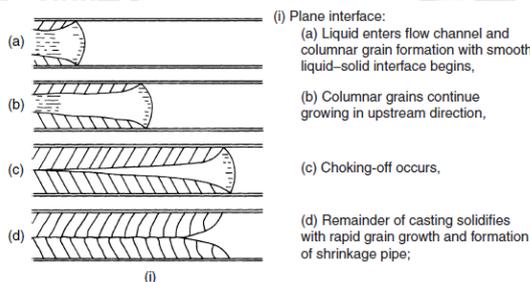


Gambar 2.7 Proses terlepasnya lengan dendrit  
 Sumber: Nafisi dan Ghomashchi (2016, p56)

Proses pembekuan pada setiap logam berbeda-beda antara logam yang satu dengan yang lainnya. Hal ini yang menyebabkan perilaku setiap logam berbeda-beda. Macam-macam metode pembekuan yaitu :

a. *Plane Interface Method*

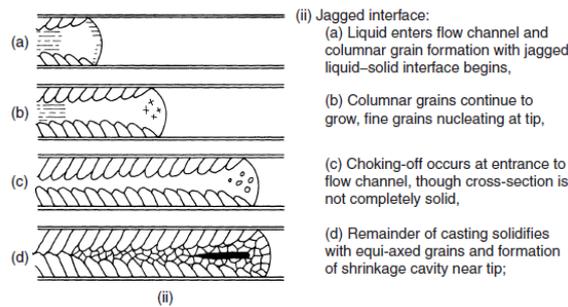
Metode ini logam mengalami pembekuan dengan ukuran yang seragam dan menghasilkan butiran yang besar.



Gambar 2.8 *Plane Interface Method*  
 Sumber: Peter beeley (1978, p21)

b. *Jagged Interface Method*

Metode ini terjadi dua jenis pembekuan dimana butir akan berbentuk *columnar* dibagian luarnya dan akan berbentuk *equiaxed* di dalamnya. Membuat sisi luar lebih keras daripada bagian dalamnya.

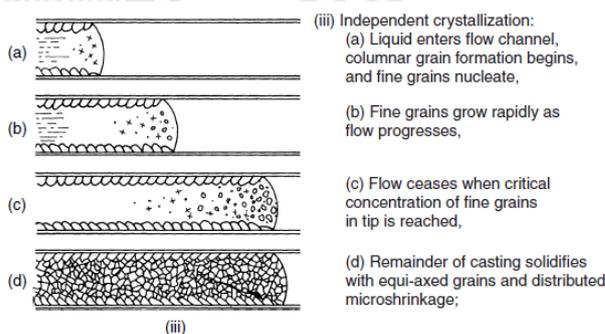


Gambar 2.9 Jagged Interface Method

Sumber: Peter beeley (1978, p21)

c. Independent Crystallization Method

Metode ini akan menghasilkan logam dengan butiran kristal yang lebih banyak daripada metode pembekuan yang lainnya. Sehingga akan menghasilkan logam yang keras karena banyaknya ikatan yang terbentuk antar butir kristal tersebut.



Gambar 2.10 Independent Crystallization Method

Sumber: Peter beeley (1978, p21)

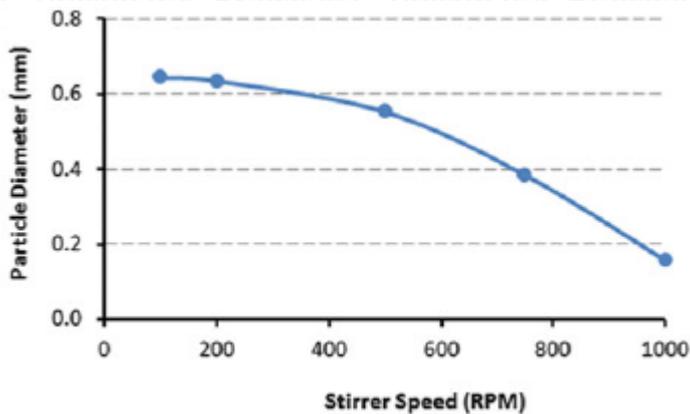
2.5.4 Parameter Proses Rheocasting

Untuk mendapatkan produk cor yang berkualitas maka ada beberapa variabel yang perlu diperhatikan, yaitu :

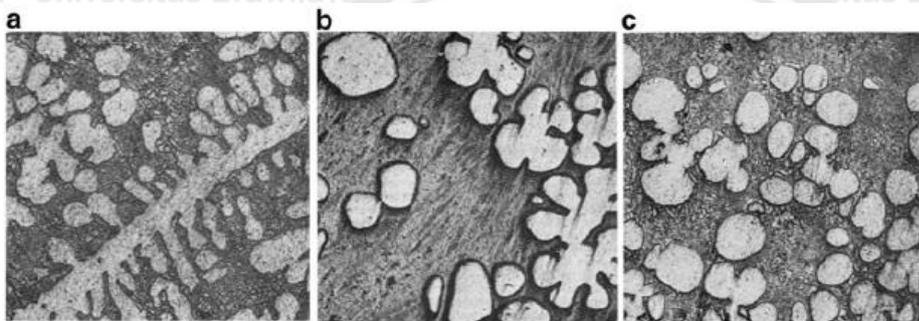
a. Kecepatan Pengadukan

Dalam proses *rheocasting* kecepatan pengadukan sangat mempengaruhi ukuran partikel yang akan terbentuk. Semakin tinggi kecepatan pengadukan maka partikel primer yang dihasilkan akan semakin kecil. Hal ini dikarenakan pada *rheocasting* ketika proses *solidification* lengan dendrit akan terpotong karena adanya pengadukan dan menghasilkan struktur yang *nondendritic*.





Gambar 2.11 Pengaruh Kecepatan Putar terhadap Ukuran Partikel  
 Sumber: Nafisi dan Ghomashchi (2016, p52)



Gambar 2.12 Foto mikrostruktur a.) Tanpa diaduk b.) 750 rpm c.) 1000 rpm  
 Sumber: Nafisi dan Ghomashchi (2016, p52)

b. Waktu Pengadukan

Selain kecepatan pengadukan, waktu pengadukan juga berpengaruh pada proses *rheocasting*. Dalam penelitiannya, Reisi (2008) mengatakan bahwa pada kecepatan pengadukan yang sama waktu pengadukan berpengaruh sangat signifikan pada faktor bentuk partikel primer terjadi pada lama pengadukan 5 detik yaitu dari 0,45 menjadi 0,7. Namun untuk waktu pengadukan yang lebih lama menghasilkan faktor bentuk yang hampir sama yaitu 0,7.

2.6 Kualitas Produk Coran

Kualitas produk coran sangat erat hubungannya terhadap cacat coran. Kualitas produk coran dapat dikatakan baik apabila memiliki cacat coran yang sedikit. Cacat coran yang paling sering terjadi pada proses pengecoran adalah porositas. Porositas merupakan cacat yang terjadi karena adanya gas yang terperangkap pada logam cair ketika proses penuangan. Terjadinya porositas dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu :

- Unsur gas yang terkandung pada paduan logam.



- Temperatur logam cair.
- Kecepatan penuangan.
- Permeabilitas cetakan.
- Bentuk saluran penuangan.
- Uap air yang terdapat pada cetakan.

Selain cacat coran, parameter yang menentukan baik tidaknya kualitas coran juga dapat dilihat dari geometri produk coran. Geometri produk coran meliputi dari ukuran, bentuk, dan kebulatannya. Parameter lain yang menentukan kualitas produk coran yaitu *casting yield*.

*Casting yield* dapat diartikan prosentase dari berat produk yang dihasilkan terhadap berat dari logam yang dituangkan. Semakin tinggi prosentase *casting yield* maka kualitas produk coran dikatakan baik.

