

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### 2.1. Tinjauan Pustaka

Telah banyak peneliti sebelumnya yang meneliti tentang sifat mekanis paduan Al-Si-Cu. Nugroho K.J dk (2016) Dengan menggunakan pengujian komposisi kimia, kekerasan, uji keausan, dan struktur mikro; menunjukkan hasil pengujian komposisi kimia pada material piston dalam proses pengecoran mempunyai paduan unsur utama 83,56% Al, 12,6322% Si, 1,3110% Ni. Sedangkan untuk piston hasil proses tempa mempunyai unsur utama 82,97% Al, 12,0385% Si, 3,9462% Cu. Dan pada pengujian keausan untuk piston proses pengecoran, abrasi spesifik sebesar  $5,05E-04$  mm<sup>2</sup>/kg sedangkan pada proses tempa sebesar  $1,71E-04$  mm<sup>2</sup>/kg.

Sedangkan pada penelitian lain. Diniardi E. dkk, (2014), Analisa kekerasan dan laju keausan paduan Al-Si. Dengan hasil pengujian kekerasan Brinell dan keausan (ogoshi) di dapat nilai rata-rata kekerasan sebesar 151.5 HB dan  $1,2134729 \times 10^{-6}$  mm<sup>3</sup>/mm. Tingginya nilai kekerasan dikarenakan proses perlakuan panas didaerah dinding liner silinder yang menghasilkan presipitat yang cukup banyak sehingga bertindak sebagai penghalang dislokasi. Diketahui pula bahwa jarak terdekat dari dinding liner mempunyai kekerasan lebih dibanding dengan jarak terjauh dari dinding liner blok. Hal ini dimaksudkan agar daerah sekitar dinding liner blok Al-Si mempunyai ketahanan keausan yang tinggi, dan

daerah terjauh dari dinding liner blok Al-Si dapat membantu melepas panas lebih cepat.

Eva A.N (2012). Dengan judul “Analisis Sifat Fisis dan Mekanis Aluminium Paduan Al-Si-Cu Dengan Menggunakan Cetakan Pasir” pada aluminium paduan dengan menggunakan cetakan pasir diperoleh 12 unsur penyusun aluminium paduan. Dari unsur penyusun diperoleh 5 unsur dominan, yang antara lain ; Al, Si, Cu, Mg, Dan Fe. Besarnya prosentase unsur dominan aluminium paduan menggunakan cetakan pasir adalah : Al 87, 58 %, Si 7,93 %, Cu 2,8030 %, Mg 0,5047 % dan Fe 0,4862 %.

Widyanto S.A, dkk (2011), Optimalisasi desain cetakan die casting untuk menghilangkan cacat coran pada khusus pengecoran piston aluminium. Dalam desain cetakan die casting, kesesuaian arah aliran gas dan arah aliran logam cair merupakan aspek dominan untuk mencegah terjadinya cacat terjebaknya gas. Desain saluran tuang dari samping merupakan metode yang optimal untuk mencegah terjadinya cacat tersebut. Dengan konstruksi cetakan piston tunggal dan metode pemanasan cetakan dari samping, temperatur optimal cetakan dicapai pada 320°C. Pada pemanasan cetakan yang lebih tinggi, cacat porositas dominan terjadi pada sisi permukaan maupun pada bagian bawah cover. Dan bila temperatur cetakan di bawah 300°C, cacat pertemuan dingin akan terjadi terutama di lokasi berdinding tipis.

Masyrukan (2010), Analisis sifat fisis dan mekanis aluminium (Al) paduan daur ulang dengan menggunakan cetakan logam dan cetakan pasir. Pada

aluminium paduan yang dicetak menggunakan cetakan pasir diperoleh 15 unsur penyusun aluminium paduan dan 14 unsur untuk aluminium paduan dengan menggunakan cetakan logam. Dari unsur penyusunnya diperoleh 5 unsur dominan, yang antara lain ; Al, Si, Cu, Zn, dan Fe. Besarnya prosentase unsur dominan aluminium berdasarkan prosentase unsur penyusunnya, kedua jenis aluminium paduan dikategorikan kedalam aluminium paduan *Casting Alloy* dengan nomor seri mendekati 3xx.x dengan paduan utama Al-Si-Cu.

