



**PENGARUH PENAMBAHAN UNSUR MAGNESIUM
(Mg) TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS HASIL
CORAN *CRANKCASE* MESIN PEMOTONG RUMPUT
BERBAHAN ADC 12**

Skripsi
diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar
Sarjana Pendidikan Program Studi Pendidikan Teknik Mesin

Oleh
Topan Prabudiyanto
NIM.5201415014

**PENDIDIKAN TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2019**

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Topan Prabudiyanto

NIM : 5201415014

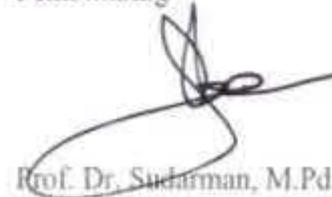
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin S1

Judul : PENGARUH PENAMBAHAN UNSUR MAGNESIUM (Mg)
TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS HASIL CORAN
CRANKCASE MESIN PEMOTONG RUMPUT BERBAHAN ADC
12

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian Skripsi Program Studi Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Semarang, 21 Agustus 2019

Pembimbing



Prof. Dr. Sudarman, M.Pd

NIP.194911031976031001

PENGESAHAN

Skripsi/TA dengan judul "Pengaruh Penambahan Unsur Magnesium (Mg) Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Hasil Coran *Crankcase* Mesin Pemotong Rumput Berbahan ADC 12" telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi/TA Fakultas Teknik UNNES pada tanggal 20 bulan 08 tahun 2019

Oleh:

Nama : Topan Prabudiyanto

NIM : 5201415014

Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin

Panitia:

Ketua



Rusiyanto, S.Pd., M.T.
NIP. 197403211999031002

Sekretaris



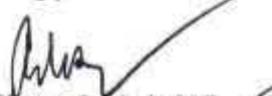
Rusiyanto, S.Pd., M.T.
NIP. 197403211999031002

Penguji 1



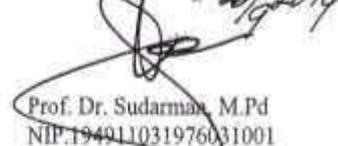
Drs. Sunyoto, M.Si
NIP. 196511051991021001

Penguji 2



Dr. Wirawan Sumbodo, M.T.
NIP. 196601051990021002

Pembimbing



26/8/2019

Prof. Dr. Sudarman, M.Pd
NIP. 194911031976031001



Mengetahui:

Dekan Fakultas Teknik UNNES

Dr. Nur Qudus, M.P., IPM.
NIP. 196911301994031

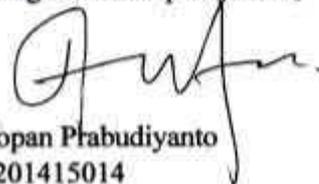
PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi/TA ini, adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Semarang (UNNES) maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Pembimbing dan masukan Tim Penguji.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Semarang, 28 Agustus 2019

Yang membuat pernyataan,



Topan Prabudiyanto
5201415014

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

1. Jagalah Tauhid dengan sungguh-sungguh.
2. Kegagalan terjadi bila kita berhenti berusaha.

PERSEMBAHAN

1. Kepada ayah dan ibu yang senantiasa menyanyangi dan mencintai saya sepenuh hati.
2. Kepada Desi Kurniawati kakak perempuan saya tercinta yang senantiasa memberi nasihat dan petuah kehidupan.
3. Kepada keluarga Himpro Teknik Mesin yang telah membuka pikiran dan memberikan pengalaman yang berkesan.
4. Kepada seluruh civitas akademika unnes yang telah membantu saya menempuh pendidikan di kampus UNNES tercinta.

ABSTRAK

Prabudiyanto. T, 2019. Pengaruh Penambahan Magnesium (Mg) Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Hasil Coran *Crankcase* Mesin Pemotong Rumput Berbahan ADC 12. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Prof. Dr. Sudarman, M.Pd .

Pada penelitian ini crankcase dibuat dari aluminium ADC 12. Salahsatu cara untuk meningkatkan kualitas dari *crankcase* yaitu menambahkan unsur penguat, unsur yang ditambahkan dalam penelitian ini adalah magnesium. Bahan crankcase ADC 12 ditambahkan unsur magnesium dengan variasi 0,15%, 0,20% dan 0,25%. Tujuan dilakukan penelitian ini untuk mengetahui nilai kekerasan, nilai impact dan struktur mikro ADC 12 dengan variasi penambahan magnesium.

Metode penelitian yang digunakan yaitu eksperimen dan teknik analisis yang digunakan pada penelitian ini menggunakan analisis data secara deskriptif dan inferensial. Jumlah spesimen untuk pengujian struktur mikro yaitu 4 buah spesimen dan jumlah spesimen untuk uji impact dan uji kekerasan yaitu 12 buah spesimen. Penelitian dilakukan di laboratorium Jurusan Teknik Mesin UNNES.

Setelah dilakukan pengujian kekerasan, impact dan struktur mikro pada crankcase ADC 12 didapat nilai kekerasan pada variasi Mg 0%, 0,15%, 0,20%, 0,25% berturut-turut sebesar 83,9 HVN, 86,0 HVN, 89,1 HVN, 93,7 HVN. Nilai impact pada variasi penambahan Mg 0%, 0,15%, 0,20%, 0,25% berturut-turut sebesar 0,0171 J/ mm², 0,0176 J/ mm², 0,0184 J/ mm², 0,0197 J/ mm². Hasil analisa struktur mikro melalui pengamatan secara visual didapat bahwa semakin besar penambahan unsur Mg membuat kerapatan antar partikel Al dan Si semakin rapat. Kerapatan partikel Al dan Si merupakan efek penambahan unsur Mg yang membuat nilai kekerasan dan nilai impact meningkat. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan unsur Mg sebesar 0,25% merupakan yang terbaik karena memiliki nilai kekerasan dan nilai impact yang paling tinggi serta memiliki struktur mikro yang paling baik bila dibandingkan dengan spesimen yang lainnya.

Kata Kunci: ADC 12, *Crankcase*, Magnesium.

PRAKATA

Dengan memanjatkan puja dan puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menulis skripsi dengan judul “ Analisis Penambahan Unsur Magnesium(Mg) Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Hasil Coran *Crankcase* Mesin Pemotong Rumput Berbahan ADC 12” dalam rangka menyelesaikan studi Strata Satu untuk mencapai gelar Sarjana Pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang..

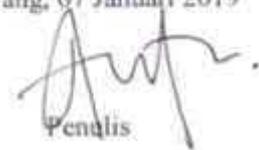
Penulis menyadari bahwa Skripsi ini jauh dari kata sempurna dan masih banyak kekurangan baik dalam tata cara penulisan maupun dalam tata bahasa didalamnya. Skripsi ini dapat diselesaikan berkat bimbingan, motivasi dan bantuan semua pihak. Oleh karena itu dengan rendah hati disampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini, antara lain:

1. Dr. Nur Qudus, M.T., IPM. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang
2. Bapak Rusiyanto, S.Pd., M.T. selaku ketua jurusan Teknik Mesin dan Ketua Program Studi Pendidikan Teknik mesin Universitas Negeri Semarang
3. Prof. Dr. Sudarman, M.Pd selaku dosen pembimbing yang telah membimbing penulis dalam menyelesaikan penulisan Skripsi ini.
4. Seluruh Dosen dan Karyawan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang yang telah membantu penulis menyelesaikan studi.

5. Kepada kedua orang tua yang senantiasa memberikan semangat dan do'anya.
6. Keluarga Himpro Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang yang memberi semangat serta ilmu yang luariansa
7. Kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi.

Demikianlah kata pengantar dari Penulis, semoga skripsi ini dapat bermanfaat para pembaca dan perkembangan Ilmu pengetahuan dan teknologi.

Semarang, 07 Januari 2019



Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERSETUJUN PEMBIMBING	ii
PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	v
ABSTRAK	vi
PRAKATA	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Pembatasan Masalah	4
1.4 Rumusan Masalah	4
1.5 Tujuan Penelitian.....	5
1.6 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	7

2.1 Kajian Pustaka	7
2.2 Landasan Teori	9
2.3 Kerangka Berpikir	36
2.4 Hipotesis	37
BAB III METODE PENELITIAN	38
3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan.....	38
3.2 Desain Penelitian	38
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	39
3.4 Parameter Penelitian	40
3.5 Teknik Pengumpulan Data	41
3.6 Teknik Analisis data	45
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	48
4.1 Deskripsi Data	48
4.2 Pembahasan	58
BAB V PENUTUP	63
5.1 Kesimpulan	63
5.2 Saran	64
DAFTAR PUSTAKA	66
LAMPIRAN.....	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Ingot ADC 12	12
Gambar 2.2	Struktur Mikro Paduan <i>Hypoeutetic</i>	14
Gambar 2.3	Diagrah fasa Al-Si.....	16
Gambar 2.4	Ingot Magnesium	20
Gambar 2.5	Metode Pembebanan uji impak	22
Gambar 2.6	Jenis Spesimen Uji Impak	24
Gambar 2.7	Metode Uji Kekerasan <i>microvickers</i>	26
Gambar 2.8	Struktur Mikro Paduan <i>Hypoeutetic</i>	27
Gambar 2.9	Alat Uji Komposisi Material	30
Gambar 2.10	<i>Crankcase</i> Pemotong Rumput.....	31
Gambar 2.11	Proses Pengecoran Logam	33
Gambar 2.12	<i>Sand Casting</i>	36
Gambar 2.13	Desain Kerangka Berpikir	38
Gambar 3.1	Spesimen Pengujian mikrovickers dan struktur mikro	40
Gambar 3.2	Spesimen Uji Impak <i>Charpy</i>	40
Gambar 3.3	Diagram Alir Penelitian	42
Gambar 4.1	Foto Struktur Mikro 500 x	49
Gambar 4.2	Grafik Peningkatan Nilai Rata-rata Uji Kekerasan	52
Gambar 4.3	Grafik Peningkatan Nilai Rata-rata Uji Impak.....	54