## 2.7 Fluiditas

Fluiditas merupakan kemampuan logam cair untuk mengisi rongga cetakan, mengalir melalui saluran yang telah dibuat untuk membentuk bagian yang sesuai dengan permukaan benda yang dibuat hingga terjadi *solidification*. Fluiditas dapat mempengaruhi hasil coran memiliki kualitas yang bagus dan tidak. Setiap jenis paduan aluminium memiliki fluiditas yang berbeda-beda. Fluiditas yang rendah dapat mengakibatkan cacat pada produk coran berupa misrun.

Fluiditas dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti suhu penuangan logam cair, komposisi kimia paduan logam, tegangan permukaan. Selain itu material cetakan, desain cetakan, laju penuangan juga dapat mempengaruhi fluiditas. Namun dari faktor-faktor diatas fluiditas umumnya sangat dipengaruhi oleh temperatur dan komposisi logam.

### 1. Temperatur

Temperatur logam merupakan faktor yang sangat berpengaruh pada fluiditas.

Temperatur logam sangat mempengaruhi viskositas dari sebuah logam, dengan temperatur yang tinggi maka viskositas logam cair akan semakin rendah. Sebaliknya apabila temperatur rendah maka viskositas logam cair akan semakin tinggi.

### 2. Komposisi

Komposisi kimia dari logam cair juga berpengaruh besar pada fluiditas logam cair.

Logam dengan fluiditas yang tinggi umumnya terdapat pada logam murni. Sedangkan pada logam paduan, setiap paduan yang terkandung memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Salah satu contohnya logam dengan paduan *silicon* yang berfungsi dapat

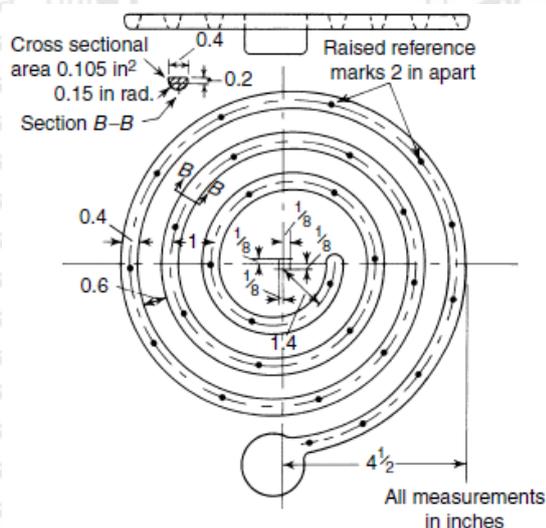
meningkatkan fluiditas dari logam. Semakin banyak kandungan *silicon* pada paduan semakin tinggi pula fluiditasnya.

Fluiditas tidak dapat diukur berdasarkan sifat fisik produk coran melainkan harus dengan pengujian empiris dengan mengukur semua karakteristik fluiditas logam cair dalam pengecoran dan pengukuran logam. Banyak metode yang dapat digunakan untuk menguji fluiditas suatu logam cair diantaranya :

### 1. Pengujian Spiral

Pengujian dengan metode ini merupakan jenis pengujian yang sudah berpuluh tahun banyak digunakan. Pengujian ini dilakukan dengan cara menuangkan logam cair ke alat uji dan mengalami pembekuan. Kemudian sampel yang berbentuk spiral diambil untuk dilakukan pengukuran menggunakan tali kabel. Setelah didapat kemudian tali kabel diukur panjangnya menggunakan penggaris untuk mendapatkan nilai fluiditasnya. Semakin panjang hasil dari pengukuran maka fluiditasnya juga semakin baik. Begitu pula apabila hasil yang didapat semakin pendek maka semakin jelek fluiditasnya.

Namun dalam prakteknya masih ada kelemahan pada uji ini, yaitu tidak memperoleh kondisi standar aliran logam cair yang sesungguhnya.

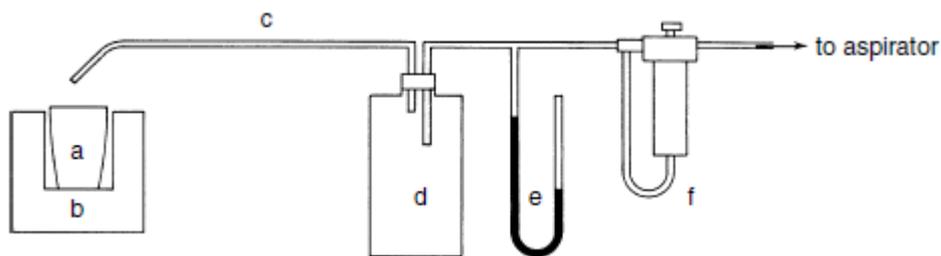


Gambar 2.13 Contoh Alat Pengujian Spiral  
Sumber: Peter Beeley (2001, p17)

### 2. Pengujian *Vacum*

Pada pengujian ini logam cair mengalir melalui tabung gelas halus dengan bantuan dari pompa vakum. Untuk melakukan pengujian ini digunakan suhu 640, 660, 680, dan 700°C. Kemudian aluminium cair di hisap oleh pompa vakum dengan tekanan  $\pm 27$  kPa

melalui tabung tembaga. Hasil dari pengujian ini nanti akan diukur panjangnya untuk mendapat nilai fluiditas.

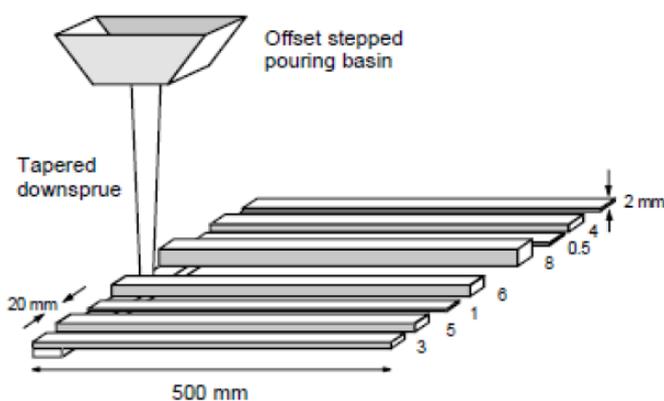


Gambar 2.14 Contoh Alat Pengujian Vacuum  
Sumber: Peter Beeley (2001, p18)

### 3. Fluidity Strip Test Piece

Metode pengujian ini merupakan metode yang saat ini paling banyak digunakan untuk uji fluiditas logam cair. Kelebihan dari penggunaan metode ini adalah data yang didapat tidak hanya panjang fluiditas logam tetapi juga dapat ketebalan celah yang dapat dilalui oleh logam cair pada proses penuangan. Dari data yang didapatkan nantinya dapat diketahui bahwa semakin tipis ketebalan yang dapat terisi oleh logam cair maka akan semakin baik fluiditasnya.

Metode ini mengacu pada tegangan permukaan dari suatu material yang berbeda-beda. Yang mana nantinya tegangan permukaan akan memberi efek kepada pengisian pada cetakan yang tipis.