## **2.2. Landasan Teori**

### **2.2.1 Pengecoran Logam**

Pada prinsipnya pengecoran logam melibatkan pembuatan rongga cetakan, mencairkan logam, menuang logam cair langsung ke rongga cetakan dan membiarkan logam membeku. Karena itu *sejarah* pengecoran logam dimulai pada awal manusia mengetahui bagaimana mencairkan logam dan membuat cetakan. Hal ini terjadi sekitar tahun 4.000 sebelum Masehi, dimana manusia baru mengenal logam sebagai perhiasan emas atau perak tempaan, kemudian membuat senjata. Yang kemudian secara kebetulan mereka menemukan tembaga, dan mulai mempelajari cara mencairkan logam dan menuangkan logam cair kedalam cetakan, selanjutnya manusia dapat membuat coran dengan bentuk-bentuk yang rumit.

Pengecoran (casting) adalah salah satu teknik pembuatan produk dimana logam dicairkan dalam tungku peleburan kemudian dituangkan

kedalam rongga cetakan yang serupa dengan bentuk asli dari produk cor yang akan dibuat, (Surdia Tata 1992, dalam Baim 2012).

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

- a. Adanya aliran logam cair kedalam rongga cetak.
- b. Terjadi perpindahan panas selama pembekuan dan pendinginan dari logam dalam cetakan
- c. Pengaruh material cetakan
- d. Pembekuan logam dari kondisi cair

### **2.2.2 Struktur dan Sifat-Sifat Pengecoran**

Sifat-sifat suatu paduan yang membeku bergantung tidak hanya pada komposisi, namun juga pada ukuran butir serta bentuk dan distribusi fasnya. Faktor-faktor dapat dikontrol dan dimodifikasi pada saat pembekuan berlangsung, (Schey A. Jhon, 2009).

#### **1. Pembekuan leburan.**

Ketika suatu leburan dituang ke dalam sebuah cetakan yang lebih dingin, logam yang bersentuhan dengan cetakan akan membeku dalam bentuk butir-butir halus yang rata-rata bulat (*kawasan dingin*) dan dinding cetakan mendorong terjadinya pengintaian yang *heterogen*. Panas lateb peleburan yang dilepaskan selama pembekuan akan memperlambat laju pembekuan sehingga jalannya pembekuan selanjutnya bergantung pada jenis paduan yang dicor tersebut.

a. Logam murni

Pembekuan berjalan dengan pertumbuhan sejumlah kecil inti yang terorientasi dengan baik, searah dengan ekstraksi panas. Hal ini mengakibatkan *struktur berjajar* yang sering teramati di keseluruhan bagian terbesar produk coran. Karena sebagian besar pertumbuhan memiliki butir-butir yang besar, maka produk coran akan memiliki sifat-sifat yang sangat anisotropik.

b. Eutektik

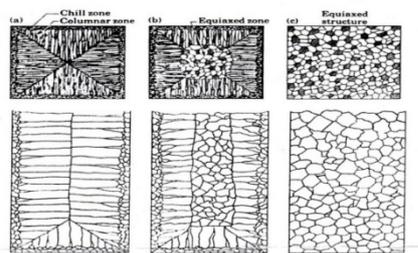
Eutektik seperti halnya logam murni, membeku pada suhu yang tepat (invarian), dan permukaan padatannya kurang lebih berbentuk bidang pada setiap butir, terdapat beberapa kelompok, *sel eutektik* atau *koloni*.

Sifat-sifat produk coran dapat dipengaruhi oleh beberapa aspek:

- 1) Pendinginan yang cepat akan mengurangi ukuran sel, dalam eutektik lamelar, juga jarak antarlamar sehingga akan meningkatkan kekuatan produk coran.
- 2) Zat-zat pengikat akan membantu pembentukan butir-butir eutektik halus bulat dengan sifat-sifat mekanis yang superior.
- 3) Struktur lamelar adalah satu-satunya kemungkinan bentuk eutektik. Tentu saja morfologi “alami” eutektik ini dapat diubah dengan modifikasi, dengan sasaran perubahan sifat-sifat.

c. Larutan padat

Larutan padat akan terbentuk setelah melewati kisaran suhu pembekuan ( $T_1-T_s$ ) dan hal ini memiliki akibat yang signifikan pada struktur. Sekali lagi, kristal-kristal akan tumbuh searah ekstraksi panas, tetapi dalam bentuk dendrit-dendrit



