

ABSTRAK

Salah satu metode dalam proses pengecoran adalah pengecoran sentrifugal yang pada umumnya digunakan untuk memperbaiki sifat material dan menghasilkan komponen berbentuk silinder atau komponen yang simetris pada cetakan yang berputar. Oleh karena itu perlu dipelajari tentang proses pengecoran sentrifugal dan produk hasil pengecoran sentrifugal dengan menggunakan material aluminium yang meliputi cacat–cacat pengecoran dan sifat mekanik.

Dalam tugas akhir ini dilakukanlah beberapa percobaan pengecoran kemudian dilakukan pengujian visual untuk melihat cacat–cacat permukaan hasil pengecoran dan uji keras serta uji metalografi untuk mengetahui sifat–sifat mekanik dari hasil pengecoran tersebut.

Hasil dari pengecoran sentrifugal dengan menggunakan material aluminium terdapat cacat *clod shut* dan cacat *porosity*. Pada pengamatan struktur mikro spesimen hasil pengecoran sentrifugal dibandingkan dengan struktur mikro yang ada *Atlas Microstructure* maka diperkirakan material yang digunakan pada penelitian ini merupakan jenis aluminium alloy 443.0. Struktur mikro hasil pengecoran sentrifugal pada penelitian ini memiliki bentuk butir *equiaxial* yang halus. Aluminium hasil pengecoran sentrifugal memiliki harga kekerasan 65,3 HB sedangkan standar kekerasan aluminium alloy 443.0 adalah 45 HB. Meningkatnya harga kekerasan ini akibat bentuk butir yang halus karena pendinginan yang cepat dan adanya gaya sentrifugal sehingga butir tidak sempat berkembang.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Dengan memanjatkan puji dan syukur kehadirat Allah S.W.T, yang telah memberikan kekuatan, rahmat dan hidayah-Nya. Shalawat serta salam senantiasa tercurah limpahkan kepada Nabi kita Muhammad S.A.W, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir. Tugas akhir saya yang berjudul **“ANALISIS HASIL PENGECORAN SENTRIFUGAL DENGAN MENGGUNAKAN MATERIAL ALUMINIUM”** ini ditempuh untuk memenuhi salah satu syarat mencapai Strata Satu (S-1) di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pasundan Bandung.

Penulis menyadari penulisan laporan ini jauh dari kesempurnaan, itu dikarenakan keterbatasan dari penulis. Untuk itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dalam penulisan laporan tugas akhir ini, semoga laporan ini berguna bagi penulis dan untuk pihak-pihak lain sebagai acuan untuk kebutuhan ilmu pengetahuan.

Dalam proses pengerjaan dan penyusunan laporan tugas akhir ini tidak lepas dari pengarahan dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan laporan tugas akhir kepada :

1. Allah SWT dengan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis yang tak terhingga.
2. Kedua orang tua tercinta, yang tanpa henti memberikan kasih sayang, dukungan moril dan materil serta doa yang tiada hentinya diberikan untuk penulis.
3. Bapak Ir. Bukti Tarigan, MT. Selaku pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, arahan serta masukan, dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Bapak Ir. Endang Achdi, MT. Selaku pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, arahan serta masukan, dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

5. Bapak Maman dan karyawan PT. Silika Foundry terimakasih atas kesempatan belajar dan melaksanakan proses pengecoran.
6. Terimakasih kepada Bravian Alifin, Yogi sumardi, Brahm Wiratma, Charli Caniadi, Rahmadi, Edho Prakoso, M. Iqbal Taufani, Septian Nugraha, Andre Dwi D, Asep irfan, Debi Prima, Hidayatullah, Resno Anjasmara, Dan Tiko Tahyudin yang selalu memberikan support kepada penulis.
7. Seluruh teman-teman Teknik Mesin Universitas Pasundan Bandung angkatan 2012 yang tidak bisa penulis sebut satu-persatu yang telah memberikan dukungan.
8. Terimakasih kepada teman-teman Demisioner Kabinet "One For All" yang telah berjuang bersama dalam kepengurusan organisasi HMM 2015-2016.
9. *My special one* Aulia Prisani, yang selalu memberikan dorongan positif kepada penulis untuk selalu optimis dan mensyukuri terhadap apa yang telah dicapai
10. Terimakasih kepada segenap Dosen dan Staf TU Program Studi Teknik Mesin Universitas Pasundan Bandung.

Semoga Allah SWT memberikan imbalan yang berlimpah ganda atas semua kebaikan yang telah diberikan kepada penulis. Serta semoga laporan ini memberikan manfaat kepada penulis khususnya dan kepada pembaca umumnya.
Aamiin.

Wassalamu 'alaikum Wr. Wb.

Bandung, September 2016

Suhada Amir Mukminin

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN

ABSTRAK

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vii

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan.....	1
1.3. Rumusan Masalah	1
1.4. Batasan Masalah.....	2
1.5. Manfaat Penelitian.....	2
1.6. Sistematika Penulisan.....	2

BAB II STUDI LITERATUR

2.1. Definisi Pengecoran Logam	4
2.2. Definisi Pengecoran Sentrifugal	6
2.2.1. Pengecoran Sentrifugal Sejati	7
2.2.2. Pengecoran Semi Sentrifugal	9
2.2.3. Pengecoran Sentrifuge	10
2.3. Parameter Pengecoran Sentrifugal	11
2.4. Aluminium	12
2.4.1. Kalsifikasi Paduan Aluminium	12
2.4.2. Pengaruh Penambahan Paduan Pada Aluminium Cor	14
2.4.3. Paduan Aluminium Silikon (Al – Si).....	19
2.5. Pengecoran Aluminium.....	21
2.5.1. Hal-Hal Yang Harus Diperhatikan Pada Saat Pengecoran Aluminium	21
2.6. Pengujian.....	27
2.6.1. <i>Visual Test</i>	27
2.6.2. Uji Keras	28
2.6.3. Uji Metalografi.....	29

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Rencana Proses Pengujian	30
3.2. Perancangan Pengecoran.....	31
3.3. Penyiapan Material dan Alat	32
3.3.1. Penyiapan Material	32
3.3.2. Penyiapan Mesin	33
3.3.3. Persiapan Cetakan Logam.....	34
3.3. Pengujian Metalografi.....	35
3.4. Uji Keras	41

BAB IV DATA DAN ANALISIS

4.1. Pelaksanaan Proses Pengecoran.....	43
4.1.1. Percobaan Pertama	43
4.1.2. Percobaan Kedua.....	44
4.2. <i>Visual Test</i>	48
4.3. Uji Metalografi.....	53
4.4. Uji Keras	56

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan	58
5.2. Saran.....	59

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Proses Pengecoraan	5
Gambar 2.2. Proses Pengecoran Sentrifugal Sejati	7
Gambar 2.3. Proses Pengecoran Semi Sentrifugal	9
Gambar 2.4. Proses Pengecoran Sentrifuge	10
Gambar 2.5. Diagram fasa Al-Si	19
Gambar 2.6. Struktur Mikro Aluminium (a) Hipoeutektik (b) Eutektik (c) Hypereutectic	20
Gambar 2.7. Kurva Kelarutan Hidrogen Pada Aluminium Cair	22
Gambar 2.8. Dross aluminium	23
Gambar 2.9. <i>Degassing</i> dengan menggunakan Gas dan Tablet	24
Gambar 2.10. Visual Test	32
Gambar 2.11. Uji Keras	33
Gambar 3.1. Diagram Alir Rencana Proses Pengujian	30
Gambar 3.2. Cetakan Pengecoran Sentrifugal	31
Gambar 3.3. Material Aluminium	32
Gambar 3.4. Mesin Pengecoran Sentrifugal	34
Gambar 3.5. Cetakan	35
Gambar 3.6. Diagram Alir Pengamatan Metalografi	36
Gambar 3.7. Proses Pemotongan (a) Arah Longitudinal (b) Arah Transversal	36
Gambar 3.8. Pembungkakan Spesimen	37
Gambar 3.9. Mesin Poles	37
Gambar 3.10. Proses Pengampelasan	38
Gambar 3.11. Pasta Magnesium Oxide (MgO)	38
Gambar 3.12. Proses Pemolesan	39
Gambar 3.13. Cairan pengetsa	39
Gambar 3.14. Proses Pengetsaan	40
Gambar 3.15. Mikroskop Optik	40
Gambar 3.16. Skematis Uji Keras Rockwell	41

Gambar 3.17. Mesin Uji Keras	42
Gambar 4.1. Tungku Krusible.....	44
Gambar 4.2. Proses <i>Pre-Heating</i> Cetakan	45
Gambar 4.3. Proses Pelapisan Cetakan	45
Gambar 4.4. Proses <i>Pre-Heating</i> Saluran Masuk	46
Gambar 4.5. Proses Penuangan Logam Cair.....	46
Gambar 4.6. Proses Pembongkaran Hasil Cor	47
Gambar 4.7. Hasil Proses Pengecoran Pertama	48
Gambar 4.8. Cacat <i>Cold Shut</i>	49
Gambar 4.9. Cacat <i>Porosity</i>	50
Gambar 4.10. Hasil Proses Pengecoran Kedua.....	51
Gambar 4.11. Cacat <i>Porosity</i>	52
Gambar 4.12. Struktur Makro Aluminium (a) Arah Longitudinal (b) Arah Transvesal.....	53
Gambar 4.13. Struktur Mikro Aluminium Arah Longitudinal, (a) Pembesaran 250x (b) Pembesaran 500x	53
Gambar 4.14. Struktur Mikro Aluminium Arah Transvesal, (a) Pembesaran 250x (b) Pembesaran 500x	54
Gambar 4.15. Struktur Mikro Aluminium Alloy B443-F	55
Gambar 4.16. Grafik Harga Kekerasan Rockwell	56

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbedaan Antara Sentrifugal Sejati, Semi Sentrifugal, Dan Sentrifuge	10
Tabel 2.2. Klasifikasi Paduan Aluminium Tempa	12
Tabel 2.3. Klasifikasi Paduan Aluminium Cor	13
Tabel 2.4. <i>Hydrogen Solubility in Aluminium Based on Temperature</i>	22
Tabel 2.5. <i>Spesific gravity of some material in drosses</i>	23
Tabel 2.6. Komposisi Kimia Beberapa Tipe <i>Flux</i> Bubuk (<i>Powder Fluxs</i>).....	26
Tabel 3.1. Spesifikasi Mesin Pengecoran Sentrifugal.....	33
Tabel 4.1. Komposisi Aluminium Alloy 443.0.....	55
Tabel 4.2. Hasil Uji Kekerasan Rockwell.....	56

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Salah satu metode dalam proses pengecoran adalah pengecoran sentrifugal yang pada umumnya digunakan untuk memperbaiki sifat material dan menghasilkan komponen berbentuk silinder atau komponen yang simetris pada cetakan yang berputar. Oleh karena itu perlu dipelajari tentang proses pengecoran sentrifugal dan produk hasil pengecoran sentrifugal dengan material aluminium yang meliputi cacat–cacat pengecoran dan sifat mekanik.

Untuk mengetahui cacat–cacat dan sifat mekanik hasil produk pengecoran sentrifugal dengan menggunakan material aluminium maka dilakukanlah beberapa percobaan pengecoran yang kemudian dilakukan pengujian visual untuk melihat cacat–cacat hasil pengecoran dan uji keras serta uji metalografi untuk mengetahui sifat–sifat mekanik dari hasil pengecoran tersebut.

1.2. Tujuan

Adapun tujuan yang ingin dicapai melalui kegiatan penelitian tugas akhir ini yaitu :

1. Untuk mempelajari proses pengecoran, khususnya pengecoran sentrifugal.
2. Untuk mempelajari cacat–cacat dan sifat mekanik hasil pengecoran sentrifugal.
3. Untuk menganalisa penyebab terjadinya cacat dan pencegahannya.

1.3. Rumusan Masalah

Agar tujuan penelitian tugas akhir bisa dicapai dengan baik, maka dibuatlah rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana mengetahui persiapan pengecoran dan pelaksanaan pengecoran sentrifugal.
2. Bagaimana mengetahui pengambilan data hasil pengecoran dan menganalisa data tersebut.

1.4.Batasan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam pengerjaan tugas akhir ini dibatasi pada masalah yaitu :

1. Melakukan percobaan pengecoran dengan menggunakan mesin pengecoran sentrifugal yang ada di Lab Material Teknik Mesin UNPAS.
2. Menggunakan material aluminium silikon.
3. Melakukan uji visual, uji metalografi, dan uji keras pada hasil pengecoran.

1.5. Manfaat Penelitian

Terdapat beberapa manfaat hasil penelitian tugas akhir ini, diantaranya sebagai berikut :

- a. Diharapkan dapat menambah bahan informasi bagi masyarakat luas tentang analisa hasil pengecoran sentrifugal dengan menggunakan material aluminium.
- b. Peningkatan kualitas produk – produk atau komponen mesin dalam negeri , sehingga keterbatasan atau ketergantungan terhadap produk luar negeri semakin kecil.
- c. Terjadinya peningkatan ekonomi dalam negeri, khususnya industri pengecoran logam.

1.6.Sistematika Penulisan

Laporan tugas akhir ini di susun berdasarkan sistem penulisan sebagai berikut:

BAB I Pendahuluan

Bab ini berisikan latar belakang masalah, identifikasi masalah, batasan masalah, tujuan dan sistematika penulisan.

BAB II Studi Literatur

Bab ini berisikan teori-teori yang menjadi dasar permasalahan yang dibahas sebagai referensi.

BAB III Metodologi Pengujian

Bab ini berisikan tentang langkah-langkah yang akan dilakukan untuk menyelesaikan tugas akhir.