Gambar 2.15 Contoh Alat Fluidity Strip Test Piece  
Sumber: Campbell J (1994, p3)

## 2.8 Density

*Density* atau yang sering dilambangkan dengan simbol  $\rho$  (rho) merupakan sebuah ukuran dari kerapatan massa dari suatu benda dibandingkan dengan volume total dari benda tersebut. Yang biasa dirumuskan

$$\rho = \frac{m}{v} \dots\dots\dots (2-1)$$

dengan :

$\rho$  = *density* (gr/cm<sup>3</sup>)

$m$  = massa (gr)

$v$  = volume (cm<sup>3</sup>)

Untuk mendapatkan nilai *density* dari suatu benda dilakukan suatu pengujian yaitu uji piknometri. Dari hasil uji piknometri nantinya akan didapatkan nilai *apparent density* dari suatu benda. *Apparent density* adalah perbandingan antara massa dengan volume suatu benda termasuk dengan cacat yang terdapat di dalam benda yang akan diuji dan bisa dirumuskan

$$\rho_s = \rho_w \frac{w_s}{w_s - (w_{sb} - w_b)} \dots\dots\dots (2-2)$$

dengan :

$\rho_s$  = *apparent density* (gr/cm<sup>3</sup>)

$\rho_w$  = *density* air (gr/cm<sup>3</sup>)

$w_s$  = berat sampel di luar (gr)

$w_b$  = berat keranjang di dalam air (gr)

$w_{sb}$  = berat sampel dan keranjang di dalam air (gr)

## 2.9 Hipotesis

Proses *semisolid rheocasting* merupakan salah satu alternatif pada pengecoran logam. Proses tersebut memanfaatkan gaya geser yang dihasilkan dari pengadukan logam pada proses *semisolid*. Menyebabkan lengan-lengan dendrit akan terpotong sehingga akan menghasilkan bentuk butir yang *globular*. Dengan bertambahnya waktu pengadukan akan menghasilkan butir yang lebih *globular* dan kecil. Sehingga akan meningkatkan fluiditas dari logam tersebut karena hambatan alir dari logam tersebut akan berkurang. Selain itu

dengan butir yang lebih *globular* dan kecil akan memudahkan butir tersebut untuk mengisi rongga yang kosong sehingga akan meningkatkan densitas suatu produk coran.







## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Metode Penelitian

Pada penelitian ini penulis menggunakan metode yaitu eksperimental sebenarnya. Dimana penelitian ini dilakukan dengan cara melakukan percobaan secara langsung untuk mengetahui besarnya pengaruh lama pengadukan alumunium terhadap fluiditas dan densitas pada *semisolid rheocasting*.

#### 3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan pada tanggal 21 April 2017 sampai dengan 21 Mei 2017.

Untuk tempat penelitian ini akan dilakukan pada :

- Laboratorium  $\alpha \beta \gamma$  Landungsari, Malang untuk melakukan proses pengecoran alumunium untuk spesimen produk coran.
- Laboratorium  $\alpha \beta \gamma$  Landungsari, Malang untuk dilakukannya proses pengujian fluiditas dan densitas.
- Laboratorium Pengujian Bahan Teknik Mesin Universitas Brawijaya untuk dilakukannya proses foto mikrostruktur.

#### 3.3 Variabel Penelitian

Dalam melakukan penelitian ini variabel yang digunakan yaitu variabel bebas, variabel terkontrol dan variabel terikat.

##### 3.3.1 Variabel Bebas

Pada penelitian ini variabel bebas yang digunakan yaitu lamanya waktu pengadukan pada proses pengecoran alumunium. Lamanya pengadukan yang dilakukan yaitu 10 detik, 20 detik, 40 detik, 60 detik.

##### 3.3.2 Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang dipengaruhi oleh adanya variabel bebas. Dalam penelitian ini adalah :

- a. Besarnya fluiditas dari hasil proses *semi solid rheocasting*.
- b. Besarnya *density* produk coran dari hasil proses *semi solid rheocasting*

### 3.3.3 Variabel Terkontrol

Dalam penelitian ini variabel terkontrol yang digunakan antara lain :

1. Besarnya kecepatan pengadukan yang digunakan yaitu 2400 rpm.
2. Suhu peleburan Al-Mg-Si 700°C.
3. Suhu penuangan Al-Mg-Si 600°C.
4. Kecepatan penuangan dianggap konstan.
5. Massa Al-Mg-Si yang digunakan sebesar 550 gram.

## 3.4 Alat dan Bahan Penelitian

### 3.4.1 Alat

Dalam penelitian ini alat yang digunakan yaitu :

1. Tungku Peleburan

Alat ini digunakan untuk melakukan peleburan material pengecoran.

Nama alat : Tungku Peleburan I 703

Kapasitas :  $\pm 2$  kg

Tegangan Listrik : 220 V

Kuat Arus :  $\pm 13.2$  A



Gambar 3.1 Tungku peleburan

Sumber: Laboratorium  $\alpha \beta \gamma$  Landungsari, Malang

2. Timbangan Elektrik

Alat ini digunakan untuk menimbang bahan yang akan dilebur. Timbangan yang digunakan pada penelitian ini memiliki ketelitian 0,01 gram dengan beban maksimal

300 gram.



Gambar 3.2 Timbangan Elektrik

Sumber: Laboratorium  $\alpha$   $\beta$   $\gamma$  Landungsari, Malang

### 3. Thermogun

Alat ini digunakan untuk mengukur suhu pada tungku peleburan.



Gambar 3.3 Thermogun

Sumber: Laboratorium  $\alpha$   $\beta$   $\gamma$  Landungsari, Malang

### 4. Stopwatch

Alat ini digunakan untuk mengetahui waktu pengadukan.



Gambar 3.4 Stopwatch

Sumber : Laboratorium  $\alpha$   $\beta$   $\gamma$  Landungsari, Malang

### 5. Alat Pengaduk

Alat ini digunakan untuk proses pengadukan logam cair sebelum dilakukan penuangan.



Motor Listrik

Batang Pengaduk

Gambar 3.5 Alat Pengaduk

### 6. Cetakan Pulley

Cetakan di bawah ini digunakan untuk mencetak spesimen yang nantinya akan di uji.



Cavity

Sprue

Gambar 3.6 Cetakan Pulley Permanen

Sumber : Laboratorium  $\alpha\beta$  Landungsari, Malang

### 7. Alat Uji Piknometri

Digunakan untuk melakukan pengujian pada produk coran untuk memperoleh nilai densitas.



Gambar 3.7 Alat Uji Piknometri

Sumber : Laboratorium  $\alpha$   $\beta$   $\gamma$  Landungsari, Malang

### 3.4.2 Bahan

Dalam penelitian ini bahan yang digunakan pada proses pengecoran adalah Al-Mg-Si berupa *ingot*. *Ingot* yang digunakan pada penelitian ini sebanyak 550 gram.



Gambar 3.8 *Ingot* Al-Mg-Si

Sumber: Laboraturium  $\alpha$   $\beta$   $\gamma$  Landungsari, Malang

## 3.5 Desain Cetakan

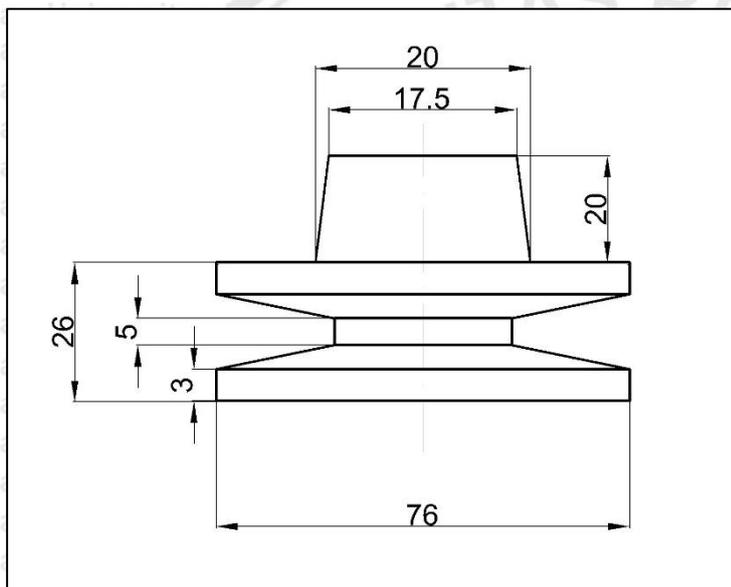
### 3.5.1 Alat Uji Fluiditas

Dalam penilitan ini digunakan alat uji fluiditas berupa *fluidity strip test*. Berikut alat uji fluiditas yang digunakan



Gambar 3.9 Alat Uji Fluiditas

### 3.5.2 Desain Benda Kerja (Pulley)



Gambar 3.10 Dimensi Pulley

## 3.6 Prosedur Penelitian

### 3.6.1 Pembuatan Spesimen

1. Menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan pada proses pengecoran yaitu tungku induksi, *thermogun*, *stopwatch*, alat pengaduk, cetakan *pulley*, timbangan elektrik dan *ingot*.
2. Menimbang *ingot* yang akan digunakan pada proses pengecoran, yaitu sebesar 550 gram.
3. Masukkan *ingot* aluminium pada tungku induksi yang telah dipanaskan pada suhu  $450^{\circ}\text{C}$  untuk dilakukan proses peleburan hingga suhu  $700^{\circ}\text{C}$ .
4. Keluarkan aluminium yang telah mencair dari tungku induksi.