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat Fisis Aluminium	11
Tabel 2.2 Sifat Mekanis Aluminium.....	11
Tabel 2.3 Sifat utama dari paduan aluminium ADC 12.....	13
Tabel 2.4 Karakteristik Magnesium.....	18
Tabel 2.5 Komposisi paduan aluminium digunakan dalam bentuk cor	31
Tabel 3.1 Desain Penelitian.....	38
Tabel 3.2 Lembar Pengambilan Data Struktur Mikro.....	44
Tabel 3.3 Lembar Pengambilan Data Penelitian Uji Kekerasan	45
Tabel 3.4 Lembar Pengambilan Data Penelitian Uji impak.....	45
Tabel 4.1 Tabel Hasil Uji Kekerasan	51
Tabel 4.2 Tabel Hasil Uji Impak.....	53
Tabel 4.3 Hasil F_{hitung} Data Uji Kekerasan.....	56
Tabel 4.4 Hasil F_{hitung} Data Uji Impak.....	57

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Uji Normalitas dan Homogenitas Uji Kekerasan.....	69
Lampiran 2. Hasil Uji Normalitas dan Homogenitas Uji Impak	74
Lampiran 3. Hasil Perhitungan Uji <i>Anava</i> Satu Arah	79
Lampiran 4. Hasil Uji Komposisi ADC 12.....	81
Lampiran 5. SK Dosen Pembimbing	82
Lampiran 6. Surat Tugas	83
Lampiran 7. Surat Selesai Revisi Proposal	84
Lampiran 8. Surat Izin Penelitian.....	85
Lampiran 9. Dokumentasi Kegiatan	86

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bahan teknik secara umum dibagi menjadi dua yaitu bahan logam dan bahan bukan logam. Bahan logam juga dapat dikelompokkan menjadi dua macam yaitu bahan logam besi (*ferro*) dan bahan logam besi (*non ferro*). Logam *ferro* yaitu suatu logam paduan yang terdiri dari campuran unsur karbon dengan besi. Logam *non ferro* yaitu logam yang tidak mengandung unsur besi (Fe). Bahan bukan logam antara lain asbes, karet, plastik dan lainnya.

Logam Aluminium merupakan jenis logam *non ferro* yang paling sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari karena dianggap sesuai dengan kebutuhan masyarakat yang membutuhkan dengan bahan yang efektif dan efisien. Selain itu Aluminium juga digunakan untuk material pesawat terbang, mobil, kapal dan sebagainya (Surdia dan Saito, 1999:129).

Penggunaan paduan aluminium terus meningkat dari setiap tahunnya. Hal ini bisa dibuktikan dari urutan penggunaan logam paduan aluminium yang menempati urutan kedua setelah penggunaan logam besi atau baja, dan di urutan pertama untuk logam *non ferro* (Putra, 2017:154). Aluminium paduan paling banyak digunakan pada rangkaian komponen mesin. Faktor yang membuat paduan aluminium dipilih sebagai material dasar sebuah komponen mesin karena ringan, tahan karat, tahan akan suhu yang tinggi, kuat dan keras (Setia, dkk. 2016:2). Agar aluminium mempunyai sifat-sifat tertentu biasanya logam aluminium dipadukan dengan dengan unsur-unsur seperti: Cu, Si, Mg, Zn, Mn, Ni, dan sebagainya.

Salah satu komponen dari sebuah rangkaian mesin yang menggunakan material dasar aluminium adalah *crankcase* / bak mesin pada mesin pemotong rumput. Penggunaan paduan aluminium untuk komponen *crankcase* haruslah berasal dari material yang memiliki kekuatan dan ketahanan (*durability*) terhadap tekanan, suhu tinggi, benturan, tetapi tidak membutuhkan keuletan yang tinggi. Salahsatu material yang digunakan untuk pembuatan crankcase adalah paduan aluminium dengan nomor paduan AB 319.0. Menurut ASM Handbook vol 15 (1992) komposisi unsur magnesium untuk membuat *crankcase* yaitu sebesar 0,1%-0,5%.

Salah satu cara pembentukan aluminium yang sering digunakan adalah dengan teknik pengecoran logam. Teknik pengecoran logam menggunakan media cetakan dari pasir (*sand casting*) adalah salah satu teknik pengecoran logam yang paling banyak digunakan karena biaya produksi yang relatif lebih murah dan bisa digunakan untuk produksi dengan skala besar.

Penambahan suatu unsur dalam paduan Aluminium akan sangat berpengaruh terhadap struktur mikro, karakteristik suatu logam paduan, dan berpengaruh pada ukuran butir yang nantinya akan menentukan kekuatan mekanis logam paduan (Setia, dkk., 2016:2). Proses pengecoran ulang yang dilakukan pada aluminium akan memberikan perubahan sifat fisis dan mekanisnya. Untuk mendapatkan sifat fisis dan mekanis yang baik, pada umumnya komponen aluminium akan ditambahkan penguat berupa unsur paduan untuk melengkapi sifat dasar komponen tersebut sehingga menghasilkan aluminium paduan yang sesuai dengan kebutuhan.

Magnesium merupakan unsur kimia yang paling ringan diantara logam industri lainnya. Nilai massa jenis yang rendah dengan kekuatan yang terdapat pada magnesium merupakan sebuah kelebihan dari penggunaan unsur ini dalam paduan yang dibentuk. Penambahan unsur magnesium akan meningkatkan nilai kekuatan dan kekerasan pada aluminium tanpa terlalu menurunkan keuletannya dan besarnya persentase penambahan dari unsur ini juga akan berpengaruh pada struktur mikro hasil coran (Setia dkk., 2016:2).

Pada penelitian ini, fokus masalah yang ingin dipelajari adalah bagaimana sifat fisis dan mekanis hasil pengecoran *crankcase* untuk mesin pemotong rumput berbasis material ADC (*Aluminium Die Casting*) 12 dengan penambahan unsur Magnesium (Mg).

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan maka masalah yang dapat diidentifikasi sebagai berikut:

1. Aluminium memiliki kelemahan terutama pada sifat mekanisnya yang relatif rendah.
2. Magnesium memiliki massa jenis yang rendah dengan nilai kekuatan mekanis yang tinggi apabila dibandingkan logam *non ferro* yang lain.
3. Kadar Mg dalam ADC 12 masih rendah bila ditinjau dari komposisi paduan AB 319.0 untuk membuat *crankcase*.

1.3 Pembatasan Masalah

Untuk lebih memfokuskan permasalahan dalam skripsi ini, maka perlu adanya pembatasan masalah yang akan diuraikan sebagai berikut :

1. Material utama yang digunakan yaitu ADC 12.
2. Unsur penguat yang ditambahkan yaitu magnesium (Mg). Penambahan magnesium (Mg) dibagi menjadi 3 variasi untuk mengetahui komposisi yang terbaik. Rincian penambahan adalah sebanyak 0,15% dari berat total ADC 12 yang dilebur untuk yang pertama, 0,20% untuk yang kedua, dan 0,25% untuk yang ketiga.
3. Penambahan magnesium (Mg) dilakukan ketika aluminium mencapai temperatur 650 °C.
4. Temperatur penuangan yaitu pada temperatur 690 °C.
5. Cetakan yang digunakan menggunakan *sand casting*.
6. Proses pengecoran *crankcase* menggunakan metode *gravity*.
7. Pengujian material yang dilakukan meliputi:
 - a. Sifat fisis yang: Uji Struktur Mikro.
 - b. Sifat mekanis : Uji Kekerasan Mikro Vickers dan Uji Impak

1.4 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam skripsi ini yaitu :

1. Bagaimana pengaruh penambahan unsur magnesium (Mg) sebesar 0,15%, 0,20% dan 0,25% terhadap struktur mikro pada hasil pengecoran ADC 12 dengan menggunakan cetakan pasir dengan?

2. Bagaimana pengaruh penambahan unsur magnesium (Mg) sebesar 0,15%, 0,20% dan 0,25% terhadap nilai kekerasan pada hasil pengecoran ADC 12 dengan menggunakan cetakan pasir?
3. Bagaimana pengaruh penambahan unsur magnesium (Mg) sebesar 0,15%, 0,20% dan 0,25% terhadap nilai impak pada hasil pengecoran ADC 12 dengan menggunakan cetakan pasir?

1.5 Tujuan Penelitian

Adapun Tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Mengetahui pengaruh penambahan unsur magnesium (Mg) sebesar 0,15%, 0,20% dan 0,25% terhadap struktur mikro pada hasil pengecoran ADC 12 dengan menggunakan cetakan pasir.
2. Mengetahui pengaruh penambahan unsur magnesium (Mg) sebesar 0,15%, 0,20% dan 0,25% terhadap nilai kekerasan pada hasil pengecoran ADC 12 dengan menggunakan cetakan pasir.
3. Mengetahui pengaruh penambahan unsur magnesium (Mg) sebesar 0,15%, 0,20% dan 0,25% terhadap nilai impak pada hasil pengecoran ADC 12 dengan menggunakan cetakan pasir.

1.6 Manfaat Penelitian

1. Secara Teoritis

Setelah mengetahui karakteristik hasil coran ADC 12 dengan variasi penambahan unsur Mg sebesar 0,15%, 0,20% dan 0,25% yang mencakup nilai

kekerasan, nilai impak dan struktur mikro, diharapkan memberikan pengetahuan tentang kelebihan dan kekurangan dari penggunaan material tersebut. Selain itu diharapkan penelitian ini bisa dijadikan sebagai sumber referensi pada penelitian sejenis selanjutnya dan sebagai bahan pustaka di lingkungan Universitas Negeri Semarang lebih khususnya di Jurusan Teknik Mesin.

