



**PENGARUH FRAKSI VELG DAN PISTON PADUAN Al-Si PADA
PROSES RECYCLING CASTING TERHADAP EFISIENSI
PELEBURAN DAN YIELD CASTING**

SKRIPSI

TEKNIK MESIN KONSENTRASI TEKNIK MANUFAKTUR

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



RONY SATRIA PRATAMA
NIM. 145060207111001

UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG

2018

LEMBAR PENGESAHAN
PENGARUH FRAKSI *VELG* DAN *PISTON* PADUAN Al-Si PADA
PROSES *RECYCLING CASTING* TERHADAP EFISIENSI
PELEBURAN DAN *YIELD CASTING*

SKRIPSI
TEKNIK MESIN KONSENTRASI TEKNIK MANUFAKTUR

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



RONY SATRIA PRATAMA

NIM. 145060207111001

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing pada
tanggal 20 Desember 2018

Dosen Pembimbing I

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

Dosen Pembimbing II

Dr. Femiana Gapsari Madhi Fitri, ST., MT.
NIP. 19820704 200812 2 002

Mengetahui,
Ketua Program Studi S1



Dr. Eng. Mega Nur Sasongko, ST., MT.
NIP. 19740930 200012 1 001

**JUDUL SKRIPSI**

Pengaruh Fraksi *Velg* Dan *Piston* Paduan Al-Si Pada Proses *Recycling-Casting* Terhadap Efisiensi Peleburan Dan *Yield Casting*

Nama Mahasiswa : Rony Satria Pratama
NIM : 145060207111001
Program Studi : Teknik Mesin
Konsentrasi : Teknik Manufaktur

KOMISI PEMBIMBING

Dosen Pembimbing 1 : Prof. Dr. Ir. WahyonoSuprpto, MT.Met.
Dosen Pembimbing 2 : Dr. Femiana Gapsari Madhi Fitri, ST., MT.

TIM DOSEN PENGUJI

Dosen Penguji 1 : Dr. Ir. Achmad As'ad sonief, MT.
Dosen Penguji 2 : Moch. Syamsul Ma'arif, ST., MT.
Dosen Penguji 3 : Redi Bintarto, ST., M.Eng.Pract
Tanggal Ujian : 12 Desember 2018
SK Penguji : 2791/UN10.F07/SK/2018



UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM SARJANA



SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI

Nomor : 154/UN10.F07.12.21/PP/2018

Sertifikat ini diberikan kepada :

RONY SATRIA PRATAMA

Dengan Judul Skripsi :

**PENGARUH FRAKSI VELG DAN PISTON PADUAN Al-Si PADA PROSES RECYCLING
CASTING TERHADAP EFISIENSI PELEBURAN DAN YIELD CASTING**

Telah dideteksi tingkat plagiasinya dengan kriteria toleransi $\leq 20\%$, dan dinyatakan Bebas dari Plagiasi pada tanggal **18 DEC 2018**



Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Djarot B. Darmadi, MT., Ph.D
NIP. 19670518 199412 1 001

Ketua Program Studi S1 Teknik Mesin

Dr. Eng. Mega Nur Sasongko, ST., MT
NIP. 19740930 200012 1 001

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran 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, 20 Desember 2018

Mahasiswa



Rony Satria Pratama

NIM. 145060207111001

KATA PENGANTAR

Pertama-tama puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “**Pengaruh Fraksi Velg dan Piston Paduan Al-Si Pada Proses Recycling Casting Terhadap Efisiensi Peleburan Dan Yield Casting**”, yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) di Jurusan Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.

Pada kesempatan ini, selain kepada Tuhan Yang Maha Esa, penulis juga ingin mengucapkan terimakasih kepada seluruh pihak yang membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini, yaitu:

1. Bapak Ir. Djarot B. Darmadi, MT., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Mesin dan Bapak Teguh Dwi Widodo, ST., M.Eng, Ph.D., selaku Sekretaris Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang yang telah memfasilitasi penulis dalam menyusun tugas akhir ini.
2. Bapak Ir. Tjuk Oerbandono, MSc. CSE., selaku Ketua Kelompok Dosen Konsentrasi Teknik Produksi yang telah memfasilitasi penulis dalam menyusun tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. Ir. Wahyono Suprpto, MT., Met., selaku Dosen Pembimbing I dan Ketua Kelompok Dosen Konsentrasi Teknik Material yang telah memberikan bimbingan, ilmu, pengarahan, dan saran kepada penulis selama proses penyusunan tugas akhir ini.
4. Dr. Femiana Gapsari F, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing II yang juga telah memberikan bimbingan, ilmu, pengarahan, dan saran kepada penulis selama proses penyusunan tugas akhir ini.
5. Mama dan Bapak, yang selalu menanyakan perkembangan skripsi penulis dan yang selalu memberikan semangat kepada penulis untuk pembuatan laporan skripsi.
6. Ariandi pandjaitan, Pradifta Satya P, dan M. Nuzul Fahri Husaini selaku sahabat sekaligus teman sekelompok penulis dalam penyusunan tugas akhir, yang telah membantu, bertukar ilmu, memberikan semangat, dan segelintir jasa-jasa yang tak bisa saya sebutkan.
7. Mas Andi dan Mas Tian selaku instruktur Laboratorium $\alpha\beta$ Landungsari yang telah membantu dan mengajarkan penulis dalam melakukan penelitian.

Malang, Desember 2018

Penulis



**DAFTAR ISI**

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR LAMPIRAN	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.4.1 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Sebelumnya	5
2.2 <i>Velg</i>	5
2.3 <i>Piston</i>	6
2.4 <i>pulley</i>	7
2.5 Aluminium dan Paduannya	8
2.5.1 Sifat Sifat Aluminium	9
2.5.2 Paduan Aluminium	9
2.6 Diagram Fasa Al-Si	11
2.7 Peleburan Logam	12
2.8 Pengaruh Si Terhadap Paduan	13
2.9 Fluiditas	14
2.10 Pengecoran Logam	15
2.11 Jenis Cetakan	18
2.12 Terak	22
2.13 Penuangan Logam	22
2.14 Solidifikasi	23
2.15 Kekasaran Permukaan	24
2.16 Sistem Saluran (<i>Gating System</i>)	24



Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya
2.17 <i>Yield Casting</i>	Repository Universitas Brawijaya	26
2.18 Efisiensi Peleburan	Repository Universitas Brawijaya	26
2.19 Hipotesis	Repository Universitas Brawijaya	26
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	Repository Universitas Brawijaya	29
3.1 Metode Penelitian	Repository Universitas Brawijaya	29
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	Repository Universitas Brawijaya	29
3.3 Variabel Penelitian	Repository Universitas Brawijaya	29
3.3.1 Variabel Bebas	Repository Universitas Brawijaya	29
3.3.2 Variabel Terikat	Repository Universitas Brawijaya	29
3.3.3 Variabel Terkontrol	Repository Universitas Brawijaya	30
3.4 Persiapan Penelitian	Repository Universitas Brawijaya	30
3.4.1 Alat Penelitian	Repository Universitas Brawijaya	30
3.4.2 Bahan	Repository Universitas Brawijaya	32
3.5 Desain Cetakan <i>Permanent Mold</i>	Repository Universitas Brawijaya	34
3.5.1 Desain Cetakan Dalam Bentuk Ingot	Repository Universitas Brawijaya	34
3.5.2 Desain Bentuk <i>Pulley</i>	Repository Universitas Brawijaya	34
3.6 Prosedur Penelitian	Repository Universitas Brawijaya	34
3.7 Rancangan Penelitian	Repository Universitas Brawijaya	35
3.7.1 Prosedur Pengujian Efisiensi Peleburan	Repository Universitas Brawijaya	35
3.7.2 Prosedur Pengujian <i>Yield Casting</i>	Repository Universitas Brawijaya	35
3.8 Rancangan Pengambilan Data Efisiensi Peleburan	Repository Universitas Brawijaya	36
3.9 Rancangan Pengambilan Data <i>Yield Casting</i>	Repository Universitas Brawijaya	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	Repository Universitas Brawijaya	37
4.1 Hasil Dari Produk Coran yang didapatkan Setelah Proses Peleburan	Repository Universitas Brawijaya	37
4.2 Data Hasil Pengujian Komposisi	Repository Universitas Brawijaya	38
4.3 Data Hasil Pengujian Efisiensi Peleburan	Repository Universitas Brawijaya	39
4.4 Data Hasil Pengujian <i>Yield Casting</i>	Repository Universitas Brawijaya	41
4.5 Data Kekasaran Permukaan	Repository Universitas Brawijaya	43
BAB V PENUTUP	Repository Universitas Brawijaya	45
5.1 Kesimpulan	Repository Universitas Brawijaya	45
5.2 Saran	Repository Universitas Brawijaya	45
DAFTAR PUSTAKA	Repository Universitas Brawijaya	45
LAMPIRAN	Repository Universitas Brawijaya	45



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Komposisi Kimia <i>Velg</i>	6
Tabel 2.2	Komposisi <i>Piston</i>	7
Tabel 2.3	Penamaan Aluminium Tempa	8
Tabel 2.4	Sifat Fisik Aluminium	9
Tabel 2.5	Cetakan Permanen dan Cetakan Pasir	21
Tabel 2.6	Macam Cetakan Permanen dan Cetakan <i>Expendable</i>	21
Tabel 3.1	Data Hasil Pengujian Komposisi Limbah <i>Velg</i> dan <i>Piston</i>	33
Tabel 3.2	Rancangan Pengambilan Data Efisiensi Peleburan	36
Tabel 3.3	Rancangan Pengambilan Data <i>Yield Casting</i>	36
Tabel 4.1	Data Pengujian Komposisi	39
Tabel 4.2	Efisiensi Peleburan	40
Tabel 4.3	<i>Yield Casting</i>	41
Tabel 4.4	Uji Kekasaran	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>Velg</i>	6
Gambar 2.2	<i>Piston</i>	7
Gambar 2.3	<i>Pulley</i>	8
Gambar 2.4	Diagram fasa Al-Si	11
Gambar 2.5	Proses peleburan logam di tungku	12
Gambar 2.6	Diagram alir proses pengecoran logam.....	18
Gambar 2.7	Macam bentuk cetakan.....	19
Gambar 2.8	<i>Slag</i>	22
Gambar 2.9	Grafik pembekuan logam murni dan paduan	23
Gambar 2.10	<i>Roughness tester</i>	24
Gambar 2.11	Parameter kekasaran permukaan.....	24
Gambar 2.12	Desain sistem saluran	25
Gambar 3.1	Timbangan elektrik	30
Gambar 3.2	Tungku peleburan	31
Gambar 3.3	Cetakan permanen.....	31
Gambar 3.4	<i>Hand gloves</i>	31
Gambar 3.5	Cetakan <i>pulley</i>	32
Gambar 3.6	<i>Thermogun</i>	32
Gambar 3.7	Aluminium bekas <i>velg</i> dan <i>piston</i>	33
Gambar 3.8	Desain cetakan ingot.....	34
Gambar 3.9	Desain benda kerja <i>pulley</i>	34
Gambar 4.1	<i>Pulley</i> variasi 1, 2, 3.....	37
Gambar 4.3	<i>Pulley</i> tampak atas (setelah <i>finishing</i>).....	37
Gambar 4.4	<i>Pulley</i> tampak samping (setelah <i>finishing</i>).....	37
Gambar 4.5	Terak.....	48
Gambar 4.6	Grafik efisiensi peleburan.....	40
Gambar 4.7	Grafik <i>yield casting</i>	42
Gambar 4.8	Titik pengambilan Data kekasaran.....	43
Gambar 4.8	Grafik nilai kekasaran permukaan.....	43



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Uji Komposisi

Lampiran 2 Data Uji Kekasaran



RINGKASAN

Rony Satria Pratama, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, November 2018, Pengaruh Fraksi *Velg* dan *Piston Paduan Al-Si* Pada Proses *Recycling Casting* Terhadap Efisiensi Peleburan dan *Yield Casting*, Dosen Pembimbing: Wahyono Suprpto dan Femiana Gapsari.

Efisiensi peleburan adalah perbandingan antara logam masuk tungku dengan logam yang menjadi produk, *slag* dan aluminium yang masih melekat pada ladle dapat mempengaruhi efisiensi peleburan. Sedangkan *yield casting* adalah perbandingan antara produk baik dengan produk sebelum di finishing. Salah satu faktor yang mempengaruhi kedua hal tersebut adalah perbandingan komposisi bahan baku. Dengan fraksi berat antara *velg* dan *piston* maka efisiensi peleburan dan *yield casting* yang di hasilkan berbeda karena unsur pada kandungan *velg* dan *piston* berbeda.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh fraksi *velg* dan *piston* paduan Al-Si pada proses *recycling casting* terhadap efisiensi peleburan dan *yield casting*. Dengan variasi perbedaan fraksi berat *velg* dan *piston* masing-masing sebagai berikut: 60%:40%, 50%:50%, dan 40%:60% dari berat total per bahan baku 2,6 kilogram.

Hasil dari penelitian ini didapatkan bahwa nilai tertinggi dari efisiensi peleburan yaitu pada fraksi 60% piston dan 40% *velg* dengan efisiensi peleburan 89,823% sedangkan nilai terendah yaitu pada fraksi 40% piston dan 60% *velg* dengan nilai efisiensi peleburan 85%. Hasil tertinggi pada *yield casting* yaitu dengan fraksi 60% piston dan 40% *velg* dengan nilai yang di dapat adalah 91,89% sedangkan nilai terendah adalah pada fraksi 40% piston dan 60% *velg* dengan nilai 89,69%. Hal ini di sebabkan karena produk yang digunakan adalah produk baik sehingga *gating system* pada produk cor harus dipotong pada saat proses permesinan, permukaan pada produk cor juga di bubut hingga rata dan halus sehingga spesimen yang lebih kasar akan kehilangan banyak logam.

Kata kunci: efisiensi peleburan, pengecoran, *recycling*, *yield casting*



SUMMARY

Rony Satria Pratama. Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering, Universitas Brawijaya, December 2018, *The Effect of Alloy Wheels And Piston Al-Si Alloys on The Recycling Casting Process on Smelting Efficiency And Casting Yield*, Academic Supervisor: Wahyono Suprpto and Femiana Gapsari.

The efficiency of melting is the comparison between the metal entering the furnace and the metal that becomes the product, the slag and aluminum which are still attached to the ladle can affect the efficiency of smelting. While yield casting is a comparison between good products and products before finishing. One of the factors that influence these two things is the raw material used. With the heavy fraction between alloy wheels and pistons, the smelting efficiency and yield of the casting produced are different because the elements in the alloy and piston content are different. The purpose of this study was to determine the effect of alloy wheels and piston Al-Si alloys on the recycling casting process on melting efficiency and casting yield. With variations in the difference in weight fraction of alloy wheels and pistons, respectively: 60%: 40%, 50%:50%, and 40%:60% from the total weight per raw material of 2,6 kilograms. The results of this study found that the highest value of melting efficiency is in the 60% fraction of piston and 40% alloy wheels with a smelting efficiency of 89.823% while the lowest value is in the fraction of 40% piston and 60% alloy wheels with 85% smelting efficiency. The highest yield on yield casting was 60% piston fraction and 40% alloy wheels with the value obtained is 91.89% while the lowest value is 40% piston fraction and 60% alloy wheels with a value of 89.69%. The main factor was machining process is cut the workpiece so that coarse specimen lost more metal to smoother one.