5. Lakukan proses pengadukan pada alumunium menggunakan putaran 2400 rpm dan variasi waktu pengadukan dengan rincian sebagai berikut :
  - a. Spesimen 1 : 10 detik
  - b. Spesimen 2 : 20 detik
  - c. Spesimen 3 : 40 detik
  - d. Spesimen 4 : 60 detik
6. Kemudian tuangkan logam cair pada cetakan yang telah ditentukan.
7. Lepaskan hasil produk coran dari cetakan.
8. Lakukan uji piknometri untuk mendapat nilai *density* dan catat hasilnya.

### 3.6.2 Prosedur Uji Piknometri

1. Langkah pertama yaitu menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan pada proses pengecoran.
2. Lakukan proses penimbangan spesimen yang akan di uji.
3. Masukkan keranjang ke dalam air dan lihat hasil berat keranjang ketika di dalam air.
4. Masukkan spesimen ke dalam keranjang dan masukkan kembali ke dalam air.
5. Tunggu hingga timbangan menunjukkan angka yang konstan.
6. Catat hasil berat spesimen dan keranjang ketika di dalam air.
7. Ulangi langkah di atas pada spesimen dengan pengadukan 10 detik, 20 detik, 40 detik dan 60 detik.

### 3.6.3 Prosedur Uji Fluiditas

1. Menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan pada proses pengecoran yaitu tungku induksi, *thermogun*, *stopwatch*, alat pengaduk, cetakan *pulley*, timbangan elektrik dan *ingot*.
2. Panaskan tungku hingga suhu 450°C kemudian masukkan *ingot* dan tunggu hingga melebur pada suhu 700°C.
3. Siapkan cetakan uji fluiditas dan dipasnaskan pada suhu 200°C kemudian diletakkan pada tempat datar yang telah diukur menggunakan *waterpass*.
4. Keluarkan cawan berisi *ingot* yang telah melebur dari tungku peleburan.
5. Lakukan proses pengadukan pada alumunium menggunakan alat pengaduk dengan kecepatan 2400 rpm dan variasi waktu pengadukan dengan rincian sebagai berikut :
  - e. Spesimen 1 : 10 detik
  - f. Spesimen 2 : 20 detik

- g. Spesimen 3 : 40 detik
- h. Spesimen 4 : 60 detik
- 6. Tuangkan logam cair pada cetakan yang telah disiapkan.
- 7. Lepaskan logam yang telah padat dari cetakan.
- 8. Ukur panjang logam yang mengisi rongga cetakan menggunakan jangka sorong.
- 9. Catat hasil pengukuran tersebut.

### 3.7 Rancangan Hasil Penelitian

Rancangan hasil penelitian akan di tampilkan dalam bentuk tabel data hasil pengujian dan grafik hubungan agar memudahkan untuk membaca hasil penelitian.

Tabel 3.1  
Rancangan Tabel Hasil Penelitian Fluiditas

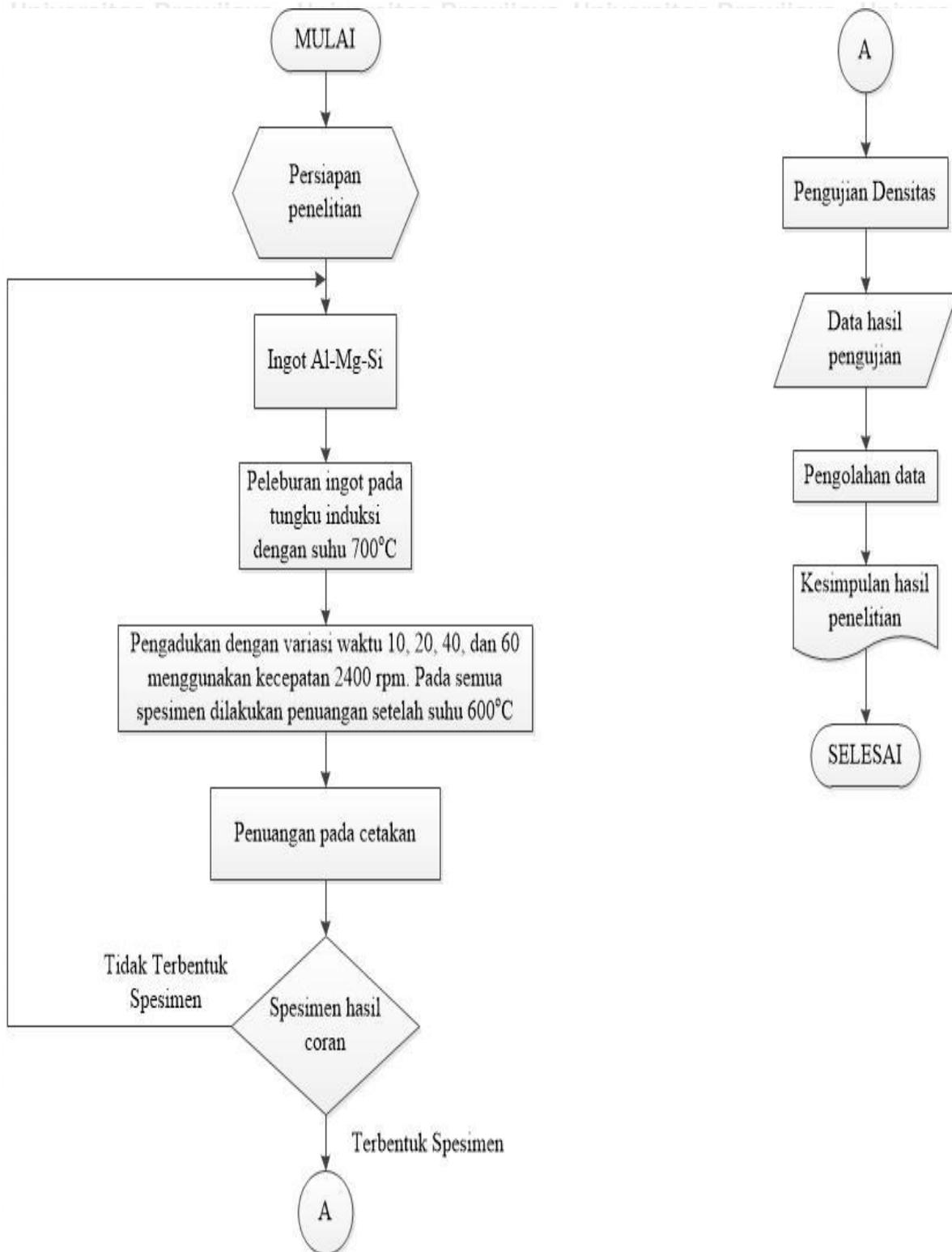
Spesimen	Kecepatan Pengadukan (rpm)	Waktu Pengadukan (detik)	Fluiditas (cm)			
			Ketebalan 1 mm	Ketebalan 1,25 mm	Ketebalan 1,55 mm	Ketebalan 1,85 mm
1	2400	10	cm	cm	cm	cm
2		20	cm	cm	cm	cm
3		40	cm	cm	cm	cm
4		60	cm	cm	cm	cm