Gambar 2.1 Pembekuan larutan padat, (Schey A. John, 2009)

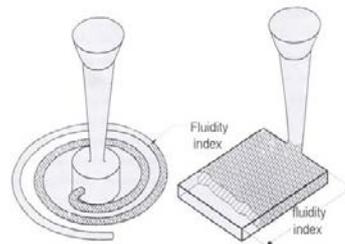
### 2.2.3 Sifat-sifat pengecoran

Untuk mendapatkan kecocokan berbagai paduan dalam pengecoran, maka sifat-sifat pembekuan perlu dikombinasikan dengan sifat-sifat fluida, (Schey A. John, 2009).

1. Viskositas, penuangan leburan kedalam cetakan pada dasarnya merupakan masalah dalam aliran fluida, dan karena itu sangat dipengaruhi oleh resistansi fluida terhadap aliran.
2. Efek-efek permukaan, ketika leburan dialirkan melalui saluran kecil (biasanya dibawah 5 mm), tegangan permukaan [pers. (6-6)] menjadi signifikan. Tegangan permukaan yang tinggi akan menyebabkan leburan tersebut tidak mungkin mengisi sudut-sudut yang tajam. Dalam hal ini oksida aluminium yang ekstrem padat dan kuat

( $Al_2O_3$ ) menyebabkan leburannya seakan-akan mengalir didalam sebuah kantong yang cukup kuat, dan unsur-unsur paduan yang mengubah oksida tersebut akan sangat memengaruhi perilaku produk coran paduan aluminium.

3. Fluiditas, fluiditas adalah sifat sistem yang bukan saja merupakan fungsi dari logam, tetapi juga dari cetakan. Khususnya, sebuah rongga berbentuk-spiral atau seperti-pelat tipis dibuat dalam bahan cetakan yang diinginkan dan fluida dinyatakan sebagai *indeks fluida* (panjang spiral atau pelat). Kemungkinan yang lain adalah menyatakan panjang pengisian dibawah vakum.



Gambar 2.2 Rongga berbentuk spiral (Schey A John, 2009)

Fluida dipengaruhi oleh sejumlah faktor:

- a) Fluiditas akan meningkat seiring dengan meningkatnya panas laju karena hal ini akan menurunkan viskositas dan menunda pembekuan.
- b) Fluiditas akan meningkat dengan meningkatkan suhu cetakan, karena pembekuan akan menjadi lambat. Namun keuntungan ini akan dicapai dengan memberikan laju pendinginan yang lebih

rendah, yang akan menyebabkan butir lebih kasar dan dapat mengatasi produktivitas.

- c) Tipe pembekuan memiliki efek yang besar. Mekanisme pembekuan yang berlangsung secara teratur, seperti yang dijumpai pada logam murni dan eutektik, sehingga diinginkan tepi, logam murni dengan titik lebur lebih tinggi cenderung memiliki fluiditas yang lebih rendah dibandingkan dengan komposisi eutektik.
- d) Tegangan permukaan dan keberadaan lapisan oksida juga memiliki pengaruh
- e) Bahan cetakan dan pelapis cetakan juga memengaruhi fluiditas dengan memengaruhi ekstraksi panas dan pembaharuan permukaan cetakan.

#### **2.2.4 Paduan coran**

Kecuali logam-logam dan paduan-paduannya yang diproduksi secara langsung dengan metalurgi serbuk atau teknik-teknik elektrolitik, semua logam dan paduannya pertama-tama harus melalui tahap peleburan dan penuangan. Namun logam dan paduannya biasanya dibedakan dalam dua kelas utama: (Schey A. John, 2009).

1. Paduan-paduan tempa (*wrought alloys*) memiliki keuletan yang cukup untuk dapat dikenai deformasi plastis panas dan atau dingin.

2. Paduan-paduan coran (*casting alloys*) dipilih karena sifat mampu cornya yang baik (seperti eutektik) atau merupakan bahan-bahan dengan struktur yang tidak dapat menoleransi deformasi apapun.

### **2.2.5 Coran paduan ringan**

Coran paduan ringan adalah coran paduan aluminium, coran paduan magnesium dan sebagainya. (Surdia dan Kenji, 1996).

