

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permasalahan yang sering dihadapi oleh para pengrajin pengecoran silinder aluminium lokal adalah banyaknya cacat pengecoran yang disebabkan oleh metode gravity casting yang masih digunakan dalam proses pengecoran. Pengecoran gravitasi adalah proses pengecoran yang paling dasar, yaitu menuangkan aluminium cair ke dalam cetakan dan menggunakan gravitasi bumi untuk mengisi cetakan. Jadi kuncinya adalah benar-benar mempertimbangkan arah gravitasi dalam desain cetakan, sehingga mendapatkan kerapatan bentuk. Cacat pengecoran yang sering muncul antara lain cacat *runner*, rongga pori dan penyusutan. Cacat pengecoran dapat mempengaruhi kualitas coran.

Berbagai pengembangan maksimal juga telah dilakukan pada bahan cor dengan menambahkan elemen paduan atau dengan merawat pengecoran. Di masa mendatang, metode ini akan menjadi pilihan yang menjanjikan untuk menghasilkan objek beraturan dan tidak beraturan.

Peningkatan mutu barang cor dapat dilakukan melalui optimalisasi proses pengecoran, salah satunya dengan pemanfaatan pengecoran sentrifugal. Pengecoran sentrifugal adalah teknik manufaktur dimana logam cair dimasukkan ke dalam cetakan yang diatur dalam gerakan rotasi, sehingga memberikan gaya sentrifugal pada logam cair, menyebabkannya terdorong menuju dinding bagian dalam cetakan selama proses penuangan.

Pengecoran sentrifugal memiliki beberapa keunggulan dibanding pengecoran konvensional seperti struktur coran lebih padat, cocok untuk coran 2 bentuk silinder dan cincin dengan produktivitas yang tinggi dan menghasilkan kualitas hasil coran yang baik (Surdia, 1986:239). Pengecoran sentrifugal juga memiliki beberapa kekurangan, seperti distribusi ketebalan dan kepadatan yang tidak merata, segregasi dan struktur yang tidak homogen akibat laju pembekuan yang tidak merata.

Pengecoran sentrifugal merupakan metode yang efektif untuk membuat benda coran namun perlu diperhatikan parameter-parameter dari pengecoran sentrifugal seperti temperatur logam cair yang akan dituang, temperatur cetakan, kecepatan putar cetakan, dan gaya sentrifugal yang terjadi. Temperatur tuang mempengaruhi laju pembekuan dan jumlah segregasi yang terjadi. Tingginya temperatur penuangan (ditinjau dari titik cair) akan meningkatkan sifat mampu alir dari logam cair sehingga logam cair dapat mencapai seluruh rongga cetakan tanpa adanya pembekuan dini. Temperatur cetakan juga harus diperhatikan, cetakan dilakukan *pre-heating* sampai mencapai suhu tertentu. Hal ini dilakukan untuk mengurangi terjadinya perbedaan temperatur yang terlalu tinggi (Surdia, 2006).

Cacat coran seperti cacat gelembung dan cacat lubang jarum, timbulnya crack pada coran logam keras akibat putaran yang terlalu tinggi dan dihasilkannya coran dengan struktur yang kurang padat jika putarannya terlalu rendah. Kekurangan ini dapat diminimalkan dengan mengatur laju putaran, sudut kemiringan, temperatur, dan sebagainya (Sugiarto:2014) Pengecoran sentrifugal sangat cocok digunakan untuk memproduksi coran yang berbentuk silinder berongga, akan tetapi perlu diperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhi hasil pengecoran sentrifugal seperti suhu cetakan, kecepatan putar cetakan dan gaya sentrifugal yang terjadi. Suhu pada cetakan perlu diperhatikan agar udara tidak terperangkap saat melakukan penuangan dan merusak hasil coran. Perubahan laju putaran cetakan berpengaruh terhadap distribusi ketebalan dan kekerasan coran (Sugiarto, 2014). Semakin tinggi putaran cetakan yang digunakan, semakin besar kekuatan tarik dan kekerasan dari coran yang dihasilkan

Hasil coran dapat diketahui dengan mengidentifikasi cacat pada hasil pengecoran dan seberapa besar kekuatan akibat perlakuan tersebut maka digunakan uji kekerasan untuk mengetahui struktur hasil pengecoran tersebut menggunakan alat struktur mikro.

Berdasarkan hal diatas, perlu diadakan penelitian tentang hasil dari variasi campuran Al – Mg menggunakan metode *Horizontal Centrifugal Casting*. Dan pada penelitian kali ini, peneliti akan mencoba mencari pengaruh terhadap sifat mekanik dan mikrostruktur variasi campuran Al – Mg menggunakan metode *Horizontal Centrifugal Casting*.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh variasi campuran magnesium (Mg) centrifugal casting pada pengecoran aluminium-magnesium terhadap kekerasan hasil coran.
2. Bagaimana pengaruh variasi campuran magnesium (Mg) centrifugal casting pada pengecoran aluminium-magnesium terhadap ketangguhan hasil coran.
3. Bagaimana pengaruh variasi campuran magnesium (Mg) centrifugal casting pada pengecoran aluminium-magnesium terhadap struktur mikro hasil coran.

1.3 Batasan Masalah

Melihat dari identifikasi masalah di atas maka pembahasan pada laporan ini di khususkan pada Metode pengecoran yang digunakan yaitu pengecoran *Horizontal centrifugal casting*.

1. Material yang digunakan adalah aluminium (Al) dan Magnesium (Mg).
2. Material yang digunakan alumanium A356.
3. Kecepatan putaran cetakan 1200 rpm.
4. Pengujian sifat mekanis hasil coran menggunakan uji impak, uji kekerasan, dan uji metallografi.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Membuat paduan Aluminium Magnesium dengan variasi Mg sebesar 2%, 3%, dan 5% menggunakan metode *Horizontal Centrifugal Casting*.
2. Untuk mendapatkan nilai kekerasan paduan Al-Mg 2%, 3%, dan 5% dari hasil horizontal *centrifugal casting*.
3. Untuk mendapatkan nilai impact paduan Al-MG 2%, 3%, dan 5% dari hasil

horizontal *centrifugal casting*.

4. Untuk mengetahui struktur mikro dari hasil pengecoran horizontal centrifugal.

1.5 Manfaat Penelitian

Terdapat beberapa manfaat yang hendak dicapai dari hasil penelitian dari tugas akhir ini diantaranya yaitu :

1. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangan dan memperkaya hasil penelitian dalam bidang pengecoran logam yang telah ada.
2. Sebagai bahan pertimbangan pada saat melakukan proses pengecoran horizontal centrifugal casting.

1.6 Sistematika Penulisan Laporan

Dalam penulisan laporan ini, penulis mencoba mengupas permasalahan secara sistematis sehingga mudah untuk dipahami. Sistematika penulisan yang dibuat terdiri dari :

BAB I PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang masalah, maksud dan tujuan, manfaat penelitian, lingkup pembatasan masalah, metodologi penyusunan laporan, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berisi teori dasar pengecoran logam menggunakan mesin *centrifugal casting* serta bahan yang akan diuji coba.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Berisi tentang metode yang akan digunakan dan rencana kerja serta waktu dan lokasi pelaksanaan penelitian.

BAB IV PEMBAHASAN

Berisi garis besar analisa perhitungan dari pengujian pada campuran pengecoran Al – Mg menggunakan metode horizontal centrifugal casting.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi tentang kesimpulan – kesimpulan yang dapat diambil oleh penulis serta saran – saran yang dapat penulis berikan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengecoran Logam

Coran dibuat dari logam yang dicairkan, dituang ke dalam cetakan , kemudian dibiarkan mendingin dan membeku. Oleh karena itu sejarah pengecoran dimulai ketika orang mengetahui bagaimana mencairkan logam dan bagaimana membuat cetakan. Hal itu terjadi kira-kira tahun 4.000 sebelum Masehi, sedangkan tahun yang lebih tepatnya tidak diketahui orang.

Pengecoran perunggu dilakukan pertama di Mesopotamia kira-kira 3.000 tahun sebelum Masehi, Teknik ini diteruskan ke Asia Tengah, India dan China . Penerusan ke Cina kira-kira 2.000 tahun sebelum Masehi, dan dalam zaman Cina kuno semasa Yin, yaitu kira-kira 1.500-1.000 tahun sebelum Masehi. Pada masa itu tangga-tangki besar yang halus buaatannya dibuat dengan jalan pengecoran. (Surdia, Tata dan Kenji. 2006)

Sudjana (2008:3) menyatakan bahwa pengecoran merupakan proses pembuatan benda dengan mencairkan logam dan menuangkannya kedalam rongga cetakan. Benda yang sangat rumit untuk dibuat menggunakan mesin, dapat diproduksi dengan masal dan ekonomis menggunakan metode pengecoran.

Cacat coran seperti cacat gelembung dan cacat lubang jarum, timbulnya crack pada coran logam keras akibat putaran yang terlalu tinggi dan dihasilkannya coran dengan struktur yang kurang padat jika putarannya terlalu rendah. Kekurangan ini dapat diminimalkan dengan mengatur laju putaran, sudut kemiringan, temperatur, dan sebagainya (Sugiarto:2014).

Pengecoran logam dapat dilakukan untuk bermacam-macam logam seperti, besi, baja, paduan tembaga (perunggu, kuningan, perunggu aluminium dan lain sebagainya), paduan logam ringan (paduan aluminium, paduan magnesium, dan sebagainya), serta paduan lain, semisal paduan seng, monel (paduan nikel dengan sedikit tembaga), hasteloy (paduan yang mengandung molibdenum, krom, dan silikon), dan sebagainya. Beberapa contoh produk pengecoran diantaranya pipa, tromol, rem,

selubung silinder, tutup silinder, velg, dan sebagainya.