Tabel 3.2  
Rancangan Tabel Hasil Penelitian Densitas

Kecepatan Pengadukan (rpm)	Waktu Pengadukan (sekon)	W <sub>s</sub> (gram)	W <sub>b</sub> (gram)	W <sub>sb</sub> (gram)	Pemberat (gram)	(W <sub>sb</sub> -W <sub>b</sub> )	W <sub>s</sub> - (W <sub>sb</sub> -W <sub>b</sub> ) (gram)	ρ <sub>s</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )	ρ <sub>s</sub> Rata-rata (gram/cm <sup>3</sup> )
2400	10	WsA1	WbA1	WsbA1	gram	A1	WA1	ρ <sub>s</sub> A1	ρ <sub>s</sub> A
		WsA2	WbA2	WsbA2		A2	WA2	ρ <sub>s</sub> A2	
		WsA3	WbA3	WsbA3		A3	WA3	ρ <sub>s</sub> A3	
	20	WsB1	WbB1	WsbB1		B1	WB1	ρ <sub>s</sub> B1	ρ <sub>s</sub> B
		WsB2	WbB2	WsbB2		B2	WB2	ρ <sub>s</sub> B2	
		WsB3	WbB3	WsbB3		B3	WB3	ρ <sub>s</sub> B3	
	40	WsC1	WbC1	WsbC1		C1	WC1	ρ <sub>s</sub> C1	ρ <sub>s</sub> C
		WsC2	WbC2	WsbC2		C2	WC2	ρ <sub>s</sub> C2	
		WsC3	WbC3	WsbC3		C3	WC3	ρ <sub>s</sub> C3	
	60	WsD1	WbD1	WsbD1		D1	WD1	ρ <sub>s</sub> D1	ρ <sub>s</sub> D
		WsD2	WbD2	WsbD2		D2	WD2	ρ <sub>s</sub> D2	
		WsD3	WbD3	WsbD3		D3	WD3	ρ <sub>s</sub> D3	

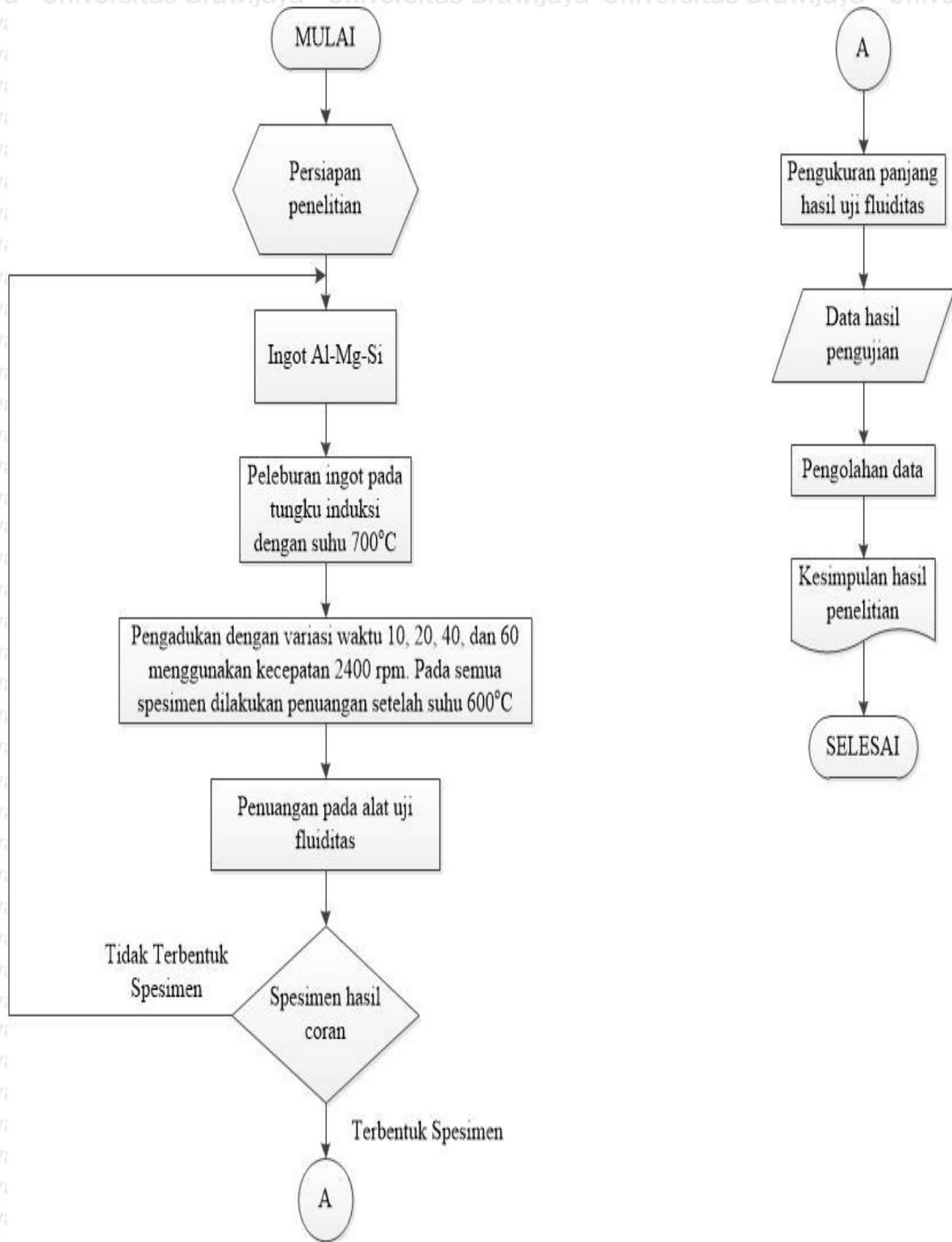
### 3.8 Diagram Alir Penelitian

#### 3.8.1 Pembuatan Spesimen



Gambar 3.11 Diagram Alir Pembuatan Spesimen (Pulley)

3.8.2 Pengujian Fluiditas



Gambar 3.12 Diagram Alir Pengujian Fluiditas

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Data Hasil Pengujian Fluiditas

Pada penelitian ini pengujian fluiditas menggunakan metode *fluidity strip test*. Hasil dari pengujian fluiditas tersebut ditunjukkan pada tabel 4.1 yang mana pada penelitian ini menggunakan cetakan permanen sebagai media pengujianya.

Tabel 4.1  
Hasil Pengujian Fluiditas Al-Mg-Si pada Proses *Rheocasting*

Kecepatan Pengadukan (rpm)	Waktu (s)	Fluiditas (cm)			
		Ketebalan 1,85 mm	Ketebalan 1 mm	Ketebalan 1,25 mm	Ketebalan 1,55 mm
2400	10	3,4	0,128	0,4	3,2
	20	4,6	0,179	0,6	4,9
	40	5,6	0,2	0,9	4,9
	60	6,3	0,3	1	6

Dari tabel 4.1 diatas dapat dilihat bahwa seiring bertambahnya waktu pengadukan akan meningkatkan fluiditasnya untuk ketebalan rongga cetakan sebesar 1,85 mm. Peningkatan nilai fluiditas tersebut juga terjadi pada ketebalan rongga cetakan sebesar 1 mm, 1,25 mm, dan 1,55 mm.