Keywords: casting, casting yield, smelting efficiency, recycling



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah negara dengan pemakaian kendaraan terbanyak. Dari data badan pusat statistic(bps) bahwa jumlah kendaraan ditahun 2013 adalah 104.118.969 unit, 2014 adalah 114.209.260 unit, 2015 adalah 121.394.185 unit, 2016 mencapai 129.281.079 unit, diperkirakan pada tahun 2020 akan meningkat \pm 157.281.079 unit. Dalam hal teknologi selalu diiringi oleh kebutuhan bahan penunjangnya seperti *body* sepeda motor yang hampir sekitar 70% sebagian terbuat dari logam. Dalam pasar international, permintaan konsumen dari Negara-negara seperti Indonesia semakin meningkat tiap tahunnya lebih tepatnya seperti produk dengan bahan dasar logam. Akibat yang ditimbulkan terhadap meningkatnya permintaan maka dapat menimbulkan ketersediaan bahan-bahan dasar yang tersedia di alam semakin menipis. Selain itu dengan adanya peningkatan produksi dari material logam dapat menghasilkan suatu limbah padat yang mencemari lingkungan, sehingga untuk mengatasi permasalahan tersebut perlu didaur ulang/*recycling casting* untuk material logam agar bisa dipergunakan kembali (Budiyono, 2012). *Recycling* adalah proses daur ulang yang sangat efektif dan efisien karena dapat mendaur ulang segala jenis logam dan bahannya dapat ditemukan seperti kendaraan yang sudah tidak terpakai maka tidak perlu lagi membeli bahan logam dan proses pengecoran ini lebih meminimalisir biaya produksi. Untuk memproduksi aluminium diperlukan energi yang sangat besar sedangkan jumlah persediaan material tersebut semakin menipis. Proses *recycling* pada pengecoran dapat mengurangi energi yang dibutuhkan saat peleburan yaitu hanya membutuhkan 5% dibandingkan dengan proses peleburan dari logam murni (Nukman, 2009).

Pengecoran logam adalah salah satu metode langsung pembuatan geometri komponen yang diinginkan. Prinsip pembuatan pengecoran melibatkan pembuatan rongga didalam cetakan dan membiarkan logam membeku dalam cetakan tersebut lalu cetakan dibongkar (Suprpto, 2015). Penuangan logam cair ke dalam cetakan sangat berpotensi terjadi cacat pada produk cor dalam pengecoran menggunakan *sand casting*. Cacat yang terjadi yaitu inklusi pasir dan juga benda kerja yang dihasilkan lebih minim maka biaya yang dibutuhkan lebih banyak. Untuk itu dilakukan pengecoran dengan *permanent mold casting*. Metode ini menghasilkan cacat yang lebih sedikit dan produk yang dihasilkan lebih banyak karena cetakan dapat digunakan berkali-kali, biaya produk yang dihasilkan lebih rendah.

Aluminium adalah salah satu material yang ada dalam *part* kendaraan, seperti *velg* yang dari segi bobotnya yang lebih ringan dan tahan terhadap karat. Selain itu *velg* yang terbuat dari aluminium memiliki biaya produksi yang rendah dan juga *piston* yang terbuat dari aluminium karena tahan terhadap suhu tinggi. Aluminium dapat ditemukan dimana saja dan aluminium dalam bentuk *scrap* juga sering dijumpai, oleh sebab itu bahan untuk mendaur ulang (*recycling*) aluminium lebih mudah ditemui dan dengan proses pengecoran logam yang mana aluminium *scrap* dileburkan dan dicetak kembali maka bahan aluminium yang sudah tidak terpakai dapat digunakan kembali. Proses peleburan aluminium juga lebih hemat energi dibandingkan dengan material seperti besi/baja karena titik leburnya lebih rendah sehingga energi yang dibutuhkan untuk meleburkan tidak terlalu banyak.

Aluminium yang dileburkan dituang ke dalam rongga cetakan sehingga berbentuk sesuai dengan rongga cetakan yang telah dibuat. Bentuk *ingot* dan *pulley* adalah bentuk yang mudah dibentuk dan dapat dipasarkan kembali kepada perusahaan-perusahaan manufaktur. Pada *Velg* bekas dan *piston* bekas mempunyai kadar Si yang berbeda-beda seperti *Velg* yang biasanya mempunyai kadar Si 8% sedangkan *piston* mempunyai kadar Si 10%. Dalam *recycling casting* pada *velg* dan *piston* terdapat beberapa kelebihan yaitu bahan yang mudah didapatkan mengurangi sampah aluminium, penghematan terhadap bahan baku, dan dapat memanfaatkan produk sebesar besarnya. Ketika saat proses pengecoran ada beberapa yang dapat mempengaruhi efisiensi peleburan seperti *slag* dan aluminium yang melekat pada *ladel*.

Efisiensi peleburan adalah berat logam cair dibandingkan dengan berat logam yang masuk ke dalam tungku dimana logam cair dilihat dari logam masuk tungku dikurangkan dengan *slag* dan aluminium yang melekat pada *ladel*. Efisiensi peleburan sangat diperlukan agar bahan baku yang digunakan tidak banyak yang terbuang saat proses peleburan sehingga akan mengurangi biaya yang dibutuhkan. Efisiensi peleburan diperoleh dari banyaknya *slag* dan aluminium yang melekat. *Slag* bisa berupa kotoran yang ketika saat proses peleburan mengapung karena massa jenis *slag* lebih rendah dari pada aluminium. Aluminium yang melekat pada *ladel* terjadi karena saat penuangan logam cair ke dalam cetakan tidak 100% logam masuk dalam cetakan karena ada beberapa aluminium yang tertinggal dan membeku dalam *ladel*. Semakin banyak *slag* dan aluminium yang melekat pada *ladel* maka semakin banyak juga aluminium yang terbuang saat proses peleburan. Selain efisiensi peleburan, yang mempengaruhi efisiensi penggunaan bahan baku dalam proses pengecoran logam adalah *yield casting*.

Yield casting adalah perbandingan antara berat benda cor jadi (setelah *finishing*) dengan berat tuangan/berat benda cor (sebelum *finishing*) + berat *gating system* (Nandagopal, 2017).

Hal yang dapat mempengaruhi *yield casting* adalah banyaknya *gating system* yang digunakan.

Semakin banyak *gating system* yang digunakan maka semakin rendah *yield casting*nya.

Selain *gating system*, kualitas produk cor juga dapat mempengaruhi *yield casting* karena

yield casting diperoleh setelah produk cor di *finishing*/proses permesinan. Semakin

banyaknya cacat yang dihasilkan pada produk coran maka semakin banyak juga logam yang

terbuang karena saat pembubutan, produk baik yang dihasilkan. Dengan menggunakan

permanent mold pada penuangan langsung maka tidak membutuhkan banyak *gating system*

dan produk yang dihasilkan lebih baik karena cacat yang dihasilkan lebih sedikit karena

permukaan pada *permanent mold* lebih halus dibandingkan dengan *expendable mold*.

Dari semua yang sudah dijelaskan diatas, maka penulis ingin melakukan penelitian

tentang pengaruh *recycling* dengan bahan *velg* dan *piston* terhadap *yield casting* dan efisiensi

peleburan dalam bentuk bahan *ingot* dan *pulley* dengan menggunakan cetakan permanent.

Dari penelitian diharapkan adanya produk coran dalam bentuk bahan *ingot* dan *pulley* yang

baik untuk dapat dipasarkan serta mengatasi masalah-masalah dalam proses pengecoran

recycling.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun yang menjadi rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Berapa berat *Slag* dan aluminium yang melekat pada ladle ketika proses pengecoran terhadap efisiensi peleburan?
2. Berapa efisiensi peleburan pada proses daur ulang *recycling velg* dan *piston*?
3. Berapa *yield casting* pada *ingot* dan *pulley* pada proses *recycling* menggunakan *velg* dan *piston*?

1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan dari materi skripsi yang penulis ajukan tidak melebar, maka diperlukannya batasan masalah. Batasan masalah dari skripsi ini adalah:

1. *Yield casting* yang diteliti hanya pada produk yang dihasilkan saja
2. Material yang digunakan hanya Aluminium bekas dari *velg* dan *piston*
3. Paduan yang digunakan hanya Al-Si
4. Waktu untuk peleburan pada setiap variasi sama



4

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui berat *slag* dan aluminium sisa yang tertempel pada ladle ketika proses pengecoran.
2. Mengetahui besarnya efisiensi peleburan yang didapatkan pada saat peleburan menggunakan *velg* dan *piston*.
3. Mengetahui pengaruh pengecoran daur ulang (*recycling*) pada bahan *velg* dan *piston* terhadap *yield casting*.

1.4.1 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Sebagai wahana untuk melatih dan mengembangkan kemampuan dalam bidang penelitian, serta menambah wawasan dan pengetahuan tentang pengaruh *recycling velg* dan *piston* terhadap *yield casting* ingot dari cetakan permanen.
2. Dari hasil penelitian ini maka diharapkan berkurangnya produksi bahan dasar logam sehingga mengurangi penipisan di alam.
3. Bisa diterapkan pada industri pengecoran logam dan dengan hasil penelitian ini diharapkan agar pelaku industri lebih banyak memanfaatkan bahan bekas untuk di *recycling* dan dapat mengurangi limbah logam yang ada disekitar.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian sebelumnya

Mohamad (2015) dalam penelitiannya menjelaskan bahwa desain pada *gating system* khusus nya pada penempatan dan ukuran *riser* sangat berpengaruh pada saat logam cair mengalami solidifikasi yang nantinya mempengaruhi *yield casting*.

Shandy (2012) dalam penelitiannya menjelaskan bahwa hasil peningkatan *yield casting* didapatkan pada desain ke -4 dengan mengurangi ukuran diameter *gating system* dari 70 mm menjadi 50 mm. nilai *yield casting* yang didapat 68,29% meningkat 9,29% dari penelitian sebelumnya.

Mauliansyah (2017) dalam penelitiannya menjelaskan bahwa waktu pengadukan membuat efisiensi produk corannya semakin meningkat. Dengan pengadukan terendah yaitu 10 detik, besar efisiensi produk corannya adalah 90,058%. Sedangkan pada pengadukan paling tinggi yaitu 60 detik memiliki nilai efisiensi produk coran 90,768%.

2.2 *Velg*

Velg atau *rim* adalah lingkaran luar logam yang sudah didesain dengan bentuk sesuai standar, dan sebagai tempat terpasangnya ban pada kendaraan seperti motor dapat dilihat pada Gambar 2.1. *Velg* merupakan komponen yang mengalami pembebanan dinamis pada saat sepeda motor dijalankan. Pembebanan tersebut dapat menyebabkan terjadinya konsentrasi tegangan. Konsentrasi tegangan yang terjadi dalam siklus waktu tertentu dapat menyebabkan terjadinya keretakan. Perambatan retak akan terjadi apabila *velg* mengalami pembebanan secara terus menerus walaupun dalam kondisi beban normal sehingga dapat menyebabkan terjadinya kegagalan pada *velg*. Material aluminium merupakan salah satu material yang dipakai sebagai bahan dasar pembuatan *velg*. Aluminium dipilih karena memiliki berbagai macam kelebihan contohnya ringan, *machine ability*, penghantar panas yang baik, selain itu aluminium juga tahan terhadap korosi. Pembuatan *velg* dengan material aluminium juga menghemat biaya karena sisa dari hasil produksi aluminium dapat dilebur dan digunakan untuk mencetak produk yang lainnya.

Proses pembuatan *velg* umumnya dengan cara *forging* atau *forged*. Dalam proses *forging*, logam padat yang dipakai hanya bisa menggunakan logam-ogam dengan karakter bahan yang kuat serta ringan. Komposisi material pada *velg* dapat dilihat pada Tabel 2.1.

limbah *velg* mobil yang terbuat dari paduan aluminium dan silikon. Paduan ini memiliki daya tahan terhadap korosi, abrasi dan koefisien pemuaian yang rendah, disamping itu mempunyai kekuatan yang tinggi, kesemua sifat tersebut merupakan sifat yang harus dimiliki oleh material *velg*. (H.Samsudi Raharjo 2010).

Tabel 2.1
Komposisi Kimia Velg

Unsur	Komposisi (%wt)	Unsur	Komposisi (%wt)
Al	92,89	Sn	0,025
Si	6,23	Ti	0,177
Fe	0,178	Pb	0,0012
Cu	0,0017	Ca	0,0017
Mn	0,015	Mg	0,411
Cr	0,0041	Sr	0,036
Ni	0,0078	V	0,020

Sumber: ASM International (2004)



Gambar 2.1 Velg vessel R16

2.3 Piston

Piston yang dalam bahasa Indonesia dikenal dengan istilah torak adalah komponen penting dalam kendaraan bermotor, karena *piston* memegang peranan penting dalam proses pembakaran dalam ruang bakar dapat dilihat pada Gambar 2.2. Sehingga material untuk piston merupakan material dengan spesifikasi khusus dan biasanya digunakan bijih aluminium untuk membuatnya. Komponen mesin ini dipegang oleh setang *piston* yang mendapatkan gerakan turun naik dari gerakan berputar *cranksaft*. *Piston* bekerja tanpa henti selama mesin hidup. Komponen ini menerima temperatur dan tekanan tinggi sehingga mutlak harus memiliki daya tahan tinggi. Oleh karena itu, pabrikan kini lebih memilih paduan aluminium (Al-Si). Paduan ini diyakini mampu meradiasikan panas yang lebih efisien dibanding material lainnya. Karena paduan ini memiliki daya tahan terhadap korosi dan abrasi, koefisien pemuaian yang rendah, dan juga mempunyai kekuatan yang tinggi (Fuad 2010). Unsur paduan pada piston secara umum dapat dilihat pada Tabel 2.2.



Tabel 2.2
Komposisi *Piston*

Unsur	Komposisi (%wt)	Unsur	Komposisi (%wt)
Al	84,19	Mg	1,15
Si	10,7	Cr	0,032
Fe	0,465	Ni	2,29
Cu	0,981	Sn	0,016
Mn	0,041	Ti	0,078

Sumber: Solechan (2010)



Gambar 2.2 *Piston*

2.4 *Pulley*

Pulley adalah sebuah mekanisme yang terdiri dari roda pada sebuah poros atau batang yang memiliki alur diantara dua pinggiran disekelilingnya. Sebuah tali, kabel, atau sabuk biasanya digunakan pada alur *pulley* untuk memindahkan daya. *Puli* digunakan untuk mengubah arah gaya yang digunakan, meneruskan gerak rotasi, atau memindahkan beban yang berat. *pulley* merupakan salah satu dari enam mesin sederhana. Sistem *pulley* dengan sabuk terdiri dua atau lebih *pulley* yang dihubungkan dengan menggunakan sabuk. Sistem ini memungkinkan untuk memindahkan daya, torsi, dan kecepatan, bahkan jika *pulley* memiliki diameter yang berbeda dapat meringankan pekerjaan untuk memindahkan beban yang berat. Selain menggunakan sabuk *pulley* juga dapat dihubungkan dengan menggunakan tali atau kabel. Sistem ini terdiri dari sebuah tali atau kabel yang memindahkan gaya linier pada suatu beban melalui sebuah puli atau lebih yang bertujuan untuk menarik beban (melawan gravitasi). Sistem ini sering digolongkan pada mesin sederhana. Contoh *pulley* dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Pulley

2.5 Aluminium dan Paduannya

Aluminium adalah jenis logam *non ferrous* yang merupakan logam ringan. Aluminium mempunyai titik lebur 660°C . Paduan aluminium mengandung 99% aluminium dan 1% mengandung mangan, besi, silikon, tembaga, magnesium, seng, krom, dan titanium.