BAB IV Data Dan Analisis

Bab ini berisi tentang data dan hasil analisis dari penelitian tugas akhir yang telah dilaksanakan.

BAB V Kesimpulan Dan Saran

Dalam bab ini berisikan kesimpulan berdasarkan pengujian yang telah dilakukan dan saran yang disampaikan setelah selesainya tugas akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

STUDI LITERATUR

2.1. Definisi Pengecoran Logam

Pengecoran adalah proses pembuatan komponen atau elemen mesin dengan cara mencairkan logam dan menuangkan ke dalam rongga cetakan, kemudian logam cair akan membeku sesuai dengan bentuk cetakan, setelah logam cair membeku dilakukanlah pembongkaran cetakan dan finishing.

Proses pengecoran sendiri dibedakan menjadi dua macam, yaitu traditional casting (tradisional) dan non-traditional (non-tradisional). Teknik tradisional terdiri atas:

- *Sand-Mold Casting*
- *Dry-Sand Casting*
- *Shell-Mold Casting*
- *Full-Mold Casting*
- *Cement-Mold Casting*
- *Vacuum-Mold Casting*

Sedangkan teknik *non-traditional* terbagi atas :

- *High-Pressure Die Casting*
- *Permanent-Mold Casting*
- *Centrifugal Casting*
- *Plaster-Mold Casting*
- *Investment Casting*
- *Solid-Ceramic Casting*



Gambar 2.1. Proses Pengecoraan^[16]

Ada 4 faktor yang berpengaruh atau merupakan ciri dari proses pengecoran, yaitu:

1. Adanya aliran logam cair ke dalam rongga cetak.
2. Terjadi perpindahan panas selama pembekuan dan pendinginan dari logam dalam cetakan.
3. Pengaruh material cetakan.
4. Pembekuan logam dari kondisi cair.

Proses pengecoran meliputi:

1. Pembuatan cetakan.
2. Persiapan dan peleburan logam.
3. Penuangan logam cair ke dalam rongga cetakan.
4. Pembersihan coran dan proses daur ulang pasir cetakan.
5. Produk pengecoran disebut coran atau benda cor.

Berat coran itu sendiri berbeda, mulai dari beberapa ratus gram sampai beberapa ton dengan komposisi yang berbeda dan hampir semua logam atau paduan dapat dilebur dan dicor.

Menurut jenis cetakan yang digunakan proses pengecoran dapat diklasifikasikan menjadi dua kategori :

1. Pengecoran dengan cetakan sekali pakai.
2. Pengecoran dengan cetakan permanen.

Pada proses pengecoran dengan cetakan sekali pakai, untuk mengeluarkan produk corannya cetakan harus dihancurkan. Jadi selalu dibutuhkan cetakan yang baru untuk setiap pengecoran baru, sehingga laju proses pengecoran akan memakan waktu yang relatif lama. Tetapi untuk beberapa bentuk geometri benda cor tersebut, cetakan pasir dapat menghasilkan coran dengan laju 400 suku cadang perjam atau lebih.

Pada proses cetakan permanen, cetakan biasanya di buat dari bahan logam, sehingga dapat digunakan berulang-ulang. Dengan demikian laju proses pengecoran lebih cepat dibanding dengan menggunakan cetakan sekali pakai, tetapi logam coran yang digunakan harus mempunyai titik lebur yang lebih rendah dari pada titik lebur logam cetakan.

2.2. Definisi Pengecoran Sentrifugal

Pengecoran sentritugal dilakukan dengan menuangkan logam cair ke dalam cetakan yang berputar. Akibat pengaruh gaya sentritugal logam cair akan terdistribusi ke dinding rongga cetak dan kemudian membeku.

Proses pengecoran sentrifugal dilakukan dengan jalan menuangkan logam cair ke dalam cetakan yang berputar, baik secara vertikal maupun horisontal, diharapkan akibat pengaruh gaya sentrifugal tersebut dapat dihasilkan produk coran yang lebih mampat daripada pengecoran dengan cetakan statis. Pengecoran sentrifugal ada dua macam yaitu horisontal dan vertikal. Sentrifugal horisontal dengan putaran menggunakan sumbu horisontal, sedangkan vertikal dengan menggunakan sumbu vertikal.

Pada pembuatan produk cor dengan skala produksi kecil, maka pemakaian cetakan permanen kurang menguntungkan karena biaya investasi cetakan mahal. Pemakaian proses pengecoran sentrifugal selain untuk menghasilkan produk cor yang lebih baik juga harus ekonomis.

Proses pengecoran umumnya dilakukan dalam mesin pengecoran sentrifugal horisontal meskipun terdapat juga mesin pengecoran vertikal.

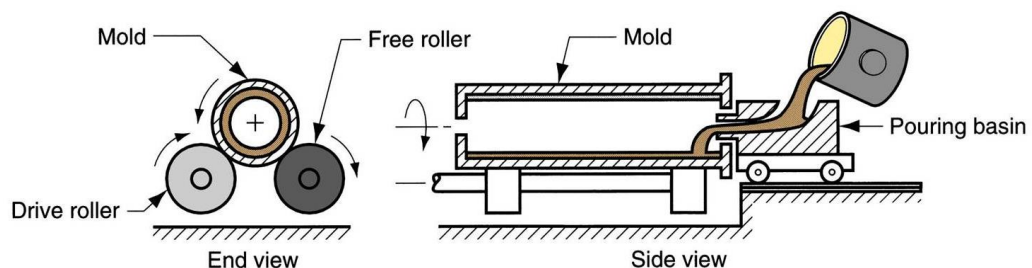
Pengecoran sentrifugal pertama kali dipatenkan tahun 1809 di England. Ide menggunakan gaya sentrifugal ini ditemukan oleh AG Eckhardt. Pengecoran sentrifugal banyak digunakan untuk membuat pipa besi. Pengecoran sentrifugal sejati (*true centrifugal casting*) atau yang seringkali disebut dengan *rotocasting* adalah proses pengecoran logam yang menggunakan gaya sentrifugal untuk membentuk bagian-bagian silinder. Ini berbeda dari proses pengecoran logam yang menggunakan gaya gravitasi dan tekanan untuk mengisi cetakan.

Jenis-jenis pengecoran sentrifugal:

1. Pengecoran Sentrifugal Sejati.
2. Pengecoran Semi Sentrifugal.
3. Pengecoran Sentrifuge.

2.2.1. Pengecoran Sentrifugal Sejati

Dalam pengecoran sentrifugal sejati, logam cair dituangkan ke dalam cetakan yang berputar untuk menghasilkan benda cor yang pada umumnya bentuk tabular, seperti pipa, tabung, *bushing*, cincin, dan lain-lainnya.



Gambar 2.2. Proses Pengecoran Sentrifugal Sejati^[15]

Pengecoran sentrifugal sejati merupakan salah satu proses pengecoran yang menghasilkan produk cor berbentuk silinder dengan cara memutar cetakan pada sumbunya. Proses pengecoran dapat dilakukan secara vertikal maupun horizontal tanpa menggunakan inti (*core*). Produk cor yang dihasilkan dengan metode ini mempunyai arah pembekuan yang terarah (*directional solidification*) dari bagian diameter luar menuju ke diameter dalam, sehingga menghasilkan produk cor yang terbebas dari cacat pengecoran terutama shrinkage yang paling sering dijumpai pada proses sand casting.

➤ Keunggulan Pengecoran Sentrifugal Sejati:

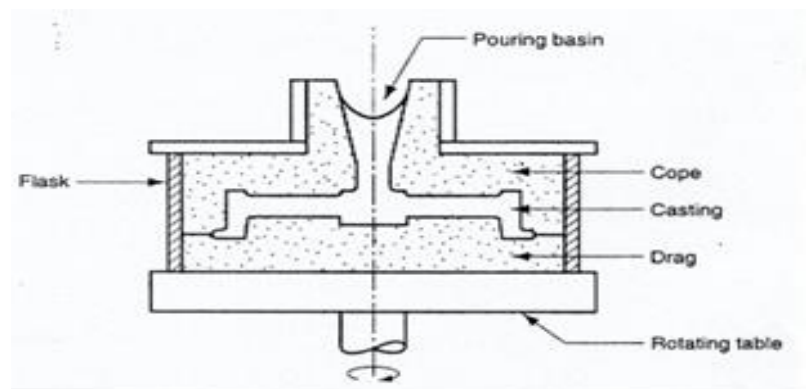
1. Pengecoran sentrifugal digunakan untuk mengatasi kekurangan-kekurangan seperti cacat bentuk, kekuatan tidak merata, juga terutama bentuk yang mempunyai dimensi rotasi seperti puli, roda gigi. Karena itulah pengecoran statis dianggap kurang maksimal untuk membuat produk-produk di atas.
2. Kesulitan yang dialami jika menggunakan cetakan logam ialah pemuaian cetakan (akibat kenaikan suhunya) dan penyusutan logam yang membeku. Hal ini dapat diatasi pada pengecoran sentrifugal.
3. Dapat digunakan untuk benda cor yang sangat besar.
4. Menghasilkan sifat mekanik yang baik. Karena kekuatan sentrifugal yang tinggi, pengecoran ini menghasilkan benda coran dengan butiran halus pada permukaan luar dan memiliki sifat mekanik seperti kekuatan tarik, struktur mikro sekitar 30% lebih besar daripada bagian yang dibentuk dengan metode pengecoran logam biasa.
5. Permukaan memiliki dimensi dengan akurasi yang baik.
6. Biaya tenaga kerja relatif rendah.
7. Mengurangi pembuangan sisa logam cair dari benda cor karena tidak adanya saluran masuk, inti, dan saluran turun, ataupun riser.
8. Kotoran-kotoran terkumpul di permukaan sebelah dalam sehingga lebih mudah dibuang.
9. Tingkat produksi tinggi.
10. Dapat digunakan untuk memproduksi pipa bimetal dengan bahan murah. Proses pengecoran logam bimetal diawali dengan logam luar dituangkan dalam cetakan yang berputar, diikuti dengan menuangkan logam kedua setelah beberapa lama. Logam kedua harus dituangkan dalam cetakan setelah logam pertama kehilangan fluiditas. Jika logam kedua dituangkan sebelumnya maka komposisi dan ketebalan logam kedua akan berubah. Begitu juga jika logam kedua dituangkan terlambat maka tidak akan ada ikatan yang baik antara kedua logam.

➤ Keterbatasan Pengecoran Sentrifugal Sejati

1. Terbatas pada benda coran yang berbentuk silindris dengan rongga.
2. Beberapa paduan sulit dicor secara sentrifugal karena unsur yang lebih berat cenderung terpisah dari logam besar. Gejala ini disebut segregasi gravitasi.
3. Mesin sekunder (untuk penyelesaian permukaan) seringkali diperlukan untuk diameter bagian dalam.
4. *Lead time* (waktu yang dibutuhkan untuk membuat benda produksi) lebih lama.

2.2.2. Pengecoran Semi Sentrifugal

Pada metode ini, gaya sentrifugal digunakan untuk menghasilkan coran yang pejal (bukan bentuk tabular). Cetakan dirancang dengan riser pada pusat untuk pengisian logam cair, seperti ditunjukkan dalam gambar.

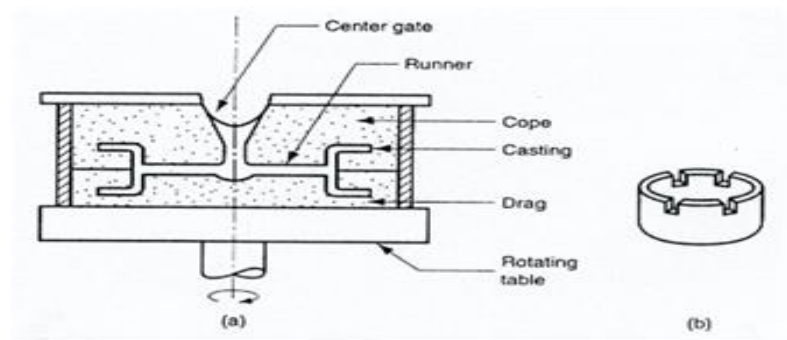


Gambar 2.3. Proses Pengecoran Semi Sentrifugal^[15]

Densitas logam dalam akhir pengecoran lebih besar pada bagian luar dibandingkan dengan bagian dalam coran yaitu bagian yang dekat dengan pusat rotasi. Kondisi ini dimanfaatkan untuk membuat benda dengan lubang ditengah, seperti roda, puli. Bagian tengah yang memiliki densitas rendah mudah dikerjakan dengan pemesian.

2.2.3. Pengecoran Sentrifuge

Dalam pengecoran sentrifuge cetakan dirancang dengan beberapa rongga cetak yang diletakkan disebelah luar dari pusat rotasi sedemikian rupa sehingga logam cair yang dituangkan ke dalam cetakan akan didistribusikan kesetiap rongga cetak dengan gaya sentrifugal, seperti yang ditunjukkan dalam gambar.



Gambar 2.4. Proses Pengecoran Sentrifuge^[15]

Proses ini digunakan untuk benda cor yang kecil, dan tidak diperlukan persyaratan simetri radial seperti dua jenis pengecoran sentrifugal yang lain. Perbedaan antara sentrifugal sejati, semi sentrifugal, dan sentrifuge ditunjukkan dalam table 2.1 berikut:

Tabel 2.1 Perbedaan antara Sentrifugal Sejati, Semi Sentrifugal, dan Sentrifuge^[15]

Sentrifugal sejati	Semi sentrifugal	Sentrifuge
1. Benda cor memiliki simetri radial. 2. Pusat simetri rongga cetak berada pada pusat rotasi. 3. Digunakan untuk benda cor bentuk tabular.	1. Benda cor memiliki simetri radial. 2. Pusat simetri rongga cetak berada pada pusat rotasi. 3. Digunakan untuk benda cor yang pejal (lubang dibuat belakangan).	1. Tidak dipersyaratkan. 2. Rongga cetak berada diluar pusat rotasi. 3. Digunakan untuk benda cor berlubang/tidak berlubang.

