

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka**

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

Supriyadi, A., dkk., (2011) menganalisa pengaruh variasi penambahan Ti-B pada bahan ADC 12 menggunakan proses pengecoran High Pressure Die Casting (HPDC) terhadap peningkatan kualitas bahan hasil coran sebagai bahan sepatu rem sepeda motor. Tahapan yang peneliti lakukan adalah pembuatan cetakan logam, merakit cetakan logam pada mesin HPDC, penyiapan material, peleburan, variasi penambahan Grain refiner Ti-B, 0,04%, 0,08%, 0,12%, 0,16%, 0,2%, 0,24%, penuangan pada temperatur cetakan 200°C, temperatur tuang 700°C dan tekan injeksi 7MPa, pemeriksaan coran, analisa kekuatan coran dengan uji tarik dan kekerasan. Dari hasil pengamatan dan analisa pengujian didapatkan bahwa pada penambahan Ti-B 0,08% dihasilkan kekuatan tarik sebesar 300 N/mm<sup>2</sup> dan kekerasan 78,5 HRB hasil ini merupakan sifat mekanik

yang paling baik dibandingkan apabila tidak mendapatkan penambahan inoculan

Lalu Alpan Hafiz (2017) Menganalisa sifat fisik dan mekanik poros berulir (screw) untuk pengupas kulit ari kedelai berbahan dasar 50% aluminium bekas dan 50% piston bekas. Penambahan unsur TiB (Titanium – Boron) sebanyak 0,02%. Pengecoran dilakukan menggunakan cetakan pasir dengan pemanasan suhu cetakan 200°C dan 300°C, dengan pengujian tarik, kekerasan, dan mikroskop optic. Hasil pengujian maksimum paduan Al-Si dengan penambahan TiB 0,02% dan pemanasan suhu cetakan 400°C menghasilkan tegangan tarik maksimum 628,86 N/mm<sup>2</sup>, pada pengujian kekerasan Vickers Hardness Number (VHN) menghasilkan kekerasan 114 kg/mm<sup>2</sup>, sedangkan hasil metalografi diperoleh data struktur yang terbentuk fasa *hypereutectic* silikon yang membentuk fasa primer. Fasa tersebut memberikan ketahanan aus yang tinggi

Andrianto., Novi, dan Sri Nugroho (2014) menganalisa karakterisasi sifat keausan dan ketahanan korsi material *disc refiner white cast iron* dan *stainless steel*. Material *disc refiner* dilakukan pengujian laju korosi dengan metode *weight lost test* dan melakukan uji keausan dengan *metode reiken ogoshi*. Kemudian untuk pengujian dengan metode *weight lost test* diberikan variasi fluida berupa HCl dengan kadar molaritasnya dari 1M, 2M, dan 3M selama 120 jam. Dan pengujian keausan yang dilakukan dengan metode *ogoshi* diberikan pembebanan sebesar 2,12 kg sejauh 100 m untuk kemudian dilakukan variasi pengukuran lebar keausan material. Dari hasil pengujian keausan pada

*stainless steel* dan *white cast iron* dapat disimpulkan bahwa ketahanan aus pada *white cast iron* lebih baik dibandingkan dengan *stainless steel* yang masing-masing memiliki nilai  $2.4754 \times 10^{-7} \text{ mm}^2/\text{kg}$  dan  $1.9946 \times 10^{-7} \text{ mm}^2/\text{kg}$ . Dan laju korosi pada *stainless steel* mengalami peningkatan apabila konsentrasi HCl dinaikkan. Akan tetapi hal ini berbanding terbalik pada hasil percobaan yang dilakukan pada material *white cast iron*, dimana laju korosi *white cast iron* mengalami penurunan apabila konsentrasi HCl dinaikkan.

## **2.2 Landasan Teori**

### **2.2.1 Alumunium**

Aluminium adalah unsur logam paling umum yang ketiga dalam klasifikasi logam. Dalam bentuk murni, aluminium berwarna keperakan putih dan mempunyai bobot yang sangat ringan.

Unsur aluminium mempunyai bobot yang sangat ringan tapi sangat kuat dan tahan lama, dan mempunyai kemampuan penghantar listrik yang sangat baik. Selain itu aluminium juga mempunyai sifat *non-magnetik*, sehingga dapat di aplikasikan menjadi properti yang sangat berguna. Termasuk dalam pembuatan beberapa bagian part pada mobil dan motor, konstruksi bangunan, peralatan masak, DLL.

Aluminium ditemukan pada tahun 1825 oleh *Hans Christian Oersted*. Baru diakui secara pasti oleh *F. Wohler* pada tahun 1827. Sumber unsur ini tidak terdapat bebas, bijih utamanya adalah Bauksit. Penggunaan Aluminium antara lain untuk pembuatan kabel, kerangka kapal terbang, mobil dan berbagai produk peralatan

rumah tangga. Senyawanya dapat digunakan sebagai obat, penjernih air, fotografi serta sebagai ramuan cat, bahan pewarna, ampelas dan permata sintesis (Surdia, T. dan Saito, S.,1992).

Terdapat beberapa sifat penting yang dimiliki Aluminium sehingga banyak digunakan sebagai Material Teknik, diantaranya:

1. Penghantar listrik dan panas yang baik (konduktor).
2. Mudah difabrikasi
3. Ringan
4. Tahan korosi dan tidak beracun
5. Kekuatannya rendah, tetapi paduan (*alloy*) dari Aluminium bisa meningkatkan sifat mekanisnya.