Standarisasi aluminium digunakan untuk menggolongkan logam aluminium paduan berdasarkan komposisi kimia, penetapan standarisasi logam aluminium menurut *American Standard Testing and Material* (ASTM) mempergunakan angka dalam menetapkan penggolongan aluminium paduan.

Sistem penamaan dari aluminium diatur oleh *Aluminium Association, Inc.*, dibawah *American National Standards Institute* (ANSI). Standar ini mencangkup klasifikasi berdasarkan pembuatan dan paduan utama. *Aluminium Association* telah menetapkan empat digit angka untuk membedakan aluminium tempa dengan aluminium cor atau tuang. Pada paduan cor pada digit ke empat dipisahkan dengan tanda titik. Terlihat pada Tabel 2.3 tentang penamaan aluminium tempa.

Tabel 2.3

Penamaan Aluminium Tempa

No. Seri	Unsur Paduan Utama	Dapat Diperlakukan Panas/tidak
1xxx	Al \geq 99 %	N
2xxx	Al - Cu - (Mg)	Y
3xxx	Al - Mn	N
4xxx	Al - Si	N (beberapa bisa seperti, 4032)
5xxx	Al - Mg	N
6xxx	Al - Mg - Si	Y
7xxx	Al - Zn - (Mg) - (Cu)	Y
8xxx	Al - unsur lain	N/Y (beberapa bisa seperti, 8090)
9xxx	Series yang tidak digunakan	

Sumber: Lumley (2011)

Cara pembacaan penamaan aluminium tempa:

1. Angka pertama menunjukkan jenis paduan yang ada pada logam aluminium
2. Angka kedua menunjukkan sifat khusus material.
3. Pada series 1xxx, jika angka yang tertera selain angka nol (0), maka memerlukan perhatian khusus untuk tingkat kemurniannya.
4. Pada series 2xxx - 8xxx, angka nol menunjukkan paduan awal, sedangkan angka selain nol (1-9) menunjukkan modifikasi dari paduan awalnya.
5. Dua angka terakhir tidak memiliki arti, namun membedakan paduan satu dengan yang lain

2.5.1 Sifat Fisik aluminium

Pada Tabel 2.4 adalah sifat fisik aluminium.

Tabel 2.4
Sifat Fisik Aluminium Murni

Sifat – Sifat	Kemurnian Al (%)	
	99,996	>99,0
Massa Jenis (gr/cm ³)	2,6989	2,71
Titik Cair(°C)	660,2	653 – 657
Panas Jenis (cal/g°C) (100°C)	0,2226	0,2297
Hantaran Listrik (Ω^{-1})	64,94	59 (dianil)
Tahanan Listrik Koefisien Temperatur ($\Omega m/°C$)	0,00429	0,0115
Koefisien Pemuaian (20–100°C)	$23,86 \times 10^{-6}$	$23,5 \times 10^{-6}$
Jenis Kristal, konstanta kisi	FCC, a = 4,013 Kx	FCC, a = 4,04 kX

Sumber: Surdia dan Chijiwa (1975)

2.5.2 Paduan aluminium

Aluminium dipakai sebagai paduan berbagai logam murni, sebab tidak kehilangan sifat ringan, sifat-sifat mekanisnya, sifat mampu cornya yang dapat diperbaiki dengan menambah unsur-unsur lain. Unsur-unsur paduan itu adalah tembaga, silisium, magnesium, mangan, nikel, dan sebagainya yang dapat merubah sifat paduan aluminium. Macam-macam Unsur paduan aluminium dapat diklasifikasikan sebagai berikut.

1. Paduan Al-Si Paduan Al-Si ditemukan oleh A. Pacz tahun 1921. Paduan Al-Si yang telah diperlakukan panas dinamakan Silumin. Sifat – sifat silumin sangat diperbaiki oleh perlakuan panas dan sedikit diperbaiki oleh unsur paduan. Paduan Al-Si umumnya dipakai dengan 0,15% – 0,4%Mn dan 0,5 % Mg. Paduan yang diberi perlakuan pelarutan (*solution heat treatment*), *quenching*, dan aging dinamakan silumin, dan yang hanya mendapat perlakuan aging saja dinamakan silumin. Paduan Al-Si yang

memerlukan perlakuan panas ditambah dengan Mg juga Cu serta Ni untuk memberikan kekerasan pada saat panas. Bahan paduan ini biasa dipakai untuk torak motor (Tata & Saito, 1992).

2. Paduan Al-Cu dan Al-Cu-Mg Paduan Al-Cu-Mg adalah paduan yang mengandung 4% Cu dan 0,5% Mg serta dapat mengeras dalam beberapa hari oleh penuaan, dalam temperatur biasa atau natural aging setelah *solution heat treatment* dan *quenching*. Studi tentang logam paduan ini telah banyak dilakukan salah satunya adalah Nishimura yang telah berhasil dalam menemukan senyawa terner yang berada dalam keseimbangan dengan Al, yang kemudian dinamakan senyawa S dan T. Ternyata senyawa S (Al_2CuMg) mempunyai kemampuan penuaan pada temperatur biasa. Paduan Al-Cu dan Al-Cu-Mg dipakai sebagai bahan dalam industri pesawat terbang (Tata dan Saito, 1992).

3. Paduan Al-Mn Mangan (Mn) adalah unsur yang memperkuat Aluminium tanpa mengurangi ketahanan korosi dan dipakai untuk membuat paduan yang tahan terhadap korosi. Paduan Al-Mn dalam penamaan standar AA adalah paduan Al 3003 dan Al 3004. Komposisi standar dari paduan Al 3003 adalah Al, 1,2% Mn, sedangkan komposisi standar Al 3004 adalah Al, 1,2% Mn, 1,0% Mg. Paduan Al 3003 dan Al 3004 digunakan sebagai paduan tahan korosi tanpa perlakuan panas.

4. Paduan Al-Mg Paduan dengan 2% – 3% Mg dapat mudah ditempa, dirol dan diekstrusi, paduan Al 5052 adalah paduan yang biasa dipakai sebagai bahan tempaan. Paduan Al 5052 adalah paduan yang paling kuat dalam sistem ini, dipakai setelah dikeraskan oleh pengerasan regangan apabila diperlukan kekerasan tinggi. Paduan Al 5083 yang dianil adalah paduan antara (4,5% Mg) kuat dan mudah dilas oleh karena itu sekarang dipakai sebagai bahan untuk tangki LNG (Tata dan Saito, 1992).

5. Paduan Al-Mg-Si Sebagai paduan Al-Mg-Si dalam sistem klasifikasi AA dapat diperoleh paduan Al 6063 dan Al 6061. Paduan dalam sistem ini mempunyai kekuatan kurang sebagai bahan tempaan dibandingkan dengan paduan-paduan lainnya, tetapi sangat liat, sangat baik mampu bentuknya untuk penempaan, ekstrusi dan sebagainya. Paduan 6063 dipergunakan untuk rangka-rangka konstruksi, karena paduan dalam sistem ini mempunyai kekuatan yang cukup baik tanpa mengurangi hantaran listrik, maka selain dipergunakan untuk rangka konstruksi juga digunakan untuk kabel tenaga (Tata dan Saito, 1992).

6. Paduan Al-Mn-Zn di Jepang pada permulaan tahun 1940 Iragashi dan kawan-kawan mengadakan studi dan berhasil dalam pengembangan suatu paduan dengan penambahan

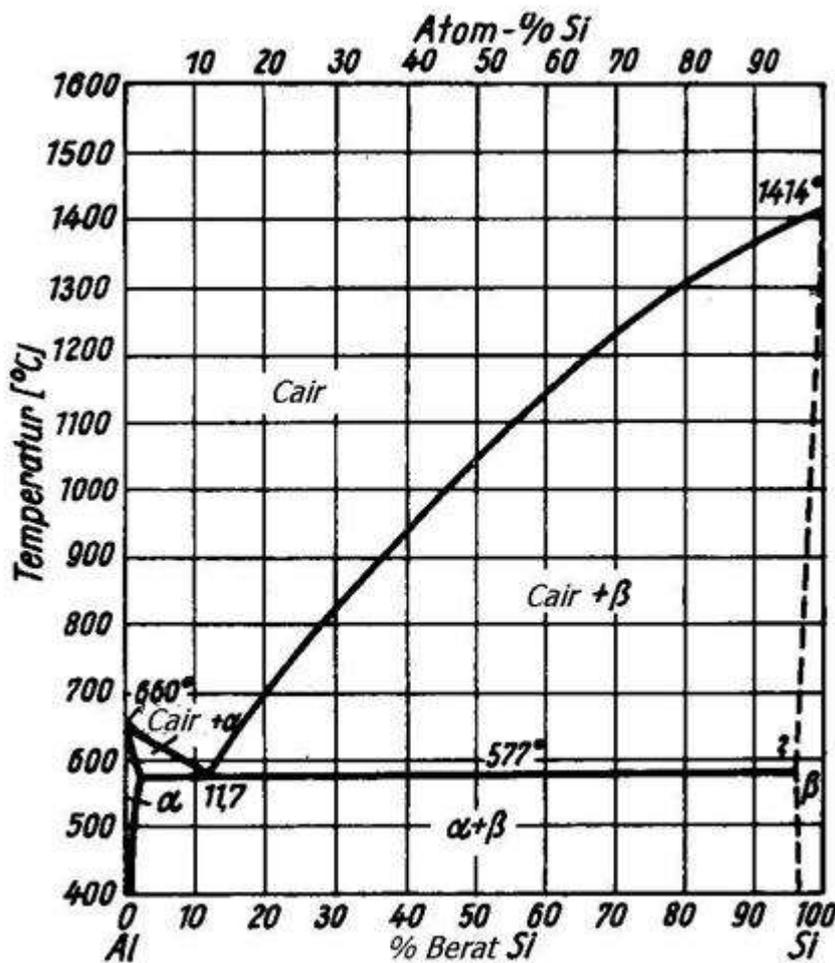




kira-kira 0,3 % Mn atau Cr dimana butir kristal padat diperhalus dan mengubah bentuk presipitasi serta retakan korosi tegangan tidak terjadi. Pada saat itu paduan tersebut dinamakan ESD atau duralumin super ekstra. Selama perang dunia ke dua di Amerika serikat dengan maksud yang hampir sama telah dikembangkan pula suatu paduan yaitu suatu paduan yang terdiri dari: Al, 5,5% Zn, 2,5% Mn, 1,5% Cu, 0,3% Cr, 0,2% Mn sekarang dinamakan paduan Al7075. Paduan ini mempunyai kekuatan tertinggi diantara paduan-paduan lainnya. Penggunaan paduan ini paling besar adalah untuk bahan konstruksi pesawat udara, disamping itu juga digunakan dalam bidang konstruksi (Tata dan Saito, 1992).

2.6 Diagram fasa Al-Si

Paduan Al-Si memiliki sifat mampu cor yang baik karena temperature peleburan pada Al-Si tidak tinggi di bandingkan baja, tahan korosi karena permukaan Al yang terkena korosi akan melindungi terjadinya korosi lebih dalam, dapat diproses dengan permesinan karena pada saat pemotongan tidak memerlukan daya yang tinggi dan pahat khusus di bandingkan dengan baja. Diagram fasa dari Al-Si ditunjukkan pada Gambar 2.4, diagram ini digunakan sebagai pedoman umum untuk menganalisa perubahan fasa pada proses pengecoran paduan Al-Si.



Gambar 2.4 Diagram fasa Al-Si
Sumber: ASM International (2004)

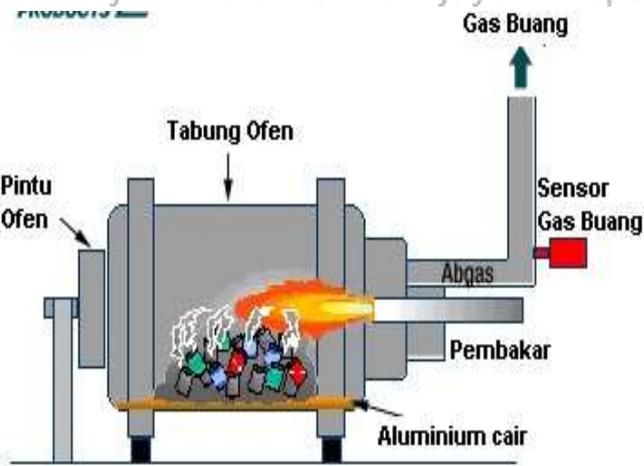
Gambar 2.4 digunakan sebagai landasan untuk menganalisis perubahan fasa dari proses pengecoran paduan Al-Si. Kandungan silikon pada diagram fasa Al-Si ini terbagi dari 3 macam, yaitu:

1. *Hipoeutectic*, merupakan kondisi dimana kandungan silikon kurang dari 12,6% (banyak aluminium) dengan struktur akhir yang terbentuk ialah struktur ferrite.
2. *Eutectic*, merupakan kondisi dimana kandungan silikon didalam paduan Al-Si sekitar 12,6%.
3. *Hypereutectic*, merupakan kondisi dimana kandungan silikon lebih dari 12,6% (banyak silikon). Karakteristik dari kondisi ini adalah ketahanan aus meningkat, ekspansi termal rendah, dan ketahanan retak panas yang baik.

2.7 Peleburan logam

Peleburan logam adalah proses mencairkan logam yang pada awalnya memiliki fasa padat pada temperatur tertentu yang mengacu pada titik lebur dari masing-masing logam

tertentu dengan menggunakan energi panas yang dihasilkan oleh tungku peleburan. Menurut DeGarmo (2008:264) bahwa proses peleburan harus mampu menyediakan bahan cair pada suhu yang tepat, dalam jumlah yang diinginkan dengan hasil yang berkualitas dan biaya yang masuk akal. Contoh proses peleburan di tungku bisa dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Proses peleburan logam di tungku
Sumber: Surdia dan Chijiwa (2013)

Untuk menghemat waktu peleburan dan mengurangi kehilangan karena oksidasi lebih baik memotong logam menjadi potongan kecil yang kemudian dipanaskan mula. Kalau bahan sudah mulai mencair, fluks harus ditaburkan untuk mengurangi oksidasi dan absorpsi gas (*fluxing*) dan dilakukan pengambilan gas yang berada dalam larutan logam (*degassing*). Selama pencairan, permukaan harus ditutup fluks dan cairan diaduk pada jangka waktu tertentu untuk mencegah segregasi (Surdia dan Chijiwa, 1991:171).

Proses *covering flux* ini dilakukan dengan memberikan campuran dari garam NaCl dan KCl. Penggunaan fluks kering 1% sampai 3% dapat mengurangi gas dan mencegah gelembung udara serta lubang jarum, disamping itu juga memperbaiki sifat-sifat mekaniknya (Surdia dan Chijiwa, 1991:171). Setelah mencapai temperatur yang diinginkan, paduan aluminium cair diambil dari dalam dapur krusibel dan dituangkan ke dalam cetakan. Dalam melakukan proses peleburan untuk mendapatkan logam cair dilakukan peleburan dengan menggunakan suatu tungku peleburan dimana material bahan baku dan jenis tungku yang digunakan harus disesuaikan dengan material yang akan dilebur. Tungku peleburan jenis krusibel dan tungku listrik menjadi wadah untuk melebur paduan aluminium dan paduan ringan lainnya. Tungku krusibel mempunyai konstruksi paling sederhana, fleksibel dan serba guna untuk peleburan skala kecil dan sedang. Bahan bakar tungku krusibel dapat berupa minyak, induksi listrik frekuensi rendah, dan juga dapat dioperasikan menggunakan bahan bakar gas. Sehingga besar kecilnya energi yang dibutuhkan saat proses peleburan sangat

diperhatikan. Penentuan temperatur peleburan serta waktu peleburan merupakan aspek yang paling penting dalam peleburan aluminium dan paduannya. Karena temperatur dan waktu peleburan sangat mempengaruhi kualitas produk hasil peleburan, khususnya untuk paduan Al-Si dimana keduanya memiliki titik lebur yang jauh berbeda yaitu Al 660°C dan Si 1414°C .