Dalam penelitian tugas akhir ini pengecoran sentrifugal yang digunakan adalah horizontal jenis pengecoran sentrifugal sejati, dimana karakteristik benda cor hasil pengecoran sentrifugal sejati:

- Memiliki densitas (kepadatan) yang tinggi terutama pada bagian luar coran.
- Tidak terjadi penyusutan pembekuan pada bagian luar benda cor karena adanya gaya sentrifugal yang bekerja secara kontinu selama pembekuan.
- Cenderung ada impuritas pada dinding sebelah dalam coran dan hal ini dapat dihilangkan dengan permesinan.

2.3. Parameter Pengecoran Sentrifugal

a. Kecepatan putar.

Kecepatan putar dapat mempengaruhi struktur, umumnya efek dari peningkatan kecepatan putar dapat menaikkan penghalusan dan meningkatkan turbulensi. Sedangkan kecepatan putar yang sangat rendah akan menyebabkan logam cair menjadi tidak stabil.

b. Temperatur penuangan.

Temperatur penuangan dapat mempengaruhi proses pembekuan yang terjadi dan struktur coran. Temperatur penuangan rendah akan menghasilkan butir halus dan equiaxial sedangkan pada temperatur penuangan tinggi akan menghasilkan bentuk butir columnar. Temperatur penuangan harus cukup tinggi untuk memastikan aliran logam cair dan bebas dari cold laps, menghindari struktur kasar. Umumnya temperatur penuangan berkisar antara 50°C – 100° C dari temperatur cair.

c. Kecepatan penuangan.

Tujuan utamanya adalah untuk mengatur kecepatan penuangan yang dibutuhkan sebelum logam cair membeku. Kecepatan penuangan yang terlalu tinggi menyebabkan turbulensi terlalu tinggi dan percikan logam cair sedangkan kecepatan penuangan yang rendah menghasilkan pembekuan yang terarah dan pengisian logam cair yang baik.

d. Temperatur cetakan.

Temperatur cetakan harus diperhatikan juga untuk mengurangi terjadinya perbedaan temperatur yang terlalu tinggi dengan cairan logam saat memasuki cetakan sehingga memperlambat pembekuan logam cair.

2.4. Aluminium

2.4.1. Kalsifikasi Paduan Aluminium

Paduan aluminium diklasifikasikan dalam berbagai standar oleh berbagai negara di dunia, saat ini klasifikasi yang sangat terkenal dan sempurna adalah Aluminium Association (AA), di Amerika yang didasarkan atas dasar terdahulu dari ALCOA (*Aluminum Company Of Amerika*).

1. Klasifikasi Paduan Aluminium Tempa

Paduan tempa (*wrought alloy*) dinyatakan dengan tiga angka, standar AA menggunakan penandaan dengan empat angka. Angka pertama menyatakan sistem paduan dengan unsur-unsur yang dipadukan/ditambahkan yaitu :

Tabel 2.2. Klasifikasi Paduan Aluminium Tempa^[17]

Alloy Series	Principal Alloying Element
1xxx	Aluminium (99,0% minimum)
2xxx	Tembaga
3xxx	Manganese
4xxx	Silicon
5xxx	Magnesium
6xxx	Magnesium dan Silikon
7xxx	Zinc
8xxx	Other Elements

2. Klasifikasi Paduan Aluminium Cor

Paduan cor (*casting alloy*) dinyatakan dengan empat digit dengan titik desimal memisahkan angka ketiga dan ke empatnya. Angka pertama menyatakan sistem paduan dengan unsur-unsur yang dipadukan/ditambahkan yaitu :

Tabel 2.3. Klasifikasi Paduan Aluminium Cor^[17]

Alloy Series	Principal Alloying Element
1xx.x	Aluminium (99,0% minimum)
2xx.x	Tembaga
3xx.x	Silicon dengan tembaga dan / atau magnesium ditambahkan
4xx.x	Silicon
5xx.x	Magnesium
6xx.x	Unused series
7xx.x	Zinc
8xx.x	Tin
9xx.x	Other Elements

Aluminium cor mempunyai beberapa keunggulan seperti:

1. Ringan
2. Sifat mekanik dan propertis lainnya bisa diubah dengan menambah unsur paduan dan perlakuan panas.
3. Mempunyai nilai arsitektur dan dekoratif
4. Tahan korosi
5. Tidak beracun
6. Konduktivitas listrik
7. Mampu mesin yang baik
8. Harga relatif murah

Selain mempunyai keunggulan aluminium cor juga mempunyai beberapa keterbatasan, seperti :

1. Kurang tahan terhadap abrasi
2. Tidak adanya paduan aluminium yang dapat mengimbangi kekuatan tarik , ketangguhan , dan kekerasan yang terdapat pada paduan besi.

2.4.2. Pengaruh Penambahan Paduan Pada Aluminium Cor

1. Antimony, Sb

Pada level konsentrasi samadengan atau lebih besar dari 0.50%, antimony kembali menghaluskan (refine) fasa eutektik aluminium-silikon pada bentuk lamel pada komposisi hypoeutectic. Keefektifan antimony mengubah struktur eutektik berdasarkan keberadaan posfor dan cukupnya waktu pendinginan. Antimony selalu bereaksi dengan sodium atau strontium untuk membentuk intermetalik kasar dengan menurunkan sifat mampu cor (cast ability).

3. Beryllium, Br

Penambahan beryllium meskipun sedikit sangat efektif untuk menurunkan oksidasi dan inklusi pada paduan yang mengandung komposisi magnesium. Penelitian menunjukkan peningkatan konsentrasi beryllium secara proporsional dapat menekan oksidasi pada paduan yang mengandung magnesium. Konsentrasi beryllium yang besar ($>0.04\%$), pada paduan yang mengandung besi-mengandung intermetallik, dapat meningkatkan kekuatan (strength) dan keuletan (ductility).

4. Bismuth, Bi

Penambahan unsur bismuth akan meningkatkan sifat mampu mesin (machinability) pada aluminium cor dengan konsentrasi $>0.1\%$.

5. Boron, B

Dikombinasikan dengan logam lainnya untuk membentuk borides, seperti Al_2 dan TiB_2 . Titanium boride membentuk pengintian yang stabil yang berinteraksi dengan penghalusan butir seperti $TiAl_3$ dalam aluminium cair. Boride logam menurunkan kemampuan kerja peralatan pemesian, dan dalam bentuk partikel kasar.

6. Cadmium, Cd

Penambahan cadmium 0.1% dapat meningkatkan sifat mampu mesin.

7. Calcium, Ca

Merupakan pemodifikasi eutektik aluminium-silikon yang lemah. Kalsium meningkatkan mampu larut dari hydrogen, dimana hydrogen bertanggung jawab terhadap terjadinya porositas. Konsentrasi kalsium lebih dari 0.0005% selalu menahan efek keuletan pada paduan Al-Mg.

8. Chromium, Cr

Ditambahkan untuk meningkatkan ketahanan korosi dan meningkatkan sensitivitas quenching pada konsentrasi yang tinggi.

9. Copper, Cu

Yang pertama dan banyak digunakan pada paduan aluminium dimana konsentrasi 4 sampai 10% Cu. Tembaga pada hakikatnya meningkatkan kekuatan dan kekerasan paduan aluminium cor dan mampu laku panas. Paduan yang mengandung 6% Cu sangat bagus untuk meningkatkan kekuatan dan kekerasan. Tembaga secara umum menurunkan ketahanan korosi dan pada komposisi spesifik dan pada beberapa kondisi material kelemahannya adalah timbulnya korosi tegangan. Penambahan Cu akan menurunkan ketahanan panas dan menurunkan sifat mampu cor.

10. Iron, Fe

Penambahan Fe akan meningkatkan ketahanan panas dan menurunkan mampu solder pada die casting. Meningkatnya Fe akan menurunkan keuletan. Fe bereaksi untuk membentuk banyak sekali fasa tak larut pada aluminium paduan dalam keadaan cair, yang banyak tersebut adalah FeAl_3 , FeMnAl_6 dan αAlFeSi . Fasa tak larut ini akan meningkatkan kekuatan, khususnya pada temperatur tinggi.

11. Lead, Pb

Digunakan pada aluminium cor lebih dari 0.1% untuk meningkatkan sifat mampu mesin.

12. Magnesium, Mg

Merupakan basis untuk meningkatkan kekuatan dan kekerasan pada proses laku panas paduan Al-Si dan biasanya digunakan dalam komposisi yang lebih rumit Al-Si yang mengandung Cu, Ni dan unsur lainnya untuk tujuan yang sama. Fasa keras Mg_2Si menunjukkan kemampuan batas kelarutan yang mendekati 0.70% Mg, di atas komposisi tersebut tidak akan mengakibatkan peningkatan kekuatan berdasarkan matrik yang akan menjadi lunak. Biasanya komposisi premium berada pada 0.40% sampai 0.070%.

Paduan biner Al-Mg digunakan secara luas untuk aplikasi yang membutuhkan permukaan akhir yang baik dan ketahanan korosi, serta merupakan kombinasi keuletan dan kekuatan. Biasanya komposisi berada pada 4% sampai 10% Mg dan komposisi lebih dari 7% dapat dilaku panas.

13. Mangan, Mn

Secara normal mempertimbangkan pengotor (impurity) dalam komposisi cor dan dikontrol pada level rendah dalam komposisi cor gravitasi. Mangan merupakan unsur penting dalam komposisi tempa meskipun dalam proses pengecoran mungkin mengandung mangan lebih banyak. Keberadaan proses pengerasan, mangan memberikan keuntungan yang signifikan pada paduan aluminium cor. Mangan dapat juga digunakan untuk lebih merespon akibat perlakuan kimia atau proses anodizing.

14. Merkuri, Hg

Komposisi yang mengandung merkuri dapat dijadikan sebagai material anoda yang dikorbankan untuk sistem perlindungan katodik secara khusus untuk keperluan kelautan. Paduan yang mengandung merkuri dapat mencemari lingkungan perairan.

15. Nikel, Ni

Selalu digunakan dengan tembaga untuk memperbaiki sifat-sifat pada temperatur tinggi. Penambahan paduan tersebut dapat menurunkan koefisien ekspansi termal.

16. Posfor, P

Dalam bentuk AlP_3 , pengintian posfor akan melakukan penghalusan kembali fasa silikon dalam paduan hypoeutektik Al-Si. Posfor dapat mengurangi keefektifan sodium atau strontium sebagai pemodifikasi struktur eutektik.

17. Silikon, Si

Pengaruh penambahan silikon pada aluminium adalah untuk meningkatkan mampu cor. Penambahan silikon pada aluminium murni akan meningkatkan mampu alir, ketahanan temperatur tinggi dan karakteristik feeding. Paduan komersial menjangkau hypoeutektik dan hypereutektik sampai 25% Si. Secara umum, range optimum konsentrasi silikon dapat ditentukan pada proses cor. Untuk proses dengan pendinginan lambat (seperti plaster, investment dan cetakan pasir) kandungan Si adalah 5% sampai 7%. Untuk cetakan permanen 7% sampai 9%, dan untuk proses die casting 8% sampai 12%. Dasar rekomendasi adalah hubungan antara laju pendinginan dan mampu alir dan pengaruh dari persentasi dari eutektik pada penuangan.

18. Perak, Ag

Digunakan hanya dengan persentase terbatas dari aluminium-tembaga dengan kekuatan terbaik pada konsentrasi 0.5% sampai 1%. Perak berkontribusi dalam proses precipitation hardening dan ketahanan korosi.

19. Sodium, Na

Digunakan untuk memodifikasi eutektik Al-Si. Jika Sodium berinteraksi dengan posfor dapat menurunkan keefektifan dalam memodifikasi eutektik dan posfor menurunkan kemampuan dalam penghalusan kembali fasa silikon.

20. Strontium, Sr

Digunakan untuk memodifikasi eutektik Al-Si. Keefektifan modifikasi dapat dicapai pada penambahan level terendah, tapi range jangkauan strontium dari 0.008% sampai 0.04% adalah yang biasanya digunakan. Penambahan yang lebih tinggi akan mengakibatkan porositas, khususnya dalam proses atau bagian yang tipis dengan pendinginan yang lambat. *Degassing* akan sangat diperlukan ketika penambahan strontium yang tinggi.

21. Tin, Sn

Efektif untuk meningkatkan karakter tahan gesekan dan sangat diperlukan untuk aplikasi bantalan bearing. Paduan cor mungkin mengandung 25% Sn. Penambahan Sn dapat meningkatkan mampu mesin.