### **2.2.2 Aluminium Paduan**

Aluminium merupakan logam ringan yang mempunyai sifat ketahanan korosi yang baik. Material ini digunakan dalam bidang yang luas bukan hanya untuk peralatan rumah tangga saja tetapi juga dipakai untuk kepentingan industri, misalnya untuk industri pesawat terbang, komponen-komponen mobil, komponen regulator dan konstruksi-konstruksi yang lain.

Menurut Aluminum Association (AA) dapat diidentifikasi dengan sistem empat digit berdasarkan komposisi paduan seperti xxx.1 dan xxx.2 untuk ingot yang dilebur kembali. Sedangkan simbol xxx.0 untuk menentukan batas komposisi pengecoran dan simbol A356, B356 dan C356 untuk paduan cor gravitasi. Masing-masing paduan

ini identik dengan kandungan yang mendominasi tetapi berkurang batas penggunaan karena impuritanya, khususnya kandungan besi. (Hafiz, Lalu Alpan., 2016)

Paduan aluminium diklasifikasikan dalam berbagai standar oleh berbagai Negara. Paduan ini diklasifikasikan menjadi dua kelompok umum yaitu paduan aluminium tuang/cor (*cast aluminum alloys*) dan paduan aluminium tempa (*wrought aluminium alloys*).

Elemen paduan yang umum digunakan pada aluminium adalah silikon, magnesium, tembaga, seng, mangan, dan juga lithium sebelum tahun 1970. Secara umum, penambahan logam paduan hingga konsentrasi tertentu akan meningkatkan kekuatan tensil dan kekerasan, serta menurunkan titik lebur. Jika melebihi konsentrasi tersebut, umumnya titik lebur akan naik disertai meningkatnya kerapuhan akibat terbentuknya senyawa, kristal, atau granula dalam logam.

Namun, kekuatan bahan paduan aluminium tidak hanya bergantung pada konsentrasi logam paduannya saja, tetapi juga bagaimana proses perlakuannya hingga aluminium siap digunakan, apakah dengan penempaan, perlakuan panas, penyimpanan, dan sebagainya.

Tabel 2.1 Daftar Seri Alumunium Tempa (Hafiz, Lalu Alpan., 2016)

<b>No. Seri</b>	<b>Komposisi Paduan</b>
<b>1xxx</b>	Alumunium Murni
<b>2xxx</b>	Paduan Alumunium-Tembaga
<b>3xxx</b>	Paduan Alumunium-Magan
<b>4xxx</b>	Paduan Alumunium-Silikon
<b>5xxx</b>	Paduan Alumunium-Magnesium
<b>6xxx</b>	Paduan Alumunium-Magnesium-Silikon
<b>7xxx</b>	Paduan Alumunium-Seng
<b>8xxx</b>	Paduan Alumunium-Timah-Lithium
<b>9xxx</b>	Seri ini tidak digunakan untuk saat ini

Digit kedua menunjukkan modifikasi dari unsur paduannya, jika digit kedua bernilai 0 maka paduan tersebut murni terdiri dari aluminium dan unsur paduan. Jika nilainya 1 – 9, maka paduan tersebut memiliki modifikasi dengan unsure lainnya. Dua angka terakhir untuk seri 2xxx – 8xxx tidak memiliki arti khusus, hanya untuk membedakan paduan aluminium tersebut dalam kelompoknya. (Hafiz, Lalu Alpan., 2016)

Paduan aluminium tuang penamaannya memakai sistem tiga digit diikuti dengan satu bilangan desimal. Tabel 2.2 menunjukkan seri paduan aluminium tuang berdasarkan unsur paduannya.

Tabel 2.2 Daftar Seri Alumunium Tuang (Hafiz, Lalu Alpan., 2016)

<b>No. Seri</b>	<b>Komposisi Paduan</b>
<b>1xx.x</b>	Alumunium Murni
<b>2xx.x</b>	Paduan Alumunium-Tembaga
<b>3xx.x</b>	Paduan Alumunium-Magan
<b>4xx.x</b>	Paduan Alumunium-Silikon
<b>5xx.x</b>	Paduan Alumunium-Magnesium
<b>6xx.x</b>	Paduan Alumunium-Magnesium-Silikon
<b>7xx.x</b>	Paduan Alumunium-Seng
<b>8xx.x</b>	Paduan Alumunium-Timah-Lithium
<b>9xx.x</b>	Seri ini tidak digunakan untuk saat ini

Dalam standar AA, angka pertama menunjukkan kelompok paduan, angka kedua dan ketiga menunjukkan kemurnian minimum untuk aluminium tanpa paduan dan sebagai nomor identifikasi untuk paduan tersebut, angka keempat menandakan bentuk produk (.0 = spesifikasi coran, .1 = spesifikasi ingot, .2 = spesifikasi ingot yang lebih spesifik). (Hafiz, Lalu Alpan, 2016)

### **2.2.3 Titanium-Boron (Ti-B)**

Titanium adalah sebuah unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki simbol Ti dan nomor atom 22. Unsur ini merupakan logam transisi yang ringan, kuat, berkilau, tahan korosi (termasuk tahan terhadap air laut, aqua regia, dan klorin) dengan warna putih-metalik-keperakan.