2.8 Pengaruh Si terhadap Paduan

Adanya unsur Si yang terkandung dalam paduan aluminium dapat mengurangi terjadinya retak, mempunyai mampu alir yang tinggi, dan penyusutannya rendah. Contohnya pada Al-Si memiliki kandungan baik bila dilihat dari tuangan. Aluminium-Silisium eutektik dengan kandungan Si 12,5% terjadi pembekuan pada temperatur 570°C . Titik pembekuan ini berlaku untuk semua jenis paduan Aluminium-Silisium. Paduan ini secara langsung dapat membeku dari fasa cair menuju ke fasa padat. Dengan adanya titik eutektik dapat diperoleh keuntungan dari segi peleburan dan mampu tuang (terutama sekitar daerah eutektik) (Budiyanto, 2008).

Si pada paduan dapat mempengaruhi titik leburnya, dapat dilihat pada diagram fasa Al-Si Gambar 2.4. Semakin tinggi temperatur maka nilai viskositas material cair akan semakin rendah. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi temperature, maka ikatan antar atom pada logam cair akan melemah. Semakin Si mendekati titik *eutectic* maka fluiditasnya akan membaik dikarenakan viskositas pada logam cair sangat rendah sehingga logam cair tidak mengalami solidifikasi pada saat logam cair mengalir ke dalam rongga cetakan.

2.9 Fluiditas

Secara umum, fluiditas adalah kondisi dimana logam cair yang mampu membuat logam cair mengalir melalui jalur cetakan dan mengisi semua celah cetakan. Fluiditas yang rendah mengarah pada cacat dan kegagalan pengecoran produk. Fluiditas tidak dapat diukur dari sifat fisik individual yang berbeda dengan densitas maupun viskositas, sehingga pengujian empiris dilakukan untuk mengukur semua karakteristik dan fluiditas logam cair dalam pengecoran dan pengukuran logam.

Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai fluiditas pada dasarnya terdiri dari sifat logam cair dan kondisi pengecoran. Intrinsik cairan terdiri atas viskositas, tegangan permukaan, karakteristik dari permukaan lapisan oksida pada permukaan, kandungan inklusi, dan komposisi material, sedangkan kondisi pengecoran terdiri dari faktor diantaranya cetakan, desain cetakan, karakteristik permukaan cetakan, material cetakan, laju penuangan, dan

pengukuran fisik dinamika fluida oleh sistem. Tetapi, diantara faktor itu pengaruh fluiditas pada umumnya dipengaruhi oleh komposisi dan temperatur.

1. Viskositas

Viskositas adalah sebuah ukuran gaya yang diperlukan untuk memindahkan sebuah permukaan dari unit luasan. Pada saat logam cair mengalir pada sebuah saluran tertutup, viskositas akan menentukan alirannya, mana *drag* atau hambatan yang timbulkan dinding saluran tertransmisi ke logam cair, sehingga dapat mempengaruhi kecepatan aliran logam pada cetakan. Jadi semakin tinggi viskositasnya, maka fluiditasnya menurun. Sebaliknya, jika viskositas rendah maka fluiditasnya pun meningkat.

2. Temperatur

Temperatur penuangan logam cair adalah faktor yang paling dominan dalam mempengaruhi fluiditas, sedangkan fluiditas dari logam paduan berhubungan dengan superheat semakin tinggi temperatur peleburan fluiditas cairan akan semakin tinggi.

3. Komposisi

Komposisi dari logam cair juga merupakan parameter yang mempengaruhi fluiditas. Fluiditas tinggi umumnya terdapat pada logam cair murni komposisi kimia logam merupakan faktor besar yang mempengaruhi fluiditas. Setiap unsur paduan memiliki karakteristik yang berbeda-beda diantaranya *silicon* yang dapat meningkatkan nilai fluiditas dari aluminium. Selain itu unsur besi dapat meningkatkan keuletan dari aluminium tetapi dapat menurunkan nilai fluiditas dari material tersebut (ASM Handbook Volume 15, 1988).

2.10 Pengecoran Logam

Pengecoran (*casting*) adalah suatu proses penuangan logam aluminium yang sebelumnya dileburkan dari 50°C-100°C di atas titik leburnya sekitar 650,3°C (titik lebur aluminium) lalu dituangkan ke dalam rongga cetakan (*cavity*), dengan gaya gravitasi cairan logam akan mengalir ke dalam rongga cetakan sesuai dengan geometri komponen yang diinginkan, dibiarkan hingga membeku (*solidifikasi*) lalu cetakan dibongkar dan benda kerja difinishing. Selain dengan gaya gravitasi salah satu proses pengecoran lainnya yaitu dengan gaya tekan (*die casting*). Dalam proses pengecoran, ada empat faktor yang berpengaruh atau merupakan ciri dari proses pengecoran, yaitu:

1. Adanya aliran logam cair ke dalam rongga cetak.
2. Terjadi perpindahan panas selama pembekuan dan pendinginan dari logam dalam cetakan.

3. Pengaruh material cetakan.

4. Pembekuan logam dari kondisi cair.

Kelebihan dari pengecoran Logam (Richard (1967):

1. Terdapat banyak variasi metode bentuk pengecoran
2. Pengecoran dapat digunakan untuk membuat komponen dengan geometri kompleks
3. Dapat membuat komponen yang memiliki rongga lubang
4. Pengecoran dapat digunakan untuk memproduksi komponen berukuran sangat besar
5. Benda cor dengan berat lebih 100 ton dapat dibuat
6. Proses pengecoran dapat diterapkan pada banyak logam yang bisa dipanaskan ke fase cair
7. Beberapa metode pengecoran sangat cocok untuk produksi massal
8. Lebih murah dibanding dengan proses *manufactur* lain
9. Dapat mengurangi biaya machining
10. Hemat biaya dibanding dengan proses *machining*.

Secara garis besar, proses pengecoran logam terdiri dari beberapa tahap seperti pada Gambar 2.6.

1. *Molding*

Sebelum melakukan proses pengecoran logam, kita terlebih dahulu harus melakukan perencanaan seperti pembuatan pola, pembuatan inti, dan sistem saluran masuk.

Perencanaan ini terdiri atas pembuatan desain dan rancangan dari pola, inti, dan sistem saluran masuk yang mengacu pada desain benda kerja yang telah dibuat sebelumnya untuk membuat cetakan. Setelah itu, barulah kita dapat menentukan bahan dari cetakan tersebut (*expandable mold* atau *permanent mold*).

2. *Mold*

Dari proses *molding* di atas, hasil akhirnya berupa cetakan yang akan dipakai untuk proses pengecoran. Cetakan dibuat dari bahan-bahan tertentu, tergantung dari jenis pengecoran yang kita pilih, apakah *expendable mold* atau *permanent mold*. Perbedaan dari *expendable mold* dan *permanent mold* adalah sebagai berikut:

a. *Expandable Mold Casting*

Expandable mold casting merupakan pengecoran logam yang menggunakan cetakan yang hanya dapat digunakan satu kali untuk proses pengecoran. Hal ini disebabkan karena setelah mengalami solidifikasi, cetakan coran harus dihancurkan untuk dapat memisahkan produk coran dari cetakannya. Karena, bahan cetakan

yang digunakan dalam jenis pengecoran ini adalah pasir, keramik, atau gips yang dicampur dengan bahan pengikat.

b. *Permanent Mold Casting*

Berbeda dengan *expendable mold casting*, *permanent mold casting* merupakan teknik pengecoran logam yang menggunakan cetakan yang dapat dipakai berulang-ulang. Cetakan untuk jenis pengecoran ini biasanya menggunakan material seperti besi cor, baja, kuningan, grafit, dan logam-logam paduan tahan panas. Cetakan yang digunakan sengaja didesain agar produk coran dapat dipisahkan dengan mudah dari cetakan, sehingga tidak perlu untuk merusak cetakan.

3. *Melting of Metal*

Bersamaan dengan proses pembuatan cetakan (*mold*), di lain tempat dilakukan proses peleburan dari logam yang digunakan sebagai bahan baku untuk membuat benda kerja.

Peleburan logam ini biasanya dilakukan didalam tungku induksi dengan temperatur $50^{\circ}\text{C} - 100^{\circ}\text{C}$ diatas titik leburnya.

4. *Pouring into Mold*

Setelah memiliki kedua bahan utama yaitu logam cair dan cetakan, selanjutnya logam cair dituang ke dalam cetakan yang telah dibuat dengan temperatur penuangan tertentu, sesuai dengan jenis material yang digunakan. Kecepatan penuangan juga perlu diperhatikan karena dapat mempengaruhi fluiditas dari logam cair itu sendiri dan menyebabkan pendinginan prematur (*cold shuts*).

5. *Casting*

Logam cair yang dituangkan kemudian dibiarkan selama beberapa saat hingga terjadi solidifikasi. Selanjutnya, dilakukan pemisahan hasil coran (*casting*) dari cetakannya.

6. *Heat Treatment*

Proses perlakuan panas (*heat treatment*) disini merupakan proses opsional, yang artinya hanya dilakukan jika diperlukan. Tujuan dari proses *heat treatment* ini adalah untuk mendapatkan sifat mekanik yang diinginkan, yang belum didapatkan dari proses pengecoran.

7. *Cleaning and Finishing*

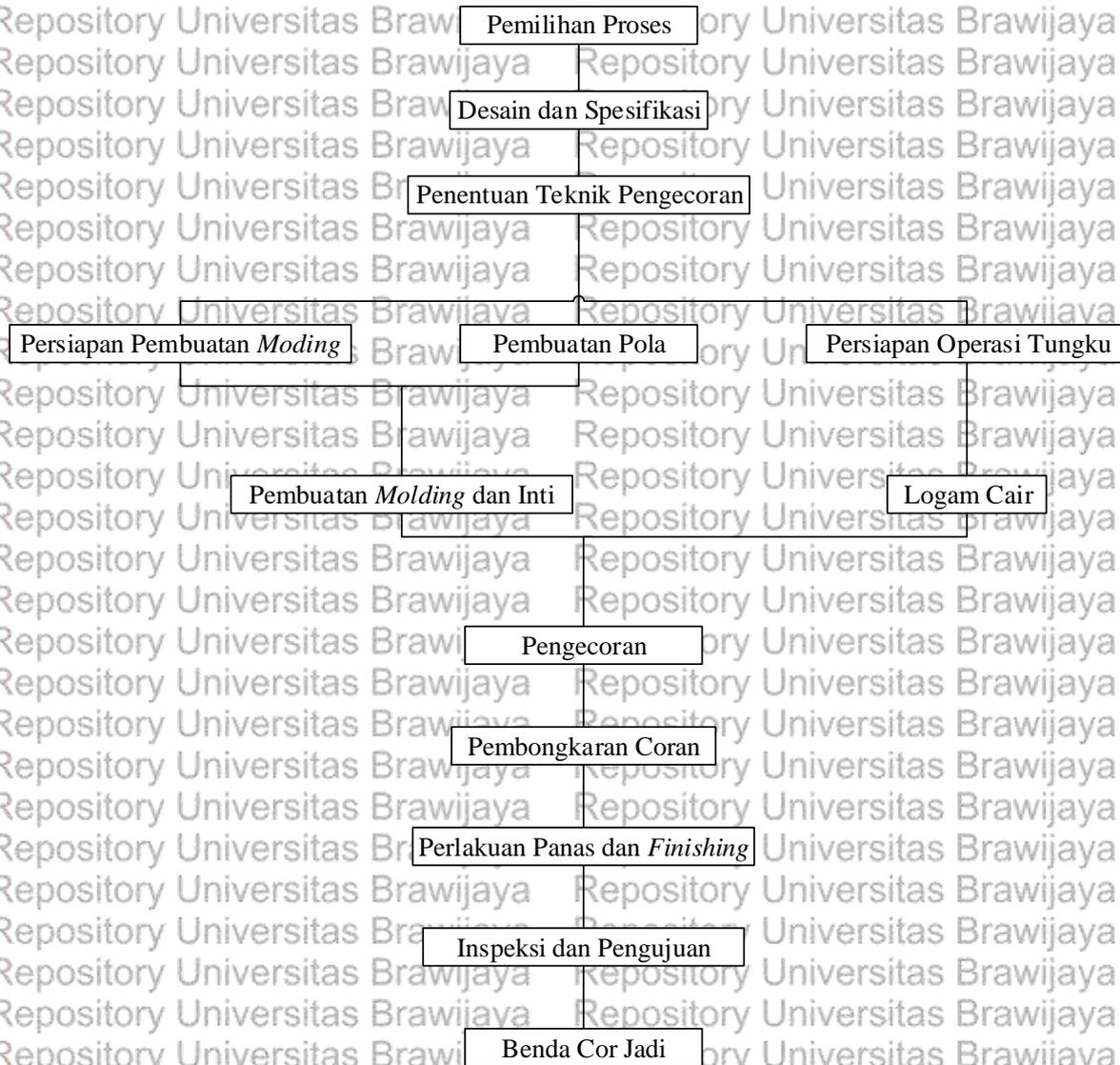
Produk hasil coran selanjutnya dibersihkan dan dilakukan *finishing* untuk memperbaiki kualitas dan menyempurnakan produk agar sesuai dengan rancangan atau desain awal.

Dapat juga dilakukan proses perlakuan panas tambahan apabila diperlukan.

8. *Inspection*



Tahap terakhir merupakan tahap inspeksi (*inspection*) yang terdiri atas pengecekan cacat coran, pengukuran dimensi, dan sebagainya. Bisa dilihat pada diagram alir Gambar 2.6. Tujuan dari proses ini adalah untuk mengetahui kualitas dari produk hasil coran, untuk menentukan apakah produk tersebut layak untuk digunakan atau tidak.

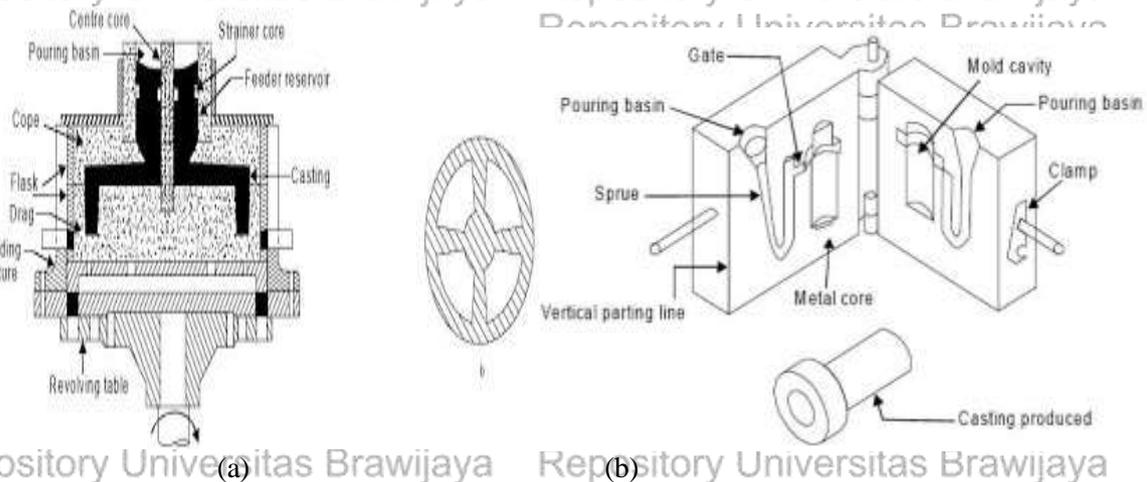


Gambar 2.6 Diagram alir proses pengecoran logam

Sumber: Beeley (2001:11)

2.11 Jenis Cetakan

Proses pengecoran logam dibedakan menjadi dua macam, yaitu *traditional casting* dan *non-traditional casting/contemporary casting*, dapat dilihat pada Gambar 2.7. Yang menjadi perbedaan dari *traditional casting* dan *non-traditional casting* yaitu pada proses dan hasil jadi coran yang dihasilkan.