Aluminium murni mempunyai sifat mampu cor dan sifat mekanis yang jelek. Oleh karena itu dipergunakan paduan aluminium karena sifat-sifat mekanisnya akan diperbaiki dengan menambahkan tembaga, silisium, magnesium, mangan, nikel dan sebagainya. Coran paduan aluminium adalah ringan dan merupakan penghantar panas yang baik sekali, yang dipergunakan apabila sifat-sifat tersebut diperlukan. Al-Si, Al-Cu-Si dan Al-Si-Mg adalah deretan dari paduan aluminium yang banyak dipergunakan untuk bagian-bagian mesin, Al-Cu-Ni-Mg dan Al-Si-Cu-Ni-Mg adalah deretan untuk bagian-bagian mesin yang tahan panas, dan Al-Mg adalah untuk bagian-bagian tahan korosi.

### **2.2.6 Aluminium dan paduannya**

Aluminium ditemukan oleh Sir Humphrey Davy dalam tahun 1809 sebagai suatu unsur, dan pertama kali direduksi sebagai logam oleh H. C. Oersted. Tahun 1825. Secara industri tahun 1886, Paul Heroult di Perancis dan C. M. Hall di Amerika Serikat secara terpisah telah memperoleh logam aluminium dari alumina dengan cara elektrolisa dari garamnya yang terfusi.

Sampai sekarang proses Heroult Hall masih dipakai untuk memproduksi aluminium. Penggunaan aluminium sebagai logam setiap tahunnya adalah pada urutan yang kedua setelah besi dan baja, yang tertinggi di antara logam *non fero*. (Surdia dan Saito, 1995).

Menurut (Alois S. dkk, 1985 hal 124). dalam, *Aluminium (Al)*. Data fisikalis: Berat jenis  $2,702 \text{ kg/dm}^3$  ; titik lebur  $660^\circ\text{C}$  kekuatan tarik: dituang  $8-18 \text{ daN/mm}^2$ , digiling atau direntang keras  $10\text{-daN/mm}^2$ , dipijarkan lunak  $4-14 \text{ daN/mm}^2$  ; batas regangan 2-24%.

Aluminium mempunyai sifat mekanis yang baik dan mudah dibentuk, juga merupakan logam ringan yang mempunyai ketahanan korosi dan hantaran listrik yang baik. Sebagai tambahan, yang meningkatkan kekuatan mekaniknya Cu, Mg, Si, Mn Zn, Ni dan sebagainya, yang semuanya dapat memberikan sifat-sifat yang baik seperti ketahanan aus, koefisien, ketahanan korosi dan sebagainya. Material ini tidak hanya dipergunakan sebagai keperluan rumah tangga saja, tetapi juga diperlukan dalam bidang yang luas antarlain material kapal laut, pesawat, mobil, konstuksi, dan sebagainya.

Aluminium adalah bentuk senyawa kimia, ringan dan mudah diolah, sehingga sering dipakai untuk pelat pola, komponen mesin otomotif atau pola untuk mesin pembuat cetakan. Sifat-sifat aluminium antara lain, penghantar listrik yang baik, sangat ringan dan lunak dengan berat jenis 2,7, titik cair  $657^\circ\text{C}$  dan titik didih  $1800^\circ\text{C}$ , mudah dikerjakan atau dituang,

penghantar panas yang baik, tahan karat dan non magnetik, mudah ditarik ditempa dan digulung, menjadi kertas setelah mengalami pekerjaan dingin dan menjadi lunak setelah dipijarkan serta mudah berkarat apa bila terkena larutan alkali lemah. (Surdia Tata dan Chijiwa Kenji, 1991).

Table 2.1 Sifat-sifat fisik aluminium. (Surdia dan Saito, 1995).

Sifat-sifat	Kemurnian Al (%)	
	99,996	> 99,0
Masa jenis (20°C)	2,6989	2,71
Titi cair	660,2	653-657
Panas jenis	0,2226	0,2297
Hambatan listrik	64,94	59 (dianil)
Tahanan listrik koefisien temperature (°C)	0,00429	0,0115
Koefisien pemuai (20-100°C)	$23,86 \times 10^{-6}$	$23,5 \times 10^{-6}$
Jenis kristal, konstanta kisi	<i>fcc</i> , $a=4,013 \text{ kX}$	<i>fcc</i> , $a=4,04 \text{ kX}$

Table 2.2 Sifat-sifat mekanik aluminium. (Surdia dan Saito, 1995).