### 4.2 Data Hasil Pengujian Densitas Produk Coran

Pada penelitian ini untuk mendapatkan nilai densitas produk coran dilakukan dengan pengujian piknometri. Pengujian ini merupakan metode yang digunakan untuk mendapatkan nilai densitas suatu padatan dengan cara membandingkannya dengan sebuah cairan. Untuk mendapatkan nilai densitas sebuah padatan setelah pengujian piknometri digunakan rumus *apparent density* sesuai dengan standart yang ada pada ASTM B 311-93, yaitu

$$\rho_s = \rho_w \frac{W_s}{W_s - (W_{sb} - W_b)} \dots\dots\dots (3-1)$$

Dimana :  $\rho_s$  = *apparent density* (gr/cm<sup>3</sup>)

$\rho_w$  = *density cairan* (gr/cm<sup>3</sup>)

$W_s$  = berat spesimen di udara (gr)

$W_{sb}$  = berat spesimen dan keranjang di dalam air (gr)

$W_b$  = berat keranjang di dalam air (gr)

Sehingga didapat data pengujian piknometri dan *apparent density* yang ditampilkan pada tabel

4.2 sebagai berikut :

Tabel 4.2

Hasil pengujian piknometri dan nilai *apparent density*

Kecepatan Pengadukan (rpm)	Waktu Pengadukan (detik)	$W_s$ (gr)	$W_b$ (gr)	$W_{sb}$ (gr)	Pemberat (gr)	$W_{sb} - W_b$ (gr)	$W_s - (W_{sb} - W_b)$ (gr)	$\rho_s$ (gr/cm <sup>3</sup> )	$\rho_s$ rata-rata (gr/cm <sup>3</sup> )
2400	10	232,88	14,17	154,15	299,81	139,98	92,90	2,506781485	2,499522383
		232,88	14,17	151,91		137,74	95,14	2,447761194	
		232,88	14,17	155,51		141,34	91,54	2,54402447	
	20	235,10	14,17	151,18		137,01	98,09	2,396778469	2,501481846
		235,10	14,17	156,28		142,11	92,99	2,528228842	
		235,09	14,17	158,12		143,95	91,14	2,579438227	
	40	235,71	14,17	159,25		145,08	90,63	2,600794439	2,500791691
		235,71	14,17	155,93		141,76	93,96	2,508727118	
		235,72	14,17	151,38		137,21	98,51	2,392853517	
	60	239,93	14,17	160,26		146,09	93,84	2,556798806	2,547981954
		239,94	14,17	160,32		146,15	93,79	2,558268472	
		239,94	14,17	159,23		145,06	94,88	2,528878583	

Pada pengujian piknometri ini dilakukan pengulangan pengambilan data sebanyak 3 kali pada setiap variasi waktu pengadukan. Sehingga didapat nilai *apparent density* seperti pada tabel 4.2 yaitu untuk waktu pengadukan 10 detik berturut-turut 2,506 gr/cm<sup>3</sup>, 2,447 gr/cm<sup>3</sup>, 2,544 gr/cm<sup>3</sup> dengan rata-rata nilai *apparent density* sebesar 2,499 gr/cm<sup>3</sup>. Pada waktu pengadukan 20 detik didapat nilai *apparent density* berturut-turut 2,396 gr/cm<sup>3</sup>, 2,528 gr/cm<sup>3</sup>,

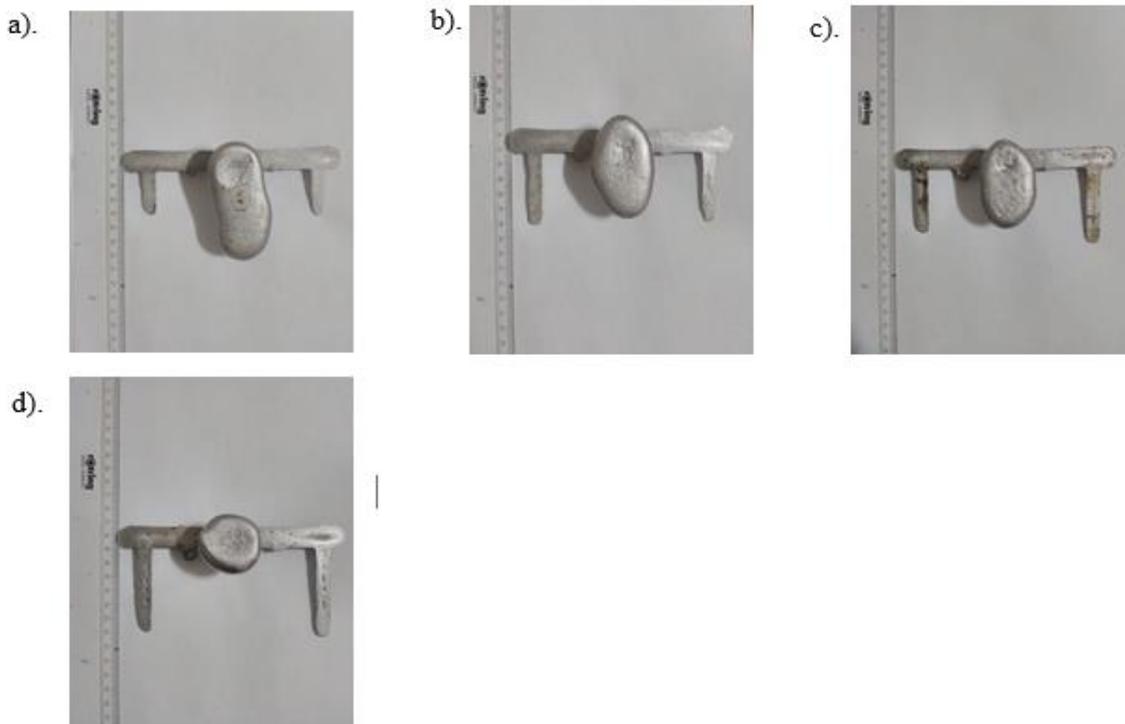


2,579 gr/cm<sup>3</sup> dengan rata-rata nilai *apparent density* sebesar 2,501 gr/cm<sup>3</sup>. Pada waktu pengadukan 40 detik didapat nilai *apparent density* berturut-turut 2,600 gr/cm<sup>3</sup>, 2,508 gr/cm<sup>3</sup>, 2,392 gr/cm<sup>3</sup> dengan rata-rata nilai *apparent density* sebesar 2,500 gr/cm<sup>3</sup>. Pada waktu pengadukan 60 detik didapat nilai *apparent density* berturut-turut 2,556 gr/cm<sup>3</sup>, 2,558gr/cm<sup>3</sup>, 2,528 gr/cm<sup>3</sup> dengan rata-rata nilai *apparent density* sebesar 2,547 gr/cm<sup>3</sup>.