Titanium ditemukan di Cornwall, Kerajaan Britania Raya pada tahun 1791 oleh William Gregor dan dinamai oleh Martin Heinrich Klaproth dari mitologi Yunani Titan. Elemen ini ada di antara deposit-deposit berbagai mineral, diantaranya rutil dan ilmenit, yang banyak terdapat pada kerak bumi dan litosfer, serta pada hampir semua makhluk hidup, batuan, air, dan tanah. Logam ini diekstrak dari bijih mineralnya melalui proses Kroll atau proses Hunter. Senyawanya yang paling umum, titanium dioksida, adalah fotokatalisator umum dan digunakan dalam pembuatan pigmen putih. Senyawa lainnya adalah titanium tetraklorida ( $\text{TiCl}_4$ ), komponen layar asap dan katalis; dan titanium triklorida ( $\text{TiCl}_3$ ), digunakan sebagai katalis dalam produksi polipropilena. Titanium dapat digunakan sebagai alloy dengan besi, aluminium, vanadium, dan molybdenum, untuk memproduksi alloy yang kuat namun ringan untuk penerbangan (mesin jet, misil, dan wahana antariksa), militer, proses industri (kimia dan petrokimia, pabrik desalinasi, pulp, dan kertas), otomotif, agro industri, alat kedokteran, implan ortopedi, peralatan dan instrumen dokter gigi, implan gigi, alat olahraga, perhiasan, telepon genggam, dan masih banyak aplikasi lainnya.

Dua sifat yang paling berguna pada titanium adalah ketahanan korosi dan rasio kekuatan terhadap densitasnya yang paling tinggi di antara semua logam lain. Pada kondisi murni, titanium sama kuat dengan beberapa baja, namun lebih ringan. Ada dua bentuk alotropi dan lima isotop alami dari unsur ini,  $^{46}\text{Ti}$  sampai  $^{50}\text{Ti}$ , dengan



$^{48}\text{Ti}$  adalah yang paling banyak terdapat di alam (73,8%). Meski memiliki jumlah elektron valensi dan berada pada golongan tabel periodik yang sama dengan zirkonium, keduanya memiliki banyak perbedaan pada sifat kimia dan fisika.

Boron adalah suatu unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang B dan nomor atom 5. Elemen metaloid trivalen, boron banyak terdapat di batu borax. Ada dua alotrop boron; boron amorfus adalah serbuk coklat, tetapi boron metalik berwarna hitam. Bentuk metaliknya keras (9,3 dalam skala Moh) dan konduktor yang buruk dalam suhu ruang. Tidak pernah ditemukan bebas dalam alam. (Hafiz, Lalu Alpan, 2016)

#### **2.2.4 Magnesium**

Magnesium ialah logam yang berwarna putih perak dan sangat mengkilap dengan titik cair  $651^{\circ}\text{C}$  yang dapat digunakan sebagai bahan paduan ringan, sifat dan karakteristiknya sama dengan Aluminium. Perbedaan titik cairnya sangat kecil tetapi sedikit berbeda dengan Aluminium terutama pada permukaannya yang mudah keropos bila terjadi oksidasi dengan udara. Oksid film yang melapisi permukaan Magnesium hanya cukup melindunginya dari pengaruh udara kering, sedangkan udara lembab dengan kandungan unsur garam kekuatan oksidasi dari Magnesium akan menurun, oleh karena itu perlindungan dengan cat atau lac (pernis) merupakan metoda dalam melindungi Magnesium dari pengaruh korosi kelembaban udara. (Sudjana, Hardi., 2008)

Magnesium adalah unsur kedelapan yang paling berlimpah dan merupakan sekitar 2% dari berat kerak bumi dan merupakan unsur yang paling banyak ketiga terlarut dalam air laut. Magnesium sangat melimpah di alam dan ditemukan dalam bentuk mineral penting didalam bebatuan , seperti dolomit, magnetit, dan olivin. Ini juga ditemukan dalam air laut, air asin bawah tanah dan lapisan asin. Ini adalah logam struktural ketiga yang paling melimpah di kerak bumi, hanya dilampaui oleh aluminium dan besi. Amerika Serikat secara umum menjadi pemasok utama dunia logam ini. Amerika Serikat memasok 45% dari produksi dunia, bahkan pada tahun 1995 Dolomit dan magnesit ditambang sampai sebatas 10 juta ton per tahun, di negara-negara seperti Cina, Turki, Korea Utara, Slowakia, Austria, Rusia dan Yunani. Aplikasi senyawa Magnesium digunakan sebagai bahan tahan api dalam lapisan dapur api untuk menghasilkan logam (besi dan baja, logam nonferrous), kaca, dan semen.