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

### 2.2.7 Paduan aluminium

Sifat bahan aluminium akan mengalami perbaikan yang menyolok bila ia dipadu dengan logam lain. Tembaga meninggikan kekerasan, magnesium kekuatan, silisium kesudian tuang. Logam paduan lainnya ialah mangan, seng, nikel yang mengakibatkan sifat yang dikehendaki dalam persentase kecil. (Alois S. dkk, 1985).

## 1. Klasifikasi paduan aluminium

Dalam (Surdia dan Saito, 1995 hlm 135). Paduan Al diklasifikasikan dalam berbagai standar oleh berbagai negara di dunia. Saat ini klasifikasi yang sangat terkenal dan sempurna adalah standar Aluminium Association di amerika (AA) yang didasarkan atas standar terdahulu dari Alcoa (Aluminium Company of America). Paduan tempaan dinyatakan dengan satu atau dua angka "S", sedangkan paduan coran dinyatakan dengan 3 angka. Standar AA menggunakan penandaan dengan 4 angka sbb: Angka pertama menyatakan sistim paduan dengan unsur-unsur yang ditambahkan, yaitu:

1: Al murni, 2: Al-Cu, 3: Al-Mn, 4: Al-Si, 5: Al-Mg, 6: Al-Mg-Si dan 7: Al-Zn, sebagai contoh, paduan Al-Cu.

dinyatakan dengan angka 2000. Angka pada tempat kedua menyatakan kemurnian dalam paduan yang dimodifikasi dan Al murni sedangkan angka ketiga dan keempat dimaksudkan untuk tanda Alcoa terdahulu kecuali S, sebagai contoh, 3 S sebagai 3003 dan 63S sebagai 6063. Al dengan kemurnian 99,0% atau di atasnya dengan ketakmurnian terbatas (2S) dinyatakan sebagai 1100. Tabel 2.3 menunjukkan hubungan tersebut. (Surdia dan Saito, 1995).

Tabel 2.3 klasifikasi paduan aluminium tempaan.

Standar AA	Standar Alcoa terdahulu	Keterangan
1001	1S	Al murni 99,5% atau di atasnya
1100	2S	Al murni 99,0% atau di atasnya
2010-2029	10S-29S	Cu merupakan unsur paduan utama
3003-3009	3S-9S	Mn “
4030-4039	30S-39S	Si “
5050-5086	50S-69S	Mg “
6061-6069	70S-79S	Mg <sub>2</sub> Si “
7070-7079		Zn “

## 2. Paduan Al utama

### a) Al-Cu dan Al-Cu-Mg

Menurut (Surdia dan Saito, 1995 hal 135). Sebagai paduan coran dipergunakan paduan yang mengandung 4-5%Cu. Ternyata dari fasanya paduan ini mempunyai daerah luas dari pembekuannya, penyusutan yang besar, risiko besar pada kegetasan panas dan mudah terjadi retakan pada coran. Adanya Si sangat berguna untuk mengurangi keadaan itu dan penambahan Ti sangat efektif untuk memperhalus butir.

Sebagai paduan Al-Cu-Mg paduan yang mengandung 4%Cu dan 0,5%Mg dapat mengeras dengan sangat dalam beberapa hari oleh penuaan pada temperatur biasa setelah pelarutan, paduan ini ditemukan oleh A. Wilm dalam usaha mengembangkan paduan Al yang kuat yang dinamakan duralumin. Selanjutnya sangat banyak studi telah dilakukan, mengenai paduan ini. Khususnya Nishimura menemukan dua senyawa terner berada dalam keseimbangan dengan Al, yang dinamakan

senyawa S dan T, dan ternyata bahwa senyawa S ( $Al_2CuMg$ ) mempunyai kemampuan penuaan pada temperatur biasa. Duralumin adalah paduan praktis yang sangat terkenal disebut paduan 2017, komposisi standarnya adalah  $Al-4\%Cu-0,5\%Mg-0,5\%Mn$ . Paduan di mana Mg ditingkatkan pada komposisi standar dari  $Al-4,5\%Cu-1,5\%Mg-0,5\%Mn$  dinamakan paduan 2024, nama lamanya disebut duralumin super. Paduan yang mengandung Cu mempunyai ketahanan korosi yang jelek, jadi apabila ketahanan korosi yang khusus diperlukan permukaannya dilapisi dengan Al murni atau paduan Al yang tahan korosi yang disebut pelat alklad.