Keuntungan dan kerugian proses pembentukan dengan pengecoran.

Keuntungannya sebagai berikut :

- 1) Tidak ada batasan ukuran/berat.
- 2) Pilihan material yang sangat banyak.
- 3) Sesuai untuk keperluan produksi massal.
- 4) Pilihan proses yang fleksibel.

Kerugian proses pembentukan dengan pengecoran yaitu:

- 1) Keterbatasan sifat mekanik.
- 2) Sering terjadi porositas.
- 3) Dimensi benda cetak kurang akurat.
- 4) Bahaya pada saat penuangan logam panas.

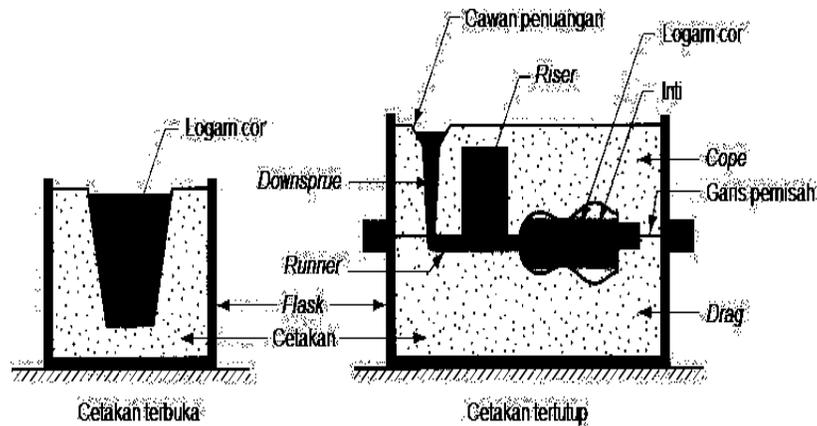
2.1.1. Metode Pengecoran Logam

Dalam perkembangan teknologi pengecoran ada berbagai metode pengecoran logam yang dikembangkan diantaranya :

- 1) *Sand Casting* (Pengecoran dengan cetakan pasir)

Pengecoran dengan cetakan pasir merupakan proses pengecoran yang paling banyak digunakan. Hampir semua logam paduan (alloy) bisa dituang pada cetakan pasir. Proses pengecoran dengan cetakan pasir juga dapat digunakan untuk logam dengan suhu cair tinggi seperti baja, nikel, dan titanium. Proses pengecoran ini fleksibel, mampu mengerjakan produk ukuran kecil hingga sangat besar dan dalam jumlah produksi hingga jutaan.

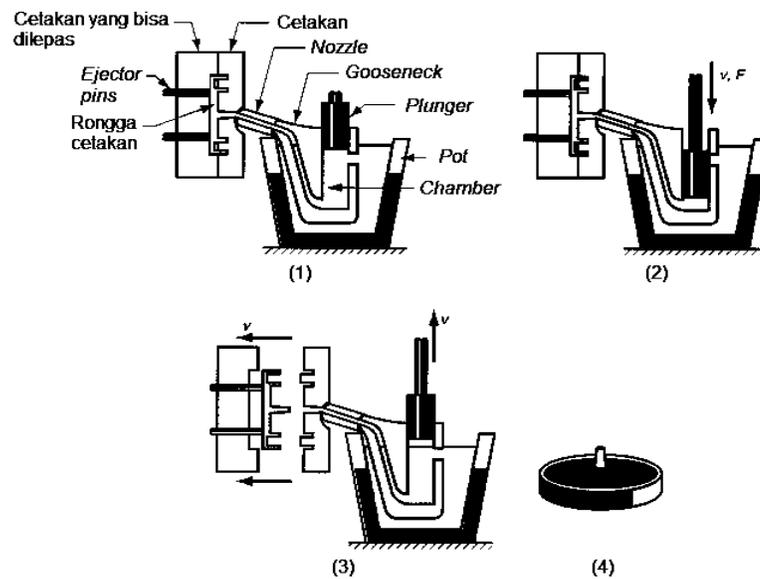
Pengecoran dengan cetakan pasir dikenal dengan sebutan sand casting atau sand-mold casting. Tahap singkat proses ini yaitu: menuangkan logam cair ke dalam cetakan pasir, membiarkan logam tersebut dingin dan keras, kemudian memecah cetakan untuk mengambil hasil cor. Hasil cor harus dibersihkan dan diperiksa. Kadang, perlakuan panas diperlukan untuk meningkatkan sifat metalurgi.



Gambar 2.1 Cetakan Pasir

2) Die Casting (Pengecoran dengan cetakan matres)

Die casting adalah proses pengecoran cetakan permanen di mana logam cair disuntikkan ke dalam rongga cetakan dengan tekanan tinggi. Tekanan penyuntikan logam cair sekitar 7 sampai 350 Mpa. Tekanan tersebut dipertahankan hingga logam membeku. Setelah dingin, cetakan dibuka dan produk cor dilepas. Cetakan pada proses pengecoran ini disebut die, sehingga proses ini disebut die casting.

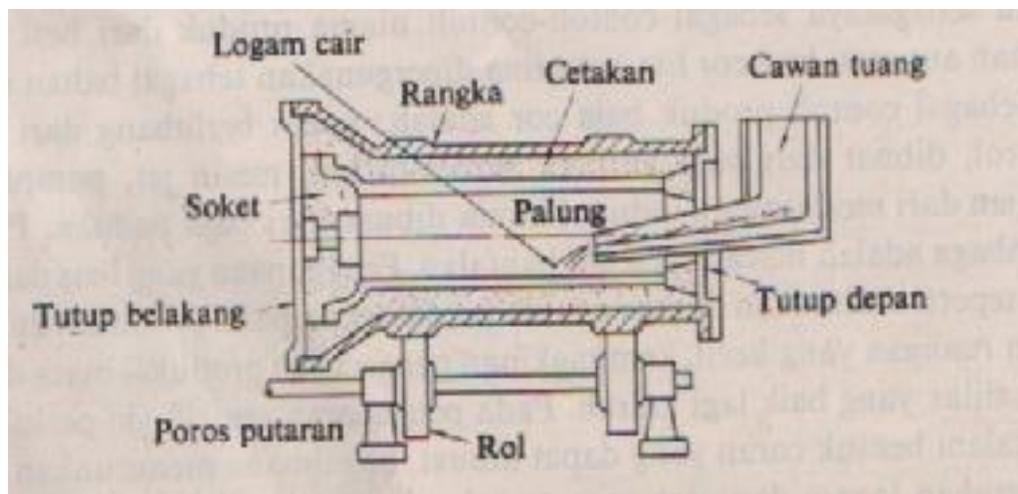


Gambar 2.2. Tahap-tahap Die Casting

3) *Centrifugal Casting* (Pengecoran dengan cetakan putar)

Pengecoran sentrifugal adalah proses pengecoran di mana cetakan diputar dengan kecepatan tinggi sehingga gaya sentrifugal mendistribusikan logam cair ke tepi rongga cetakan. Pengecoran sentrifugal tidak menggunakan core. Teknik Pengecoran ini biasanya digunakan untuk membuat produk silinder berdinding tipis. Penelitian yang dilakukan oleh Jamulwar et al (2012) tentang “Design and Implementation of Centrifugal Casting Plate” menyimpulkan bahwa pada proses pengecoran sentrifugal yang terjadi mengakibatkan logam cair dapat keluar dari cetakan.

Pengecoran centrigugal dilakukan dengan jalan menuangkan logam cair kedalam cetakan yang berputar sehingga dihasilkan coran yang mampat tanpa cacat karena pengaruh gaya sentrifugal. Berkenaan dengan itu maka car ini cocok untuk coran berbentuk silinder.



Gambar 2.3. *Centrifugal Casting*

4) *Continous Casting* (Pengecoran dengan cetakan berlanjut)

Pengecoran kontinu, atau pengecoran untai, continuous casting, casting strand, adalah proses dimana logam cair dibentuk padatkan menjadi “setengah jadi” billet, bloom, atau slab kemudian bergulir pada tahap berikutnya di pabrik finishing.