Magnesium merupakan unsur kimia yang dalam tabel periodik memiliki simbol Mg dan nomor atom 12 serta berat atom 24,31. Magnesium adalah elemen terbanyak kedelapan yang membentuk 2% berat kulit bumi, serta merupakan unsur terlarut ketiga terbanyak pada air laut. Logam alkali tanah ini terutama digunakan sebagai zat campuran (alloy) untuk membuat campuran aluminium-magnesium yang sering disebut "magnalium" atau "magnelium". Magnesium merupakan salah satu jenis logam ringan dengan karakteristik sama dengan aluminium tetapi magnesium

memiliki titik cair yang lebih rendah dari pada aluminium. Seperti pada aluminium, magnesium juga sangat mudah bersenyawa dengan udara (Oksigen). Perbedaannya dengan aluminium ialah dimana magnesium memiliki permukaan yang keropos yang disebabkan oleh serangan kelembaban udara karena oxid film yang terbentuk pada permukaan magnesium ini hanya mampu melindunginya dari udara yang kering. Unsur air dan garam pada kelembaban udara sangat mempengaruhi ketahanan lapisan oxid pada magnesium dalam melindunginya dari gangguan korosi. Untuk itu benda kerja yang menggunakan bahan magnesium ini diperlukan lapisan tambahan perlindungan seperti cat atau meni. (Kausar, Andriyansyah, 2014)

### **2.2.5 Pengecoran Logam**

Pengecoran logam adalah proses pembuatan benda dengan mencairkan logam dan menuangkan cairan logam tersebut ke dalam rongga cetakan. Proses ini dapat digunakan untuk membuat benda-benda dengan bentuk rumit. Benda berlubang yang sangat besar dan sangat sulit atau sangat mahal jika dibuat dengan metode lain, dapat diproduksi masal secara ekonomis menggunakan teknik pengecoran yang tepat.

Pengecoran logam dapat dilakukan untuk bermacam-macam logam seperti, besi, baja paduan tembaga (perunggu, kuningan, perunggu aluminium dan lain sebagainya), paduan ringan (paduan aluminium, paduan magnesium, dan sebagainya), serta paduan lain, semisal paduan seng, monel (paduan nikel dengan

sedikit tembaga), hasteloy (paduan yang mengandung molibdenum, chrom, dan silikon), dan sebagainya.

Pada pengecoran logam, dibutuhkan pola yang merupakan tiruan dari benda yang hendak dibuat dengan pengecoran. Pola dapat terbuat dari logam, kayu, stereofoam, lilin, dan sebagainya. Pola mempunyai ukuran sedikit lebih besar dari ukuran benda yang akan dibuat dengan maksud untuk 7 mengantisipasi penyusutan selama pendinginan dan pengerjaan finishing setelah pengecoran. Selain itu, pada pola juga dibuat kemiringan pada sisinya supaya memudahkan pengangkatan pola dari pasir cetak. (Susandri, Debby., 2015)

Proses pengecoran logam sendiri dibedakan menjadi dua macam, yaitu *traditional casting* dan *non-traditional/contemporary casting*. Perbedaan secara mendasar di antara keduanya adalah bahwa *contemporary casting* tidak bergantung pada pasir dalam pembuatan cetaknya. Perbedaan lainnya adalah bahwa *contemporary casting* biasanya digunakan untuk menghasilkan produk dengan geometri yang kecil relatif dibandingkan bila menggunakan *traditional casting*.

### **2.2.6 Sand Casting**

Sand Casting adalah proses pengecoran logam dengan menggunakan pasir sebagai bahan cetakan. Proses pengecoran dengan menggunakan cetakan pasir adalah yang tertua dari segala macam metode pengecoran. Cetakan pasir merupakan cetakan

yang paling banyak digunakan, karena memiliki beberapa keunggulan diantaranya:  
(Surdia, T. dan Chijiwa, K., 1976)

1. Dapat mencetak logam dengan titik lebur yang tinggi, seperti baja, nikel, dan titanium
2. Dapat mencetak benda cor dengan berbagai macam ukuran
3. Jumlah produksi dari satu sampai jutaan.

Proses pembentukan benda kerja dengan metoda penuangan logam cair kedalam cetakan pasir (sand casting), secara sederhana cetakan pasir ini dapat diartikan sebagai rongga hasil pembentukan dengan cara mengikis berbagai bentuk benda pada bongkahan dari pasir yang kemudian rongga tersebut diisi dengan logam yang telah dicairkan melalui pemanasan (molten metals).

Cetakan pasir untuk pembentukan benda tuangan melalui pengecoran harus dibuat dan dikerjakan sedemikian rupa dengan bagian- bagian yang lengkap sesuai dengan bentuk benda kerja sehingga diperoleh bentuk yang sempurna sesuai dengan yang kita kehendaki. (Sudjana, Hardi., 2008)

Ada beberapa macam pasir yang dipakai dalam pengecoran *sand casting*. Tetapi ada beberapa syarat yang harus dipenuhi agar hasil cetakan tersebut sempurna. Syarat bagi pasir cetak antara lain: (Surdia, T. dan Chijiwa, K., 1976)

1. Mempunyai sifat mampu bentuk sehingga mudah dalam pembuatan cetakan dengan kekuatan cocok. Cetakan yang dihasilkan harus kuat dan dapat

menahan temperatur logam cair yang tinggi sewaktu dituang kedalam cetakan.

2. Permeabilitas yang cocok. Agar udara yang terjebak didalam cetakan dapat keluar melalui sela-sela butir pasir untuk mencegah terjadinya cacat coran seperti gelembung gas, rongga penyusutan dan lain-lain.
3. Distribusi besar butir yang cocok.
4. Mampu dipakai lagi supaya ekonomis
5. Pasir harus murah.
6. Tahan panas terhadap temperatur logam pada saat dituang ke cetakan.