22. Titanium, Ti

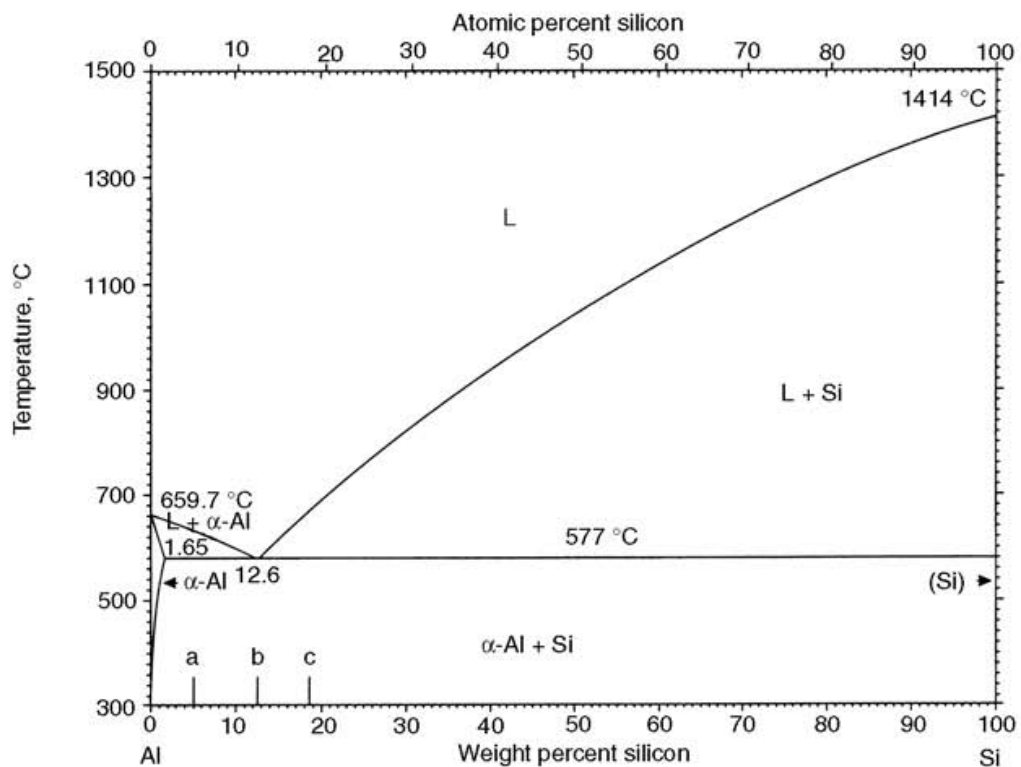
Merupakan unsur mahal yang digunakan untuk penghalusan kembali struktur butir pada paduan aluminium cor, setelah dikombinasikan dengan sedikit unsur boron.

23. Zinc, Zn

Tidak ada keuntungan yang signifikan dari penambahan zinc pada aluminium. Namun keberadaan zinc akan meningkatkan mampu laku panas atau komposisi penuaan alami. Zinc dapat ditemukan pada gravity casting dan komposisi die casting.

2.4.3. Paduan Aluminium Silikon (Al – Si)

Aluminium dengan silikon sebagai unsur paduan utama merupakan paduan aluminium tuang yang paling penting. Hal tersebut dikarenakan paduan Al-Si memiliki fluiditas yang tinggi. Oleh adanya volume yang besar dari Al-Si eutektik. Kelebihan lainnya dari paduan aluminium silikon ini yaitu memiliki ketahanan korosi yang tinggi, sifat mampu las yang baik serta memiliki koefisien ekspansi termal rendah karena adanya silikon. Akan tetapi, kehadiran partikel silikon yang keras dalam mikrostrukturnya, membuat paduan aluminium silikon ini susah dalam proses pemesinannya.



Gambar 2.5. Diagram fasa Al-Si^[4]

Pada diagram fasa Al-Si dapat dibagi tiga daerah yaitu:

a. Daerah Hipoeutektik

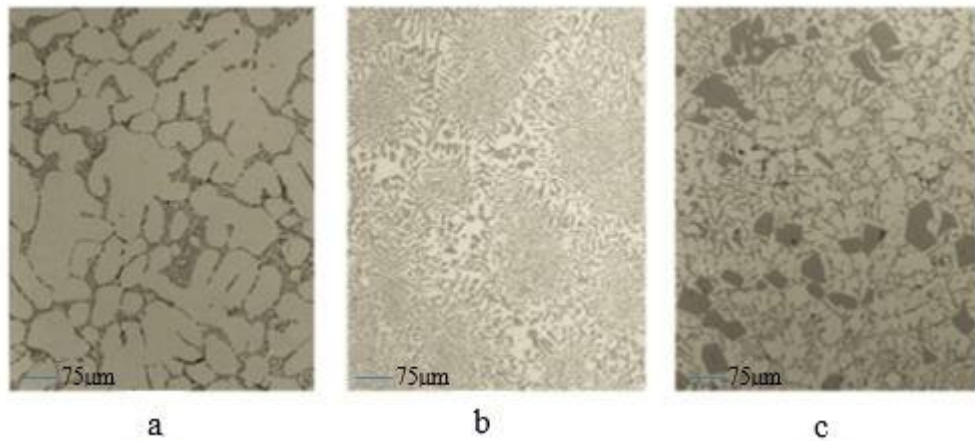
Pada daerah ini terdapat kandungan silikon < 11,7% dimana struktur mikro akhir yang terbentuk pada fasa ini adalah fasa α – aluminium dan eutektik (gelap) yang kaya aluminium yang memiliki kekerasan 90 HB, Struktur mikro hipoeutektik diperlihatkan pada Gambar 2.6a.

b. Daerah Eutektik

Pada komposisi ini paduan Al-Si dapat membeku secara langsung (dari fase cair ke padat). Kandungan silikon yang terkandung didalamnya sekitar 11.7% sampai 12.6%, Material ini memiliki kekerasan 105 HB. Untuk struktur mikro eutektik bisa dilihat pada Gambar 2.6b.

c. Daerah Hypereutectic

Struktur mikro hypereutectic pada Gambar 2.6c menunjukkan Komposisi silikon diatas 12.6% sehingga kaya akan silikon dengan fasa eutektik sebagai fasa tambahan dan memiliki kekerasan 110 HB.



Gambar 2.6. Struktur Mikro Aluminium (a) Hipoeutektik (b)Eutektik
(c) *Hypereutectic*^[4]

2.5. Pengecoran Aluminium

2.5.1. Hal-Hal Yang Harus Diperhatikan Pada Saat Pengecoran Aluminium

A. Tungku

Jenis tungku peleburan yang digunakan dalam pengecoran aluminium antara lain sebagai berikut :

1. Tungku krusible
2. *Pot furnances*
3. *Reverberatory furnace*
4. *Barrel-type furnances*
5. Tungku induksi

B. Gas Hidrogen (H₂) Pada Aluminium

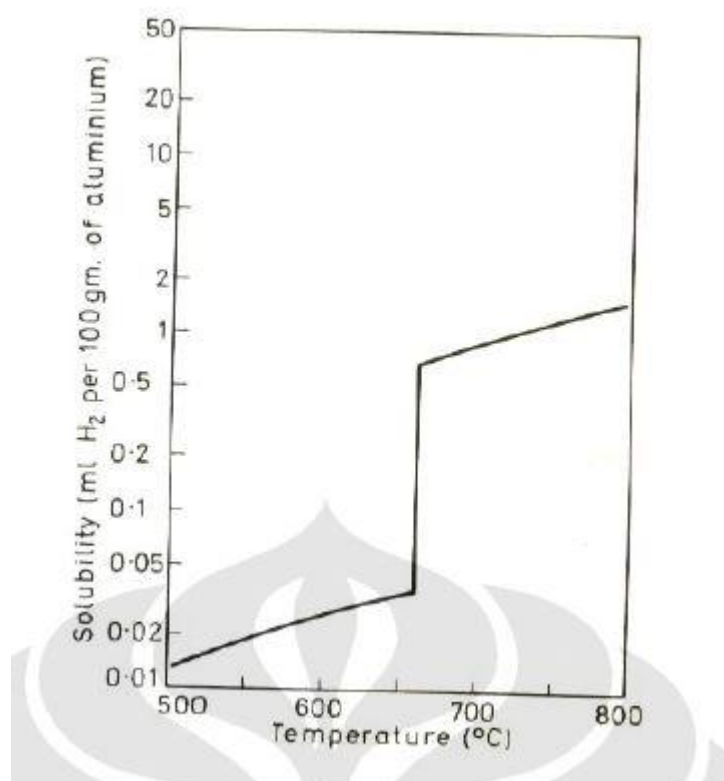
Gas Hidrogen sangat mudah larut di dalam logam Al cair, tetapi tidak larut dalam Aluminium padat. jadi selama solidifikasi (Aluminium cair membeku menjadi fasa padat), gas hidrogen yang awalnya larut menjadi tidak larut ke fasa padat, dan membentuk gelembung gas yang lepas di dalam fasa padat. Gas hidrogen yang lepas di dalam hasil coran mengakibatkan cacat coran, berupa lubang-lubang merata diseluruh coran membentuk lingkaran yang berdiameter antara 0.01 mm sd 1.5 mm.

Gas hidrogen ini berasal dari uap air yang berada di udara terbuka yang kontak langsung dengan permukaan aluminium cair. Semakin tinggi temperatur aluminium cair maka semakin tinggi kelarutan gas hidrogen .

Berikut adalah kelarutan Hidrogen di dalam leburan aluminium pada berbagai temperatur :

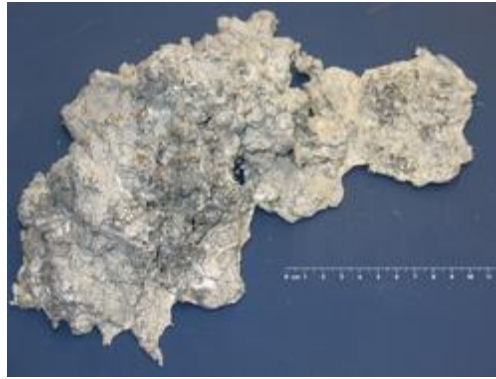
Tabel 2.4. *Hydrogen Solubility in Aluminium Based on Temperature*^[2]

Temp (°C)	Temp (° F)	Hydrogen Solubility (cc/100 gram)
0	32	0.0000001
400	752	0.005
660 Solid	1220	0.036
660 Liquid	1220	0.69
700	1292	0.92
750	1382	1.23
800	1472	1.67
850	1562	2.15



Gambar 2.7. Kurva Kelarutan Hidrogen Pada Aluminium Cair^[2]

B. Dross



Gambar 2.8. Dross Aluminium^[22]

Dross adalah bentuk dari aluminium oksida dan oksida-oksida lain yang terakumulasi pada permukaan aluminium cair. Pemisahan secara lengkap dari dross adalah dimana aluminium akan diuapkan dengan luas yang berbeda pada gravitasi spesifik dari aluminium dan dross. Berikut berbagai jenis oksida dan berat jenisnya yang tidak dikendaki dalam aluminium cair :

Tabel 2.5. *Spesific gravity of some material in drosses*^[2]

Components	Specific Gravity (gr/cm ²)
Al ₂ O ₃	3.99
Al ₂ O ₃ . 3H ₂ O	2.42
Al	2.70
MgO	3.65
Mg	1.74
Si	2.40
SiO ₂	2.20 – 2.60
CuO	6.40
Cu ₂ O	6.0

Beberapa oksida mengapung pada permukaan aluminium cair (dross) dan yang lainnya tenggelam membentuk endapan atau lumpur. Dross juga akan menimbulkan cacat pada hasil pengecoran karena kandungan senyawa oksida di dalam struktur mikronya. Secara visual cacat jenis ini tidak nampak, tetapi dapat

diamati melalui mikroskop metalografi dalam bentuk granular (diameter dari 0.1 mikron - 10 mikron) yang dikenal dengan nama inklusi.

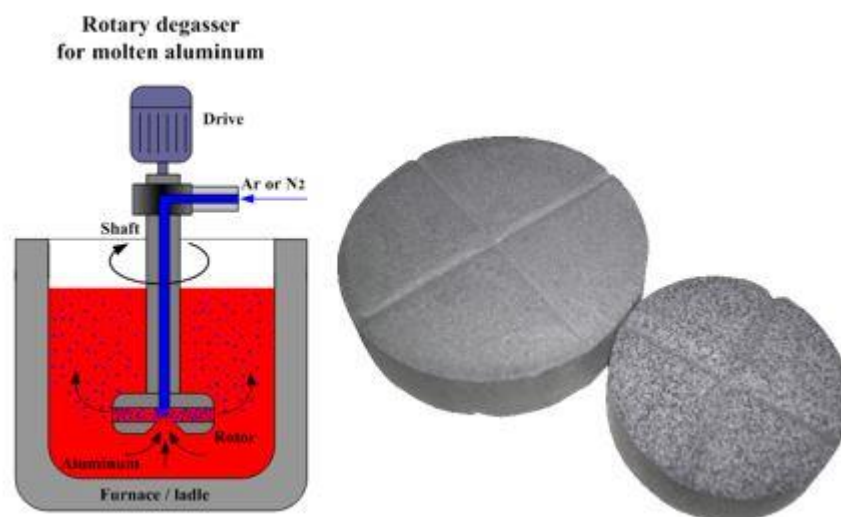
Perlakuan pada pembersihan aluminium yang terdiri dari dross adalah dengan proses penambahan fluks.

Proses penambahan fluks pada aluminium cair sebagian besar dilakukan karena 2 alasan yaitu:

1. Untuk memudahkan proses pemisahan yang efektif dari aluminium cair dan dross
2. Untuk menghilangkan hidrogen yang larut dan menghilangkan dross dari permukaan aluminium cair (Heine, 1955).

C. Degassing

Pada temperatur tinggi gas hidrogen akan cenderung berdifusi ke dalam logam cair. Gas-gas hidrogen ini harus dikeluarkan dari Aluminium cair karena akan menyebabkan terjadinya cacat pada benda cor. Proses pengeluaran gas ini disebut proses degasser. Umumnya degasser yang digunakan adalah dalam bentuk tablet (NaCl, KCl, dll) atau gas (gas chlorine, gas argon dan gas nitrogen).