Paduan dalam sistem itu terutama dipakai sebagai bahan pesawat terbang. Table 2.4 menunjukkan perlakuan panas dan sifat-sifat mekanik dari paduan khusus tersebut.

Table 2.4 sifat-sifat mekanik paduan Al-Cu-Mg. (Surdia dan Saito, 1995).

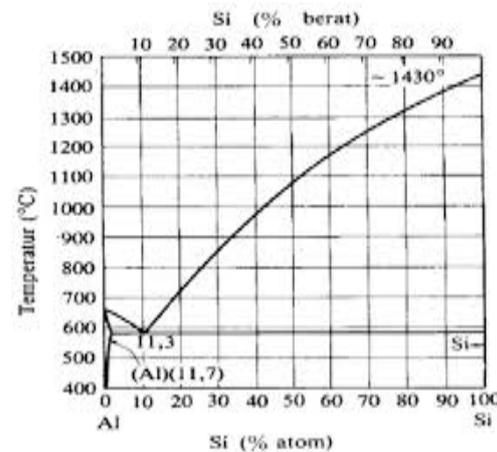
Paduan	Keadaan	Kekuatan tarik (kgf/mm <sup>2</sup> )	Kekuatan mulur (kgf/mm <sup>2</sup> )	Perpanjangan (%)	Kekuatan geser (kgf/mm <sup>2</sup> )	Kekuatan brinell	Batas lahan (kgf/mm <sup>2</sup> )
17S (2017)	O	18,3	7,0	-	12,7	45	7,7
	T4	42,6	28,1	-	26,7	105	12,7
A17S (A2017)	T4	30,2	16,9	27	19,7	70	9,5
R317	Setelah dianil	42,9	24,6	22	-	100	-
24S (2024)	O	18,9	7,7	22	12,7	42	-
	T4	47,8	32,3	22	28,8	120	-
	T36	51,3	40,1	-	29,5	130	-
14S (2014)	O	19,0	9,8	18	12,7	45	-
	T4	39,4	28,0	25	23,9	100	-
	T4	49,0	42,0	13	29,5	135	-

## b) Paduan Al-Mn

Mn adalah unsur yang memperkuat Al tanpa mengurangi ketahanan korosi, dan dipakai untuk membuat paduan yang tahan korosi. Dalam diagram fasa Al-Mn yang ada dalam keseimbangan dengan larutan padat Al adalah  $Al_6Mn$  (25,3%Mn), sistem ortorombik ( $a=6,498 \text{ \AA}$ ,  $b=7,552 \text{ \AA}$ ,  $c=8,870 \text{ \AA}$ ), dan kedua fasa mempunyai titik eutektik pada  $659,5^\circ\text{C}$ , 1,95% Mn. Kelarutan padat maksimum pada temperatur eutektik adalah 1,82% dan pada  $500^\circ\text{C}$  0,36%, sedangkan pada temperatur biasa kelarutannya hampir 0.

## c) Paduan Al-Si

Gambar. 2.3 menunjukkan diagram fasa dari sistem ini. Ini adalah tipe eutektik yang sederhana yang mempunyai titik eutektik pada  $577^\circ\text{C}$ , 11,7%Si, larutan padat terjadi pada sisi Al. Karena batas kelarutan padat sangat kecil maka pengerasan penuaan sukar diharapkan.



Gambar 2.3 Diagram fasa Al-Si.

d) Paduan Al-Mg

Dalam paduan biner Al-Mg satu fasa yang ada dalam keseimbangan dengan larutan padat Al adalah larutan padat yang merupakan senyawa antar logam yaitu  $Al_3Mg_2$ .

e) Paduan Al-Mg-Si

Kalua sedikit Mg ditambahkan kepada Al, pengerasan penuaan sangat jarang terjadi, tetapi apabila secara simultan mengandung Si, maka dapat dikeraskan dengan penuaan panas setelah perlakuan pelarutan. Hal ini disebabkan karena senyawa  $Mg_2Si$  berkelakuan sebagai komponen murni dan membuat keseimbangan dari system biner semu dengan Al.

f) Paduan Al-Mg-Zn

Aluminium menyebabkan keseimbangan biner semu dengan senyawa antar logam  $MgZn_2$ , dan kelarutannya menurun apabila temperature turun. Telah diketahui sejak lama bahwa paduan sistem ini dapat dibuat keras sekali dengan penuaan setelah perlakuan pelarutan. Tetapi sejak lama tidak dipakai sebab mempunyai sifat patah getas oleh retakan korosi tegangan.