Temperatur penuangan logam cair yang biasa digunakan untuk bermacam-macam coran dinyatakan dalam tabel dibawah ini:

Tabel 2.2 Temperatur Penuangan (Surdia, T. dan Chijiwa, K., 1976)

Coran	Temperatur Penuangan °C
Paduan Ringan	600-750
Brons	1100-1250
Kuningan	950-1100
Besi Cor	1250-1450
Baja Cor	1500-1550

### 2.2.7 Die Casting

Proses pengecoran dengan cetakan logam prinsip penuangannya tidak jauh beda dengan penuangan pada cetakan pasir, yang berbeda pada system ini ialah bahan cetakan itu sendiri yakni cetakan dibuat dari bahan logam, tentu saja salah satu syarat dari cetakan logam ini adalah logam bahan cetakan harus tahan terhadap temperatur tinggi sehingga apabila bahan logam cair dituangkan kedalam cetakan tersebut tidak mengakibatkan perubahan bentuk pada cetakan tersebut yang akan mengakibatkan berubahnya bentuk produk hasil cetakan itu sendiri. (Hardi Sudjana, 2008)

Pada dies casting ini dibedakan menjadi dua metode, antara lain : (Hardi Sudjana, 2008)

1. Pressure die casting
2. Gravity die casting
- a. *Pressure Die Casting*

*Pressure die casting* merupakan salah satu proses pengecoran yang cepat, dimana proses pengecoran dilakukan pada mesin penekan yang akan menekan logam cair kedalam cetakan, mesin ini juga dilengkapi dengan bagian yang dapat membuka dan menutup cetakan untuk memudahkan dalam melepaskan hasil cetakan dari benda tuangan

b. *Gravity Die Casting*

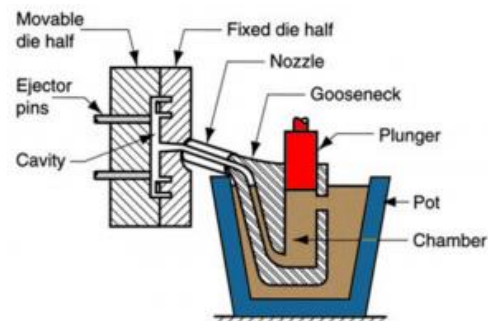
*Gravity die Casting* (penuangan curah) ialah proses penuangan logam cair kedalam cetakan dengan cara dicurahkan melalui saluran-saluran cetakan yang telah disediakan pada cetakan dengan menggunakan panci tuang (*ladle*).

Berdasarkan prosesnya, Die Casting dapat dikelompokkan 2 jenis: (Anonim., 2016)

a. *Hot Chamber Die Casting*

*Hot Chamber Die Casting* Ini adalah proses dimana plunger berada dalam posisi "naik". *Hot Chamber die casting* adalah jenis die casting yang menggunakan paduan dengan suhu leleh rendah (yaitu Zinc, beberapa paduan Magnesium). Menggunakan paduan dengan suhu leleh yang tinggi akan menghasilkan kerusakan pada gooseneck, nozzle dan komponen lainnya.

Pada proses ini, tungku pencair logam jadi satu dengan mesin cetak dan silinder injeksi terendam dalam logam cair. Silinder injeksi digerakkan secara pneumatik atau hidrolis. Pada umumnya Die Casting jenis ini hanya cocok untuk seng, timah putih,



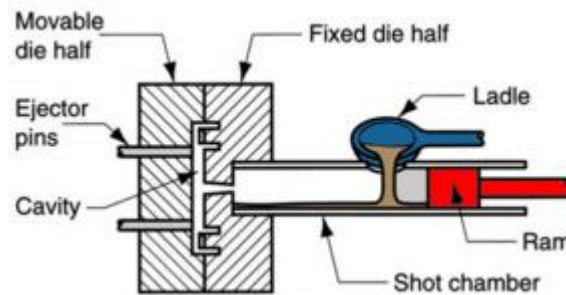
Gambar 2.1 Hot Chamber Die Casting (Sumber: Anonim, 2016.)



timbang dan paduannya. Logam cair ditekan ke dalam rongga cetakan dengan tekanan tetap dipertahankan selama pembekuan terjadi. Leher angsa yang terendam logam cair sewaktu plunger pada kedudukan teratas. Kemudian logam cair diinjeksikan ke rongga cetakan dengan amat cepat.

b. Cold Chamber Die Casting

Cold chamber die casting adalah jenis die casting yang digunakan untuk paduan dengan suhu leleh tinggi



Gambar 2.2 Cold Chamber Die Casting (Sumber: Anonim, 2016)

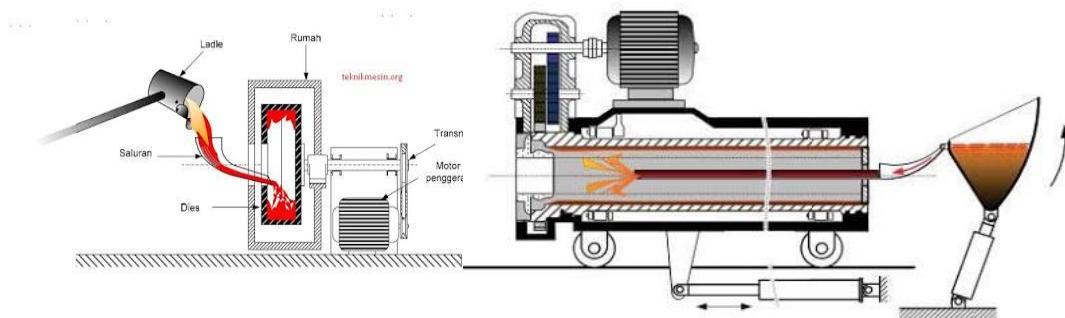
Sebagai perbandingan dari die casting ruang panas (memompa logam cair ke dalam mesin), logam cair dimasukkan dari tungku ke ruang tembakan melalui lubang tuang. Sementara fungsi umum mesin ruang dingin mirip dengan ruang panas, ruang dingin bekerja dengan orientasi horisontal dan tidak memiliki gooseneck