Gambar 2.9. Degassing dengan menggunakan Gas dan Tablet^[23]

Mekanisme pengeluaran gas pada logam Aluminium cair adalah sebagai berikut :

Tablet yang dimasukkan ke dalam Aluminium cair akan menghasilkan gas dalam bentuk gelembung yang hampir hampa udara (< 1 atm). Gas hidrogen yang terlarut dalam Aluminium tidak dapat keluar karena tekanan didalam Aluminium cair < 1 atm sedangkan tekanan diluar sebesar 1 atm. Akibatnya gelembung udara yang dihasilkan tablet masuk ke dalam gas hidrogen dan gelembung udara tersebut terbawa keatas bersamaan dengan kotoran lain yang terlarut didalam Aluminium cair. Gas-gas atau gelembung udara tersebut sebagian akan menjadi dross dan akan dibuang melalui proses pembuangan dross.

D. Flux

Setelah proses *degassing* selesai dilanjutkan dengan proses pemberian *flux*. Proses pemberian *flux* bertujuan untuk menutupi atau *covering* permukaan logam Aluminium cair agar terhindar dari masuknya gas hidrogen kedalam logam aluminium. Pemberian *flux* dilakukan pada saat mulai pencairan aluminium dengan cara menaburkan *flux* pada permukaan aluminium cair.

Flux pada proses peleburan aluminium antara lain:

1. *Covering flux*, digunakan untuk melindungi proses peleburan dari oksidasi sehingga mencegah produksi gas H_2 yang berlebihan
2. *Degassing flux*, digunakan untuk mengeluarkan gas-gas H_2 yang terbentuk dalam cairan.
3. *Grain refining flux*, dibubuhkan untuk memperkaya nukleus, sehingga akan menghasilkan jumlah butiran kristal (*grain*) yang banyak namun halus.
4. *Drossing flux*, digunakan untuk mengurai aluminium dari terak yang terbentuk sehingga yang tersisa adalah dross.

Jenis *flux* dibedakan menurut bentuk atau keadaannya pada temperatur kamar seperti:

1. *Flux* padat terdiri atas bubuk, butiran dan tablet

Tabel 2.6. Komposisi Kimia beberapa Tipe *Flux* Bubuk (*Powder Fluxes*)^[24]

Tipe	NaCl (%)	Na₂SiF₆ (%)	NaF (%)	Na₃AlF₃ (%)	Na₂CO₃ (%)	KCl (%)	K₂SiF₆ (%)	K₂SO₂ (%)
A	45	-	-	40	15	-	-	-
B	50	5	10	-	-	35	-	-
C	40	-	20	-	-	40	-	-
D	-	-	-	-	-	50	30	20

2. *Flux* cair seperti CCl₄ dan PCl₅
3. *Flux* gas seperti Cl₂, N₂, CCl₂, dan F₂

Adapun fungsi dari masing-masing komponen *flux* adalah :

1. NaCl dan KCl berfungsi untuk menghilangkan gas-gas yang terlarut dalam molten, khususnya H₂
2. Na₂SiF₆ berfungsi untuk melepaskan aluminium cair yang terjebak dalam gumpalan dross.
3. NaF berfungsi untuk mengikat inklusi Al₂O₃ dalam aluminium cair membentuk dross.

2.6. Pengujian

2.6.1. *Visual Test*

Inspeksi Visual adalah salah satu metode NDT yang paling umum digunakan untuk mengevaluasi kondisi dan memberikan kualitas yang lebih baik dari material / alat yang akan di lakukan uji evaluasi. Metode visual mudah dilakukan, murah dan biasanya tidak memerlukan peralatan khusus. Ini memerlukan cahaya yang dipantulkan atau ditransmisikan dari benda uji yang dicitrakan dengan perangkat sensitif terhadap cahaya, seperti mata manusia. Seperti metode pengujian umumnya hal ini membutuhkan visi yang tepat, kondisi pencahayaan yang baik dan pengetahuan tentang apa sebenarnya yang harus dicari.

Inspeksi Visual dapat ditingkatkan dengan berbagai metode pemeriksaan mulai dari kaca pembesar daya rendah hingga borescopes. Perangkat ini juga dapat digunakan dengan sistem kamera televisi. Persiapan permukaan dapat berkisar dari menyeka dengan kain untuk pembersihan dan pengobatan dengan bahan kimia untuk mengungkapkan rincian dari permukaan. Cacat pada bagian mesin dapat tumbuh akibat beban yang berbeda dan faktor lingkungan seperti radiasi matahari, korosi dll. NDT Inspeksi Visual kadang-kadang dapat mengidentifikasi di mana kegagalan yang paling mungkin terjadi dan mengidentifikasi ketika kegagalan telah dimulai. Inspeksi Visual Sering memungkinkan para insinyur untuk mendeteksi cacat pada tahap awal dan mengambil tindakan yang diperlukan untuk mencegah terjadinya hal tersebut. Inspeksi Visual sering ditingkatkan dengan metode permukaan lainnya, yang dapat mengidentifikasi kelemahan yang tidak mudah terlihat oleh mata telanjang.



Gambar 2.12. *Visual Test*^[25]

2.6.2. Uji Keras

Pada umumnya, kekerasan adalah kemampuan untuk menahan deformasi atau gaya luar yang diberikan pada suatu material, dan untuk logam dengan sifat tersebut merupakan ukuran ketahanannya terhadap deformasi plastis. Terdapat 3 jenis umum mengenai ukuran kekerasan yang tergantung pada cara melakukan pengujian. Ketiga jenis tersebut adalah :

1. Dengan cara goresan (*scratch hardness*)

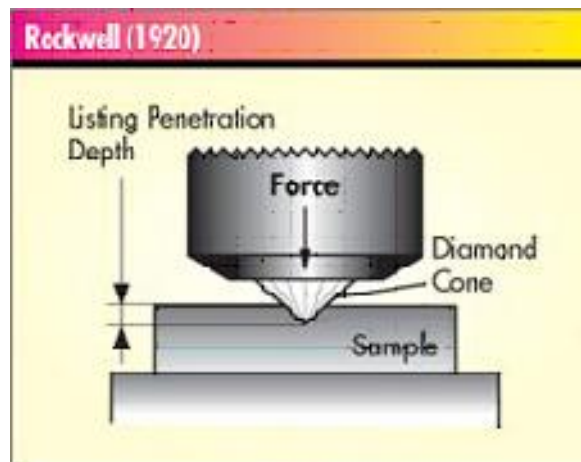
Kekerasan goresan merupakan perhatian utama para ahli mineral. Dengan mengukur kekerasan, berbagai mineral dan bahan-bahan lain, disusun berdasarkan kemampuan goresan satu terhadap yang lain. Kekerasan goresan diukur sesuai dengan skala Mohs. Skala ini terdiri atas 10 standar mineral disusun berdasarkan kemampuannya untuk digores. Mineral yang paling lunak pada skala ini adalah talk yang mempunyai kekerasan 1, sedangkan intan mempunyai kekerasan 10.

2. Dengan cara dinamik (*dynamic hardness*)

Pada pengukuran kekerasan dinamik, biasanya penumbuk dijatuhkan ke permukaan logam dan kekerasan dinyatakan sebagai energi tumbukannya. Skeleroskop shore (*shore scleroscope*) yang merupakan contoh paling umum dari suatu alat penguji kekerasan dinamik, mengukur kekerasan yang dinyatakan dengan tinggi lekukan atau tinggi pantulan.

3. Dengan cara penekanan (*indentation hardness*)

Umumnya digunakan untuk bahan-bahan logam, cara ini adalah cara Brinell, Vickers dan Rockwell.



Gambar 2.13. Uji Keras^[26]

2.6.3. Uji Metalografi

Metalografi adalah ilmu yang mempelajari tentang cara pemeriksaan logam untuk mengetahui sifat, struktur, temperatur, dan persentase campuran logam tersebut. Dalam proses pengujian metalografi, pengujian logam dibagi lagi menjadi dua jenis, yaitu :

1. Pengujian makro (*macroscope test*)

Pengujian makro ialah proses pengujian bahan yang menggunakan mata terbuka dengan tujuan dapat memeriksa celah dan lubang dalam permukaan bahan. Angka kevalidan pengujian makro berkisar antara 0,5 hingga 50 kali.

2. Pengujian mikro (*microscope test*)

Pengujian mikro ialah proses pengujian terhadap bahan logam yang bentuk kristal logamnya tergolong sangat halus. Sedemikian halusnya sehingga pengujiannya memerlukan kaca pembesar lensa mikroskop yang memiliki kualitas perbesaran antara 50 hingga 3000 kali.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

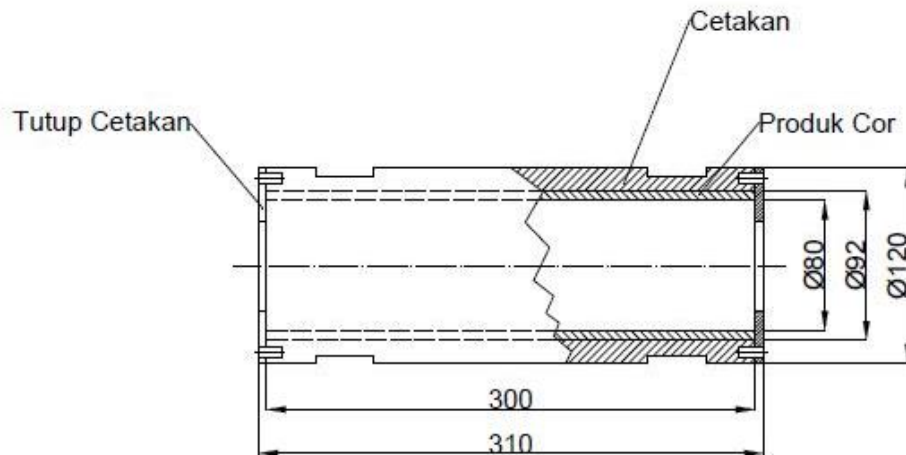
3.1. Diagram Alir Rencana Proses Pengujian

Langkah tahapan pengerjaan tugas akhir ini dengan judul “Analisis Hasil Pengecoran Sentrifugal Dengan Menggunakan Aluminium” ditunjukkan pada gambar diagram alir metodologi penelitian di bawah ini :



Gambar 3.1. Diagram Alir Rencana Proses Pengujian

3.2. Perancangan Pengecoran



Gambar 3.2. Cetakan Pengecoran Sentrifugal

Bentuk benda yang akan dibuat adalah pipa dengan diameter luar 92 mm, diameter dalam 80 mm, tebal 6 mm dan panjang 300 mm. untuk mengetahui kapasitas coran sesuai dengan benda yang akan dibuat, dapat dilihat dari perhitungan dibawah ini :

Diketahui :

- d_1 : 92 mm
- d_2 : 80 mm
- ℓ : 300 mm
- t : 6 mm
- ρ_{Al} : 2,7 gr/cm³

Penyelesaian :

a. menghitung volume cor

$$V = \left(\frac{\pi}{4} \times d_0^2 \right) - \left(\frac{\pi}{4} \times d_1^2 \right) \times \ell \dots \dots \dots (\text{Persamaan 3.1})$$

$$V = \left(\frac{\pi}{4} \times 92^2 \right) - \left(\frac{\pi}{4} \times 80^2 \right) \times 300$$

$$V = (6644.24) - (5024) \times 300$$

$$V = 1620.24 \times 300$$

$$V = 486072 \text{ mm}^3$$

$$V = 486.072 \text{ cm}^3$$

b. menghitung kapasitas cor

$$\rho = \frac{m}{V} \dots\dots\dots \text{(Persamaan 3.2)}$$

$$m = \rho_{Al} \times V$$

$$m = 2.7 \times 486.072$$

$$m = 1361.0016 \text{ gr}$$

$$m = 1,36 \text{ kg}$$

jadi kapasitas pengecoran sentrifugal dengan menggunakan material aluminium sesuai dengan dimensi diatas, membutuhkan material aluminium seberat 1,36 kg

3.3. Penyiapan Material dan Alat

3.3.1. Penyiapan Material

Material yang digunakan untuk penelitian ini adalah aluminium ingot (Al-Si) dan bekas sepatu rem. paduan Al-Si memiliki fluiditas yang tinggi. Kelebihan lainnya dari paduan aluminium silikon ini yaitu memiliki ketahanan korosi yang tinggi, sifat mampu cor yang baik dan sifat mampu las yang baik .



Gambar 3.3. Material Aluminium

3.3.2. Penyiapan Mesin

Mesin pengecoran sentrifugal yang digunakan mempunyai spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 3.1. Spesifikasi Mesin Pengecoran Sentrifugal

Spesifikasi Mesin Pengecoran Sentrifugal	
Dimensi mesin	Panjang = 700 mm
	Lebar = 600 mm
	Tinggi = 820 mm
Jenis penggerak	Motor listrik 1 phasa
	Putaran = 1400 rpm
	Daya = 1 HP
Kapasitas cetakan	Do = 92 mm Di = 72 mm L = 300 mm
Kecepatan putar cetakan	1010 rpm
Sistem transmisi	Jenis = transmisi sabuk-puli
	Jenis sabuk standar = A40
	Diameter puli kecil = 3,5 in
	Diameter puli besar = 5 in



Gambar 3.4. Mesin Pengecoran Sentrifugal

Sebelum proses peleburan logam, dilakukan beberapa persiapan pada mesin sentrifugal diantaranya sebagai berikut :

- Memeriksa putaran mesin sentrifugal. Putaran yang dari mesin sentrifugal yang digunakan pada penelitian ini mempunyai kecepatan putar 1010 rpm.
- Memeriksa kedataran dari mesin sentrifugal dengan menggunakan waterpass.
- Melakukan *pre-heating* saluran masuk agar menghindari perbedaan temperatur yang besar pada saat logam cair menyentuh saluran masuk.