Gambar 2.7 Macam bentuk cetakan (a) *Semi-centrifugal casting*, (b) *Permanent mold*.
Sumber: M.Rendy yusman (2011)

Ada beberapa jenis cetakan dalam proses pengecoran logam yaitu:

1. Pengecoran Permanen (*Permanent Mold*)

Permanent mold casting atau juga disebut *hard mold casting* adalah teknik pengecoran logam dengan cetakan yang dapat dipakai berulang-ulang. Sistem saluran untuk cetakan ini dibuat menyatu dengan cetakan. Sementara itu, untuk desain produk yang memiliki rongga dalam produk coran, dapat ditambahkan inti yang terbuat dari logam atau pasir agregat dan ditempatkan di dalam cetakan sebelum dilakukan pengecoran. Biasanya, bahan yang digunakan untuk inti adalah besi kelabu (*gray iron*).

Sebelum melakukan penuangan logam cair, permukaan cetakan permanen harus dilapisi oleh cairan tahan panas seperti oli, sodium silikat, atau tanah liat yang dicampur dengan grafit terlebih dahulu dengan tujuan untuk memperpanjang usia pemakaian dari cetakan itu sendiri. Setelah itu, cetakan dipasang dan dipanasi pada temperatur 150 – 200 °C untuk mempermudah aliran logam cair dan mengurangi cacat termal pada cetakan (Avner, 1997). Pengecoran permanen antara lain:

a. Pengecoran Gravitasi (*Gravity Permanent Mold Casting*)

Pengecoran gravitasi adalah pengecoran dimana logam cair yang dituangkan ke dalam saluran masuk menggunakan gravitasi. Karena adanya tekanan gravitasi, cairan logam mengisi ke seluruh ruang dalam rongga cetakan.

b. Pengecoran Cetak Tekan (*Pressure Die Casting*)

Pengecoran cetak tekan/tekanan adalah pengecoran dimana logam cair yang dituangkan ke dalam saluran masuk menggunakan bantuan tekanan dari luar.

c. Pengecoran Sentrifugal (*Centrifugal Die Casting*)

Pengecoran sentrifugal adalah pengecoran yang menggunakan cetakan berputar, cetakan yang berputar akan menghasilkan gaya sentrifugal yang akan mempengaruhi kualitas coran. Coran yang dihasilkan akan memiliki bentuk padat, permukaan halus dan sifat fisik struktur logam yang unggul. Pengecoran sentrifugal biasanya digunakan untuk benda coran yang berbentuk simetris.

2. Pengecoran Nonpermanen (*Expendable Mold*)

Pengecoran *expendable mold* menggunakan cetakan yang tidak permanen, hanya dapat digunakan satu kali. Perbedaan antara cetakan permanen dengan cetakan non-permanen terletak pada penggunaan bahan cetakan dimana cetakan permanen menggunakan logam dan cetakan non-permanen menggunakan pasir. Pengecoran cetakan pasir memberikan fleksibilitas dan kemampuan yang tinggi jika dibandingkan dengan cetakan logam. Pengecoran cetakan pasir memiliki keunggulan antara lain mudah dalam pengoperasiannya, biayanya relatif lebih murah dan dapat membuat benda dengan ukuran yang besar. Cetakan biasanya dibuat dengan memadatkan pasir. Pasir yang dipakai biasanya pasir alam atau pasir buatan yang mengandung tanah lempung. Cetakan pasir mudah dibuat dan tidak mahal. Pasir yang digunakan kadang-kadang dicampur pengikat khusus, misalnya air-kaca, semen, resin furan, resin fenol atau minyak pengering, karena penggunaan zat-zat tersebut memperkuat cetakan atau mempermudah operasi pembuatan cetakan. Logam yang dapat digunakan pada pengecoran ini adalah besi, baja, tembaga, perunggu, kuningan, aluminium ataupun logam paduan. Dalam proses pengecoran dengan menggunakan pasir cetak terdapat tiga klasifikasi cetakan pasir. Ketiga klasifikasi cetakan pasir tersebut adalah:

a. Cetakan Pasir Basah

Cetakan pasir basah merupakan cetakan yang banyak digunakan dan paling murah. Kata “basah” dalam cetakan pasir basah berarti pasir cetak itu masih cukup mengandung air atau lembab ketika logam cair dituangkan ke cetakan itu. Istilah lain dalam cetakan pasir adalah skin dried. Cetakan ini sebelum dituangkan logam cair terlebih dahulu permukaan dalam cetakan dipanaskan atau dikeringkan. Karena itu kekuatan cetakan ini meningkat dan mampu untuk diterapkan pada pengecoran produk-produk yang besar, dibuat dari campuran pasir, lempung, dan air.

b. Cetakan pasir kering

Cetakan pasir kering, dibuat dengan menggunakan bahan pengikat organik, dan kemudian cetakan dibakar dalam sebuah *oven* dengan temperatur berkisar antara 204°C sampai 316°C. Pembakaran dalam *oven* dapat memperkuat cetakan dan



mengeraskan permukaan rongga cetakan. Cetakan pasir kering digunakan pada benda tuang yang berukuran besar (diatas 100 kg).

3. Cetakan kulit kering

Cetakan kulit kering, diperoleh dengan mengeringkan permukaan pasir basah dengan kedalaman 1,2 cm sampai dengan 2,5 cm pada permukaan rongga cetakan.

Bahan perekat khusus harus ditambahkan pada campuran pasir untuk memperkuat permukaan rongga cetak. Klasifikasi cetakan yang telah dibahas merupakan klasifikasi konvensional. Untuk perbandingan dari cetakan permanen dan cetakan pasir dapat dilihat di Tabel 2.5. Macam-macam cetakan permanent dan expendable dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.5
Perbandingan Cetakan Permanen dan Cetakan Pasir

Cetakan Permanen	Cetakan Pasir
Cetakan dapat digunakan berulang kali	Cetakan hanya dapat digunakan satu kali
Produk coran yang dihasilkan lebih akurat dan presisi	Produk coran yang dihasilkan kurang akurat dan presisi
Dapat digunakan untuk produksi massal	Kurang cocok untuk digunakan dalam produksi massal
Memerlukan biaya produksi yang lebih mahal	Biaya produksi yang dikeluarkan lebih rendah
Produk coran memiliki kekasaran permukaan yang lebih baik	Produk coran memiliki kekasaran permukaan yang kurang baik
Hanya dapat digunakan untuk benda coran yang memiliki bentuk sederhana	Dapat digunakan untuk benda coran yang lebih rumit
Tidak cocok untuk bahan baku logam dengan titik lebur tinggi	Cocok untuk semua jenis logam
Proses <i>finishing</i> yang diperlukan tidak terlalu banyak	Memerlukan banyak proses <i>finishing</i>

Sumber: Kalpakjian (1989: 333-334)

Tabel 2.6
Macam-Macam Cetakan Permanen Dan Cetakan *Expendable*

Cetakan permanen		Cetakan <i>Expandable</i>	
<i>Continuous Production</i>	<i>Discrete Production</i>	Cetakan Bentuk Permanen	Cetakan Bentuk <i>Expandable</i>
<i>Continuous casting</i>	Cetakan permanen (gravitasi)	Cetakan Pasir <i>Green sand</i> <i>Sodium Silicate</i> <i>Shell</i> <i>Fura</i>	<i>Investment Casting</i> (lilin)
	<i>Die Casting</i> (tekanan tinggi)	Pengecoran vakum	<i>Styrofoam casting</i>
	<i>Die Casting</i> (tekanan rendah)	Cetakan keramik	
	<i>Rheocasting</i>	<i>Centrifugal Casting</i> Cetakan pasir	
	<i>Centrifugal Casting</i> Cetakan logam		

Sumber: Creese (1999:161)

2.12 Terak (*Slag*)

Slag adalah salah satu produk limbah yang didapat selama peleburan aluminium. Terdiri dari logam, *salt oxides*, dan *zat non* logam lainnya. *Slag* biasa didapatkan mengambang pada saat peleburan logam. Pada dasarnya *slag* diklasifikasikan sebagai *slag* hitam dan putih, sedangkan *slag* hitam memiliki kandungan logam rendah dengan jumlah oksida yang tinggi dan bentuknya seperti pasir seperti pada Gambar 2.8.

Slag putih (basah) memiliki kandungan logam yang sangat tinggi dengan jumlah oksida yang kecil dan mempunyai bentuk gumpalan besar. *Slag* biasanya dihasilkan dari meleburnya skrap aluminium seperti kaleng minuman bekas, pelapis aluminium, Coran, perlakuan dari peleburan dengan *salt flux* (Samson 2014).



Gambar 2.8 *Slag*

Sumber: Samson (2014)

2.13 Penuangan Logam

Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi kualitas produk saat proses pengecoran adalah pada saat penuangan logam ke dalam cetakan. Pada proses ini penuangan logam harus lebih di perhatikan contohnya seperti perlakuan saat penuangan yang dapat mempengaruhi produk yang dihasilkan.

Proses penuangan dilakukan setelah proses peleburan. Peleburan dilakukan menggunakan dapur induksi. Panas yang dihasilkan digunakan untuk meningkatkan suhu logam hingga mencapai titik lebur, sehingga mampu mengubah logam padat ke logam cair. Selain itu panas juga digunakan untuk meningkatkan temperatur cairan logam hingga mencapai suhu penuangan yang diharapkan.

Cairan logam kemudian dituang melalui *pouring cup* lalu mengalir melewati *gating system* dan memenuhi seluruh rongga cetakan. Proses penuangan berhasil dengan catatan bahwa cairan logam harus mengalir ke dalam seluruh bagian rongga cetakan sebelum membeku. Faktor yang memengaruhi penuangan antara lain:

1. Suhu Penuangan
2. Kecepatan penuangan
3. Karakter aliran

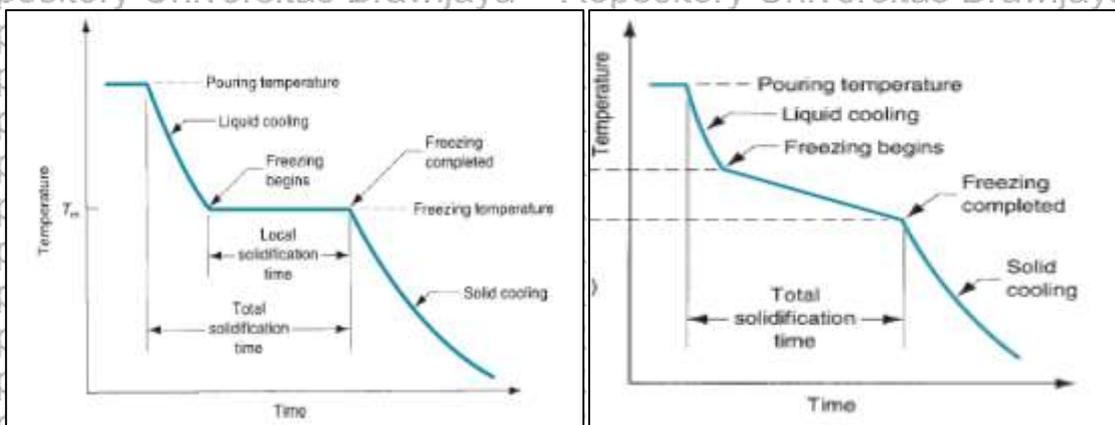
2.14 Solidifikasi

Solidifikasi adalah transformasi logam cair kembali ke bentuk padatnya. Pembentukan logam merupakan suatu proses industri paling penting dalam proses pengecoran logam, yang mana logam dicairkan dan dimasukkan ke cetakan dan dibiarkan membeku menjadi produk akhir atau semi akhir.

Dalam solidifikasi, pada permulaan tumbuhlah inti. Setelah inti yang stabil terbentuk pada logam yang sedang memadat, kemudian inti tumbuh menjadi kristal. Pada setiap kristal atom berjajar beraturan sedangkan arah barisan berbeda antara satu kristal dengan yang lainnya. Saat pembentukan total terjadi, antara kristal saling bertemu membentuk batas butir dan butiran (*grain*).

Ukuran besar dari butir kristal tergantung pada laju pengintian dan pertumbuhan dari inti. Kalau laju pertumbuhan inti lebih besar dari laju pengintian maka didapat butiran yang besar-besar. Namun apabila laju pengintian lebih besar dari laju pertumbuhan inti, maka akan didapatkan butiran yang halus.

Proses solidifikasi memiliki perbedaan antara logam murni dengan logam paduan dapat dilihat pada Gambar 2.9. Pada logam murni memiliki suhu pembekuan konstan sedangkan pada logam paduan tidak konstan (tergantung pada komposisi paduan). Dalam proses *solidification* juga terjadi pembentukan struktur butir maupun serat (*grain structure*).



Gambar 2.9 Grafik pembekuan logam murni dan logam paduan
Sumber: Groover (2010:214)

2.15 Kekasaran Permukaan

Tingkat kekasaran permukaan produk pengecoran dan kualitas permukaan ditentukan oleh kualitas permukaan dinding cetakan, sifat material pelapis cetakan, gas dalam cetakan, reaksi kimia antara bahan cetakan dan paduan, dan tekanan pengecoran (Suprpto, 2017).

Roughness tester pada Gambar 2.10 merupakan alat pengukuran kekasaran permukaan.

Setiap permukaan komponen dari suatu benda mempunyai beberapa bentuk yang bervariasi menurut strukturnya maupun dari hasil proses produksinya dalam Gambar 2.11.

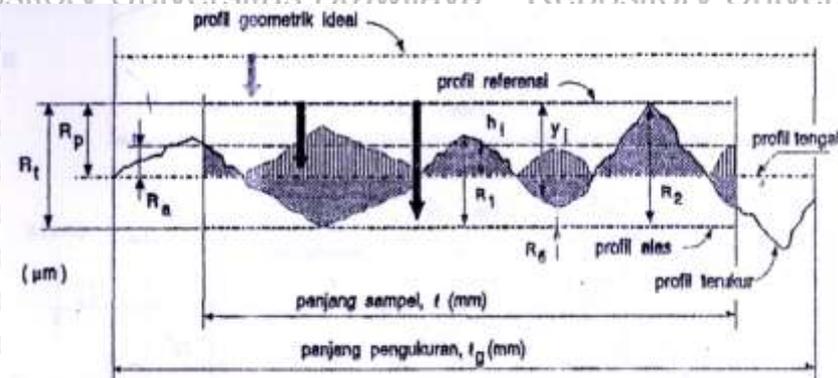
Roughness/kekasaran didefinisikan sebagai ketidak halusan bentuk yang menyertai proses produksi yang disebabkan oleh pengerjaan mesin.