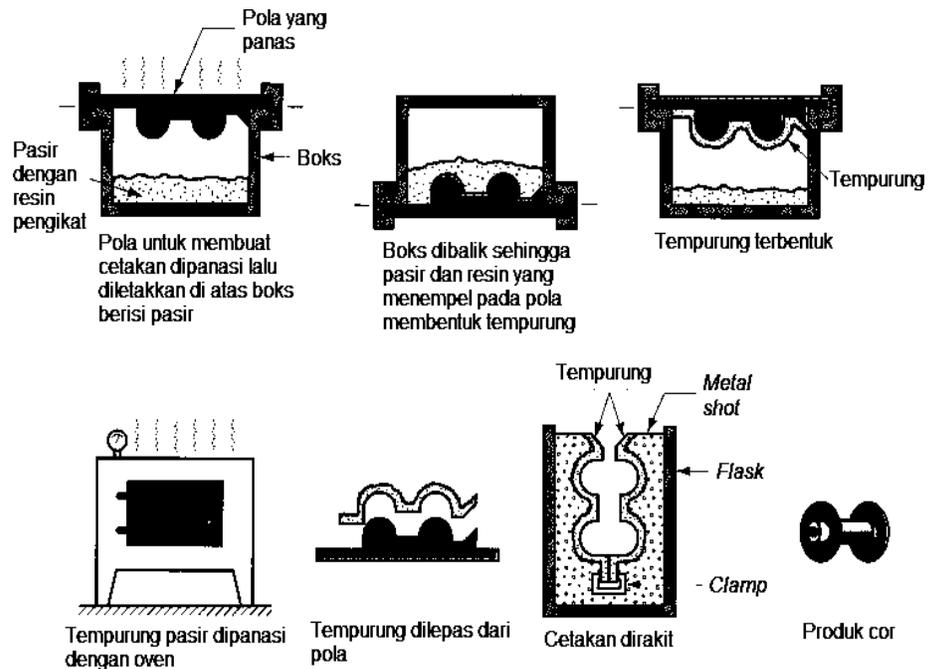
Sebelum pengenalan pengecoran kontinu pada 1950-an, logam dituangkan ke dalam cetakan untuk membentuk ingot padat. Sejak itu, “pengecoran kontinyu” telah berkembang hingga mencapai peningkatan hasil, kualitas, produktivitas dan efisiensi biaya. Dalam pengecoran kontinu, baja yang masih cair dari tungku, dituangkan ke

dalam cetakan berpendingin air (penuh), logam muncul sebagai untai yang mengeras pada permukaan. Untai melewati serangkaian rol yang disemprotkan air untuk menghasilkan padatan (slab, bloom atau billet) yang kemudian dikirim ke roll panas.

5) *Shell Moulding* (Pengecoran cetak)

Shell moulding adalah proses pengecoran di mana cetakannya berupa tempurung (shell) tipis. Tebal tempurung biasanya 9 mm. Tempurung tersebut dibuat dari pasir yang disatukan oleh pengikat resin thermosetting. *Shell moulding* dikembangkan di Jerman pada tahun 1940-an.

Shell moulding biasanya digunakan untuk membuat roda gigi, katup, bushing, dan camshaft.



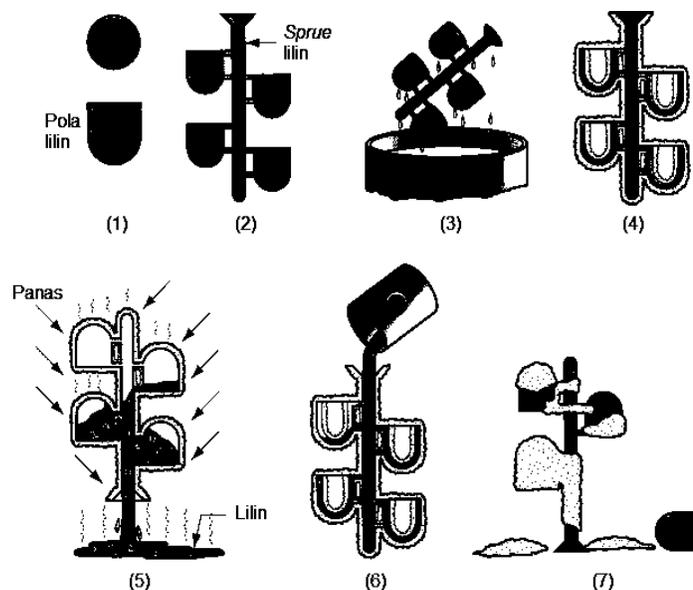
Gambar 2.4. *Shell Moulding*

6) *Investment Casting* (Proses lilin hilang)

Investment casting adalah proses pengecoran dengan pola yang terbuat dari lilin dan dilapisi dengan bahan tahan panas sebagai cetakan. Lilin kemudian dilelehkan sebelum menuangkan logam cair. Istilah *investment* berasal dari kata *invest* yang berarti "melapisi sepenuhnya". Hal tersebut mengacu pada lapisan bahan tahan panas

atau api di sekitar pola lilin.

Investment casting merupakan proses pengecoran presisi. Pengecoran jenis ini mampu membuat produk dengan akurasi tinggi dan detail rumit. Dulu proses ini dikenal sebagai proses lost-wax. Karena pola lilin dilelehkan setelah cetakan tahan panas dibuat, pola lain harus diproduksi untuk setiap pengecoran. Produksi pola biasanya dilakukan dengan molding operation yaitu dengan menuangkan atau menyuntikkan lilin panas ke dalam cetakan utama (master). Cetakan tersebut dirancang dengan kelonggaran yang tepat untuk penyusutan lilin dan logam cor. Dalam kasus di mana geometri produk rumit, beberapa potongan lilin terpisah harus disatukan untuk membuat pola. Pada proses produksi tinggi, beberapa pola melekat pada sprue yang terbuat dari lilin, untuk membentuk pohon pola. Pohon pola ini adalah geometri yang akan dituangi logam cair.

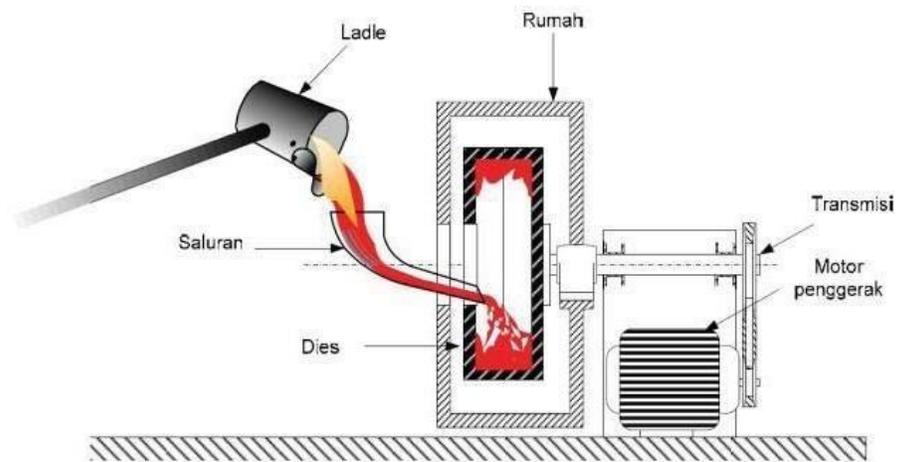


Gambar 2.5. *Investment Casting*

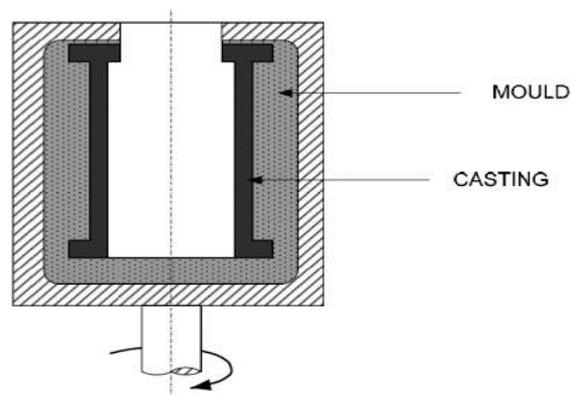
2.2 *Centrifugal Casting*

Centrifugal Casting adalah proses pengecoran logam yang menggunakan gaya sentrifugal untuk membentuk bagian silinder. Centrifugal casting adalah metode pengecoran logam yang menggunakan model sentrifugal untuk membuat benda berbentuk silinder (Raharja, 2011:83). Proses pengecoran ini berbeda dengan pengecoran yang menggunakan gravitasi dan tekanan untuk mengisi cetakan.

Centrifugal Casting dilakukan dengan jalan menuangkan logam cair ke dalam cetakan yang berputar sehingga dihasilkan coran yang mampat tanpa cacat karena pengaruh gaya sentrifugal. *Centrifugal casting* sendiri terbagi menjadi dua posisi yaitu vertikal dan horizontal. *Vertical centrifugal casting* adalah proses penuangan logam cair ke dalam cetakan yang berputar pada posisi tegak. Sedangkan *horizontal centrifugal casting* adalah proses penuangan logam cair ke dalam cetakan yang berputar pada posisi mendatar.



Gambar 2.6. *Horizontal Centrifugal Casting* [3]



Gambar 2.7. *Vertical Centrifugal Casting* [3]

Centrifugal Casting digunakan untuk menghasilkan bagian seperti silinder atau disk yang berongga, contohnya pipa air, cincin torak, bantalan mesin, dan sebagainya. Karena kekuatan sentrifugal yang tinggi, bagian ini memiliki sifat mekanik sekitar 30% lebih besar dari pada bagian yang dibentuk dengan metode casting statis.

Waluyo M Bintoro dkk (2013) tentang penelitiannya yang berjudul “Penerapan Metode Sentrifugal pada Proses Pengecoran Produk Komponen Otomotif Velg Sepeda Motor” menyimpulkan bahwa adanya gaya sentrifugal selama proses penuangan menyebabkan ukuran butiran pada tuangan sentrifugal akan semakin halus butirannya pada sisi terluar. Produk yang dibuat dengan metode ini bebas cacat, karena sisi terluar dari produk sentrifugal akan memiliki sifat mekanis yang baik dibandingkan dengan sisi tengah produk. Centrifugal casting memiliki keunggulan seperti hasil penuangan yang padat, permukaan tuangan yang halus serta dapat membentuk dinding tuangan pada ukuran yang tipis dan lainlain, namun hal ini akan bergantung pula pada kemungkinan pengecoran yang paling baik yang dapat dilakukan untuk menghasilkan benda cor yang memuaskan menurut bentuk yang dikehendaki.