3.3.3. Persiapan Cetakan Logam

Cetakan yang digunakan merupakan jenis cetakan permanen. Cetakan logam yang terbuat dari material ST-37, dengan kapasitas cetakan sebagai berikut:

- Do : 92 mm
- Di : 72 mm
- Panjang : 300 mm



Gambar 3.5. Cetakan

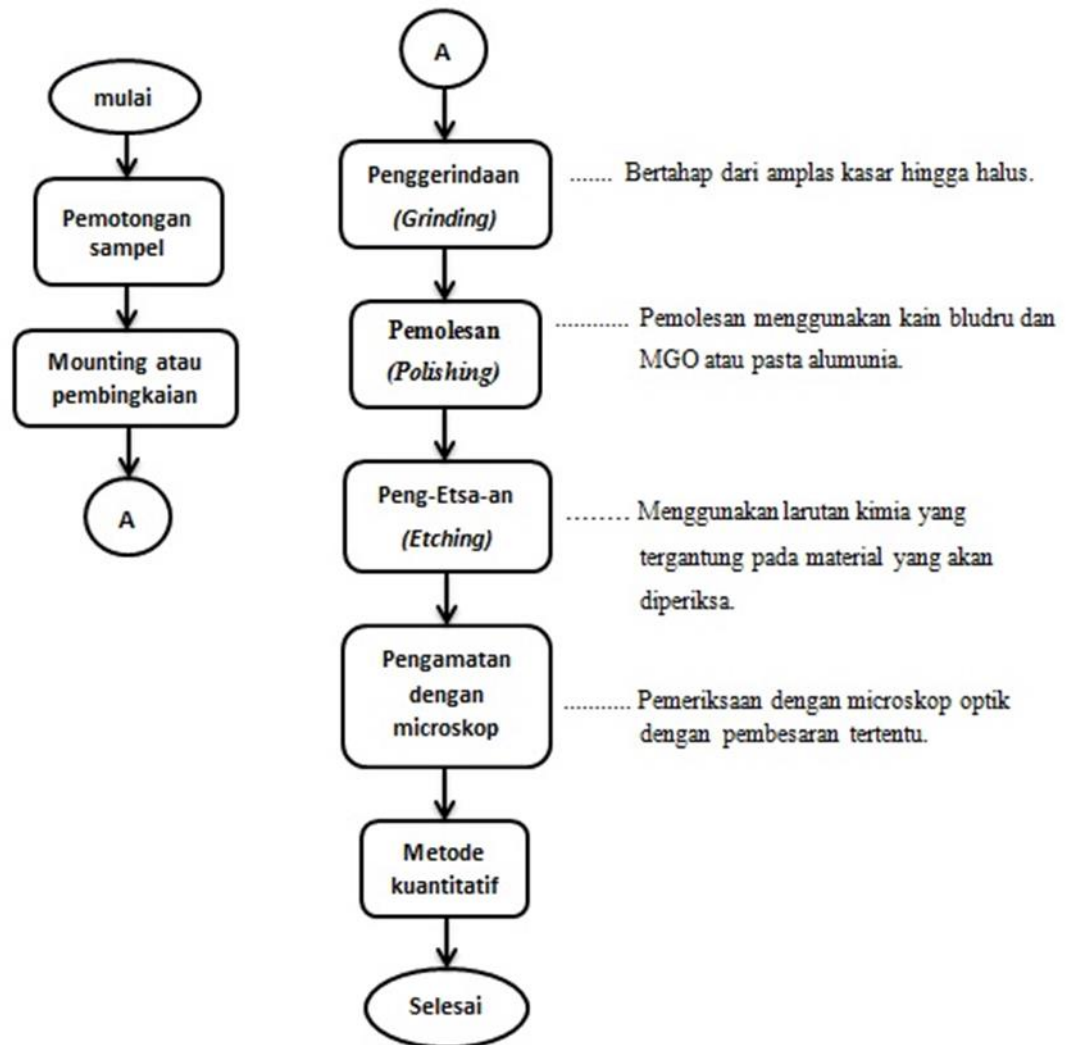
Kemudian dilakukan *pre-heating* pada cetakan hal ini dilakukan untuk mengurangi terjadinya perbedaan temperatur yang terlalu tinggi dengan cairan logam saat memasuki cetakan.

Setelah di *pre-heating* , dilakukanlah pelapisan cetakan, hal ini dilakukan untuk menghindari menyatunya produk coran dengan cetakan logam pada saat proses pembekuan.

3.3. Pengujian Metalografi

Metalografi adalah ilmu yang mempelajari tentang cara pemeriksaan logam untuk mengetahui sifat, struktur, temperatur, dan persentase campuran logam tersebut.

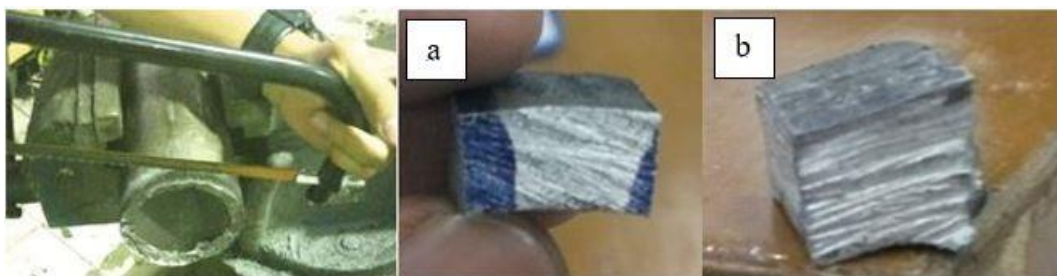
Berikut ini merupakan langkah-langkah untuk melakukan pengujian metalografi :



Gambar 3.6. Diagram Alir Pengamatan Metalografi^[14]

1. Pemotongan

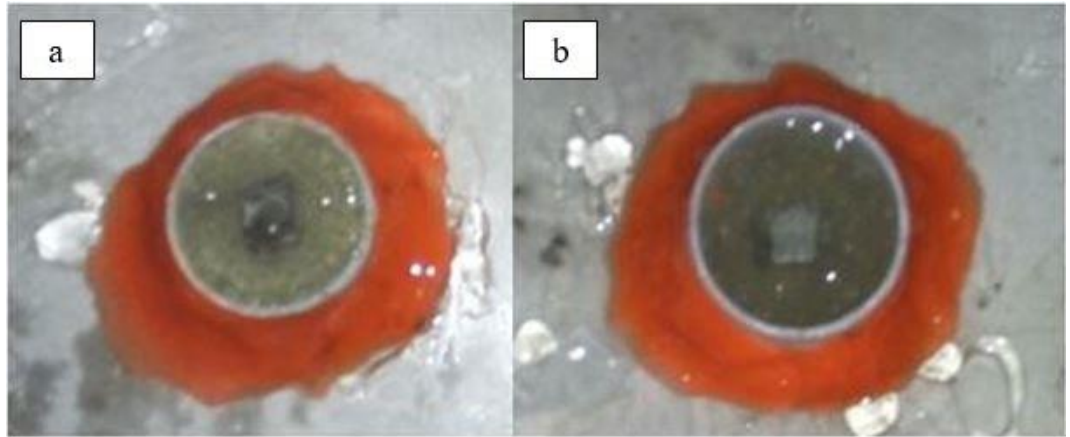
Pemotongan spesimen cukup dalam dimensi yang tidak terlalu besar ($<10 \times 10 \times 10$) mm dan tidak boleh menjadi panas berlebihan dalam proses pemotongan untuk menghindari rusaknya struktur spesimen tersebut akibat panas. Pemotongan spesimen dilakukan secara manual menggunakan gergaji besi.



Gambar 3.7. Proses Pemotongan (a) Arah Longitudinal (b) Arah Transvesal

2. Penyalutan (*Mounting*)

Spesimen yang telah dipotong dibingkai (*mounting*) dengan menggunakan campuran resin dan katalis sampai dibiarkan hingga membeku dan mengeras. Sehingga memudahkan pada saat proses penggerindaan dan pemolesan.



Gambar 3.8. Pembungkai Spesimen

3. Penggerindaan atau Pengampelasan

Permukaan yang telah dibingkai diratakan dengan ampelas dari mulai ukuran mesh : 100, 400, 1000, 2000. Peralatan dilakukan dengan menggunakan mesin poles yang menggunakan motor listrik dengan menambahkan air sebagai media pendingin.



Gambar 3.9. Mesin Poles



Gambar 3.10. Proses Pengampelasan

4. Pemolesan

Setelah itu dilakukan pemolesan dengan menggunakan kain beludru dengan menambahkan cairan pasta *magnesium oxide* (MgO) dengan tujuan agar tidak terdapat goresan pada permukaan spesimen, bila garis-garis bekas pengampelasan sudah tidak terlihat maka spesimen dibersihkan dan dilanjutkan dengan proses pengetsaan.



Gambar 3.11. Pasta *Magnesium Oxide* (MgO)



Gambar 3.12. Proses Pemolesan

5. Pengetsaan

Selanjutnya setelah proses pemolesan selesai dilanjutkan dengan proses pengetsaan (etching) dengan menggunakan cairan etsa Kellers yang terdiri dari 95% H_2O , 2,5% HNO_3 , 1,5% HCL , dan 1% HF . Proses pengerjaannya adalah dicelupkan selama ± 10 detik pada larutan etsa tersebut kemudian dicuci dengan air bersih lalu keringkan.



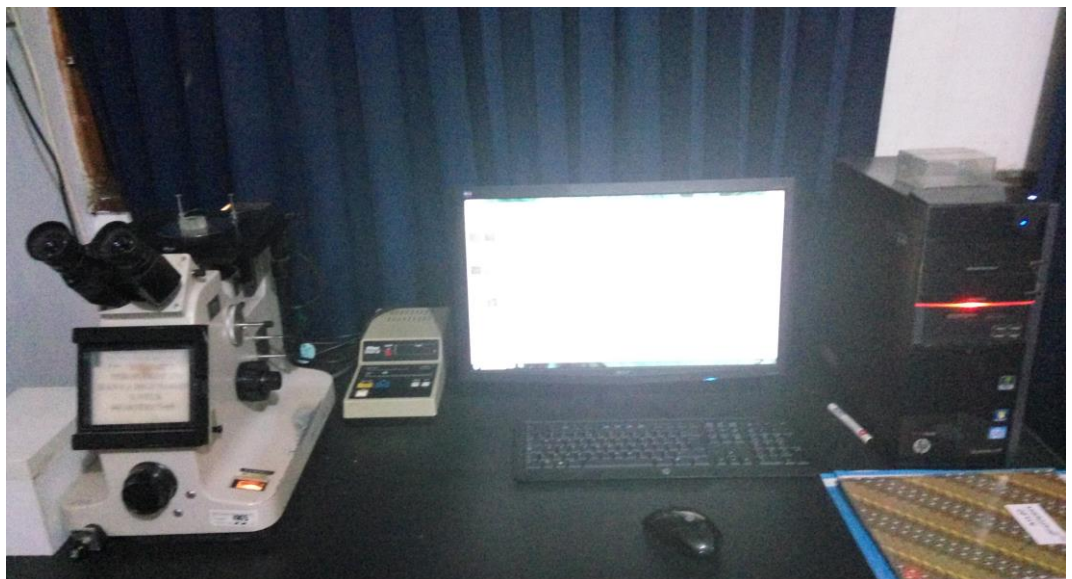
Gambar 3.13. Cairan pengetsa



Gambar 3.14. Proses Pengetsaan

6. Mikroskop

Setelah urutan proses etsa diatas selesai, kemudian dilakukan proses pengambilan gambar. Pengambilan gambar secara mikro ini bertujuan untuk melihat dan mengambil bentuk struktur mikro dari spesimen uji. Bentuk struktur mikro ini dapat dilihat dengan menggunakan mikroskop optik yang selanjutnya gambar struktur mikro tersebut akan diamati dan dianalisa.



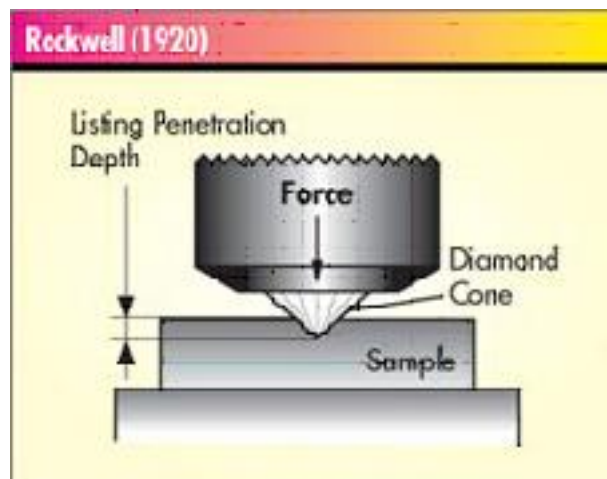
Gambar 3.15. Mikroskop Optik

3.4. Uji Keras

Uji kekerasan bertujuan untuk mengukur harga kekerasan suatu material. Skala yang umum dipakai dalam pengujian *Rockwell* adalah :

- a) HRA (Untuk material yang sangat keras)
- b) HRB (Untuk material yang lunak). Indentor berupa bola baja dengan diameter 1/16 Inchi dan beban uji 100 Kgf.
- c) HRC (Untuk material dengan kekerasan sedang). Indentor berupa Kerucut intan dengan sudut puncak 120 derajat dan beban uji sebesar 150 kgf.

Untuk material Aluminium–Silikon pengujian yang dilakukan dengan menggunakan metoda penusukan/penekanan yaitu metoda pengujian kekerasan *Rockwell* skala HRB dengan indentor bola baja berdiameter 1/16 Inchi dan beban 100 Kgf.



Gambar 3.16. Skematis Uji Keras *Rockwell*^[26]



Gambar 3.17. Mesin Uji Keras

Spesifikasi alat uji keras adalah sebagai berikut :

- Nama mesin : *Rockwell hardness test*
- Standard : ASTM E18-16
- Beban : 100 Kgf
- Indentor : Bola Baja diameter 1/16 Inchi

BAB IV

DATA DAN ANALISIS

4.1. Pelaksanaan Proses Pengecoran

4.1.1. Percobaan Pertama

1. Proses Peleburan Logam

Pada proses ini material aluminium dilebur sampai cair dengan temperatur peleburan 800°C dengan menggunakan tungku krusible.

2. *Pre-heating* cetakan

Memanaskan cetakan hal ini dilakukan untuk mengurangi terjadinya perbedaan temperatur yang terlalu tinggi dengan cairan logam saat memasuki cetakan. *Pre-heating* cetakan dilakukan dengan cara meletakkan cetakan diatas tungku sampai temperatur 145°C.

3. Pelapisan Cetakan

Kemudian dilakukanlah pelapisan cetakan dengan cara cetakan yang sudah di *pre-heating* disemprot dengan cairan *dye-coating* sebagai pelapisnya, kemudian cetakan dipanaskan kembali. Hal ini dilakukan untuk menghindari menyatunya produk coran dengan cetakan logam pada saat proses pembekuan.

4. *Pre-heating* saluran masuk

Melakukan *pre-heating* saluran masuk agar menghindari perbedaan temperatur yang besar pada saat logam cair menyentuh saluran masuk.

5. Penuangan logam cair

Pada percobaan pertama ketika penuangan logam cair ,cetakan dalam keadaan berputar dengan kecepatan 1010 rpm, dengan ketinggian antara ledel dengan saluran masuk kurang lebih 5 cm.

6. Proses Pendinginan

Dalam proses pendinginan, cetakan bersama logam cair yang sudah terbentuk akan tetap berputar selama 2 menit sampai logam cair didalam cetakan membeku.

7. Proses Pembongkaran Hasil Pengecoran

Setelah pengecoran telah didinginkan dan terjadi solidifikasi, perputaran dihentikan. Setelah perputaran dihentikan, benda coran dilepas dari cetakan.

4.1.2. Percobaan Kedua

1. Proses Peleburan Logam

Pada proses ini material aluminium dilebur sampai cair dengan temperatur peleburan 800°C dengan menggunakan tungku krusible.



Gambar 4.1. Tungku Krusible

2. *Pre-heating* cetakan

Memanaskan cetakan hal ini dilakukan untuk mengurangi terjadinya perbedaan temperatur yang terlalu tinggi dengan cairan logam saat memasuki cetakan. *Pre-heating* cetakan dilakukan dengan cara meletakkan cetakan diatas tungku samapai temperatur 386°C.



Gambar 4.2. Proses *Pre-Heating* Cetakan

3. Pelapisan Cetakan

Kemudian dilakukanlah pelapisan cetakan dengan menggunakan *dye-coating* , cetakan yg sudah di *pre-heating* dimasukan kedalam wadah cairan *dye-coating* sampai seluruh cetakan terlapisi, kemudian cetakan kembali dipanaskan. Hal ini dilakukan untuk menghindari menyatunya produk coran dengan cetakan logam pada saat proses pembekuan.



Gambar 4.3. Proses Pelapisan Cetakan

4. Pre-heating saluran masuk

Melakukan *pre-heating* saluran masuk agar menghindari perbedaan temperatur yang besar pada saat logam cair menyentuh saluran masuk.



Gambar 4.4. Proses *Pre-Heating* Saluran Masuk

5. Penuangan Logam Cair

Pada percobaan kedua ini ketika penuangan logam cair ,cetakan dalam keadaan diam sampai logam cair mengisi setengah dari cetakan barulah cetakan diputar dengan kecepatan 1010 rpm, dengan ketinggian antara ledel dengan saluran masuk kurang lebih 5 cm.



Gambar 4.5. Proses Penuangan Logam Cair

6. Proses Pendinginan

Dalam proses pendinginan, cetakan bersama logam cair yang sudah terbentuk akan tetap berputar selama 2 menit . Proses pendinginan ini berlangsung cepat mulai dari dinding cetakan sampai ke bagian dalam.

7. Proses Pembongkaran Hasil Pengecoran

Setelah pengecoran telah didinginkan dan terjadi solidifikasi, perputaran dihentikan. Setelah perputaran dihentikan, benda coran dilepas dari cetakan.



Gambar 4.6. Proses Pembongkaran Hasil Cor

Pelaksanaan pengecoran sentrifugal dengan menggunakan material aluminium ini hanya dilakukan 2 kali percobaan, karena pada hasil pengecoran yang kedua hasil cor memenuhi seluruh rongga cetakan.

4.2. Visual Test

Dari hasil pengecoran pertama yang dilakukan dengan temperatur penuangan 800°C , temperatur *pre-heating* cetakan 145°C , dan pada saat penuangan logam cair dengan keadaan cetakan berputar 1010 rpm, hasilnya bisa dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 4.7. Hasil Proses Pengecoran Pertama

Hasil pengecoran pertama mempunyai beberapa cacat antara lain :

A. *Cold Shut*



Gambar 4.8. Cacat *Cold Shut*

Cacat *cold shut* adalah cacat dimana hasil coran tidak memenuhi cetakan, karena logam cair membeku sebelum memenuhi semua cetakan hal ini karena temperatur *pre-heating* cetakan yang rendah dan temperatur tuang yang terlalu rendah. Pencegahannya adalah dengan menaikkan temperatur *pre-heating* cetakan dan temperatur tuang.

B. *Pososity*



Gambar 4.9. Cacat *Porosity*

Porosity adalah cacat berupa lubang-lubang pada permukaan maupun pada bagian dalam benda cor. Beberapa penyebab terjadinya *porosity* karena terperangkapnya gas ketika aluminium cair bereaksi dengan udara luar. Uap air di dalam udara akan bereaksi dengan aluminium cair untuk membentuk gas hidrogen (H_2), gas hidrogen di dalam aluminium cair ini yang akan membentuk cacat *porosity*. Oleh karena itu perlu dilakukan proses *degassing* untuk mengeluarkan gas hidrogen yang ada pada aluminium cair dengan cara menggunakan gas (gas chlorine, gas argon dan gas nitrogen) atau tablet (NaCl, KCl, dll) dan penambahan *flux* untuk menutupi atau *covering* permukaan logam Aluminium cair agar terhindar dari masuknya gas hidrogen kedalam logam aluminium cair. Adapun cara lain untuk menghindari cacat *porosity* dengan menaikkan kecepatan putaran dan menurunkan temperatur tuang karena temperatur tuang yang tinggi akan berpotensi untuk meningkatnya kelarutan (*Solubility*) gas hidrogen pada aluminium cair.

Pengecoran kedua dilakukan dengan cara menaikkan temperatur *pre-heating* cetakan menjadi 386°C dan pada saat penuangan logam cair keadaan cetakan tidak berputar sampai logam cair mengisi setengah cetakan kemudian barulah cetakan diputar dengan kecepatan 1010 rpm. Hasil dari pengecoran kedua ini dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 4.10. Hasil Proses Pengecoran Kedua

Dari hasil pengecoran kedua ini dapat dilihat cacat *cold shut* tidak terjadi, logam cair mengisi seluruh cetakan , akan tetapi cacat *porosity* masih tampak pada hasil pengecoran kedua ini.

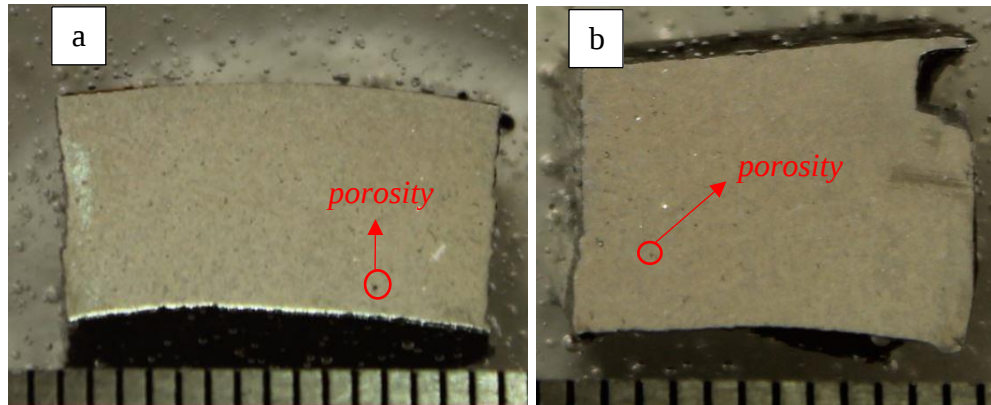


Gambar 4.11. Cacat *Porosity*

4.3. Uji Metalografi

Spesimen uji makro dan mikro diambil dari hasil pengecoran kedua yang kemudian dipotong arah longitudinal dan arah transvesal.

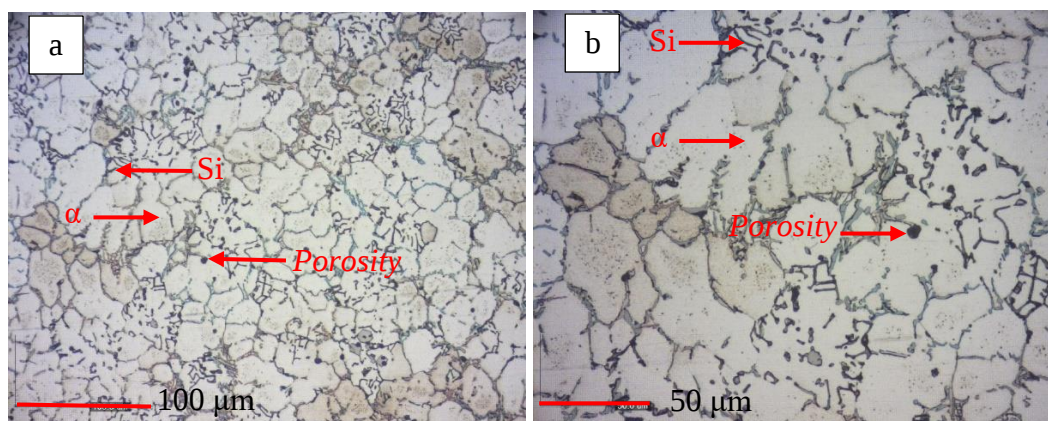
A. Struktur Makro



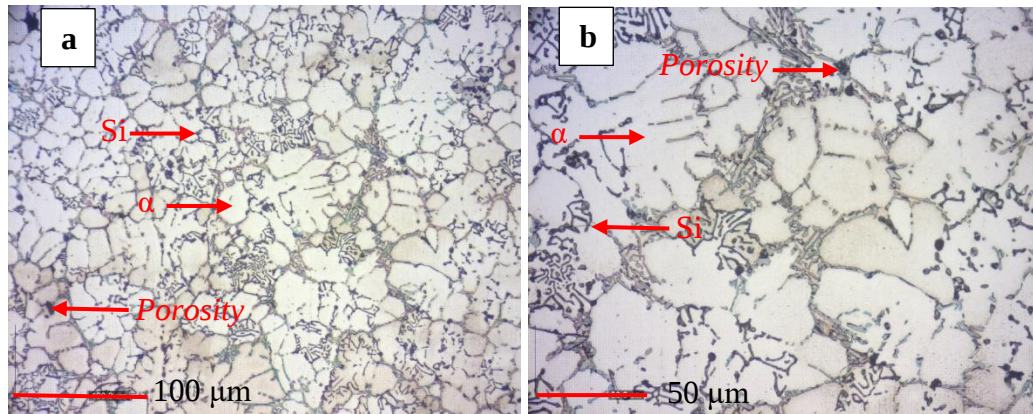
Gambar 4.12. Struktur Makro Aluminium (a) Arah Longitudinal (b) Arah Transvesal

Dari struktur makro aluminium arah longitudinal dan arah transvesal terlihat butir yang tersebar merata. Butir yang tersebar merata dan tidak adanya *grain flow* yang mengikuti alur atau kontur produk merupakan karekteristik hasil proses pengecoran (*casting*). Pada struktur makro diatas juga terdapat cacat *porosity* yang ditunjukkan dengan adanya lubang-lubang pada spesimen uji.

B. Struktur Mikro



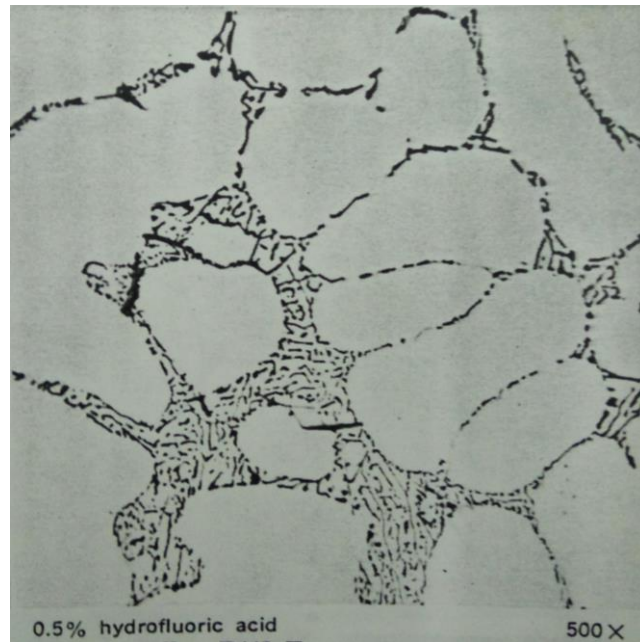
Gambar 4.13. Struktur Mikro Aluminium Arah Longitudinal, (a) Pembesaran 250x (b) Pembesaran 500x



Gambar 4.14. Struktur Mikro Aluminium Arah Transvesal, (a) Pembesaran 250x
(b) Pembesaran 500x

Pada struktur mikro diatas terlihat fasa α -Al (berwarna putih terang), silikon (berwarna hitam) yang berbentuk seperti serabut atau jarum dan adanya cacat *porosity*. Secara umum pada struktur mikro diatas memiliki bentuk butir *equiaxial* yang halus, bentuk butir *equiaxial* ini disebabkan karena pendinginan yang cepat. Penyebab dari terbentuknya butir yang halus karena butir tersebut tidak sempat berkembang, dan karena adanya gaya sentrifugal yang menyebabkan kecepatan solidifikasi akan semakin cepat sehingga pertumbuhan dendrite lebih pendek. Adanya cacat *porosity* disebabkan karena terperangkapnya gas hidrogen (H_2) pada aluminium cair pada saat peleburan maupun penuangan aluminium cair ke cetakan.

Jika dilihat dari struktur mikro pada gambar 4.11b dan 4.12b pembesaran 500x terlihat hampir sama dengan struktur mikro yang ada di buku *Atlas of Microstructure* dibawah ini :



Gambar 4.15 Struktur Mikro Aluminium Alloy 443.0^[5]

Jadi diperkirakan material aluminium yang digunakan untuk penelitian ini merupakan jenis aluminium alloy 443.0. Komposisi aluminium alloy 443.0 bisa dilihat pada tabel dibawah ini :

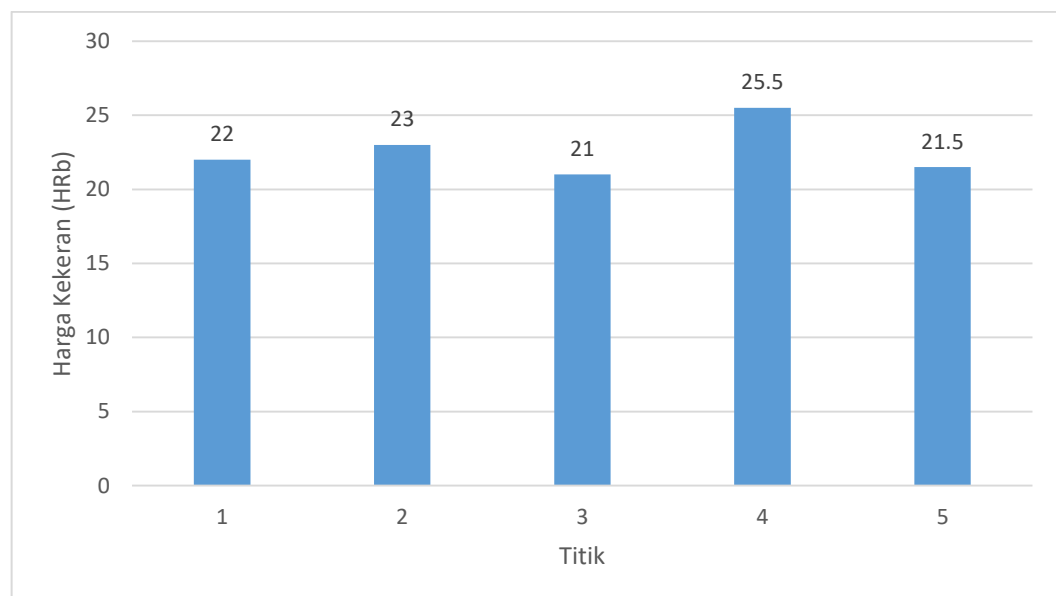
Tabel 4.1. Komposisi Aluminium Alloy 443.0^[2]

Komposisi	Nilai (%)
Si	4.5 – 6.0
Fe	0.8
Cu	0.6
Mn	0.5
Mg	0.05
Cr	0.25
Ni	-
Zn	0.25
Ag	-
Ti	0.25
Sn	-

4.4. Uji Keras

Tabel 4.2. Hasil Uji Kekerasan *Rockwell*

Spesimen uji	Titik	Harga Kekerasan (HRb)
	1	22
	2	23
	3	21
	4	25.5
	5	21.5
Rata - Rata		22.6



Gambar 4.16. Grafik Harga Kekerasan Rockwell

Standar kekerasan aluminium alloy 443.0 adalah 45 HB dengan indenter bola baja 10 mm dan beban 500 kg (*Aluminium Casting Technology 2an edition, hal 86*). Dari hasil uji keras yang telah dilakukan dengan menggunakan metode *Rockwell B* diperoleh harga kekerasan rata – ratanya sebesar 22.6 HRb. Untuk membandingkan nilai kekerasan dari spesimen hasil pengecoran sentrifugal dengan

harga kekerasan standar aluminium alloy 443.0 dilakukan dengan cara mengkonversikan harga kekerasan *Rockwell B* (HRb) ke harga kekerasan brinel (HB) maka akan didapat nilai 22.6 HRb sama dengan 65.3 HB. Berdasarkan konversi yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa aluminium alloy 443.0 dari hasil pengecoran sentrifugal mengalami peningkatan harga kekerasan bila dibandingkan dengan harga kekerasan standarnya. Meningkatnya harga kekerasan ini akibat bentuk butir yang halus karena pendinginan yang cepat dan adanya gaya sentrifugal sehingga butir tidak sempat berkembang.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan ,maka dapat ditarik beberapa kesimpulan:

1. Tahapan proses pengecoran sentrifugal dengan menggunakan material aluminium adalah sebagai berikut :
 - Peleburan aluminium
 - *Pre-heating* cetakan
 - Pelapisan cetakan
 - *Pre-heating* saluran masuk
 - Penuangan aluminium cair
 - Proses pendinginan
 - Pembongkaran produk cor
2. Pada percobaan pengecoran sentrifugal dengan temperatur *pre-heating* cetakan 145°C hasilnya aluminium cair tidak mengisi seluruh rongga cetakan, sedangkan dengan temperatur *pre-heating* cetakan 386°C aluminium cair mengisi seluruh rongga cetakan, artinya semakin tinggi temperatur *pre-heating* cetakan maka akan memperlambat pembekuan aluminium cair sehingga aluminium cair dapat mengisi seluruh rongga cetakan.
3. Adanya cacat *porosity* pada hasil coran karena terperangkapnya gas hidrogen (H_2) ketika aluminium cair bereaksi dengan udara luar, uap air di dalam udara akan beraksi dengan aluminium cair untuk membentuk gas hidrogen (H_2).
4. Aluminium hasil pengecoran sentrifugal memiliki harga kekerasan 65,3 HB sedangkan standar kekerasan aluminium alloy 443.0 adalah 45 HB. Meningkatnya harga kekerasan ini akibat bentuk butir yang halus karena pendinginan yang cepat dan adanya gaya sentrifugal sehingga butir tidak sempat berkembang.

5.2. Saran

1. Perlu dilakukan proses *degassing* untuk mengeluarkan gas hidrogen yang ada pada aluminium cair dengan cara menggunakan tablet (NaCl, KCl, dll) atau menggunakan gas (gas chlorine, gas argon dan gas nitrogen). dan penambahan *flux* untuk menutupi atau covering permukaan logam Aluminium cair agar terhindar dari masuknya gas hidrogen kedalam logam aluminium cair.
2. Dilakukan modifikasi pada mesin pengecoran sentrifugal diantaranya pada motor penggerak agar bisa mengatur kecepatan putar cetakan, dan mendesain dimensi cetakan dengan menambahkan tirus pada bagian dalam cetakan agar proses pelepasan hasil pengecoran lebih mudah dikeluarkan.

DAFTAR PUSTAKA

1. ASM Speciality Hand Book, (1996), *Aluminum and Aluminum Alloys*. Ohio USA : ASM International.
2. America Foundrymen's Society, (1993), *Aluminum Casting Technology 2nd Edition*. USA : AFS.
3. Rosenthal, Heine Loper, (1967), *Principles of Metal Casting 2nd Edition*. USA : McGraw-Hill Book Company.
4. Warmuzek, Malgorzata, (2004), *Aluminum-Silicon Casting Alloys : Atlas of Microfractographs* . USA : ASM International
5. ASM Metals Handbook, (1972), *Atlas of Microstructures of Industrial Alloys 8th Edition*. Ohio USA : ASM International.
6. Surdia, Tata. dan Chijiiwa, Kenji., (2000), Teknik Pengecoran Logam, Cetakan ke-8. Jakarta: Pradnya Paramitha.
7. Surdia, Tata. dan Saito, Shinroku., (2005), *Pengetahuan Bahan Teknik*, Cetakan ke-5. Jakarta : Pradnya Paramitha.
8. Tjitro, Soejono, (2004), Pengaruh Kecepatan Putar Pada Proses Pengecoran Aluminium Centrifugal. Surabaya : Universitas Kristen Petra.
9. Bintoro, M Waluyo, (2003), Penerapan Metode Sentrifugal pada Proses Pengecoran Produk Komponen Otomotif Velg Sepeda Motor. Bandung : Politeknik Negri Bandung.
10. Wijaya, Bagas Setya, (2003), Pengaruh Kecepatan Putar Cetakan Terhadap Porositas Dan Fatigue Pada Produk Silinder Pejal Berbahan Al – Mg - Si Hasil Pengecoran Sentrifugal. Malang : Universitas Brawijaya.
11. Lamona, Septyan. dan Irawan, Surya Yudy, (2005), Pengaruh Kecepatan Putar Dan Dimensi Saluran Centrifugal Casting Terhadap Kekuatan Tarik Dan Cacat Porositas Silinder Pejal Aluminium (Al-Mg-Si). Malang : Universitas Brawijaya.
12. Wagiyo H, (2001). Pengecoran Cara Perah (*Squeeze*) Paduan Al-Si Sebagai Bahan Piston. Tangerang : P3IB Batan.

13. Bayuseno, A Priharyoto, dan Chamdani, A Nasrudin, (2013), Adc 12 Sebagai Material Sepatu Rem Menggunakan Pengecoran High Pressure Die Casting Dengan Variasi Temperatur Penuangan. Yogyakarta : Universitas Diponogoro.
14. Tarigan, Bukti (2015) Modul Praktikum Material Teknik. Bandung : Universitas Pasundan.
15. https://www.academia.edu/9310960/PENGECORAN_SENTRIFUGAL
Diakses pada tanggal 9 Februari 2016.
16. <http://logamceper.com/proses-pengecoran-logam/>
Diakses pada tanggal 9 Februari 2016.
17. <http://www.slideshare.net/hengkiirawan2008/klasifikasi-paduan-aluminium>
Diakses pada tanggal 10 Februari 2016.
18. <http://steviestevie9.blogspot.co.id/2010/06/metal-casting-pengecoran.html>
Diakses pada tanggal 10 Februari 2016.
19. https://hapli.wordpress.com/non_ferro/menghindari-gas-pada-al-paduan/
Diakses pada tanggal 15 Februari 2016.
20. https://hapli.wordpress.com/non_ferro/pedoman-peleburan-alal-paduan/
Diakses pada tanggal 15 Februari 2016.
21. <http://www.slideshare.net/hendrayoskatanjung/aluminium-16391853>
Diakses pada tanggal 16 Februari 2016.
22. https://en.wikipedia.org/wiki/Aluminium_dross_recycling
Diakses pada tanggal 22 Februari 2016.
23. <http://www.nitrogen-generators.com/portfolios/aluminum-degassing/>
Diakses pada tanggal 22 Februari 2016.
24. <https://www.scribd.com/document/171210206/Chapter-II>
Diakses pada tanggal 22 Februari 2016.
25. <http://ndtservices.blogspot.co.id/2013/08/visual-inspection-testing-requirements.html>
Diakses pada tanggal 2 Maret 2016.
26. <http://www.alatuji.com/article/detail/3/what-is-hardness-test-uji-kekerasan>
Diakses pada tanggal 3 Maret 2016.

LAMPIRAN

Tabel Komposisi Dan Sifat Mekanik Aluminium Alloy 443.0

((Aluminium Casting Technology 2an edition, hal 86)

Alloys 443.0, A443.0 & C443.0 (formerly 43, 43 with 0.30 max Cu & A43)												
Used in: Sand and Permanent Mold Casting												
Alloy 443.0—Chemical Composition Limits												
Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Ag	Ti	Sn	Other Elements	
											Each	Total
4.5–6.0	0.8	0.6	0.50	0.05	0.25	–	0.50	–	0.25	–	–	0.35
Used in: Sand Casting												
Alloy A443.0—Chemical Composition Limits												
Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Ag	Ti	Sn	Other Elements	
											Each	Total
4.5–6.0	0.8	0.30	0.50	0.05	0.25	–	0.50	–	0.25	–	–	0.35
Used in: Diecasting												
Alloy C443.0—Chemical Composition Limits												
Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Ag	Ti	Sn	Other Elements	
											Each	Total
4.5–6.0	2.0	0.6	0.35	0.10	–	0.50	0.50	–	–	0.15	–	0.25
Typical Mechanical Properties												
Casting Process and Temper	Tension			Shearing Strength (ksi)	Compressive Yield Strength (Set 0.2%) (ksi)	Brinell Hardness (500 kg load on 10 mm ball)	Endurance Limit (ksi)					
	Ultimate Strength (ksi)	Yield Strength (Set 0.2%) (ksi)	Elongation (% in 2 in.)									
Sand A443.0—F	19	8	8.0	14	9	40	8					
P.M. 443.0—F	23	9	10.0	16	9	45	8					
Die C443.0—F	33	14	9.0	19	13	50	17					

Diagram Konversi Skala Kekerasan
(Modul Praktikum Material Teknik, Hal : 23)