Cara kerja mesin ini, dimulai dari pencairan logam cair kemudian dituangkan ke dalam plunger yang berdekatan dengan cetakan, baru dilakukan penekanan

secara hidrolis . Proses ini biasanya cocok untuk logam-logam yang memiliki temperatur leleh tinggi, misalnya aluminium dan magnesium.

### 2.2.8 Centrifugal Casting

Proses penuangan dengan metoda sentrifugal dilakukan pada pengecoran dengan menggunakan cetakan logam (die casting), tidak semua bentuk benda tuangan dapat dilakukan dengan metoda ini, benda-benda bulat silinder dan simetris sesuai dengan konstruksinya dapat di cor dengan metoda sentrifugal ini. Secara prinsip proses pengecoran dengan sentrifugal ini dapat dilihat pada gambar berikut



Gambar 2.3 Proses Penuangan (Sumber: Hardi Sudjana, 2008)

Penuangan (pengecoran) dengan cara centrifugal ini ialah menggunakan putaran yang tinggi dari dies dengan demikian logam cair yang cukup berat akan terlempar keluar dari posisi penuangan yakni ke posisi bentuk dies sebagai bentuk benda kerja yang kita kehendaki. (Sudjana,Hardi., 2008)

### 2.2.9 Pasir Cetakan

Cetakan merupakan bagian yang akan bekerja menerima panas dan tekanan dari logam cair yang dituang sebagai bahan produk, oleh karena itu pasir sebagai bahan cetakan harus dipilih sesuai dengan kualifikasi kebutuhan bahan yang akan dicetak baik sifat penuangannya maupun ukuran benda yang akan dibentuk dalam penuangan ini dimana semakin besar benda tuangan maka tekanan yang disebut tekanan metallostatic akan semakin besar dimana cetakan maupun teras harus memiliki kestabilan mekanis yang terandalkan. Beberapa jenis pasir cetakan yang sering digunakan antara lain : (Sudjana, Hardi., 2008)

#### 1. Pasir tanah liat

Pasir tanah liat ialah pasir yang komposisinya terdiri atas campuran pasir-kwarsa dengan tanah liat yang berfungsi sebagai pengikat. Pasir tanah liat ini dapat dibedakan menjadi dua macam menurut cara pemakaiannya yaitu :

- a. Pasir kering yaitu jenis pasir tanah liat dimana setelah dibentuk menjadi cetakan harus dikeringkan terlebih dahulu. Pasir ini sangat cocok digunakan untuk pengecoran benda-benda yang kecil maupun yang besar.
- b. Pasir basah ialah jenis pasir tanah liat yang telah dibentuk menjadi cetakan tidak perlu dilakukan pengeringan atau. Pasir ini hanya digunakan untuk pengecoran benda-benda yang kecil.

## 2. Pasir minyak

Pasir minyak ialah pasir kwarsa yang dalam pemakaiannya dicampur dengan minyak sebagai bahan pengikatnya, sifatnya yang sangat baik dan cocok digunakan dalam pembuatan teras baik ukuran kecil maupun besar, setelah pembentukan, teras dikeringkan dan dipoles dengan cairan serbuk batu bara. Teras dengan bahan pasir minyak ini dimana pengikatnya adalah minyak setelah penuangan minyak akan terbakar sehingga teras mudah untuk dikeluarkan.

## 3. Pasir dammar buatan (*Resinoid*)

Pasir dammar buatan ialah pasir cetak dengan komposisi yang terdiri dari pasir kwarsa dengan 2% dammar buatan. Pasir jenis ini hampir tidak perlu ditumbuk dalam pematatannya. Pasir ini juga memiliki sifat yang baik setelah mengeras dan pengerasannya dapat diatur dengan sempurna serta cocok digunakan untuk membentuk benda-benda dengan ukuran yang cukup besar. Proses penghitaman masih harus dilakukan seperti penggunaan pasir-pasir yang lainnya.

## 4. Pasir kaca air

Pasir kaca air merupakan komposisi dari pasir kwarsa dengan kurang lebih 4% kaca air Pematatannya hampir tidak perlu ditumbuk dan sifatnya sangat

baik setelah dikeraskan melalui pemasukan gas CO dan dihitamkan Pasir kaca ini digunakan sebagai bahan cetakan atau teras dengan ukuran sedang.

#### 5. Pasir semen

Pasir semen merupakan campuran pasir kwarsa dengan kurang lebih 9% semen serta air kurang lebih 6 %. Pematatannya tidak perlu ditumbuk dan sifatnya sangat baik setelah mengeras walupun proses pengerasannya lambat. Setelah kering juga dihitamkan. Pasir ini digunakan sebagai bahan teras dan cetakan yang berat.