Centrifugal casting memiliki beberapa kelebihan diantaranya adalah sebagai berikut:

- a. Efek dari penyusutan akan ditransfer kebagian dalam benda.
- b. Tidak menggunakan system saluran, sehingga temperatur pouring bisa lebih rendah dan memiliki yield logam yang tinggi yaitu mencapai 96%.
- c. Laju pendinginan terjadi searah, sehingga menghasilkan karakter butiran columnar.
- d. Laju pendinginan yang cepat, karena menggunakan cetakan berbahan logam, sehingga pembekuan lebih cepat dan ukuran butiran yang kecil.
- e. Menghasilkan logam yang bersih. Gas, slag, dan kotoran memiliki berat yang lebih ringan dibanding cairan logam, sehingga akan terkumpul dibagian dalam dari benda cor dan dapat dihilangkan dengan proses pemesinan.
- f. Dapat digunakan untuk produksi massal.

Pengecoran sentrifugal dibagi menjadi 3 macam, antara lain adalah sebagai berikut :

1. Semi Centrifugal

Pada proses ini cetakan diisi penuh oleh logam cair dan biasanya diputar pada sumbu vertikal. Bila diperlukan dapat digunakan inti untuk menghasilkan produk cor yang berongga. Coran yang sulit dihasilkan melalui cara statis dapat dilakukan dengan

metode ini, karena gaya sentrifugal dapat mengalirkan logam cair di bawah tekanan yang lebih tinggi jika dibandingkan pada pengecoran statis. Hal ini meningkatkan hasil coran dan menghasilkan coran berkualitas tinggi, bebas rongga dan porositas.

Bagian coran yang lebih tipis dapat dibuat dengan metode ini. Aplikasi dari pengecoran semi sentrifugal adalah untuk membuat gear blanks, pulley, roda, impellers dan rotor motor listrik.

Cara kerja pengecoran semi centrifugal adalah penuangan dimulai ketika cetakan diam, kemudian cetakan diputar sampai pada kecepatan tertentu sehingga pembekuan logam terjadi pada saat cetakan tersebut berputar. Gaya centrifugal yang disebabkan oleh putaran cetakan akan mendorong logam cair masuk ke seluruh rongga cetakan. Cetakan tetap berputar sampai logam cair membeku dan mendingin.

2. *Centrifuging*

Centrifuging (pressure) memiliki aplikasi yang paling luas. Pada metode ini, lubang coran disusun disekitar pusat sumbu putaran seperti jari-jari roda, sehingga memungkinkan produksi coran lebih dari satu. Gaya sentrifugal memberikan tekanan pada logam cair seperti yang terdapat pada pengecoran semi sentrifugal. Metode pengecoran ini khususnya digunakan untuk memproduksi valve bodies, bonnet, plugs, yokes, brackets dan banyak lagi pada industri pengecoran lainnya.

Prinsip kerja pengecoran centrifuging dimulai setelah logam cor cair mencapai temperatur tuang yang diinginkan, kemudian logam cair dituang tepat di atas pusat lingkaran cetakan melalui pouring basin. Gaya centrifugal yang dihasilkan oleh adanya putaran akan mendorong logam cair masuk ke dalam rongga cetak secara merata. Putaran terus dilakukan sampai logam cor membeku dan mendingin.

Proses ini digunakan untuk benda cor yang kecil yang tidak memerlukan persyaratan simetri radial seperti dua Teknik pengecoran sentrifugal yang lain. Dalam satu kali pengecoran bisa diperoleh beberapa produk coran, bisa dua sampai lima tergantung besar cetakan dan ukuran benda cornya.

3. *True Centrifugal*

True Centrifugal digunakan untuk menghasilkan coran turbular atau silindris dengan memutar cetakan pada sumbunya sendiri. Hasil coran memiliki

pembekuan terarah atau pembekuan dari bagian luar coran menuju sumbu putaran (sumbu rotasi). Pembekuan terarah ini menghasilkan coran berkualitas tinggi tanpa cacat penyusutan (*shrinkage*) yang merupakan penyebab utama cacat coran hasil cetakan pasir. Secara umum pengecoran sentrifugal tipe mendatar digunakan untuk membuat produk seperti pipa, bantalan luncur, silinder liner, cincin piston, rol, pully, plat kopling, dan lain-lain. Produk coran dengan bentuk tidak silinder atau tidak simetris, tidak dapat dibuat dengan menggunakan proses ini.

Prinsip pengecoran true centrifugal dimulai dari logam cair dituangkan kedalam cetakan horizontal yang sedang berputar pada kecepatan putar yang rendah. Logam cair diinput melalui cawan tuang (*pouring basin*) yang terletak pada salah satu ujung cetakan. Pada beberapa mesin, cetakan diputar setelah logam cair dituangkan. Setelah cetakan penuh putaran dinaikkan sampai pada putaran tertentu dengan percepatan yang tinggi dan ditahan pada putaran itu sampai pembekuan terjadi. Putaran menghasilkan gaya sentrifugal pada logam cair, sehingga akan membentuk coran sesuai dengan bentuk dinding cetakan.

2.3 Aluminium

Aluminium merupakan logam yang lunak dengan tampilan menarik, ringan, tahan korosi, mempunyai daya hantar panas dan daya hantar listrik yang relatif tinggi, dan mudah dibentuk serta cadangannya dikerak bumi melimpah melebihi cadangan besi (Fe). Aluminium murni mempunyai kekuatan dan sifat mekanis yang rendah. Kekuatan aluminium murni tidak dapat ditingkatkan secara langsung dengan proses perlakuan panas. Proses pengerjaan aluminium mudah dibentuk karena disambung dengan logam/material lainnya dengan pengelasan, brazing, solder, bonding, sambungan mekanis, atau dengan teknik penyambungan lainnya

Salah satu usaha untuk meningkatkan kekuatan aluminium murni adalah dengan proses pengerjaan dingin (*cold working*) berupa pengerasan regang. Tetapi cara ini kurang memuaskan bila tujuan utama adalah untuk menaikkan kekuatan. Pada perkembangan selanjutnya, peningkatan nyata dari aluminium dapat dicapai dengan

penambahan unsur-unsur paduan kedalam aluminium. Unsur paduan tersebut dapat berupa tembaga (Cu), mangan (Mn), silikon (Si), magnesium (Mg), seng (Zn) dan lain-lain. Kekuatan aluminium paduan ini dapat dinaikkan lagi dengan pengerasan regang atau perlakuan panas. Sifat-sifat lainnya seperti mampu cor dan mampu mesin juga bertambah baik, akan tetapi teknik ini menurunkan ketahanan korosi, kontrol kehomogenan komposisi yang sulit, harga menjadi mahal dan peningkatan biaya daur ulang.

Paduan aluminium diklasifikasikan dalam berbagai standar oleh beberapa negara. Secara umum paduan aluminium diklasifikasikan menjadi dua kelompok yaitu paduan aluminium tuang/cor (*cast aluminium alloy*) dan paduan aluminium tempa (*wrought aluminium alloy*). Setiap kelompok tersebut dibagi lagi menjadi dua kategori, yaitu paduan dengan perlakuan panas (*heat treatable alloy*) dan paduan tanpa perlakuan panas (*non heat treatable alloy*).

Aluminium banyak digunakan dalam industri cor seperti pembuatan komponen otomotif dan komponen yang lainnya, karena aluminium mempunyai banyak sifat yang menguntungkan, diantaranya aluminium mempunyai ketahanan korosi dan hantaran listrik yang baik dan sifat-sifat yang baik lainnya sebagai sifat logam. Aluminium adalah 100% bahan yang didaur ulang tanpa penurunan dari kualitas awalnya, peleburan memerlukan sedikit energi, hanya sekitar 5% dari energi yang diperlukan untuk memproduksi logam utama yang pada awalnya diperlukan dalam proses daur ulang. Bahan aluminium bila berada pada kondisi dingin tidak seperti bahan logam lain yang bersifat getas bila didinginkan. Sifat ini yang membuat bahan aluminium sangat baik untuk digunakan pada transportasi LNG dimana suhu gas cair yang dibawa mencapai -150°C . Aluminium murni memiliki temperature lebur 660°C . Unsur-Unsur Aluminium Bauksit dimurnikan melalui proses Bayer, yang mengambil manfaat dari fakta bahwa oksida alumina amfoter larut dalam basa kuat tetapi besi oksida tidak. Bauksit mentah dilarutkan dalam natrium hidroksida $\text{Al}_2\text{O}_3 (\text{s}) + 2 \text{OH} (\text{aq}) + 3 \text{H}_2\text{O} (\text{l}) \rightarrow 2 \text{Al}(\text{OH})_4 (\text{aq})$. Dan dipisahkan dari besi oksida terhidrasi serta zat asing tak larut lainnya dengan penyaringan.