2. Secara Praktisi

Setelah mengetahui pengaruh variasi penambahan magnesium sebesar 0,15%, 0,20% dan 0,25% terhadap karakteristik hasil coran yang mencakup nilai kekerasan, nilai impak dan struktur mikro pada setiap spesimen hasil peleburan dengan material dasar ADC 12, diharapkan mampu memberikan pertimbangan untuk menambahkan komponen penguat dalam proses pengecoran agar menghasilkan kualitas *crankcase* yang baik. Hasil dari penelitian ini juga diharapkan bahan acuan atau referensi kepada pelaku industri pengecoran logam terutama pada pembuatan *crankcase* bilamana ingin menambahkan unsur Magnesium (Mg) pada produk aluminium cor.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TERORI

2.1 Kajian Pustaka

Penelitian terkait dengan analisis penambahan unsur magnesium (Mg) terhadap sifat fisis dan mekanis ADC 12 telah banyak dilakukan oleh penelitian terdahulu. Adapun kajian pustaka yang dapat diambil dari penelitian tersebut sebagai berikut:

1. Menurut penelitian Solechan (2010) dalam tesisnya yang berjudul “Studi Pembuatan Prototipe Piston Menggunakan Limbah Piston Bekas Dan ADC 12 yang Diperkuat dengan Insert ST 60 dan Besi Cor” pada specimen *Raw Material* ADC 12 mempunyai kekerasan tertinggi yaitu sebesar 120,4 HVN pada temperature penuangan 700 °C.
2. Menurut Setia, dkk (2016) dalam penelitiannya yang berjudul “Analisis pengaruh penambahan unsur magnesium (Mg) 2% dan 5% terhadap ketangguhan impak, tingkat kekerasan dan struktur mikro pada velg aluminium” menyatakan bahwa nilai kekerasan akan meningkat dan tingkat keuletan akan menurun seiring dengan penambahan persentase magnesium yang dicampurkan.
3. Cholis (2008) dalam skripsinya yang berjudul “Pengaruh Penambahan Unsur Magnesium (Mg) Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro pada Pengecoran Aluminium” dengan hasil penelitian bahwa semakin banyak unsur. magnesium yang ditambahkan akan meningkatkan nilai kekerasan dan membuat ukuran butir Aluminium semakin rapat dan mengecil.

4. Siswanto, dkk (2014) dalam penelitiannya yang berjudul “Analisis Pengaruh Temperatur dan Waktu Peleburan Terhadap Komposisi Al dan Mg Menggunakan Metode Pengecoran Tuang” menyatakan semakin tinggi temperatur peleburan akan membuat komposisi Al dalam paduan cenderung meningkat dan membuat komposisi Mg dalam paduan cenderung menurun. Semakin lama waktu peleburan membuat komposisi Al dalam paduan cenderung meningkat dan komposisi Mg dalam paduan cenderung menurun.
5. Menurut penelitian Rasyid dan Muas (2017) yang berjudul “Analisis Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Paduan Aluminium ADC 12 dengan Teknik Pengecoran Semi Solid (Rheocasting)”, pengadukan yang dilakukan pada aluminium ADC 12 yang sudah mencair mempunyai nilai kekerasan yang lebih tinggi apabila dibandingkan dengan yang tidak dilakukan proses pengadukan ketika aluminium ADC 12 sudah mencair.
6. Mugiono, dkk (2013) dalam penelitiannya yang berjudul “Pengaruh Penambahan Mg Terhadap Sifat Kekerasan dan Kekuatan Impak Serta Struktur Mikro pada Paduan Al-Si Berbasis Material Piston Bekas” menyatakan semakin tinggi penambahan unsur Magnesium akan membuat nilai kekerasan dan ketangguhan impak paduan semakin tinggi dan membuat strukturnya semakin rata sehingga sifat mekaniknya meningkat.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Aluminium

Menurut Surdia dan Saito (1999:129) aluminium ditemukan oleh Sir Humphery Davy pada tahun 1809 sebagai suatu unsur, dan pertama kali direduksi sebagai logam oleh H. C. Oersted di tahun 1825. Secara industri tahun 1886, Paul Heroult di Perancis dan C. M. Hall di Amerika Serikat secara terpisah telah memperoleh logam aluminium dari Alumina dengan cara elektrolisa dari geramnya yang terfusi. Sampai sekarang proses Heroult Hall masih dipakai untuk memproduksi aluminium. Callister (2006:374) menyatakan bahwa aluminium merupakan logam dengan karakteristik massa jenis yang *relative* rendah ($2,7 \text{ g/cm}^3$), terletak pada golongan IIIA, dan memiliki nomor atom 13, memiliki konduktivitas listrik dan panas yang tinggi dan tahan terhadap serangan korosi di berbagai lingkungan, termasuk di temperatur ruang, memiliki struktur FCC (*face centered cubic*), tetapi memiliki keuletan di kondisi *temperature* rendah serta memiliki *temperature* lebur 660°C . Aluminium adalah suatu logam yang secara termodinamika merupakan logam yang reaktif. Penggunaan aluminium merupakan penggunaan yang terbesar jumlahnya diantara logam non ferro dan merupakan urutan kedua setelah besi dan baja (Surdia dan Saito, 1992: 129).

Aluminium mempunyai sifat-sifat yang sangat baik dan apabila dipadukan dengan logam lain bisa menghasilkan sifat-sifat yang tidak bisa ditemui pada logam. lain. Adapun sifat-sifat dari aluminium antara lain: penghantar panas, ringan, lunak, ulet, penghantar listrik yang baik serta tahan korosi akan tetapi memiliki kekuatan Tarik yang lemah (Siswanto, 2014:1). Sifat tahan korosi pada

aluminium diperoleh karena terbentuknya lapisan oksida aluminium pada permukaan aluminium (Bayuseno, 2011:18). Berikut tabel sifat fisik dan mekanik aluminium (Surdia dan Saito, 1999: 134):

Tabel 2.1 Sifat Fisis Aluminium

Sifat-sifat	Kemurnian Al %	
	99,996	>99,0
Massa Jenis (20°C)	2,6989	2,71
Titik Cair	660,2	653-657
Panas Jenis (cal/g.°c) (100°C)	0,2226	0,2297
Hantaran listrik (%)	64,94	59 (dianil)
Tahanan listrik koefisien temperatur (°C)	0,00429	0,0115
Koefisien Pemuai (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

Tabel 2.2 Sifat Mekanis Aluminium

Sifat-sifat	Kemurnian Al %			
	99,996		>99,0	
	Dianil	75% dirol dingin	Dianil	H18
Kekuatan tarik (kg/mm²)	4,9	11,6	9,3	16,9
Kekuatan mulur (0,2%) (kg/mm²)	1,3	11,0	3,5	14,8
Perpanjangan (%)	48,8	5,5	35	5
Kekerasan Brinnel	17	27	23	44

2.2.2 ADC (*Aluminium Die Casting*) 12

Rasyid dan Muas (2017:1) menyatakan aluminium *die casting* 12 (ADC 12) adalah salah satu jenis paduan Al-Si dengan penambahan unsur Cu, Fe, Mn, Mg, Zn, Ti, Cr, Ni, Pb, dan Sn. ADC 12 merupakan salah satu jenis dari paduan Al-Si mengingat unsur dominannya yaitu Al dan Si. Sesuai dengan namanya, proses pembuatan ADC 12 ini melalui metode *die casting* atau cetak tekan. Paduan aluminium silikon (Al-Si) pada umumnya digunakan dalam industri mesin karena sifatnya yang unggul seperti; ringan, konduktivitas panas yang baik, sifat mampu tuang yang baik dan sifat mampu las yang baik. Unsur silikon pada paduan ADC12, sangat dekat dengan titik autektik pada diagram fasa Al-Si dan daerah dua fasa cair dan padat sangat tipis (Rasyid dan Muas, 2016:1).



Gambar 2.1 Ingot ADC 12

(Sumber: <https://Indonesia.alibaba.com> diunduh 3 Januari 2019)

Kandungan silikon pada material ADC 12 ini adalah maksimal 12% dan biasanya dikhususkan untuk pembuatan part otomotif (Harmanto, 2018:1). Paduan Al-Si memiliki beberapa kelebihan, yaitu kemampuan mengalir (*fluidity*) yang baik saat proses pengecoran, kemampuan cor (*castability*), dan ketahanan korosi yang

sangat baik. Menurut Bayuseno (2011: 18) paduan aluminium ini memiliki keunggulan antara lain:

1. Tahan terhadap korosi
2. Memiliki berat yang relatif ringan
3. Konduktivitas termal tinggi
4. Ulet sehingga jarang ditemukan retakan
5. Lunak tapi kuat sehingga apabila kampas rem habis, sepatu rem tidak merusak drum.

Paduan aluminium ADC 12 memiliki kesetaraan dengan jenis paduan aluminium 384.0-F dan 383.0-F (Rasyid dan Muas, 2017:3). Adapun sifat-sifat mekanis dari material ADC 12 ini yaitu:

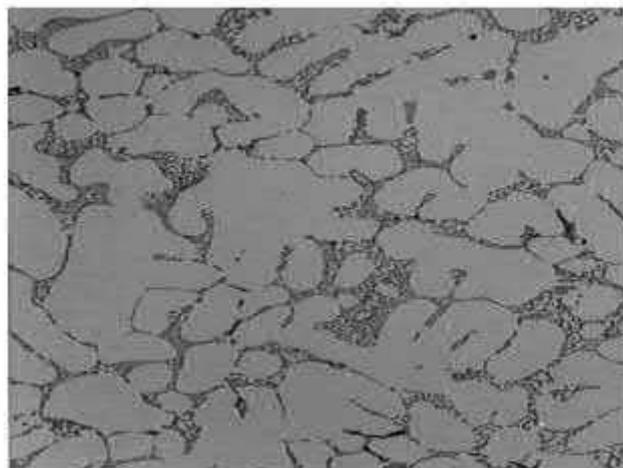
Tabel 2.3 Sifat dari paduan ADC 12.

Sifat	Nilai
Densitas	2.74 - 2.823 g/cm ³
Temperatur Cair	516 - 582 °C
Kekuatan Tarik	310 - 331 Mpa
Kekuatan Luluh	150 -165 Mpa
Kekerasan <i>Brinell</i>	75 – 85 HB
Perpanjangan	2.50 - 3.5 %
Temperatur Tuang	616 - 699 °C

(Sumber: ASM Handbook vol.2, 1992)

Material ADC 12 merupakan paduan Al-Si yang masuk dalam kategori paduan *hypoeutectic*. Paduan Al-Si disebut *Hypoeutectic* yaitu apabila pada paduan

tersebut terdapat kandungan silicon < 11.7% dimana struktur akhir yang terbentuk pada fasa ini adalah struktur ferrite (alpha) yang kaya akan aluminium dengan struktur eutektik sebagai tambahan (Bayuseno, 2011:19). Hal ini dibuktikan dengan penelitian yang dilakukan oleh Raharjo (2011:108) dimana ADC 12 yang telah dilakukan uji komposisi mempunyai kandungan unsur silicon sebesar 11%. Bayuseno (2011:20) juga telah melakukan penelitian uji komposisi terhadap material ADC 12 dan kandungan silikonya sebesar 10,637%.



