

TUGAS AKHIR
PERBANDINGAN KETAHANAN AUS PISTON *GENUINE PART* DAN
PISTON IMITASI TERHADAP PISTON DAUR ULANG

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Ahli Madya (A.Md) Program Studi D3 Teknik Mesin
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



Disusun oleh :

Harley Darmawan

20133020044

PROGAM STUDI D3 TEKNIK MESIN
PROGRAM VOKASI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA

2016

TUGAS AKHIR

***COMPARISON OF WEAR RESISTANCE GENUINE PART PISTON AND
IMITATION PISTON TOWARD RECYCLED PISTON***

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Ahli Madya (A.Md) Program Studi D3 Teknik Mesin
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



Disusun oleh :

Harley Darmawan

20133020044

PROGAM STUDI D3 TEKNIK MESIN

PROGRAM VOKASI

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA

2016

HALAMAN PERSETUJUAN

TUGAS AKHIR

**PERBANDINGAN KETAHANAN AUS PISTON *GENUINE PART* DAN
PISTON IMITASI TERHADAP PISTON DAUR ULANG**

Dipersiapkan dan disusun oleh:

Harley Darmawan

20133020044

Telah disetujui dan disahkan pada tanggal, 26 Desember 2016

Untuk dipertahankan di Depan Dewan Penguji Tugas Akhir

Program Studi D3 Teknik Mesin

Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Yogyakarta 26 Desember 2016

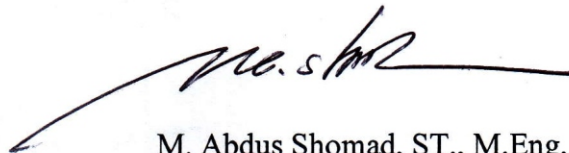
Disetujui oleh,

Ketua Program Studi D3 Teknik Mesin

Dosen Pembimbing



Andika Wisnujati, S.T., M.Eng
NIK.19830812201220183001



M. Abdus Shomad, ST., M.Eng.
NIK: 19800309201210183003

HALAMAN PENGESAHAN

**PERBANDINGAN KETAHANAN AUS PISTON *GENUINE PART* DAN
PISTON IMITASI TERHADAP PISTON DAUR ULANG**

Oleh

HARLEY DARMAWAN

20133020044

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Tugas Akhir


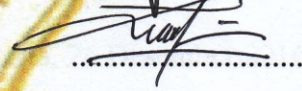
Program Studi D3 Teknik Mesin

Program Vokasi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Pada tanggal, ujian 26 Desember 2016

Dinyatakan telah memenuhi syarat guna memperoleh gelar Ahli Madya.

Susunan Penguji

	Nama Lengkap dan Gelar	Tanda Tangan
1. Ketua	: M. Abdus Shomad, ST., M.Eng	
2. Penguji 1	: Andika Wisnujati, S.T., M.Eng	
3. Penguji 2	: Zuhri Nurisna, S.T., M.T	

Yogyakarta, 26 Desember 2016

**PROGRAM VOKASI UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA
DIREKTUR**



Dr. Sukamta, S.T., M.T.
NIK.19700502199603123023

KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Harley Darmawan

NIM : 20133020044

Program Studi : D3 Teknik Mesin

Perguruan Tinggi : Program Vokasi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Menyatakan dengan sesungguhnya Tugas Akhir saya yang berjudul “PERBANDINGAN KETAHANAN AUS PISTON *GENUINE PART* DAN PISTON IMITASI TERHADAP PISTON DAUR ULANG” adalah hasil karya atau penelitian saya. Sepanjang sepengetahuan saya, tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang lazim.

Yogyakarta, 26 Desember 2016

Yang Menyatakan,



HARLEY DARMAWAN
NIM : 20133020044

KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Harley Darmawan

NIM : 20133020044

Program Studi : D3 Teknik Mesin

Perguruan Tinggi : Program Vokasi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Menyatakan dengan sesungguhnya Tugas Akhir saya yang berjudul “PERBANDINGAN KETAHANAN AUS PISTON *GENUINE PART* DAN PISTON IMITASI TERHADAP PISTON DAUR ULANG“ adalah hasil karya atau penelitian saya. Sepanjang sepengetahuan saya, tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang lazim.

Yogyakarta, 26 Desember 2016

Yang Menyatakan,

HARLEY DARMAWAN

NIM : 20133020044

MOTTO

“Pelajarilah oleh kamu ilmu, sebab mempelajari ilmu itu memberikan rasa takut kepada Allah, menuntutnya merupakan ibadah, mengulangnya merupakan tasbih, pembahasannya merupakan jihad, mengajarkannya kepada orang yang tidak mengetahui merupakan shodakoh, dan menyerahkannya kepada ahlinya merupakan pendekatan kepada Allah”

(H.R. Ibnu Abdil Barr)

“Selalu berjuang disetiap langkah perjalanan kehidupan, karena Allah akan menempatkan kita ditempat yang tepat dengan perlindungan yang maha dahsyat”

(Harley.Darmawan)

“kekuatan yang hebat hadir dalam setiap perjuangan dan doa”

(Harley.Darmawan)

“Belajar tanpa berdoa bagaikan sayur tanpa garam, tak berasa namun berbentuk”

(Harley.Darmawan)

“pribadi yang berilmu dan beriman ialah ia yang sabar dan tak pernah mengeluh.”

(Harley.Darmawan)

PERSEMBAHAN

Hanya dengan izin Allah SWT, Laporan tugas akhir ini ditulis sebagai bukti tanggung jawab dan ingin kupersembahkan untuk:

- ❖ Ayah dan Ibu Marini tercinta yang telah memberikan semangat dan do'a.*
- ❖ Bapak Dosen Pembimbing yang telah membantu dan memberi dorongan dalam penyelesaian Tugas akhir.*
- ❖ Teman-teman terbaikku khususnya anak D3 Teknik Mesin Program Vokasi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (UMY).*
- ❖ Bapak Dwiyono dan Bapak Slamet Guntoro yang telah membantu perkuliahan saya baik secara materil ataupun moril.*
- ❖ Anis Anya Habibah selaku teman terbaik dalam hidup saya yang juga telah membantu dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.*

Terima kasih atas dukungan moral dan material yang telah diberikan kepadaku.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat ALLAH SWT, karena dengan Ridho-Nya laporan tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik dengan judul “PERBANDINGAN KETAHANAN AUS PISTON *GENUINE PART* DAN PISTON IMITASI TERHADAP PISTON DAUR ULANG“. Tugas akhir ini dilakukan untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Ahli Madya dan menyelesaikan Program Studi D3 Teknik Mesin Program Vokasi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Dalam penyusunan laporan ini penulis banyak mendapat bimbingan serta bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Bambang Cipto, M.A. selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (UMY).
2. Terima kasih kepada Dr.H. Sukamta., S.T, M.T. selaku Direktur Program Vokasi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
3. Terima kasih kepada Bp. FeriawanYudhanto, S.T., M.T. selaku Sekertaris Direktur Program Vokasi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
4. Terima kasih kepada Bp. AndikaWisnujati., S.T., M.Eng. selaku Ketua Jurusan D3 Teknik Mesin Program Vokasi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
5. Terima kasih kepada Bp. M. Abdus Shomad, ST., M.Eng. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir.
6. Terima kasih kepada Dosen-dosen Program Vokasi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
7. Terima kasih kami sampaikan kepada keluarga tercinta yang selalu sabar dalam menghadapi masalah, tetap sabar adalah langkah terbaik dalam menjalani suatu ujian hidup.

8. Terima kasih juga kami sampaikan pada rekan-rekan seperjuangan, kalian adalah motifasi dan spirit untuk selalu semangat menjalani hidup.
9. Terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu semoga Allah membalas kebaikan kalian.

Penyusun menyadari akan keterbatasan, kelemahan, dalam ilmu dan pengalaman sehingga Laporan ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu kritik dan saran dari semua pihak yang bersifat motivasi dan membangun selalu saya harapkan demi kesempurnaan Laporan ini.

Akhir kata, sekali lagi saya berterima kasih kepada semua pihak yang telah berperan serta dalam penyusunan Laporan ini dari awal sampai akhir, Semoga laporan ini dapat dengan segala kekurangan dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca dan semoga Allah SWT senantiasa meridhoi segala usaha kita. Amin

Yogyakarta, 26 Desember 2016

Penulis

PERBANDINGAN KETAHANAN AUS PISTON *GENUINE PART* DAN PISTON IMITASI TERHADAP PISTON DAUR ULANG

Harley Darmawan

Program Studi D3 Teknik Mesin

Program Vokasi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Email : Harleyhayeuye@gmail.com

ABSTRAK

Pengecoran logam merupakan bagian dari teknik produksi tertua yang dikenal manusia. Hingga saat ini pengecoran logam masih dipakai manusia untuk menunjang kegiatan produksi dan industri yang perkembangannya semakin meningkat. Banyak bermunculan industri pengecoran logam karena prinsip pengecoran yang sederhana dan memiliki masa depan yang baik pada industri pengecoran logam. Pada penelitian kali ini pengecoran logam menggunakan piston bekas sebagai pola. Kelebihan dengan pola ini yaitu mudah untuk membuat bentuk-bentuk yang rumit.

Dalam pembuatan piston daur ulang ini meliputi beberapa tahapan proses metode pengerjaan dan pengujiannya. Diantaranya yaitu perencanaan pola, persiapan bahan baku, pembuatan pola, pemilihan pasir cetak, pembuatan cetakan dengan gas CO₂, peleburan logam aluminium, penuangan logam cair, pengambilan hasil coran dan proses akhir.

Analisis dari hasil pengujian keausan ini bahwa piston *genuine part* rata-rata dengan 2,284 mm²/kg memiliki daya tahan aus lebih kuat dari piston imitasi 3,417 mm²/kg dan piston daur ulang 6,881 mm²/kg. Hasil pengujian komposisi pada piston daur ulang memiliki kandungan Al 93,93% dibawah rata-rata dari piston *genuine part* 82,84% dan Piston imitasi 84,63%. Pada pengujian mikro struktur piston *genuine part* dan imitasi memiliki struktur mikro yang lebih baik dari piston daur ulang.

Kata Kunci : Pengecoran Logam, Piston Daur Ulang, Pengujian.

**COMPARISON OF WEAR RESISTANCE GENUINE PART PISTON AND
IMITATION PISTON TOWARD RECYCLED PISTON**

Harley Darmawan

Program Studi D3 Teknik Mesin

Program Vokasi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Email : Harleyhayeuve@gmail.com

ABSTRACT

Casting is one of the oldest part of industry production technique known. Until now, casting is still used by humans to support the industrial production and industry activities in which its development is keep increasing. Numerous metal casting industry is rising because of this simple and having-a-bright-future technique in the metal casting industry. In this study, the researcher use a piston-shape casting as the pattern. The advantages by using casting is because it is easier to create complex shapes.

In making this piston recycled, includes several stages of working and testing processes. Among the processes are patterns planning, preparation of raw materials, pattern making, selection of molding sand, molding manufacturing with CO_2 (Carbondioxide) gas, aluminum smelting, pouring the molten metal, recovering the result of the casting and final process.

Analysis of the worn-out testing shows the genuine part piston has a stronger worn-out resistance average with 2,284 mm²/kg than imitation piston with 3,417 mm²/kg and the piston recycled is 6,881 mm²/kg. The results of composition testing on imitation piston showing that it composed by 93.93% Aluminium, while the genuine part and imitation piston is below the average with as low as 82.84% and 84.63%. In the micro-structural testing, the genuine part and imitation piston having a microstructure which are better than piston recycled.

Keywords : *Casting, Recycled Piston, Testing.*

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KEASLIAN	iv
MOTTO	v
PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Rumusan Masalah	5
1.5 Tujuan Penelitian	5
1.6 Manfaat Penelitian	6
BAB II LANDASAN TEORI	8
2.1 Tinjauan Pustaka	8
2.2 Landasan Teori	9

2.2.1 Alumunium.....	9
2.2.2 Sifat-sifat Alumunium.....	12
2.2.3 Pengecoran Logam.....	15
2.2.4 Alumunium Sebagai Material Cor	17
2.2.5 Alumunium Murni	17
2.2.6 Alumunium Paduan.....	20
2.2.7 Faktor proses Pengecoran.....	22
2.2.8 Pengecoran <i>Sand Casting</i>	23
2.2.9 Sejarah <i>Sand Casting</i>	23
2.2.10 Keuntungan & Kerugian Pengecoran.....	24
2.2.11 Proses Pembuatan cetakan.....	25
2.2.12 Pengencoran Dengan Pasir Cetak CO ₂	27
2.2.13 Pasir Cetak	28
2.2.14 Klasifikasi Pengecoran.....	29
2.2.15 Cetakan Coran.....	30
2.2.16 Bagian Utama Cetakan.....	30
2.2.17 Cetakan Yang digunakan.....	31
2.2.18 Piston.....	32
2.2.19 Pasir Silika	33
2.2.20 Pengujian Mikro Struktur	35
2.2.21 Pengujian Keausan	40
BAB III METODELOGI PENELITIAN	45
3.1 Alur Penelitian.....	45
3.2 Pembuatan Pola	46

3.3 Persiapan Material Awal.....	47
3.3.1 Alat & Bahan Penelitian.....	47
3.3.2 Tempat Pelaksanaan.....	49
3.3.3 Bahan Baku Pola.....	49
3.3.4 Bahan Baku Peleburan	49
3.4. Proses Persiapan	50
3.5 Skema Cetakan Spesimen	51
3.6 Proses Pengujian.....	52
BAB IV PEMBAHASAN.....	54
4.1 Proses Pembuatan	54
4.1.1 Pembuatan Cetakan Pola Dengan Pasir Silika	54
4.2 Peleburan & Penuangan.....	63
4.2.1 Bahan Baku Peleburan	63
4.2.2 Tungku Peleburan	64
4.2.3 Kowi.....	65
4.2.3 Proses Peleburan	65
4.3 Proses <i>Finishing</i>	69
4.4 Hasil Dan Pembahasan Pengujian	70
4.4.1 Data Hasil Pengujian Komposisi	70
4.4.2 Data Hasil Pengujian Mikro Struktur.....	72
4.4.3 Data Hasil Pengujian Keausan.....	75
4.5 Analisa Hasil Pengujian	79
BAB 1V PENUTUP	81
5.1 Kesimpulan	81

5.2 Saran	82
-----------------	----

Dartar Pustaka

Lampiran

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Aliran Pembuatan Coran	16
Gambar 2.2 Prosedur pembuatan cetakan	26
Gambar 2.3 Pengujian Keausan Dengan Metode Ogoshi	41
Gambar 3.1 Alur proses penelitian.....	46
Gambar 3.2 Desain pola	48
Gambar 3.3 Pasir Silika	50
Gambar 3.4 Pasir Kuasa	50
Gambar 3.5 Piston Bekas.....	50
Gambar 3.6 Unsur Ti-B	50
Gambar 3.7 Spesimen Cetakan Logam	52
Gambar 4.1 Penyaringan pasir silika.....	55
Gambar 4.2 Pasir silika.....	55
Gambar 4.3 Water glass.....	55
Gambar 4.4 pencampuran pasir silika dan <i>water glass</i>	56
Gambar 4.5 Penambahan was	56
Gambar 4.6 Pendempulan piston	57
Gambar 4.7 Pasir kuasa yang sudah dibakar	57
Gambar 4.8 Pemasangan pasir kuasa pada lubang piston	58
Gambar 4.9 Pemberian pasir pada piston	58
Gambar 4.10 Penataan pasir kuasa.....	59
Gambar 4.11 Pemberian Gas CO ₂	59
Gambar 4.12 Penguncian pasir kuasa.....	60
Gambar 4.13 Pelepasan piston pada pola	60

Gambar 4.14 Pemasangan piston melanjutkan pola.....	61
Gambar 4.15 Pembuatan cetakan dalam piston	61
Gambar 4.16 Pemberian gas CO ₂ pada bagian dalam piston.....	61
Gambar 4.17 Hasil cetakan pola bagian dalam piston	62
Gambar 4.18 Proses akhir pembuatan cetakan pola.....	62
Gambar 4.19 Persiapan penuangan coran.....	63
Gambar 4.20 Bahan baku peleburan	63
Gambar 4.21 Dapur peleburan	64
Gambar 4.22 kowi	65
Gambar 4.23 Peleburan material.....	66
Gambar 4.24 Cetakan siap tuang	66
Gambar 4.25 Proses penuangan logam.....	67
Gambar 4.26 Pembongkaran cetakan piston.....	67
Gambar 4.27 Pembersihan hasil coran	68
Gambar 4.28 Hasil pengecoran alumunium.....	68
Gambar 4.29 Pembubutan Piston	69
Gambar 4.30 Hasil pengujian mikro struktur piston <i>genuine part</i>	72
Gambar 4.31 Hasil pengujian mikro struktur piston imitasi.....	73
Gambar 4.32 Hasil pengujian mikro struktur piston daur ulang	74
Gambar 4.33 Grafik Hasil rata-rata pengujian keausan	78

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.Sifat-sifat fisik aluminium.....	12
Tabel 2.2.Sifat-sifat mekanik aluminium	23
Tabel 2.3 Temperatur penuangan.....	23
Tabel 2.4 Temperatur Penuangan.....	28
Tabel 2.5 Karakteristik silika amorf.....	34
Tabel 4.1 Pengujian komposisi pada piston <i>genuine part</i>	70
Tabel 4.2 Pengujian komposisi pada piston imitasi	71
Tabel 4.3 Pengujian komposisi pada piston daur ulang	71
Tabel 4.4 Hasil pengujian keausan pada piston <i>genuine part</i>	75
Tabel 4.5 Hasil pengujian keausan pada piston imitasi.....	76
Tabel 4.6 Hasil pengujian keausan pada piston daur ulang	77
Tabel 4.7 Hasil rata-rata pengujian keausan	78

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Aluminium merupakan logam ringan yang mempunyai sifat ketahanan korosi dan mempunyai alir yang baik sehingga banyak digunakan dalam aplikasi alat-alat rumah tangga, otomotif maupun industri saat ini. Pada dunia otomotif sendiri aluminium digunakan sebagai bahan utama pembuatan block mesin, piston, dan lain-lain. Piston ini dalam penggunaannya terjadi proses gesekan pada sistem mekanisnya, oleh karena itu bagaimana piston memiliki ketahanan korosi dan ketahanan aus yang sangat baik maka diperlukannya unsur paduan seperti Al-Si yang berfungsi untuk menaikkan kekerasannya atau Al-Mg yang bermanfaat untuk menaikkan aluminium dan menurunkan nilai *ductility*-nya, serta memiliki ketahanan aus dan *weldability* yang baik.

Aluminium paduan atau piston daur ulang pada penelitian ini menggunakan campuran Titanium-boron dan piston bekas. Piston bekas digunakan untuk mendapatkan unsur Al-Si yang cukup tinggi pada piston guna memperbaiki kekerasannya. Penambahan unsur Ti-B (Titanium-Boron) sebanyak 0,5% dari 500 gram yaitu 2,5 gram dan pada saat pengecoran diharapkan mampu memperbaiki sifat-sifat mekanis dan fisis Aluminium sehingga diharapkan Aluminium paduan ini memiliki kekuatan yang jauh lebih baik dibandingkan tanpa perlakuan apapun. Aluminium merupakan salah satu bahan non ferro yang sangat banyak dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari, baik pada kalangan industri besar dan kecil maupun pada kalangan rumah tangga.

Aluminium dan paduannya merupakan salah satu logam yang paling menarik karena: permukaannya mengkilat, bobotnya ringan, mudah difabrikasi serta ketahanan korosinya cukup tinggi.

Aluminium banyak disukai karena sifatnya yang sangat menguntungkan yaitu: ringan ($\frac{1}{3}$ berat baja, tembaga, kuningan), tahan korosi sehingga dapat digunakan di hampir segala lingkungan seperti di lingkungan atmosfer, air (termasuk air garam), minyak dan banyak zat kimia lainnya. (Surdia dan Sato 1992).

Pada umumnya komponen otomotif menggunakan proses pengecoran dengan cetakan pasir karena mempunyai keuntungan yaitu biaya produksinya murah, namun kelemahan dari metode pengecoran ini kualitas produk yang dihasilkan masih banyak ditemukan cacat pengecoran seperti penyusutan (*shrinkage*), retak panas dan sifat mekanis yang rendah sehingga mengurangi kualitas produk (Brown, 1999).

Komposisi paduan dan pemilihan proses pada saat pengecoran dapat mempengaruhi struktur mikro dari aluminium paduan. Struktur mikro dapat dirubah dengan penambahan unsur tertentu dari paduan Al-Si yang dapat memperbaiki sifat mampu cor (*castability*), sifat mekanis dan mampu mesin yang baik (*machinability*) (Brown, 1999).

Ukuran butir dari aluminium paduan tergantung pada jumlah inti yang terbentuk dalam logam cair sebelum dimulainya solidifikasi. Penambahan beberapa unsur ke dalam logam cair dapat memberikan awal pembentukan inti dan akan berkembang menjadi butir. Titanium pada umumnya ditambahkan ke

dalam logam cair sebesar 0,02 sampai 0,15%. Ti-B ini berfungsi sebagai penghalus butir (*Grain refiner*). Ti-B sangat penting sekali dalam memperbaiki sifat dari aluminium paduan seperti sifat mekanis, mengurangi porositas, lebih tahan terhadap retak panas (*hot cracking*), merubah struktur dan memperbaiki hasil akhir pada permukaannya (Brown, 1999). Umumnya pada paduan Al-Si ditambahkan penghalus butir Ti-B sebagai inoculan, ada beberapa jenis penghalus butir baru yang diperkenalkan seperti ,Ti-B ataupun Ti-C yang setiap penghalus butir tersebut mempunyai ciri dan manfaat yang spesifik (ASM Speciality Handbook Aluminium, 1993).

Teknik pengecoran logam merupakan bagian dari teknik produksi tertua yang dikenal manusia. Dengan metode masih sangat sederhana, yaitu menuangkan secara langsung logam cair kedalam cetakan. Hingga saat ini pengecoran logam masih dipakai manusia untuk menunjang kegiatan produksi dan industri yang dari tahun ketahun perkembangannya semakin meningkat.

Aluminium dan paduan aluminium termasuk logam ringan yang mempunyai kekuatan tinggi, terhadap korosi dan merupakan konduktor listrik yang cukup baik. Logam ini dipakai secara luas, mulai dari benda hasil teknologi tinggi seperti blok silinder mesin, torak, manifold, velg, kap, lampu penerangan jalan, sampai benda-benda peralatan rumah tangga dan alat-alat lainnya.

Jika ditinjau dari perkembangannya yang begitu pesat, didukung lagi dengan berbagai penelitian dan penemuan baru dalam teknik pengecoran logam, maka diharapkan penemu baru tersebut dapat memperbaiki sistem pengecoran yang lebih baik lagi. Maka dari itu kini banyak bermunculan industri pengecoran

logam karena prinsip pengecoran yang sederhana dan memiliki masa depan yang baik pada industri pengecoran logam. Dengan beragam jenis hasil coran baik dari yang bentuk sederhana maupun yang rumit untuk produksi massal. Kini industri pengecoran berkembang semakin pesat karena bahan yang dibutuhkan cenderung mudah di dapat, salah satunya dengan menggunakan lilin sebagai pola.

Pada kebanyakan aktivitas pengecoran logam masakini banyak yang menggunakan pola berbahan lilin karena mudah dibentuk dan juga murah. Karena jika menggunakan pola berbahan kayu ataupun sejenis lainnya sukar untuk pembuatan bentuk yang rumit. Pengecoran dengan pola lilin memiliki kelebihan diantaranya mudah untuk membuat bentuk-bentuk yang rumit.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah dijelaskan sebelumnya, terdapat beberapa permasalahan yang ditemui antara lain:

1. Pemanfaatan aluminium bekas masih sebatas dalam pembuatan wajan atau bahan tertentu dan belum banyak inovasi lainnya.
2. Cara pembuatan piston daur ulang menggunakan bahan piston bekas.
3. Bahan aluminium bekas memiliki keuntungan lain bila dibandingkan dengan bahan lainya untuk pembuatan piston daur ulang, yaitu lebih murah.
4. Metode *sand casting* dapat dilakukan untuk pembuatan piston dari bahan aluminium bekas.

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan indentifikasi masalah diatas agar permasalahan yang dibahas tidak meluas, maka dilakukan pembatasan pada:

1. Proses pembuatan piston daur ulang dari bahan piston bekas.
2. Pembuatan piston daur ulang menggunakan metode/teknik *sand casting*
3. Produk yang dihasilkan yaitu piston daur ulang dengan model yang serupa dengan piston aseli buatan asal jepang.
4. Melakukan analisa pengujian komposisi, mikro struktur, dan keausan penyusun piston daur ulang tersebut.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, maka permasalahan yang muncul dalam pembuatan piston daur ulang adalah:

1. Bagaimana mengetahui proses pengecoran logam menggunakan metode *sand casting* untuk pembuatan piston daur ulang dari bahan piston bekas?
2. Bagaimana perbandingan sifat fisis pada piston daur ulang dengan piston *genuine part* dan imitasi?
3. Bagaimana hasil akhir dari pembuatan piston daur ulang dengan penambahan unsur Ti-B terhadap sifat mekanis dan struktur mikro pada Paduan Al-Si pada piston bekas?

1.5 Tujuan

Adapun tujuan dari pembuatan Laporan Tugas Akhir ini adalah:

1. Mengetahui jalannya proses pembuatan piston daur ulang dari bahan piston bekas dengan metode *sand casting*.

2. Mengetahui sifat-sifat pada piston daur ulang dengan piston *genuine part* dan piston imitasi.
3. Mengetahui hasil akhir pembuatan piston daur ulang dengan menambahkan unsur Ti-B terhadap sifat mekanis dan struktur mikro pada Paduan Al-Si pada piston bekas.

1.6 Manfaat

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari penulisan Tugas Akhir ini adalah:

1. Bagi Mahasiswa
 - a. Sebagai suatu penerapan teori dan praktek kerja yang diperoleh saat dibangku perkuliahan.
 - b. Dapat menambah pengetahuan dan pengalaman tentang proses pembuatan piston daur ulang dari bahan piston bekas.
 - c. Guna memenuhi mata kuliah Tugas Akhir yang wajib ditempuh untuk mendapatkan gelar ahli madya D-3 Teknik Mesin. Sebagai proses pembentukan karakter kerja mahasiswa dalam menghadapi persaingan dunia kerja.
2. Bagi Dunia Industri
 - a. Untuk menambah pengetahuan tentang pengecoran logam baik secara makro maupun mikro.
 - b. Diharapkan kedepannya banyak penggunaan dan inovasi pengecoran logam yang lebih banyak, karena apabila dilihat dari segi ekonomi pengecoran logam menguntungkan industri karena mudah dan murah.

3. Bagi Dunia Pendidikan

- a. Diharapkan memberikan kontribusi yang positif terhadap pengembangan aplikasi ilmu dan teknologi, khususnya pada Program Studi D3 Teknik Mesin Program Vokasi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- b. Dapat menjadi acuan bagi penelitian yang lebih lanjut.
- c. Merupakan sebuah inovasi yang dapat dikembangkan dikemudian hari dan secara teoritis dapat memberikan informasi terbaru khususnya bagi Program Studi D3 Teknik Mesin Program Vokasi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- d. Sebagai bahan kajian di Program Studi D3 Teknik Mesin Program Vokasi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. dalam mata kuliah bidang pengecoran logam.

4. Bagi Pengembangan IPTEKS

- a. Diharapkan dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk mengolah pengecoran logam agar memiliki kegunaan yang lebih luas serta memiliki nilai jual yang tinggi.
- b. Dapat dikembangkannya material yang ringan, kuat selain besi cor.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian tentang paduan Al-Si telah banyak dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Sulung Andi F, (2005) meneliti paduan 75% Al-25% Si dengan menggunakan dapur lebur atau krusibel. Pengecoran aluminium paduan dengan variasi tekanan angin 0, 3, 4 dan 5 Psi menggunakan kompresor dan didapatkan hasil yang lebih baik pada tekanan 5 Psi yaitu 13,66 Kg/mm² sedangkan tanpa tekanan didapatkan hasil 10,15 Kg/mm². Selanjutnya dengan adanya tekanan pada saat proses pengecoran akan meningkatkan nilai kekerasan sebesar BHN 163 Kg/mm² dan juga mencegah adanya porositas atau cacat pada hasil coran, hal tersebut terjadi karena pemberian tekanan pada saat proses pengecoran mengakibatkan cairan logam mendapat tekanan yang merata sehingga coran yang terbentuk akan lebih padat dan udara yang ada di dalam cetakan dipaksa keluar sehingga meminimalkan adanya porositas.

Gazanion, dkk (2002) menyarankan bahwa agar tidak terlalu lama menahan logam cair dalam dapur, karena akan terjadi penggumpalan dan pengendapan dari penghalus butir TiB sebelum dituang ke cetakan. Penambahan penghalus butir TiB pada paduan Al-Si mempengaruhi bentuk pori, karena TiB mempengaruhi proses solidifikasi sehingga merubah bentuk morfologi *dendrite*, yakni dari bentuk *columnar* ke bentuk *equiaxed*. Dimana pori tumbuh pada batas butir dan menghasilkan pori berbentuk bulat. TiB sebagai penghalus butir tidak terlalu signifikan mempengaruhi sifat fluiditas logam cair.

Suherman, (2009) dalam penelitiannya yang menambahkan Sr atau TiB terhadap struktur mikro dan fluiditas pada paduan Al-6%Si-0,7%Fe didapatkan hasil bahwa penambahan elemen paduan seperti Sr atau TiB sangat signifikan mempengaruhi sifat fluiditas logam cair pada paduan Al-6%Si-0,7%Fe, terutama pada rongga cetakan yang sangat tipis. Penambahan Sr kedalam paduan Al-6%Si-0,7%Fe cenderung menurunkan sifat fluiditas logam cair. Begitu juga dengan penambahan TiB pada paduan Al-6%Si-0,7%Fe sifat fluiditas logam cair menjadi berkurang

Supriyadi A dkk, (2011) menganalisa pengaruh variasi penambahan Ti-B pada bahan ADC 12 menggunakan proses pengecoran *High Pressure Die Casting* (HPDC) terhadap peningkatan kualitas bahan hasil coran sebagai bahan sepatu rem sepeda motor. Tahapan yang peneliti lakukan adalah pembuatan cetakan logam, merakit cetakan logam pada mesin HPDC, penyiapan material, peleburan, variasi penambahan Grain refiner Ti-B, 0,04%, 0,08%, 0,12%, 0,16%, 0,2%, 0,24%, penuangan pada temperatur cetakan 200oC, temperatur tuang 7000C dan tekan injeksi 7MPa, pemeriksaan coran, analisa kekuatan coran dengan uji tarik dan kekerasan. Dari hasil pengamatan dan analisa pengujian didapatkan bahwa pada penambahan Ti-B 0,08% dihasilkan kekuatan tarik sebesar 300 N/mm² dan kekerasan 78,5 HRB hasil ini merupakan sifat mekanik yang paling baik dibandingkan apabila tidak mendapatkan penambahan inoculan.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Aluminium

Aluminium ditemukan oleh Sir Humphrey Davy dalam tahun 1809 sebagai suatu unsur dan pertama kali direduksi sebagai logam oleh H . C. Oersted,

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 elektrolisis dari garam yang terfusi. Sampai sekarang proses Heroult Hall masih dipakai untuk memproduksi aluminium. Penggunaan aluminium sebagai logam setiap tahunnya adalah urutan yang kedua setelah besi dan baja, yang tertinggi di antara logam *non ferro*.

Aluminium merupakan logam ringan yang mempunyai ketahanan korosi yang baik dan hantaran listrik yang baik dan sifat – sifat yang baik lainnya sebagai sifat logam. Sebagai tambahan terhadap, kekuatan mekaniknya yang sangat meningkat dengan penambahan Cu, Mg, Si, Mn, Zn, Ni, dsb. Secara satu persatu atau bersama-sama, memberikan juga sifat-sifat baik lainnya seperti ketahanan korosi, ketahanan aus, koefisien pemuaian rendah. Material ini dipergunakan di dalam bidang yang luas bukan saja untuk peralatan rumah tangga tapi juga dipakai untuk keperluan material pesawat terbang, mobil, kapal laut, konstruksi

Aluminium merupakan unsur *non ferrous* yang paling banyak terdapat di bumi yang merupakan logam ringan yang mempunyai sifat yang ringan, ketahanan korosi yang baik serta hantaran listrik dan panas yang baik, mudah dibentuk baik melalui proses pembentukan maupun permesinan, dan sifat-sifat yang baik lainnya sebagai sifat logam. Di alam, aluminium berupa oksida yang stabil sehingga tidak dapat direduksi dengan cara seperti mereduksi logam lainnya. Pereduksian aluminium hanya dapat dilakukan dengan cara elektrolisis. Sebagai tambahan terhadap kekuatan mekaniknya yang sangat meningkat dengan penambahan Cu, Mg, Si, Mn, Zn, Ni, dan sebagainya, secara satu persatu atau

bersama-sama, memberikan juga sifat-sifat baik lainnya seperti ketahanan korosi, ketahanan aus, koefisien pemuaian rendah dan sebagainya.

Paduan aluminium dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu aluminium *wrought alloy* (lembaran) dan aluminium *casting alloy* (batang cor). Aluminium (99,99%) memiliki berat jenis sebesar 2,7 g/cm³, densitas 2,685 kg/m³, dan titik leburnya pada suhu 6600C, aluminium memiliki *strength to weight ratio* yang lebih tinggi dari baja. Sifat tahan korosi aluminium diperoleh dari terbentuknya lapisan oksida aluminium dari permukaan aluminium. Lapisan oksida ini melekat kuat dan rapat pada permukaan, serta stabil (tidak bereaksi dengan lingkungan sekitarnya) sehingga melindungi bagian dalam.

Unsur- unsur paduan dalam aluminium antara lain:

1. Copper (Cu), menaikkan kekuatan dan kekerasan, namun menurunkan elongasi (pertambahan panjang pangsangan saat ditarik). Kandungan Cu dalam aluminium yang paling optimal adalah antara 4-6%.
2. Zink atau Seng (Zn), menaikkan nilai tensile.
3. Mangan (Mn), menaikkan kekuatan dalam temperature tinggi.
4. Magnesium (Mg), menaikkan kekuatan aluminium dan menurunkan nilai *ductility*-nya. Ketahanan korosi dan *weldability* juga baik.
5. Silikon (Si), menyebabkan paduan aluminium tersebut bisa diperlakukan panas untuk menaikkan kekerasannya.
6. Lithium (Li), ditambahkan untuk memperbaiki sifat tahan oksidasinya.

Aluminium merupakan logam dengan karakteristik massa jenis yang relative rendah (2,7 g/cm³), 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 temperature 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 adalah logam yang reaktif.

Aluminium sangat berperan penting dalam berbagai bidang aplikasi karena memiliki sifat-sifat menarik yang beraneka ragam. Sifat-sifat tersebut membuat aluminium menjadi logam yang sangat sesuai dan ekonomis untuk banyak aplikasi dan telah menjadikan aluminium sebagai logam yang paling banyak di gunakan kedua setelah baja. Berikut adalah aplikasi aluminium secara umum :

Tabel 2.1. aplikasi aluminium di berbagai bidang

Aplikasi Penggunaan	Persentasi
Industri Konstruksi	15%
Aplikasi Listrik	15%
Industri Otomotif/Transportasi	25%
Industri Manufaktur & Pengemasan	25%
Lainnya	20%

2.2.2 Sifat-sifat Aluminium

Aluminium adalah logam yang ringan dan cukup penting dalam kehidupan manusia. Aluminium merupakan unsur kimia golongan IIIA dalam sistim periodik unsur, dengan nomor atom 13 dan berat atom 26,98 gram per mol (sma) . Struktur kristal aluminium adalah struktur kristal FCC, sehingga aluminium tetap ulet

meskipun pada temperatur yang sangat rendah. Keuletan yang tinggi dari aluminium menyebabkan logam tersebut mudah dibentuk atau mempunyai sifat mampu bentuk yang baik.

Aluminium mempunyai sifat-sifat yang tidak bisa ditemui pada logam lain. Adapun sifat-sifat dari aluminium antara lain: ringan, tahan korosi, penghantar panas dan listrik yang baik. Sifat tahan korosi pada aluminium diperoleh karena terbentuknya lapisan oksida aluminium pada permukaan aluminium. Perlu diketahui aluminium merupakan logam yang paling banyak terkandung di kerak bumi. Aluminium terdapat di kerak bumi sebanyak kira-kira 8,07% hingga 8,23% dari seluruh massa padat dari kerak bumi, dengan produksi tahunan dunia sekitar 30 juta ton per tahun dalam bentuk bauksit dan bebatuan lain.

Saat ini aluminium berkembang luas dalam banyak aplikasi industri seperti industri otomotif, rumah tangga, maupun elektrik, karena beberapa sifat dari aluminium itu sendiri, yaitu:

a. Ringan (*light in weight*)

Aluminium memiliki sifat ringan, bahkan lebih ringan dari magnesium dengan densitas sekitar 1/3 dari densitas besi. Kekuatan dari paduan aluminium dapat mendekati dari kekuatan baja karbon dengan kekuatan tarik 700 Mpa (100 Ksi). Kombinasi ringan dengan kekuatan yang cukup baik membuat aluminium sering diaplikasikan pada kendaraan bermotor, pesawat terbang, alat-alat konstruksi seperti tangga, *scaffolding*, maupun pada roket.

b. Mudah dalam pembentukannya (*easy fabrication*)

Aluminium merupakan salah satu logam yang mudah untuk dibentuk dan mudah dalam fabrikasi seperti ekstrusi, *forging*, *bending*, *rolling*, *casting*, *drawing*, dan *machining*. Struktur kristal yang dimiliki aluminium adalah struktur kristal *FCC* (*Face Centered Cubic*), sehingga aluminium tetap ulet meskipun pada temperatur yang sangat rendah. Bahan aluminium mudah dibentuk menjadi bentuk yang kompleks dan tipis. sekalipun, seperti bingkai jendela, lembaran aluminium foil, rel, gording, dan lain sebagainya.

c. Tahan terhadap korosi (*corrosion resistance*)

Aluminium tahan terhadap korosi karena fenomena pasivasi. Pasivasi adalah pembentukan lapisan pelindung akibat reaksi logam terhadap komponen udara sehingga lapisan tersebut melindungi lapisan dalam logam dari korosi. Hal tersebut dapat terjadi karena permukaan aluminium mampu membentuk lapisan alumina (Al_2O_3) bila bereaksi dengan oksigen.

d. Konduktifitas panas tinggi (*high thermal conductivity*)

Konduktifitas panas aluminium tiga kali lebih besar dari besi, maupun dalam pendinginan dan pemanasan. Sehingga aplikasi banyak digunakan pada radiator mobil, koil pada evaporator, alat penukar kalor, alat-alat masak, maupun komponen mesin.

e. Konduktifitas listrik tinggi (*high electrical conductivity*)

Konduktifitas listrik dari aluminium dua kali lebih besar dari pada tembaga dengan perbandingan berat yang sama. Sehingga sangat cocok digunakan dalam kabel transmisi listrik.

f. Tangguh pada temperatur rendah (*high toughness at cryogenic temperature*)

Aluminium tidak menjadi getas pada temperatur rendah hingga -100oC, bahkan menjadi lebih keras dan ketangguhan meningkat. Sehingga aluminium dapat digunakan pada material bejana yang beroperasi pada temperatur rendah (*cryogenic vessel*)

g. Tidak beracun (*non toxic*)

Aluminium tidak memiliki sifat racun pada tubuh manusia, sehingga sering digunakan dalam industri makanan seperti kaleng makanan dan minuman, serta pipa-pipa penyalur pada industri makanan dan minuman.

h. Mudah didaur ulang (*recyclability*)

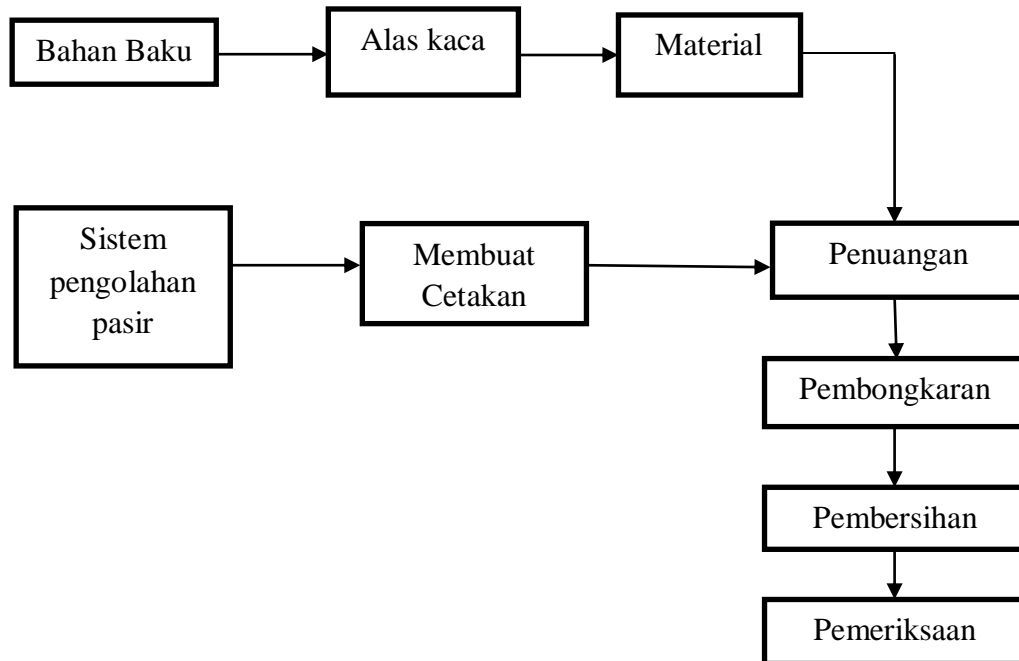
Aluminium mudah untuk didaur ulang, bahkan 30% produksi aluminium di Amerika berasal dari aluminium yang didaur ulang. Pembentukan kembali aluminium dari material bekas hanya membutuhkan 5% energy dari pemisahan aluminium dari bauksit.

Dengan berbagai keunggulan dari aluminium tersebut, saat ini penggunaan aluminium sangat berkembang pesat terutama pada industri pesawat terbang dan otomotif. Masih banyak pengembangan yang dilakukan sehingga dapat menciptakan paduan aluminium baru yang memiliki sifat dan karakteristik yang berbeda.

2.2.3 Pengecoran Logam

Pengecoran itu sendiri adalah mencairkan logam dalam tungku api sampai titik cair suatu logam, kemudian di tuang ke dalam cetakan yang telah di buat dan setelah itu dibiarkan dingin atau membeku. (sumber: Chijiwa, K., 1976, hal 01)

Proses pengecoran meliputi pembuatan cetakan, persiapan dan peleburan logam, penuangan logam cair ke dalam cetakan, pembersihan coran dan proses daur ulang pasir cetakan.



Gambar 2.1 Aliran Pembuatan Coran

Cetakan pasir mudah dibuat dan tidak mahal, kadang-kadang dicampur dengan pengikat khusus, seperti semen, resin furan, resin fenol, atau minyak pengering, karena penggunaan zat-zat tersebut maka dapat memperkuat cetakan atau mempermudah operasi pembuatan cetakan, namun dikarenakan penggunaannya mahal, sehingga memilih dengan pertimbangan bentuk, bahan dan jumlah produk. Selain dari cetakan pasir kadang-kadang digunakan juga cetakan logam. Pada penuangan, logam cair mengalir, melalui pintu cetakan, maka bentuk pintu harus dibuat sedemikian sehingga tidak mengganggu aliran logam cair.

Pada umumnya logam cair dituangkan dengan gaya berat, walaupun kadang-kadang digunakan tekanan pada logam cair selama atau setelah

penuangan. Setelah logam cair dituangkan, coran dikeluarkan dari cetakan dan dibersihkan, bagian-bagian dari coran yang tidak perlu dibuang dari coran, kemudian coran diselesaikan dan dibersihkan, setelah itu dilakukan pemeriksaan dengan penglihatan terhadap rupa dan kerusakan, dan akhirnya dilakukan pemeriksaan dimensi atau ukuran.

2.2.4 Aluminium Sebagai Material Cor

Aluminium merupakan logam ringan yang mempunyai ketahanan korosi yang baik, hantaran panas dan listrik yang baik serta sifat-sifat yang baik lainnya sebagai sifat logam. Sebagai tambahan terhadap kekuatan mekanisnya akan sangat meningkat dengan penambahan Cu, Mg, Si, Mn, Zn, Ni dan sebagainya. Secara satu-persatu atau bersama-sama akan memberikan juga sifat-sifat baik lainnya seperti ketahanan korosi, ketahanan aus, koefisien pemuaian rendah dan lain sebagainya. Selain digunakan dalam industri rumah tangga, aluminium juga digunakan dalam keperluan material pesawat terbang, mobil, kapal laut, konstruksi dan sebagainya.

2.2.5 Aluminium Murni

Aluminium diperoleh dengan mengekstraksi *Alumine* (*Aluminium Oxide*) dari *Bauxite* melalui proses kimia, kemudian alumina tersebut larut ke dalam elektrolit cair ketika arus listrik mengalir melalui Alumine. Hal tersebut mengakibatkan aluminium metal terkumpul pada katoda. Umumnya, kemurniannya mencapai 99,85%. Dengan mengelektrolisa kembali, maka akan didapat aluminium dengan kemurnian 99,99%. Namun aluminium murni memiliki sifat mekanik yang buruk, sehingga untuk memperbaiki sifat-sifat mekaniknya perlu diberi unsur-unsur tambahan seperti silicon, tembaga, mangan, ferro,

magnesium, serta unsur-unsur lain yang dapat memperbaiki sifat aluminium itu sendiri. (sumber: Saito, S., 1985, hal 134)

Tabel 2.2.Sifat-sifat fisik aluminium (sumber: Saito., 1985, hal 134)

Sifat-sifat	Kemurnian Aluminium (%)	
	99,996	>99,0
Masa jenis	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 temperature (1/°C)	0,00429	0,0115
Koefisien pemuaian (20-100°C)	23,86 x 10 ⁻⁶	23,5 x 10 ⁻⁶

Tabel 2.3.Sifat-sifat mekanik aluminium (sumber: Saito., 1985, hal 134)

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

Tabel 2.2 menunjukkan sifat-sifat fisik aluminium dan tabel 2.3 menunjukkan sifat-sifat mekaniknya. Ketahanan korosi berubah menurut

kemurnian, pada umumnya untuk kemurnian 99,0% atau diatas dapat dipergunakan di udara dan tahan dalam waktu bertahun-tahun.

Aluminium merupakan logam *nonferrous* yang banyak digunakan karena memiliki sifat-sifat:

a. Kerapatan (*density*)

Aluminium memiliki berat jenis rendah yaitu sebesar 2700 kg/m^3 .

b. Tahan Terhadap Korosi (*corrosion resistance*)

Pada logam-logam *non-ferrous* dapat dikatakan bahwa semakin besar kerapatannya maka semakin baik daya tahan korosinya tetapi aluminium merupakan pengecualian. Walaupun aluminium mempunyai daya senyawa terhadap oksigen (logam nonaktif) dan oleh sebab itu dikatakan bahwa aluminium mudah sekali mengoksidasi (korosi), tetapi dalam kenyataannya aluminium mempunyai daya tahan sangat baik terhadap korosi. Hal ini disebabkan lapisan tipis oksida transparan dan jenuh oksigen diseluruh permukaan.

c. Sifat Mekanis (*mechanical properties*)

Aluminium mempunyai kekuatan tarik, kekerasan, dan sifat mekanis lain sebanding dengan paduan bukan besi (*non-ferrous alloys*) lainnya.

d. Penghantar Panas & Listrik yang Baik (*goodheat and electrical conductivity*)

Disamping daya tahan yang baik terhadap korosi, aluminium memiliki daya hantar panas dan listrik yang tinggi. Daya listrik aluminium murni sekitar 60% dari daya hantar tembaga.

e. Tidak Beracun (*Nontoxic*)

Aluminium dapat digunakan sebagai bahan pembungkus atau kaleng makanan dan minuman. Hal ini disebabkan reaksi kimia antara makanan dan minuman tersebut dengan aluminium tidak menghasilkan zat beracun yang membahayakan manusia.

f. Sifat Mampu Bentuk (*Formability*)

Aluminium dapat dibentuk dengan mudah. Aluminium mempunyai sifat mudah ditempa (*malleability*) yang memungkinkan dibuat dalam bentuk plat atau lembaran tipis.

g. Titik Lebur Rendah (*Lowmelting Point*)

Titik lebur aluminium relatif rendah (660°C) sehingga sangat baik untuk proses penuangan dengan waktu peleburan relatif singkat dan biaya operasi akan lebih murah.

2.2.6 Aluminium Paduan

Paduan aluminium diklasifikasikan dalam berbagai standar oleh berbagai Negara. Paduan ini diklasifikasikan menjadi dua kelompok umum yaitu paduan aluminium tuang/cor (*cast aluminum alloys*) dan paduan aluminium tempa (*wrought aluminium alloys*). Setiap kelompok tersebut dibagi lagi menjadi dua kategori, yaitu paduan dengan perlakuan panas (*heat treatable alloys*) dan paduan tanpa perlakuan panas (*nonheat treatable alloys*). Berikut adalah beberapa unsur paduan aluminium dan pengaruhnya adalah sebagai berikut:

a. Silikon (Si)

Unsur silikon dalam aluminium paduan mempunyai pengaruh baik berupa mempermudah proses pengecoran, meningkatkan ketahanan korosi. Sedangkan

pengaruh buruk yang ditimbulkan unsur silikon adalah berupa penurunan keuletan material terhadap beban kejut dan coran akan rapuh jika kandungan terlalu tinggi.

b. Tembaga (Cu)

Pengaruh baik yang ditimbulkan oleh unsur tembaga dalam paduan aluminium adalah berupa peningkatan kekerasan bahan, perbaikan kekuatan tarik, dan mempermudah proses pengerjaan dengan mesin. Sedangkan pengaruh buruknya adalah menyebabkan turunnya ketahanan korosi, mengurangi keuletan material, dan menurunkan kemampuan dibentuk dan dirol.

c. Mangan (Mn)

Pengaruh baik yang ditimbulkan unsur mangan dalam aluminium paduan adalah meningkatkan kekuatan dan ketahanan pada temperatur tinggi, meningkatkan ketahanan terhadap korosi, dan mengurangi pengaruh buruk unsur besi. Sedangkan pengaruh buruknya adalah menurunkan kemampuan penuaan dan meningkatkan kekerasan butiran partikel.

d. Magnesium (Mg)

Kandungan magnesium memberikan sifat-sifat yang baik, antara lain mempermudah proses penuangan, meningkatkan kemampuan pengerjaan mesin, meningkatkan daya tahan terhadap korosi dan meningkatkan kekuatan mekanis. Sedangkan pengaruh buruknya meningkatkan kemungkinan timbulnya cacat pada hasil coran. Penambahan unsur Mg dalam paduan Al-Si juga akan meningkatkan sifat-sifat mekanis paduan. Kekerasannya bertambah karena terjadinya penguatan *presipitasi* oleh endapan Mg_2Si .

e. Seng (Zn)

Unsur yang memberikan pengaruh berupa meningkatkan sifat mampu cor, mampu mesin, mudah dalam pembentukan, meningkatkan keuletan bahan, dan meningkatkan kekuatan terhadap beban kejut. Pengaruh buruk yang ditimbulkan adalah penurunan ketahanan korosi.

f. Besi (Fe)

Pengaruh baik adanya unsur besi dalam paduan Al adalah meningkatkan ketahanan retak panas (*hot tear*). Pengaruh buruk paduan besi pada paduan aluminium adalah jika kadar Fe lebih besar dari 0,05% akan menurunkan keuletan (*ductility*).

g. Titanium (Ti)

Pengaruh baik dengan adanya unsur titanium dalam paduan Al adalah meningkatkan kekuatan hasil coran pada temperatur tinggi, memperhalus butiran kristal dan permukaan, serta mempermudah proses penuangan. Unsur titanium memberi pengaruh buruk berupa kenaikan *viskositas* logam cair dan mengurangi *fluiditas* logam cair.

h. Natrium (Na)

Unsur natrium memiliki pengaruh yang baik terhadap Al cair, yaitu dapat menaikkan kekuatan pada temperatur tinggi dan memperhalus butir kristal atau butir permukaan serta mempermudah proses penuangan. Pengaruh buruknya adalah kekentalan pada logam cair.

2.2.7 Faktor Proses Pengecoran

Adapun faktor yang berpengaruh dalam proses pengecoran antara lain :

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.

2.2.8 Pengecoran *Sand Casting*

Proses pengecoran meliputi: pembuatan cetakan, persiapan dan peleburan logam, penuangan logam cair ke dalam cetakan, pembersihan coran dan proses daur ulang pasir cetakan. Produk pengecoran disebut coran atau benda cor. Berat coran itu sendiri berbeda, mulai dari beberapa ratus gram sampai beberapa ton dengan komposisi yang berbeda, mulai dari beberapa ratus gram sampai beberapa ton dengan komposisi yang berbeda dan hampir semua logam atau paduan dapat dilebur dan dicor.

Proses pengecoran secara garis besar dapat dibedakan dalam proses pengecoran dan proses pencetakan. Pada proses pengecoran tidak digunakan tekanan sewaktu mengisi rongga cetakan, sedang pada proses pencetakan logam cair ditekan agar mengisi rongga cetakan. Karena pengisian logam berbeda, cetakan pun berbeda, sehingga pada proses pencetakan cetakan umumnya dibuat dari logam. Pada proses pengecoran cetakan biasanya dibuat dari pasir meskipun ada kalanya digunakan pula plaster, lempung, keramik atau bahan tahan api lainnya.

2.2.9 Sejarah *Sand casting*

Buku pertama yang menggambarkan proses *sand casting* (Schedule Diversarum Artium) ditulis sekitar tahun 1100 Masehi oleh *Theophilus Presbyter*, seorang biarawan yang menggambarkan proses manufaktur, termasuk resep untuk

ukiran. Buku ini digunakan oleh pematung dan tukang emas *Benvenuto Cellini* (1500-1571), dalam otobiografinya proses pengecoran *sand casting* digunakan untuk Perseus dengan patung Kepala Medusa yang berdiri di *Loggia dei Lanzi*, Florence, Italia. *Sand casting* mulai dipakai sebagai proses industri modern pada akhir abad 19, ketika dokter gigi mulai menggunakannya untuk membuat mahkota dan *Inlays*, seperti yang dijelaskan oleh Dr D. Philbrook Dewan Bluffs, Iowa pada 1897. Penggunaannya dipercepat oleh Dr Willian H. Taggart of Chicago, 1907. Dia juga menyusun senyawa lilin merupakan pola yang memiliki sifat sangat baik, mengembangkan materi pengecoran *sand casting*, dan menemukan mesin pengecoran tekanan udara. Pada tahun 1940, Peran Dunia II meningkatkan permintaan pembuatan pengecoran presisi bentuk bersih dan paduan khusus yang tidak bisa dibentuk dengan metode tradisional, atau yang memerlukan mesin terlalu banyak. Industri berpaling untuk pengecoran *sand casting*. Setelah perang penggunaannya menyebar pada aplikasi komersial dan industri, banyak yang digunakan bagian logam kompleks. *Sand casting* digunakan dalam industri penerbangan dan pembangkit listrik untuk memproduksi bilah turbin dengan bentuk yang kompleks atau sistem pendingin. *Sand casting* juga banyak digunakan oleh produsen senjata api untuk rumah peluru, pelatuk, dan bagian presisi lainnya dengan biaya rendah. Industri lain yang menggunakan bagian standar *sand casting* termasuk militer, kesehatan, komersial dan otomotif.

2.2.10 Keuntungan & Kerugian Pengecoran *Sand casting*

Keuntungan pengecoran *Sand casting*:

1. Sangat tepat untuk mengecor benda-benda dalam jumlah kecil
2. Tidak memerlukan pemesinan lagi

3. Menghemat bahan coran
4. Permukaan mulus
5. Tidak diperlukan pembuatan pola belahan kayu yang rumit
6. Tidak diperlukan inti atau kotak inti
7. Pengecoran jauh lebih sederhana

Kerugian pengecoran *Sand casting*:

1. Pola rusak sewaktu dilakukan pengecoran
2. Pola lebih mudah rusak, oleh karena itu memerlukan penanganan yang lebih sederhana.
3. Pada pembuatan pola tidak dapat digunakan mesin mekanik
4. Tidak ada kemungkinan untuk memeriksa keadaan rongga cetakan

2.2.11 Proses Pembuatan Cetakan

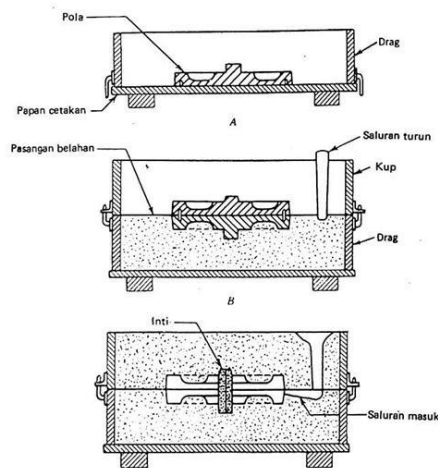
- a. Cetakan diklasifikasikan berdasarkan bahan yang digunakan:
 1. *Cetakan pasir basah (green-sand molds)*
 2. *Cetakan kulit kering (Skin dried mold)*
 3. *Cetakan pasir kering (Dry-sand molds)*
- b. Cetakan dibuat dari pasir yang kasar dengan bahan pengikat
 1. *Cetakan lempung (Loan molds)*
 2. *Cetakan furan (Furan molds)*
 3. *Cetakan CO₂*
 4. *Cetakan logam* Cetakan logam terutama digunakan pada proses cetak-
tekan (*die casting*) logam dengan suhu cair rendah.
 5. *Cetakan khusus* Cetakan khusus dapat dibuat dari plastic, kertas, kayu
semen, plaster, atau karet.

Proses pembuatan cetakan yang dilakukan di pabrik-pabrik pengecoran dapat di kelompokkan sebagai berikut:

- a. Pembuatan cetakan di meja (*Bench molding*) Dilakukan untuk benda cor yang kecil.
- b. Pembuatan cetakan di lantai (*Floor molding*) Dilakukan untuk benda cor berukuran sedang atau besar
- c. Pembuatan cetakan sumuran (*pit molding*)
- d. Pembuatan cetakan dengan mesin (*machine molding*)

Pembuatan Cetakan

Sebagai contoh akan diuraikan pembuatan roda gigi seperti pada Gambar 2.2 di bawah ini. Cetakan dibuat dalam rangka cetak (flak) yang terdiri dari dua bagian, bagian atas disebut kup dan bagian bawah disebut *Drag*. Pak kotak cetak yang terdiri dari tiga bagian, bagian tengahnya disebut *cheek*. Kedua bagian kotak cetakan disatukan pada tempat tertentu dengan lubang dan pin.



Gambar 5.2. Prosedur pembuatan cetakan pasir. A, Belahan pola diletakkan di atas papan cetakan, drag siap untuk diisi pasir; B, Drag telah dibalik dan pasangan belahan pola diletakkan di atasnya. Kup siap untuk diisi pasir; C, Cetakan telah siap pakai lengkap dengan inti-kering di tempatnya.

Gambar 2.2 Prosedur pembuatan cetakan

2.2.12 Pengecoran Dengan Pasir Cetak CO₂ Proses

Pasir ini juga disebut cetakan pasir kering dikarenakan kadar air yang sedikit yang terdapat dalam cetakan tersebut. Pasir cetak CO₂ proses adalah suatu pembuatan pasir cetak dengan cara menghembuskan gas CO₂ pada suatu pasir dengan komposisi-komposisi tertentu. Proses pembuatan cetakan seperti ini mudah dan tidak memerlukan pengeringan untuk mengeraskannya.

Pasir yang digunakan dalam proses ini adalah pasir silika yang mempunyai kadar lempung rendah. Bahan-bahan tambahan meliputi air kaca (*water glass*) dan gas CO₂. Keduanya merupakan reaktan dalam proses pengerasan dan dapat dicampur dengan gula tetes. Gula tetes adalah salah satu zat organik sampingan dari proses pembuatan gula, untuk mempermudah pembongkaran cetakan. Komposisi-komposisi dalam pembuatan pasir CO₂ proses sebagai berikut :

- a. Pasir silika ±90 %
- b. Air kaca/*water glass* 3-6% dengan syarat air kaca yang dipakai harus mempunyai perbandingan molekul SiO₂ dan Na₂O >2,5% dan air yang bebas dibawah 50% serta mempunyai visikositas rendah.

Cara pembuatan pasir CO₂ proses yaitu campurkan pasir silika dan air kaca/*water glass* dan campuran diisolasi dari udara luar dalam suatu bejana. Masukkan olahan pasir tadi pada cetakan, padatkan pasir tersebut dengan tangan tanpa bantuan alat, karena pemadatan dilakukan dengan gas CO₂. Reaksi kimianya adalah $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \longrightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O} + \text{SiO}_2$.

2.2.13 Pasir Cetak

Secara umum pasir cetak harus memiliki syarat-syarat yang baik sebelum dibuat cetakan agar hasil coran sempurna, diantaranya:

1. Mempunyai sifat mampu bentuk sehingga mudah dalam pembuatan cetakan dengan kekuatan yang cocok. Cetakan yang dihasilkan harus kuat sehingga tidak rusak karena proses pemindahan dan dapat menahan logam cair waktu dituang ke dalamnya. Karena itu kekuatannya pada temperatur kamar dan kekuatan panasnya sangat diperlukan.
2. Tahan panas terhadap temperatur logam yang dituang.

Tabel 2.4 Temperatur penuangan (Chijiwa, K., 1976: 109)

Macam coran	Temperatur penuangan (°C)
Paduan ringan	650 – 750
Brons	1.100 – 1.250
Kuningan	950 – 1.100
Besi cor	1.250 – 1.450
Baja cor	1.500 – 1.550

3. Permeabilitas yang cocok. Permeabilitas adalah kemampuan pasir cetak untuk melewatkan udara melalui rongga-rongga diantara butir-butir pasir.
4. Distribusi besar butir yang cocok. Jika pasir terlalu halus maka udara akan sulit keluar sehingga akan membuat cacat. Sebaiknya jika butir pasir terlalu besar maka hasil permukaan coran kurang bagus dan juga pasir sulit dicetak.
5. Komposisi yang cocok. Butir pasir bersentuhan dengan logam cair yang akan dituang akan mengalami reaksi kimia dan fisika yang mungkin akan

menghasilkan gas yang tidak dikehendaki karena logam cair yang dituang mempunyai temperatur yang tinggi.

6. Pengerasan cetakan tidak boleh terlalu cepat dan tidak boleh terlalu lambat.
7. Mempunyai partikel yang halus agar permukaannya licin.
8. Mempunyai sifat pelepasan panas yang baik, untuk mengimbangi penyusutan logam cair pada waktu terjadi pendinginan.
9. Mempunyai konsistensi yang baik untuk beradaptasi dengan lilin atau malam.

Pasir cetak dengan tanah lempung atau bentonit sebagai pengikat menunjukkan berbagai sifat sesuai dengan kadar air. Karena itu kadar air adalah faktor sangat penting untuk pasir cetak, sehingga pengaturan kadar air adalah sangat penting dalam pembuatan pasir cetak.

Dengan kelebihan kadar air, kekuatan dan permeabilitas akan menurun karena ruangan antara butir-butir pasir ditempati oleh lempung yang terlalu basah. Air yang tidak cukup akan menurunkan kekuatan karena kurang lekatnya lempung. Selanjutnya tanah lempung yang berbutir menempati ruangan antara butir-butir pasir dan menurunkan permeabilitas.

2.2.14 Klasifikasi Pengecoran

Klasifikasi pengecoran berdasarkan umur dari cetakan, ada pengecoran dengan cetakan *nonpermanent*/cetakan sekali pakai yang terbuat dari bahan pasir (*expendable mold*) dan ada pengecoran dengan cetakan permanen atau cetakan yang dipakai berulang-ulang kali yang biasanya dibuat dari logam (*permanent mold*) yang memiliki kegunaan dan keuntungan yang berbeda. Cetakan *investment*

termasuk dalam *expendable mold*. Karena hanya bisa digunakan satu kali pengecoran saja, setelah itu cetakan dirusak saat pengambilan benda coran.

Pada tugas akhir ini untuk pembahasan dalam tinjauan pustaka penulis lebih fokus pada analisa serta pemeriksaan hasil yang terjadi pada hasil coran.

2.2.15 Cetakan Coran

Kebanyakan cetakan yang dipergunakan dengan menggunakan cetakan pasir. Pada saat ini pembuatan cetakan secara mekanis telah berkembang berkat kemajuan teknologi. Meskipun pembuatan cetakan mekanis telah berkembang pesat namun proses pengecoran dengan cetakan pasir masih menjadi andalan industri pengecoran terutama industri-industri kecil.

2.2.16 Bagian Utama Cetakan

1. *Cavity* (Rongga Cetakan)

Merupakan rongga pada pasir cetak tempat logam cair yang dituangkan ke dalam cetakan. Bentuk rongga ini sama dengan benda kerja yang akan dicor. Rongga cetakan dibuat dengan menggunakan pola.

2. *Core* (inti)

Fungsinya untuk membuat rongga pada benda coran. Inti dibuat terpisah dengan cetakan dan ditempatkan pada saat cetakan akan digunakan. Bahan ini harus tahan terhadap temperatur cair logam paling kurang bahannya dari pasir.

3. *Gating System* (*System Saluran Masuk*)

Merupakan saluran masuk ke rongga cetakan dari saluran turun. *Gating system* suatu cetakan dapat lebih dari satu, tergantung dengan ukuran rongga cetakan yang akan diisi oleh logam cair.

4. *Sprue* (Saluran Turun)

Merupakan saluran masuk dari luar dengan posisi vertikal. Saluran ini juga dapat lebih dari satu.

5. *Pouring Basin*

Merupakan lekukan pada cetakan yang fungsi utamanya adalah untuk mengurangi kecepatan logam cair masuk langsung dari *ladle* ke *sprue*.

6. *Riser* (Penambah)

Merupakan cadangan logam cair yang berguna dalam mengisi kembali rongga cetakan bila terjadi penyusutan akibat solidifikasi.

2.2.17 Cetakan Yang Digunakan

1. Cetakan Pasir Basah (*Green-Sand Molds*)

Cetakan ini merupakan yang banyak digunakan karena dikenal murah. Dan yang dimaksud pasir basah ini karena pasir yang digunakan masih mengandung air saat logam cair dituangkan di cetakan tersebut. Urutan cetakannya berdasarkan di bawah adalah sebagai berikut:

- a. Pola diletakkan di atas pasir yang telah rata pada *Drag*. Kemudian ditimbun pola dengan pasir hingga *Drag* terisi penuh.
- b. Pasang kup, kemudian masukkan pasir dan tumbuk perlahan hingga pasir padat.
- c. Cetakan telah siap pakai, lengkap saluran yang telah terpasang keunggulan dari cetakan pasir basah yaitu sebagai berikut:
- d. Memiliki sifat runtuh yang baik.

- e. Pasir dapat dipakai lagi dan tidak perlu diganti.
- f. Permeabilitas yang baik.
- g. Murah.

Adapun kelemahan dari cetakan pasir basah yaitu dapat mengakibatkan cacat untuk coran dan bentuk tertentu jika kadar air terlalu banyak.

2.2.18 Piston

piston adalah suatu alat dinamis yang terpasang di dalam silinder dimana fungsinya sebagai pelaksana kerja sebuah motor. berfungsi untuk menerima tekanan hasil pembakaran campuran gas dan meneruskan tekanan untuk memutar poros engkol (*crank shaft*) melalui batang piston (*connecting rod*).

1. Konstruksi

Piston bergerak naik turun terus menerus di dalam silinder untuk melakukan langkah hisap, kompresi, pembakaran dan pembuangan. Oleh sebab itu piston harus tahan terhadap tekanan tinggi, suhu tinggi, dan putaran yang tinggi. Piston dibuat dari bahan paduan aluminium, besi tuang, dan keramik.

Pada umumnya piston dari bahan aluminium paling banyak digunakan, selain lebih ringan, radiasi panasnya juga lebih efisien dibandingkan dengan material lainnya.

Bentuk kepala piston ada yang rata, cembung, dan ada juga yang cekung tergantung dari kebutuhannya. Tiap piston biasanya dilengkapi dengan alur-alur untuk penempatan ring piston atau pegas piston dan lubang untuk pemasangan pena piston.

Bagian atas piston akan menerima kalor yang lebih besar dari pada bagian bawahnya saat bekerja. Oleh sebab itu pemuaian pada bagian atas juga akan lebih besar dari pada bagian bawahnya, terutama untuk piston yang terbuat dari aluminium. Agar diameter piston sama besar antara bagian atas dengan bagian bawahnya pada saat bekerja, maka diameter atasnya dibuat lebih kecil dibanding dengan diameter bagian bawahnya, bila diukur pada saat piston dalam keadaan dingin.

2. Celah Piston

Celah piston (celah antara piston dengan dinding silinder) penting sekali untuk memperbaiki fungsi mesin dan mendapatkan kemampuan mesin yang lebih baik. Bila celah terlalu besar, tekanan kompresi dan tekanan gas pembakarannya menjadi rendah, dan akan menurunkan kemampuan mesin. Sebaliknya bila celah terlalu kecil, maka akibat pemuaian pada piston menyebabkan tidak akan ada celah antara piston dengan silinder ketika mesin panas. Hal ini menyebabkan piston akan menekan dinding silinder dan dapat merusak mesin. Untuk mencegah hal ini pada mesin, maka harus ada celah yaitu jarak antara piston dengan dinding silinder yang disediakan untuk temperatur ruang lebih kurang 25°C. Celah piston bervariasi tergantung pada model mesinnya dan umumnya antara 0,02 mm—0,12 mm.

2.2.19 Pasir Silika

Silika adalah senyawa kimia dengan rumus molekul SiO_2 (*silicon dioksida*) yang dapat diperoleh dari silika mineral, nabati dan sintesis kristal. Silika mineral adalah senyawa yang banyak ditemui dalam bahan tambang/galian yang berupa

mineral seperti pasir kuarsa, granit, dan feldspar yang mengandung kristal-kristal silika (SiO_2) (Bragmann and Goncalves, 2006; Della *et al*, 2002). Selain terbentuk secara alami, silika dengan struktur kristal tridimit dapat diperoleh dengan cara memanaskan pasir kuarsa pada temperatur $870^\circ C$ dan bila pemanasan dilakukan pada temperatur $1470^\circ C$ dapat diperoleh silika dengan struktur kristobalit (Cotton and Wilkinson, 1989). Silika juga dapat dibentuk dengan mereaksikan silikon dengan oksigen atau udara pada suhu tinggi. (Iler, 1979)

Tabel 2.5 Karakteristik silika amorf (Iler, 1979)

Nama lain	Silicon Dioksida
Rumus Molekul	SiO_2
Berat Jenis (g/cm^3)	2.6
Bentuk	Padat
Daya larut dalam air	Tidak larut
Titik cair ($^\circ C$)	1610
Titik didih ($^\circ C$)	2230
Kekerasan (Kg/mm^2)	650
Kekuatan tekuk (Mpa)	70
Kekuatan tarik (Mpa)	110
Modulus elastisitas (Gpa)	73-75
Resistivitas (Ωm)	$>10^{14}$
Koordinasi geometri	Tetrahedral
Struktur Kristal	Kristobalit, Tridimit, Kuarsa

2.2.20 Pengujian Micro Struktur

Untuk mengetahui struktur mikro dari suatu logam pada umumnya pengujian dilakukan dengan refleksi pemendaran (sinar), pada pemolesan atau etsa, tergantung pada permukaan logam uji polis, dan diperiksa langsung di bawah mikroskop atau dietsa lebih dulu, baru diperiksa di bawah mikroskop. Manfaat dari pengamatan struktur mikro ini adalah:

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

Adapun beberapa tahap yang perlu dilakukan sebelum melakukan pengujian strukturmikro, yaitu:

1) Pemotongan (*sectioning*)

Pemilihan sampel yang tepat dari suatu benda uji studi mikroskopik merupakan hal yang sangat penting. Pemilihan sampel tersebut didasarkan pada tujuan pengamatan yang hendak dilakukan. Pada umumnya bahan komersil tidak homogen, sehingga satu sampel yang diambil dari suatu volume besar tidak dapat dianggap representatif. Pengambilan sampel harus direncanakan sedemikian sehingga menghasilkan sampel yang sesuai dengan kondisi rata-rata bahan atau kondisi di tempat-tempat tertentu (kritis), dengan memperhatikan kemudahan pemotongan pula.

Secara garis besar, pengambilan sampel dilakukan pada daerah yang akan diamati mikrostruktur maupun makrostrukturnya. Sebagai contoh, untuk pengamatan mikrostruktur material yang mengalami kegagalan, maka sampel diambil sedekat mungkin pada daerah kegagalan (pada daerah kritis dengan

kondisi terparah), untuk kemudian dibandingkan dengan sampel yang diambil dari daerah yang jauh dari daerah gagal. Perlu diperhatikan juga bahwa dalam proses memotong, harus dicegah kemungkinan deformasi dan panas yang berlebihan. Oleh karena itu, setiap proses pemotongan harus diberi pendinginan yang memadai.

2) Pemegangan (*mounting*)

Spesimen yang berukuran kecil atau memiliki bentuk yang tidak beraturan akan sulit untuk ditangani khususnya ketika dilakukan pengamplasan dan pemolesan akhir. Sebagai contoh adalah spesimen yang berupa kawat, spesimen lembaran metal tipis, potongan yang tipis, dll. Untuk memudahkan penanganannya, maka spesimen-spesimen tersebut harus ditempatkan pada suatu media (*media mounting*). Secara umum syarat-syarat yang harus dimiliki bahan *mounting* adalah:

- a. Bersifat inert (tidak bereaksi dengan material maupun zat etsa)
- b. Sifat eksoterimis rendah
- c. Viskositas rendah
- d. Penyusutan linier rendah
- e. Sifat adhesi baik
- f. Memiliki kekerasan yang sama dengan sampel
- g. Flowabilitas baik, dapat menembus pori, celah dan bentuk ketidakraturan yang terdapat pada sampel
- h. Khusus untuk etsa elektrolitik dan pengujian SEM, bahan *mounting* harus konduktif.

Media *mounting* yang dipilih haruslah sesuai dengan material dan jenis reagen etsa yang akan digunakan. Pada umumnya *mounting* menggunakan material plastik sintetik. Materialnya dapat berupa resin (*castable resin*) yang dicampur dengan *hardener*, atau *bakelit*. Penggunaan *castable resin* lebih mudah dan alat yang digunakan lebih sederhana dibandingkan bakelit, karena tidak diperlukan aplikasi panas dan tekanan. Namun bahan *castable resin* ini tidak memiliki sifat mekanis yang baik (lunak) sehingga kurang cocok untuk material-material yang keras.

3) Pengamplasan kasar (*grinding*)

Grinding dilakukan dengan menggunakan *disc* pengamplasan yang ditutup dengan *Silicon carbide* kertas dan air. Ada sejumlah ukuran amplas, yaitu 180, 240, 400, 1200, butir *Silicon carbide* per inci persegi. Ukuran 180, menunjukkan kekasaran dan partikel ini adalah ukuran untuk memulai operasi pengamplasan. Selalu menggunakan tekanan langsung di pusat sampel. Lanjutkan pengamplasan hingga semua noda kasar telah dihapus, permukaan sampel rata, dan semua goresan yang pada satu posisi. Hal ini membuat mudah untuk dilihat ketika goresan semuanya telah dihapus.

Setelah operasi pengamplasan selesai pada ukuran amplas 1200, cuci sampel dengan air diikuti oleh alkohol dan keringkan sebelum dipindah ke *polish*. Atau juga dapat tahap ini ukurannya 240, 800, 1000, 1500. Berikut adalah beberapa tahap dalam pengampelasan, yaitu:

a. Persiapan

Tahap ini adalah tahap dimana melakukan pemilihan amplas yang dimulai dengan menggunakan amplas dengan nomor yang paling rendah

(kasar) dan juga ditambah dengan penggunaan air dengan tujuan supaya tidak terjadi gesekan antara permukaan spesimen dengan amplas yang dapat mengakibatkan percikan bunga api.

b. *Abrasion damage*,

Adalah tahap menghaluskan permukaan dari spesimen dengan menggunakan amplas dari nomor rendah (nomor 360) ke nomor yang paling tinggi (nomor 2000) sampai permukaan dari spesimen yang diuji rata dan tidak ada lagi *scratch* pada material bila dilihat di mikroskop.

4. Pemolesan (*polishing*)

Tahap polishing bertujuan untuk menghasilkan permukaan spesimen yang rata dan mengkilap, tidak boleh ada goresan yang merintang selama pengujian. *finish lap* merupakan tahap penghalusan akhir material dengan menggunakan kain yang telah diolesi *polisher* agar permukaan mengkilap dan rata atau bias disebut juga dengan polishing.

Polish yang terdiri dari *disc* pengamplasan ditutup dengan kain lembut penuh dengan partikel berlian (ukuran 6 dan 1 mikron) dan minyak pelumas yang berminyak. Mulai dengan ukuran 6 mikron dan terus menggosok sampai goresan hilang.

5. Etsa (*etching*).

Etching digunakan dalam *metallography* untuk memperlihatkan mikrostruktur dari specimen dengan menggunakan mikroskop. Specimen yang akan di *etching* harus di *polish* secara teliti dan rata serta bebas dari perubahan yang disebabkan deformasi pada permukaan spesimen, alur material, *pullout*, dan goresan.

Meskipun dalam mikrography beberapa informasi sudah dapat diketahui tanpa proses *etching*, tetapi mikrostruktur suatu material biasanya baru dapat terlihat setelah dilakukan pengetsaan. Hanya sekitar 10% informasi yang dapat terlihat tanpa proses *etching*. Hanya reaktan, pori, celah, dan unsur non-metalik lainnya yang dapat diamati hanya dengan *polishing*, selebihnya diperlukan *etching*. Secara umum tujuan dari *etching* adalah:

- a. Memberi warna pada permukaan benda uji sehingga tampak jelas ketika diamati dengan mikroskop (*color enhancement*)
- b. Menimbulkan korosi sehingga memperjelas batas butir
- c. Meningkatkan kontras antar butir dan batas butir (*optical enhancement of contrast*)
- d. Mengidentifikasi fasa pada suatu spesimen (*anodizing process*)

6. Pemotretan (*photo*)

Dimaksudkan untuk mendapatkan Gambar dari struktur kristal yang dimaksud. Untuk mendapatkan foto mikrografi yang tajam, variabel berikut harus terkontrol yaitu penghilangan getaran, pelurusan pencahayaan, penyesuaian warna cahaya terhadap korelasi objek, menjaga kejernihan objek, penyesuaian daerah pengamatan, dan lubang diagram serta kecepatan fokus.

7. Mikroskop

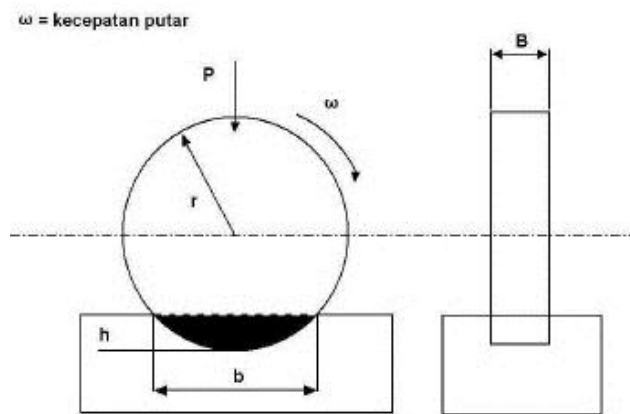
Pada dasarnya, mikroskop terdiri dari dua buah lensa positif, yaitu lensa yang menerima sinar langsung dari bendanya atau lensa dekat dengan benda yang akan dilihat, yang disebut lensa obyektif, sedangkan lensa yang berada dekat dengan mata disebut lensa okuler. Perbesaran sebuah mikroskop biasanya berkisar

50, 100, 200, 400 dan 1000 kali lebih besar dari benda uji. Gambar 2.8. menunjukkan gambar mikroskop.

2.2.21 Pengujian Keausan

Suatu komponen struktur dan mesin agar berfungsi dengan baik sebagaimana mestinya sangat tergantung pada sifat-sifat yang dimiliki material. Material yang tersedia dan dapat digunakan oleh para engineer sangat beraneka ragam, seperti logam, polimer, keramik, gelas, dan komposit. Sifat yang dimiliki oleh material terkadang membatasi kerjanya. Namun demikian, jarang sekali kinerja suatu material hanya ditentukan oleh satu sifat, tetapi lebih kepada kombinasi dari beberapa sifat. Salah satu contohnya adalah ketahanan-aus (wear resistance) merupakan fungsi dari beberapa sifat material (kekerasan, kekuatan, dll), friksi serta pelumasan. Oleh sebab itu penelaahan subyek ini yang dikenal dengan nama ilmu Tribologi. Keausan dapat didefinisikan sebagai rusaknya permukaan padatan, umumnya melibatkan kehilangan material yang progresif akibat adanya gesekan (friksi) antar permukaan padatan. Keausan bukan merupakan sifat dasar material, melainkan respon material terhadap sistem luar (kontak permukaan). Keausan merupakan hal yang biasa terjadi pada setiap material yang mengalami gesekan dengan material lain. Keausan bukan merupakan sifat dasar material, melainkan response material terhadap sistem luar (kontak permukaan). Material apapun dapat mengalami keausan disebabkan oleh mekanisme yang beragam. Pengujian keausan dapat dilakukan dengan berbagai macam metode dan teknik, yang semuanya bertujuan untuk mensimulasikan kondisi keausan aktual. Salah satunya adalah metode Ogoshi dimana benda uji memperoleh beban gesek dari cincin yang berputar (revolving disc). Pembebanan

gesek ini akan menghasilkan kontak antar permukaan yang berulang-ulang yang pada akhirnya akan mengambil sebagian material pada permukaan benda uji. Besarnya jejak permukaan dari material tergesek itulah yang dijadikan dasar penentuan tingkat keausan pada material, semakin besar dan dalam jejak keausan. Maka semakin tinggi volume material yang terkelupas dari benda uji. Ilustrasi skematis dari kontak permukaan antara revolving disc dan benda uji diberikan oleh gambar berikut ini.



Gambar 4.1. Pengujian keausan dengan metode Ogoshi

Gambar 2.3 Pengujian keausan dengan metode ogoshi

Dengan B adalah tebal revolving disc (mm), r jari-jari disc (mm), b lebar celah material yang terabrasi (mm) maka dapat diketahui besarnya volume material yang terabrasi dengan rumus sebagai berikut: (Sumber: Torsee, 1963)

$$WS = \frac{B \cdot b o^3}{8 \cdot r \cdot l o \cdot P o}$$

Laju keausan (V) dapat ditentukan sebagai perbandingan volume terabrasi dengan jarak luncur x (setting pada mesin uji) :

$$V = \frac{W}{X} + \frac{B \cdot b^3}{12 r \cdot X}$$

Sebagaimana telah disebutkan pada bagian pengantar, material jenis apapun akan mengalami keausan dengan mekanisme yang beragam, yaitu keausan adhesif, keausan abrasif, keausan fatik, dan keausan oksidasi. Di bawah ini diberikan penjelasan ringkas dari mekanisme-mekanisme tersebut :

Mekanisme keausan terdiri dari :

1. Keausan adhesif (*Adhesive wear*)

Terjadi bila kontak permukaan dari dua material atau lebih mengakibatkan adanya perlekatan satu sama lainnya (*adhesive*) serta deformasi plastis dan pada akhirnya terjadi pelepasan / pengoyakan salah satu material.

Faktor yang menyebabkan adhesif wear :

- a. Kecenderungan dari material yang berbeda untuk membentuk larutan padat atau senyawa intermetalik.
- b. Kebersihan permukaan.

Jumlah wear debris akibat terjadinya aus melalui mekanisme adhesif ini dapat dikurangi dengan cara, antara lain :

- a. Menggunakan material keras.
- b. Material dengan jenis yang berbeda, misal berbeda struktur kristalnya.

2. Keausan Abrasif (*Abrasive wear*)

Terjadi bila suatu partikel keras (*asperity*) dari material tertentu meluncur pada permukaan material lain yang lebih lunak sehingga terjadi penetrasi atau pemotongan material yang lebih lunak, seperti diperlihatkan pada Gambar 3 di bawah ini. Tingkat keausan pada mekanisme ini ditentukan oleh derajat kebebasan (*degree of freedom*) partikel keras atau *asperity* tersebut.