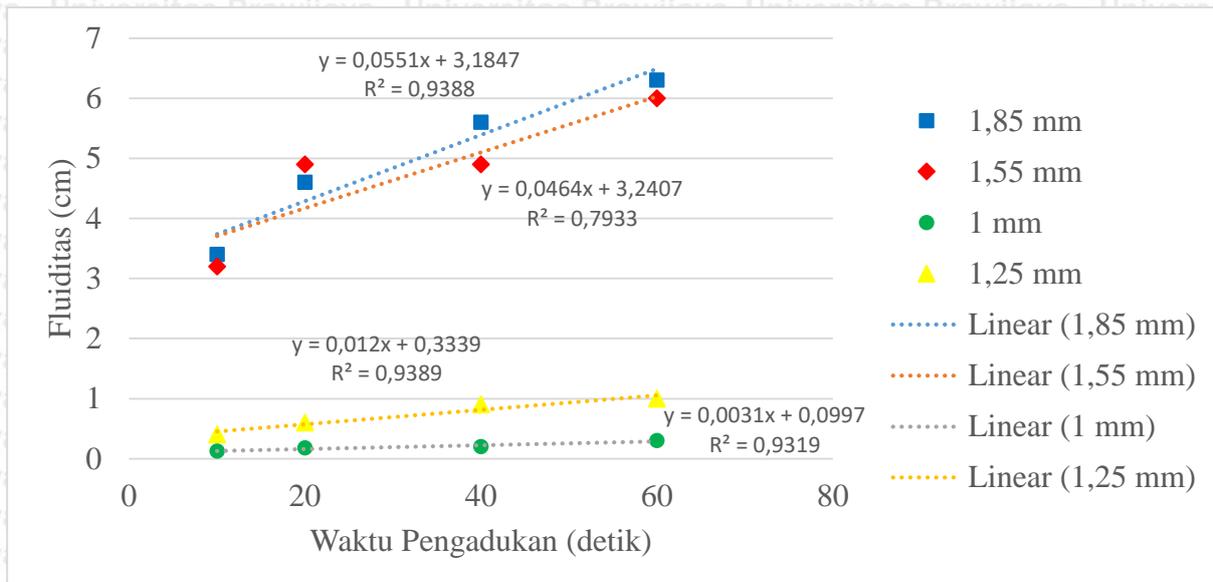
### 4.3 Pembahasan

#### 4.3.1 Hasil Uji Fluiditas

Dari hasil proses *rheocasting* Al-Mg-Si yang terdapat pada tabel 4.1 didapat nilai fluiditas meningkat pada semua ketebalan rongga cetakan yang berbeda-beda seiring dengan semakin lamanya waktu pengadukan. Nilai fluiditas yang tertinggi terdapat pada ketebalan rongga cetakan 1,85 mm dengan waktu pengadukan 60 detik sebesar 6,3 cm. Sedangkan untuk nilai fluiditas yang terendah terdapat pada ketebalan rongga cetakan 1 mm dengan waktu pengadukan 10 detik sebesar 0,128 mm.



Gambar 4.1 Hasil Uji Fluiditas a). 10 detik b). 20 detik c). 40 detik d). 60 detik



Gambar 4.2 Hubungan waktu pengadukan dengan fluiditas Al-Mg-Si hasil proses *rheocasting*

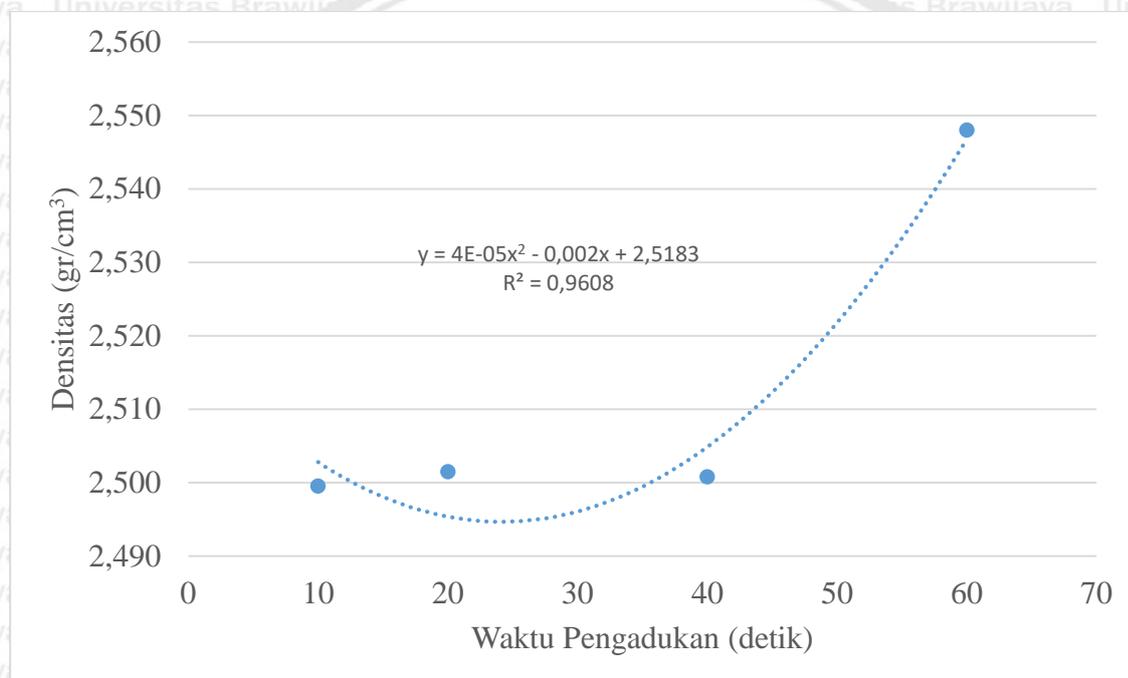
Pada gambar 4.2 dapat dilihat bahwa terdapat peningkatan nilai fluiditas seiring bertambahnya waktu pengadukan. Dari gambar diatas dapat diketahui bahwa rongga cetakan dengan tebal yang lebih besar akan lebih mudah diisi oleh logam cair daripada rongga cetakan dengan ketebalan yang lebih rendah. Hal ini sesuai dengan dasar teori bahwa logam cair cenderung akan lebih mudah untuk mengisi rongga cetakan yang lebih besar. Untuk rongga cetakan dengan ketebalan 1 mm fluiditasnya meningkat seiring bertambahnya waktu pengadukan dengan nilai sebesar 0,128 mm, 0,179 mm, 0,2 mm, 0,3 mm. Untuk rongga cetakan dengan ketebalan 1,25 mm fluiditasnya meningkat seiring bertambahnya waktu pengadukan dengan nilai sebesar 0,4 mm, 0,6 mm, 0,9 mm, 1 mm. Untuk rongga cetakan dengan ketebalan 1,55 mm fluiditasnya meningkat seiring bertambahnya waktu pengadukan dengan nilai sebesar 3,2 mm, 4,9 mm, 4,9 mm, 6 mm. Untuk rongga cetakan dengan ketebalan 1,85 mm fluiditasnya meningkat seiring bertambahnya waktu pengadukan dengan nilai sebesar 3,4 mm, 4,6 mm, 5,6 mm, 6,3 mm.

Hal ini disebabkan pada proses *rheocasting* dengan dilakukan pengadukan pada logam cair menyebabkan terpotongnya lengan-lengan dendrit sehingga membentuk sturktur yang globular. Dengan semakin lama waktu pengadukan lengan dendrit yang terpotong akan semakin banyak dan menyebabkan butiran akan lebih halus dan *globular*. Akibatnya hambatan alir dari logam tersebut akan berkurang sehingga menyebabkan fluiditasnya meningkat. Selain itu dengan semakin besarnya rongga cetakan fluiditasnya juga semakin besar, hal itu dikarenakan logam akan lebih mudah mengisi ke rongga cetak dengan ukuran yang lebih besar.

Sebaliknya dengan semakin kecilnya rongga cetakan maka fluiditasnya juga akan semakin kecil karena logam kesulitan untuk mengisi rongga cetakan tersebut.

#### 4.3.2 Hasil Uji Densitas

Densitas atau yang sering disebut massa jenis merupakan suatu ukuran yang merupakan perbandingan antara massa/berat dengan volume. Dari pengujian piknometri didapat nilai dari *apparent density*. Besarnya nilai *apparent density* didapat dengan mengukur berat spesimen dengan cara membandingkan antara spesimen dengan sebuah cairan. Sehingga didapat data seperti pada tabel 4.2.