### 2.2.8 Sistem penamaan aluminium paduan

Berdasarkan standar Aluminium Association (AA), paduan aluminium diklasifikasikan menjadi dua kelas utama, yaitu aluminium tuang (*cast aluminium*) dan aluminium pengerjaan (*wrought aluminium*). Penamaan

kedua kelas aluminium tersebut tergantung pada unsur paduan utama yang dikandungnya. (Sofyan T.B, 2010).

Sistem penamaan untuk paduan aluminium tuang menggunakan sistem registrasi dengan tiga angka, diurutkan berdasarkan unsur paduannya, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.5. Tidak terdapat sistem penamaan paduan aluminium pada seri 6XX dan 9XX. Angka pertama menunjukkan kelompok paduan. Angka kedua dan ketiga menunjukkan jenis spesifikasi komposisi aluminium paduan tersebut. Sering kali, angka keempat yang menunjukkan bentuk produk diberikan, 0 untuk spesifikasi coran, 1 untuk spesifikasi batangan, dan 2 untuk spesifikasi batangan yang lebih sempit. Sebagai contoh, XXX.0, mewakili Batasan komposisi kimia dari paduan hasil proses pengecoran, sedangkan untuk XXX.1 dan XXX.2 mewakili Batasan komposisi kimia dari batangan.

Sistem penamaan pada paduan aluminium hasil pengerjaan dilakukan dengan registrasi empat angka, dengan angka pertama menunjukkan unsur paduan utama pada paduan aluminium tersebut, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.5. pada seri 1XXX, dua angka terakhir menunjukkan jumlah kadar minimum aluminium pada paduan dalam 99,00%. Sementara, pada seri 2XXX hingga 8XXX, dua angka terakhir menunjukkan kandungan unsur paduan utama.

Tabel 2.5 Sistem penamaan paduan aluminium berdasarkan Aluminium Association (Sofyan T.S, 2010).

Aluminium Tuang		Aluminium Pengerjaan	
Seri	Unsur Paduan	Seri	Unsur Paduan
1XX	99,0% min. Al	1XXX	99,0% min. Al
2XX	Al-Cu	2XXX	Cu
3XX	Al-Si-Mg, Al-Si-Cu, Al-Si-Cu-Mg	3XXX	Mn
4XX	Al-Si	4XXX	Si
5XX	Al-Mg	5XXX	Mg
7XX	Al-Zn	6XXX	Mg dan Si
8XX	Al-Sn	7XXX	Zn
		8XXX	Selain unsur di atas
		9XXX	Tidak digunakan

### 2.2.9 Aplikasi paduan aluminium

Paduan aluminium dipergunakan untuk meningkatkan kualitas suatu produk yang akan dibuat, kebanyakan suatu paduan yang dibuat disesuaikan dengan kebutuhan produknya, misalnya produk otomotif dibuat dengan paduan Al-Si-Cu. Dalam paduan ini dapat meningkatkan ketahanan aus, kekerasan, keuletan yang baik dan sebagainya. Menurut (Sofyan T.B, 2010). Untuk otomotif, aluminium banyak dipakai sebagai bodi mobil dan mesin. Paduan aluminium untuk mesin sebagian besar adalah seri 3XX, Al-Si-Cu, yang memiliki kemampuan cor sangat baik, kekerasan yang tinggi dan, dapat dilakukan panas.

### 2.2.10 Diagram Fase Paduan Aluminium-Silikon

Paduan aluminium silikon *tuang* paling sering ditemui dalam fasa hipoeutektik dan eutektik, dalam paduan tersebut unsur silikon dapat

meningkatkan ketahanan korosi, ketahanan aus dan dapat meningkatkan karakteristik *casting* dan *machining*.