Didalam suatu proses pengecoran, proses pembekuan logam cair setelah logam cair dituang kedalam cetakan akan mengalami penyusutan. Penyusutan pada rongga cetakan akan mengakibatkan berubahnya dimensi benda coran. Pada tabel dibawah ini diketahui penyusutan yang terjadi pada suatu logam

Tabel 2.2 Penyusutan yang terjadi Pada Suatu Material (ASM Handbook Casting, 1992)

<b>Material</b>	<b>Penyusutan (%)</b>
Baja Karbon	2
Besi Tuang Kelabu	1
Besi Tuang Putih	1.5
Aluminium	6

### **2.2.10 Pengujian Struktur Mikro**

Pengujian Struktur Mikro atau metallography ialah suatu cara pemeriksaan pada microstructur dari bahan logam untuk mengetahui keadaan struktur bahan tersebut dalam hubungannya dengan sifat bahan tersebut sebelum atau sesudah proses perlakuan panas. Sebagaimana telah kita pelajari bahwa sifat bahan khususnya bahan logam sangat dipengaruhi oleh struktur serta komposisi unsur dari logam tersebut, oleh karena itu dalam proses perbaikan sifat bahan sering dilakukan dengan cara merubah struktur bahan tersebut melalui proses perlakuan panas. (Sudjana, Hardi, 2008)

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

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

Adapun beberapa tahap yang perlu dilakukan sebelum melakukan pengujian struktur mikro, yaitu: (Hafiz, Lalu Alpan., 2016)

### 1. Pemotongan (*sectioning*)

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

Secara garis besar, pengambilan sampel dilakukan pada daerah yang akan diamati mikrostruktur maupun makrostrukturnya. Sebagai contoh, untuk pengamatan mikrostruktur material yang mengalami kegagalan, maka sampel diambil sedekat mungkin pada daerah kegagalan (pada daerah kritis dengan kondisi terparah), untuk kemudian dibandingkan dengan sampel yang diambil dari daerah yang jauh dari daerah gagal. Perlu diperhatikan juga bahwa dalam proses memotong, harus dicegah kemungkinan deformasi dan panas yang berlebihan. Oleh karena itu, setiap proses pemotongan harus diberi pendinginan yang memadai.

## 2. Pemegangan (*mounting*)

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

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

Media *mounting* yang dipilih haruslah sesuai dengan material dan jenis reagen etsa yang akan digunakan. Pada umumnya *mounting* menggunakan material



plastik sintetik. Materialnya dapat berupa resin (*castable resin*) yang dicampur dengan *hardener*, atau *bakelit*. Penggunaan *castable resin* lebih mudah dan alat yang digunakan lebih sederhana dibandingkan bakelit, karena tidak diperlukan aplikasi panas dan tekanan. Namun bahan *castable resin* ini tidak memiliki sifat mekanis yang baik (lunak) sehingga kurang cocok untuk material-material yang keras.

### 3. Pengamplasan kasar (*grinding*)

Grinding dilakukan dengan menggunakan *disc* pengamplasan yang ditutup dengan *Silicon carbide* kertas dan air. Ada sejumlah ukuran amplas, yaitu 180, 240, 400, 1200, butir *Silicon carbide* per inci persegi. Ukuran 180, menunjukkan kekasaran dan partikel ini adalah ukuran untuk memulai operasi pengamplasan. Selalu menggunakan tekanan langsung di pusat sampel. Lanjutkan pengamplasan hingga semua noda kasar telah dihapus, permukaan sampel rata, dan semua goresan yang pada satu posisi. Hal ini membuat mudah untuk dilihat ketika goresan semuanya telah dihapus. Setelah operasi pengamplasan selesai pada ukuran amplas 1200, cuci sampel dengan air diikuti oleh alkohol dan keringkan sebelum dipindah ke *polish*. Atau juga dapat tahap ini ukurannya 240, 800, 1000, 1500. Berikut adalah beberapa tahap dalam pengampelasan, yaitu:

#### 1. Persiapan

Tahap ini adalah tahap dimana melakukan pemilihan amplas yang dimulai dengan menggunakan amplas dengan nomor yang paling rendah (kasar) dan

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

## 2. *Abrasion damage*,

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

## 3. Pemolesan (*polishing*)

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

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

## 4. Etsa (*etching*).

*Etching* digunakan dalam *metallography* untuk memperlihatkan mikrostruktur dari specimen dengan menggunakan mikroskop. Specimen yang

akan *etching* harus *polish* secara teliti dan rata serta bebas dari perubahan yang disebabkan deformasi pada permukaan spesimen, alur material, *pullout*, dan goresan.

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

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

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

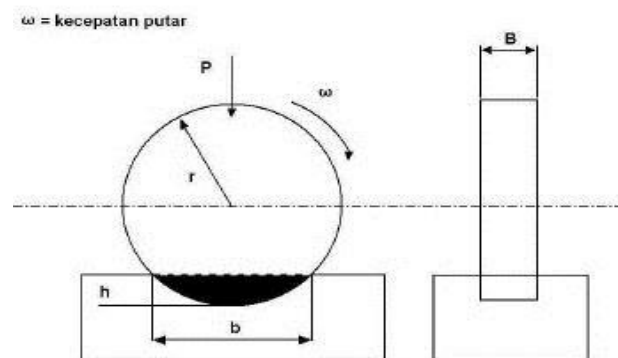
## 6. Mikroskop

Pada dasarnya, mikroskop terdiri dari dua buah lensa positif, yaitu lensa yang menerima sinar langsung dari bendanya atau lensa dekat dengan benda yang akan dilihat, yang disebut lensa obyektif, sedangkan lensa yang berada dekat dengan mata disebut lensa okuler. Perbesaran sebuah mikroskop biasanya berkisar 50, 100, 200, 400 dan 1000 kali lebih besar dari benda uji.