Gambar 2.10 *Roughness tester*

Sumber: Laboratorium Metrologi Industri Universitas Brawijaya

Parameter Kekasaran



Gambar 2.11 Parameter kekasaran permukaan

Sumber: Rochim (2002)

2.16 Sistem Saluran (*gating system*)

Sistem saluran adalah jalan masuk bagi cairan logam yang dituangkan ke dalam rongga cetakan. Tiap bagian diberi nama, dari mulai cawan tuang dimana logam cair dituangkan

dari *ladel*, sampai saluran masuk ke dalam rongga cetakan. Nama-nama itu ialah: cawan tuang, saluran turun, pengalir dan saluran masuk seperti dijelaskan dalam Gambar 2.12.

Fungsi sistem saluran tuang:

Logam cair dapat mengisi rongga cetakan secepat mungkin, serta menghindari pembekuan awal.

Mengurangi atau mencegah agitasi dan pembentukan *dross* dalam rongga cetakan

Mencegah masuknya terak, buih, *dross*, dan erosi pasir yang terbentuk ke dalam rongga cetakan.

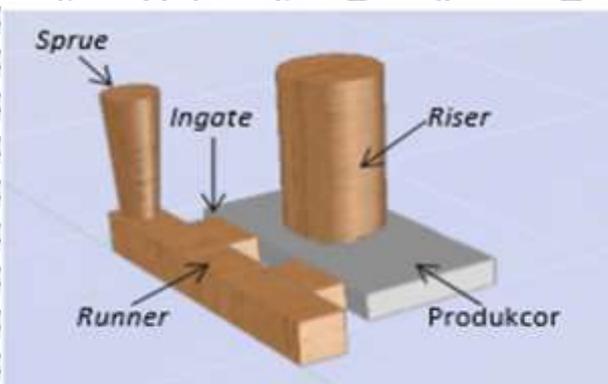
Mencegah terjadinya aspirasi udara atau gas dari cetakan ke aliran logam cair yang masuk.

Menghindari erosi dari pasir cetak dan pasir inti.

Mengarahkan derajat termal selama berlangsungnya pendinginan, sehingga kerusakan tuangan terutama pada daerah antara saluran tuang dan tuangan.

Agar diperoleh *yield* yang maksimum dan biaya pemotongan yang minimum.

Memudahkan penuangan logam bila digunakan *ladle* dengan peralatan *crane*.



Gambar 2.12 Desain sistem saluran terdiri dari *pouring cup sprue*, *runner*, dan *ingate*

Sumber: Bambang (2012)

Bagian-bagian sistim saluran:

1. Cawan tuang (*pouring basin*)

Berfungsi menampung kotoran atau slag (terak) yang ikut terbawa pada saat menuangkan logam dari *ladle* berfungsi juga menampung kelebihan logam cair.

2. Saluran turun

Saluran turun (*sprue*) berfungsi untuk meneruskan logam cair dari cawan tuang ke *runner* dan saluran masuk (*gate*).

3. Pengalir (*runner*)

Merupakan saluran utama didalam cetakan yang mendistribusikan logam cair kedalam *ingate*. Selain itu *runner* berfungsi menahan pengotor atau *impurities* yang terbawa dalam logam cair agar tidak masuk kedalam produk cor.

4. Saluran Masuk (*Ingate*)

Saluran yang mendistribusikan langsung logam cair kedalam rongga produk cor. Ingate harus mudah dipotong untuk proses pelepasan produk cor dari bagian sistem salurannya atau biasa disebut *fettling*, oleh karena itu dalam pembuatan *ingate* kita harus memperhatikan ukuran coran, ketebalannya, kondisi cetakan, ukuran dan bentuk *ingate* itu sendiri.

2.17 Yield casting

Hal terpenting dalam pengecoran logam adalah efisiensi pengecoran. Efisiensi biasanya dikaitkan dengan biaya pada proses pengecoran logam. Untuk mengontrol biaya pengeluaran, dalam proses pengecoran digunakan persen *yield*. Efisiensi diartikan perbandingan berat produk coran baik dengan berat total bahan yang digunakan. Produk baik adalah produk yang dapat digunakan. Untuk menjadikan produk yang dapat digunakan adalah dengan memotong gating system pada produk cor dengan melakukan proses permesinan. Selain melakukan proses permesinan, ukuran benda cor harus sesuai dengan dimensi yang di rencanakan.

$$Yield = \frac{\text{Berat produk baik}}{\text{Berat tuangan (berat benda cor+berat gating system)}} \times 100\% \quad (2-1)$$

Sumber: Ijirset (mei 2017)

Dengan tingginya *casting yield*, maka akan meminimalisasi banyaknya bahan yang terbuang. Selain itu kuantitas dari produk coran itu sendiri akan meningkat.

2.18 Efisiensi peleburan

Efisiensi peleburan adalah perbandingan antara berat logam cair dengan berat logam yang masuk dalam tungku. Logam cair berasal dari berat Ingot ditambah dengan *Askas* (*pulley* sebelum *finishing*). Efisiensi peleburan dapat dilihat dari berapa berat *slag*, aluminium yang masih melekat pada *ladel*. Semakin banyak *slag*, yang masih melekat maka efisiensi peleburan semakin berkurang.

Efisiensi peleburan Dapat dinyatakan dengan dua cara, yaitu, pertama *recovery* yaitu membandingkan jumlah unsur produk dengan jumlah total unsur dalam raw material dan jumlah semua produk (logam, terak, gas) adalah 100%. Kedua, perbandingan konsentrasi yaitu membandingkan berat *raw Material* dengan berat produk cor (Wahyono 2017). Cara mengukur berat logam cair adalah dengan mengurangi berat logam masuk tungku dengan *slag*, dan aluminium yang melekat pada *ladel*. *Slag* didapat pada saat proses peleburan



mengambang. Aluminium yang melekat didapat dengan membandingkan berat tungku sebelum dan sesudah di pakai.

$$\eta_{melt} = \frac{\text{berat Logam cair}}{\text{berat logam masuk tungku}} \quad (2-2)$$

Sumber: Suprpto (2017)

2.19 Hipotesis

Kandungan Si pada Bahan baku *velg* dan *piston* mempengaruhi *melting* dan *viskositas* logam cair sehingga akan berpengaruh pada fluiditas. Fluiditas yang baik akan membuat logam cair mengisi rongga cetakan sehingga tidak akan ada rongga yang tidak terisi logam dan membuat efisiensi peleburannya meningkat karena semua logam yang dileburkan akan masuk dalam cetakan, selain itu efisiensi peleburan dipengaruhi oleh berapa banyak *slag* dan logam yang melekat pada *ladel*. Dengan banyaknya kotoran yang terkandung pada bahan baku maka slag yang terjadi akan semakin banyak. *Yield casting* dipengaruhi oleh seberapa banyak *gating system* yang digunakan karena produk baik adalah produk yang dapat dipakai. Dengan menggunakan *permanent mold* pada penuangan langsung maka *yield casting* yang dihasilkan semakin besar karena *permanent mold* dengan penuangan langsung tidak menggunakan banyak sistem saluran (*gating system*).



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Dalam metode ini digunakan metode eksperimental sebenarnya dimana secara langsung mengetahui sejauh mana pengaruh *recycling velg* dan *piston* terhadap *yield casting* dengan bentuk ingot pada cetakan *permanent mold*.

3.2 Tempat dan waktu penelitian

Penelitian ini dilakukan pada tanggal 20 April - 15 Oktober 2018 dilakukan di Laboratorium $\alpha\gamma$ Landungsari, Malang untuk pengecoran dan pembuatan spesimen.

3.3 Variabel penelitian

Terdapat tiga variabel dalam penelitian ini, yaitu variabel bebas, variabel terikat, variabel terkontrol.

3.3.1 Variabel bebas

Variabel bebas adalah variabel yang besarnya ditentukan sebelum penelitian. Variabel bebas yang digunakan adalah material *velg* dan *piston* bekas yang dicampurkan, dengan variasi dengan berat keseluruhan adalah 2,6 kg aluminium scrap.

- *Piston* 40% (1,04 kg) dan *Velg* 60% (1,56 kg)
- *Piston* 50% (1,3 kg) dan *Velg* 50% (1,3 kg)
- *Piston* 60% (1,56 kg) dan *Velg* 40% (1,04 kg)

3.3.2 Variabel Terikat

Variabel terikat adalah faktor-faktor yang diteliti akibat adanya pengaruh dari variabel bebas. Dalam penelitian ini variabel yang digunakan adalah:

1. Efisiensi peleburan
2. Efisiensi pengecoran (*yield casting*) produk coran

3.3.3 Variabel terkontrol

Variabel terkontrol adalah variabel yang dikendalikan. Variabel terkontrol pada penelitian ini adalah:

1. Digunakan *piston* dan *velg* bekas sebagai bahan cor
2. *Temperature* peleburan yang digunakan yaitu 700°C
3. Waktu yang dibutuhkan pada peleburan adalah 1 jam 30 menit
4. Bentuk yang dihasilkan adalah *ingot* dan *pulley*

3.4 Persiapan penelitian

3.4.1 Alat penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah sebagai berikut

1. Timbangan Elektrik

Digunakan untuk mengukur massa bahan yang digunakan dalam penelitian seperti pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Timbangan elektrik
Sumber: Laboratorium $\alpha\beta$ Landungsari, Malang

2. Tungku Peleburan

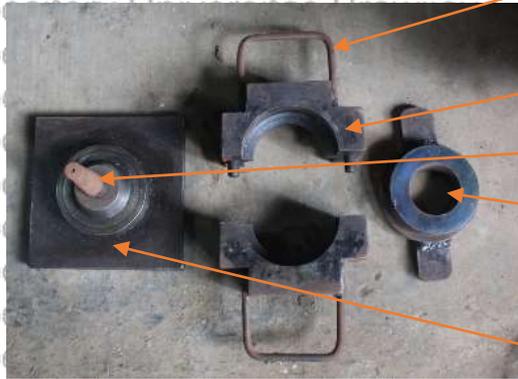
Spesifikasi tungku (Gambar 3.2) peleburan Al-Mg-Si adalah:

Nama alat : Tungku Peleburan I 703
 Kapasitas : ± 2 kg
 Tegangan Listrik : 220 V
 Kuat Arus : ± 13.2 A

5. Cetakan *pulley*

Spesifikasi

- Bahan : Baja
- Dimensi : (Terlampir)
- Cetakan Logam *Pulley*



Holding Fixture

Part of Mold

Core

Saluran Masuk

Base Mold

Gambar 3.5 Cetakan *pulley*

6. *Infrared Thermometer*

Gambar 3.6 digunakan untuk mengukur suhu pada saat peleburan.



Gambar 3.6 *Thermogun*

Spesifikasi:

- Tipe : TM 696
- Dimensi : 203 x 197 x 47 mm
- *Power Supply* : Baterai DC 1.5 V
- *Temperature Range* : Tipe K (-50 °C – 1300 °C)

3.4.2 Bahan

Bahan pengecoran adalah aluminium bekas dari velg dan piston.



Gambar 3.7 Aluminium bekas: velg dan piston

Sumber: dokumentasi pribadi

Unsur kimia dari bahan velg dan piston bekas:

Tabel 3.1

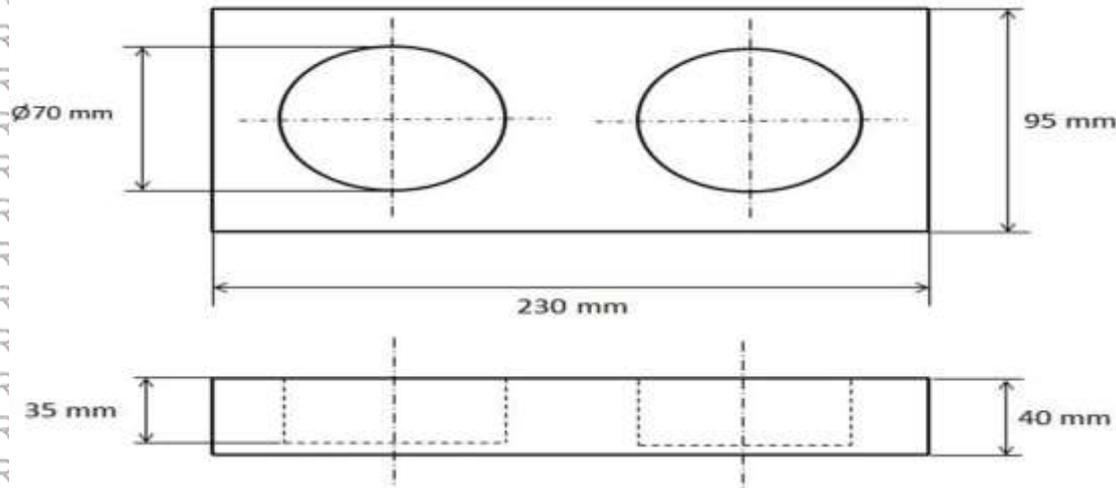
Data Hasil Pengujian Komposisi Limbah Velg dan Piston dengan menggunakan *spectrometer*

Nama Unsur	Jenis Limbah	
	Piston (%)	Velg (%)
Silikon (Si)	16,30	10,06
Besi (Fe)	0,761	0,330
Magnesium (Mg)	0,723	0,345
Seng (Zn)	0,0676	0,0085
Natrium (Na)	0,00032	0,00069
Nikel (Ni)	1,40	0,0039
Fosfor (P)	0,00083	0,00051
Antimon (Sb)	0,0485	0,0018
Berilium (Be)	0,00005	0,00005
Bismut (Bi)	0,0095	0,00030
Tembaga (Cu)	2,27	0,0061
Mangan (Mn)	0,0125	0,0175
Kromium (Cr)	0,0095	0,0026
Titanium (Ti)	0,0635	0,0903
Kalsium (Ca)	0,00038	0,0021
Timbal (Pb)	0,0052	0,0014
Timah (Sn)	0,0272	0,00051
Stronsium (Sr)	0,0016	0,0027
Zirkonium (Zr)	0,0571	0,0021
Kadmium (Cd)	0,0012	0,00089
Aluminium (Al)	78,2	89,1

3.5 Desain Cetakan *Permanent Mold*

3.5.1 Desain Cetakan Dalam Bentuk *Ingot*

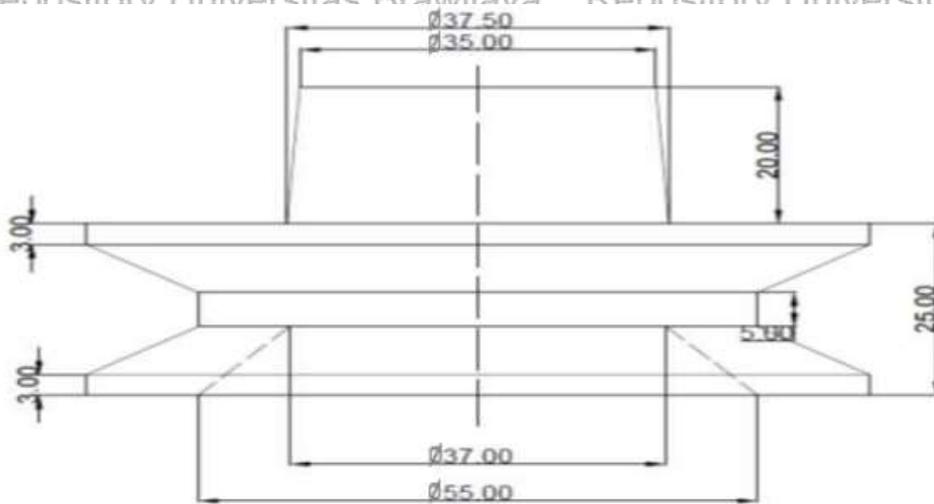
Gambar 3.8 adalah cetakan *ingot* yang digunakan dalam penelitian.



Gambar 3.8 Desain cetakan *ingot*

3.5.2 Desain bentuk *Pulley*

Gambar 3.9 adalah *pulley* yang dihasilkan dalam penelitian.