Gambar 2.2 Strukturmikro paduan *hypoeutectic* (Raharjo, 2011:108)

2.2.3 Paduan Al-Si

Untuk membuat aluminium memiliki sifat tertentu maka harus dipadukan dengan unsur-unsur tertentu. Aluminium hasil penambahan unsur kimia yang disebut dengan paduan aluminium ini dipergunakan di dalam berbagai bidang industri seperti peralatan rumah tangga dan dipakai untuk keperluan material pesawat terbang, mobil, kapal laut, konstruksi (Surdia dan Saito, 1999: 129).

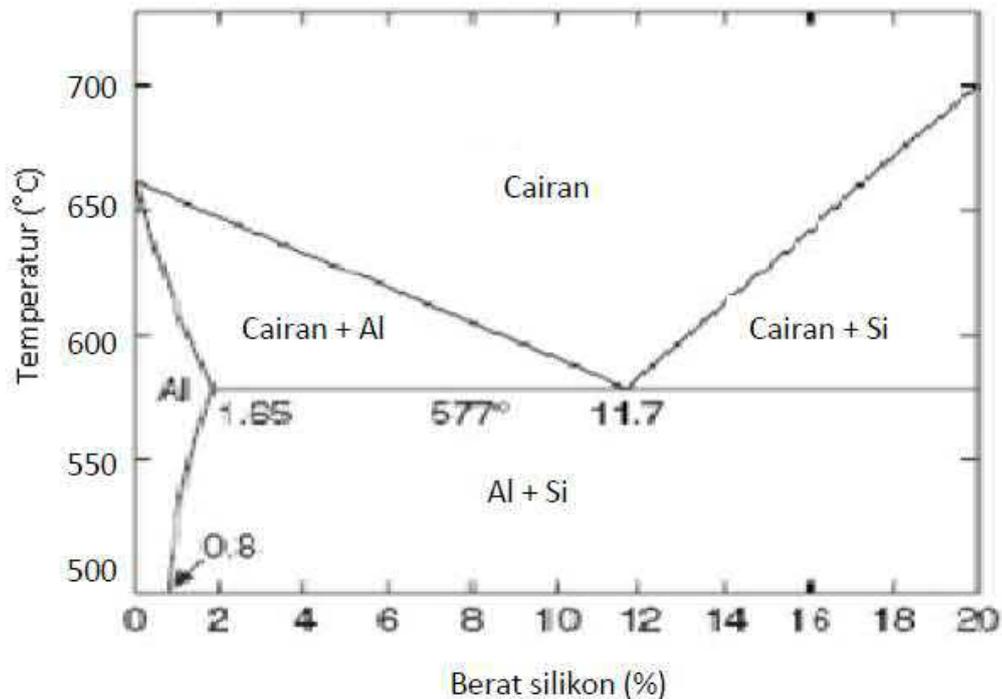
Paduan Al-Si ditemukan oleh A. Pacz tahun 1921. paduan Al-Si yang telah diperlakukan panas dinamakan *Silumin*. Sifat – sifat silumin sangat diperbaiki oleh perlakuan panas dan sedikit diperbaiki oleh unsur paduan. Paduan Al-Si umumnya dipakai dengan 0,15% – 0,4% Mn dan 0,5 % Mg. Paduan yang diberi perlakuan pelarutan (*solution heat treatment*), *quenching*, dan *aging* dinamakan *silumin* γ , dan yang hanya mendapat perlakuan aging saja dinamakan *silumin* β . Paduan Al-Si yang memerlukan perlakuan panas ditambah dengan Mg juga Cu serta Ni untuk memberikan kekerasan pada saat panas. Pengaruh penambahan unsur Si pada paduan aluminium adalah sebagai berikut (Solechan, 2010:8):

1. Meningkatkan sifat mampu alir (*Hight Fluidity*).
2. Mempermudah proses pengecoran
3. Meningkatkan daya tahan terhadap korosi
4. Memperbaiki sifat-sifat atau karakteristik coran
5. Menurunkan penyusutan dalam hasil cor
6. Tahan terhadap *hot tear* (perpatahan pada *metal casting* pada saat solidifikasi karena adanya kontraksi yang merintang)

Namun, penambahan unsur Si dalam paduan Aluminium juga mempunyai pengaruh negatif yang ditimbulkan yaitu berupa penurunan keuletan bahan terhadap beban kejut jika kandungan silicon terlalu tinggi.

Paduan Al-Si memiliki sifat mampu cor yang baik, tahan korosi, dapat diproses dengan permesinan dan dapat dilas. Diagram fasa dari Al-Si ditunjukkan

pada Gambar 2.3, diagram ini digunakan sebagai pedoman umum untuk menganalisa perubahan fasa pada proses pengecoran paduan Al-Si.



Gambar 2.3 Diagram fasa Al-Si (Bayuseno, 2011:18)

Menurut Bayuseno (2011:18) kandungan silikon pada diagram fase AL-Si ini terdiri dari 3 macam yaitu :

- Hypoeutectic* yaitu apabila terdapat kandungan silikon $< 11.7\%$ dimana struktur akhir yang terbentuk pada fasa ini adalah struktur ferrite (*alpha*) kaya aluminium, dengan struktur eutektik sebagai tambahan.
- Eutectic* yaitu apabila kandungan silikon yang terkandung didalamnya sekitar 11.7% sampai 12.2% Pada komposisi ini paduan Al-Si dapat membeku secara langsung (*dari fasa cair ke padat*).
- Hypereutectic* yaitu apabila komposisi silikon diatas 12.2% sehingga kaya akan silikon dengan fasa eutektik sebagai fasa tambahan. Keberadaan

struktur kristal silikon primer pada daerah ini mengakibatkan karakteristik yaitu:

1. Ketahanan aus paduan meningkat.
2. Ekspansi termal yang rendah.
3. Memiliki ketahanan retak panas (*hot trearing*) yang baik.

Fungsi lain dari unsur silikon dapat mereduksi koefisien ekspansi termal dari paduan Aluminium. Selama pemanasan terjadi, pemuaian volume paduan tidak terlalu besar. Hal ini akan menjadi sangat penting saat proses pendinginan dimana akan terjadi penyusutan volume paduan Aluminium

2.2.4 Magnesium (Mg)

Menurut Cotton (1989: 264) magnesium merupakan unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki simbol Mg dan nomor atom 12 serta berat atom 24,31. Magnesium dihasilkan dari beberapa sumber, seperti batuan dolomit dan air laut, yang mengandung 0,13 % magnesium. Magnesium dapat diperoleh dengan cara elektrolisa apabila memiliki kemurnian yang biasa dan akan rusak apabila dicelupkan kedalam air laut. Karakteristik magnesium yang paling menonjol adalah kepadatannya yaitu 1,7 g / cm³ yang merupakan yang terendah dari semua logam struktural. Oleh karena itu, paduannya digunakan di mana bobot ringan adalah pertimbangan penting. Magnesium memiliki struktur kristal HCP, relatif lunak, dan memiliki modulus elastisitas rendah yaitu 45 Gpa (psi) dan magnesium mempunyai titik cair pada temperatur 651 °C (Callister, 1990:377). Ketahanan korosi yang dimiliki unsur ini mendekati ketahanan korosi yang dimiliki oleh aluminium dan

lebih baik dibanding dengan ketahanan baja lunak (Surdia, 1992: 143). Cairan magnesium harus terlindungi dari kontak dengan oksigen yang ada di udara, karena mudah bereaksi dan langsung terbakar jika terkena dengan oksigen, sedangkan massa jenis paduan magnesium 1,8 gram/cm³. Semakin lama waktu peleburan juga berpengaruh pada penurunan komposisi magnesium pada paduan hasil pengecoran (Siswanto, 2014:4). Magnesium sepertiga lebih ringan dibanding aluminium dan dalam campuran logam digunakan sebagai bahan konstruksi pesawat dan *missile*. Logam ini memperbaiki karakter mekanik, fabrikasi dan las aluminium ketika digunakan sebagai *alloying agent* (Cholis, 2013:34).

Berikut merupakan tabel karakteristik yang dimiliki logam Magnesium:

Tabel 2.4 Karakteristik Magnesium

Konfigurasi elektronik	[10Ne] 3s²
Titik leleh/ °C	649
Titik didih/ °C	1107
Densitas / g cm⁻³ (20 °C)	1,74
Jari-jari atomik / pm	160
Jari-jari ionik M²⁺ /pm	86
Energi ionisasi / Kj mol⁻¹ I	738
Energi ionisasi / Kj mol⁻¹ II	1450
Potensial reduksi standar / V	-2,36
Elektornegativitas	1,2

(Sumber : Sugiyarto, 2010: 129)

Apabila terbakar atau terkena panas tinggi logam magnesium akan bereaksi dengan timbul nyala putih yang sangat terang. Reaksi ini terjadi apabila magnesium yang bereaksi berbentuk serbuk kecil yang terkena panas atau api. Adapun reaksi pembakaran magnesium dalam udara adalah sebagai berikut (Sugiyarto, 2010:137) :



Reaksi pembakaran logam magnesium berlangsung sangat cepat dan bisa dipadamkan dengan bahan pemadam kebakaran yang mengandung grafit atau natrium klorida. Terdapatnya grafit pada dapur cor yang digunakan berpengaruh pada padamnya reaksi hasil pembakaran magnesium.

Pengecoran aluminium dengan penambahan unsur magnesium dilakukan dengan cara mencampurkan kedua unsur pada posisi atau diatas suhu titik leleh masing masing unsur. Untuk menghindari proses pembakaran, industri menggunakan magnesium dalam bentuk padat yang dinamakan ingot. Ingot magnesium diproduksi pasaran dalam bentuk siap cor. Pengaruh penambahan unsur Mg pada paduan aluminium adalah sebagai berikut (Solechan, 2010:8):

- 1 Mempermudah proses penuangan
- 2 Meningkatkan kemampuan pengerjaan mesin
- 3 Meningkatkan daya tahan terhadap korosi
- 4 Meningkatkan kekerasan dan kekuatan mekanis
- 5 Menghaluskan butiran kristal secara efektif
- 6 Meningkatkan ketahanan beban kejut atau impak.