### 2.2.11 Pengujian Keausan

Suatu komponen struktur dan mesin agar berfungsi dengan baik sebagaimana mestinya sangat tergantung pada sifat-sifat yang dimiliki material. Material yang tersedia dan dapat digunakan oleh para engineer sangat beraneka ragam, seperti logam, polimer, keramik, gelas, dan komposit. Sifat yang dimiliki oleh material terkadang membatasi kinerjanya. Namun demikian, jarang sekali kinerja suatu material hanya ditentukan oleh satu sifat, tetapi lebih kepada kombinasi dari beberapa sifat. Salah satu contohnya adalah ketahanan-*aus* (*wear resistance*) merupakan fungsi dari beberapa sifat material (kekerasan, kekuatan, dll), friksi serta pelumasan. Oleh sebab itu penelaahan subyek ini yang dikenal dengan nama ilmu Tribologi. Keausan dapat didefinisikan sebagai rusaknya permukaan padatan, umumnya melibatkan kehilangan material yang progresif akibat adanya gesekan (friksi) antar permukaan padatan. Keausan bukan merupakan sifat dasar material, melainkan respon material terhadap sistem luar (kontak permukaan). Keausan merupakan hal yang biasa terjadi

pada setiap material yang mengalami gesekan dengan material lain. Keausan bukan merupakan sifat dasar material, melainkan response material terhadap sistem luar (kontak permukaan). Material apapun dapat mengalami keausan disebabkan oleh mekanisme yang beragam. Pengujian keausan dapat dilakukan dengan berbagai macam metode dan teknik, yang semuanya bertujuan untuk mensimulasikan kondisi keausan aktual. Salah satunya adalah metode Ogoshi dimana benda uji memperoleh beban gesek dari cincin yang berputar (revolving disc). Pembebanan gesek ini akan menghasilkan kontak antar permukaan yang berulang-ulang yang pada akhirnya akan mengambil sebagian material pada permukaan benda uji. Besarnya jejak permukaan dari material tergesek itulah yang dijadikan dasar penentuan tingkat keausan pada material, semakin besar dan dalam jejak keausan. Maka semakin tinggi volume material yang terkelupas dari benda uji. Ilustrasi skematis dari kontak permukaan antara revolving disc dan benda uji diberikan oleh gambar berikut ini.



Gambar 4.1. Pengujian keausan dengan metode Ogoshi

Gambar 2.3 Pengujian keausan dengan metode ogoshi (Torse,1963)

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

$$WS = \frac{B.bo^3}{8.r.lo.Po} \dots\dots\dots(1)$$

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

$$V = \frac{W}{X} + \frac{B.b^3}{12 r.X} \dots\dots\dots(2)$$

Sebagaimana telah disebutkan pada bagian pengantar, material jenis apapun akan mengalami keausan dengan mekanisme yang beragam , yaitu keausan adhesive, keausan abrasive, keausan fatik dan keausan oksidasi. Dibawah ini diberikan penjelasan ringkas dari mekanisme-mekanisme tersebut, yaitu : (Hafiz, Lalu Alpan., 2016)

#### 1. Keausan adhesive ( *Adhesive wear* )

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

Faktor yang menyebabkan adhesive wear :

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

- b. Kebersihan permukaan.

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

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

## 2. Keausan Abrasif ( *Abrasive wear* )

Terjadi bila suatu partikel keras ( *asperity* ) dari material tertentu meluncur pada permukaan material lain yang lebih lunak sehingga terjadi penetrasi atau pemotongan material yang lebih lunak. Tingkat keausan pada mekanisme ini ditentukan oleh derajat kebebasan ( *degree of freedom* ) partikel keras atau *asperity* tersebut. Sebagai contoh partikel pasir silica akan menghasilkan keausan yang lebih tinggi ketika diikat pada suatu permukaan seperti pada kertas amplas, dibandingkan bila partikel tersebut berada di dalam sistem slurry. Pada kasus pertama, partikel tersebut kemungkinan akan tertarik sepanjang permukaan dan akhirnya mengakibatkan pengoyakan. Sementara pada kasus terakhir, partikel tersebut mungkin hanya berputar ( *rolling* ) tanpa efek abrasi.

## 3. Keausan Lelah ( *Fatigue wear* )

Hanya satu interaksi, sementara pada keausan fatik dibutuhkan interaksi multi. Keausan ini terjadi akibat interaksi permukaan dimana permukaan yang mengalami beban berulang akan mengarah pada pembentukan retak-retak mikro. Retak-retak

mikro tersebut pada akhirnya menyatu dan menghasilkan pengelupasan material. Tingkat keausan sangat bergantung pada tingkat pembebanan.

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

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

#### 5. Keausan Erosi ( *Erosion wear* )

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