Gambar 3.9 Desain benda kerja *pulley*

3.6 Prosedur Penelitian

1. Siapkan bahan bekas dari piston dan velg untuk pengecoran *Recycling casting* dan semua alat yang dibutuhkan dalam penelitian
2. Lakukan pengujian komposisi pada velg maupun piston yang akan di *Recycling*
3. Aluminium bekas yang akan dimasukkan ke dalam tungku sebelumnya dipotong kecil-kecil terlebih dahulu.

4. Timbang aluminium yang akan dilebur dengan persentase tertentu pada masing-masing variasi
5. Masukkan bahan *piston* dan *velg* yang akan dilebur ke dalam tungku peleburan I 703 dan leburkan dengan suhu 700°C
6. Tuangkan aluminium yang sudah dileburkan ke dalam cetakan *ingot*
7. Tunggu hingga aluminium membeku lalu keluarkan spesimen dari cetakan
8. Lakukan pengujian efisiensi peleburan
9. Lakukan pengujian *yield casting* pada setiap spesimen
10. Lakukan pengujian komposisi pada produk hasil coran
11. Catat hasil pengujian komposisi pada semua *specimen*

3.7 Rancangan Penelitian

3.7.1 Prosedur Pengujian Efisiensi Peleburan

Langkah-langkah untuk pengujian densitas adalah:

1. Timbang berat bahan baku yang ingin dimasukkan ke dalam tungku
2. Timbang slag yang didapatkan pada saat proses peleburan
3. Timbang aluminium yang melekat pada ladle
4. Hitung efisiensi peleburan dengan menggunakan rumus sebagai berikut

$$\eta_{\text{melt}} = \frac{\text{berat Logam cair}}{\text{berat logam masuk tungku}} \times 100\% \quad (3-1)$$

5. Catat hasil akhir dari efisiensi peleburan

3.7.2 Prosedur Pengujian *Yield Casting*

Langkah-langkah untuk pengujian densitas adalah sebagai berikut :

1. Siapkan timbangan elektrik untuk mengetahui berat pada specimen
2. Timbang berat bahan *velg* dan *piston* yang akan dilebur (berat awal) lalu catat hasilnya
3. Timbang berat spesimen yang di hasilkan kemudian catat hasilnya
4. Timbang berat sisa pada aluminium yang dileburkan lalu catat hasilnya
5. Hitung *yield casting* dari spesimen dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

Rumus :

$$\text{Yield} = \frac{\text{berat Produk baik}}{\text{berat tuangan (berat benda cor+berat gitting system dan terak)}} \times 100\% \quad (3-2)$$

3.8 Rancangan Pengambilan Data Efisiensi Peleburan

Hasil percobaan disajikan dalam bentuk tabel data pengujian. Tabel 3.2 menunjukkan hasil data. Pengambilan data yang dilakukan 3 kali penguangan.

Tabel 3.2

Rancangan Tabel Pengambilan Data Efisiensi Peleburan

Spesimen	Berat yang Dihasilkan [Kg]			Efisiensi Peleburan [%]
	Melekat Pada Ladel	Slag	Logam Cair /Benda Cor	
A	-	-	-	
B	-	-	-	
C	-	-	-	

3.9 Rancangan Pengambilan Data *Yield Casting*

Hasil percobaan disajikan dalam bentuk tabel data pengujian. Tabel 3.3 menunjukkan hasil data.

Tabel 3.3

Rancangan Tabel Pengambilan Data *Yield Casting*

Spesimen	Berat Produk Hasil <i>Casting</i> [kg]		<i>Yield Cast</i> [%]
	Benda cor	Produk baik	
A	-	-	
B	-	-	
C	-	-	

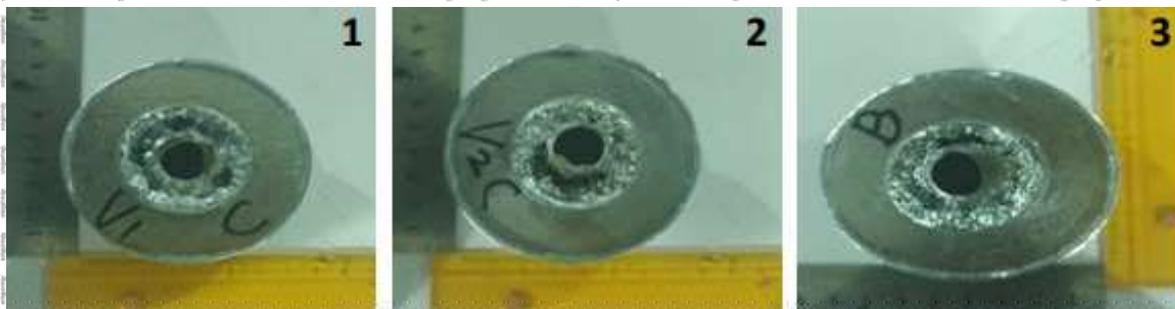


BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Produk Cor Sebelum Dan Sesudah *Finishing*

Pada proses pengecoran di dapatkan hasil produk dalam bentuk *pulley* dan terak yang di hasilkan. Pada proses pengecoran ini digunakan bahan baku sebesar 2600 gr dengan fraksi dari *piston* 40% dan *velg* 60%. Berikut adalah Gambar *pulley* sebelum dan sesudah di *finishing*.

Gambar *pulley* sebelum di *finishing*:



Gambar 4.1 *Pulley* Variasi 1, 2, 3

Gambar *pulley* sesudah di *finishing*:



Gambar 4.3 *Pulley* Tampak atas



Gambar 4.4 *Pulley* tampak samping



Gambar 4.5 Terak variasi 1,2,3

Gambar 4.1 menunjukkan *pulley* tampak atas. Dapat di lihat pada Gambar tersebut merupakan daerah yang mempunyai kekasaran yang sangat jelas karena daerah tersebut adalah saluran masuk logam cair. Pada Gambar 4.2 adalah produk cor *pulley* tampak samping. Permukaan pada produk cor ini akan di haluskan pada proses permesinan dengan cara pembubutan hingga seluruh permukaan pada produk cor halus.

Pada proses pengecoran ini terak yang di hasilkan pada variasi 1 dengan fraksi 40% *piston* dan 60% *velg* seberat 239 g, variasi 2 dengan fraksi 50% *piston* dan 50% *velg* adalah 220 g, pada variasi 3 dengan fraksi 60% *piston* dan 40% *velg* adalah 205 g. Terlihat pada Gambar 4.5 terak yang di hasilkan pada saat proses peleburan.

Terak (*Slag*) adalah salah satu produk limbah yang di dapat selama peleburan aluminium, terak bisa berupa kotoran seperti sisa pelapisan pada bahan baku. Dari data yang di hasilkan, terak pada variasi ke 3 adalah jumlah terak yang paling banyak, ini membuktikan bahwa semakin banyak nya *velg* pada fraksi, maka semakin banyak juga terak yang di dapat.

4.2. Data Hasil Pengujian Komposisi

Dalam proses pengecoran ini dilakukan pengujian komposisi untuk mengetahui unsur Si pada produk cor setelah proses penuangan.

Tabel 4.1
Data Hasil Pengujian Komposisi Ingot Variasi 1,2, dan 3

Nama Unsur	Variasi Persentase Berat [%]		
	40 P, 60 V	50 P, 50 V	60 P, 40 V
Silikon (Si)	11,56	12,56	12,57
Besi (Fe)	0,437	0,459	0,406
Magnesium (Mg)	0,516	0,637	0,533
Seng (Zn)	0,0924	0,126	0,0763
Natrium (Na)	0,00008	0,00005	0,00005
Nikel (Ni)	0,497	0,61	0,285
Fosfor (P)	0,0005	0,0005	0,0005
Antimon (Sb)	0,0028	0,0062	0,0025
Berilium (Be)	0,00007	0,00008	0,00007
Bismut (Bi)	0,0003	0,00031	0,0003
Tembaga (Cu)	0,705	1,05	0,639
Mangan (Mn)	0,0627	0,0857	0,0644
Kromium (Cr)	0,0144	0,0187	0,0118
Titanium (Ti)	0,0923	0,0827	0,0887
Kalsium (Ca)	0,001	0,00036	0,00075
Timbal (Pb)	0,0026	0,0179	0,0192
Timah (Sn)	0,005	0,0049	0,0033
Stronsium (Sr)	0,00016	0,0001	0,00026
Zirkonium (Zr)	0,0059	0,0066	0,003
Kadmium (Cd)	0,0011	0,0011	0,0011
Aluminium (Al)	86	84,3	85,3

Pada Tabel 4.1 bisa dilihat bahwa silikon dengan kandungan Si terendah ada pada variasi pertama dengan nilai 11,56, pada kandungan Si tertinggi ada pada Variasi ketiga dengan nilai 12,57. Pada Tabel 4.1 nilai silicon dari variasi pertama hingga variasi ketiga mengalami peningkatan. Unsur Si pada paduan dapat mempengaruhi titik lebur, fluiditas, solidifikasi yang akan mempengaruhi *yield casting* dan efisiensi peleburan. Perbedaan pada unsur Si tidak banyak mengalami perbedaan karena perbandingan antara piston dan velg tidak terlalu besar.

4.3 Data Hasil Pengujian Efisiensi Peleburan

Pada Pembahasan 4.1 didapatkan produk coran setelah di cetak dan terak yang di hasilkan pada saat proses peleburan. Dari hasil yang di dapat akan ditimbang produk coran dan terak nya. Efisiensi peleburan di dapatkan dengan membandingkan logam cari dengan logam yang masuk ke dalam tungku dimana logam cair didapatkan dari logam yang masuk ke dalam tungku di kurang dengan terak dan aluminium yang melekat pada *ladel*.

Tabel 4.2
Efisiensi Peleburan

Fraksi <i>Piston</i> [%] dan <i>Velg</i> [%]	Berat yang Dihasilkan [g]			Efisiensi Peleburan [%]
	<i>Slag</i>	Melekat Pada <i>ladel</i>	Logam cair /Benda Cor	
40 : 60	239	160	2210	85
50 : 50	220	90	2270	87,15
60 : 40	205	75	2320	89,82

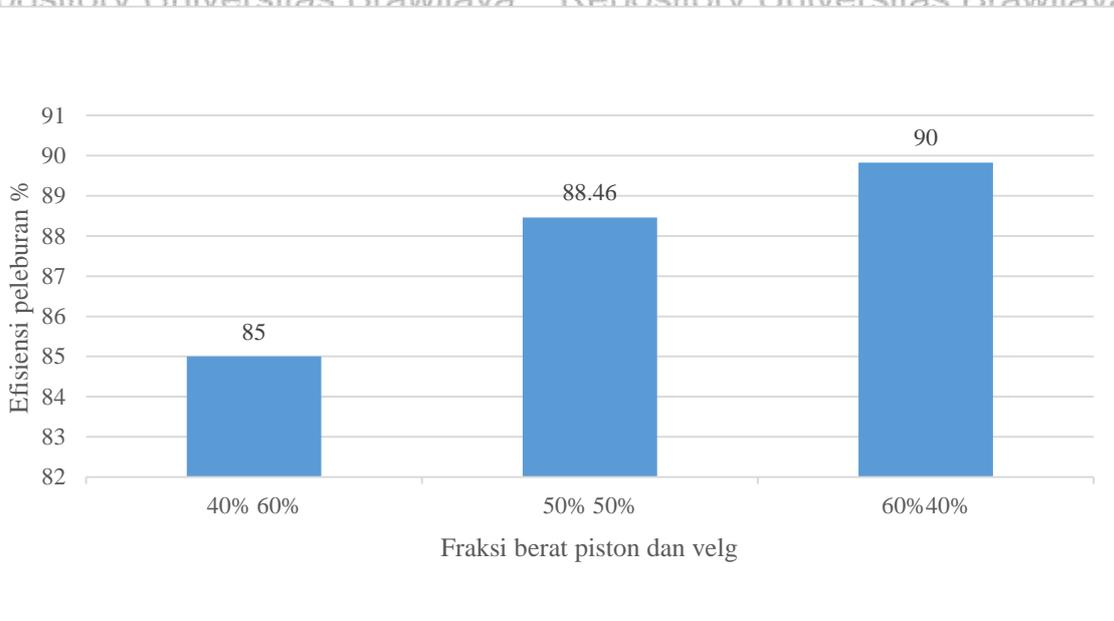
Berat logam cair = logam yang masuk tungku – (terak+aluminium yang melekat pada *ladel*)

Contoh perhitungan dari efisiensi peleburan dengan fraksi *piston* 40% dan *velg* 60%;

$$\eta_{\text{melt}} = \frac{2210}{2600} 100\% \quad (4-1)$$

$$= 85\%$$

Berdasarkan Tabel 4.2 maka di dapatkan hasil Gambar 4.6 hubungan presentase berat *Velg* dan *piston* terhadap efisiensi peleburan nya.



Gambar 4.6 Hubungan persentase berat piston dan velg terhadap efisiensi peleburan

Pada Gambar 4.6 merupakan grafik hubungan persentase berat *velg* dan *piston* paduan Al-Si terhadap efisiensi peleburan berupa *ingot* dan *pulley*. Dapat dilihat semakin besar presentase berat dari *piston* dan *velg* maka akan mempengaruhi efisiensi peleburan nya,

Dimana efisiensi peleburan nya cenderung meningkat. peleburan dengan menggunakan 40% piston dan 60% velg memiliki efisiensi peleburan yang sangat rendah yaitu 89,823%, sedangkan pada 60% piston dan 40% velg adalah efiisiensi peleburan yang tinggi.

Perbedaan efisiensi peleburan yang di dihasilkan pada proses pengecoran ini di sebabkan karena *slag* dan aluminium yang melekat pada *ladel*. *Slag* terjadi karena terdapat banyak kotoran yang ada pada bahan baku. dapat dilihat dari grafik semakin banyak piston yang di

gunakan maka semakin banyak juga *slag* yang dihasilkan, ini membuktikan bahwa kotoran yang terdapat pada *velg* lebih banyak dari *piston*. Selain *slag*, penurunan grafik efisiensi peleburan disebabkan oleh aluminium yang melekat pada *ladel*. Dapat dilihat bahwa pada variasi 1, aluminium yang masih menempel lebih banyak dari variasi ke 2 dan 3. Ini disebabkan karena ketika penuangan ada sebagian aluminium yang mengalami pembekuan pada *ladel* sehingga aluminium tertinggal dalam *ladel*. Aluminium yang membeku pada *ladel* juga disebabkan karena pada saat proses penuangan terlalu lama, selain terlalu lama kandungan unsur Si pada *piston* dan *velg* berpengaruh pada efisiensi peleburan karena semakin Si mendekati titik eutectic maka titik *meltingnya* akan semakin menurun hingga 577°C. pada peleburan ini temperatur yang dipakai yaitu 700°C sehingga pada saat penuangan ke dalam cetakan, fluiditas aluminium yang mengalir ke dalam rongga akan meningkat karena viskositas pada aluminium cair sangat rendah sehingga aluminium cair mengisi semua rongga cetakan, maka aluminium sisa yang melekat pada *ladel* akan berkurang.

4.4 Data Hasil Pengujian *Yield Casting*

Untuk mengetahui hasil pengujian *yield casting* dilakukan penimbangan berat hasil produk jadi (setelah di *finishing*) dibagi dengan berat bahan baku yang masuk ke dalam tungku (berat awal).