Namun penambahan unsur Mg juga mempunyai pengaruh buruk yang akan ditimbulkan yaitu Meningkatkan kemungkinan timbulnya cacat pada hasil pengecoran



Gambar 2.4 Ingot Magnesium

(Sumber: <http://metalworkingworldmagazine.com> diunduh 2 Januari 2019)

2.2.5 Uji Impak

Kekuatan impak adalah salah satu kriteria penting dalam ilmu metalurgi. Pengujian ini adalah untuk menentukan sifat perpatahan suatu logam, keuletan maupun kegetasannya. Pada umumnya pengujian impak menggunakan batang bertakik. Berbagai jenis pengujian impak batang bertakik telah digunakan untuk menentukan kecenderungan bahan untuk bersifat getas. Dengan jenis uji ini dapat diketahui perbedaan sifat bahan yang tidak teramati dalam uji tarik. Beberapa kasus laju pembebanan tidak dapat ditetapkan dengan baik, maka oleh karena itu perlu hati-hati dalam membandingkan hasil satu sama lain.

Uji impak merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui kekuatan, kekerasan, serta keuletan material. Oleh karena itu uji impak banyak digunakan dalam bidang menguji sifat mekanik yang dimiliki oleh suatu material tersebut (Wardani. dkk, 2017:244). Pada uji impak, digunakan pembebanan yang cepat (*rapid loading*). Perbedaan dari pembebanan jenis ini dapat dilihat pada *strain ratenya*. Pada pembebanan cepat atau disebut dengan beban impak, terjadi proses penyerapan energi yang besar dari energi kinetik suatu beban yang menumbuk ke benda uji. Hasil yang diperoleh dari uji batang bertakik tidak langsung sekaligus memberikan besaran rancangan yang dibutuhkan, karena tidak mungkin mengukur komponen tegangan tiga sumbu pada takik. Para peneliti perpatahan getas logam telah menggunakan berbagai bentuk benda uji untuk pengujian impak bertakik. Secara umum harga impak (HI) didefinisikan sebagai perbandingan antara energi yang digunakan untuk mematahkan bahan (U) dengan luas penampang sisa setelah diberi takikan (Avner, 1964:43).

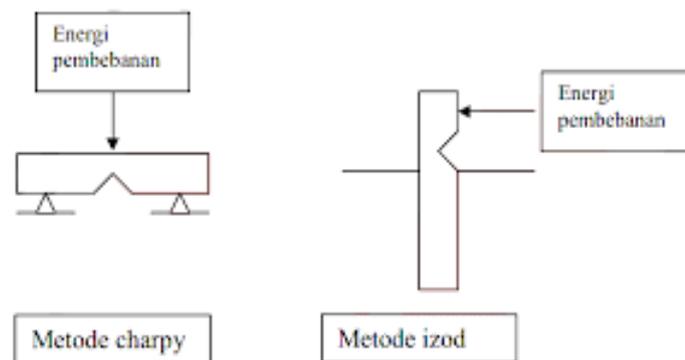
Proses Pengujian impak umumnya terdapat dua metoda percobaan, yaitu (Avner, 1964:42):

1. Metoda *Izod*

Metode izod menggunakan batang impak kontiveler. Benda uji *izod* lazim digunakan di Inggris, namun saat ini jarang digunakan. Benda uji *izod* mempunyai penampang lintang bujursangkar atau lingkaran dan bertakik V di dekatujung yang dijepit.

2. Metoda Charpy

Pada metode ini peletakan spesimen dilakukan secara horizontal atau mendatar dengan takikan diletakan membelakangi arah *striking edge*. Dalam prakteknya metode Charpy ini lebih banyak digunakan daripada metode yang lain. Hal ini disebabkan karena pada metode ini energi dari *striking edge* yang hilang akibat tahanan peletak spesimen lebih kecil daripada metode yang lain. Dengan ini asumsi bahwa energi yang hilang tersebut diserap oleh spesimen yang patah dapat semakin didekati.



Gambar 2.5 metode pembebanan uji impact (Avner, 1964:43)

Besarnya energi *impact* (joule) dapat dilihat pada skala mesin pengujian. Sedangkan besarnya energi *impact* dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\Delta E = W l (\cos \beta - \cos \alpha)$$

dimana :

E_0 = Energi awal (J)

E_1 = Energi akhir (J)

W = Berat bandul (N)

h_0 = Ketinggian bandul sebelum dilepas (m)

h_1 = Ketinggian bandul setelah dilepas (m)

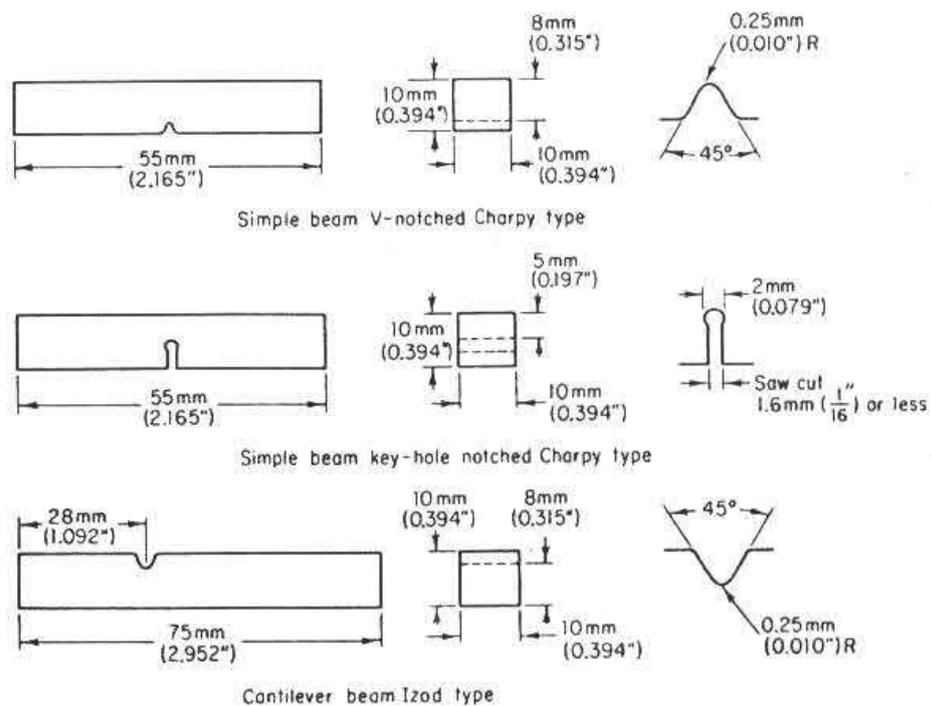
ℓ = panjang lengan bandul (m)

α = sudut awal ($^\circ$)

β = sudut akhir ($^\circ$)

Untuk mendapatkan hasil yang representatif, maka batang uji harus distandarkan baik ukuran dan tipe takikannya. Benda uji atau spesimen harus benar-benar telah dikerjakan dengan baik dengan ketentuan kehalusan tertentu. Bahkan selama preparasi spesimen uji impact, material tidak boleh mengalami pengaruh deformasi, maupun pengaruh pengerjaan panas. Dengan demikian kondisi temperatur pengerjaan preparasi harus dalam kondisi dingin agar tidak mempengaruhi struktur mikromaterialnya.

Ukuran dan tipe takikan yang digunakan untuk uji impact. Beberapa tipe takikan spesimen uji impact metoda *charpy* yaitu tipe (A, B dan C) dapat dilihat pada Gambar 3 terlihat ada tiga tipe spesimen yaitu : tipe A atau V (*V Notch*), tipe B atau lubang kunci (*key notch*) dan tipe C atau U (*U Notch*).



Gambar 2.6 jenis spesimen uji impak (Avner, 1964:43)

Akibat dari proses pengujian impak ini adalah terjadinya patahan pada spesimen benda kerja. Secara umum, sebagaimana analisis perpatahan pada benda hasil uji tarik, maka perpatahan impak digolongkan menjadi tiga jenis, yaitu :

- Perpatahan berserat / patahan geser (*fibrous fracture*), yang melibatkan mekanisme pergeseran bidang – bidang kristal di dalam bahan logam yang ulet (*ductile*) dan ditandai dengan permukaan patahan yang berserat yang menyerap cahaya dan berpenampilan buram.
- Perpatahan granular / kristalin, yang dihasilkan oleh mekanisme pembelahan pada butir – butir dari bahan logam yang rapuh (*brittle*) serta ditandai dengan permukaan patahan yang datar dan mampu memberikan daya pantul cahaya yang tinggi sehingga kelihatan mengkilap.

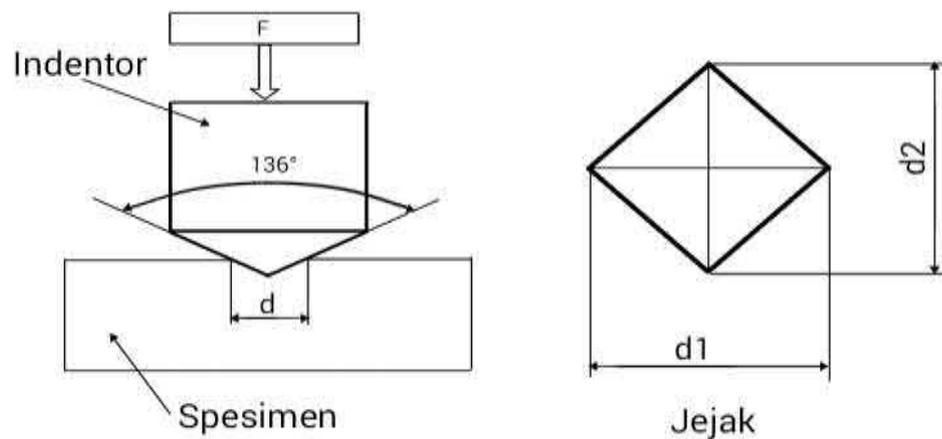
- c. Perpatahan campuran (berserat dan granular) merupakan kombinasi dari dua jenis perpatahan di atas.