Gambar 2.8 Aluminium A356

2.3.1. Klasifikasi Aluminium

Aluminium memiliki yang tergantung pada unsur paduan dan perlakuan panas yang dilakukan terhadap paduan aluminium tersebut. Berikut klasifikasi aluminium .

a. *Grade* aluminium seri 1xxx

Grade dari aluminium ini (1050, 1060, 1100, 1145, 1200, 1230, 1350 dll) ditandai dengan ketahanan korosi yang sangat baik, konduktivitas termal dan elektrik yang tinggi, sifat mekanik yang rendah, dan kemampuan kerja yang sangat baik. Grade aluminium ini memiliki kandungan besi dan silikon yang besar.

b. *Grade* aluminium seri 2xxx

Paduan aluminium ini (2011, 2014, 2017, 2018, 2124, 2219, 2319, 201,0; 203,0;206,0; 224,0; 242,0 dll) memerlukan solution heat treatment untuk mendapatkan sifat yang optimal, didalam kondisi solution heat treatment , sifatmekanik yang mirip dengan baja karbon rendah dan kadang-kadang melebihi sifat mekanik baja karbon rendah. Dalam beberapa contoh, proses 20 perlakuan panas (aging) digunakan untuk lebih meningkatkan sifat mekanik. Paduan aluminium dalam seri 2xxx tidak memiliki ketahanan korosi yang baik ketimbang kebanyakan paduan aluminium lainnya, dan dalam kondisi tertentu paduan ini mungkin akan terjadi korosi pada antar butir. Grade aluminium dalam seri 2xxx ini baik untuk bagian yang membutuhkan kekuatan yang

bagus yaitu pada suhu sampai 150 ° C (300F).

c. *Grade* aluminium seri 5xxx

Unsur paduan utama grade aluminium ini adalah magnesium, bila digunakan sebagai elemen paduan utama atau digabungkan dengan mangan, hasilnya adalah paduan yang memiliki kekerasan sedang hingga kekuatan yang tinggi. Magnesium jauh lebih efektif daripada mangan sebagai pengeras – sekitar 0,8% Mg sama dengan 1,25% Mn dan dapat ditambahkan dalam jumlah yang jauh lebih tinggi. Paduan aluminium dalam seri ini (5005, 5052, 5083, 5086, dll) memiliki karakteristik pengelasan yang baik dan ketahanan yang relatif baik terhadap korosi dalam atmosfer laut. Namun, pada pekerjaan dingin harus dilakukan pembatasan dan suhu operasi (150°F) diperbolehkan untuk paduan aluminium yang memiliki magnesium tinggi untuk menghindari 21 kerentanan terhadap korosi retak.

d. *Grade* aluminium 6xxx

Paduan aluminium dalam seri 6xxx (6061, 6063) mengandung silikon dan magnesium sekitar dalam proporsi yang diperlukan untuk pembentukan magnesium silisida (Mg_2Si), sehingga membuat paduan ini memiliki kemampuan perlakuan panas yang baik. Meskipun tidak sekuat pada paduan 2xxx dan 7xxx, paduan aluminium seri 6xxx memiliki sifat mampu bentuk yang baik, mampu las, mampu mesin, dan ketahanan korosi yang relatif baik dengan kekuatan sedang.

e. *Grade* aluminium 7xxx

Zinc jumlah dari 1% sampai 8%) merupakan unsur paduan utama dalam paduan aluminium seri 7xxx (7075, 7050, 7049, 710,0; 711,0 dll) dan ketika digabungkan dengan persentase magnesium yang lebih kecil didalam perlakuan panas yang cukup maka paduan ini akan memiliki kekuatan yang sangat tinggi. Biasanya unsur-unsur lain, seperti tembaga dan kromium, juga ditambahkan dalam jumlah kecil. Paduan seri 7xxx digunakan dalam struktur badan pesawat, peralatan besar yang bergerak dan bagian lainnya memiliki tekanan yang sangat tinggi.

f. *Grade* aluminium seri 8xxx

Seri 8xxx (8006; 8111; 8079; 850,0; 851,0; 852,0) dicadangkan untuk paduan unsur selain yang digunakan untuk seri 2xxx sampai 7xxx. Besi dan nikel yang

digunakan untuk meningkatkan kekuatan tanpa kerugian yang signifikan dalam konduktivitas listrik, dan begitu juga berguna dalam paduan konduktor seperti 8017. Aluminium-lithium paduan 8090, yang memiliki kekuatan dan kekakuan yang sangat tinggi, dikembangkan untuk aplikasi ruang angkasa. Paduan aluminium dalam seri 8000 sesuai dengan Sistem Penomoran A98XXX dll.

2.3.2. Sifat-sifat Aluminium

Sifat-sifat penting yang dimiliki aluminium sehingga banyak digunakan sebagai material teknik ialah : - Berat jenisnya ringan (hanya $2,7 \text{ gr/cm}^3$, sedangkan besi $\pm 8,1 \text{ gr/cm}^3$) – Tahan korosi – Penghantar listrik dan panas yang baik – Mudah di fabrikasi/di bentuk – Kekuatannya rendah tetapi pemaduan (alloying) kekuatannya bisa ditingkatkan. Sifat tahan korosi dari aluminium diperoleh karena terbentuknya lapisan aluminium oksida (Al_2O_3) pada permukaan aluminium. Lapisan ini membuat Al tahan korosi tetapi sekaligus sukar dilas, karena perbedaan melting point (titik lebur). Aluminium umumnya melebur pada temperature $\pm 600^\circ\text{C}$ dan aluminium oksida melebur pada temperature 2000°C . Kekuatan dan kekerasan aluminium tidak begitu tinggi dengan pemaduan dan heat treatment dapat ditingkatkan kekuatan dan kekerasannya. Aluminium komersil selalu mengandung ketidak murnian $\pm 0,8\%$ biasanya berupa besi, silicon, tembaga dan magnesium.

Sifat lain yang menguntungkan dari aluminium adalah sangat mudah difabrikasi, dapat dituang (dicor) dengan cara penuangan apapun. Dapat deforming dengan cara: rolling, drawing, forging, ekstrusi dan lain-lain.

Keberadaan Aluminium adalah unsur yang tergolong banyak di kulit bumi. Mineral yang menjadi sumber komersial aluminium ialah bauksit. Bauksit mengandung aluminium dengan bentuk aluminium oksida (Al_2O_3). Aluminium terdapat didalam penggunaan zat aditif makanan, antasida, buffered aspirin, astringents, semprotan hidung (healer), anti perspirant, air minum, knalpot mobil, asap tembakau, penggunaan aluminium foil, peralatan masak, kaleng, keramik, dan kembang api.

Sifat fisis Aluminium adalah konduktor listrik yang baik. Merupakan

konduktor yang baik juga untuk panas. Dapat ditempa menjadi lembaran, ditarik menjadi kawat dan diekstrusi menjadi batangan menjadi bermacam-macam penampang.

Sedangkan untuk sifat mekaniknya, aluminium mempunyai beberapa sifat mekanik. Salah satunya ialah Kekuatan Tarik. Kekuatan tarik bukanlah ukuran kekuatan suatu acuan terhadap kekuatan bahan. Kekuatan tarik pada aluminium murni pada berbagai perlakuan umumnya sangat rendah, yaitu sekitar 90Mpa, sehingga untuk penggunaan yang memerlukan kekuatan tarik yang tinggi, aluminium perlu dipadukan. Dengan dipadukan dengan logam lain, ditambah dengan berbagai perlakuan termal, aluminium paduan akan memiliki kekuatan tarik hingga 700 Mpa.

Salah satu usaha untuk meningkatkan kekuatan aluminium murni adalah dengan proses pengerjaan dingin (cold working) berupa pengerasan regang. Tetapi cara ini kurang memuaskan bila tujuan utama adalah untuk menaikkan kekuatan. Pada perkembangan selanjutnya, peningkatan nyata dari aluminium dapat dicapai dengan penambahan unsur-unsur paduan kedalam aluminium. Unsur paduan tersebut dapat berupa tembaga (Cu), mangan (Mn), silikon (Si), magnesium (Mg), seng (Zn) dan lain-lain.

Aluminium tidak beracun, tidak bersifat magnet dan tidak menimbulkan bunga api (non spraking). Karena tidak bersifat magnet, aluminium sering digunakan sebagai peralatan elektro seperti bus-bar housing. Dua sifat aluminium yang baik lainnya adalah kemampuan untuk dibentuk dan dimesin. Proses pembentukannya dapat berupa tuangan (casting), canai (rolling), tempa (forging) atau ekstrusi (extrusion).

Keunggulan aluminium yang sangat populer adalah berat jenis yang rendah, sepertiga dari pada berat jenis ferrous. Selain ringan aluminium juga memiliki sifat konduktifitas panas dan listrik yang tinggi serta tahan korosi yang baik. Menurut Tata Surdia dan Kenji Chijiwa (1976 : b42) mengatakan bahwa “Aluminium adalah sebagai logam murni yang dipakai sebagai paduan. Sebab tidak kehilangan sifat ringan dan mekanisnya, untuk mampu coranya dapat diperbaiki dengan menambah unsur unsur lain seperti Cu, Si, Mg, Mn, Ni dan sebagainya.