Tabel 4.3
Yield Casting

Fraksi <i>Piston</i> [%] dan <i>Velg</i> [%]	Berat Produk Hasil <i>Casting</i> [g]		<i>Yield Cast</i> [%]
	Benda cor	Produk baik	
40 : 60	2210	1982,22	89,69
50 : 50	2270	2050,45	90
60 : 40	2315	2127,27	91,89

Berat benda cor = berat *ingot* + berat *pulley* setelah di *finishing*

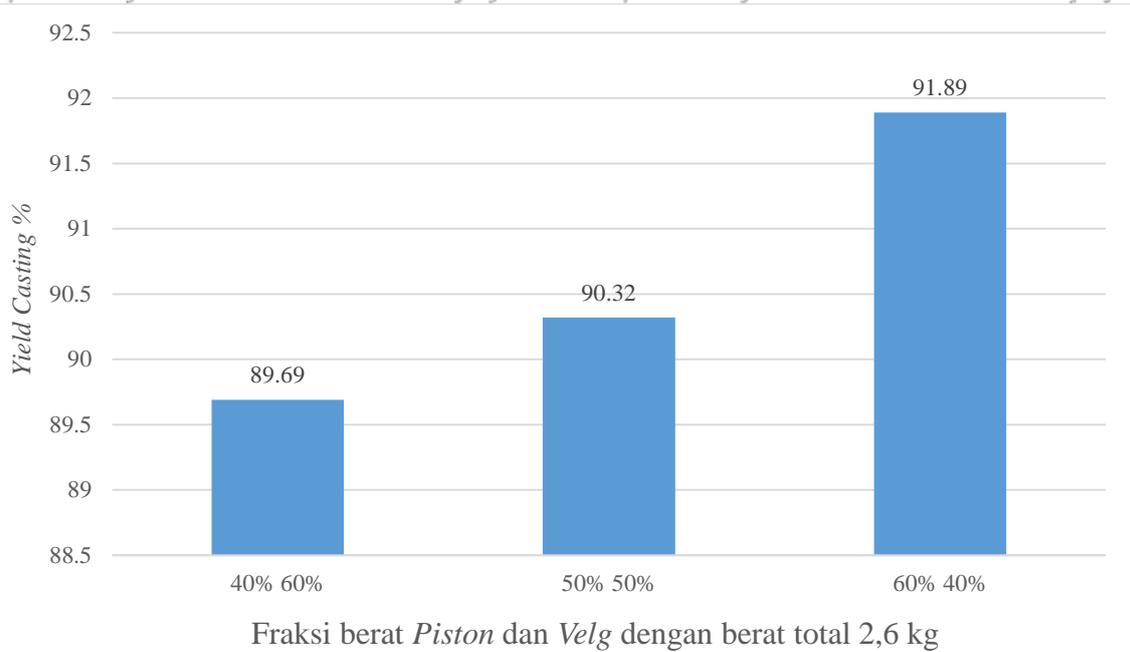
Berat tuangan = berat benda cor + berat askas

Contoh perhitungan *yield casting* dari fraksi 60% *piston* dan 40% *velg*

$$\text{Yield casting} = \frac{2127,27}{2315} \cdot 100\% \quad (4-2)$$

$$= 91,89\%$$

Berdasarkan Tabel 4.3 maka didapatkan hasil grafik hubungan presentase berat *velg* dan *piston* terhadap efisiensi peleburannya.



Gambar 4.7 Hubungan persentase berat piston dan velg terhadap yield casting

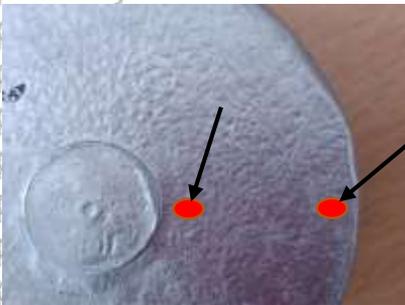
Pada Gambar 4.7 merupakan grafik hubungan presentase berat *velg* dan *piston* paduan Al-Si terhadap *yield casting*. Dapat dilihat semakin besar persentase berat dari *piston* dan *velg* maka akan mempengaruhi *yield casting*nya, dimana *yield casting*nya cenderung meningkat. Pada fraksi berat 60% piston dan 40% velg memiliki *yield casting* yang sangat tinggi yaitu 91,89%, sedangkan pada 40% piston dan 60% velg memiliki *yield casting* yang paling rendah yaitu 89,69%.

Perbedaan dari *yield casting* yang dihasilkan ini disebabkan pada saat pemotongan dengan melakukan proses permesinan. Karena ketika saat permesinan, spesimen akan di bubut hingga spesimen tersebut menjadi produk baik. Produk baik yang di maksud adalah produk yang dapat dipakai. Dengan menghaluskan permukaan, menghilangkan *gating system* maka produk tersebut dapat dikatakan produk baik. Dari data dengan menggunakan 40% *piston* dan 60% *velg* adalah data dengan nilai *yield casting* yang sangat rendah karena ketika dengan pemotongan beberapa miligram, produk masih mempunyai cacat pada permukaannya sehingga permukaan produk cor masih harus dihaluskan. *Slag* yang ikut larut pada saat penuangan ke dalam cetakan dapat mempengaruhi kualitas seperti cacat inklusi kotoran pada produk cor sehingga pada saat proses permesinan, *specimen* harus lebih banyak mengalami pemotongan. Kandungan Si pada paduan juga dapat mempengaruhi *temperature* peleburan. Kandungan Si yang mendekati titik eutectic akan mengalami pendinginan cepat, dengan pendinginan yang cepat maka aluminium yang cair akan cepat masuk kedalam rongga cetakan dan tidak mengalami pembekuan sebagian. Pembekuan sebagian akan berpengaruh pada *yield casting* karena ketika logam cair mengalami solidifikasi pada saat

logam mengalir masuk ke dalam rongga cetakan, maka produk cor sebelum di *finishing* akan mengalami cacat dan permukaannya tidak rata sehingga memerlukan pemotongan logam lebih banyak. Jika dilihat dari perbandingan bahan baku logam yang digunakan dengan produk jadi (setelah *finishing*) efisiensi yang dihasilkan 81%, berarti pada saat proses pengecoran ini logam yang terbuang 19% dari bahan baku yang di pakai.

4.5 Data Kekasaran Permukaan

Uji kekasaran permukaan pada hasil pengecoran menggunakan alat *surface roughness tester*, dimana dilakukan pada 3 benda uji dengan masing-masing benda uji diambil 2 titik pada setiap benda uji tersebut seperti pada Gambar 4.8 dan mendapatkan hasil pada Tabel 4.4.

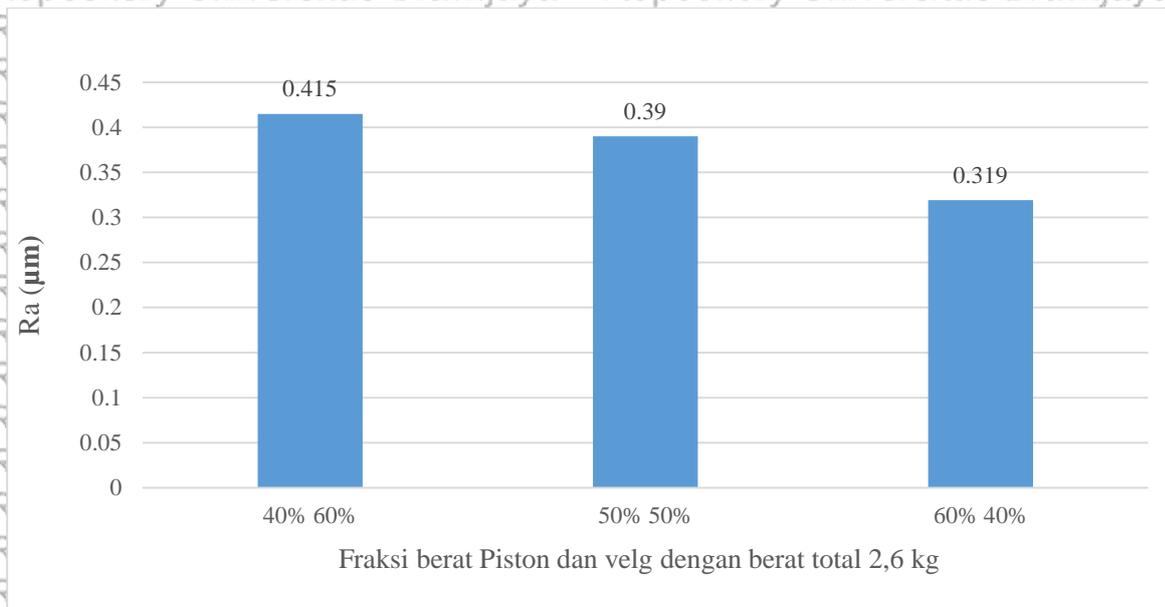


Gambar 4.8 Titik pengambilan data kekasaran

Tabel 4.4
Uji Kekasaran

No	Fraksi Piston [%] dan Velg [%]	Titik (μm)		Rata-Rata Ra (μm)
		Dalam	Luar	
1	40 : 60	0.334	0.497	0,4155
2	50 : 50	0.271	0.510	0,3905
3	60 : 40	0.349	0.290	0,3195

Berdasarkan Tabel 4.4 maka didapatkan hasil grafik hubungan presentase berat *velg* dan *piston* terhadap kekasaran.



Gambar 4.9 Hubungan persentase berat piston dan velg terhadap nilai kekasaran

Pada Gambar 4.9 adalah hubungan antara fraksi berat *velg* dan *piston* terhadap nilai kekasaran. Nilai kekasaran tertinggi adalah pada fraksi 40% *piston* dan 60% *velg*, dengan nilai kekasaran sebesar 0,415 µm. Nilai kekasaran paling rendah adalah pada fraksi 60% *piston* dan 40% *velg*, dengan Ra sebesar 0,319 µm

Jika di hubungkan dengan nilai *yield casting* nya, semakin tinggi nilai kekasaran pada spesimen maka nilai *yield casting* nya akan semakin rendah, karena ketika nilai kekasaran tinggi pada produk cor, maka ketika proses *finishing* logam yang terbuang akan semakin banyak. Sebaliknya semakin nilai kekasaran nya rendah maka *yield castings*nya akan semakin tinggi karena pada saat proses permesinan, tidak perlu banyak memotong spesimen untuk menghaluskan permukaannya. Pada variasi 1 rata-rata pemakanan yang di lakukan dengan kedalaman sekitar 1 mm, pada variasi 2 rata-rata pemakanan pada spesimen 0.7 mm dan pada variasi 3 pemakanan di lakukan 0,5 mm. Dengan perbedaan kedalaman pemakanan aluminium ini maka berat aluminium yang terbuang dari setiap spesimen akan berbeda beda. Kekasaran terjadi akibat waktu penuangan dan temperature penuangan. Karena ketika saat logam cair mengalir mengalami turbulensi maka permukaan yang di hasilkan akan menjadi lebih kasar.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari Penelitian ini dapat di ambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Nilai tertinggi *slag* dan *aluminium melekat di ladel* yang dihasilkan pada proses peleburan adalah pada fraksi 40% *piston* dan 60% *velg* dengan berat *slag* 239 g dan aluminium yang melekat pada ladel 160 g. Sedangkan nilai terendah adalah pada fraksi 60% *piston* dan 40% *velg* dengan berat *slag* 205 g dan aluminium yang melekat pada ladel 75 g.
2. Fraksi *piston* dan *Velg* berpengaruh terhadap nilai efisiensi peleburan. Pada fraksi 60% *piston* dan 40% *velg*, efisiensi yang di hasilkan adalah yang paling tinggi karena kotoran yang terdapat pada piston lebih rendah di banding *velg* sehingga *slag* yang terjadi pada proses peleburan lebih rendah. Pada fraksi 40% *piston* dan 60% *velg* mempunyai nilai efisiensi peleburan yang sangat rendah karena *slag* yang dihasilkan lebih tinggi. Efisiensi peleburan yang tertinggi adalah 89,03%. Sedangkan efisiensi peleburan terendah adalah 85%.
3. Pada fraksi 60% *piston* dan 40% *velg*, *yield casting* yang di hasilkan adalah nilai yang paling tinggi yaitu 91,89%. Pada fraksi 40% *piston* dan 60% *velg* *yield casting* yang di hasilkan adalah nilai yang terendah yaitu 89,69%.

5.2 Saran

1. Selalu memperhatikan *slag* yang berada dalam tungku saat proses peleburan agar saat proses penuangan, *slag* tidak ikut larut dalam cetakan.
2. Pada penelitian selanjutnya agar lebih memperhatikan kebersihan cetakan agar kualitas produk coran lebih baik lagi.
3. Selalu memperhatikan waktu dan suhu pada saat proses peleburan.



DAFTAR PUSTAKA

ASM Handbook vol. 2, *In Properties and Selection: Nonferrous alloys and special purpose materials*. ASM International, 2004.

Wahyono Suprpto, 2017, *Teknologi Pengecoran Logam(TPL)*. Malang: UB Press ISBN 978-602-432-289-2

Aris Budiyo , 2012. Peningkatan sifat mekanis aluminium bekas yang didaur ulang melalui inokulasi unsur tembaga. Semarang: Universitas Semarang

Creese, Robert C. (1999). *Introduction to Manufacturing Processes and Materials*. New York: Marcel Dekker, Inc.

Groover, Mikell P. 2010. *Fundamentals of Modern Manufacturing*. Amerika Serikat : John Wiley & Sons Inc

Nukman, Agung, Irsyadi, 2015. *Peleburan Skrap Aluminium pada Tungku Krusibel berbahan Bakar Batubara Hasil Proses Aglomerasi Air-Minyak Saw Vol. 6 Sumatera selatan* : universitas Sriwijaya

Richard, W.H. 1967 *Principle of Metal Casting*. Jakarta

Kalpakjian, Serope. (1989). *Manufacturing Engineering and Technology*. Massachusetts: Adison-Wesley Publish Company

Lumley, Roger. (2011). *Fundamentals of Aluminium Metallurgy Production, Processing and Applications*. United Kingdom: Woodhead Publishing Limited

Bambang, Wahyu, Joko 2012. *Pengaruh bentuk penampang runner terhadap cacat porositas dan nilai kekerasan produk cor aluminium cetakan pasir* .Universitas negeri Solo

Beeley, P. 1978. *Foundry Technology*. Inggris : University of Leeds.

M.Rendy Yusman ,september 2011. *Castng*

Mohamad, Prasad vol 2 2015 “*Yield Improvement of Cast Part Using Computer Aided Casting Simulation*”. Belagavi Karnataka



Shandy Puar Indo 2012 "*peningkatan yield casting dan perbaikan kekuatan mekanis dengan simulasi casting untuk pembuatan rumah transmisi menggunakan material fc 300*". Jakarta:

Universitas Indonesia

Rifaldy maulyansyah 2017 "*Pengaruh waktu pengadukan Al-Mg-Si cair dengan tungku induksi terhadap densitas dan efisiensi produk coran*". Malang: Universitas Brawijaya

Rochim, Taufiq. 2002. *Spesifikasi Metrologi dan Kontrol Kualitas Geometrik, Industrial Metrology Laboratory, Mechanical & Production Engineering (MPE) Mesin, FTI – ITB, Bandung.*

Samson, Olatunde, Omotayo, Wasuu, Adebowale 2014 "*Physical and mechanical properties of aluminum dross*". Nigeria: University of Lagos

Solechan 2010. *studi pembuatan prototipe material piston menggunakan limbah piston bekas dan adc 12 yang diperkuat dengan insert st 60 dan besi cor*". Semarang: Universitas diponegoro

Surdia, T. & Chijiwa, K. 2013. *Teknik Pengecoran Logam*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita