



**ANALISIS STRUKTUR MIKRO, CACAT POROSITAS DAN
KETAHANAN AUS DENGAN ADANYA VARIASI
VOLUME SALURAN PENAMBAH (*RISER*)
KOMPONEN TUTUP MESIN
MOTOR LISTRIK**

SKRIPSI

**Skripsi ini ditulis sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
Program Studi Pendidikan Teknik Mesin**

oleh

Rizal Rahma Sandi

5201414084

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2020**

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Rizal Rahma Sandi

NIM : 5201414084

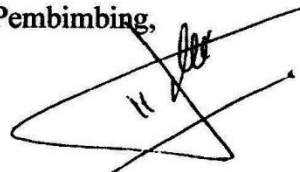
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin

Judul : Analisis Struktur Mikro, Cacat Porositas dan Ketahanan Aus dengan adanya Variasi Volume Saluran Penambah (Riser) Komponen Tutup Mesin Motor Listrik

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

Semarang, 10 Agustus 2020

Pembimbing,



Dr. Heri Yudiono, S.Pd., M.T.
NIP. 196707261993031003

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul “Analisis Struktur Mikro, Cacat Porositas dan Ketahanan Aus dengan adanya Variasi Volume Saluran Penambah (Riser) Komponen Tutup Mesin Motor Listrik” telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik UNNES pada 12 Februari 2020.

Oleh

Nama : Rizal Rahma Sandi
NIM : 5201414084
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin

Panitia:

Ketua



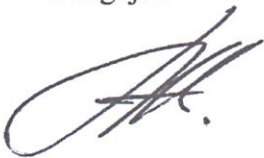
Rusiyanto, S.Pd., M.T.
NIP. 197403211999031002

Sekretaris



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

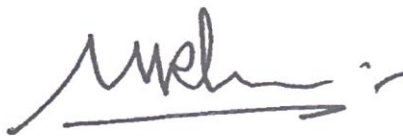
Penguji I



Drs. Sunyoto, M.Si.

NIP. 196511051991021001

Penguji II



Dr. Muhammad Khumaedi M.Pd.

NIP. 196209131991021001

Pembimbing



Dr. Heri Yudiono, S.Pd., M.T.

NIP. 196707261993031003

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang



Dr. Nur Qudus, M.T., IPM.
NIP. 196911301994031001

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

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

Semarang, 10 Agustus 2020
Yang membuat pernyataan,



Rizal Rahma Sandi
NIM. 5201414084

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

Terasa sulit ketika aku merasa harus melakukan sesuatu. Tetapi, menjadi mudah ketika aku menginginkannya

PERSEMBAHAN

Karya ini saya persembahkan untuk:

1. Diri saya sendiri atas semua perjuangan dan pembelajaran yang telah saya dapatkan
2. Orang tuaku yang selalu memberikan semangat, doa, dan kasih sayang.
3. Semua Saudara-saudara saya yang telah menyemangati maupun meragukan saya
4. Teman-teman seperjuangan PTM 14, PPL, KKN
5. Sahabat-sahabat saya yang sudah banyak membantu saya saat proses penelitian
6. Terakhir buat calon masa depan saya yang masih dirahasiakan oleh ALLAH SWT.

SARI/RINGKASAN

Rizal, R.S. 2020. Analisis Struktur Mikro, Cacat Porositas dan Ketahanan Aus dengan adanya Variasi Volume Saluran Penambah (Riser) Komponen Tutup Mesin Motor Listrik. Skripsi. Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Dr. Heri Yudiono, S.Pd., M.T.

Kata Kunci: Saluran Penambah, Cacat Porositas, Struktur Mikro, Ketahanan Aus, Coran Aluminium.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis struktur mikro, cacat porositas, dan ketahanan aus hasil pengecoran aluminium dengan adanya variasi volume saluran penambah.

Metode yang digunakan adalah metode Pre-eksperimen jenis *One-Shot Case Study*, karena dalam penelitian ini akan dilakukan perlakuan yang selanjutnya akan diobservasi hasilnya. Perlakuan yang akan dilakukan yaitu dengan penambahan variasi tidak memakai saluran penambah, variasi saluran penambah silinder dengan volume 2826mm^3 , variasi saluran penambah silinder dengan volume 4710mm^3 , variasi saluran penambah silinder dengan volume 6594mm^3 . Pengujian struktur mikro menggunakan alat uji Meji Techno IM 7200. Pengujian keausan menggunakan Alat uji *Ogoshi High Speed Universal Wear Testing Machine* (Type OAT-U). Analisis data yang digunakan adalah analisis deskriptif untuk memberikan gambaran mengenai subjek penelitian berdasarkan data dari variabel yang diperoleh dari kelompok subyek yang diteliti.

Struktur mikro yang terbaik ditunjukkan oleh spesimen hasil coran dengan variasi saluran penambah volume 6594mm^3 dibuktikan dengan pembentukan fasa struktur yang lebih rapat dan merata. Hasil porositas yang terbaik ditunjukkan oleh spesimen hasil coran dengan variasi saluran penambah volume 6594mm^3 sebesar 37,97%. Hasil ketahanan aus paling baik pada variasi saluran penambah (*riser*) volume 6594mm^3 dengan nilai keausan sebesar $0,51 \times 10^{-7} \text{mm}^2/\text{kg}$.

PRAKATA

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi yang berjudul “Analisis Struktur Mikro, Cacat Porositas dan Ketahanan Aus Variasi Volume Saluran Penambah (Riser) Komponen Tutup Mesin Motor Listrik”. Proposal skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan meraih gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi S1 Pendidikan Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang. Shalawat dan salam disampaikan kepada Nabi Muhammad SAW, mudah-mudahan kita semua mendapatkan safaat-Nya di yaumul akhir nanti, Amin.

Penyelesaian proposal skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih serta penghargaan kepada:

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum, Rektor Universitas Negeri Semarang atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk menempuh studi di Universitas Negeri Semarang.
2. Dr. Nur Qudus, M.T, Dekan Fakultas Teknik, Rusiyanto, S.Pd., M.T., Ketua Jurusan Teknik Mesin, Dr. Dwi Widjanarko, S.Pd., S.T., M.T., Koordinator Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif Jurusan Teknik Mesin atas fasilitas yang disediakan bagi mahasiswa.
3. Dr. Heri Yudiono, S.Pd., M.T., Dosen Pembimbing yang penuh perhatian dan atas perkenaan memberi bimbingan dan dapat dihubungi sewaktu-waktu disertai kemudahan menunjukkan sumber-sumber yang relevan dengan penulisan karya ini.
4. Dosen penguji yang telah memberi masukan yang sangat berharga berupa saran, ralat, perbaikan, pertanyaan, komentar, tanggapan, menambah bobot dan kualitas karya tulis ini.
5. Semua dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang yang telah memberi bekal pengetahuan yang berharga.

6. Bapak, ibu, kakak, adik tercinta, serta keluarga yang selalu menyayangi, memberi nasihat, semangat, doa, dan mendukung penulis sampai saat ini.
7. Teman-teman Pendidikan Teknik Mesin angkatan 2014 yang telah menemani, mendukung, menginspirasi, dan memotivasi penulis untuk terus maju dan semangat.
8. Berbagai pihak yang telah memberi bantuan untuk karya tulis ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis berharap semoga bantuan yang telah diberikan mendapatkan imbalan dari Allah SWT. Kritik dan saran penulis terima dengan senang hati. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Semarang, 10 Agustus 2020
Penulis



Rizal Rahma Sandi

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN PROPOSAL	ii
PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
SARI DAN RINGKASAN	vi
PRAKATA.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR SINGKATAN TEKNIS DAN LAMBANG	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Identifikasi Masalah	5
1.3. Pembatasan Masalah.....	5
1.4. Rumusan Masalah	6
1.5. Tujuan Penelitian	7
1.6. Manfaat Penelitian	
BAB II KAJIAN PUSTAKA	9
2.1. Kajian Pustaka	9
2.2. Landasan Teori	14
2.2.1. Aluminium.....	14
2.2.2. Sifat-sifat Aluminium.....	16
2.2.3. Aluminium Paduan	18
2.2.4. Pengecoran Sand Casting	21

2.2.5. Sistem Saluran	22
2.2.6. <i>Riser</i> (Saluran penambah)	23
2.2.7. Struktur Mikro Paduan Aluminium.....	25
2.2.8. Porositas	26
2.2.9. Ketahanan Aus.....	29
2.3. Kerangka Pikir Penelitian.....	31
BAB III METODE PENELITIAN.....	34
3.1. Desain Penelitian	34
3.2. Alat dan Bahan Penelitian	34
3.2.1. Alat Penelitian	34
3.2.2. Bahan Penelitian	36
3.3. Dimensi Spesimen Penelitian	37
3.4. Variabel Penelitian	38
3.4.1. Variabel Bebas (Independen)	38
3.4.2. Variabel Terikat (Dependen).....	38
3.4.3. Variabel Kontrol	38
3.5. Alur Penelitian.....	39
3.6. Cara Penelitian.....	40
3.7. Teknik Pengumpulan Data	44
3.8. Kalibrasi Instrumen	45
3.9. Teknik Analisis Data	46
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	49
4.1. Hasil Penelitian.....	49
4.1.1. Uji Komposisi.....	49
4.1.2. Uji Struktur Mikro	50

4.1.3. Uji Porositas.....	55
4.1.4. Uji Keausan	60
4.2. Pembahasan	64
4.3. Keterbatasan Penelitian	68
BAB V PENUTUP.....	70
5.1. Simpulan.....	70
5.2. Saran	71
DAFTAR PUSTAKA	72
LAMPIRAN.....	75

DAFTAR SINGKATAN TEKNIS DAN LAMBANG

mm	= Milimeter
ρ_m	= Densitas <i>measurement</i> (gr/m^3)
W_{udara}	= Berat spesimen di udara (gr)
W_{air}	= Berat spesimen di air (gr)
P	= Porositas
ρ_m	= Densitas <i>measurement</i> (gr/m^3)
ρ_{th}	= Densitas teoritis ($2,650\ gr/m^3$)
W_s	= Keausan spesifik (mm^2/kg)
B	= Tebal piringan pengaus (mm)
b_0	= Lebar keausan pada benda uji (mm)
r	= Jari-jari piringan pengaus (mm)
P_0	= Gaya tekan/beban pada proses keausan berlangsung (kg)
l_0	= Jarak tempuh pada proses pengausan (m)
Cu	= Copper
Zn	= Zink atau Seng
Mn	= Mangan
Mg	= Magnesium
Si	= Silikon
Li	= Lithium
ADC12	= <i>Aluminium Die Casting</i> dengan kadar Si maksimum 12%
FCC	= Face Center Cubic
Fe	= Besi
Ti	= Titanium
Na	= Natrium
t	= tebal bagian coran di bawah penambah
kg	= Kilogram
g	= Gram

ASM = American Standard Manufacture

JIS = Japan Industrial Standard

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Penentuan diameter penambah.....	24
Tabel 3.1. Jumlah spesimen penelitian	40
Tabel 3.2. Data hasil pengujian struktur mikro.....	43
Tabel 3.3. Cacat porositas	43
Tabel 3.4. Data hasil uji ketahanan aus.....	44
Tabel 4.1. Unsur dari tutup mesin motor kijang	49
Tabel 4.2. Unsur dari spesimen penelitian	50
Tabel 4.3. Data perhitungan hasil cacat porositas <i>porosity test</i>	56
Tabel 4.4. Data pengukuran <i>abration groove width</i> dengan <i>microscope</i>	61
Tabel 4.5. Data pengukuran <i>specific abration</i>	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Struktur mikro coran paduan Al-Si-Cu	25
Gambar 2.2. Foto mikro aluminium-silikon hipereutektik	26
Gambar 2.3. Cacat porositas	27
Gambar 2.4. Cacat porositas <i>shrinkage</i>	28
Gambar 2.5. Kerangka berfikir	33
Gambar 3.1. Desain variasi tidak memakai saluran penambah	35
Gambar 3.2. Desain variasi saluran penambah silinder volume 2826mm ³	36
Gambar 3.3. Desain variasi saluran penambah silinder volume 4710mm ³	36
Gambar 3.4. Desain variasi saluran penambah silinder volume 6594mm ³	36
Gambar 3.5. Foto pola variasi saluran penambah silinder	36
Gambar 3.6. Spesimen uji keausan	36
Gambar 3.7. Foto Spesimen pengujian	37
Gambar 3.8. Prosedur penelitian	39
Gambar 3.9. Desain awal pola	41
Gambar 4.1. Struktur mikro spesimen variasi tanpa saluran penambah	51
Gambar 4.2. Struktur mikro spesimen variasi saluran penambah volume 2826mm ³	51
Gambar 4.3. Struktur mikro spesimen variasi saluran penambah volume 4710mm ³	52
Gambar 4.4. Struktur mikro spesimen variasi saluran penambah volume 6594mm ³	52
Gambar 4.5. Struktur mikro spesimen kontrol.....	53
Gambar 4.6. Penggambaran hasil pengujian porositas dengan grafik batang	57
Gambar 4.7. Foto mikro porositas spesimen variasi tanpa saluran penambah	58
Gambar 4.8. Foto mikro porositas spesimen variasi saluran penambah volume 2826mm ³	58
Gambar 4.9. Foto mikro porositas spesimen variasi saluran penambah volume 4710mm ³	59

Gambar 4.10. Foto mikro porositas spesimen variasi saluran penambah volume 6594mm ³	59
Gambar 4.11. Foto mikro spesimen kontrol.....	60
Gambar 4.12. Pengambaran hasil pengujian keausan dengan metode <i>oghosi</i> dengan menggunakan grafik batang	63

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Penetapan Dosen Pembimbing	76
Lampiran 2. Surat Tugas Dosen Penguji.....	77
Lampiran 3. Persetujuan Seminar Proposal Skripsi.....	78
Lampiran 4. Undangan Seminar Proposal Skripsi	79
Lampiran 5. Presensi Seminar Proposal Skripsi	80
Lampiran 6. Berita Acara Seminar Proposal Skripsi	81
Lampiran 7. Surat Izin Penelitian di UNNES	82
Lampiran 8. Surat Izin Penelitian di UGM	83
Lampiran 9. Surat Keterangan Penelitian	84
Lampiran 10. Data Hasil Uji Keausan	85
Lampiran 11. Data Hasil Uji Komposisi di Laboratorium Logam Ceper.....	87
Lampiran 12. Surat Tugas Panitia Ujian Skripsi.....	89
Lampiran 13. Perhitungan Nilai Keausan Spesifik	90
Lampiran 14. Dokumentasi Kegiatan	92

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Motor listrik merupakan perangkat yang sering digunakan dalam dunia otomotif dan perindustrian. Seiring dengan usia pemakaian maka akan terjadi kerusakan. Kerusakan yang sering terjadi pada motor listrik yaitu diantaranya adalah Aus. Seperti keausan pada komponen tutup motor listrik yang menjadi tempat bantalan dari *bearing*.

Salah satu unsur penting yang perlu diperhatikan dalam memproduksi produk cor yang berkualitas tinggi adalah perancangan saluran (*gating design*). Upaya penelitian secara meluas telah banyak dilakukan untuk mempelajari pengaruh perancangan sistem saluran pada pola aliran logam cair saat memasuki cetakan. Penelitian-penelitian tersebut menunjukkan bahwa perancangan sistem saluran yang optimal dapat mengurangi turbulensi pada aliran logam cair, meminimalisasi udara yang terjebak, inklusi pasir, terbentuknya lapisan oksida dan terak (Rizuan, dkk, 2009:3).

Pembekuan (*solidification*) selama pengecoran mengalami tiga jenis penyusutan yaitu: *liquid contraction*, *solidification contraction* dan *solid contraction*. *Liquid contraction* adalah penyusutan yang terjadi pada logam cair jika logam cair didinginkan dari temperatur tuang menuju temperatur pembekuan (*solidification temperature*). *Solidification contraction* adalah penyusutan yang terjadi selama logam cair melalui fasa pembekuan (perubahan fasa cair menjadi fasa padat). *Solid contraction* adalah penyusutan yang terjadi selama periode solid

metal didinginkan dari temperatur pembekuan menuju temperatur ruang. *Liquid contraction* dan *solidification contraction* dapat ditangani dengan merancang sistem *riser* yang baik dan tepat. Kekosongan (*void*) yang ditimbulkan oleh dua jenis penyusutan tersebut diisi cairan logam yang disuplai dari *riser*. Sedangkan *solid contraction* dapat diatasi dengan membuat dimensi pola lebih besar daripada dimensi produk cor untuk mengkompensasi penyusutan yang terjadi (Beeley, 2001:271).

Cacat coran tersebut dipengaruhi oleh banyak hal salah satunya adalah desain sistem saluran yang kurang baik. Sistem saluran pada cetakan pasir meliputi cawan tuang, saluran turun (*sprue*), dam atau waduk, saluran pengalir (*runner*), saluran penambah (*riser*), dan saluran masuk (*ingate*). Penelitian ini akan mendalami tentang volume saluran penambah (*riser*). Saluran penambah memiliki peranan penting karena merupakan saluran dimana logam cair akan keluar dari rongga cetakan. Dengan mempertimbangkan volume saluran penambah diharapkan akan mengurangi resiko terjadinya cacat yang sering timbul pada sand casting (Widayat, dkk, 2014:42).

Cacat porositas yang terjadi pada pengecoran cetakan pasir antara lain disebabkan temperatur tuang terlalu tinggi, kontrol kurang sempurna terhadap absorpsi gas oleh paduan, pengeluaran gas dari dalam logam karena interaksi gas dengan logam selama peleburan dan penuangan. Jumlah gas yang terserap atau ikut larut bersama cairan logam bergantung pada jenis material yang dileburkan. Aluminium merupakan jenis logam yang kemampuan melarutkan hidrogennya cukup tinggi. Porositas oleh gas hidrogen dalam produk coran paduan Al-Si akan memberikan pengaruh yang buruk pada kekuatan serta kesempurnaan dari produk

coran tersebut. Penyebabnya antara lain kontrol yang kurang sempurna terhadap penyerapan gas oleh paduan, pengeluaran. Cacat porositas dapat dikurangi dengan mendesain ukuran dan penempatan riser yang tepat. Dengan ukuran dimensi riser yang tepat diharapkan gas mampu mengalir secara bebas ke arah riser (Gunawan dan Tjitro, 2003:1).

Proses pengecoran dengan menggunakan cetakan pasir sendiri tidak lain adalah menuangkan logam cair ke dalam rongga dari cetakan pasir serta laju pendinginan pada benda coran, sehingga aliran pada rongga cetakan proses pengecoran mempunyai peranan penting dalam pembentukan struktur mikro, dimana struktur mikro mempengaruhi sifat mekanik yang dimiliki oleh benda cor. Pada proses penuangan aliran logam cair harus diperhatikan, rongga cetakan yang kurang tepat menyebabkan cacat produk. Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah logam aluminium, aluminium merupakan material yang menarik karena bersifat ringan, penghantar panas yang baik, tahan korosi, dan mempunyai titik lebur yang relatif rendah sehingga material ini juga mudah didaur ulang (Gaspari, 1999:30). Pembuatan cetakan, jenis pasir yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah pasir daerah juwana.

Surdia dan Kenji (2000:82) mengatakan bahwa *riser* merupakan saluran yang mengimbangi proses penyusutan dalam pembekuan hasil coran, sehingga *riser* membekunya harus lebih lambat dari coran. Penambah harus memiliki ukuran yang cocok, karena apabila penambah terlalu besar maka persentase terpakai akan dikurangi dan apabila penambah terlalu kecil maka akan menimbulkan penyusutan pada coran. *Riser* merupakan saluran yang berfungsi sebagai penyuplai cairan pada

saat coran mengalami penyusutan dan juga sebagai lubang keluarnya udara-udara yang terjebak dalam rongga cetakan.

Surdia dan saito (2000:83) menjelaskan bahwa penentuan diameter saluran penambah dapat menggunakan rumus $\phi = 3,5 \times t$ (tebal produk). Pada penelitian ini tebal produk yaitu 10mm dan apabila dimasukkan rumus tersebut diperoleh diameter 35mm, kemudian peneliti mencoba meneliti hasil pada diameter 15mm, 25mm dan 35mm serta tinggi semua saluran penambah yaitu 60mm sehingga peneliti membuat variasi spesimen pada penelitian ini menjadi 4 yaitu tanpa saluran penambah, saluran penambah volume 2826mm³, saluran penambah volume 4710mm³, dan saluran penambah volume 6594mm³.

Penelitian ini memfokuskan pada variasi volume riser yang terbuka terhadap struktur mikro, cacat porositas, dan ketahanan aus dari hasil pengecoran aluminium *sandcasting*. Variasi volume riser yang berbeda pada *gating system* akan menghasilkan struktur mikro dan komposisi produk yang berbeda. Dan hal tersebut akan menghasilkan ketahanan aus yang berbeda. Penelitian menggunakan pengujian ketahanan aus untuk mengetahui angka keausan dari hasil coran, hal ini merupakan salah satu sifat mekanik yang penting. Serta pengujian struktur mikro yang digunakan untuk memperoleh gambar struktur logam hasil coran. Untuk tujuan tersebut peneliti tertarik untuk mengetahui seberapa pengaruh volume saluran penambah pada cetakan pasir terhadap kualitas benda hasil pengecoran *remelting* aluminium komponen motor listrik bekas.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian diatas, maka dapat diidentifikasi berbagai permasalahan yang berkaitan dengan faktor-faktor yang mempengaruhi hasil pengecoran aluminium. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi hasil pengecoran aluminium adalah:

1. Seringnya kerusakan pada motor listrik yang penyebab diantaranya adalah aus pada tutup motor listrik.
2. Perlu adanya perancangan saluran pengecoran yang berkualitas tinggi.
3. Perlu adanya saluran penambah dalam sistem saluran pengecoran yang berkualitas tinggi.
4. Penyesuaian volume saluran penambah terhadap produk coran
5. Pembuatan desain ukuran yang tepat pada saluran penambah untuk mengurangi cacat porositas.
6. Pembuatan rongga cetakan yang tepat agar aliran logam cair pun menjadi bagus sehingga berpengaruh pada struktur mikro yang dihasilkan.

1.3. Pembatasan Masalah

Adanya beberapa faktor yang mempengaruhi pengecoran aluminium, maka dalam penelitian ini akan dibatasi tentang cetakan. Adapun batasan penelitian yang lain adalah sebagai berikut:

1. Material yang digunakan adalah aluminium dari komponen motor listrik bekas.
2. Pasir yang digunakan adalah pasir daerah juwana dengan variasi tidak memakai saluran penambah, variasi saluran penambah diameter volume 2826mm^3 , variasi saluran penambah volume 4710mm^3 , dan variasi saluran penambah volume 6594mm^3 .

3. Untuk mengetahui sifat fisis pada hasil coran dilakukan pengujian struktur mikro.
4. Untuk mengetahui sifat mekanis hasil coran dilakukan pengujian ketahanan aus dan pengujian porositas.
5. Kontrol penelitian menggunakan komponen tutup mesin motor listrik DC mobil Toyota.

1.4. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka pembatasan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana struktur mikro hasil pengecoran aluminium dengan adanya variasi tidak memakai saluran penambah, variasi saluran penambah volume 2826mm^3 , variasi saluran penambah volume 4710mm^3 , dan variasi saluran penambah volume 6594mm^3 ?
2. Bagaimana cacat porositas hasil pengecoran aluminium dengan adanya variasi tidak memakai saluran penambah, variasi saluran penambah volume 2826mm^3 , variasi saluran penambah volume 4710mm^3 , dan variasi saluran penambah volume 6594mm^3 ?
3. Bagaimana ketahanan aus hasil pengecoran aluminium dengan adanya variasi tidak memakai saluran penambah, variasi saluran penambah volume 2826mm^3 , variasi saluran penambah diameter volume 4710mm^3 , dan variasi saluran penambah volume 6594mm^3 ?

1.5. Tujuan Penelitian

Penelitian akan lebih mudah apabila mempunyai tujuan yang jelas. Maka tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui struktur mikro hasil pengecoran aluminium dengan adanya variasi tidak memakai saluran penambah, variasi saluran penambah volume 2826mm³, variasi saluran penambah volume 4710mm³, dan variasi saluran penambah volume 6594mm³?
2. Untuk mengetahui cacat porositas hasil pengecoran aluminium dengan adanya variasi tidak memakai saluran penambah, variasi saluran penambah volume 2826mm³, variasi saluran penambah volume 4710mm³, dan variasi saluran penambah volume 6594mm³?
3. Untuk mengetahui ketahanan aus hasil pengecoran aluminium dengan adanya variasi tidak memakai saluran penambah, variasi saluran penambah volume 2826mm³, variasi saluran penambah volume 4710mm³, dan variasi saluran penambah volume 6594mm³?

1.6. Manfaat Penelitian

Dari hasil penelitian ini diharapkan akan mempunyai manfaat teoritis dan praktis.

1. Manfaat Teoritis
 - a. Sebagai pertimbangan dan perbandingan penelitian sejenis dimasa yang akan datang.
 - b. Penambahan pengetahuan bagi peneliti dan pembaca tentang pengaruh Bentuk saluran masuk pada cetakan pasir pengecoran aluminium terhadap struktur mikro dan ketahanan aus bahan dasar pembuatan tutup motor listrik.

c. Dapat meningkatkan ilmu pengetahuan dalam bidang ilmu bahan.

2. Manfaat Praktis

- a. Memberikan informasi mengenai variasi *riser* pada saluran yang sesuai untuk menghasilkan produk cor yang baik
- b. Menambah pengetahuan tentang cetakan yang baik pada proses pengecoran aluminium dengan menggunakan cetakan pasir dengan variasi volume saluran penambah.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Kajian Pustaka

Nimbulkar Sachin L, dkk (2016:4) dalam penelitian yang berjudul *Design Optimization of Gating and Feeding System Through Simulation Technique for Sand Casting of Wear Plate*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa *vertical gating* dan *feeding system* tidak cocok untuk komponen pengecoran tebal karena banyak cacat pembekuan yang ditemukan di dalam pengecoran. *Horizontal gating* dan *feeding system*, saluran dan *riser* yang ditempatkan secara simetris dan alirannya seragam mengakibatkan udara dapat keluar ke atmosfer dengan mudah.

Hyung-Yoon Seo, dkk (2018:11) dengan judul penelitian desain *Design of A Gate System And Riser Optimization For Turbine Housing And The Experimentation And Simulation Of A Sand Casting Process*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dari analisis casting, riser berbentuk linear dan lancip terbukti efektif dalam menunda solidifikasi. Selanjutnya, sebagai bahan untuk cetakan, cetakan pasir lebih baik untuk menunda solidifikasi daripada cetakan besi. Ketika suhu pemanas diatur pada 600 C, cacat hot spot berkurang. Selain itu, cacat hot spot berkurang jika bahan insulasi di bagian atas pemanas tidak diterapkan.

Chul Kyu Jin, dkk (2017:11) dalam penelitian yang berjudul *Heating System for Riser Size Minimizing in Sand Casting Process and Its Experimental Verification*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dengan pemanas diterapkan di riser, dimana logam cair yang terakhir untuk memadatkan, sehingga kompensasi terus menerus untuk penyusutan yang terjadi selama pemadatan produk. Selain itu,

penerapan bahan insulasi mempercepat pemadatan logam cair dalam *riser* lebih dari *turbin housing*. Oleh karena itu, fungsi riser tidak dapat dicapai. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa ketika bahan isolasi diimplementasikan dalam *riser* untuk *casting turbo housing*, diameter riser harus secara signifikan lebih besar dari 20 mm.

Richard A. Hardin, dkk (2013:18) dengan judul penelitian *Riser Sleeve Properties for Steel Castings and the Effect of Sleeve Type on Casting Yield*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa berdasarkan sifat eksotermis dan insulasi yang ditentukan, ada sedikit perbedaan antara hasil pengecoran yang dihasilkan dari menggunakan salah satu jenis *sleeve*. Sebuah studi solidifikasi menggunakan *riser* diameter 7 inci menunjukkan bahwa *sleeve* eksotermik meningkatkan waktu ke solidus sebesar 44%, dan *sleeve* isolasi sebesar 55%, di atas *riser* yang tidak berlengan (*sleeve*).

P.B. Lagdive dan K.H. Inamdar (2013:26) dalam penelitian yang berjudul *Optimization of Riser in Casting Using Genetic Algorithm*. Hasil penelitian ini menunjukkan alat optimisasi (Algoritma Genetika) dapat digunakan diproses pengecoran untuk meningkatkan hasil pengecoran. Untuk komponen flensa roda dioptimalkan ukuran riser memiliki diameter 58 mm dan tinggi 77 mm dengan volume 2.03336 mm^3 . Metode Algoritma Genetika memberikan 6,2% riser yang lebih optimal daripada metode modulus.

V. Gopinath dan N. Balanarasimman (2012:38) dengan judul penelitian *Effect of Solidification Parameters on the Feeding Efficiency of Lm6 Aluminium Alloy Casting*. Hasil penelitian ini menunjukkan Dimensi riser optimal untuk casting pelat persegi panjang ukuran 240 x 150 x 25 mm dengan *riser height* H/D

ratio = 1 ditentukan oleh simulasi komputer menggunakan perangkat lunak ANSYS. *Riser* optimal diameter 100mm ditemukan. Hasil simulasi diverifikasi secara eksperimental untuk ukuran riser optimal dan untuk pengecoran yang baik.

P. Laxminarayana dan A. Chennakesava Reddy (2004:53) dengan judul penelitian *Design of Top Risers using Parabolic Metal Flow Concept during Solidification*. Hasil penelitian ini menunjukkan metode aliran logam parabola digunakan untuk mempelajari desain *riser* pada pipa susut formulasi selama solidifikasi coran Aluminium. Konsep *riser* dirancang oleh konsep aliran logam parabola telah mendorong *metallostatic pressure head* yang lebih besar dan akibatnya mengurangi porositas makro dan porositas mikro dicoran aluminium. Tinggi riser berpengaruh besar terhadap reduksi porositas pipa.

Tjokorda Gde Tirta Nindhia (2010:31) dalam penelitian yang berjudul Studi Struktur mikro Silikon dalam Paduan Aluminium-Silikon pada Piston dari Berbagai Merek Sepeda Motor. Hasil penelitian menunjukkan struktur mikro silikon dari masing-masing merek sepeda motor ternyata berbeda-beda yang menunjukkan piston tersebut dibuat melalui proses dan komposisi yang berbeda. Perbedaan ditemukan khususnya dalam ukuran dan bentuk silikon. Perbedaan ini selanjutnya menentukan sifat-sifat dari masing-masing piston tersebut dihubungkan dengan ketahanan aus.

Shahmiri dan Kharrazi (2007:164) dengan judul penelitian *The Effects of Gating Systems on the Soundness of Lost Foam Casting (LFC) Process Of Al-Si Alloy (A.413.0)*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *bottom gating system* baik dengan satu *runner* maupun dua *runner* menghasilkan coran dengan cacat yang

lebih sedikit daripada *top gating system* dan *side gating system*. Dapat disimpulkan bahwa letak *runner* berpengaruh terhadap pembentukan cacat coran.

Zhingzong Sun, dkk (2008:95) dalam penelitian yang berjudul tentang *Gating System Design for a Magnesium Alloy Casting*. Penelitian ini menggunakan dua pengujian yaitu pengujian komputasi yang disimulasikan menggunakan *MAGMAsoft* untuk melihat proses pengisian cetakan dan proses pembekuannya serta *Mean multiresponse S/N ratios* dengan kombinasi berbeda pada *weighting factors*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas hasil coran seperti *product yield*, *shrinkage porosity*, dan *filling velocity* dapat disimulasikan, desain yang optimal dipengaruhi oleh *weighting factors* dan dari ketiga variasi yang dilakukan didapat desain *runner* yang optimal yaitu pada tinggi runner 40 mm dan lebar runner 55 mm. Ini menunjukkan bahwa *runner* dengan lebar yang rendah efektif menurunkan kecepatan logam cair yang masuk ke saluran masuk sehingga dapat menurunkan turbulensi aliran.

Gunawan dan tjitro (2003:1) yang berjudul penelitian Analisa Pengaruh Bentuk Penampang *Riser* terhadap Cacat Porositas. Hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa bentuk penampang *riser* mempunyai pengaruh terhadap timbulnya cacat porositas. Timbulnya cacat penyusutan dapat diawali dengan terbentuknya cacat porositas. Persentase cacat porositas produk coran dengan penampang riser segiempat lebih besar dibandingkan penampang *riser* bulat. Hal itulah yang menyebabkan pada penelitian ini menggunakan *riser* bulat.

Sriwahyudi, dkk (2014:43) dalam penelitian yang berjudul Pengaruh Bentuk Saluran Turun (*Sprue*) Terhadap Cacat Porositas dan Nilai Kekerasan pada Pengecoran Aluminium Menggunakan Metode Lost foam casting. Hasil penelitian

memperlihatkan bahwa bentuk penampang sprue berpengaruh terhadap terjadinya cacat porositas produk coran aluminium cetakan pasir, dimana penampang bujursangkar mempunyai persentase porositas terendah dan segitiga samasisi tertinggi.

Salam dan shahab (2015:80) yang berjudul penelitian Studi Eksperimental Pengaruh Model Sistem Saluran dan Variasi Temperatur Tuang terhadap Prosentase Porositas, Kekerasan dan Harga Impact pada Pengecoran Adc 12 dengan Metode Lost Foam Casting. Hasil penelitian menunjukkan bahwa cacat yang dihasilkan dari pengecoran *lost foam* didominasi oleh cacat porositas. Porositas yang terbentuk cenderung lebih banyak didominasi oleh bentuk round, mengindikasikan bahwa mikroporositas yang terjadi lebih banyak disebabkan oleh gas porosity dari pada shrinkage porosity.

Raharjo, dkk (2011:106) dalam penelitian yang berjudul Analisa Pengaruh Pengecoran Ulang Terhadap Sifat Mekanik Paduan Alumunium ADC 12. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa ADC 12 dengan kekerasan menurun dari 95,4 HRB menjadi 71,8 HRB dan porositas dari 5,77 % menjadi 34,97 % dengan temperatur penuangan 700⁰C. Maka Remelting akan menurunkan kekerasan dan menambah tingkat porositas material tersebut. Hal tersebut menjadikan pada penelitian ini peneliti menggunakan temperatur penuangan 700⁰C.

Sudiby, dkk (2013:19) yang berjudul penelitian Pengaruh Penampang Ingate Terhadap Cacat Porositas Dan Nilai Kekerasan Pada Proses Pengecoran Aluminium Menggunakan Cetakan Pasir.. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bentuk penampang ingate berpengaruh terhadap terjadinya cacat porositas dan nilai kekerasan produk cor aluminium cetakan pasir. Lingkaran merupakan bentuk

penampang ingate yang memiliki persentase porositas paling rendah dan memiliki nilai kekerasan paling tinggi dibandingkan dengan bentuk penampang persegi dan segitiga sama sisi.

Berdasarkan penelitian terdahulu yang telah dibahas, mempunyai kesamaan yaitu mengembangkan *riser* atau saluran penambah yang lebih optimal untuk mengurangi adanya cacat pengecoran. Perbedaannya yaitu pada penelitian tersebut menganalisis *riser* atau saluran penambah yang berukuran 20mm, 58mm, dan 100mm untuk mengetahui pengaruh terhadap cacat porositas dan kekerasan, sedangkan pada penelitian ini menganalisis *riser* atau saluran penambah berukuran 15mm, 25mm dan 35mm terhadap struktur mikro, porositas dan ketahanan aus.

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Aluminium

Febriyanti (2015: 109) menyatakan bahwa aluminium merupakan logam yang banyak digunakan untuk bahan baku komponen otomotif karena ringan dan mudah diproses menjadi bentuk yang diinginkan serta mempunyai unjuk kerja yang sesuai untuk beberapa komponen yang tidak memerlukan kekuatan tinggi. Selain itu aluminium juga mudah membentuk oksida pasif yang dapat mencegah berlangsungnya proses korosi. Namun disamping keunggulan tersebut aluminium juga mempunyai kelemahan yaitu mudah terdeformasi dan mempunyai nilai kekerasan dan ketahanan aus yang rendah. Sifat sifat tersebut dapat menurunkan masa pakai komponen jika komponen tersebut beroperasi pada kondisi yang harus bergesekan dengan komponen lainnya.

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 $2,7 \text{ g/cm}^3$, densitas $2,685 \text{ kg/m}^3$, dan titik leburnya pada suhu 660°C , 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 pangjangan 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
5. *ductility*-nya. Ketahanan korosi dan weldability juga baik.
6. Silikon (Si), menyebabkan paduan aluminium tersebut bisa diperlakukan panas untuk menaikkan kekerasannya.
7. Lithium (Li), ditambahkan untuk memperbaiki sifat tahan oksidasinya.

Aluminium merupakan logam dengan karakteristik massa jenis yang relatif rendah ($2,7 \text{ g/cm}^3$), terletak pada golongan IIIA, dan memiliki nomor atom 13, memiliki konduktivitas listrik dan panas yang tinggi dan tahan terhadap serangan korosi di berbagai lingkungan, termasuk di temperature ruang, memiliki struktur FCC (*face centered cubic*), tetapi memiliki keuletan di kondisi temperatur rendah serta memiliki temperature lebur $660 \text{ }^\circ\text{C}$. Aluminium adalah suatu logam yang secara termodinamika adalah logam yang reaktif.

2.2.2. Sifat-sifat Aluminium

Neff (2002:24) dalam papernya menjelaskan bahwa untuk memenuhi tuntutan pasar dari aluminium tuang dewasa ini harus memfokuskan pada peningkatan kualitas logam dengan pengembangan pada proses peleburan.

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.

2.2.3. 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*). Menurut Saito (1985:134), aluminium murni memiliki sifat mekanik yang buruk, sehingga untuk memperbaiki sifat-sifat mekaniknya perlu diberi unsur-unsur tambahan seperti silikon, tembaga, mangan, ferro, magnesium, serta unsur-unsur lain yang dapat memperbaiki sifat aluminium itu sendiri. 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.

Pada penelitian ini bahan yang digunakan memiliki kandungan yang dijelaskan diatas namun memiliki kandungan yang berbeda-beda untuk

menghasilkan produk yang kuat, ulet dan tahan aus serta memiliki nilai ergonomi yang bagus.

2.2.4. Pengecoran *Sand Casting*

Qohar, dkk (2017:2) mengatakan bahwa salah satu metode pengecoran adalah sand casting yang mana sampai sekarang masih banyak digunakan karena biaya produksi yang murah dan dapat memproduksi benda cor dengan kapasitas yang banyak. Cetakan pasir dapat dibagi menjadi dua yaitu:

- a. Cetakan pasir basah, proses pembuatan cetakan pasir basah adalah dengan mencampur pasir dan tanah liat dengan presentase yang diperlukan, namun kualitas yang superior biasanya dicapai ketika tanah liat berkualitas ditambahkan pada pasir murni, yaitu 2% sampai dengan 3% air dan melalui pencampuran didapatkan campuran pasir yang sudah siap diubah dan dicetak.
- b. Cetakan pasir kering, dibuat dengan menggunakan bahan pengikat tanah liat, kemudian cetakan dikeringkan dalam sebuah oven atau dengan bantuan panas lain sehingga cetakan benar-benar kering. Pengeringan cetakan dalam oven dapat memperkuat cetakan dan mengeraskan permukaan rongga cetakan. Cetakan pasir kering menghasilkan benda - benda coran yang sangat bersih dan sedikit gas yang dihasilkan.

Pada penelitian ini peneliti menggunakan cetakan pasir basah karena pasir yang digunakan adalah pasir khusus dengan percampuran pasir dan tanah liat yang bagus sehingga saat dicampur air dan dibuat cetakan akan mudah mudah mengering dan memiliki permaebilitas yang cukup bagus sehingga tidak memerlukan cetakan pasir kering.

2.2.5. Sistem Saluran

Sistem saluran merupakan saluran yang difungsikan sebagai jalan masuknya cairan logam yang dituangkan ke dalam rongga cetakan yang memiliki beberapa bagian diantaranya: cawan tuang, saluran turun, pengalir, dan saluran masuk (Surdia dan Kenji, 2000: 65). Beberapa bagian dalam sistem saluran yaitu: cawan tuang, saluran turun (sprue), dam atau waduk, saluran pengalir (runner), riser (saluran penambah), dan saluran masuk (ingate).

Sistem saluran merupakan bagian terpenting dalam proses pengecoran, penyusunan sistem saluran yang baik akan menghasilkan hasil coran yang baik pula, dan sebaliknya, apabila sistem saluran tidak disusun atau direncanakan secara baik, maka akan mempengaruhi hasil coran yang bisa menyebabkan cacat penyusutan dan cacat porositas. Raharja (2011: 96), menggolongkan sistem saluran menjadi dua yaitu:

a. Saluran langsung

Saluran langsung merupakan saluran yang hanya mempunyai satu saluran yang digunakan sebagai saluran masuk, keluarnya angin, dan penambah.

b. Saluran tak langsung

Saluran tak langsung merupakan saluran yang mempunyai dua atau lebih saluran, pada saluran tak langsung dapat dipastikan tidak ada udara yang terjebak didalam rongga cetakan. Saluran tak langsung juga berfungsi untuk menambah cairan apabila ada coran yang menyusut.

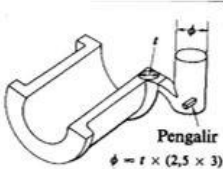
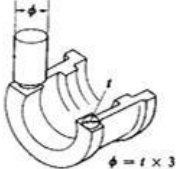
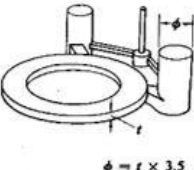
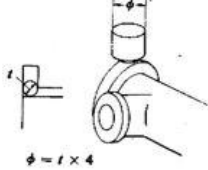
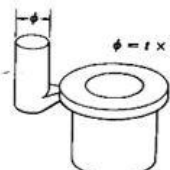
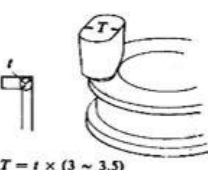
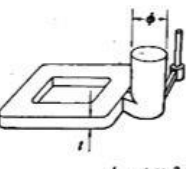
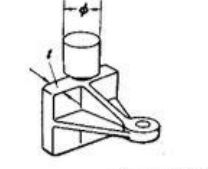
2.2.6. *Riser* (Saluran Penambah)

Surdia dan Kenji (2000:82) mengatakan bahwa *riser* merupakan saluran yang mengimbangi proses penyusutan dalam pembekuan hasil coran, sehingga *riser* membekunya harus lebih lambat dari coran. Penambah harus memiliki ukuran yang cocok, karena apabila penambah terlalu besar maka persentase terpakai akan dikurangi dan apabila penambah terlalu kecil maka akan menimbulkan penyusutan pada coran. *Riser* merupakan saluran yang berfungsi sebagai penyuplai cairan pada saat coran mengalami penyusutan dan juga sebagai lubang keluarnya udara-udara yang terjebak dalam rongga cetakan.

Dalam mendesain penambah, perlu diketahui beberapa aspek penting agar penambah tersebut mampu berfungsi secara optimal yaitu :

- a. Penambah perlu didesain dengan jumlah dan ukuran yang sesuai dengan kebutuhan produk cor, sehingga jumlah dan ukuran penambah tidak mengurangi kekuatan cetakan dan membuat biaya produksi menjadi mahal.
- b. Penambah diletakkan pada posisi yang tepat dalam *gating system* (sistem saluran), sehingga tidak memicu adanya potensi permasalahan baru pada desain pengecoran.
- c. Penambah digunakan pada saat yang tepat yaitu tergantung pada ukuran modulus benda cor dan mempertimbangkan faktor biaya.

Tabel 2.1. Penentuan diameter penambah

	Penambah Sampling	Penambah Atas
Brons	 <p>Pengalir $\phi = t \times (2,5 \times 3)$</p>	 <p>$\phi = t \times 3$</p>
Brons Mangans	 <p>$\phi = t \times 3,5$</p>	 <p>$\phi = t \times 4$</p>
Brons Pospor	 <p>$\phi = t \times 3$</p>	 <p>$T = t \times (3 \sim 3,5)$</p>
Paduan Aluminium	 <p>$\phi = t \times 3,5$</p>	 <p>$\phi = t \times 3,5$</p>

Catatan : t = Tebal bagian coran di bawah penambah.

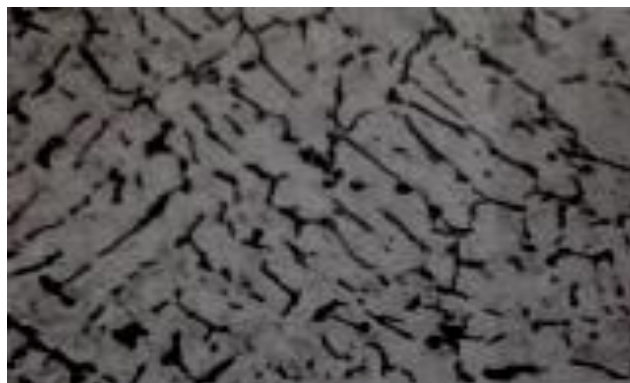
(Surdia dan Saito, 2000: 83)

2.2.7. Struktur mikro paduan aluminium

Struktur mikro adalah struktur terkecil yang terdapat dalam suatu bahan yang keberadaannya tidak dapat dilihat dengan mata telanjang, tetapi harus menggunakan alat pengamat struktur mikro. Menurut T. Surdia dan Kenji (2000:42), Aluminium dipakai sebagai paduan dari pada sebagai logam murni, sebab tidak kehilangan sifat ringan dan sifat sifat mekanisnya dan mampu cornya diperbaiki dengan menambah unsur-unsur lain. Unsur-unsur paduan itu adalah tembaga, silium, magnesium, mangan, nikel, dan sebagainya yang dapat mengubah sifat-sifat paduan aluminium.

Paduan eutektik dari aluminium dan silium sekitar 2% disebut silumin yang mempunyai mampu cor yang baik, sehingga terutama dipakai untuk bagian-bagian mesin biasa. Tetapi paduan yang biasa dicor mempunyai sifat mekanik yang buruk karena butir-butir silium yang besar, sehingga saat dicor dengan tambahan natrium dan agitasi dari logam cair untuk membuat kristal halus dan memperbaiki sifat-sifat mekanik. Tapi cara ini tidak efektif untuk coran tebal. Paduan aluminium-silium diperbaiki dalam sifat-sifat mekaniknya dengan menambahkan magnesium, tembaga, atau mangan, dan selanjutnya diperbaiki dengan perlakuan panas. Paduan aluminium dengan Si 7-9% dan Mg 0,3-1,7% dikeraskan dengan pengerasan presipitasi dimana terjadi presipitasi Mg_2Si , sehingga sifat-sifat mekanik nya dapat diperbaiki. Paduan ini dinamakan silumin gamma dan dipakai untuk rumah-rumah, tromol rem dan sebagainya.

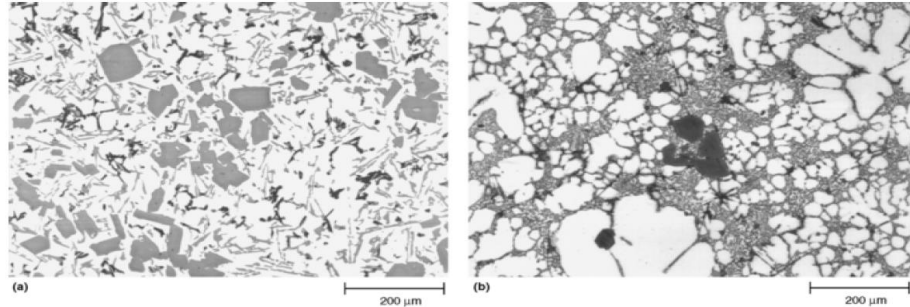
Berikut adalah gambar struktur mikro paduan Aluminium-Tembaga-Silium, pada bagian putih merupakan aluminium proeutentik, dan bagian hitam berbentuk jarum adalah $CuAl_2$ (Surdia dan Kenji, 2000:42)



Gambar 2.1. Struktur mikro coran paduan Al-Si-Cu

(Sumber : Surdia dan Kenji, 2000:42)

Melalui dasar menurut *ASM Metallography dan Microstructure Volume 9*, 2004.



Gambar 2.2. Foto mikro aluminium-silikon hipereutektik
(*ASM Metallography dan Microstructure Volume 9*, 2004)

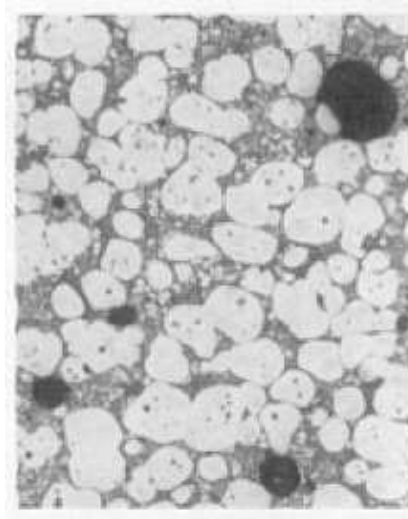
2.2.8. Porositas

Porositas merupakan cacat produk cor yang dapat menurunkan kualitas hasil coran. Salah satu penyebab terjadinya porositas pada penuangan aluminium adalah perbedaan suhu yang sangat tinggi antara cetakan dengan logam cair yang dituang. Proses pembekuan diawali pada bagian logam cair yang lebih dahulu mengenai dinding cetakan. Hal ini diakibatkan oleh suhu dinding cetakan yang sangat rendah dibandingkan dengan suhu logam cair. Pembekuan yang cepat dan proses pendinginan yang tidak merata mengakibatkan sejumlah gas terperangkap, sehingga terbentuk pori. Porositas oleh gas dalam benda cetak paduan aluminium silikon akan memberikan pengaruh yang buruk pada kesempurnaan dan kekuatan dari benda tuang tersebut.

Cacat ini dapat dihindari dengan penuangan logam yang cukup temperaturnya, mengontrol jumlah gas yang dihasilkan oleh material (pengurangan unsur Si dan P akan sangat membantu), dan pemberian *degasser*. Cacat porositas yang terjadi pada pengecoran logam yaitu:

1) Cacat porositas gas

Davis, dkk (1992:631) menyatakan, “Cacat porositas gas disebabkan karena adanya pembentukan gas ketika logam cair dituangkan. Cacat porositas gas berbentuk bulat akibat tekanan gas ini pada proses pembekuan”. Ukuran cacat porositas gas sebesar ± 2 mm sampai 3 mm, lebih kecil bila dibandingkan dengan cacat porositas *shrinkage*. Bentuk cacat gas seperti yang terlihat pada gambar 2.16 berikut:

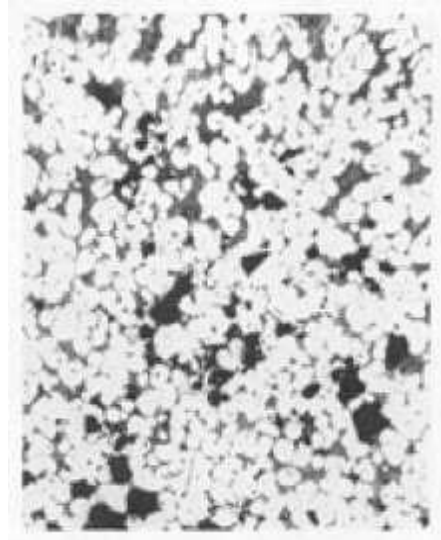


Gambar 2.3. Cacat porositas gas

(Sumber: Davis, 1992:734)

2) Cacat porositas *shrinkage*

Cacat porositas *shrinkage* mempunyai bentuk yang tidak bulat (*irregular*) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.17. Ukurannya lebih besar jika dibandingkan dengan cacat porositas gas. Penyebab adanya cacat porositas *shrinkage* adalah adanya gas hidrogen yang terserap dalam logam cair selama proses penuangan, gas yang terbawa dalam logam cair selama proses peleburan, dan pencairan yang terlalu lama.



Gambar 2.4. Cacat porositas *shrinkage*

(Sumber: Davis, 1992:734)

Untuk menguji nilai porositas spesimen digunakan dengan langkah spesimen dihitung beratnya dengan 2 cara yaitu dengan menghitung berat spesimen di udara dan menghitung berat spesimen di air, setelah itu dilakukan perhitungan porositas melalui rumus dan pengambilan foto mikro tiap spesimen. Setelah proses penimbangan selesai data berat spesimen yang telah didapat dimasukkan kedalam rumus densitas berikut:

$$\rho_m = \frac{m_s}{(m_s - m_g)} \times \rho_{H_2O}$$

(Sumber: Boursoum, 1997)

Dimana:

ρ_m = Densitas *measurement* (gr/cm^3)

W_{udara} = Berat spesimen di udara (gr)

W_{air} = Berat spesimen di air (gr)

m_s = massa jenis di udara (gr/cm^3)

m_g = massa jenis di air (gr/cm^3)

$$P = \frac{D_{teoritis} - D_{aktual}}{D_{teoritis}} \times 100\%$$

Dimana: (Sumber: Bhusan, R. K, 1997)

P = Porositas

ρ_m = Densitas *measurement* (gr/cm^3)

ρ_{th} = Densitas teoritis ($2,650 gr/cm^3$)

Pengambilan foto mikro dilakukan setelah proses penimbangan diudara dan diair selesai. Pengambilan foto mikro dilakukan dengan alat *microscope* Meji Techno IM 7200 dengan pembesaran 50x. Setelah itu amati dan analisa gambar dan apabila terdapat cacat bulat dan gelap maka itulah cacat porositas. Hasil foto mikro digunakan untuk mendukung dalam menganalisis porositas yang terjadi.

2.2.9. Ketahanan aus

Menurut Almen (1950:229), definisi paling umum dari keausan yang telah dikenal sekitar 50 tahun lebih yaitu hilangnya bahan dari suatu permukaan atau perpindahan bahan dari permukaannya ke bagian yang lain atau Bergeraknya bahan pada suatu permukaan. 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 kinerjanya. 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.

Menurut Koji Kato (1989:2), tipe keausan terdiri dari tiga macam, yaitu *mechanical, chemical and thermal wear*. Keausan yang disebabkan oleh perilaku mekanis digolongkan menjadi *abrasive, adhesive, flow dan fatigue wear*. Keausan yang disebabkan oleh perilaku kimia digolongkan menjadi *Oxidative wear* dan *Corrosive wear*. Keausan yang disebabkan oleh perilaku panas digolongkan menjadi *Melt wear* dan *Diffusive wear*.

Besarnya keausan spesifik dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$W_s = \frac{B \cdot b_0^3}{8 \cdot r \cdot P_0 \cdot l_0}$$

(Sumber: *Ogoshi Testing Machine Instruction Manual*,1987)

Dimana:

W_s : Keausan spesifik (mm^2/kg)

B : Tebal piringan pengaus (mm)

b_0 : Lebar keausan pada benda uji (mm)

r : Jari-jari piringan pengaus (mm)

P_0 : Gaya tekan/beban pada proses keausan berlangsung (kg)

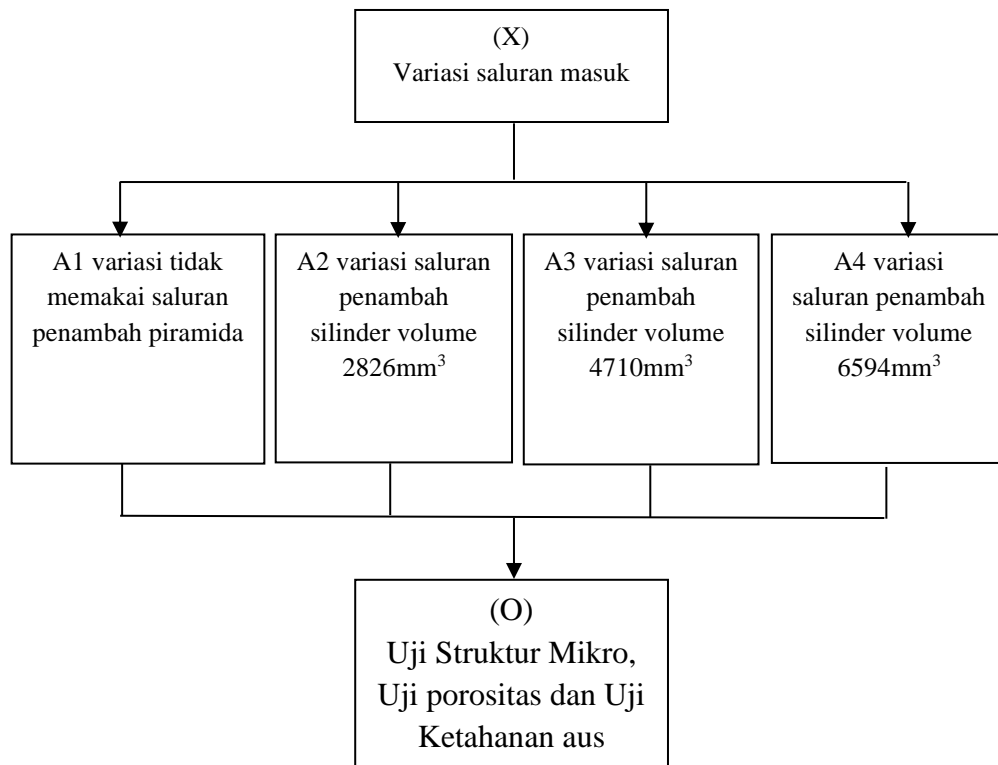
l_0 : Jarak tempuh pada proses pengausan (m)

2.3.Kerangka Berfikir

Penelitian ini adalah jenis penelitian one-shot case study yang mempunyai 2 variabel, yaitu variasi volume saluran penambah pada cetakan pengecoran

aluminium daur ulang sebagai variabel independen (X), sedangkan struktur mikro, porositas dan ketahanan aus sebagai variabel dependen (O). Variabel independen terdapat variasi yang dinamakan A1, A2, A3, dan A4 Dimana A1 yaitu variasi tidak memakai saluran penambah, A2 yaitu variasi saluran penambah silinder volume 2826mm^3 , A3 yaitu variasi saluran penambah silinder volume 4710mm^3 , A4 yaitu variasi saluran penambah silinder volume 6594mm^3 .

Penelitian ini akan menggunakan 12 sampel yang berupa spesimen, 1 variasi bentuk saluran masuk akan menggunakan 3 sampel. Dilakukan pengolahan pasir cetak dengan penambahan variasi bentuk saluran masuk dan dilanjutkan mencetak pola. Akan ada 4 pola, yaitu 1 pola untuk variasi tidak memakai saluran penambah, 1 pola untuk variasi saluran penambah silinder volume 2826mm^3 , 1 pola untuk variasi saluran penambah silinder volume 4710mm^3 , 1 pola untuk variasi saluran penambah silinder volume 6594mm^3 . Dengan waktu yang bersamaan komponen aluminium bekas dilebur sampai suhu 670°C - 700°C di dalam kowi dengan suhu penuangan 700°C . Setelah aluminium mendidih, selanjutnya akan dilakukan penuangan sekali tuang untuk 1 cetakan. Maka dari itu ukuran ladle harus sesuai dengan volume cairan yang akan dituang. Setelah penuangan, dilakukan penuangan dengan pendinginan udara, coran didiamkan hingga mendingin. Selanjutnya cetakan dibongkar dan hasil coran dibersihkan dari sisa-sisa pasir yang menempel. Kemudian dilakukan pengamatan pada cacat penyusutan dan *density*. Selanjutnya spesimen di uji struktur mikro dan ketahanan aus, didapatkan data, dan pelaporan hasil. Berikut adalah kerangka berfikir penelitian:



Gambar 2.5. Kerangka berfikir

Penambahan saluran penambah pada cetakan coran diharapkan menghasilkan struktur mikro yang lebih baik. Rongga saluran penambah akan membantu keluarnya udara yang ada pada rongga cetakan saat cairan lebur aluminium mengalir sehingga pada waktu pengecoran akan mengurangi tingkat cacat penyusutan dan mengurangi kotoran yang menempel pada produk benda sehingga dapat mengurangi cacat porositas. Semakin tepat variasi volume saluran penambah maka akan menghasilkan produk benda coran yang memiliki ketahanan aus yang baik.

BAB III

METODE PENELITIAN

Metode penelitian merupakan cara yang dipakai dalam kegiatan penelitian, sehingga pelaksanaan dan hasilnya dapat dipertanggung jawabkan secara kajian akademik dan ilmiah. Metode penelitian pada penelitian ini yaitu eksperimen. Penelitian ini untuk mengetahui pengaruh variasi volume saluran penambah terhadap struktur mikro, cacat porositas dan ketahanan aus dalam pengecoran aluminium. Eksperimen ini memanfaatkan limbah komponen motor listrik bekas.

3.1. Desain Penelitian

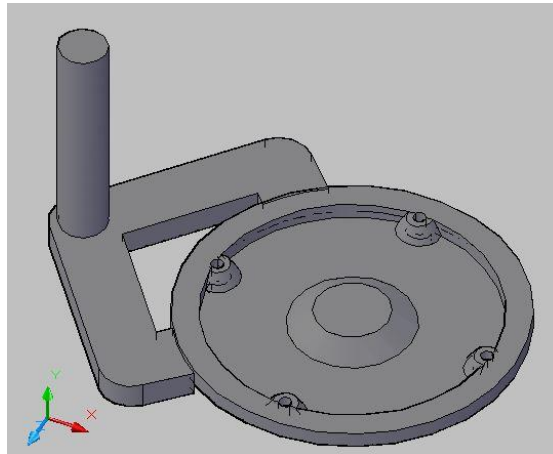
Pada penelitian ini desain penelitian yang digunakan yaitu jenis *One-Shot Case Study*, karena dalam penelitian ini akan dilakukan perlakuan yang selanjutnya akan diobservasi hasilnya. Perlakuan yang akan dilakukan yaitu dengan penambahan variasi tidak memakai saluran penambah, 1 pola untuk variasi saluran penambah silinder volume 2826mm^3 , 1 pola untuk variasi saluran penambah silinder volume 4710mm^3 , 1 pola untuk variasi saluran penambah volume 6594mm^3 . pada cetakan pasir untuk mengetahui hasil pengamatan struktur mikro, dan pengujian ketahanan aus pada hasil pengecoran komponen motor listrik bekas.

3.2. Alat dan Bahan Penelitian

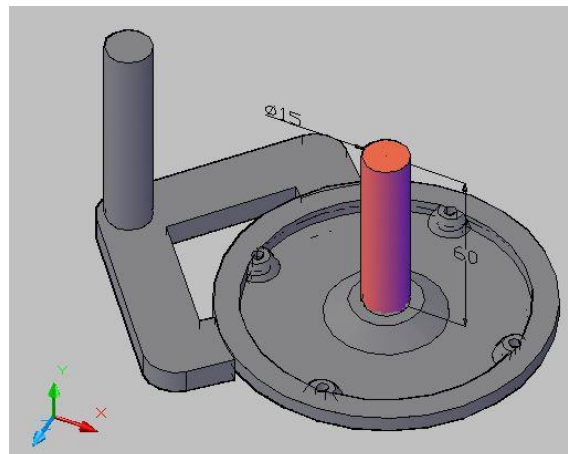
3.2.1. Alat Penelitian

- a. Dapur pembakaran
- b. Rangka Cetakan
- c. Penumbuk

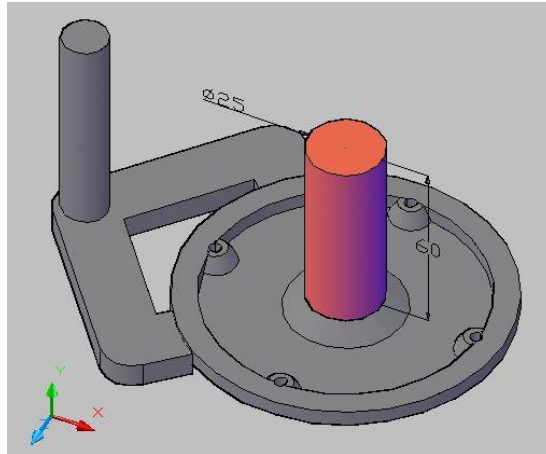
- d. Ladel
- e. Cetok pasir
- f. Sarung tangan
- g. Pola



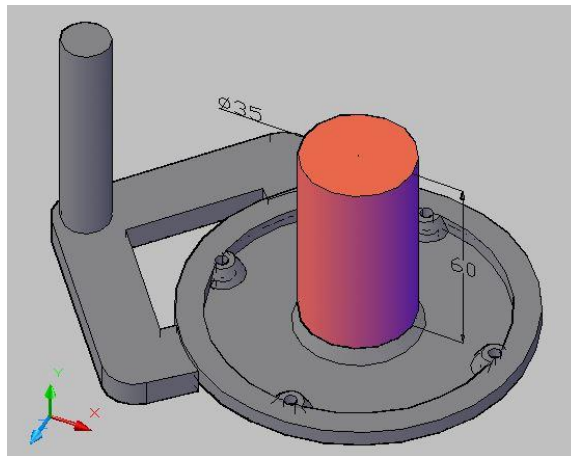
Gambar 3.1. Desain variasi tidak memakai saluran penambah



Gambar 3.2. Desain variasi saluran penambah silinder volume 2826mm^3



Gambar 3.3. Desain variasi saluran penambah silinder volume 4710mm^3



Gambar 3.4. Desain variasi saluran penambah silinder volume 6594mm^3



Gambar 3.5. Foto pola variasi saluran penambah silinder

- h. Termokopel
- i. Spesimen

- j. Alat uji struktur mikro

Type alat uji Meji Techno IM 7200

- k. Alat uji Ogoshi High Speed Universal Wear Testing Machine

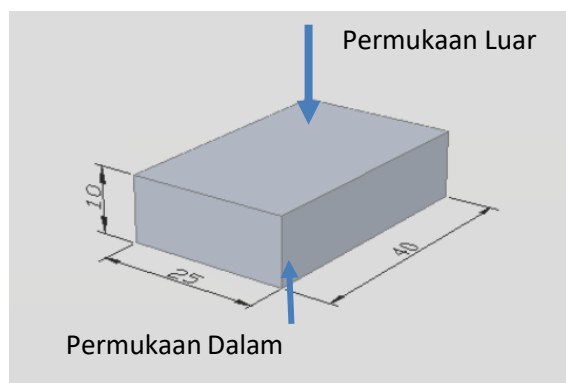
(Type OAT-U)

3.2.2. Bahan Penelitian

- a. Aluminium bekas
- b. Pasir cetak
- c. Air
- d. Bahan bakar

3.3. Dimensi Spesimen Penelitian

Spesimen penelitian diambil dari hasil coran tutup motor listrik DC yang dibelah seperti pada Gambar 3.4. Masing-masing variasi diambil 3 spesimen. Jumlah total spesimen yaitu 12 buah. Dalam penelitian ini dimensi spesimen uji ketahanan aus mengacu pada standar yang sudah ditetapkan yaitu menggunakan standar *Instruction Manual Ogoshi High Speed Universal Wear Testing Machine (Type OAT-U)*. yaitu berbentuk balok dengan ukuran panjang 40mm, lebar 25mm, dan tinggi 10mm.



Gambar 3.6. Spesimen uji keausan



Gambar 3.7. Foto spesimen pengujian

3.4. Variabel Penelitian

3.4.1. Variabel Bebas (Independen)

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah variasi volume saluran penambah yaitu:

- a. Tanpa saluran penambah
- b. Saluran penambah volume 2826mm^3
- c. Saluran penambah volume 4710mm^3
- d. Saluran penambah volume 6594mm^3

3.4.2. Variabel Terikat (Dependen)

Variabel terikat dalam penelitian ini yaitu struktur mikro, cacat porositas dan ketahanan aus.

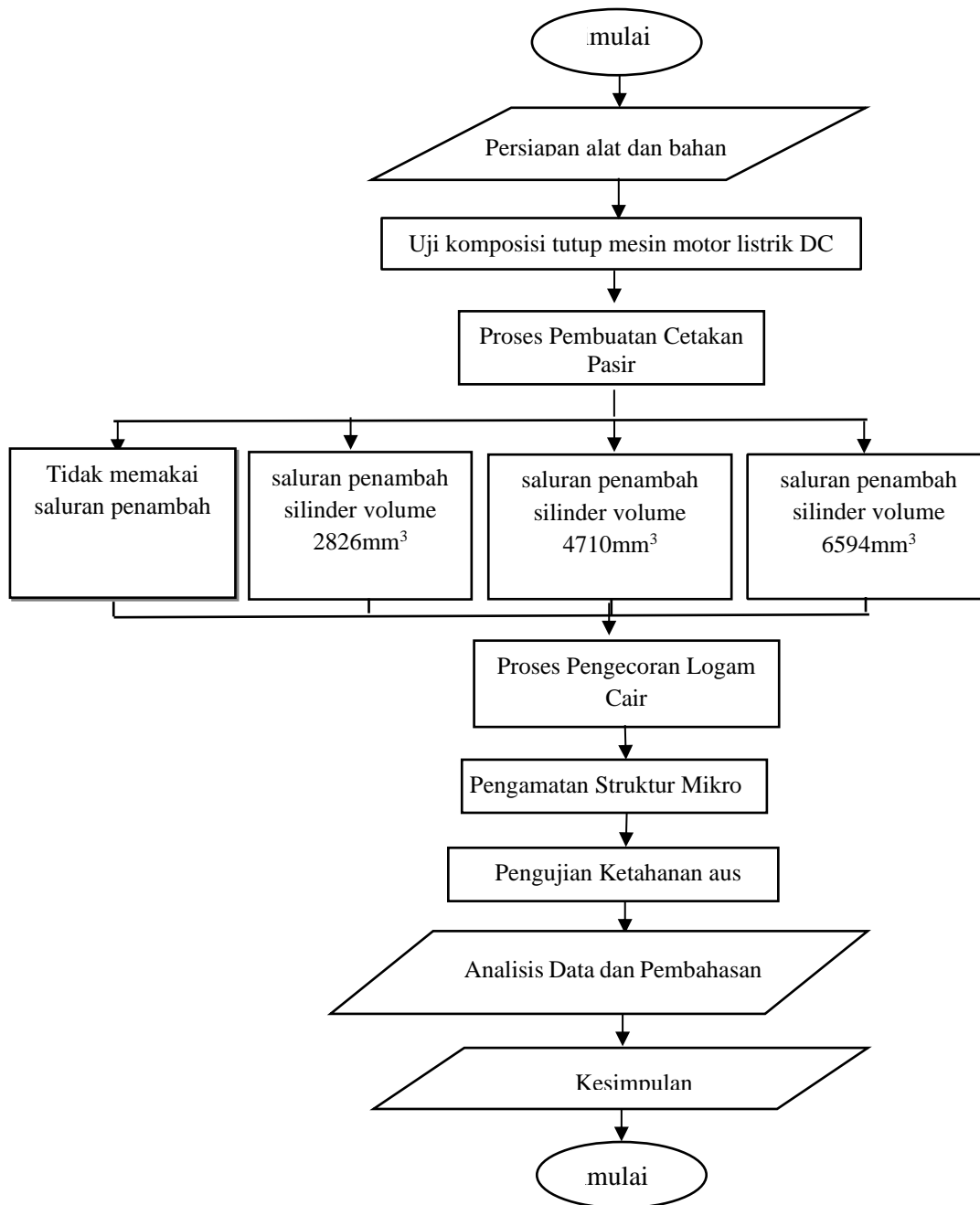
3.4.3. Variabel Kontrol

Variable kontrol dalam penelitian ini, yaitu:

- a. Bahan yang digunakan yaitu aluminium tutup motor listrik bekas.
- b. Benda kerja memiliki dimensi yang sama untuk semua spesimen.
- c. Menggunakan pasir yang sama pada semua spesimen yaitu pasir juwana dengan mesh 90.
- d. Menggunakan kadar air yang sama pada pasir yang akan digunakan.
- e. Suhu pembakaran saat proses penuangan sama yaitu 700°C .
- f. Penuangan cairan logam dilakukan oleh satu orang.

3.5. Alur Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam melakukan penelitian dapat dilihat dalam diagram alir dibawah ini:



Gambar 3.8. Prosedur penelitian

3.6. Cara Penelitian

Penelitian ini menggunakan cetakan pasir dengan meleburkan aluminium bekas sampai titik cairnya yaitu 670°C sampai 700°C. Cairan yang akan dituangkan ke dalam rongga cetakan dilebur dalam satu waktu, dalam satu dapur didalam kowi. Penuangan cairan dilakukan dengan sekali tuang, volume cairan disesuaikan dengan volume cetakan. Dimana cetakan sebelumnya diberikan variasi tidak memakai saluran penambah, variasi saluran penambah silinder volume 2826mm³, variasi saluran penambah silinder volume 2826mm³, variasi saluran penambah silinder volume 6594mm³

Tabel 3.1. Jumlah spesimen penelitian

No	Jenis Pengujian	Variasi Saluran Penambah Dalam Cetakan pasir			Jumlah
		Tidak memakai	volume 2826mm ³	volume 2826mm ³	
1	Struktur Mikro				
2	Cacat porositas	3	3	3	12
3	Ketahanan aus				

Langkah-langkah proses penelitian ini adalah sebagai berikut:

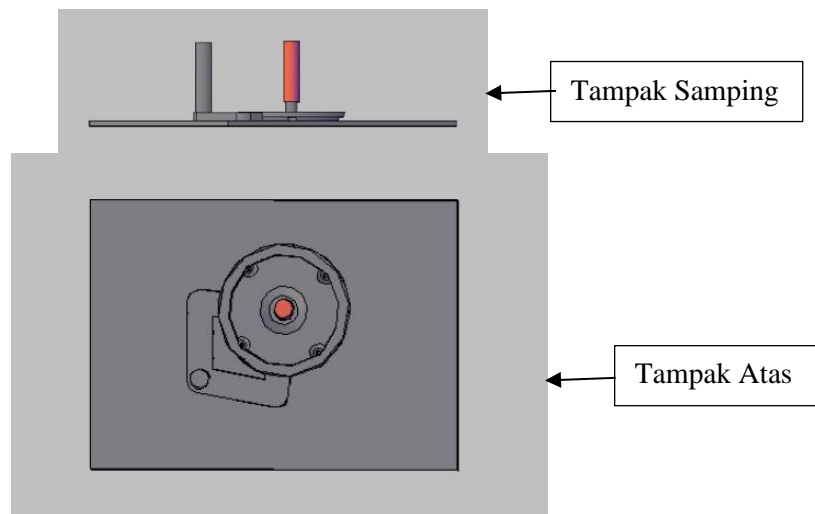
a. Persiapan bahan dan peralatan penelitian

Sebelum penelitian dipersiapkan semua bahan dan peralatan

b. Proses Pengecoran

- 1) Melakukan pengolahan pasir cetak dan mencetak pola dengan penambahan kadar air yang sama.

- 2) Mencetak pola yang berjumlah 12 dengan 4 variasi variasi saluran masuk. Terdapat cetakan untuk setiap variasinya. cetakan dari tutup motor listrik dengan model cup and drag. Bagian sisi dari tutup motor dihaluskan dengan dempul agar pada saat pembuatan cetakan pasir tidak menempel pada cetakan.



Gambar 3.9. Desain awal pola

- 3) Proses pembuatan cetakan saluran penambah

Pembuatan cetakan saluran penambah dibuat dengan bahan kayu yang dibentuk silinder dengan mesin bubut manual sehingga cetakan saluran penambah terbentuk silinder yang akan digunakan pada cetakan utama.

- 4) Proses pembuatan cetakan

Pembuatan cetakan dilakukan secara manual dalam artian pemadatan dilakukan dengan tumbukan menggunakan tangan, kaki, dan palu karet.

- 5) Proses pengecoran

Menyiapkan tungku pelebur. Kemudian masukkan aluminium bekas pada tungku pelebur. Lebur aluminium hingga suhu mencapai 700°C serta membuat pasir cetakan menggunakan campuran dengan variasi yang telah ditentukan sejumlah 4 buah pada masing-masing variasi. Menuangkan pada cetakan pasir yang sudah siap tuang menunggu selama 10 menit setelah proses penuangan.

6) Pengamatan jenis cacat coran

Membongkar cetakan pasir hingga hasil coran bersih dari lempung pasir. Melakukan visual inspection terhadap hasil coran pada masing-masing variasi kadar air untuk mendapatkan cacat coran yang terjadi.

7) Proses pemesinan

Potong hasil pengecoran tutup motor listrik dengan bentuk balok berukuran 27mm x 42mm x 12mm. Penghalusan spesimen dengan proses pemesinan yaitu menggunakan mesin frais hingga setiap spesimen berukuran 25mm x 40mm x 10mm. Proses pemesinan dilakukan di lab. Permesinan Jurusan Teknik Mesin Unnes. Proses finishing dilakukan dengan menggunakan mesin poles.

8) Pengujian struktur mikro, cacat porositas, dan ketahanan aus.

c. Pengujian struktur mikro

Pengamatan struktur mikro dilakukan dengan tujuan untuk mengamati besar butir kristal, warna dan aliran logam. Pengamatan struktur mikro dilakukan dengan memotong sampel kemudian diampas dengan tingkat kekasaran yang bertahap, mulai dari tingkat kekasaran amplas P60

sampai P1500. Kemudian dilakukan pemolesan dengan autosol dan perendaman dengan larutan HNO₃. Kemudian diamati dengan mikroskop. Standar uji yang digunakan dalam pengujian ini adalah ASTM E407 – 07 (*Standard Practice for Microetching Metals and Alloys*).

Tabel 3.2. Data hasil pengujian struktur mikro

No	Varisi Saluran Masuk	Spesimen	Gambar Struktur Mikro	Keterangan
1	Tidak Mamakai Penambah	1		
		2		
		3		
2	Volume 2826mm ³	1		
		2		
		3		
3	Volume 4710mm ³	1		
		2		
		3		
4	Volume 6594mm ³	1		
		2		
		3		

d. Pengujian cacat porositas

Pengamatan cacat porositas coran menggunakan metode archimedes. Pengamatan dilakukan saat benda kerja sudah di *finishing*.

Tabel 3.3. Cacat porositas

No	Varisi Dimensi Saluran Penambah	Spesimen	Porositas
1	Tidak Mamakai Penambah	1	
		2	
		3	
2	Volume 2826mm ³	1	
		2	
		3	
3	Volume 4710mm ³	1	
		2	
		3	
4	Volume 6594mm ³	1	
		2	
		3	

e. Pengujian Ketahanan Aus

Pengujian ini mengacu pada metode Reiken Ogoshi dilakukan dengan mesin uji *Ogoshi High Speed Universal Wear Testing Machine type OAT-U*. Dengan mesin ini, lebar piringan pengaus yang digunakan (B) adalah 3 mm, jari-jari piringan pengaus (r) 15 mm, gaya tekan pada proses pengausan (Po) 2,21 kg, serta jarak tempuh pada proses pengausan (lo) 100 m. Lebar keausan pada spesimen uji diukur menggunakan mikroskop dengan perbesaran 50X. Standar uji yang digunakan dalam pengujian ini adalah *Instruction Manual Ogoshi High Speed Universal Wear Testing Machine (Type OAT-U)*

Tabel 3.4. Data hasil uji ketahanan aus

No	Varisi Saluran Masuk	Spesimen	Angka uji ketahanan aus (mm ² /kg)			Keterangan
			1	2	3	
1	Tidak Mamakai Penambah	1				
		2				
		3				
2	Volume 2826mm ³	1				
		2				
		3				
3	Volume 4710mm ³	1				
		2				
		3				
4	Volume 6594mm ³	1				
		2				
		3				

3.7. Teknik Pengumpulan Data

Data yang akan diambil untuk kemudian diolah, disajikan dalam bentuk tabel setelah melakukan observasi. Berikut adalah langkah-langkah untuk mengumpulkan data.

a. Pengamatan Struktur Mikro

Pengamatan struktur mikro dilakukan dengan memotong sampel kemudian diampelas dengan tingkat kekasaran yang bertahap, mulai dari 60 sampai 1500. Kemudian dilakukan pemolesan dengan autosol. Pengamatan dilakukan dengan mesin uji mikro *MEIJI TECHNO* tipe IM 7200.

b. Pengujian Porositas

Pengujian porositas dilaksanakan dengan menghitung berat spesimen di udara dan menghitung berat spesimen di air, setelah itu dilakukan perhitungan porositas melalui rumus dan pengambilan foto mikro tiap spesimen. Setelah proses penimbangan selesai data berat spesimen yang telah didapat dimasukkan kedalam rumus perhitungan.

c. Pengujian Ketahanan aus

Uji keausan merupakan suatu uji karakteristik fisik yang digunakan untuk mengetahui seberapa besar tingkat keausan benda (permukaan benda) terhadap gesekan atau goresan. Uji keausan dilakukan dengan cara menghitung lebar keausan dari sampel. Untuk pengujian keausan dilakukan dengan menggunakan alat uji *Ogoshi High Speed Universal Wear Testing Machine (Type OAT-U)*.

3.8. Kalibrasi Instrumen

Instrumen penelitian difungsikan untuk mengukur variabel penelitian, dengan kata lain jumlah instrumen disesuaikan dengan jumlah variabel yang ada (Sugiyono, 2015:95). Kalibrasi adalah pembuktian keandalan suatu alat ukur, kalibrasi dapat mengurangi kesalahan dalam pengukuran.

Pada penelitian ini kalibrasi alat uji struktur mikro diawali dengan melakukan *setting* pada *software* foto mikro pada mikroskop dengan mengklik *tool calibrate* lalu sesuaikan ukuran mikro untuk hasil gambar sehingga gambar yang dihasilkan sesuai ukuran. Hal tersebut dilakukan sebelum pengujian dilakukan.

Selanjutnya kalibrasi alat uji porositas diawali dengan melakukan *setting* pada angka timbangan pada layar agar menunjukkan angka 0 (nol) dengan menekan tombol *tare* yang kemudian dilakukan penimbangan sehingga lebih akurat. Hal tersebut dilakukan sebelum melakukan pengujian.

Kalibrasi alat uji keausan diawali dengan *setting* posisi jarum penunjuk waktu agar menunjukkan angka 0 (nol) pada mesin *oghosi wear testing* dengan memutar *gear* penunjuk waktu ke arah 0 (nol) yang kemudian dilakukan pengujian pada spesimen sehingga hasil yang diperoleh lebih akurat.

3.9. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah teknik statistik deskriptif. Yang dimaksud dengan statistik deskriptif adalah statistik yang digunakan untuk menggambarkan atau menganalisis data yang sudah terkumpul tanpa merubah atau merekayasa, sehingga data tersebut merupakan data sesungguhnya dan tanpa membuat kesimpulan baik yang berlaku khusus maupun generalis (Sugiyono, 2012: 147). Teknik ini disajikan melalui tabel, grafik. Analisis penelitian ini menggunakan analisis kuantitatif untuk mendeskripsikan analisa variasi volume saluran penambah pada aluminium sand casting terhadap struktur mikro, porositas dan struktur mikro. Berikut adalah analisis data.

a. Analisis Data Struktur Mikro

Analisis data struktur mikro diperoleh dari hasil pengamatan struktur mikro yang berupa foto mikro benda kerja pada masing-masing spesimen. Analisis data akan disajikan dalam bentuk analisis deskriptif. Data hasil pengujian struktur mikro berupa gambar foto mikro yang diambil dari mikroskop. Gambar struktur mikro ini kemudian untuk menganalisa susunan fasa dari kandungan kimia pada masing-masing spesimen coran. Dari data analisa tersebut kemudian disajikan dalam bentuk keterangan deskripsi.

b. Analisis Data Porositas

Analisis data porositas menggunakan analisis deskriptif. Data akan disajikan dalam bentuk grafik dan berupa foto mikro benda kerja pada masing-masing spesimen. Setelah data hasil pengujian didapatkan, akan dihitung rata-rata (*mean*) dari setiap variasi dan disajikan dalam bentuk deskriptif. Data hasil pengujian porositas yang berupa nilai berat kering atau berat sebelum dicelumkan ke air dari spesimen dan nilai berat saat spesimen dicelupkan pada air dalam kondisi melayang diolah ke dalam tabel. Nilai-nilai berat spesimen tersebut diolah menjadi nilai masa jenis dari spesimen-spesimen tersebut kemudian digunakan untuk menghitung densitas spesimen-spesimen tersebut, setelah itu hitungan densitas spesimen dihitung dengan densitas teoritis yang menghasilkan data porositas. Dari data porositas dihitung reratanya pada setiap variasi spesimen untuk selanjutnya disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Selain itu data pengujian porositas juga berupa gambar foto mikro yang diambil dengan mikroskop. Gambar tersebut digunakan untuk menganalisa porositas

yang ada pada spesimen. Dari data analisa tersebut kemudian disajikan dalam bentuk keterangan deskripsi.

c. Analisis Data Ketahanan aus

Analisis data ketahanan aus menggunakan analisis deskriptif. Data akan disajikan dalam bentuk grafik. Setelah data hasil pengujian didapatkan, akan dihitung rata-rata (*mean*) dari setiap variasi. Data pengujian keausan atau ketahanan aus yang berupa rerata lebar goresan pada setiap spesimen yang diperoleh akibat pengujian keausan dengan alat *oghoshi* wear testing yang diolah ke dalam tabel. Nilai rerata lebar goresan tersebut atau *abration groove width* digunakan untuk menghitung nilai keausan atau *specific abration* pada setiap spesimen. Dari nilai keausan tersebut dicari rerata setiap variasi spesimen untuk selanjutnya disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Deskripsi data tersebut mencakup rata-rata dari spesimen hasil variasi volume saluran penambah.

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Uji Komposisi

Pengujian komposisi bertujuan untuk mengetahui unsur-unsur pembentuk dari benda yang akan diuji, ini berguna untuk menganalisa kekuatan mekanis yang dimiliki oleh benda uji. Berikut ini adalah hasil pengujian komposisi dari produk coran.

- 1) Kandungan tutup mesin motor listrik mobil Kijang

Tabel 4.1 Unsur dari tutup mesin motor listrik

Unsur	Kadar %
Al	84,56
Si	12,6
Fe	1,1
Cu	0,126
Mn	0,264
Mg	<0,05
Cr	<0,015
Ni	<0,02
Zn	1,13
Sn	0,0556
Ti	0,0099
Pb	<0,03
Be	0,0001
Ca	0,0061
Sr	<0,0005
V	<0,01
Zr	<0,003

Pengujian komposisi kimia yang dilakukan dengan menggunakan mesin *Spectrometer Metal Scan* dengan pembacaan

secara otomatis memberikan hasil komposisi kimia pada benda yang di uji. Standart pengujian ini menggunakan ASTM D7751 – 16.

2) Kandungan Coran Aluminium campuran

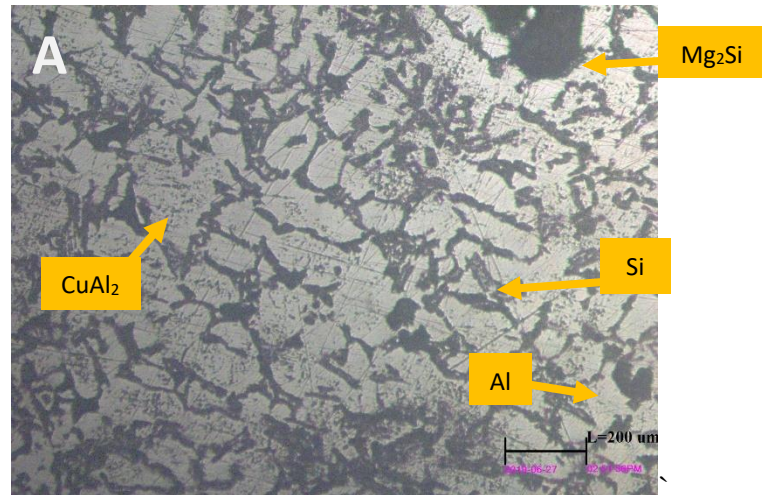
Tabel 4.2 Unsur dari spesimen penelitian

Unsur	Kadar %
Al	68,51
Si	21,3
Fe	6,62
Cu	0,680
Mn	0,0202
Mg	0,296
Cr	<0,015
Ni	0,175
Zn	0,0603
Sn	<0,05
Ti	0,0244
Pb	0,256
Be	0,0003
Ca	0,0036
Sr	<0,0005
V	1,57
Zr	0,0467

Pada hasil pengujian komposisi kimia pada penelitian ini menggunakan limbah komponen motor listrik dan komponen pada mesin motor dapat ditunjukkan pada tabel 4.2. Pada komposisi penelitian menunjukkan komposisi unsur Si-Cu-Mg lebih banyak dibandingkan komposisi tutup motor listrik mobil kijang. Sedangkan unsur Al pada penelitian menunjukkan lebih sedikit dibandingkan unsur Al pada tutup motor listrik mobil kijang.

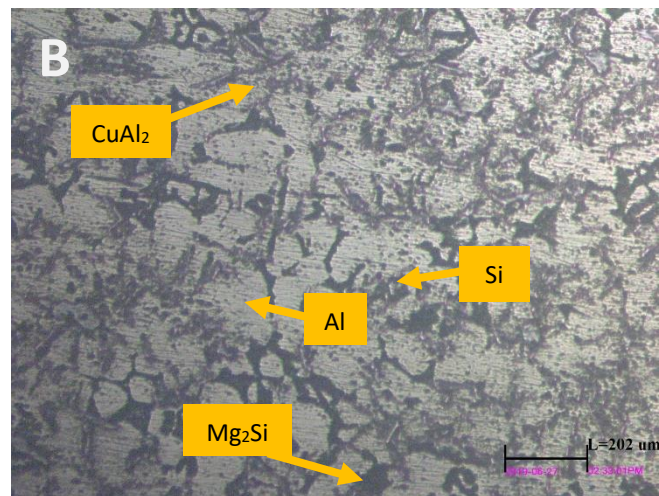
4.1.2. Uji Struktur Mikro

Hasil struktur mikro pada hasil pengecoran aluminium bekas adalah sebagai berikut :



Gambar 4.1. Struktur mikro spesimen variasi tanpa saluran penambah

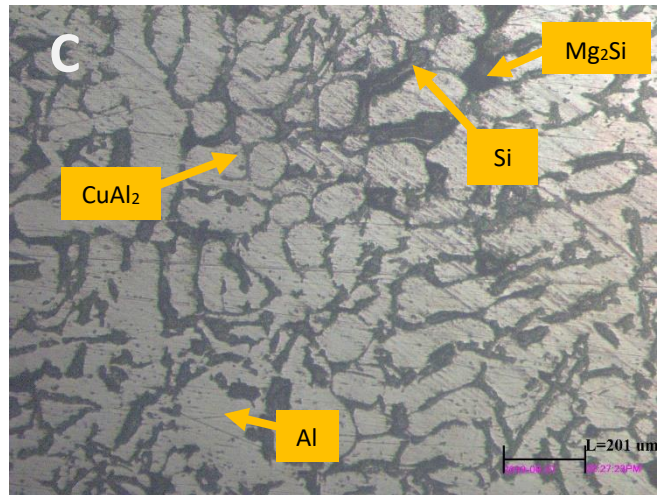
Pada (Gambar 4.9.) foto struktur mikro pada spesimen dengan tanpa saluran penambah memiliki susunan Al dan Si-Cu-Mg yang lebih renggang dan bentuk Si-Cu-Mg yang pendek dan lebar.



Gambar 4.2. Struktur mikro spesimen variasi saluran penambah volume 2826mm^3

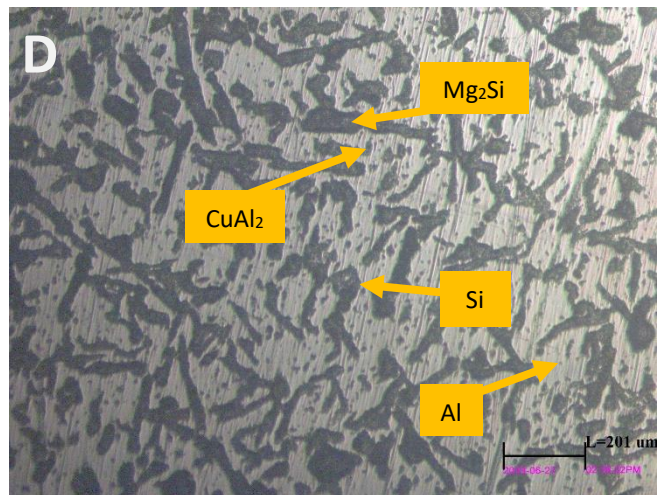
Pada (Gambar 4.10.) struktur mikro yang terbentuk pada spesimen dengan saluran penambah volume 2826mm^3 memiliki susunan Al dan Si-Cu-Mg yang rapat dengan ukuran Si-Cu-Mg yang kecil dan pendek.

C



Gambar 4.3. Struktur mikro spesimen variasi saluran penambah volume 4710mm^3

Pada (Gambar 4.11.) spesimen dengan saluran penambah volume 4710mm^3 menunjukkan struktur mikro dengan susunan Al dan Si yang rapat dengan ukuran Si yang lebih kecil tetapi memiliki bentuk yang panjang.

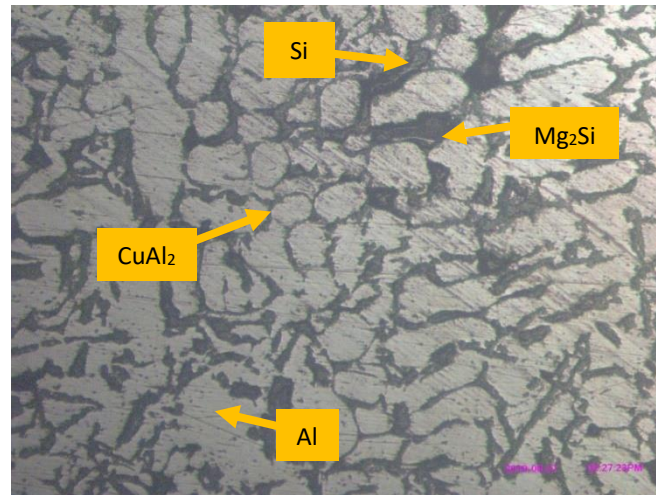


Gambar 4.4. Struktur mikro spesimen saluran penambah variasi volume 6594mm^3

Pada (Gambar 4.12) spesimen dengan saluran penambah volume 6594mm^3 menunjukkan struktur mikro dengan susunan Al dan Si yang

Kontrol

rapat dengan ukuran Si yang lebih kecil tetapi memiliki bentuk yang panjang.



Gambar 4.5. Struktur mikro spesimen kontrol

Pada spesimen kontrol menunjukkan struktur mikro dengan susunan Al dan Si yang rapat dengan ukuran Si yang lebih kecil tetapi memiliki bentuk yang panjang.

Berdasarkan foto mikro yang telah dilakukan menunjukkan bahwa foto struktur mikro pada spesimen dengan tanpa saluran penambah (Gambar 4.9.) memiliki susunan Al dan Si-Cu-Mg yang lebih renggang dan bentuk Si-Cu-Mg yang pendek dan lebar. Hal ini dikarenakan laju pembekuan pada logam cair pada cetakan dengan tanpa saluran penambah berjalan lambat. Adapun karakteristik hasil coran setelah diketahui fasanya adalah sebagai berikut:

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

Struktur mikro yang terbentuk pada spesimen dengan saluran penambah volume 2826mm^3 (Gambar 4.10.) memiliki susunan Al dan Si-Cu-Mg yang rapat dengan ukuran Si-Cu-Mg yang kecil dan pendek. Hal ini dikarenakan laju pada logam cair saat pengecoran berlangsung sedikit lambat. Adapun karakteristik hasil coran setelah diketahui fasa-fasanya adalah sebagai berikut:

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

Pada spesimen dengan saluran penambah volume 4710mm^3 (Gambar 4.11.) menunjukkan struktur mikro dengan susunan Al dan Si yang rapat dengan ukuran Si yang lebih kecil tetapi memiliki bentuk yang panjang. Hal ini dikarenakan kadar air pada cetakan yang banyak dan menyebabkan laju pembekuan logam cair menjadi sedikit cepat. Adapun karakteristik hasil coran setelah diketahui fasa-fasanya adalah sebagai berikut:

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

Pada spesimen dengan saluran penambah volume 6594mm^3 (Gambar 4.12) menunjukkan struktur mikro dengan susunan Al dan Si yang rapat dengan ukuran Si yang lebih kecil tetapi memiliki bentuk yang

panjang. Hal ini dikarenakan kadar air pada cetakan yang banyak dan menyebabkan laju pembekuan logam cair menjadi cepat. Adapun karakteristik hasil coran setelah diketahui fasa-fasanya adalah sebagai berikut:

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

4.1.3 Uji Porositas

Pengujian porositas merupakan pengujian untuk memeriksa cacat pada coran. Pengujian ini dilakukan dengan dua tahap yaitu tahap penghitungan densitas benda hasil coran lalu dengan menggunakan perbesaran gambar dengan foto mikro sehingga hasil yang didapat valid dan saling menguatkan. Untuk menguji nilai porositas spesimen digunakan dengan menghitung berat spesimen di udara dan menghitung berat spesimen di air, setelah itu dilakukan perhitungan porositas melalui rumus. Ukuran spesimen adalah $40mm \times 25mm \times 10mm$.

Untuk mendapatkan nilai densitas digunakan rumus sebagai berikut:

Densitas aktual atau sampel:

$$\rho_m = \frac{m_s}{(m_s - m_g)} \times \rho_{H_2O}$$

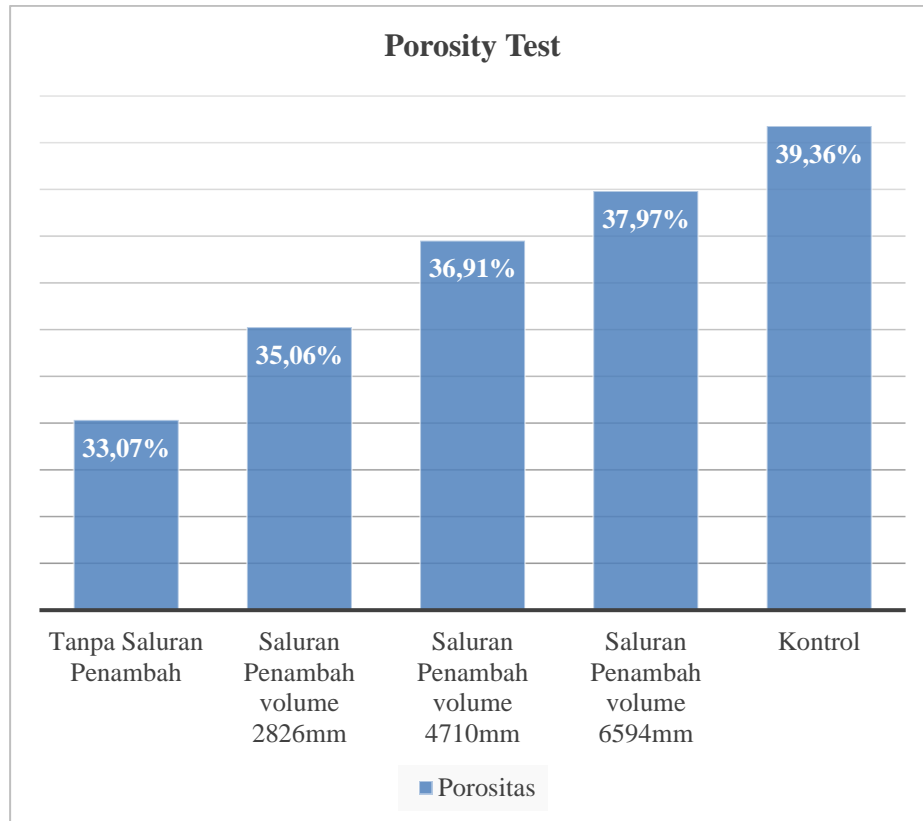
Porositas

$$P = \frac{D_{teoritis} - D_{aktual}}{D_{teoritis}} \times 100\%$$

Tabel 4.3. Data perhitungan hasil cacat porositas *porosity test*

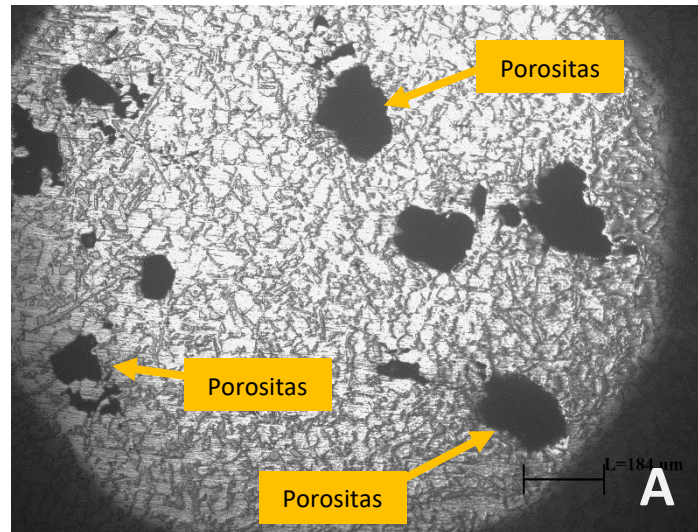
DATA UJI POROSITAS								
Spesimen					Densitas Hitungan (g/cm ³)	Densitas Teoritis (g/cm ³)	Porositas (%)	Porositas rata-rata setiap variasi (%)
Volume Saluran Penambah (mm ³)	W _{sebelum} (gram)	W _{sesudah} (gram)	Volume Spesimen (cm ³)					
Tanpa Saluran penambah	A1	25,75	11,19	10	1,77	2,65	33,01	33,07
	A2	25,73	11,04	10	1,75	2,65	33,65	
	A3	26	11,4	10	1,78	2,65	32,54	
2826	B1	24,57	10,41	10	1,73	2,65	34,27	35,06
	B2	26,02	10,71	10	1,07	2,65	35,63	
	B3	26,69	11,07	10	1,71	2,65	35,28	
4710	C1	25,25	10,26	10	1,68	2,65	36,19	36,91
	C2	23,97	9,55	10	1,66	2,65	37,03	
	C3	24,65	9,71	10	1,65	2,65	37,50	
6594	D1	26,07	10,07	10	1,63	2,65	38,28	37,97
	D2	25,17	9,83	10	1,64	2,65	37,85	
	D3	26,1	10,19	10	1,64	2,65	37,86	
Kontrol 1		3,87	1,45	1,5	1,6	2,65	39,62	39,36
Kontrol 2		3	1,10	1,25	1,59	2,65	39,24	
Kontrol 3		3,14	1,17	1,26	1,59	2,65	39,24	

Agar mempermudah pembacaan tabel dari perhitungan porositas maka dibuat grafik seperti pada gambar 4.3



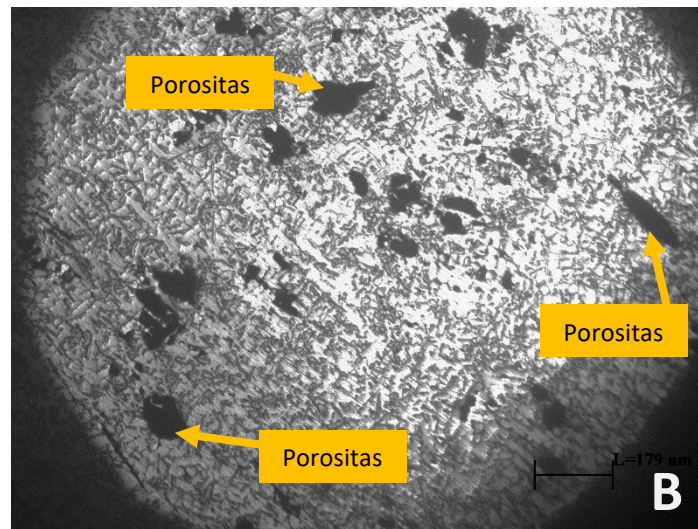
Gambar 4.6. Penggambaran hasil pengujian porositas dengan grafik batang

Data-data yang diperoleh pada penelitian ini terhadap nilai porositas menunjukkan adanya perubahan nilai porositas setelah diberikan perlakuan. Porositas terbaik dari bahan uji ialah pada variasi saluran penambah volume 6594mm^3 yaitu sebesar 37,97% lalu di atasnya ada saluran penambah volume 4710mm^3 yaitu sebesar 36,91%, selanjutnya ada saluran penambah volume 2826mm^3 yaitu sebesar 35,06%, nilai keausan terburuk pada variasi tanpa saluran penambah yaitu sebesar 33,07%. Untuk lebih menguatkan data pengukuran, dilakukan uji foto mikro dengan perbesaran sebesar 100x dan hasil fotonya sebagai berikut:



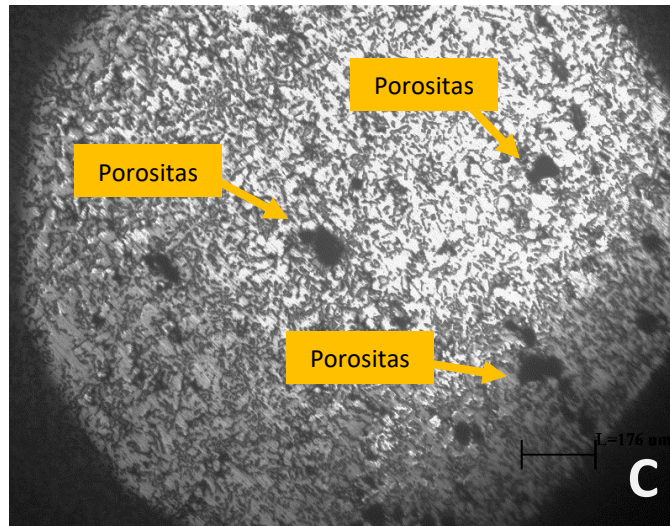
Gambar 4.7. Foto mikro porositas spesimen variasi tanpa saluran penambah

Pada (Gambar 4.7.) spesimen variasi tanpa saluran penambah menunjukkan susunan porositas yang besar dan lebar.



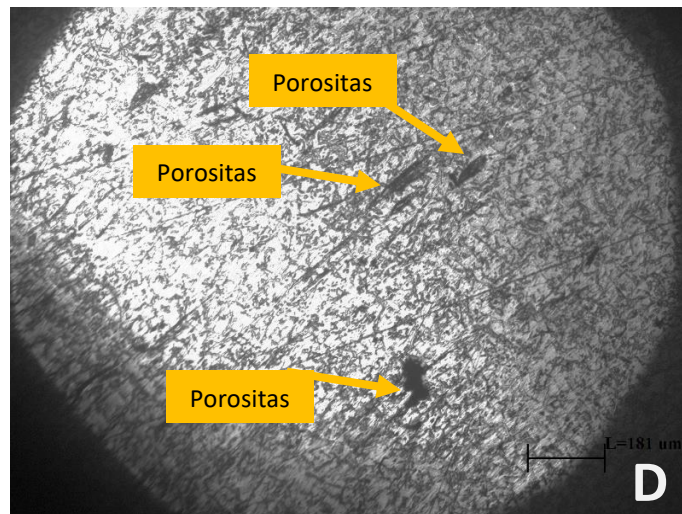
Gambar 4.8. Foto mikro porositas spesimen variasi saluran penambah volume 2826mm^3

Pada (Gambar 4.8.) spesimen variasi saluran penambah volume 2826mm^3 menunjukkan susunan porositas yang cukup besar dan cukup banyak.



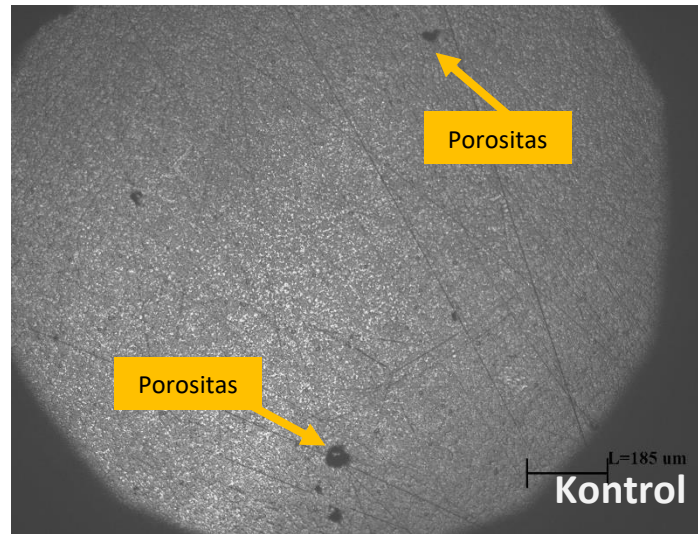
Gambar 4.9. Foto mikro porositas spesimen variasi saluran penambah volume 4710mm^3

Pada (Gambar 4.9.) spesimen variasi saluran penambah volume 4710mm^3 menunjukkan susunan porositas yang cukup besar dan relatif sedikit.



Gambar 4.10. Foto mikro porositas spesimen variasi saluran penambah volume 6594mm^3

Pada (Gambar 4.10.) spesimen variasi saluran penambah volume 6594mm^3 menunjukkan susunan porositas yang relatif kecil dan relatif sedikit.



Gambar 4.11. Foto mikro porositas spesimen kontrol

Pada (Gambar 4.11) spesimen kontrol menunjukkan susunan porositas yang sangat kecil dan sangat sedikit.

Data-data yang diperoleh pada penelitian ini terhadap nilai cacat porositas menunjukkan adanya perubahan nilai porositas setelah diberikan perlakuan. Dapat dilihat adanya pengaruh penambahan saluran penambah terhadap nilai porositas, nilai porositas terbaik dengan penambahan saluran penambah volume 6594mm^3 sebesar 37,97 % dan nilai porositas terburuk adalah variasi tanpa saluran penambah sebesar 33,07%.

4.1.4. Uji Keausan

Pengujian keausan dengan metode *Ogoshi* dengan menggunakan alat *Tokyo Testing Machine MFG* bertujuan untuk mengetahui kekuatan benda uji terhadap keausan yang diterima benda uji tersebut. Indikator yang terdapat pada mesin adalah: beban yang diberikan dan kecepatan putar pisau gores. Sehingga dapat menghasilkan goresan goresan pada benda uji, selanjutnya dapat diukur menggunakan *microscope*.

Perbesaran pada *microscope* menggunakan lensa dengan perbesaran 50x ditambah dengan perbesaran pada lensa okuler sebesar 2x. Dalam pengukuran dengan menggunakan *microscope* pada perbesaran 100x hasil garis dibagi dengan dengan 3 untuk mendapatkan nilai 1mm. sehingga hasil rata-rata dari lebar goresan dari pisau gores dibagi dengan 3. Tabel hasil pengukuran dengan *microscope* sebagai berikut:

Tabel 4.4. Data pengukuran *abration groove width* dengan *microscope*

<i>Abration Groove Width (b₀)</i>					
Spesimen	Eksperimen			Rata-rata b ₀ (mm)	
Volume Saluran Penambah (mm ³)	I	II	III		
Tanpa Saluran penambah	A1	34	32	27	1,63
	A2	35	31	30	1,68
	A3	29	30	35	1,65
2826	B1	30	28	28	1,51
	B2	21	27	30	1,37
	B3	24	28	29	1,42
4710	C1	19	15	18	0,91
	C2	19	16	19	0,94
	C3	21	19	20	1,05
6594	D1	16	15	11	0,74
	D2	16	12	18	0,81
	D3	18	16	17	0,89
Kontrol 1	33	29	21	1,46	
Kontrol 2	30	28	24	27,33	
Kontrol 3	29	28	25	26,67	

Selanjutnya nilai-nilai parameter dimasukkan pada tabel dibawah. Dengan waktu sebesar 1 menit, *abration distance* sebesar 66,6m, beban sebesar 2,12kg. Untuk menghitung nilai keausannya menggunakan rumus:

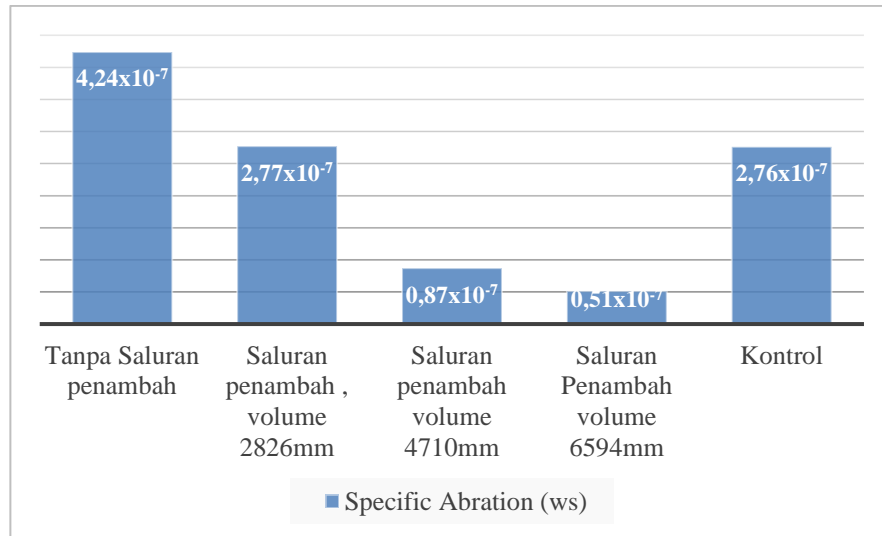
$$W_s = \frac{B \cdot B_o^3}{8 \cdot r \cdot p \cdot l_o} \quad \dots \quad 4.1$$

(Sumber: *Ogoshi Testing Machine Instruction Manual*,1987)

Tabel 4.5. data pengukuran *specific abration*

<i>Ogoshi Wear Test</i>									
Spesimen		<i>Abration Time</i>	<i>Abration Distance</i>	<i>Abration Speed</i>	<i>Final Load (Po)</i>	<i>Abration Groove Width</i>	<i>Specific Abration (ws)</i>	<i>Rata-rata Specific Abration (ws) setiap variasi</i>	
Volume Saluran Penambah (mm ³)		<i>second</i>	<i>m</i>	<i>m/s</i>	<i>kg</i>	<i>bo</i>	<i>bo3</i>	<i>x10⁻⁷ mm²/kg</i>	
Tanpa Saluran penambah	A1	60	66,6	0,250	2,12	1,63	4,33	4,06	4,24
	A2	60	66,6	0,250	2,12	1,68	4,24	4,44	
	A3	60	66,6	0,250	2,12	1,65	4,49	4,21	
2826	B1	60	66,6	0,250	2,12	1,51	3,44	3,22	2,77
	B2	60	66,6	0,250	2,12	1,37	2,57	2,41	
	B3	60	66,6	0,250	2,12	1,42	2,86	2,68	
4710	C1	60	66,6	0,250	2,12	0,91	0,75	0,71	0,87
	C2	60	66,6	0,250	2,12	0,94	0,83	0,78	
	C3	60	66,6	0,250	2,12	1,05	1,16	1,08	
6594	D1	60	66,6	0,250	2,12	0,74	0,4	0,38	0,51
	D2	60	66,6	0,250	2,12	0,81	0,53	0,5	
	D3	60	66,6	0,250	2,12	0,89	0,70	0,66	
Kontrol 1		60	66,6	0,250	2,12	1,46	3,11	2,91	2,76
Kontrol 2		60	66,6	0,250	2,12	1,44	2,99	2,80	
Kontrol 3		60	66,6	0,250	2,12	1,40	2,7	2,57	

Semakin kecil nilai dari *specific abration* menunjukkan semakin baik ketahanan aus benda tersebut. Hasil terbaik didapatkan pada coran dengan variasi dengan saluran penambah volume 6594mm³. Agar lebih mempermudah pembacaan hasil dari perhitungan pengujian keausan dengan metode *Ogoshi* maka dibuat grafik.



Gambar. 4.12. Penggambaran hasil pengujian keausan dengan metode

ogoshi dengan menggunakan grafik batang

Data-data yang diperoleh pada penelitian ini terhadap nilai keausan menunjukkan adanya perubahan nilai keausan setelah diberikan perlakuan. Keausan terbaik dari bahan uji ialah pada variasi saluran penambah volume 6594mm^3 yaitu sebesar $0,51 \times 10^{-7}\text{mm}^2/\text{kg}$ lalu di atasnya ada saluran penambah volume 4710mm^3 yaitu sebesar $0,87 \times 10^{-7}\text{mm}^2/\text{kg}$, selanjutnya ada saluran penambah volume 2826mm^3 yaitu sebesar $2,77 \times 10^{-7}\text{mm}^2/\text{kg}$, nilai keausan terbesar pada variasi tanpa saluran penambah yaitu sebesar $4,24 \times 10^{-7}\text{mm}^2/\text{kg}$.

4.2 Pembahasan

Peningkatan kualitas struktur mikro dapat diketahui melalui kandungan kimia dari bahan produk tersebut, apabila kandungan kimia dari bahan produk tersebut memiliki kandungan silikon lebih dari 12% maka dapat disimpulkan akan semakin meningkat ketahanan aus produk tersebut karena kandungan

silikon tersebut memiliki sifat yang getas dan keras yang akan membantu sifat dari bahan utama yaitu aluminium.

Menurut *ASM Metallography dan Microstructure Volume 9* (2004) Paduan Aluminium-Silikon yang mempunyai kandungan silikon kurang dari 12% merupakan Al-Si Hipoeutektik sedangkan paduan yang memiliki kandungan Silikon lebih dari 12% merupakan Al-Si Hipereutektik

Struktur mikro yang terbaik pada hasil pengecoran ditunjukkan oleh spesimen hasil coran dengan variasi saluran penambah volume 6594mm^3 dibandingkan dengan variasi saluran penambah volume 4710mm^3 dan saluran penambah diameter volume 2826mm^3 serta variasi tidak menggunakan saluran penambah dibuktikan dengan pembentukan fasa struktur yang lebih rapat dan merata. Namun struktur mikro dari tutup motor listrik lebih baik dari pada spesimen hasil pengecoran ditunjukkan dari susunan fasa yang terbentuk lebih homogen.

Hasil ini sesuai dengan penelitian yang pernah dilakukan oleh Nindhia (2010: 31) yang melakukan penelitian tentang Studi Struktur mikro Silikon dalam Paduan Aluminium-Silikon pada Piston dari Berbagai Merek Sepeda Motor. Pada penelitian tersebut menyebutkan paduan aluminium yang digunakan untuk ketahanan aus adalah paduan aluminium-silikon. Paduan hipoeutektik mengandung fase aluminium primer yang lunak dan ulet serta mengandung fase silikon yang keras dan getas sesuai dengan reaksi eutektik. Fase silikon inilah yang memberikan kontribusi terhadap ketahanan aus yang baik bagi paduan ini. Silikon bersifat tidak larut dalam aluminium.

Paduan Al-Si Hipereutektik merupakan paduan yang paling banyak dipakai untuk keperluan ketahanan terhadap aus mengandung partikel silikon primer berukuran besar dan bersudut di samping juga mengandung eutektik silikon. Partikel silikon primer ini menghasilkan ketahanan aus yang baik bagi paduan ini. Dengan demikian Struktur mikro dari suatu produk benda akan berpengaruh terhadap ketahanan aus.

Peningkatan nilai porositas dapat diketahui melalui permeabilitas dari pasir cetakan yang dapat dipengaruhi dengan volume saluran penambah, apabila volume saluran penambah meningkat maka disimpulkan akan meningkatkan permeabilitas dari pasir cetakan karena gas-gas yang terperangkap dalam rongga cetakan akan mudah keluar ke permukaan melalui saluran penambah sehingga porositas akan menurun, demikian pula sebaliknya.

Nilai cacat porositas menunjukkan adanya perubahan nilai porositas setelah diberikan perlakuan. Dapat dilihat adanya pengaruh penambahan saluran penambah terhadap nilai porositas, nilai porositas terbaik dengan penambahan saluran penambah volume 6594mm^3 sebesar 37,97 % dan nilai porositas terburuk adalah variasi tanpa saluran penambah sebesar 33,07%.

Hal ini sesuai dengan sebagai penelitian (Fasya dan Iskandar, 2015:50) dalam penelitiannya yang berjudul melt loss dan porositas pada aluminium hasil daur ulang yang menyatakan nilai porositas yang bervariasi dan cukup tinggi tersebut dapat dikatakan dikarenakan pori-pori yang terbentuk membesar, faktor waktu penuangan yang berbeda-beda sehingga adanya udara yang terperangkap, dan perbedaan kandungan kotoran (*slag*) yang berbeda-

beda juga pada pasir cetakakan karena cetakan yang digunakan juga berbeda-beda untuk tiap pengecoran.

Selain itu, hasil tersebut relevan dengan isi buku karya Beeley (2001:48) yang berjudul *Foundry Technology Second Edition* yang menyatakan pada proses pengecoran logam memungkinkan munculnya gas-gas yang bereaksi menjadi komposisi kimia atau menjadi rongga-rongga udara. Gas tersebut muncul karena adanya udara yang terjebak selama proses penuangan, kontak antara logam cair dengan cetakan, atau dari lapisan yang terbentuk selama proses pembekuan sebagai hasil dari reaksi kimia atau perubahan mampu larut logam cair terhadap suhu. Dengan semakin besarnya saluran penambah dapat mengurangi kotoran (*slag*) karena kotoran akan terangkat keatas atau menuju saluran penambah dan mengurangi pori-pori akibat permeabilitas pasir cetakan.

Dengan demikian semakin banyaknya rongga rongga udara yang terperangkap pada produk benda maka semakin banyak nya cacat porositas yang akan mempengaruhi ketahanan aus dikarenakan semakin produk benda itu padat atau berkurangnya cacat porositas maka ketahanan aus pun akan meningkat

Peningkatan ketahanan aus atau keausan dapat diketahui melalui lamanya pembekuan yang dipengaruhi luas permukaan cor, apabila luas permukaan cor meningkat maka disimpulkan akan semakin mempercepat lamanya pembekuan sehingga mengakibatkan ketahanan aus juga akan meningkat, demikian pula sebaliknya. Peningkatan luas permukaan cor pada spesimen terjadi karena penambahan volume saluran penambah.

Nilai keausan menunjukkan adanya perubahan nilai keausan setelah diberikan perlakuan. Keausan terbaik dari bahan uji ialah pada variasi saluran penambah volume 6594mm^3 yaitu sebesar $0,51 \times 10^{-7}\text{mm}^2/\text{kg}$ lalu di atas nya ada saluran penambah volume 4710mm^3 yaitu sebesar $0,87 \times 10^{-7}\text{mm}^2/\text{kg}$, selanjutnya ada saluran penambah volume 2826mm^3 yaitu sebesar $2,77 \times 10^{-7}\text{mm}^2/\text{kg}$, nilai keausan terbesar pada variasi tanpa saluran penambah yaitu sebesar $4,24 \times 10^{-7}\text{mm}^2/\text{kg}$. Dari hasil pengamatan tersebut pada variasi tanpa saluran penambah nilai keausan relative tinggi terhadap yang lain disusul variasi saluran penambah volume 2826mm^3 , variasi saluran penambah volume 4710mm^3 dan variasi saluran penambah 6594mm^3 .

Hal ini sesuai dengan penelitian Tjitro (2001:42) yang menyatakan *Solidification contraction* terjadi pada bagian produk cor yang mengalami pembekuan terakhir. Penambah memberi logam cair yang mengimbangi penyusutan dalam pembekuan dari coran, sehingga penambah harus membeku lebih lambat dari coran. Arah pembekuan berhubungan dengan casting modulus. Casting modulus menunjukkan ratio antara volume cor dengan luas permukaannya. Jika volume cor cetakan meningkat berarti semakin banyak logam cair maka waktu untuk mendinginkan memerlukan waktu lebih lama. Sebaliknya panas yang ada di dalam cor harus dilepaskan melalui permukaan cor, semakin besar luas permukaan cor akan semakin cepat cor tersebut dingin. Jadi casting modulus semakin besar maka waktu yang dibutuhkan untuk pembekuan (*solidification*) semakin lama.

Berdasarkan penelitian Roziqin, dkk (2012:33) mengatakan bahwa semakin lama laju pembekuannya semakin rendah kekerasannya dan

ketahanan aus akan berbanding lurus dengan kekerasan. Dapat ditarik kesimpulan semakin besar volume saluran penambah (*riser*) suatu benda maka ketahanannya terhadap aus atau abrasi akan semakin baik.

Dengan demikian semakin tinggi ketahanan aus dari suatu produk benda dipengaruhi struktur mikro yang optimal dan semakin sedikitnya cacat porositas.

4.3 Keterbatasan Penelitian

Penelitian yang telah dilaksanakan memiliki beberapa kendala ataupun keterbatasan dalam proses pelaksanaannya, diantaranya sebagai berikut:

1. Hasil Pengecoran pada spesimen memiliki kendala terhadap pasir yang digunakan didalam pengecoran, karena pasir telah tercampur dengan unsur unsur lain sehingga mengganggu hasil dari coran. Diupayakan menggunakan pasir bentonit murni
2. Kurangnya fasilitas pendukung didalam lab untuk mendukung penelitian sehingga dibutuhkan tenaga ekstra untuk dapat mengatasi permasalahan ini. Diupayakan menggunakan laboratorium yang memiliki fasilitas yang lengkap.
3. Dalam pengecoran menggunakan komponen motor listrik bekas terdapat banyak kotoran pada komponen bekas tersebut sehingga mengakibatkan banyaknya terak (*slag*) yang terbentuk, sehingga sebelum dilakukan pengecoran lebih baik untuk membersihkan kotoran pada piston bekas agar mendapatkan hasil yang maksimal.

4. Dalam proses pengecoran, sulit untuk memilih komponen motor listrik yang sama merk dan jenisnya, sehingga berakibat kandungan Si yang tidak sama sehingga dapat mempengaruhi penelitian. Diupayakan menggunakan bahan yang memiliki kandungan kimia yang jelas dan seragam.

BAB V

PENUTUP

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada penelitian tentang pengaruh variasi volume saluran penambah (*riser*) terhadap cacat porositas, ketahanan aus dan struktur mikro komponen tutup mesin motor listrik dapat disimpulkan bahwa:

- 1) Struktur mikro hasil pengecoran dipengaruhi variasi volume saluran penambah (*riser*). Struktur mikro yang terbaik ditunjukkan oleh spesimen hasil coran dengan variasi saluran penambah volume 6594mm^3 dibandingkan dengan variasi saluran penambah volume 4710mm^3 dan saluran penambah diameter volume 2826mm^3 serta variasi tidak menggunakan saluran penambah dibuktikan dengan pembentukan fasa struktur yang lebih rapat dan merata. Namun struktur mikro dari tutup motor listrik lebih baik dari pada spesimen hasil pengecoran ditunjukkan dari susunan fasa yang terbentuk lebih homogen.
- 2) Cacat porositas hasil pengecoran dipengaruhi variasi volume saluran penambah (*riser*). Porositas yang terkecil ditunjukkan oleh spesimen hasil coran dengan variasi saluran penambah volume 6594mm^3 sebesar 37,97% dikarekan dengan semakin besarnya saluran penambah dapat mengurangi kotoran (*slag*) karena kotoran akan terangkat keatas atau

menuju saluran penambah dan mengurangi pori-pori akibat permeabilitas pasir cetakan.

- 3) Nilai keausan hasil pengecoran dipengaruhi variasi volume saluran penambah (*riser*). Sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan bahwa penambahan variasi volume saluran penambah (*riser*) dapat menurunkan nilai ketahanan aus dari hasil coran, dan yang paling baik dalam menurunkan nilai ketahanan aus adalah dengan penambahan variasi saluran penambah (*riser*) volume 6594mm^3 dengan nilai keausan sebesar $0,51 \times 10^{-7} \text{mm}^2/\text{kg}$. Hal ini dipengaruhi dengan perubahan banyaknya *void* atau kekosongan yang timbul pada saat penyusutan *Liquid contraction* dan *solidification contraction*. Semakin besar volume saluran penambah (*riser*), semakin banyak pula riser mensuplai *void* atau kekosongan yang ada sehingga dapat mempengaruhi ketahanan aus. Dapat ditarik kesimpulan semakin *solid* atau *void* yang sedikit suatu benda maka ketahanannya terhadap aus atau abrasi akan semakin baik.

5.2 Saran

- 1) Dianjurkan untuk menggunakan saluran penambah (*riser*) volume 6594mm^3 dengan hasil nilai keausan sebesar $0,51 \times 10^{-7} \text{mm}^2/\text{kg}$, dan nilai porositas sebesar 37,97 % untuk hasil yang optimal.
- 2) Dalam pengujian keausan dianjurkan memilih garis terbesar sehingga yang didapat adalah nilai keausan terbesarnya.
- 3) Perlu dipastikan bahan baku bersih atau tidak terdapat kotoran yang menempel.

DAFTAR PUSTAKA

- Almen, J.O. 1950. *in Mechanical Wear* (ed J.T. Burwell), American Society for Metals, pp. 229–288.
- ASM International Handbook Committee. 2004. *ASM Handbook: Volume 9: Metallography and Microstructures. Materials. ASM International, United States of America.*
- Beeley, P. 2001. *Foundry Technology Second Edition*. London: Butterworth Heinemann.
- Davis, L. A., dkk. 1992. Direct Measurement of The Constituent Porosities in a Dual-porosity Matrix. Society of Petrophysicists and Well-Log Analysts.
- Fasya, F., dan Iskandar, N. 2015. *Melt Loss dan Porositas pada Aluminium Hasil Daur Ulang. Jurnal Teknik Mesin*, 3(1), 44-50.
- Febriyanti, E. E. 2015. Optimasi Proses Pelapisan Anodisasi Keras pada Paduan Aluminium. *Jurnal Metalurgi*, 26(2), 109-116.
- Gaspari, J. 1999. *Making the Most Od Aluminium Scrap*. New York. Mechanical Engineering.
- Gopinath, V. dan Balanarasimman, N., 2012. *Effect of Solidification Parameters on the Feeding Efficiency of Lm6 Aluminium Alloy Casting. IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering*, 4(2), pp.32-38.
- Gunawan, H., & Tjitro, S. (2003). Analisa Pengaruh Bentuk Penampang Riser Terhadap Cacat Porositas. *Jurnal Teknik Mesin*, 5(1), 1-4
- Hardin, R. A., dkk. 2013. *Riser Sleeve Properties for Steel Castings and the Effect of Sleeve Type on Casting Yield. Proceedings of the 67th SFSA Technical and Operating Conference.*
- Jin, C. K., Seo, H. Y., dan Kang, C. G. 2017. *Heating System for Riser Size Minimizing in Sand Casting Process and its Experimental Verification. Metals*, 7(4), 130.
- Kato, K. 1989. *Theoretical Estimation of Abrasive Wear Resistance Based on Microscopic Wear Mechanism, Wear of Materials* (ed K.C. Ludema), ASME, New York, pp. 1–8.
- Roziqin, K., Purwanto, H., & Syafa'at, I. 2012. Pengaruh Model Sistem Saluran Pada Proses Pengecoran Aluminium Daur Ulang Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Coran Pulli Diameter 76 mm Dengan Cetakan Pasir. *Jurnal Momentum UNWAHAS*, 8(1), 114152.
- Lagdive, P.B. dan Inamdar, K.H., 2013. *Optimization of Riser in Casting Using Genetic Algorithm. International Archive of Applied Sciences And Technology*, 4, pp.21-26.
- Laxminarayana, P. dan Reddy, A.C.. 2004. *Design of Top Risers Using Parabolic Metal Flow Concept During Solidification. National Conference on Advanced Materials and Manufacturing Techniques.*
- Nimbulkar, S. L., dkk. 2016. *Design Optimization of Gating and Feeding System Through Simulation Technique for Sand Casting of Wear Plate. Perspectives in Science*, 8, 39–42.
- Neff, David V. 2002. *Understanding Aluminium Degassing. Modern Casting*. 24-26.

- Nindhia, T. G. T. (2010). Studi Struktur Mikro Silikon dalam Paduan Aluminium-Silikon pada Piston dari Berbagai Merek Sepeda Motor. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*.
- Qohar, A., dkk. 2016. Pengaruh Permeabilitas dan Temperatur Tuang Terhadap Cacat dan Densitas Hasil Pengecoran Aluminium Silikon (Al-Si) Menggunakan Sand Casting. *Jurnal Ilmiah Teknik Desain Mekanika*, Vol.6 No.1, Januari 2017, 1-6
- Raharja, A.B. 2011. *Teknik Pengecoran*. Yogyakarta: Insan Madani.
- Raharjo, S., Abdillah, F., dan Wanto, Y. 2011. Analisa Pengaruh Pengecoran Ulang Terhadap Sifat Mekanik Paduan Aluminium ADC 12. *Prosiding SNST Fakultas Teknik*, 1(1).
- Rizuan, M., dkk. 2009. *Effects of Gating Design on the Mechanical Strength of Thin Section Castings. Proceedings of MUCEET*, 1-4.
- Salam, R. Y., & Shahab, A. 2015. Studi Eksperimental Pengaruh Model Sistem Saluran Dan Variasi Temperatur Tuang Terhadap Prosentase Porositas, Kekerasan Dan Harga Impact Pada Pengecoran Adc 12 Dengan Metode Lost Foam Casting. *Jurnal Teknik ITS*, 4(1), B62-B67.
- Seo, H. Y., dkk. 2018. *Design of a Gate System and Riser Optimization for Turbine Housing and the Experimentation and Simulation of a Sand Casting Process. Advances in Mechanical Engineering*, 10(8).
- Shahmiri, M dan Y. H. K. Kharrazi . 2007. *The Effects of Gating Systems on the Soundness of Lost Foam Casting (LFC) Process Of Al-Si Alloy (A.413.0). International Journal of Engineering*, 20(2), 157-166.
- Sidharta, B., dkk. 2014. Pengaruh Konsentrasi Elektrolit dan Waktu Anodisasi Terhadap Ketahanan Lelah, Kekerasan serta Ketebalan Lapisan Oksida Paduan Aluminium pada Material Piston. *Jurnal Teknologi Technoscienti*, Vol. 7, No. 1.
- Sriwahyudi, E., Kusharjanta, B., dan Raharjo, W. P. 2014. Pengaruh Bentuk Saluran Turun (*Sprue*) Terhadap Cacat porositas dan Nilai Kekerasan pada Pengecoran Aluminium Menggunakan Metode Lost foam casting. *Mekanika*, 13(1).
- Sudibyo, A., dkk. 2013. Pengaruh Penampang Ingate Terhadap Cacat Porositas dan Nilai Kekerasan pada Proses Pengecoran Aluminium menggunakan Cetakan Pasir. *Mekanika*, 12(1).
- Sugiyono. 2012. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sun, Zhizhong dkk. 2008. *Gating System Design for a Magnesium Alloy Casting. J. Mater. Sci. Technol.*, Vol.24 No.1
- Sun, D., dkk. 2007. *Analysis of Gap Formation in the Casting of Energetic Materials. CTRC Research Publications. Paper 193*, pp.415-444.
- Surdia, T. dan Kenji C. 2000. *Teknik Pengecoran Logam*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Surdia, T. dan Saito, S.. 1985. *Pengetahuan Bahan Teknik*, Edisi Ke-4, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Tjitro, S. 2001. Pengaruh Bentuk Riser Terhadap Cacat Penyusutan Produk Cor Aluminium Cetakan Pasir. *Jurnal Teknik Mesin*, 3(2), 41-46.

Widayat, Widi dan Budiyo, Aris. 2014. Pengaruh Kadar Air Pasir Cetak Terhadap Kalitas Coran Paduan Aluminium. *Jurnal Kompetensi Teknik*, Vol. 6, No.1.

LAMPIRAN

LAMPIRAN

Lampiran 1. Penetapan Dosen Pembimbing



**KEPUTUSAN
DEKAN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
Nomor: 124 / FT - UNNES / 2018**

**Tentang
PENETAPAN DOSEN PEMBIMBING SKRIPSI/TUGAS AKHIR SEMESTER
GASAL/GENAP
TAHUN AKADEMIK 2017/2018**

- Menimbang** : Bahwa untuk memperlancar mahasiswa Jurusan/Prodi Teknik Mesin/Pend. Teknik Mesin Fakultas Teknik membuat Skripsi/Tugas Akhir, maka perlu menetapkan Dosen-dosen Jurusan/Prodi Teknik Mesin/Pend. Teknik Mesin Fakultas Teknik UNNES untuk menjadi pembimbing.
- Mengingat** : 1. Undang-undang No.20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional (Tambahan Lembaran Negara RI No.4301, penjelasan atas Lembaran Negara RI Tahun 2003, Nomor 78)
2. Peraturan Rektor No. 21 Tahun 2011 tentang Sistem Informasi Skripsi UNNES
3. SK. Rektor UNNES No. 164/O/2004 tentang Pedoman penyusunan Skripsi/Tugas Akhir Mahasiswa Strata Satu (S1) UNNES;
4. SK Rektor UNNES No.162/O/2004 tentang penyelenggaraan Pendidikan UNNES;
- Menimbang** : Usulan Ketua Jurusan/Prodi Teknik Mesin/Pend. Teknik Mesin Tanggal 23 Januari 2018

MEMUTUSKAN

- Menetapkan** :
- PERTAMA** : Menunjuk dan menugaskan kepada:
- Nama : Dr. Heri Yudiono, S.Pd., M.T.
NIP : 196707261993031003
Pangkat/Golongan : IV/a
Jabatan Akademik : Lektor Kepala
Sebagai Pembimbing
- Untuk membimbing mahasiswa penyusun skripsi/Tugas Akhir :
- Nama : RIZAL RAHMA SANDI
NIM : 5201414084
Jurusan/Prodi : Teknik Mesin/Pend. Teknik Mesin
Topik : SISTEM SALURAN PADA PENGECORAN ALUMINIUM
SANDCASTING
- KEDUA** : Keputusan ini mulai berlaku sejak tanggal ditetapkan.

Tembusan
1. Pembantu Dekan Bidang Akademik
2. Ketua Jurusan
3. Petinggal

5201414084
....: FM-03-AKD-24/Rev. 00 :....

DITETAPKAN DI : SEMARANG
PADA TANGGAL : 23 Januari 2018
DEKAN

Dr. Nur Qudus, M.T.
NIP. 196911301994031001

Lampiran 2. Surat Tugas Penguji



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
 UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
FAKULTAS TEKNIK
 Gedung Dekanat Kampus Sekaran Gunungpati Semarang 50229
 Telepon/Fax (024) 8508101 - 8508009
 Laman : <http://www.ft.unnes.ac.id>, email: ft@mail.unnes.ac.id

SURAT TUGAS

Nomor : 1407 /UN37.1.5/TU/2019

Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang memberi tugas kepada Saudara yang namanya tersebut di bawah ini sebagai Penguji Seminar Proposal Skripsi Mahasiswa Prodi S1 Pendidikan Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Adapun nama-namanya sebagai berikut:


No	Nama / NIP	Pangkat / Golru	Tugas
1	Drs. Sunyoto, M.Si. 196511051991021001	Pembina Tk. I, IV/b	Penguji 1
2	Dr. M. Khumaedi, M.Pd. 196209131991021001	Pembina Tk. I, IV/b	Penguji 2
3	Dr. Heri Yudiono, S.Pd., M.T. 196707261993031003	Pembina, IV/a	Pembimbing

untuk menguji mahasiswa :

Nama : Rizal Rahma Sandi
 NIM : 5201414084
 Prodi : S1 Pendidikan Teknik Mesin
 Topik : PENGARUH VARIASI VOLUME SALURAN PENAMBAH (RISER) TERHADAP KETAHANAN AUS DAN STRUKTUR MIKRO KOMPONEN TUTUP MESIN MOTOR LISTRIK

Waktu : Kamis, 07 Februari 2019
 Jam : 09.00 WIB-selesai
 Tempat : Gedung E5, Ruang 301, Lantai 3
 Pakaian : Hitam Putih Jas Almamater

Demikian agar tugas dilaksanakan dengan sebaik-baiknya.

Semarang, 31 Januari 2019
 Dekan

 Dr. Nur Qudus, M.T.
 NIP. 196911301994031001

Tembusan :
 1. Wakil Dekan Bidang II;
 2. Ketua Jurusan TM;
 3. Kasubbag Keuangan,
 Fakultas Teknik UNNES

Lampiran 3. Persetujuan Seminar Proposal



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
 UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
 FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
 Gedung E9, Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang. 50229
 Telepon/Fax: 024-8508101
 Laman: <http://mesin.unnes.ac.id>; E-mail: teknik.mesin@mail.unnes.ac.id

PERSETUJUAN SEMINAR PROPOSAL

Yang bertanda tangan dibawah ini menyetujui usulan pelaksanaan seminar proposal skripsi mahasiswa dibawah ini:

Nama /NIM : Rizal Rahma Sandi
 Prodi : Pendidikan Teknik Mesin S1
 Judul TA/Skripsi : PENGARUH VARIASI VOLUME SALURAN PENAMBAH (*RISER*)
 TERHADAP KETAHANAN AUS DAN STRUKTUR MIKRO KOMPONEN
 TUTUP MESIN MOTOR LISTRIK

Hari/ Tgl. Seminar :

Jam :

Tempat :

Berdasarkan pertimbangan program studi diputuskan calon penguji untuk diundang sebagai berikut:

1. Penguji 1 : *Drs. Sunyoto, M. Si*
2. Penguji 2 : *Dr. M. Khumaidi, M. Pd*
3. Pembimbing : Dr. Heri Yudiono, S.Pd., M.T.

Semarang, 25 Januari 2019
 Koordinator Prodi Pend. Teknik Mesin S1

Rusiyanto, SPd, MT
 NIP. 19740321 1999031002

dan telah memenuhi syarat sebagai berikut:

- Bukti pernah mengikuti seminar proposal minimal 5 kali
- Selesai bimbingan proposal
- Pengumuman undangan mahasiswa (sesuai format)
- Lembar presensi peserta
- Ringkasan proposal untuk peserta seminar

Semarang, 3 Januari 2019
 Petugas Administrasi,

Vita Yuliana
 Vita Yuliana

Lampiran 4. Undangan Seminar Proposal Skripsi



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
Gedung E9, Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang. 50229
Telepon/Fax: 024-8508101
Laman: <http://mesin.unnes.ac.id>; E-mail: teknik.mesin@mail.unnes.ac.id

UNDANGAN SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI

Dengan selesainya bimbingan proposal skripsi saya:

Nama : Rizal Rahma Sandi

NIM : 5201414084

Judul Skripsi : PENGARUH VARIASI VOLUME SALURAN PENAMBAH (*RISER*) TERHADAP
KETAHANAN AUS DAN STRUKTUR MIKRO KOMPONEN TUTUP MESIN
MOTOR LISTRIK

mengharap rekan-rekan mahasiswa dapat menghadiri seminar proposal skripsi pada:

Hari : Kamis

Tanggal : 7 Februari 2019

Waktu : 09.00

Tempat : Ruang E5.301

Demikian, atas kehadiran rekan-rekan saya ucapkan terima kasih:

Semarang, 30 Januari 2018

Rizal Rahma Sandi
NIM 5201414084

Lampiran 5. Presensi Seminar Proposal Skripsi

PRESENSI SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI

Nama : Rizal Rahma Sandi
 NIM : 5201414084
 Judul Skripsi : PENGARUH VARIASI VOLUME SALURAN PENAMBAH
 (RISER) TERHADAP KETAHANAN AUS DAN STRUKTUR
 MIKRO KOMPONEN TUTUP MESIN MOTOR LISTRIK
 Hari/Tgl : Kamis, 7 Februari 2019
 Waktu : 09.00 - selesai
 Tempat : Ruang E5.301

No	Nama	NIP/NIM	Tanda tangan
1.	Drs. Sunyoto M.Si.	196511051991021001	1
2.	Dr. Muhammad Khumaedi M.Pd.	196209131991021001	2
3.	Dr. Heri Yudiono, S.Pd., M.T	196707261993031003	3
4.	Sandi Klibowo	5201414079	4
5.	A Haran	5201414665	5
6.	M. Anshur M	5201415038	6
7.	Rizqi Lohur P.	5201414067	7
8.	Gest Handu Masjid	5201414033	8
9.	ASHAR. Reddy	- u - 95	9
10.	Muh. Lukhran Khulugi	5201414092	10
11.	Risma M.S	5201414078	11
12.	Amp Nugroho	5202415032	12
13.	Ahmad Wildan	5202415025	13
14.	Danang Bayu S	5202415042	14
15.	Dwi Octa Kusuma Putra	5201414031	15
16.	Aprtanur Fajri	5201414038	16
17.	Govinda Pratama	5201414072	17
18.	Muh. Cahalib. Husain	5201414074	18
19.	Arqa Abim Budiman	5202412033	19
20.	Sugito Utuh Parwono	5202412040	20
21.	P Aji	5201414069	21
22.	Pinggin Panleui	5201414072	22

Lampiran 6. Berita Acara Seminar Proposal Skripsi

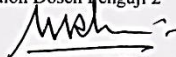
**BERITA ACARA
SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI/TA****Proposal skripsi Mahasiswa**

Nama : RIZAL RAHMA SANDI
Nim : 5201414084
Prodi : PTM
Judul Skripsi/TA : PENGARUH VARIASI VOLUME SALURAN PENAMBAH (RISER)
TERHADAP KETAHANAN AUS DAN STRUKTUR MIKRO
KOMPONEN TUTUP MESIN MOTOR LISTRIK

Telah diseminarkan pada

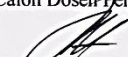
Hari/ Tanggal : Kamis, 7 Februari 2019
Pukul : 09.00 WIB
Tempat : Ruang E5 301 Teknik Mesin
Jumlah Dosen hadir : 3 orang
Jumlah mhs hadir : 19 orang (Daftar hadir terlampir)
Kesimpulan hasil seminar: proposal direvisi

Calon Dosen Penguji 2


Dr. Muhammad Khumaedi M.Pd.
NIP. 196209131991021001

Semarang, 14 Februari 2019

Calon Dosen Penguji 1


Drs. Sunyoto M.Si.
NIP.196511051991021001

Dosen Pembimbing


Dr. Heri Yudianto, S.Pd., M.T.
NIP. 196707261993031003

Lampiran 7. Surat Izin Penelitian di Universitas Negeri Semarang



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

FAKULTAS TEKNIK

Gedung Dekanat FT, Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang

Telepon (024) 8508101, Faksimile (024) 8508009

Laman: <http://ft.unnes.ac.id>, surel: ft@mail.unnes.ac.id

Nomor : B/6322/UN37.1.5/LT/2019
Hal : Izin Penelitian

13 Juni 2019

Yth. Kepala Laboratorium Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas negeri Semarang

Dengan hormat, bersama ini kami sampaikan bahwa mahasiswa di bawah ini:

Nama : Rizal Rahma Sandi
NIM : 5201414084
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin, S1
Semester : Genap
Tahun akademik : 2018/2019
Judul : Pengaruh Variasi Volume Saluran Penambah (Riser) Terhadap
Ketahanan Aus Dan Struktur Mikro Komponen Tutup Mesin Motor
Listrik

Kami mohon yang bersangkutan diberikan izin untuk melaksanakan penelitian skripsi di perusahaan atau instansi yang Saudara pimpin, dengan alokasi waktu 14 Juni s.d. 14 Juli 2019.

Atas perhatian dan kerjasama Saudara, kami mengucapkan terima kasih.



Wakil Dekan Bid. Akademik,

Dr. Ir. F Made Sudana, M.Pd. IPM
NIP. 195605081984031004

Tembusan:
Dekan FT;
Universitas Negeri Semarang



Nomor Agenda Surat : 593 035 850 7

Sistem Informasi Surat Dinas - UNNES (2019-06-19 14:34:54)

Lampiran 8. Surat Izin Penelitian di Universitas Gadjah Mada



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

FAKULTAS TEKNIK

Gedung Dekanat FT, Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang

Telepon (024) 8508101, Faksimile (024) 8508009

Laman: <http://ft.unnes.ac.id>, surel: ft@mail.unnes.ac.id

Nomor : B/12251/UN37.1.5/LT/2019

07 Oktober 2019

Hal : Izin Penelitian

Yth. Kepala Laboratorium Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada

Dengan hormat, bersama ini kami sampaikan bahwa mahasiswa di bawah ini:

Nama : Rizal Rahma Sandi
NIM : 5201414084
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin, S1
Semester : Gasal
Tahun akademik : 2019/2020
Judul : Pengaruh Variasi Volume Saluran Penambah (Riser) Terhadap
Ketahanan Aus Dan Struktur Mikro Komponen Tutup Mesin Motor
Listrik

Kami mohon yang bersangkutan diberikan izin untuk melaksanakan penelitian skripsi di perusahaan atau instansi yang Saudara pimpin, dengan alokasi waktu 8 Oktober - 11 Oktober 2019.

Atas perhatian dan kerjasama Saudara, kami mengucapkan terima kasih.



an. Dekan FT
Wakil Dekan Bid. Akademik,

Dr.-Ing. Dhidik Prastiyanto, S.T., M.T.
NIP-197805312005011002

Tembusan:
Dekan FT;
Universitas Negeri Semarang



Nomor Agenda Surat : 983 440 084 7

Sistem Informasi Surat Dinas - UNNES (2019-10-07 14:15:48)

Lampiran 9. Surat Keterangan Penelitian di Universitas Gadjah Mada



**LABORATORIUM BAHAN TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN DAN INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS GADJAH MADA**
Jl. Grafika No. 2, Kampus UGM Yogyakarta, 55281
Telp. (0274) 521673, Fax. (0274) 521673

No. : /Lab Bahan Teknik/DTMI/UGM/2019.
Lamp. : -
Hal : SURAT KETERANGAN

SURAT KETERANGAN

Kami selaku pengelola Laboratorium Bahan Teknik Departemen Teknik Mesin dan Industri Universitas Gajah Mada menerangkan bahwa mahasiswa tersebut di bawah ini :

Nama : Rizal Rahma Sandi
NIM : 5201414084
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin, S1
Fakultas : Teknik, Universitas Negeri Semarang

Telah bebas dari segala tanggungan di laboratorium kami, dan telah selesai melakukan penelitian dengan Judul:

**“PENGARUH VARIASI VOLUME SALURAN PENAMBAH (RISER) TERHADAP
KETAHANAN AUS DAN STRUKTUR MIKRO KOMPONEN TUTUP MESIN
MOTOR LISTRIK”**

Demikian surat keterangan ini dibuat dengan sebenar-benarnya, untuk dimanfaatkan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 11 Juli 2019
PLP Laboratorium
Bahan Teknik UGM


Sunhaji
NIP:196506041986121001



Lampiran 10. Data Hasil Uji Keausan



LABORATORIUM BAHAN TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN DAN INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS GADJAH MADA
 Jl. Grafika No. 2, Kampus UGM Yogyakarta, 55281
 Telp. (0274) 521673, Fax. (0274) 521673

No. : /Lab Bahan Teknik/DTMI/UGM/2019.
 Lamp. :
 Hal : Hasil Uji Keausan
 Pemilik Material : Rizal Rahma Sandi

DATA HASIL UJI KEAUSAN

Kode Spesimen	Ws (mm/kg)
Kontrol	$2,91 \times 10^{-7}$
A1	$4,06 \times 10^{-7}$
A2	$5,19 \times 10^{-7}$
A3	$4,21 \times 10^{-7}$
B1	$3,22 \times 10^{-7}$
B2	$2,41 \times 10^{-7}$
B3	$0,94 \times 10^{-7}$
C1	$0,71 \times 10^{-7}$
C2	$0,78 \times 10^{-7}$
C3	$1,08 \times 10^{-7}$
D1	$0,38 \times 10^{-7}$
D2	$0,5 \times 10^{-7}$
D3	$1,15 \times 10^{-7}$

Yogyakarta, 11 Juli 2019
 Teknisi Laboratorium
 Bahan Teknik UGM


Sunhaji
 NIP:196506041986121001





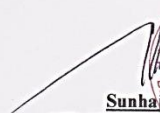
LABORATORIUM BAHAN TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN DAN INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS GADJAH MADA
Jl. Grafika No. 2, Kampus UGM Yogyakarta, 55281
Telp. (0274) 521673, Fax. (0274) 521673

No. : /Lab Bahan Teknik/DTMI/UGM/2019.
Lamp. :
Hal : Hasil Uji Keausan
Pemilik Material : Rizal Rahma Sandi

DATA HASIL UJI KEAUSAN

Kode Spesimen	W _s (mm/kg)
Kontrol 1	2,80 x 10 ⁻⁷
Kontrol 2	2,57 x 10 ⁻⁷
A4	4,44 x 10 ⁻⁷
B4	2,68 x 10 ⁻⁷
D4	0,66 x 10 ⁻⁷

Yogyakarta, 9 Oktober 2019
Teknisi Laboraturium
Bahan Teknik UGM


Sunhaji
NIP:196506041986121001



Lampiran 11. Data Hasil Uji Komposisi di Laboratorium Logam Ceper



POLITEKNIK MANUFAKTUR CEPER
LABORATORIUM LOGAM CEPER

Batur, Tegalrejo, Cepher, Klaten 57465 - Jawa Tengah, Telp./Fax. (0272) 552968
Website : www.polmanceper.ac.id; E-mail : lab_polmanceper@yahoo.co.id

LAPORAN PENGUJIAN

Nomor : 276/UJI/SPMS/VIII/2019

Pelanggan : **Rizal Rahma Sandi**
NIM 5201414084
Univ. Negeri Semarang

Ket.Sampel : Langsung Produk

Hasil :

Jenis Pengujian : Komposisi Kimia

Tanggal Diterima : 25 Juli 2019

Tanggal Pengujian : 02 Agustus 2019

Program : Aluminium

UNSUR	SAMPEL UJI	
	19/S633 (%)	Deviasi
Al	68,51	3,389
Si	21,3	1,01
Fe	6,62	2,77
Cu	0,680	0,213
Mn	0,0202	0,0014
Mg	0,296	0,285
Cr	<0,0150	<0,0000
Ni	0,175	0,268
Zn	0,0603	0,0872
Sn	<0,0500	<0,0000
Ti	0,0244	0,0250
Pb	0,256	0,342
Be	0,0003	0,0005
Ca	0,0036	0,0012
Sr	<0,0005	0,0000
V	1,57	2,71
Zr	0,0467	0,236



Klaten, 02 Agustus 2019

Manajer Teknik



Lutiyatni, ST., MT.

Halaman 1 dari 2

Menguasai Logam Menguasai Dunia



POLITEKNIK MANUFAKTUR CEPER LABORATORIUM LOGAM CEPER

Batur, Tegalrejo, Ceper, Klaten 57465 - Jawa Tengah, Telp./Fax. (0272) 552968
Website : www.polmanceper.ac.id; E-mail : lab_polmanceper@yahoo.co.id

LAPORAN PENGUJIAN

Nomor : 353/UJI/SPMS/XI/2018 Jenis Pengujian : Komposisi Kimia
Pelanggan : **Rizal Rahma Sandi** Tanggal Diterima : 25 Oktober 2018
NIM 5201414084 Tanggal Pengujian : 02 November 2018
Andi Ahmad Abdul Q Program : Aluminium
NIM 5201414090 Universitas Semarang
Ket.Sampel : Langsung Produk
Hasil :




UNSUR	SAMPel UJI	
	18/S979(%)	Deviasi
Al	84,56	0,5350
Si	12,6	0,604
Fe	1,10	0,105
Cu	0,126	0,0017
Mn	0,264	0,0157
Mg	<0,0500	<0,0000
Cr	<0,0150	<0,0000
Ni	<0,0200	<0,0000
Zn	1,13	0,0070
Sn	0,0556	0,0033
Ti	0,0099	0,0004
Pb	<0,0300	<0,000
Be	0,0001	0,0000
Ca	0,0061	0,0022
Sr	<0,0005	<0,0000
V	<0,0100	<0,0000
Zr	<0,0030	<0,0000

Laporan ini tidak boleh digandakan sebagian
Laporan pengujian ini hanya berlaku untuk sampel yang diuji

Klaten, 05 November 2018
Manajer Teknik

Lutfiyani, ST., MT.

Lampiran 12. Surat Tugas Panitia Ujian Skripsi

	KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG FAKULTAS TEKNIK Gedung Dekanat Kampus Sekaran Gunungpati Semarang 50229 Telepon/Fax (024) 8508101 - 8508009 Laman : http://www.ft.unnes.ac.id , email: ft@mail.unnes.ac.id
<hr/>	
No.	: 1815/UN37.1.5/KM/2020
Lamp.	:
Hal	: Surat Tugas Panitia Ujian Sarjana
Dengan ini kami tetapkan bahwa ujian Sarjana Fakultas Teknik UNNES untuk jurusan teknik mesin adalah sebagai berikut:	
I. Susunan Panitia Ujian:	
a. Ketua	: RUSIYANTO, S.Pd., M.T.
b. Sekretaris	: RUSIYANTO, S.Pd., M.T.
c. Pembimbing Utama	: Dr. Heri Yudiono, S.Pd., M.T.
d. Penguji	: 1. Drs. Sunyoto, M.Si. : 2. Dr. M. Khumaedi, M.Pd.
II. Calon yang diuji:	
Nama	: RIZAL RAHMA SANDI
NIM/Jurusan/Program Studi	: 5201414084/Teknik Mesin : Pendidikan Teknik Mesin, S1
Judul Skripsi	: Pengaruh Variasi Volume Saluran Penambah (Riser) Terhadap Ketahanan Aus dan Struktur Mikro Komponen Tutup Mesin Motor Listrik
III. Waktu dan Tempat Ujian:	
Hari/Tanggal	: Rabu / 12 Februari 2020
Jam	: 09:00:00
Tempat	: E9 Lt.2 Ruang Ujian
Pakaian:	:
Tembusan 1. Ketua Jurusan Teknik Mesin 2. Calon yang diuji	Semarang, 10 Februari 2020 Dekan  Dr. Nur Qudus, M.T. NIP. 196911301994031001
	

Lampiran 13. Perhitungan Nilai Keausan Spesifik

Perhitungan nilai keausan spesifik pada masing-masing spesimen

1. Nilai keausan spesifik spesimen variasi dengan tanpa saluran penambah

$$a. \quad W_s = \frac{B.b^3}{8r.po.lo} \text{ (mm}^2\text{/kg)}$$

$$W_s = \frac{1,587 \times 1,63^3}{(8 \times 15) \times 2,12 \times 66600} \text{ (mm}^2\text{/kg)}$$

$$W_s = 0,9366 \times 1,63^3 \times 10^{-7} \text{ (mm}^2\text{/kg)}$$

$$W_s = 4,06 \times 10^{-7} \text{ (mm}^2\text{/kg)}$$

$$b. \quad W_s = \frac{B.b^3}{8r.po.lo} \text{ (mm}^2\text{/kg)}$$

$$W_s = \frac{1,587 \times 1,68^3}{(8 \times 15) \times 2,12 \times 66600} \text{ (mm}^2\text{/kg)}$$

$$W_s = 0,9366 \times 1,68^3 \times 10^{-7} \text{ (mm}^2\text{/kg)}$$

$$W_s = 4,44 \times 10^{-7} \text{ (mm}^2\text{/kg)}$$

$$c. \quad W_s = \frac{B.b^3}{8r.po.lo} \text{ (mm}^2\text{/kg)}$$

$$W_s = \frac{1,587 \times 1,65^3}{(8 \times 15) \times 2,12 \times 66600} \text{ (mm}^2\text{/kg)}$$

$$W_s = 0,9366 \times 1,65^3 \times 10^{-7} \text{ (mm}^2\text{/kg)}$$

$$W_s = 4,21 \times 10^{-7} \text{ (mm}^2\text{/kg)}$$

2. Nilai keausan spesifik spesimen dengan variasi saluran penambah diameter 15mm

$$a. \quad W_s = \frac{B.b^3}{8r.po.lo} \text{ (mm}^2\text{/kg)}$$

$$W_s = \frac{1,587 \times 1,51^3}{(8 \times 15) \times 2,12 \times 66600} \text{ (mm}^2\text{/kg)}$$

$$W_s = 0,9366 \times 1,51^3 \times 10^{-7} \text{ (mm}^2\text{/kg)}$$

$$W_s = 3,22 \times 10^{-7} \text{ (mm}^2\text{/kg)}$$

$$b. \quad W_s = \frac{B.b^3}{8r.po.lo} \text{ (mm}^2\text{/kg)}$$

$$W_s = \frac{1,587 \times 1,37^3}{(8 \times 15) \times 2,12 \times 66600} \text{ (mm}^2\text{/kg)}$$

$$W_s = 0,9366 \times 1,37^3 \times 10^{-7} \text{ (mm}^2\text{/kg)}$$

$$W_s = 2,41 \times 10^{-7} \text{ (mm}^2\text{/kg)}$$

$$c. \quad W_s = \frac{B.b^3}{8r.po.lo} \text{ (mm}^2\text{/kg)}$$

$$W_s = \frac{1,587 \times 1,42^3}{(8 \times 15) \times 2,12 \times 66600} \text{ (mm}^2\text{/kg)}$$

$$W_s = 0,9366 \times 1,42^3 \times 10^{-7} \text{ (mm}^2\text{/kg)}$$

$$W_s = 2,68 \times 10^{-7} \text{ (mm}^2\text{/kg)}$$

3. Nilai keausan spesifik spesimen dengan variasi saluran penambah diameter 25mm

$$a. \quad W_s = \frac{B.b^3}{8r.po.lo} \text{ (mm}^2\text{/kg)}$$

$$W_s = \frac{1,587 \times 0,91^3}{(8 \times 15) \times 2,12 \times 66600} \text{ (mm}^2\text{/kg)}$$

$$W_s = 0,9366 \times 0,91 \times 10^{-7} \text{ (mm}^2\text{/kg)}$$

$$W_s = 0,71 \times 10^{-7} \text{ (mm}^2\text{/kg)}$$

$$b. \quad W_s = \frac{B.b^3}{8r.po.lo} \text{ (mm}^2\text{/kg)}$$

$$W_s = \frac{1,587 \times 0,94^3}{(8 \times 15) \times 2,12 \times 66600} \text{ (mm}^2\text{/kg)}$$

$$W_s = 0,9366 \times 0,94^3 \times 10^{-7} \text{ (mm}^2\text{/kg)}$$

$$W_s = 0,78 \times 10^{-7} \text{ (mm}^2\text{/kg)}$$

$$c. \quad W_s = \frac{B.b^3}{8r.po.lo} \text{ (mm}^2\text{/kg)}$$

$$W_s = \frac{1,587 \times 1,05^3}{(8 \times 15) \times 2,12 \times 66600} \text{ (mm}^2\text{/kg)}$$

$$W_s = 0,9366 \times 1,05^3 \times 10^{-7} \text{ (mm}^2\text{/kg)}$$

$$W_s = 1,08 \times 10^{-7} \text{ (mm}^2\text{/kg)}$$

4. Nilai keausan spesifik spesimen dengan variasi saluran penambah diameter 35mm

$$a. \quad W_s = \frac{B.b^3}{8r.po.lo} \text{ (mm}^2\text{/kg)}$$

$$W_s = \frac{1,587 \times 0,74^3}{(8 \times 15) \times 2,12 \times 66600} \text{ (mm}^2\text{/kg)}$$

$$W_s = 0,9366 \times 0,74^3 \times 10^{-7} \text{ (mm}^2\text{/kg)}$$

$$W_s = 0,38 \times 10^{-7} \text{ (mm}^2\text{/kg)}$$

b. $W_s = \frac{B.b^3}{8r.po.lo} \text{ (mm}^2\text{/kg)}$

$$W_s = \frac{1,587 \times 0,81^3}{(8 \times 15) \times 2,12 \times 66600} \text{ (mm}^2\text{/kg)}$$

$$W_s = 0,9366 \times 0,81^3 \times 10^{-7} \text{ (mm}^2\text{/kg)}$$

$$W_s = 0,5 \times 10^{-7} \text{ (mm}^2\text{/kg)}$$

c. $W_s = \frac{B.b^3}{8r.po.lo} \text{ (mm}^2\text{/kg)}$

$$W_s = \frac{1,587 \times 0,89^3}{(8 \times 15) \times 2,12 \times 66600} \text{ (mm}^2\text{/kg)}$$

$$W_s = 0,9366 \times 0,89^3 \times 10^{-7} \text{ (mm}^2\text{/kg)}$$

$$W_s = 0,66 \times 10^{-7} \text{ (mm}^2\text{/kg)}$$

5. Nilai keausan spesifik tutup motor listrik mobil Kijang (kontrol)

a. $W_s = \frac{B.b^3}{8r.po.lo} \text{ (mm}^2\text{/kg)}$

$$W_s = \frac{3 \times 1,46^3}{(8 \times 15) \times 2,12 \times 66600} \text{ (mm}^2\text{/kg)}$$

$$W_s = 0,9366 \times 1,46^3 \times 10^{-7} \text{ (mm}^2\text{/kg)}$$

$$W_s = 2,91 \times 10^{-7} \text{ (mm}^2\text{/kg)}$$

b. $W_s = \frac{B.b^3}{8r.po.lo} \text{ (mm}^2\text{/kg)}$

$$W_s = \frac{3 \times 1,44^3}{(8 \times 15) \times 2,12 \times 66600} \text{ (mm}^2\text{/kg)}$$

$$W_s = 0,9366 \times 1,44^3 \times 10^{-7} \text{ (mm}^2\text{/kg)}$$

$$W_s = 2,80 \times 10^{-7} \text{ (mm}^2\text{/kg)}$$

c. $W_s = \frac{B.b^3}{8r.po.lo} \text{ (mm}^2\text{/kg)}$

$$W_s = \frac{3 \times 1,40^3}{(8 \times 15) \times 2,12 \times 66600} \text{ (mm}^2\text{/kg)}$$

$$W_s = 0,9366 \times 1,40 \times 10^{-7} \text{ (mm}^2\text{/kg)}$$

$$W_s = 2,57 \times 10^{-7} \text{ (mm}^2\text{/kg)}$$

Lampiran 14. Dokumentasi Penelitian



Pembuatan Cetakan dari pasir



Peleburan Bahan



Penyusunan saluran pengecoran



Penuangan Leburan Aluminium



Pembongkaran cetakan



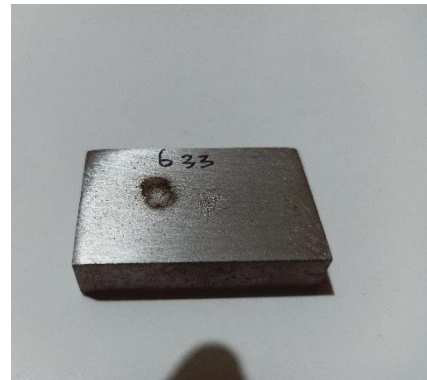
Suhu Peleburan dari Thermocouple



Hasil Pengecoran yang sudah di Mechining sesuai ukuran spesimen



Pengujian komposisi kimia dengan Spectrometer



Spesimen setelah diuji



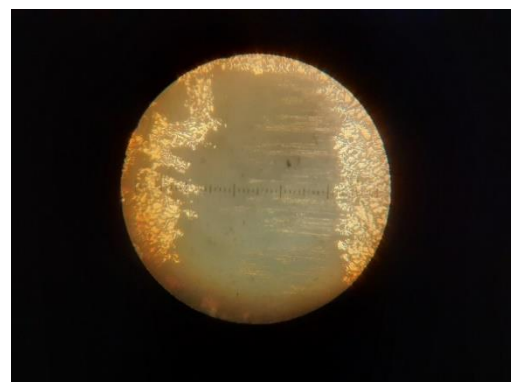
Pengujian Keausan



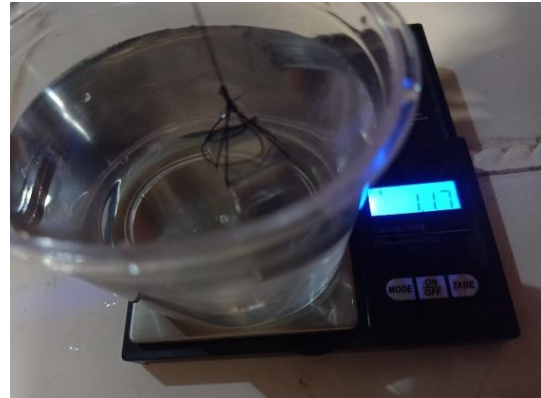
pengujian keausan



Hasil pengujian pada spesimen



Pengamatan lebar goresan pada microscope



Penimbangan berat spesimen pada timbangan digital saat kering dan saat melayang pada gelas