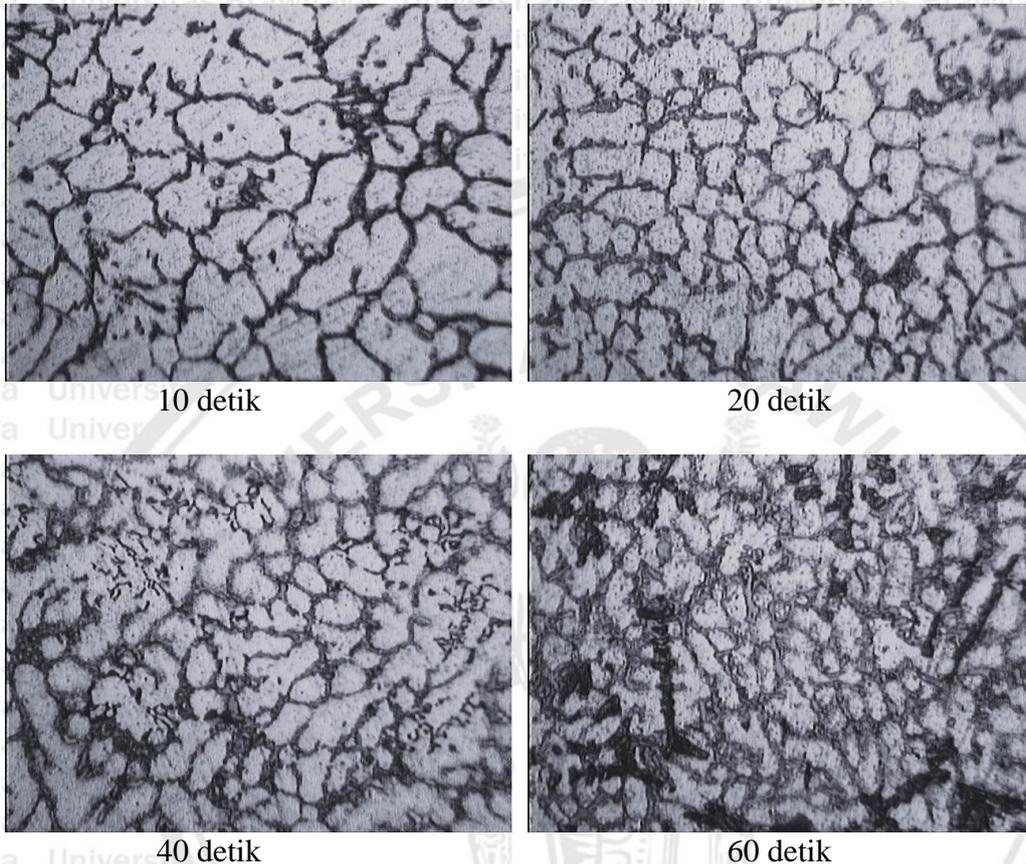


Gambar 4.3 Hubungan waktu pengadukan dengan densitas produk coran

Dari gambar 4.2 dapat dilihat bahwa seiring bertambahnya pengadukan meningkat pula densitas dari produk coran. Untuk pengadukan dengan 10 detik didapat nilai *density* sebesar 2,499 gr/cm<sup>3</sup>, pengadukan 20 detik sebesar 2,501 gr/cm<sup>3</sup>, pengadukan 40 detik sebesar 2,500 gr/cm<sup>3</sup>, dan pengadukan 60 detik sebesar 2,54 gr/cm<sup>3</sup>. Hal ini disebabkan dengan adanya pengadukan logam cair pada proses *rheocasting* mengakibatkan lengan-lengan dendrit akan terpotong. Sehingga awalnya bentuk butir yang dendritik akan berubah menjadi globular. Semakin lama waktu pengadukan akan membuat butir yang terpotong akan semakin banyak dan butir yang sudah terpotong nantinya akan terpotong lagi menjadi ukuran yang lebih kecil. Sehingga dengan bentuk butir yang globular dan lebih kecil akan memudahkan untuk butir

tersebut mengisi ruang yang kosong sehingga kerapatan massa dari sebuah logam akan meningkat yang akan meningkatkan densitasnya juga.

#### 4.3.3 Hasil Foto Mikrostruktur



Gambar 4.4 Hasil Foto Mikrostruktur spesimen dengan perbesaran 400x

Dari gambar 4.4 di atas dapat dilihat bahwa dari pengadukan 10 detik, 20 detik, 40 detik, 60 detik bahwa ukuran butirnya berbentuk *globular* dan semakin kecil. Pada proses *semisolid rheocasting* butir yang awalnya berbentuk dendritik lengan-lengannya terlepas dari akarnya. Hal itu terjadi karena adanya gaya geser yang disebabkan oleh proses pengadukan logam cair. Dengan semakin lamanya waktu pengadukan butir yang sudah mulai berikatan akan terpecah kembali dengan adanya pengadukan sehingga ukurannya semakin lama akan semakin kecil.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Pada pengujian densitas produk coran dan fluiditas pada proses *rheocasting* dapat disimpulkan bahwa :

1. Pada proses *rheocasting* Al-Mg-Si variasi waktu pengadukan mempengaruhi nilai fluiditas. Semakin lamanya pengadukan menyebabkan fluiditas juga meningkat. Dikarenakan dengan butiran yang *globular* akan menurunkan hambatan alirnya dan memudahkan logam mengalir. Nilai fluiditas tertinggi terdapat pada saluran dengan tebal 1,85 mm yaitu 6,3 cm. Sedangkan untuk nilai fluiditas yang terendah terdapat pada saluran dengan tebal 1 mm yaitu 0,128 mm.
2. Pada proses *rheocasting* Al-Mg-Si variasi waktu pengadukan mempengaruhi nilai densitas produk coran. Peningkatan waktu pengadukan 10 detik, 20 detik, 40 detik, 60 detik menyebabkan nilai densitas produk coran meningkat pula. Dikarenakan dengan butiran yang *globular* akan memudahkan butiran mengisi rongga kosong sehingga tidak ada udara yang terjebak. Nilai densitas tertinggi yaitu 2,547 gr/cm<sup>3</sup> pada waktu pengadukan 60 detik. Dan nilai densitas terendah yaitu 2,499 gr/cm<sup>3</sup> dengan waktu pengadukan 10 detik.

#### 5.2 Saran

1. Sebaiknya untuk membuat hasil produk coran yang maksimal dan fluiditas yang baik dengan ketebalan yang tipis pada pengecoran *semisolid* dapat menggunakan metode *rheo-diecasting*.
2. Pada proses *rheocasting* harus selalu diperhatikan suhu penuangan dari logam sehingga tepat pada kondisi *semisolid*.

## DAFTAR PUSTAKA

- ASM Handbook. Vol. 2. (1990). *Properties and Selection: Nonferrous Alloys Special-Purpose Materials*. ASM
- Beeley, Peter. (2001). *Foundry Technology Second Edition*. Britain : Butterworth-Heinemann
- Campbell, J., & Harding, R.A. (1994). *The Fluidity of Molten Metals, Training in Aluminium Application Technologies (Talat ) Lecture 3205*.
- Ivanchev, L., Wilkins, D., Govender, G., Du Preez, W. & Bean, R. (2008). *Rheo-processing of semi-solid metal alloys: a new technology for manufacturing automotive and aerospace components*. *South African Journal of Science*. 104 : 257-259.
- Kalpajian, S., Schmid, S.R. (2009). *Manufacturing, Engineering and Technology (6th ed)*. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall
- Mirzadeh, H. & Niroumand, B. (2009). *Fluidity of Al-Si Semisolid Slurry During Rheocasting By a Novel Process*. *Journal of Material Processing Technology*. 209 : 4977-4982.
- Nafisi, Shahrooz. & Ghomashchi, Reza. (2016). *Semi-Solid Processing of Aluminum Alloys*. Switzerland : Springer
- Sabatino, M. Di. & Arnberg L. (2005). *A Review On The Fluidity Of Al Based Alloys*. Trondheim : Norwegian University of Science and Technology.
- Sumanth, M., Reddy, A. Chennakesava. & Murti, V.S.R. (1999). *Fluidity Testing On Al-Si-Mg Cast Alloys*. Hyderabad : Osmania University
- Surdia, Tata & Saito, Shinroku. (1999). *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta : PT. Pradnya Paramita.
- Surdia, Tata. & Chijiwa, Kenji. (1999). *Teknik Pengecoran Logam*. Jakarta : PT. Pradnya Paramita.
- Tiwan. (2007). *Analisis Kualitas Produk Alumunium yang Dicetak Dalam Fase Semi Solid Liquid ditinjau dari Sifat Fisis dan Mekanis*. Yogyakarta : Universitas Yogyakarta.