Tabel 2. 1. Sifat fisik dan mekanik dari Aluminium

Aluminium	Hasil Fisik Aluminium
Jari-jari atom	125 pm
Density	(20 ⁰ C) 2,6989 gr/cm ³
Kapasitas panas	(25 ⁰ C) 5,38 cal/mol ^o C
<i>Tensile strength</i>	700 Mpa
Hantaran panas	(25 ⁰ C) 0,49 cal/det ^o C
Panas peleburan	10,71 Kj.mol ⁻¹
Massa atom	26,98 gr/mol
Density	(660 ⁰ C) 2,368 gr/cm ³
Potensial elektroda	(25 ⁰ C) -1,67 volt
Panas pembakaran	399 cal/gr mol
Kekentalan	(700 ⁰ C) 0,0127 poise
Panas uap	294,0 Kj.mol ⁻¹
Titik lebur	660 ⁰ C

Klasifikasi pada paduan aluminium yang biasanya digunakan pada proses pembuatan piston dapat kita lihat sebagai berikut :

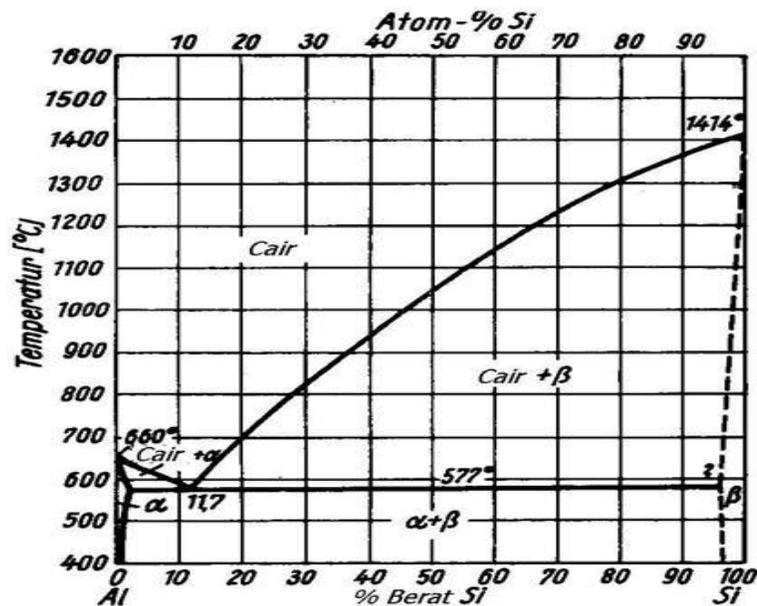
A. Paduan Al-Si

Paduan Al-Si memiliki sifat mampu cor yang baik, tahan korosi, dapat diproses dengan dilas dan permesinan. Kandungan silikon pada diagram fasa Al- Si terdiri dari tiga macam, yaitu:

1. *Hypoeutectic*, yaitu apabila kandungan silikon terdapat <11,7% dimana struktur akhir yang terbentuk pada fasa ini adalah struktur *ferrite* (alpha) kaya akan aluminium, dengan struktur eutektik sebagai tambahan.
2. *Eutectic*, yaitu apabila kandungan silikon yang terkandung didalamnya sekitar 11.7% sampai 12.2% pada komposisi ini paduan Al-Si dapat membeku secara langsung (dari fasa cair ke padat).

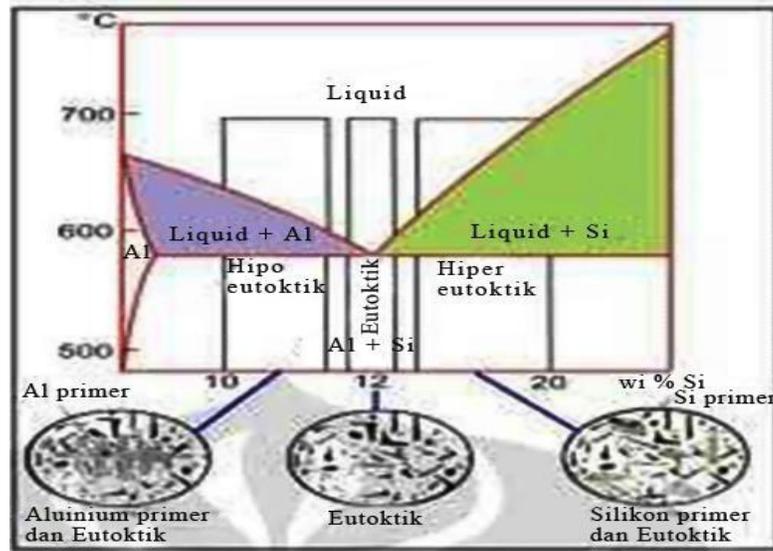
3. *Hypereutectic*, yaitu apabila komposisi silikon >12.2% sehingga kaya akan silikon dengan fasa eutektik sebagai fasa tambahan. Keberadaan struktur kristal silikon primer pada daerah ini mengakibatkan karakteristik yaitu :
- Meningkatnya ketahanan aus
 - Ekspansi termal yang rendah
 - Memiliki ketahanan retak panas yang baik.

Diagram fasa paduan Al-Si ditunjukkan pada Gambar 2.9 dimana diagram fasa ini digunakan sebagai pedoman umum untuk menganalisa perubahan fasa pada proses pengecoran Al-Si.



Gambar 2.9 Diagram Fasa Paduan Al-Si

Paduan logam aluminium memiliki daerah system biner, mulai dari system yang paling sederhana hingga system yang paling kompleks, secara garis besar paduan aluminium-silikon dibagi 3 daerah utama, seperti terdapat pada gambar 2.10 yaitu :



Gambar 2.10 Daerah Diagram Fasa Al-Si

Tipe paduan tergantung pada presentase kandungan silikon ini akan berpengaruh terhadap titik beku (*freezing point*) yang dipakai pada proses pengecoran aluminium yang dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Kandungan Si Terhadap Temperatur Titik Beku Paduan Aluminium

<i>Alloy</i>	<i>Si Content</i>	<i>BS Alloy</i>	<i>Typical Freezing Grange (° C)</i>
<i>Low Silicon</i>	4 – 6 %	LM 4	625-525
<i>Medium Silicon</i>	7.5 – 9.5 %	LM 25	615-515
<i>Eutectic Alloy</i>	10 – 13 %	LM 6	575-565
<i>Spesial Hypereutectic Alloy</i>	>16 %	LM 30	650-505

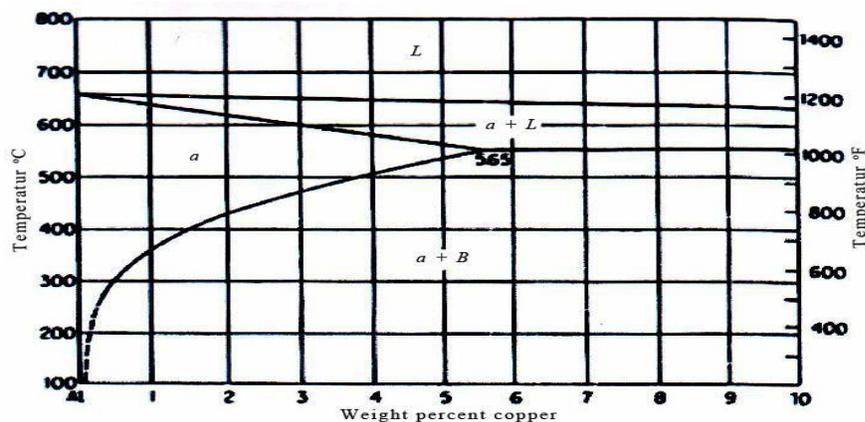
B. Paduan Al-Cu

Macam-macam coran paduan tembaga adalah : perunggu, kuningan , kuningan kekuatan tinggi, perunggu aluminium dan sebagainya.

Perunggu adalah paduan antara tembaga dan timah dan perunggu yang biasa dipakai mengandung kurang dari 15% timah. Titik cairnya kira-kira 1000°C , jadi lebih rendah dari titik cair paduan besi, dan mampu cornya baik sekali sama halnya dengan

besi cor. Sifat-sifat ketahanan korosi dan ketahanan aus adalah baik sekali, sehingga bahan ini dapat dipakai untuk bagian-bagian mesin. Harganya 5-10 kali lebih mahal dari besi cor kelabu, sehingga bahan ini hanya dipakai untuk bagian khusus dimana di perlukan sifat-sifat yang luar biasa.(Surdia Tata, 2006).

Mengandung 4% Cu dan 0.5% Mg dan paduan ini dinamakan duralumin.Salah satu duralumin adalah paduan 2017, komposisi standarnya adalah alumunium dengan kandungan 4% Cu, 0.5% Mg, 0.5% Mn paduan yang ditingkatkan magnesiumnya dari komposisi standarnya, yaitu alumunium dengan kandungan 4.5 % Cu, 1,5% Mg, 0.5% Mn yang disebut paduan 2024. Paduan mengandung Cu mempunyai katahan korosi yang tidak baik.



Gambar 2.11 Diagram Fasa Al-Cu

C. Paduan Al-Mn

Mangan (Mn) adalah unsur yang memperkuat Alumunium tanpa mengurangi ketahanan korosi dan dipakai untuk membuat paduan yang tahan terhadap korosi. Paduan Al-Mn dalam penamaan standar AA adalah paduan Al 3003 dan Al 3004. Komposisi standar dari paduan Al 3003 adalah Al, 1.2% Mn, sedangkan komposisi standar Al 3004 adalah Al, 1.2% Mn, 1.0% Mg paduan Al 3003 dan Al 3004 digunakan sebagai paduan yang tahan korosi tanpa perlakuan panas tinggi.

D. Paduan Al-Mg

Paduan jenis ini termasuk yang tidak dapat diperlakukan panas, tetapi mempunyai sifat yang baik dalam daya tahan korosi, paduan Al-Mg banyak digunakan dalam kontruksi umum, tetapi juga untuk tangki-tangki penyimpanan gas alam cair dan

oksigen cair. Paduan dengan 2-3 % Mg mudah ditempa, diekstrusi, paduan Al 5052 adalah paduan yang paling kuat dalam sistem ini, dipakai setelah dikeraskan oleh pengerasan regangan diperlukan kekerasan tinggi.