2.2.6 Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan merupakan merupakan salahsatu dari sekian banyak metode pengujian yang dilakukan untuk mengetahui karakteristik produk hasil pengecoran. Metode pengujian kekerasan yang paling banyak dipakai ialah dengan menekankan penekan tertentu kepada benda uji dengan beban tertentu dan dengan mengukur ukuran bekas penekanan yang terbentuk diatasnya, cara ini dinamakan cara kekerasan penekanan (Surdia dan Saito, 1999:31). Kekerasan dari suatu bahan dihitung menggunakan skema pengujian pemberian beban dengan menggunakan indentor pada permukaan bahan yang diuji tersebut. Bentuk dari indentor pada umumnya peluru/bola, piramida atau kerucut, dibuat dari material yang lebih keras dibanding material yang diuji.

Salahsatu metode pengujian kekerasan diantaranya adalah metode *microvickers*. Metode pengujian kekerasan *microvickers* dilaksanakan dengan cara menekan benda uji atau spesimen dengan indentor intan yang berbentuk piramida dengan alas segi empat dan besar sudut dari permukaan-permukaan yang berhadapan 136° . Penekanan oleh indentor akan menghasilkan suatu jejak atau lekukan pada permukaan benda uji. Dari beberapa penelitian yang relevan untuk pengujian spesimen aluminium menggunakan standar uji *brinell* dan *vickers*, pengujian kekerasan *brinell* diprioritaskan untuk logam yang pembebanannya hingga 3000 kgf sedangkan pengujian kekerasan *vickers* berkisar 1-120 kgf dan

sesuai dengan pembebanan aluminium yang merupakan logam lunak. Pada pelaksanaan pengujian kekerasan material dengan metode Vickers, maka benda yang akan diuji harus memiliki permukaan yang rata, halus dan bersih yang bebas dari cat, kerak, oksida, minyak dan kotoran lainnya. Untuk mendapatkan kualitas permukaan spesimen seperti ini, umumnya dicapai dengan proses penggerindaan dan pemolesan.



Gambar 2.7 Metode Uji Kekerasan *microvickers*

Adapun angka kekerasan *vickers* untuk rentang *microvickers* dihitung sebagai berikut:

$$HV = 1.854 \times \frac{P}{d^2}$$

Keterangan :

HV = Angka Kekerasan *vickers* ($\text{gf}/\mu\text{m}^2$)

P = Pembebanan (gf)

d = Panjang diagonal indenter (μm)



Gambar 2.8 Alat Uji Kekerasan *microvickers*

(Sumber: <http://Indonesian.hardnesstester.com> diunduh 3 Januari 2019)

2.2.7 Struktur Mikro

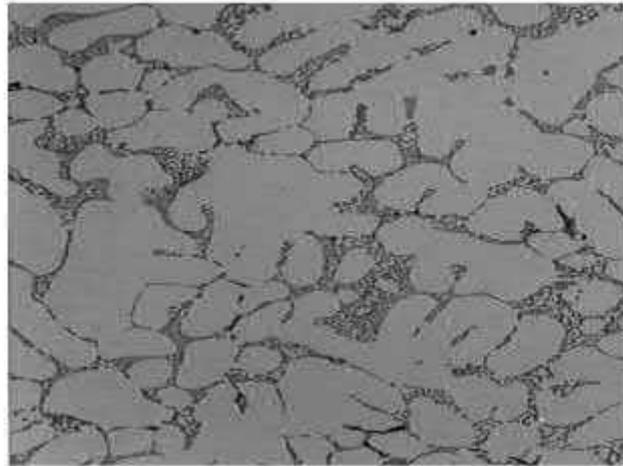
Struktur mikro adalah struktur terkecil yang terdapat dalam suatu bahan yang keberadaannya tidak dapat di lihat dengan mata telanjang, tetapi harus menggunakan alat pengamat struktur mikro diantaranya; mikroskop cahaya, *mikroskop electron*, *mikroskop field ion*, *mikroskop field emission* dan mikroskop sinar-X (Tarnoko, 2013:5). Adapun manfaat dari pengamatan struktur mikro ini adalah:

1. Mempelajari hubungan antara sifat-sifat bahan dengan struktur dan cacat pada bahan.
2. Memperkirakan sifat bahan jika hubungan tersebut sudah diketahui.

Pengujian struktur mikro pada penelitian ini bertujuan untuk mengamati struktur mikro pada paduan Al-Si, untuk mengamati perubahan struktur mikro dari material yang diakibatkan dari proses peleburan. Metalografi adalah pengujian spesimen dengan menggunakan mikroskop atau pembesaran beberapa ratus kali,

pengujian ini bertujuan untuk memperoleh gambar yang menunjukkan struktur mikro, menurut Mu'afax, dkk (2013: 6). Pada hal ini, struktur logam dan paduannya diberikan perlakuan uji metalografi. Dengan adanya pengujian ini dapat diketahui struktur dari suatu logam dengan memperjelas batas-batas dari butir logam.

Dalam pengujian struktur mikro metode pengujian yang biasanya dijadikan referensi yaitu ASTM (*American Standard Testing and Material*) E3-01. Analisis struktur mikro terdiri dari 4 langkah utama yaitu sampling, preparasi sampel, pengambilan gambar, dan perhitungan ukuran porositas/butir. Sampling dilakukan secara acak dua buah per lot terhadap sampel yang telah lolos uji visual. Preparasi sampel meliputi: pemotongan, mounting, penggerindaan, pemolesan, etsa, dan *cleaning/drying*. Pemotongan dimaksudkan untuk memenuhi persyaratan dimensi sampel yang diinginkan. Penggerindaan ditujukan untuk menghilangkan kerusakan permukaan sampel akibat pemotongan. Etsa adalah pengikisan bahan secara selektif dengan menggunakan larutan kimia tertentu. Dalam etsa ini, batas butir terkorosi lebih awal sehingga terlihat jelas. Pengambilan gambar dimaksudkan untuk merekam gambar struktur mikro sehingga ukuran porositas/butir dapat dihitung.



Gambar 2.8 Strukturmikro paduan *hypoeutectic* (Raharjo, 2011:108)

2.2.8 Uji Komposisi

Logam terdiri dari kandungan berbagai unsur dengan komposisi yang beraneka ragam. Kandungan unsur tersebut yang nantinya akan mempengaruhi sifat dan karakteristik hasil pengecoran yang dicetak. Uji komposisi dilakukan untuk mengetahui kadar komposisi yang terkandung didalam sebuah paduan. Uji komposisi merupakan salah satu pengujian yang bertujuan untuk mengetahui seberapa besar atau seberapa banyak jumlah suatu kandungan yang terdapat pada suatu logam, baik logam *ferro* maupun logam *non ferro*.

Prinsip kerja dari proses pengujian komposisi ini adalah dengan cara pembakaran bahan menggunakan elektroda dimana terjadi suhu rekristalisasi. Suhu rekristalisasi terjadi karena penguraian unsur yang masing-masing beda warnanya. Penentuan kadar unsur yang terkandung berdasarkan sensor perbedaan warna dan proses pembakaran elektroda ini tidak lebih dari tiga detik. Pengujian komposisi

dapat dilakukan untuk menentukan jenis bahan yang digunakan dengan melihat persentase unsur yang ada.



Gambar 2.9 Alat Uji Komposisi Material

(Sumber: <http://polmanceper.ac.id> diunduh 3 januari 2019)

2.2.9 Crankcase / Bak Mesin

Dalam sebuah mesin bakar, bak mesin (*crankcase*) adalah rumah bagi poros engkol (*crankshaft*). Kadang membentuk rongga terbesar dalam mesin dan terletak di bawah silinder, pada mesin multi silinder biasanya diintegrasikan ke dalam satu atau beberapa blok silinder. Selain melindungi *crankshaft*, *crankcase* juga memiliki fungsi lain yaitu:

1. Sebagai bak pelumas (oli) mesin.
2. Menyediakan struktur kaku yang dapat digunakan untuk bergabung dengan mesin ketransmisi.
3. Dalam beberapa kasus, bahkan merupakan bagian dari frame kendaraan (pada traktordan sepeda motor skutik).

Pada dasarnya *crankcase* merupakan komponen yang memiliki fungsi penting dalam sebuah mesin. Sesuai dengan fungsinya yang telah dituliskan sebelumnya maka material yang digunakan harus memiliki kekuatan dan ketahanan (*durability*) terhadap tekanan, suhu tinggi, benturan, tetapi tidak terlalu membutuhkan keuletan, sehingga material yang dipilih adalah Aluminium Paduan (*Aluminium Alloy*) dengan spesifikasi *Aluminium Alloy Non-heat treatable* yaitu jenis aluminium yang tidak dapat dikeraskan. Salahsatu material yang digunakan untuk pembuatan crankcase adalah paduan aluminium dengan nomor paduan AB 319.0 dimana komposisi unsur magnesium yaitu 0,1%-0,5% (ASM Handbook vol 15, 1992).

Tabel 2.5 Komposisi paduan aluminium digunakan dalam bentuk cor

Komposisi	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Sn	Ti
Persentase (%)	5,5-6,5	1,2	3,0-4,0	0,8	0,1-0,5	-	0,5	1,0	-	0,25

(Sumber: ASM Handbook vol 15, 1992)



Gambar 2.10 *Crankcase* Pemotong Rumput
(Sumber: <https://id.aliexpress.com> diunduh 30 Desember 2018)

2.2.10 Pengecoran Logam

Pengecoran logam merupakan salah satu cara yang dilakukan untuk pembuatan sebuah produk. Pengecoran logam biasanya dilakukan untuk membuat produk dengan bentuk yang kompleksitas yang tinggi dan bisa memangkas waktu selama proses produksi. Sejarah pengecoran dimulai ketika orang mengetahui bagaimana mencairkan logam dan bagaimana membuat cetakan (Surdia, 2000:1). Proses pengecoran logam merupakan proses pembuatan produk yang didahului dengan proses pencairan logam dalam tungku peleburan kemudian setelah mencair pada temperature tertentu dituangkan kedalam cetakan yang telah terlebih dahulu dibuat pola, hingga logam cair tersebut membeku dan kemudian dipindahkan dari cetakan. Pencairan logam dapat dilakukan dengan bermacam-macam cara, misal dengan tanur induksi, kupola atau lain. Untuk membuat coran, maka langkah yang perlu ditempuh adalah sebagai berikut (Surdia, 2000: 3) :

- a. Pencairan logam
- b. Pembuatan cetakan
- c. Penuangan cairan logam
- d. Pembongkaran cetakan
- e. Pembersihan coran.