Sebagai contoh partikel pasir silika akan menghasilkan keausan yang lebih tinggi ketika diikat pada suatu permukaan seperti pada kertas amplas, dibandingkan bila partikel tersebut berada di dalam sistem slurry. Pada kasus pertama, partikel tersebut kemungkinan akan tertarik sepanjang permukaan dan akhirnya mengakibatkan pengoyakan. Sementara pada kasus terakhir, partikel tersebut mungkin hanya berputar (*rolling*) tanpa efek abrasi.

Faktor yang berperan dalam kaitannya dengan ketahanan material terhadap *abrasive wear*, antara lain:

1. Material hardness
2. Kondisi struktur mikro
3. Ukuran abrasif
4. Bentuk

Abrasif bentuk kerusakan permukaan akibat *abrasive wear*, antara lain :

- a. *Scratching*
- b. *Scoring*
- c. *Gouging*

3. Keausan Lelah (*Fatigue wear*)

Hanya satu interaksi, sementara pada keausan fatik dibutuhkan interaksi multi. Keausan ini terjadi akibat interaksi permukaan dimana permukaan yang mengalami beban berulang akan mengarah pada pembentukan retak-retak mikro. Retak-retak mikro tersebut pada akhirnya menyatu dan menghasilkan pengelupasan material. Tingkat keausan sangat bergantung pada tingkat pembebanan.

4. Keausan Oksidasi/Korosif (*Corrosive wear*)

Proses kerusakan dimulai dengan adanya perubahan kimiawi material di permukaan oleh faktor lingkungan. Kontak dengan lingkungan ini menghasilkan pembentukan lapisan pada permukaan dengan sifat yang berbeda dengan material induk. Sebagai konsekuensinya, material akan mengarah kepada perpatahan interface antara lapisan permukaan dan material induk dan akhirnya seluruh lapisan permukaan itu akan tercabut.

5. Keausan Erosi (*Erosion wear*)

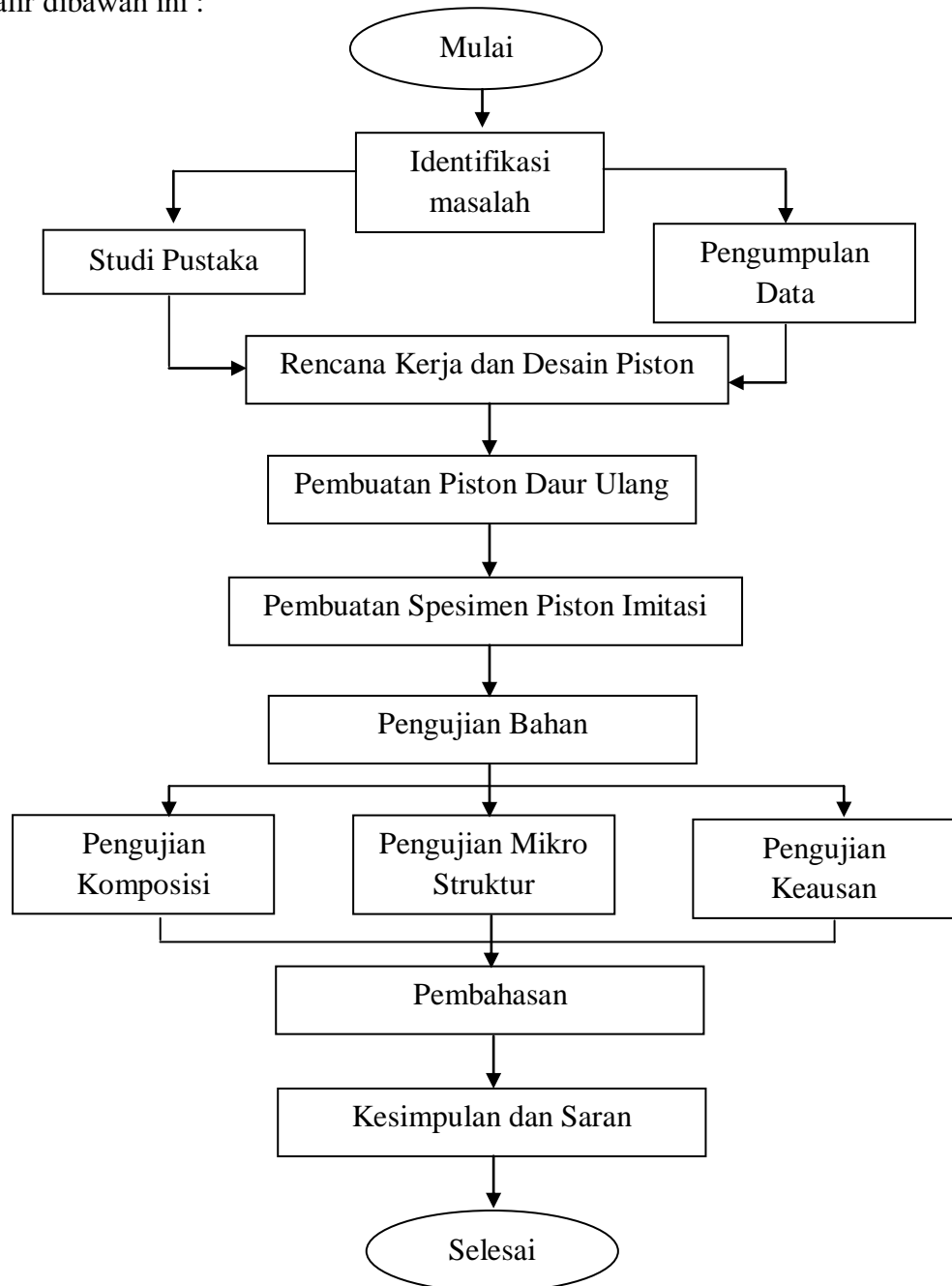
Proses erosi disebabkan oleh gas dan cairan yang membawa partikel padatan yang membentur permukaan material. Jika sudut benturannya kecil, keausan yang dihasilkan analog dengan abrasive. Namun, jika sudut benturannya membentuk sudut gaya normal (90 derajat), maka keausan yang terjadi akan mengakibatkan brittle failure pada permukaannya.

BAB III

METODELOGI PENELITIAN

3.1. Alur Penelitian

Secara garis besar metode penelitian dapat digambarkan pada diagram alir dibawah ini :



Gambar 3.1 Diagram alir

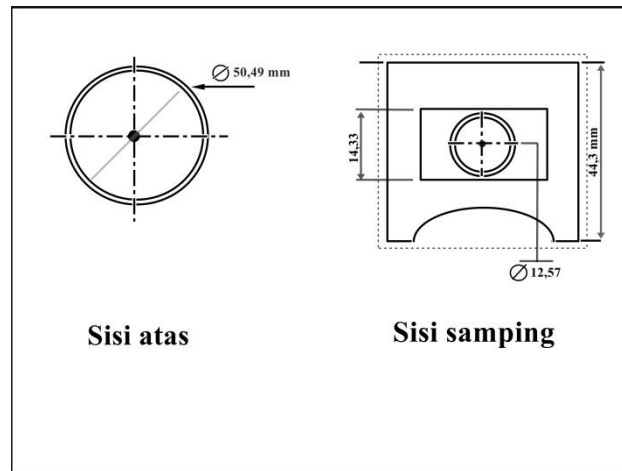
3.2 Pembuatan Pola

Pola merupakan bagian yang penting peranannya dalam pembuatan suatu pengecoran. Pola yang akan digunakan dalam pembuatan suatu pengecoran harus dalam keadaan baik yaitu kehalusan permukaannya cukup halus dan tidak ada cacat. Jika pada pola terdapat permukaan yang kasar atau tidak rata dikhawatirkan bentuk coran yang dihasilkan akan tidak halus permukaannya. Ukuran pola harus diperhatikan karena sangat berpengaruh pada dimensi benda cor. Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam merencanakan pola :

1. Bahan pola
2. Desain dan fungsi pola

Pada tugas akhir kali ini penulis membuat piston *genuine part* berukuran diameter luar 50,49 mm, ketinggian 44,3 mm, dengan ketebalan minimal 2 mm. Dalam pembuatan pola bahan yang digunakan seperti was/lilin mainan, pasir silika dengan ditambahkan gas CO₂ untuk mempermudah pembentukan. Proses ini hanya mampu digunakan satu kali dalam pembuatannya namun adapun keuntungannya proses ini mampu membuat bagian yang sangat rumit untuk proses pengecoran bahan alumunium. Oleh karena itu proses pembentukan ini dinamakan *Sand Casting* karena kerumitannya dan pola yang dibuat membutuhkan ketelitian yang detail untuk proses pembuatan alumunium tersebut.

Berikut adalah gambar dari pola:



Gambar 3.2 Desain pola

3.3 Persiapan Material Awal

3.3.1 Alat & Bahan penelitian

Dalam proses penelitian ini digunakan alat dan bahan diantaranya sebagai berikut:

Alat

1. Cutter
2. Karton
3. Amplas
4. Penggaris
5. Benang
6. Timbangan
7. Pot bunga diameter 15cm
8. Was
9. Kaca Uk.30x30
10. Kawat

11. Saringan

12. Paku

13. Pipa besi

Bahan:

1. Pasir silika

Pasir ini digunakan sebagai molding atau pembentukan cetakan untuk pengecoran logam dengan metode sand casting.

2. Water glass

Lem ini sebagai bahan campuran pada pasir silika dalam pembentukan adonan pasir.

3. Pasir kuasa

Pasir ini sebagai penutup lubang yang berdiameter atau berbentuk bundar.

4. Gas CO₂

Digunakan untuk memperkeras pasir kuasa dalam proses pembentukan cetakan agar tidak ada logam cair yang keluar dari pola.

5. Piston Bekas

Bahan peleburan sebagai jenangan atau yang akan didaur ulang sebagai bahan coran.

6. Titanium-Boron

Sebagai unsur tambahan untuk pembuatan piston honda imitasi.

3.3.2 Tempat Pelaksanaan

Dalam pelaksanaan serta pengujian tugas akhir ini, penulis melakukan pengerjaan pengecoran logam cair di Kerajinan Cor Alumunium, Kranon UH VI No.591 RT.45 RW.11 Yogyakarta. Dan Pengujian Material di Laboratorium Bahan Teknik, Universitas Gajah Mada Yogyakarta.

3.3.3 Bahan Baku Pola

Dalam penelitian ini penulis membuat cetakan menggunakan pola yang terbuat dari pasir silika dan dibantu dengan menggunakan pasir kuasa pada bagian yang rumit.



Gambar 3.3 Pasir Silika



Gambar 3.4 Pasir Kuasa

Dalam proses pembuatan pola piston honda, ada beberapa tahap yang harus dilalui. Penulis harus menentukan bentuk pola yang diinginkan serta mempersiapkan peralatan dan bahan yang akan digunakan untuk membuat pola karena dalam proses pembuatan pola ini penulis menggunakan tangan.

3.3.4 Bahan Baku Peleburan

Dalam penelitian ini bahan peleburan yang digunakan adalah piston bekas honda grand. Inokul sebagai penghalus butir menggunakan bahan tambahan unsur Ti-B.



Gambar 3.5 Piston Bekas



Gambar 3.6 Unsur Ti-B

Dalam proses peleburan ini unsur Ti-B digunakan sebagai tambahan peleburan piston bekas merk genuine part untuk mengetahui perbandingan keausan dan micro struktur antara piston genuine part, piston imitasi, dan piston daur ulang.

3.4 Proses Persiapan

a. Proses persiapan pola

1. Pola dengan menggunakan piston bekas yang akan menjadi dasar utama sebagai pembentukan.
2. Pembersihan piston bekas sebagai pola dilakukan agar proses pengecoran setara dengan asli.
3. Penambahan kertas karton pada dinding piston bekas agar ketebalan yang lebih bisa meminimalisir penyusutan coran.

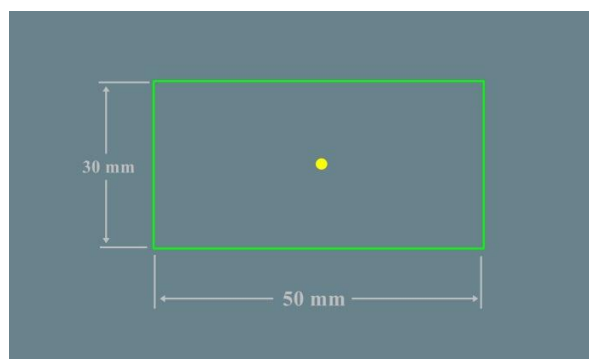
b. Proses persiapan cetakan

1. Pencampuran pasir silika dengan water glass sebagai dasar utama bahan pembuatan dinding coran atau pembentukan cetakan.

2. Gas CO² yang digunakan sebagai pengeras pasir silika yang sudah dicampurkan agar pengecoran tidak terjadi cacat atau cetakan pecah saat proses pengecoran dilakukan.
 3. Pemberian kawat pada bagian tertentu untuk mempermudah pemasangan dan pelepasan cetakan.
- c. Proses persiapan penuangan
1. Cetakan yang sudah disiapkan dilapisi menggunakan tanah khusus sebagai pelidung saat proses penuangan.
 2. Bahan coran atau piston bekas yang dilebur dengan suhu mencapai 700° – 800°C untuk dituangkan sebagai bahan pembuatan piston baru.
 3. Penuangan menggunakan peralatan khusus dan harus menggunakan prosedur pengecoran agar hasil coran tidak cacat.

3.5 Skema Cetakan *Spesimen*

Cetakan spesimen yang digunakan dalam pembuatan spesimen pengecoran logam terbuat dari 2,5 gram Ti-b dan Piston bekas merk *genuine part*. Ukuran cetakan yang digunakan ditunjukkan pada gambar sebagai berikut:



Gambar 3.7 *Spesimen* cetakan logam

Dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Panjang cetakan : 50 mm
- Lebar cetakan : 30 m

3.6 Proses pengujian

a. Proses Pengujian Mikro struktur

1. Memilih material yang akan diamati mikronya.
2. Memilih bagian yang akan diamati, usahakan bagian tersebut adalah bagian yang paling utama (penting) yang hubungannya dengan gaya/beban yang bekerja.
3. Membuat pegangan dengan resin sehingga mudah untuk diampelas.
4. Melakukan pengamplasan dari no 200, 400, 600, 1000, dan 2000 (harus urut).
5. Melakukan pemolesan dengan autosol.
6. Melakukan proses etsa dengan larutan kimia yang sesuai dengan bahan (logam alumunium) yaitu NaOH.
7. Proses etsa dilakukan dengan meneteskan atau mencelupkan spesimen ke dalam larutan etsa yang sesuai, dengan waktu yang relatif singkat 1-5 detik karena jika terlalu lama bisa berakibat gosong sehingga struktur mikro tidak terlihat jelas.
8. Melakukan pencuci dengan air sabun atau bilas (jangan digosok) spesimen kemudian dikeringkan dengan bantuan *hairdryer* sehingga dipastikan bersih serta kering.

9. Melihat dan mengamati struktur mikro dibawah mikroskop, jika struktur belum terlihat jelas maka harus diulangi proses dari pemberian autosol.
 10. Mencetak atau mempotret struktur mikro jika sudah terlihat jelas.
- b. Proses pengujian keausan
1. Memilih material yang akan diuji keausannya
 2. Memilih bagian yang halus dan rata.
 3. Memilih bagian yang akan digores, usahakan bagian tersebut adalah bagian yang paling utama (penting) yang dapat dilihat oleh kasat mata.
 4. Melakukan pengamplasan dari no 200, 400, 600, 1000, dan 2000 (harus urut).
 5. Melakukan pemolesan dengan autosol
 6. Memasang spesimen pada alat pengujian dengan memasang benda uji pada garis atau titik yang sudah ditentukan.
 7. Melakukan pengaturan beban 4-5 mm
 8. Proses pengujian penggoresan dilakukan selama 60 detik.
 9. Melihat jumlah goresan yang ada pada spesimen setelah pengujian keausan menggunakan mikroskop.
 10. Melakukan perhitungan dengan menggunakan rumus pengujian keausan.

11. Rumus pengujian keausan

$$WS = \frac{B \cdot bo^3}{8 \cdot r \cdot lo \cdot Po}$$

BAB IV

PEMBAHASAN

Data-data yang diperoleh dalam penelitian tugas akhir ini selanjutnya diolah dan dianalisa. Adapun langkah-langkah dalam pengolahan dan analisa data yaitu sebagai berikut:

1. Data dari proses pembuatan piston imitasi yang diperoleh kemudian disusun menjadi rangkaian-rangkaian proses pembuatan piston tersebut.
2. Data dan grafik yang diperoleh dari hasil pengujian kemudian dilakukan penghitungan untuk menganalisa hasil dari uji komposisi, uji mikro struktur, dan uji keausan.
3. Menyimpulkan hasil eksperimen.

4.1 Proses Pembuatan

Berikut ini adalah tahap-tahap proses pembuatan piston honda dengan metode *sand casting* mulai dari pembuatan cetakan pola hingga proses *finishing* :

4.1.1 Proses Pengecoran Logam Dengan Metode *Sand casting*

- a. Pemilihan dan penentuan pasir silika ini sangat perlu dilakukan karena sebagai dasar pembuatan pola cetakan pada proses pengecoran ini, melakukan penyaringan pada pasir silika sangat perlu dilakukan agar pasir mudah diubah bentuk tanpa adanya perbedaan ukuran besar kecil pasir pada saat melakukan pembentukan pola cetakan.



Gambar 4.1 Penyaringan pasir silika

- b. Pasir silika sebagai pasir cetak dan *water glass* atau air kaca dengan perbandingan 2 Kg pasir silika dan $\frac{1}{2}$ liter *water glass* untuk proses pencampuran pembuatan bahan cetakan oleh karena itu pencampuran ini harus diolah dengan baik agar pembentukan pola pengecoran sempurna.



Gambar 4.2 Pasir silika



Gambar 4.3 *Water glass*

- c. Campurkan pasir silika dan *water glass*, aduk secara merata agar hasil pembuatan bahan cetakan baik untuk digunakan dalam pengecoran. Selain itu campuran ini sangat penting digunakan karena proses pembentukan pola harus sesuai perbandingan pencampurannya.



Gambar 4.4 pencampuran pasir silika dan *water glass*

- d. Penambahan was pada dinding pola bagian dalam bertujuan untuk mempermudah pelepasan hasil coran, karena bagian-bagian tersebut sangat sulit untuk dilakukan pengecoran akibat pembentukan piston yang tidak merata pada bagian dalam piston tersebut.



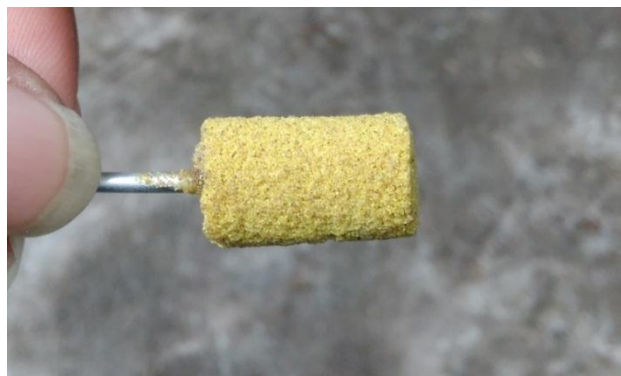
Gambar 4.5 Penambahan was

- e. Melakukan pendempulan pada bagian luar piston bekas tersebut hingga rata, tujuan pendempulan agar hasil coran pada bagian luar piston tidak berjerawat atau titik-titik kecil akibat hasil coran yang dipengaruhi pada saat proses pembentukan pola piston.



Gambar 4.6 Pendempulan piston

- f. Pasir kuasa yang sudah dibakar kemudian dibentuk sesuai ukuran lubang poros pada piston *genuine part*, maka dari itu proses pengamplasan dilakukan pada pasir kuasa untuk mendapatkan ukuran yang ideal dan lubang poros piston tertutup rapat.



Gambar 4.7. Pasir kuasa yang sudah dibakar

- g. Fungsi dari pasir kuasa yang sudah dibakar dan dibentuk, kemudian dipasangkan pada lubang poros yang nantinya untuk menutupi hasil coran agar sesuai bentuk yang diinginkan.



Gambar 4.8 Pemasangan pasir kuasa pada lubang piston

- h. Menyiapkan pasir silika untuk kemudian dibentuk pada piston yang sudah siap untuk proses pembuatan cetakan pola dan pastikan pemberian pasir silika merata untuk mengantisipasi terjadinya kebocoran pada saat proses pengecoran.



Gambar 4.9 Pemberian pasir pada piston

- i. Penataan pasir pada sisi samping piston untuk memulai pembentukan cetakan pola sebagai langkah awal proses pembentukan desain atau pola-pola piston bagian luar, pada bagian ini pemberian pasir harus merata dan padat dikarenakan bagian tersebut adalah bagian penting pada saat pembuatan cetakan pola.



Gambar 4.10 Penataan pasir kuasa

- j. Pemberian Gas CO_2 berfungsi sebagai pengeras pasir silika agar semakin rapat celah antar pasir untuk meminimalisir terjadinya kebocoran pola pada saat proses pengecoran logam berlangsung dan pemberian gas kurang lebih 3-5 menit disetiap lubangnya tergantung campuran pasir silika dan *water glass* untuk mengetahui kekerasan yang standar sehingga dapat menghasilkan pengecoran logam yang baik.



Gambar 4.11 Pemberian Gas CO_2

- k. Penataan dan pemberian ulang pasir silika pada bagian sisi samping yang lain berbeda dengan sebelumnya, karena dibuatkan pengunci pasir agar saat pada pengecoran tidak bocor.



Gambar 4.12 Penguncian pasir kuasa

- l. Melepas piston dari pola cetakan pasir untuk memastikan bahwa pembentukan pola lingkaran pada piston telah selesai.



Gambar 4.13 Pelepasan piston pada pola

- m. Pemasangan piston pada pola kembali untuk pembentukan bagian dalam piston yang sangat perlu menggunakan ketelitian lebih dari pada bagian-bagian yang lain oleh karena itu proses ini memerlukan waktu yang cukup lama.



Gambar 4.14 Pemasangan piston melanjutkan pola

- n. Pemberian pasir pada bagian dalam piston untuk memulai pembuatan pola cetakan bagian dalam.



Gambar 4.15 Pembuatan cetakan dalam piston

- o. Proses selanjutnya masih sama pemberian Gas CO_2 pada pasir silika yang berfungsi sebagai pengerasan pembentukan pola pada proses pengecoran.



Gambar 4.16 Pemberian gas CO_2 pada bagian dalam piston

- p. Bentuk dari bagian dalam piston yang telah diberi CO₂ dan dilapisi menggunakan lilin mainan untuk mempermudah pelepasan bagian pembentukan pola.



Gambar 4.17 Hasil cetakan pola bagian dalam piston

- q. Pada proses ini pemberian pasir silika harus benar-benar pas dan padat dikarenakan bagian ini akan digunakan untuk penuangan logam cair untuk proses pengecoran.



Gambar 4.18. Proses akhir pembuatan cetakan pola

- r. Proses selanjutnya persiapan pengecoran dengan menggunakan pola pembentukan sebelumnya dengan dilapisi tanah khusus untuk meredam panas sehingga panas yang dihasilkan dari cairan logam dapat diantisipasi kadar kepanasannya.



Gambar 4.19 Persiapan penuangan coran

4.2. Peleburan & Penuangan

4.2.1. Bahan Baku Peleburan

Bahan baku peleburan yang digunakan pada proses pengecoran kali ini adalah piston bekas *genuine part*, dengan begitu piston imitasi ini bisa disebut sebagai piston daur ulang yang berfungsi untuk mengetahui ketahanan ausnya pada hasil berikutnya.



Gambar 4.20 Bahan baku peleburan

4.2.2. Tungku Peleburan

Dalam proses peleburan logam aluminium kali ini penulis menggunakan dapur krus sederhana berbahan bakar gas dengan *burner* sebagai pemanasnya. Selama proses pengecoran logam yang paling penting adalah dapur yang digunakan harus benar-benar tahan panas terhadap temperatur tinggi yaitu antara 650°C - 850°C sebagai syarat titik cair aluminium. Dapur khusus menggunakan kowi sebagai wadah bahan coran saat proses peleburan dalam dapur. Pada bagian dalam dapur dilapisi susunan batu tahan api. Susunan batu tahan harus benar-benar rapat agar panas yang di hasikan dapur listrik menjadi lebih efisien.



Gambar 4.21 Dapur peleburan

Keterangan gambar:

1. Tutup tungku
2. Kowi/tungku peleburan
3. Nosel
4. Bahan bakar batu bara/gas LPG
5. Kabel gas
6. Kompor khusus peleburan

4.2.3. Kowi

Kowi digunakan sebagai wadah untuk mencairkan bahan yang akan dilebur, kowi yang digunakan terbuat dari bahan baja.



Gambar 4.22 Kowi

4.2.4 Proses Peleburan

Jika dapur peleburan telah siap dan bahan aluminium telah dimasukkan ke dalam kowi maka dapur lebur siap untuk dinyalakan. Tutup kowi agar panas yang dihasilkan lebih efisien.

Setelah aluminium mulai dilebur dan mencapai temperatur kurang lebih 750°C dengan lama waktu sekitar 35-50 menit, maka proses peleburan telah sempurna atau aluminium telah mencair seluruhnya dan siap untuk dituang. Adapun proses peleburan yang dilakukan sebagai berikut:

- a. Siapkan material yang akan dilebur kemudian masukkan pada kowi/tungku yang telah mendidih kurang lebih 300°C , selanjutnya cetakan yang telah siap tuang dekatkan pada tungku peleburan untuk proses penuangan cairan logam.



Gambar 4.23 Peleburan material Gambar 4.24 Cetakan siap tuang

- b. Penuangan logam cair ke wadah cetakan yang sudah dibentuk dengan pasir silika dan dilapisi dengan tanah khusus untuk peredam panas akibat proses pengecoran logam yang terjadi, penuangan logam harus stabil dikarenakan jika terlalu lama maka udara akan masuk pada cairan logam tersebut.



Gambar 4.25 Proses penuangan logam cair

- c. Setelah penuangan logam cair ke dalam cetakan pola tunggu kurang lebih 5 menit untuk proses pengerasan logam, dan selanjutnya pembongkaran cetakan untuk melihat hasil pengecoran yang kita telah dilakukan.



Gambar 4.26 Pembongkaran cetakan piston

- d. Pembersihan hasil coran dari pasir cetak yang digunakan dalam proses pengecoran logam untuk mempermudah melihat atau mengoreksi hasil cor yang sudah dilakukan, pembersihan ini dilakukan menggunakan sikat serabut besi untuk menghilangkan bercak-bercak akibat pengecoran logam.



Gambar 4.27 Pembersihan hasil coran

- e. Hasil dari pengecoran logam menggunakan pasir silika serata dibantu menggunakan lilin mainan dan pasir kuasa pada pembentukan polanya untuk pembuatan logam alumunium piston honda imitasi.



Gambar 4.28 Hasil pengecoran aluminium

4.3 Proses *Finishing*

Pada proses *finishing* penulis melakukan proses pemesinan untuk menghilangkan saluran masuk dan keluar serta meratakan permukaandinding benda kerja. Berikut langkah proses *finishing* :

- a. Pemotongan saluran masuk dan keluar dengan menggunakan gergaji besi.
- b. Pembersihan coran akibat pembentukan.
- c. Pencucian hasil coran agar mudah dibubut.
- d. Bubut hasil coran pada bagian permukaan dinding bagian luar.



Gambar 4.29 Pembubutan piston

4.4 Hasil Dan Pembahasan Pengujian

Dalam melakukan penelitian uji dilaboratorium bahan teknik Universitas Gajah Mada, penulis mendapatkan hasil-hasil terukur dan terbaca dari penelitian berbagai macam spesimen diantaranya piston *genuine part*, piston imitasi, dan piston daur ulang (penambahan unsur Ti-B 2,5 gram). Adapun beberapa pengujian yang dilakukan adalah pengujian komposisi, pengujian mikro struktur, dan pengujian keausan.

4.4.1 Data hasil Pengujian Komposisi

- a. Hasil pengujian komposisi piston *genuine part*

Tabel 4.1 Pengujian komposisi piston *genuine part*

NO	UNSUR	PERSENTASE (%)
1	Al	82,84
2	Si	13,0708
3	Mg	1,1824
4	Ni	1,1432
5	Cu	1,0918

Hasil dari pengujian komposisi pada piston *genuine part* diperoleh unsur Al (aluminium) 82,84% dan Si (silikon) 13,0708% yang dominan, Selanjutnya terdapat Mg (magnesium) 1,1824%, Ni (nikel) 1,1432%, dan Cu (tembaga) 1,0918%. Dengan demikian unsur-unsur tersebut dapat terlihat sebagai acuan untuk mengetahui pengaruhnya pada struktur mikro dan ketahanan ausnya.

- b. Hasil pengujian komposisi piston imitasi

Tabel 4.2 Pengujian komposisi piston Imitasi

NO	UNSUR	PERSENTASE (%)
1	Al	84,63
2	Si	10,3313
3	Cu	2,6079
4	Fe	1,0029
5	Mg	0,8714

Hasil dari pengujian komposisi pada piston imitasi diperoleh unsur Al (aluminium) 84,63% dan Si (silikon) 10,3313% yang dominan, Selanjutnya terdapat Cu (tembaga) 2,6079%, Fe (besi) 1,0029%, dan Mg (magnesium) 0,8714%. Dengan demikian unsur-unsur tersebut dapat terlihat sebagai acuan untuk mengetahui pengaruhnya pada struktur mikro dan ketahanan ausnya.

c. Hasil pengujian komposisi piston daur ulang

Tabel 4.3 Pengujian komposisi piston daur ulang

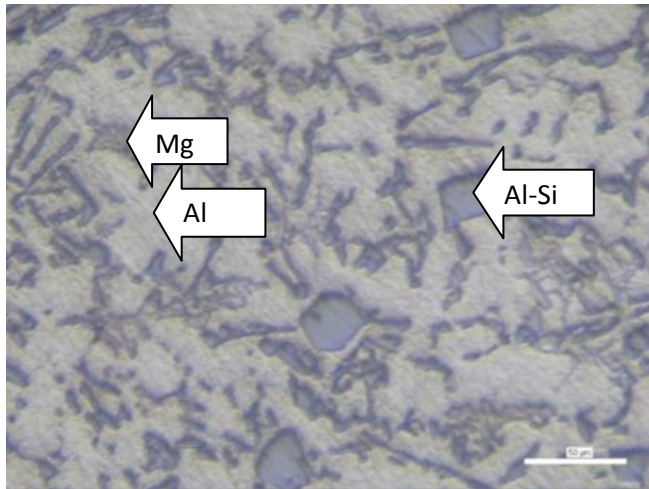
NO	UNSUR	PERSENTASE (%)
1	Al	93,93
2	Si	2,6650
3	Zn	1,0170
4	Cu	0,8410
5	Fe	0,7839

Hasil dari pengujian komposisi pada piston daur ulang diperoleh unsur Al (aluminium) 93,93% dan Si (silikon) 2,6650% yang dominan, Selanjutnya terdapat Zn (zink atau seng) 1,1824%,

Cu (tembaga) 0,8410%, dan Fe (besi) 0,7839%. Dengan demikian unsur-unsur tersebut dapat terlihat sebagai acuan untuk mengetahui pengaruhnya pada struktur mikro dan ketahanan ausnya.

4.4.2 Data Hasil Pengujian Mikro Struktur

a. Hasil pengujian mikro struktur piston *genuine part*



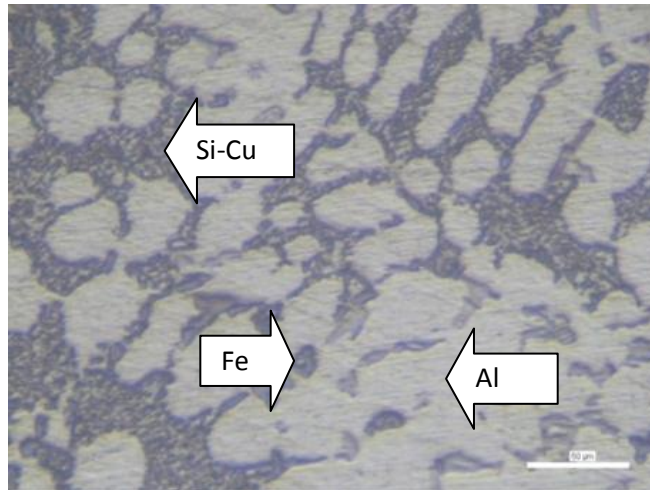
Gambar 4.31 Hasil pengujian mikro struktur piston *genuine part*

Dari gambar 4.31 hasil uji mikro struktur dengan perbesaran lensa objektif 100 kali. Berdasarkan hasil pengujian struktur mikro piston *genuine part* terbentuk beberapa fasa, diantaranya fasa Al, fasa AlSi dan fasa Mg. Adapun karakteristik dari fasa-fasa tersebut adalah sebagai berikut:

1. Fasa Al (berwarna terang) adalah larutan padat primer
2. Fasa Al-Si (berwarna kelabu terang), fasa ini terbentuk karena jumlah prosentase Si (silikon) lebih besar dari Mg magnesium. Pada umumnya akan dapat meningkatkan tingkat kekerasan dan dapat menghambat laju korosi.

3. Fasa Mg (berwarnan kelabu kehitam-hitaman) dengan adanya fasa ini akan meningkatkan kekuatan alumunium dan mampu las yang baik.

b. Hasil pengujian mikro struktur piston imitasi



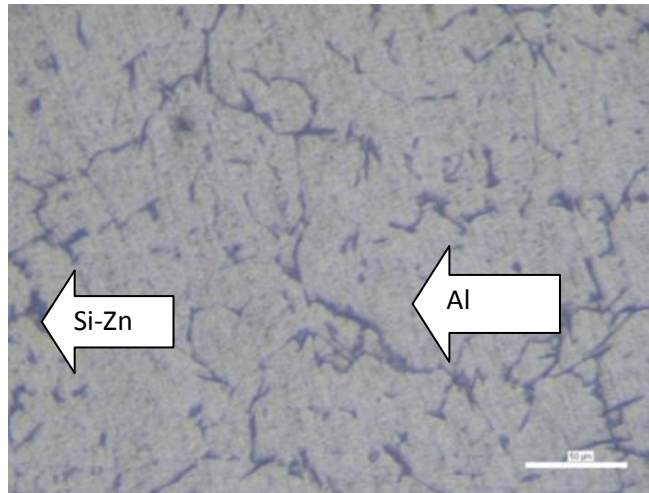
Gambar 4.32 Hasil pengujian mikro struktur piston imitasi

Dari gambar 4.32 hasil uji mikro struktur dengan perbesaran lensa objektif 100 kali. Berdasarkan hasil pengujian struktur mikro piston imitasi terbentuk beberapa fasa, diantaranya fasa Al, fasa Si-Cu dan fasa Fe. Adapun karakteristik dari fasa-fasa tersebut adalah sebagai berikut:

1. Fasa Al (berwarna terang) adalah larutan padat primer
2. Fasa Si-Cu (berwarna hitam kasar), dengan adanya fasa ini meningkatkan kekuatan dan kekerasan namun menurunkan elongasi (pertambahan panjang saat ditarik).
3. Fasa Fe (berwarna hitam halus) dengan adanya fasa ini berpengaruh baik untuk meningkatkan ketahanan retak panas

(hot tear), namun berpengaruh buruk pada aluminium jika kadar Fe lebih besar 0,05% akan menurunkan keuletannya.

c. Hasil pengujian mikro struktur piston daur ulang



Gambar 4.33 Hasil pengujian mikro struktur piston daur ulang

Dari gambar 4.33 hasil uji mikro struktur dengan perbesaran lensa objektif 100 kali., Berdasarkan hasil pengujian struktur mikro piston daur ulang terbentuk beberapa fasa, diantaranya fasa Al, fasa Si-Cu dan fasa Fe. Adapun karakteristik dari fasa-fasa tersebut adalah sebagai berikut:

1. Fasa Al (berwarna terang) adalah larutan padat primer
2. Fasa Si-Zn (berwarna kelabu gelap), dengan adanya fasa ini mempermudah proses pengecoran, meningkatkan ketahanan korosi, dan meningkatkan sifat mampu cor.

4.4.3 Data Hasil Pengujian Keausan

Hasil pengujian keausan pada piston dengan menggunakan waktu 1 menit atau 60 detik, tebal *revolving disk* 3 mm, jari-jari *revolving disk* 15 mm, gaya tekan pada proses keausan berlangsung 2,12 kg, dan jarak tempuh pada proses pengausan 66,6 m / 6660 mm.

Rumus yang digunakan :

$$WS = \frac{B \cdot bo^3}{8 \cdot r \cdot lo \cdot Po}$$

WS : Wear spesific (mm²/kg)

B : Tebal *revolving disk* (mm)

r : Jari-jari *revolving disk* (mm)

Lo : Jarak tempuh pada saat pengujian (mm)

Po : Gaya tekan pada saat proses pengujian (kg)

bo³ : garis/strip pada saat uji goresan (mm)

- a. Hasil pengujian keausan piston *genuine part*

Tabel 4.4 Pengujian keausan pada piston *genuine part*

ABRASION TIME		ABRASION DISTANCE	ABRASION SPEED	ABRASION GROOVE WIDTH		SPECIFIC ABRASION	FINAL LOAD
MIN SEC	SEC	l o m	V _m /SEC	bo	bo ³	Ws mm ² /kg	Po
1	60	66,6	0,25	0,484	0,113	2,001	2,12
1	60	66,6	0,25	0,522	0,142	2,514	2,12
1	60	66,6	0,25	0,515	0,132	2,337	2,12

Pada tabel diatas telah terdapat hasil pengujian keausan piston *genuine part* spesimen 1 dengan nilai 2,001 mm²/kg yang

didapat dari nilai bo (lebar keausan benda uji) 0,484 mm kemudian dipangkatkan bo^3 dengan nilai 0,113 mm, hasil pengujian keausan piston *genuine part* spesimen 2 dengan nilai 2,514 mm²/kg yang didapat dari nilai bo (lebar keausan benda uji) 0,522 mm kemudian dipangkatkan bo^3 dengan nilai 0,142 mm, dan hasil pengujian keausan piston *genuine part* spesimen 3 dengan nilai 2,514 mm²/kg yang didapat dari nilai bo (lebar keausan benda uji) 0,515 mm kemudian dipangkatkan bo^3 dengan nilai 0,132 mm.

b. Hasil pengujian keausan piston imitasi

Tabel 4.5 Pengujian keausan pada piston imitasi

ABRASION TIME		ABRASION DISTANCE	ABRASION SPEED	ABRASION GROOVE WIDTH		SPECIFIC ABRASION	FINAL LOAD
MIN SEC	SEC	10 m	V_m /SEC	bo	bo^3	W_s mm ² /kg	P_o
1	60	66,6	0,25	0,592	0,207	3,665	2,12
1	60	66,6	0,25	0,544	0,160	2,833	2,12
1	60	66,6	0,25	0,597	0,212	3,753	2,12

Pada tabel diatas telah terdapat hasil pengujian keausan piston imitasi spesimen 1 dengan nilai 3,665 mm²/kg yang didapat dari nilai bo (lebar keausan benda uji) 0,592 mm kemudian dipangkatkan bo^3 dengan nilai 0,207 mm, hasil pengujian keausan piston imitasi spesimen 2 dengan nilai 2,833 mm²/kg yang didapat dari nilai bo (lebar keausan benda uji) 0,544 mm kemudian dipangkatkan bo^3 dengan nilai 0,160 mm, dan hasil pengujian

keausan piston imitasi spesimen 3 dengan nilai $3,753 \text{ mm}^2/\text{kg}$ yang didapat dari nilai b_0 (lebar keausan benda uji) $0,597 \text{ mm}$ kemudian dipangkatkan b_0^3 dengan nilai $0,212 \text{ mm}$.

c. Hasil pengujian keausan piston daur ulang

Tabel 4.6 Pengujian keausan pada piston daur ulang

ABRASION TIME		ABRASION DISTANCE	ABRASION SPEED	ABRASION GROOVE WIDTH		SPECIFIC ABRASION	FINAL LOAD
MIN SEC	SEC	$l_0 \text{ m}$	V_m / SEC	b_0	b_0^3	$W_s \text{ mm}^2/\text{kg}$	P_0
1	60	66,6	0,25	0,725	0,381	6,746	2,12
1	60	66,6	0,25	0,738	0,401	7,100	2,12
1	60	66,6	0,25	0,727	0,384	6,799	2,12

Pada tabel diatas telah terdapat hasil pengujian keausan piston daur ulang spesimen 1 dengan nilai $6,746 \text{ mm}^2/\text{kg}$ yang didapat dari nilai b_0 (lebar keausan benda uji) $0,725 \text{ mm}$ kemudian dipangkatkan b_0^3 dengan nilai $0,381 \text{ mm}$, hasil pengujian keausan piston daur ulang spesimen 2 dengan nilai $7,100 \text{ mm}^2/\text{kg}$ yang didapat dari nilai b_0 (lebar keausan benda uji) $0,738 \text{ mm}$ kemudian dipangkatkan b_0^3 dengan nilai $0,401 \text{ mm}$, dan hasil pengujian keausan piston daur ulang spesimen 3 dengan nilai $6,799 \text{ mm}^2/\text{kg}$ yang didapat dari nilai b_0 (lebar keausan benda uji) $0,727 \text{ mm}$ kemudian dipangkatkan b_0^3 dengan nilai $0,384 \text{ mm}$.

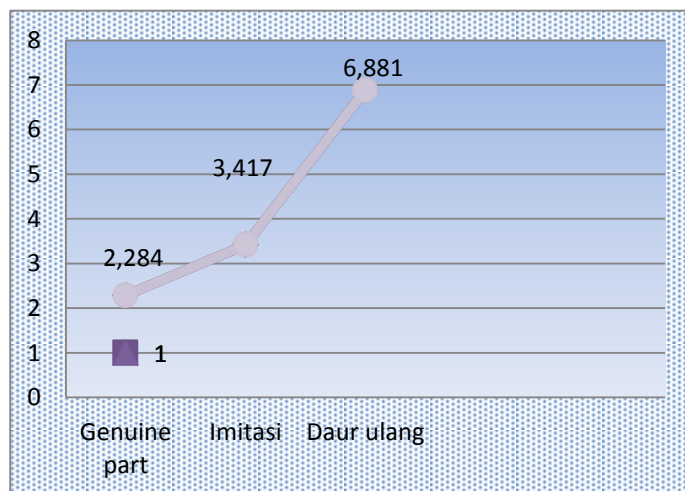
Dari hasil pengujian keausan diatas telah terdapat hasil pengujian pada piston *genuine part*, piston imitasi, dan piston daur ulang dengan nila rata-rata pada setiap piston.

d. Hasil rata-rata dari setiap spesimen piston

Tabel 4.7 Hasil rata-rata pengujian keausan

Piston	Spesimen 1	Spesimen 2	Spesimen 3	Nilai Rata-rata
<i>Genuine part</i>	2,001	2,514	2,337	2,284
Imitasi	3,665	2,833	3,753	3,417
Daur ulang	6,746	7,100	6,799	6,881

Hasil rata-rata pengujian keausan pada setiap spesimen dengan masing-masing pengujian sebanyak 3 kali penggoresan dan terlihat grafik dari pengujian terebut:



Gambar 4.34 Hasil rata-rata pengujian keausan

Dari gambar 4.34 terdapat hasil rata-rata pengujian keausan dimana piston *genuine part* memiliki nilai ketahanan aus 2,284 mm²/kg dimana nilai tersebut lebih baik dari pada piston imitasi 3,417 mm²/kg dan piston daur ulang 6,881 mm²/kg.

4.5 Analisa Hasil Pengujian

A. Analisa pengujian piston *genuine part*

Hasil analisa piston *genuine part* memiliki unsur Al-Si (aluminium-silikon) dimana unsur ini meningkatkan ketahanan korosi pada aluminium dan unsur Mg (magnesium) kandungan ini memberikan sifat-sifat yang baik, antara lain mempermudah proses penuangan, meningkatkan kemampuan pengerjaan mesin, meningkatkan daya tahan terhadap korosi dan meningkatkan kekuatan mekanis. Sehingga dari hasil pengujian mikro struktur terdapat fasa dimana Al-Si lebih dominan dengan unsur Mg (magnesium), Ni (nikel), dan Cu (tembaga) yang seimbang sehingga goresan yang terjadi dapat dilihat dari hasil nilai pengujian keausan pada piston *genuine part* yang memiliki nilai rata-rata ketahanan aus 2,284 mm²/kg.

B. Analisa hasil pengujian piston imitasi

Hasil analisa piston imitasi memiliki unsur Al-Si (aluminium-silikon) dimana unsur ini meningkatkan ketahanan korosi pada aluminium dan unsur Cu (tembaga) unsur tembaga dalam paduan aluminium berfungsi untuk meningkatkan

kekerasan bahan, perbaikan kekuatan tarik, dan mempermudah proses pengerjaan dengan mesin. Sehingga dari hasil pengujian mikro struktur terdapat fasa Al-Si lebih dominan untuk meningkatkan ketahanan korosi pada aluminium dan Cu meningkatkan kekerasan pada aluminium dengan demikian dapat dilihat dari hasil rata-rata pengujian keausan pada piston imitasi memiliki ketahanan aus $3,417 \text{ mm}^2/\text{kg}$.

C. Analisa hasil pengujian piston daur ulang

Hasil dari pengujian komposisi pada piston daur ulang memiliki unsur Al (aluminium) lebih dominan, dengan Si (silikon) 2,6650% tidak mampu memberikan ketahanan korosi yang baik, dan unsur Zn (zink atau seng) memberikan pengaruh sifat mampu cor. Sehingga dari hasil pengujian mikro struktur terdapat unsur Al (berwarna terang) lebih dominan namun tidak memberikan unsur paduan apapun walaupun penambahan unsur Ti-B 2,5 gram untuk memperbaiki hasil coran tidak mampu memberikan ketahanan aus yang baik. Pada pengujian piston daur ulang ini memiliki ketahanan aus yang tidak bagus dengan rata-rata goresan $6,881 \text{ mm}^2/\text{kg}$.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengamatan selama proses pengecoran, mulai dari pembuatan pola hingga analisis hasil coran dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Pengecoran dengan metode *sand casting* menggunakan cetakan pasir, pasir yang digunakan ialah pasir silika yang mempunyai sifat mampu bentuk sehingga mudah dalam pembuatan cetakan dengan kekuatan cocok. Pemberian gas CO₂ berfungsi sebagai pengeras bentuk cetakan pola agar dapat menahan temperatur logam cair yang tinggi sewaktu dituang kedalam cetakan.
2. Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa ketahanan aus pada piston *genuine part* lebih tahan terhadap goresan dengan nilai rata-rata hasil uji keausan senilai 2,284 mm²/kg dibandingkan piston imitasi dengan nilai rata-rata 3,417 mm²/kg dan piston daur ulang 6,881 mm²/kg sedangkan hasil mikro struktur menunjukkan bahwa dari 3 piston yang diuji mengandung Al-Si yang dominan, kandungan tambahan yang lain pada piston *genuine part* Mg (Magnesium), pada piston imitasi Cu (Copper), dan piston daur ulang Zn (Zink atau Seng). Pada uji komposisi yang merata sesuai standar kekuatan ausnya disetiap masing-masing piston.

3. Pembuatan piston dengan penambahan unsur Ti-B masih memiliki kekurangan diantaranya keausan yang begitu besar dengan nilai keausan $6,746 \text{ mm}^2/\text{kg}$, dan terdapat hasil foto yang tidak jelas pada struktur mikronya.

5.2 Saran

1. Pastikan cetakan benar-benar kering sebelum dilakukan proses penuangan logam cair.
2. Untuk menghindari cacat kekasaran erosi maka pasir cetak harus benar-benar telah padat pada cetakan pola.
3. Untuk menghindari cacat salah alir maka temperatur penuangan harus cukup tinggi diatas 700°C dan segera dilakukan penuangan.
4. Pada saat proses pengujian komposisi, mikro struktur, dan keausan harus dengan tata cara yang sesuai dengan prosedur yang sudah ditentukan dan melakukan dengan sangat teliti untuk menghindari kesalahan pada saat proses pengujian.

DAFTAR PUSTAKA

- ASM Handbook, 1992, Metallography and Microstructures, Volume 9, ASM International.
- ASM Handbook, 1992, Sifat and Selection: Nonferrous Alloys and Special Purpose Materials, Volume 2, ASM International
- ASM Handbook, 1992, Casting, Volume 15, ASM International
- Bayuseno, A.P dan Nugroho, S., 2011, "Pengaruh Penambahan Grain Refiner Ti-B Terhadap Bahan ADC12 Pada Pengecoran HPDC Untuk Peningkatan Kualitas Sepatu Rem Sepeda Motor Produk IKM", *ORBITH* Vol. 7 No. 3 November 2011: 393-400
- Brown, J.R., 1999, "Foseco Non-Ferrous Foundryman's Handbook", Butterworth Heinemann, Eleventh Edition, Oxford.
- Gazanion, F.H., Chen, X.G and Dupis, C., 2002, "Studies on The Sedimentation and Agglomeration Behaviour of Al-Ti-B and Al-Ti-C Refiners", Material Science Forum, Switzerland, Vols 396-402
- Iler, R.K., 1979, The Chemistry of Silica: Solubility, Polymerization, Colloid and Surface Properties, and Biochemistry, Wiley, New York.
- JIS Handbook Non Ferrous Metal and Metallurgy, 1977, Japanese Standards Association
- Maria, 2014, *Cetakan Pasir (Sand Moulding)*, LogamCeper, Yogyakarta.
[Mechanical Blog](https://yefrichan.wordpress.com/2011/05/07/pengecoran-presisi-atau-pengecoran-investment/). Pengecoran Presisi Atau Pengecoran Investment, <https://yefrichan.wordpress.com/2011/05/07/pengecoran-presisi-atau-pengecoran-investment/> diakses 3 agustus 2016 pada pukul 08:10
- Suherman, 2009., "Pengaruh Penambahan Sr atau TiB Terhadap Struktur Mikro dan Fluiditas Pada Paduan Al-6%Si-0,7%Fe", *Jurnal Dinamis* Vol. II, No.4, ISSN 0216 –7492
- Surdia, Tata dan Chijiwa, Kenji., 2006, "Teknik Pengecoran Logam Cetakan Kedua", PT Pradnya Paramita, Jakarta.
- Surdia, T., Chijiwa, K, 1976, *Teknik Pengecoran Logam*, Edisi Ke-2, Cetakan Ke-7, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Surdia, T., Saito, S., 1985, *Pengetahuan Bahan Teknik*, Edisi Ke-4, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.

Supriyadi, A., Bayuseno, A.P dan Nugroho, S., 2011, “Pengaruh Penambahan Grain Refiner Ti-B Terhadap Bahan ADC12 Pada Pengecoran HPDC Untuk Peningkatan Kualitas Sepatu Rem Sepeda Motor Produk IKM”, *ORBITH* Vol. 7 No. 3 November 2011: 393-400

Supriyadi, A., Surdia, T dan Saito, S., 1992, “*Pengetahuan Bahan Teknik*”, PT Pradnya Paramitha, jakarta.

Torsee, 1963, “*Oghosi high Speed Universal Wear Testing Mechaine*”, Tokyo: PT Testing Mechaine MFG.CO.,LTD