2.4. Magnesium (Mg)

Magnesium (Mg) Menurut Cotton (1989: 264) magnesium merupakan unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki simbol Mg dan nomor atom 12 serta berat atom 24,31. Magnesium dihasilkan dari beberapa sumber, seperti batuan dolomit dan air laut, yang mengandung 0,13% magnesium. Magnesium dapat diperoleh dengan cara elektrolisa apabila memiliki kemurnian yang biasa dan akan rusak apabila dicelupkan kedalam air laut. Karakteristik magnesium yang paling menonjol adalah kepadatannya yaitu 1,7g / cm³ yang merupakan yang terendah dari semua logam struktural.

Oleh karena itu, paduannya digunakan di mana bobot ringan adalah pertimbangan penting. Magnesium memiliki struktur kristal HCP, relatif lunak, dan memiliki modulus elastisitas rendah yaitu 45 Gpa (psi) dan magnesium mempunyai titik cair pada temperatur 651 °C (Callister, 1990:377). Ketahanan korosi yang dimiliki unsur ini mendekati ketahanan korosi yang dimiliki oleh aluminium dan lebih baik dibanding dengan ketahanan baja lunak (Surdia, 1992: 143). Cairan magnesium harus terlindungi dari kontak dengan oksigen yang ada di udara, karena mudah bereaksi dan langsung terbakar jika terkena dengan oksigen, sedangkan massa jenis paduan magnesium 1,8gram/cm³. Semakin lama waktu peleburan juga berpengaruh pada penurunan komposisi magnesium pada paduan hasil pengecoran (Siswanto, 2014:4). Magnesium sepertiga lebih ringan dibanding aluminium dan dalam campuran logam digunakan sebagai bahan konstruksi pesawat dan missile. Logam ini memperbaiki karakter mekanik, fabrikasi dan las aluminium ketika digunakan sebagai alloying agent (Cholis, 2013:34).

Berikut merupakan tabel karakteristik yang dimiliki logam Magnesium:

Tabel 2.3. Karakteristik Magnesium

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

(Sumber : Sugiyarto, 2010: 129)

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



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

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

1. Mempermudah proses penuangan.
2. Meningkatkan kemampuan pengerjaan mesin.
3. Meningkatkan daya tahan terhadap korosi.

4. Meningkatkan kekerasan dan kekuatan mekanis.
5. Menghaluskan butiran kristal secara efektif.
6. Meningkatkan ketahanan beban kejut atau impak.

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



Gambar 2.12 Ingot Magnesium

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

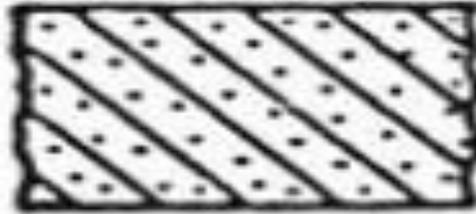
2.5 Cacat Coran

Dalam proses pengecoran dengan metode apapun, terdapat cacat yang terjadi karena berbagai macam sebab. Pengaruh ini dapat berasal dari mesin cor, cetakan, komposisi logam dalam hal ini paduan aluminium, temperatur cetakan, dan siklus produksi yang tidak stabil. Dalam pengamatan produk Ring piston ini, pengamatan diprioritaskan pada cacat visual yang mencolok, antara lain:

1. Cacat Porositas

Porositas adalah suatu cacat atau void pada produk cor yang dapat menurunkan kualitas benda tuang. Cacat yang disebabkan adanya gas yang terjebak dalam coran dalam ukuran yang kecil dan tersebar secara acak. Penyebab utama timbulnya cacat porositas pada proses pengecoran adalah:

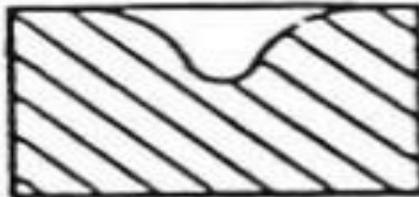
- a) Temperatur penuangan yang tinggi.
- b) Gas yang terserap dalam logam cair selama proses penuangan. Cetakan yang kurang kering.
- c) Reaksi antara logam induk dengan uap air dari cetakan.) Kelarutan hidrogen yang tinggi.



Gambar 2.13 Cacat Porositas

2. Cacat penyusutan (*shrinkage*)

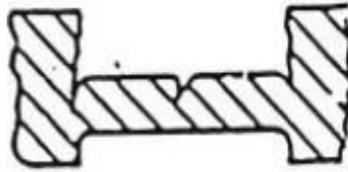
Pembekuan dimulai dari logam cair yang bersentuhan dengan cetakan dan pada umumnya logam memiliki densitas yang lebih tinggi pada keadaan padat dibandingkan dalam keadaan cair, perbedaan ini akan memicu terjadinya penyusutan selama pembekuan, hasilnya pada bagian tengah, bagian yang paling lambat mengalami pembekuan akan mengalami cacat penyusutan.



Gambar 2.14 Cacat Penyusutan

3. Cacat retak (*crack*)

Cacat retak pada coran dapat disebabkan karena penyusutan dan karena adanya tegangan sisa. Untuk retak penyusutan biasanya terjadi pada bagian fillet yang tajam. Sedangkan retak karena tegangan sisa ditandai dengan adanya robekan panas yang terjadi pada temperatur tinggi maupun pada temperatur rendah (saat pendinginan). Keduanya disebabkan karena penyusutan yang tidak seimbang.



Gambar 2.15 *Crack* [4]

4. Gas holes (lobang gas)

Yaitu cacat yang terjadi akibat gelembung gas yang terperangkap sehingga menyebabkan hasil coran atau benda cor mempunyai cacat seperti bentuk bola dan terjadi ketika sejumlah gas larut dalam logam cair.



Gambar 2.16 Cacat Lobang Gas

5. *Cold flow/cold shut*

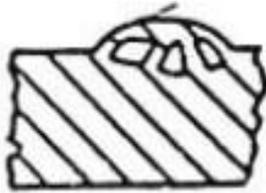
Cacat coran yang terjadi dimana logam yang mengalir mengalami pembekuan yang terlalu cepat sehingga logam tidak menyatu dan membentuk kerutan.



Gambar 2.17 Cacat Cold Flow [4]

6. Permukaan kasar

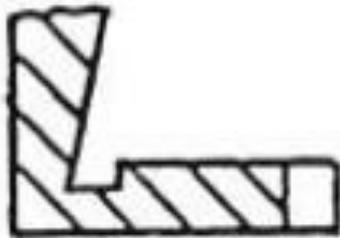
Cacat coran ini berupa permukaan yang kasar seperti berpasir yang disebabkan karena daerah pebekuan yang lebar dimana perbedaan temperatur awal masuk cetakan dengan temperatur saat membeku cukup besar.



Gambar 2.18 Permukaan Kasar

7. Misrun

Cacat yang terjadi ketika logam cair memasuki cetakan, dan jika logam cair tidak dapat mengalir dengan baik dan dapat menyebabkan cacat coran. Dimana logam cair membeku secara cepat yang menyebabkan beberapa bagian atau cabang pada coran tidak terisi.



Gambar 2.19 Cacat Misrun

2.6 Sifat Mekanis Material

Pemilihan bahan pada perancangan suatu konstruksi terdapat beberapa pertimbangan yang terlebih dahulu dilakukan untuk menghindari kegagalan dalam perancangan konstruksi tersebut. Sifat mekanis menjadi salah satu pertimbangan dari proses pemilihan bahan pada perancangan suatu konstruksi. Maka penelitian ini melakukan pengecoran yang menggunakan bahan aluminium A356. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui mikrostruktur dan sifat-sifat mekanis dari aluminium. Adapun pengujian yang dilakukan antara lain :

- 1) Uji Kekerasan (*Hardness Test*)
- 2) Uji Impak (*Impact Test*)
- 3) Uji Mikrostruktur

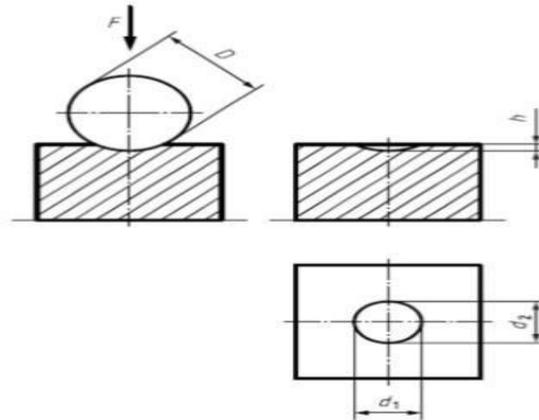
2.6.1 Uji Kekerasan (*Hardness Test*)

Kekerasan adalah salah satu sifat mekanik (*Mechanical properties*) dari suatu material. Kekerasan suatu material harus diketahui khususnya untuk material yang dalam penggunaannya akan mengalami gesekan (*frictional force*) dan deformasi plastis. Deformasi plastis sendiri suatu keadaan dari suatu material ketika material tersebut diberikan gaya maka struktur mikro dari material tersebut sudah tidak bisa kembali ke bentuk asal artinya material tersebut tidak dapat kembali ke bentuknya semula. Lebih ringkasnya kekerasan didefinisikan sebagai kemampuan suatu material untuk menahan beban indentasi atau penetrasi (penekanan).

Uji kekerasan adalah pengujian yang paling efektif untuk menguji kekerasan dari suatu material, karena dengan pengujian ini kita dapat dengan mudah mengetahui gambaran sifat mekanis suatu material. Meskipun pengukuran hanya dilakukan pada suatu titik, atau daerah tertentu saja, nilai kekerasan cukup valid untuk menyatakan kekuatan suatu material. Dengan melakukan uji keras, material dapat dengan mudah digolongkan sebagai material ulet atau getas. Ada beberapa cara hardness test yang standar untuk menguji kekerasan logam yaitu; pengujian Brinell, Rockwell, Vickers, dan lain lain. Pada dasarnya hardness test dilakukan dengan menekankan sebuah indenter yang lebih keras sifatnya dari bahan uji dengan beban dan jangka waktu tertentu (10-15 detik), bekas tapak tekan pada permukaan benda uji diukur untuk menentukan nilai kekerasan dengan cara gaya tekan dibagi luas tapak tekan. Pada penelitian kali ini, peneliti akan menguji hasil produk dengan Uji Kekerasan yang bermetode *Brinell*.

Pengujian *Brinell* merupakan jenis hardness test dengan cara menusuk atau menekan spesimen menggunakan indenter berbentuk bola yang terbuat dari baja yang sudah dikeraskan atau karbida tungsten. Indenter bola baja digunakan untuk material yang memiliki kekerasan Brinell hingga 450 BHN. Indentor bola karbida tungsten harus digunakan apabila material yang di uji memiliki kekerasan Brinell antara 451-650 BHN. Pengujian yang standar dilakukan dengan menggunakan diameter 10 mm bola baja atau karbida tungsten dengan beban 3000 kgf untuk logam keras, beban 1500 kgf untuk logam pertengahan, dan beban 500 kgf serta lebih rendah untuk material

lunak. Indenter selain diameter 10 mm bisa digunakan, misal 5 mm, 2,5 mm dan 1 mm. Jika menggunakan diameter indenter selain 10 mm maka beban harus disesuaikan mengikuti formula $P D^2 = \text{konstan}$. Nilai konstanta tergantung dengan material yang di uji, 30 digunakan untuk baja dan paduannya, 10 digunakan untuk tembaga dan paduannya dan 5 digunakan untuk aluminium dan paduannya.



Gambar 2.20. Prinsip Uji Brinell

Adapun rumus persamaan kekerasan Brinell menurut ASTM E10 :

$$\text{BHN} = \frac{P}{\frac{\pi D}{2}(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

BHN = Angka kekerasan Brinell (kg/mm^2)

P = Massa pembebanan (kg)

D = Diameter bola indenter (mm)

d = Diameter indentasi pada permukaan (mm)

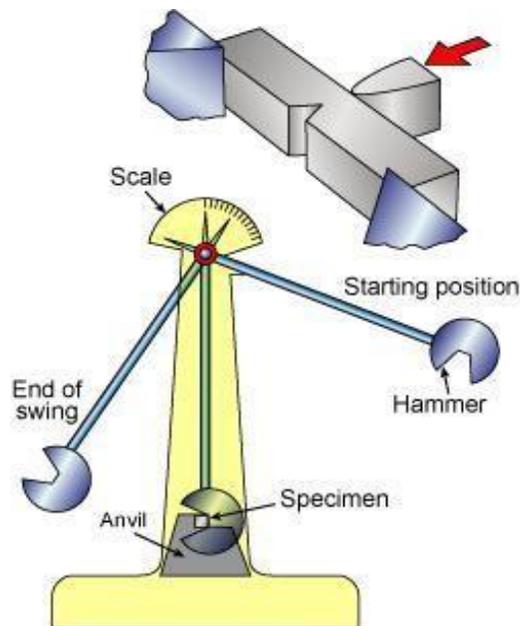
Jika indenter yang digunakan bola baja (steel ball) maka kekerasan dinyatakan dengan HBS. Atau secara umum biasanya dinyatakan dengan BHN. Penulisan nilai Hardness Brinell harus diikuti dengan simbol HBW atau HBS. Dan jika diameter indenter dan beban yang digunakan tidak standar maka harus diikuti oleh kondisi pengujian yang meliputi diameter indenter yang digunakan, beban dan dwell time, jika waktu yang digunakan saat pembebanan di luar 10-15 detik.

Contoh

- 220 HBW artinya nilai Hardness Brinell 220 dengan indenter 10 mm beban 3000 kgf dwell time 10-15 detik.
- 350 HBW 5/750 artinya nilai Hardness Brinell 350 dengan indenter 5mm beban 750 kgf dwell time 10-15 detik.
- 600 HBW 1/30/20 artinya nilai Hardness Brinell 600 dengan indenter 1mm beban 30 kgf dwell time 20 detik

2.6.2 Uji Impact

Pengujian impact merupakan salah satu pengujian yang pada proses pengujian rusak (destructive test). Uji impact dilakukan untuk menghitung energi redaman yang mampu diserap suatu material.



Gambar 2.21 Skematik pengujian impact dan benda uji

Dalam pengujian impact energi yang teredam dapat dihitung dengan menurut ASTM E23 dengan persamaan :

$$E = P.D (\cos \beta - \cos \alpha) \dots \dots \dots (2)$$

Dimana :

E = Energi yang dibutuhkan untuk mematahkan sampel (Joule)

P = Berat palu x gravitasi (N)

D = Jarak alengan pengayun (m)Cos

β = Sudut akhir pemukulan

$\text{Cos } \alpha$ = Sudut awal pemukulan yaitu konstan 147^0

Sedangkan kuat impact dapat dihitung dengan persamaan :

$$IK = E/A \dots \dots \dots (3)$$

Dimana :

IK = Nilai kuat impact

A = Luas penampang patahan (mm^2)

Metode impact Charpy menggunakan prinsip tumbukan dengan posisi spesimen horizontal, dan posisi takikan berada di belakang daerah yang akan ditumbuk. Berikut terdapat beberapa bentuk takikan pada spesimen uji impact, antara lain:

Adapun beberapa bentuk patahan yang sering terjadi pada pengujian *impact*, antara lain :

a. Patah Ulet

Patah Ulet yaitu perpatahan yang melibatkan mekanisme pergeseran bidang-bidang kristal di dalam bahan yang ulet. Ditandai dengan permukaan patahan yang berbentuk dimpel, berserat yang berpenampilan buram.

b. Patah Getas

Patah Getas yaitu perpatahan yang dihasilkan oleh mekanisme pembelahan pada butir-butir dari bahan yang rapuh. Ditandai dengan permukaan patahan yang datar dan mampu memberikan pantulan cahaya yang baik.

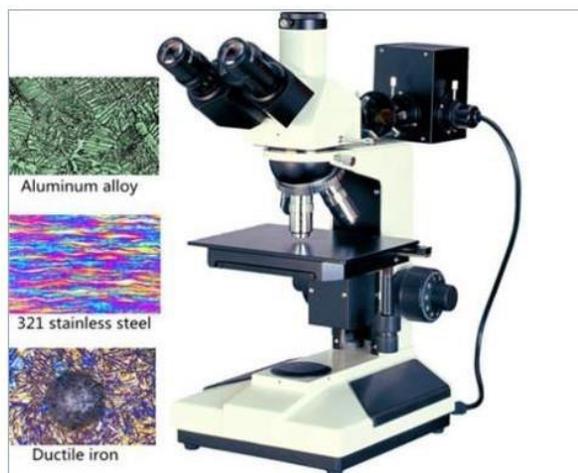
c. Patah Campuran

Patah Campuran yaitu perpatahan yang mengkombinasikan perpatahan dua jenis diatas. Bahan yang mengalami patah campuran memiliki keuletan dan kekerasan yang seimbang.

2.6.3 Pengujian Mikrostruktur

Mikrostruktur (*metallography*) mempelajari struktur mikro, topografi logam, fasa logam, ukuran butir logam, distribusi logam, serta sifat logam. Metallography dilakukan dengan dua cara, yaitu lewat pengujian makro dan pengujian mikro. Pengujian makro dilakukan lewat mata terbuka, yaitu dengan mengetahui celah atau lubang pada permukaan. Sedangkan, pengujian mikro harus menggunakan mikroskop electron karena material logam yang diuji termasuk dalam golongan yang halus. Sebelum melakukan pengujian metalografi, terdapat beberapa tahap yang harus dilakukan agar pengujiannya memberikan hasil yang maksimal seperti tahapan preparasi sampel yang terdiri dari pemotongan sampel, labeling sampel, mounting, amplas, poles, etching, pembersihan, dan pengeringan.

Pengamatan metalografi pada umumnya terbagi menjadi dua, yaitu skala pengamatan makro dan mikro. Skala pengamatan makro adalah pengamatan dengan perbesaran 10X atau lebih kecil, yang diamati adalah porositas, segregasi pada produk cor, pengotor, jenis perpatahan, dan homogenitas struktur las. Sementara pada skala mikro, perbesarannya mencapai 100X atau lebih, yang diamati adalah fasa, besar butir, dan endapan. Terdapat beberapa alat yang dapat digunakan untuk pengujian metalografi, yaitu mikroskop optik (perbesaran s/d 2000X), scanning electron microscope (perbesaran s/d 50.000X) dan transmission electron microscope (perbesaran s/d 500.000X).



Gambar 2. 22. Pengujian Metallography

Metalografi juga dapat mencakup pemeriksaan atau observasi struktur kristal dengan menggunakan teknik seperti x-ray difraksi. Selain pengujian pada laboratorium, pengujian metalografi juga dapat dilakukan langsung pada lokasi komponen material tersebut beroperasi atau disebut sebagai pengujian metalografi in-situ. Metalografi in-situ biasanya dilakukan jika komponen materialnya terlalu besar untuk dibawa ke laboratorium, umumnya komponen materialnya juga sedang beroperasi dan tidak dapat dipotong atau diubah secara fisik.