Setelah lima langkah dikerjakan langkah berikutnya adalah menganalisis hasil coran untuk mengetahui sifat fisis maupun sifat mekanis yang didapatkan dari hasil coran. Analisis sifat fisis hasil coran yang bisa dilakukan antara lain pemeriksaan dengan penglihatan secara visual untuk melihat kerusakan yang bisa dilihat secara kasat mata atau menggunakan alat bantu mikroskop. Sedangkan

analisis mekanis yang bisa dilakukan antara lain pengujian kekerasan, pengujian keuletan, dan lain sebagainya.



Gambar 2.11 Proses Pengecoran Logam
(Sumber: <http://cdn2.tstatic.net> diunduh 1 Januari 2019)

2.2.11 Sand Casting / Cetakan Pasir

Dalam proses pengecoran logam dibutuhkan tempat atau cetakan yang di dalamnya sudah terdapat pola tertentu sebagai wadah ketika logam sudah mencair dan siap untuk dituangkan. Secara umum ada dua jenis cetakan yang seringkali digunakan dalam proses pengecoran logam yaitu cetakan sekali pakai dan cetakan permanen. Teknik pengecoran yang banyak digunakan pada industri pengecoran logam khususnya di Indonesia adalah *sand casting* karena biayanya yang murah dan bisa digunakan berulang-ulang.

Sand casting yaitu jenis pengecoran dengan menggunakan media cetakan pasir. Jenis pengecoran ini paling banyak dipakai karena menghemat biaya produksi dan dapat membuat benda coran yang berkapasitas berton-ton. Cetakan pasir ini dapat diartikan sebagai rongga hasil pembentukan dengan cara mengikis berbagai bentuk benda pada bongkahan dari pasir yang kemudian rongga tersebut diisi dengan logam yang telah dicairkan sebelumnya dalam tungku peleburan.

Proses pembentukan cetakan pasir ini harus dilakukan secara hati-hati agar tidak terjadi cacat di dalam rongga cetak yang mengakibatkan dimensi rongga cetak dengan produk yang akan dihasilkan berbeda.

Terdapat beberapa jenis cetakan pasir yang digunakan dalam industri pengecoran, antarlain adalah cetakan pasir basah, cetakan pasir kering dan cetakan kulit kering. Adapun penjelasannya sebagai berikut:

a. Cetakan Pasir Basah (*Green Sand*)

Cetakan pasir basah dibuat dari campuran pasir, lempung dan air. Keunggulan cetakan pasir basah antara lain memiliki kolapsibilitas yang baik, permeabilitas baik, reusabilitas yang baik dan murah, sedangkan kelemahan cetakan pasir basah antara lain uap lembab dalam pasir dapat menyebabkan kerusakan pada beberapa hasil pengecoran, tergantung pada logam dan geometri coran.

b. Cetakan Pasir Kering (*Dry Sand*)

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. Keunggulan cetakan pasir kering adalah dimensi produk cetak lebih baik, sedangkan kelemahan cetakan pasir kering adalah lebih mahal dibandingkan dengan cetakan pasir basah. Laju produksi lebih rendah karena dibutuhkan waktu pengeringan. Pemakaian terbatas untuk coran yang medium dan besar dalam laju produksi rendah medium.

c. 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. Saat ini telah dikembangkan cetakan yang menggunakan pengikat bahan kimia. Beberapa bahan pengikat yang tidak menggunakan proses pembakaran seperti antara lain: resin turan, penolik dan minyak *alkyd*. Cetakan tanpa pembakaran ini memiliki kendali dimensi yang baik dalam aplikasi produksi yang tinggi.

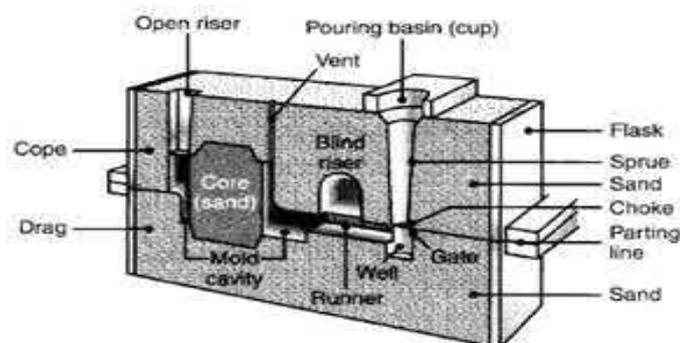
Cetakan pasir untuk pembentukan benda tuangan melalui pengecoran harus dibuat dan dikerjakan sedemikian rupa dengan bagian-bagian yang lengkap sesuai dengan bentuk benda kerja sehingga diperoleh bentuk yang sempurna sesuai dengan yang kita kehendaki. Bagian-bagian dari cetakan pasir ini antara lain meliputi:

- a. Pola (*pattern*), yaitu sebuah bentuk dan ukuran benda yang sama dengan bentuk asli benda yang dikehendaki. Pola ini dapat dibuat dari kayu atau plastik yang nantinya akan dibentuk pada cetakan pasir dalam bentuk rongga atau yang disebut *mold*, jika pola ini dikeluarkan yang kedalamnya akan dituangkan logam cair.
- b. Inti (*core*), merupakan bagian khusus yang berfungsi sebagai bingkai untuk melindungi struktur model yang akan dibentuk, dengan demikian keadaan ketebalan dinding, lubang dan bentuk-bentuk khusus dari benda tuangan tidak

akan terjadi perubahan.

- c. *Cope*, yaitu setengah bagian dari cetakan yang merupakan bagian atas dari cetakan pasir.
- d. *Drag*, yakni setengah bagian dari cetakan yang merupakan bagian bawah dari cetakan pasir tersebut.
- e. *Gate* ialah lubang terbuka dimana dituangkannya logam cair kedalam cetakan diantara *core* dan *drag*.
- f. *Riser* ialah lubang pengeluaran yang disediakan untuk mengalirnya sisa lelehan logam cair dari dalam cetakan serta sedikit *reserve* larutan logam cair.

Rangka cetakan (*frame*) berfungsi sebagai bingkai yang dibuat dari baja atau besi tuang, dimana rangka cetakan (*frame*) ini harus dapat mempertahankan bentuk cetakan apabila cetakan menerima beban yang diberikan oleh bahan tuangan tersebut (Sudjana, 2008:150). Akan tetapi terdapat pula rangka cetakan yang dimodifikasi sedemikian rupa dari kayu sehingga mudah untuk memegang atau mengangkat cetakan tersebut.



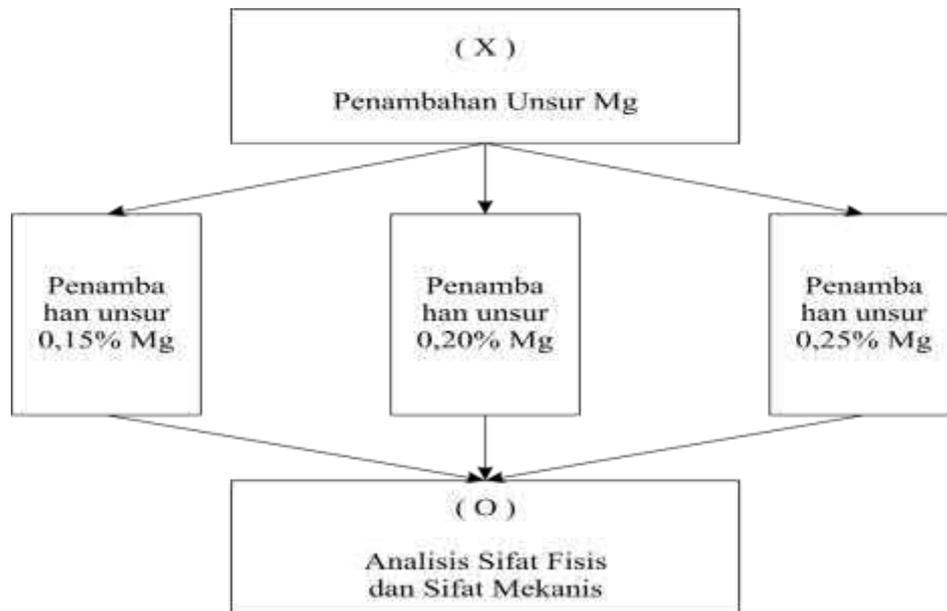
Gambar 2.12 *Sand Casting*

(Sumber: <http://bajatunggal.com> diunduh 4 Januari 2019)

2.3 Kerangka Pikir Penelitian

Sesuai dengan fungsinya material *crankcase* mesin pemotong rumput dituntut memiliki kekuatan dan ketahanan (*durability*) terhadap tekanan, suhu tinggi, benturan, tetapi tidak terlalu membutuhkan keuletan. Penambahan unsur magnesium (Mg) pada proses peleburan aluminium akan mempengaruhi sifat fisis maupun sifat mekanis yang dimilikinya. Magnesium merupakan unsur yang bila dimasukkan kedalam aluminium cor akan mempengaruhi tingkat kekerasan dari aluminium tersebut, dimana kekerasan merupakan sifat mekanis yang dibutuhkan untuk *crankcase* mesin pemotong rumput. Selain berpengaruh kepada tingkat kekerasan, unsur paduan tersebut juga mempengaruhi sifat fisis yaitu struktur mikro dari aluminium cor yang dihasilkan.

Penelitian ini menggunakan material ADC 12 sebagai bahan baku penelitian. Variasi penambahan komposisi unsur magnesium (Mg) yang dimasukkan pada leburan aluminium yaitu sebesar 0.15%, 0,20% dan 0.25% dari volume produk. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan unsur magnesium (Mg) terhadap sifat mekanis yaitu tingkat kekerasan dan sifat fisis yaitu struktur mikro dari hasil pengecoran aluminium. Berikut adalah gambaran kerangka berfikir penelitian :



Gambar 2.13 Desain Kerangka Berpikir

2.4 Hipotesis

Dari uraian kerangka berpikir diatas maka hipotesis yang disimpulkan yaitu:

1. Ada pengaruh penambahan unsur Mg sebesar 0,15%, 0,20% dan 0,25% terhadap struktur mikro pada hasil pengecoran ADC 12 menggunakan cetakan pasir.
2. Ada pengaruh penambahan unsur Mg sebesar 0,15%, 0,20% dan 0,25% terhadap nilai kekerasan pada hasil pengecoran ADC 12 menggunakan cetakan pasir.
3. Ada pengaruh penambahan unsur Mg sebesar 0,15%, 0,20% dan 0,25% terhadap nilai impak pada hasil pengecoran ADC 12 menggunakan cetakan pasir.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Hasil penelitian dari pengaruh penambahan unsur Mg pada hasil coran *crankcase* mesin pemotong rumput dengan material ADC 12 yang dilakukan dan mengacu pada rumusan masalah, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Variasi penambahan unsur Mg pada proses peleburan ADC 12 berpengaruh terhadap struktur mikro yang terbentuk. Berdasarkan hasil pengujian struktur mikro, penyebaran partikel menunjukkan hasil yang berbeda. Struktur mikro dari spesimen dengan penambahan unsur Mg 0,25% menunjukkan pembentukan Si terhadap Al memiliki susunan yang lebih rapat dan Si memiliki ukuran yang panjang dan cenderung sama apabila dibandingkan dengan struktur mikro dengan variasi penambahan Mg sebesar 0,20%, 0,15% dan *raw material*.
2. Variasi penambahan unsur Mg pada proses peleburan ADC 12 berpengaruh terhadap nilai kekerasan mikrovikers. Berdasarkan hasil pengujian kekerasan mikrovikers, semakin besar penambahan unsur Mg yang ditambahkan berbanding lurus dengan peningkatan nilai kekerasannya. Rata-rata nilai kekerasan terendah dari spesimen yang di uji yaitu spesimen ADC 12 tanpa menggunakan penambahan unsur Mg (*Raw Material*) dengan rata-rata nilai kekerasan sebesar 83,9 VHN. Kemudian rata-rata nilai kekerasan tertinggi yaitu spesimen ADC 12 dengan penambahan unsur Mg sebesar 0,25% dengan rata-rata nilai kekerasan sebesar 93,7 VHN.

3. Variasi penambahan unsur Mg pada proses peleburan ADC 12 berpengaruh terhadap nilai impak. Berdasarkan hasil pengujian impak, semakin besar penambahan unsur Mg yang ditambahkan berbanding lurus dengan peningkatan nilai impaknya. Rata-rata nilai impak terendah dari spesimen yang di uji yaitu spesimen ADC 12 tanpa menggunakan penambahan unsur Mg (*Raw Material*) dengan rata-rata nilai kekerasan sebesar 0,0171 Kg m /mm². Kemudian rata-rata nilai impak tertinggi yaitu spesimen ADC 12 dengan penambahan unsur Mg sebesar 0,25% dengan rata-rata nilai kekerasan sebesar 0,0197 Kg m /mm².

5.2 Saran

Berdasarkan simpulan di atas, maka saran yang direkomendasikan penelitisebagai berikut :

1. Agar hasil struktur mikro hasil coran bengan material dasar ADC 12 memiliki susunan kerapatan yang lebih baik sebaiknya ditambahkan unsur Mg sebesar 0,25%.
2. Agar nilai kekerasan hasil coran bengan material dasar ADC 12 memiliki nilai rata-rata kekerasan yang tinggi sebaiknya ditambahkan unsur Mg sebesar 0,25%.
3. Agar nilai Impak hasil coran bengan material dasar ADC 12 memiliki nilai rata-rata impak yang tinggi sebaiknya ditambahkan unsur Mg sebesar 0,25%.
4. Apabila pada pencetakan *crankcase* menggunakan paduan AB 319.0 (ASM Handbook vol 15, 1992), maka sebaiknya menambahkan unsur Mg sebesar 0,25% dalam proses peleburanya untuk bisa mendapatkan nilai kekerasan dan nilai impak yang baik.

5. Pada penelitian selanjutnya, perlu dilakukan pengujian yang lain agar diketahui nilai kekuatan mekanis lainnya.
6. Perlu penelitian lebih lanjut terkait penambahan unsur lain kedalam paduan ADC 12 sebagai material dasar pembuatan *crankcase* sesuai dengan komposisi paduan AB 319.0.

DAFTAR PUSTAKA

- Avner, S., H. 1963. *Introduction to Physical Metallurgy*. Second Edition. New York: Mc-Graw Hill Book Company
- ASM, Handbook, 1998. *Properties and selection: non ferrous alloys and special purpose-material*. Volume 2. ASM International, Materials Park, OH.
- ASM, Handbook, 1992. *Casting*. Volume 15. ASM International, Materials Park, OH.
- Bayuseno, A.P. dan Nasrudin. A.C. 2011. ADC 12 sebagai Material Sepatu Rem Menggunakan Pengecoran High Pressure Die Casting dengan Variasi Temperatur Penuangan. *Jurnal Rotasi* 13(1): 17-23.
- Cholis, S. N. 2013. Pengaruh Penambahan Unsur Magnesium (Mg) Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro pada Pengecoran Aluminium. *Skripsi*. Program Sarjana Universitas Sebelas Maret.
- Cotton, F.A., dan Wilkinson, G. 1989. *Kimia Anorganik Dasar*. Cetakan Pertama. Jakarta: UI Press.
- Harmanto, S. 2018. Pengaruh Penambahan Magnesium Terhadap Regangan dan Kekerasan Pada Bahan ADC 12. *Jurnal Teknik Mesin* 13(1):1-6
- Mugiono, Lagiyono., dan Rusnoto. 2013. Pengaruh Penambahan Mg Terhadap Sifat Kekerasan dan Kekuatan Impak Serta Struktur Mikro pada Paduan Al-Si Berbasis Material Piston Bekas. *Jurnal Teknik Mesin* : 1-6.
- Putra, A. D. dan Mulyanto, T. 2017. Analisis Sifat Mekanis Material *Cylinder Block* Motor Yamaha Mio J dengan Penambahan Unsur Silikon (Si). *Jurnal Teknologi Rekayasa* 22(3):152-169.
- Rasyid, S., dan Muas, M. 2017. *Analisis Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Paduan Aluminium ADC 12 dengan Teknik Pengecoran Semi Solid (Rheocasting)*. Makalah disajikan pada Prosiding Seminar Hasil Penelitian (SNP2M). Politeknik Negeri Ujung Pandang. Makasar. 1-6.
- Rahardjo, S., F. Abdillah. Dan Wanto, Y. 2011. *Analisis Pengaruh Pengecoran Ulang Terhadap Sifat Mekanik Paduan Aluminium ADC 12*. Makalah disajikan pada Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi ke-2 Tahun 2011 Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang. Semarang. 106-107.
- Setia, Irawan., Harjanto, B., dan Subagsono. 2016. Analisis Pengaruh Penambahan Unsur Magnesium (Mg) 2% dan 5% terhadap Ketangguhan Impak, Tingkat Kekerasan dan Struktur Mikro pada Velg Aluminium (Al-5,68Si). *Jurnal Nosel* 4(3): 1-7.

- Siswanto, R. 2012. Pengaruh Temperatur Dan Waktu Peleburan Pengecoran Tuang Paduan Al-21%Mg Terhadap Volume Dan Berat Hasil Pengecoran. *Jurnal Ilmiah Suara Teknik Univ. Muhammadiyah Pontianak ISSN : 2086-1826* 2(11):1-68.
- Siswanto, R. 2014. *Analisis Pengaruh Temperatur dan Waktu Peleburan terhadap Komposisi Al dan Mg Menggunakan Metode Pengecoran Tuang*. Makalah disajikan pada Proceedings Seminar Nasional Teknik Mesin Universitas Trisakti Gd. Hery Hartanto Teknik Mesin - FTI – Usakti. Jakarta. 1-6.
- Smith, F. William. 2006. *Material Science and engineering. (seventh edition)*. New York: Mc Graw- Hill inc.
- Solechan. 2010. Studi Pembuatan Prototipe Material Piston Menggunakan Limbah Piston Bekas dan ADC 12 yang Diperkuat dengan Insert ST 60 dan Besi Cor. *Tesis*. Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro.
- Sugiyarto, H.K. dan Suyanti, R.D. 2010. *Kimia Anorganik Logam*. Edisi Pertama. Jakarta: Graha Ilmu.
- Surdia, Tata., dan Shinroku. S. 1999. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Cetakan Keempat. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Surdia, Tata., dan Chijiwa. K. 2000. *Teknik Pengecoran Logam*. Cetakan Kedelapan. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Sudjana. 2005. *Metoda Statitiska*. Cetakan Ketujuh. Bandung: PT. Tarsito.
- Sudjana, Hardi., 2008, *Teknik Pengecoran*, Jilid 2, Direktorat Sekolah Menengah Kejuruan, Jakarta.
- Tarkono, H. S. dan Sewandono, D. 2013. Pengaruh Variasi Abu Sekam dan Bentonit pada Cetakan Pasir terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Hasil Coran Aluminium AA 1100. *Jurnal FEMA* 1(3):1-12.
- Wardani. C. U., Y. Samantha. Dan Budiman, H. 2016. *Analisis Pengujian Impak Metoda Izod dan Charpy Menggunakan Benda Uji Aluminium dan Baja ST 37*. Makalah disajikan pada Prosiding STIMA Tahun 2016. Majalengka. 244-247.
- Wirjosumarto., Harsono. dan Okumura. 2000. *Teknologi Pengelasan Logam*. Cetakan Kedelapan. Jakarta: Pradnya Paramita.
- William, D. Callister,Jr. 2006. *Materials Science And Engineering An Introduction., seventh edition*. New York.