Dalam (Majanasastra S.R.B, 2015). Diagram ini digunakan sebagai pedoman untuk menganalisa perubahan fasa pada proses pengecoran paduan Al-Si. Kandungan silikon pada diagram fase Aluminium-Silikon ini terdiri dari 3 macam yaitu:

1. Hipoeutectic yaitu apabila terdapat kandungan silikon  $<11,7\%$  dimana struktur akhir yang terbentuk pada fasa ini adalah struktur ferrite (Alpha) kaya aluminium, dengan struktur eutektik sebagai tambahan.
2. Eutektik yaitu apabila kandungan silikon yang terkandung didalamnya sekitar  $11,7\%$  sampai  $12,2\%$ . Pada komposisi ini paduan Al-Si dapat membeku secara langsung (dari cair ke padat).
3. Hypereutectic yaitu apabila komposisi silikon diatas  $12,2\%$  sehingga kaya akan silikon dengan fasa eutektik sebagai fasa tambahan. Keberadaan struktur kristal silikon primer pada daerah ini mengakibatkan karakteristik yaitu: 1. Ketahanan aus paduan meningkat. 2. Ekspansi termal yang rendah 3. Memiliki ketahanan retak panas (hot tearing) yang baik.

### **2.2.11 Proses Pengecoran**

Pengecoran merupakan salah satu proses pembentukan bahan baku / bahan benda kerja dengan proses peleburan / pencairan logam didalam tungku peleburan yang kemudian hasil peleburan di masukan kedalam

cetakan. Tahapan dalam proses pengecoran adalah pembuatan model (pola), pembuatan pasir cetak, pembuatan cetakan pasir (rongga cetak), peleburan logam, menuang logam kedalam cetakan dan membongkar serta membersihkan hasil pengecoran (Surdia, 1982 dalam Fajar Febrianto, 2015).

#### **2.2.12 Macam pola**

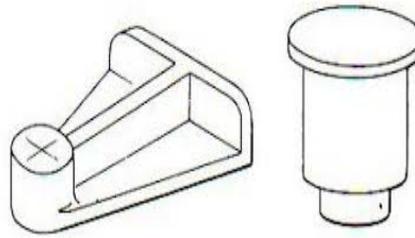
Pola mempunyai berbagai macam bentuk seperti diuraikan dibawah ini. Pada pemilihan macam pola, harus diperhatikan produktivitas, kualitas coran dan harga pola.

##### **1. Pola**

###### **1) Pola pejal**

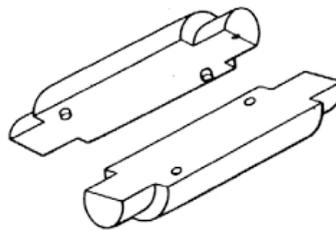
Pola pejal adalah pola yang biasa dipakai yang bentuknya hampir serupa dengan bentuk coran. Pola ini dibagi menjadi dua macam yaitu pola tunggal dan pola belahan.

2) Pola tunggal. Pola ini dibentuk serupa dengan corannya, disamping itu kecuali tambahan penyusutan, tambahan penyelesaian mesin dan kemiringan pola, kadang-kadang dibuat juga menjadi satu dengan telapak inti.



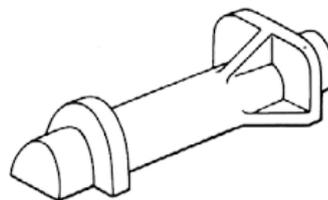
Gambar 2.4 pola tunggal

3) Pola belahan. Pola ini dibelah ditengah untuk memudahkan pembuatan cetakan. Permukaan pisahnya kalua mungkin dibuat satu bidang.



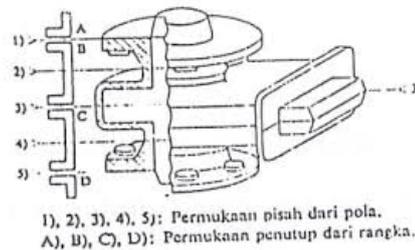
Gambar 2.5 pola belahan

4) Pola setengah. Pola ini dibuat untuk coran di mana kup dan dragnya simetri terhadap permukaan pisah. Kup dan drag dicetak hanya dengan setengah pola, sehingga harga pola setengah dari harga pola tunggal.



Gambar 2.6 pola setengah

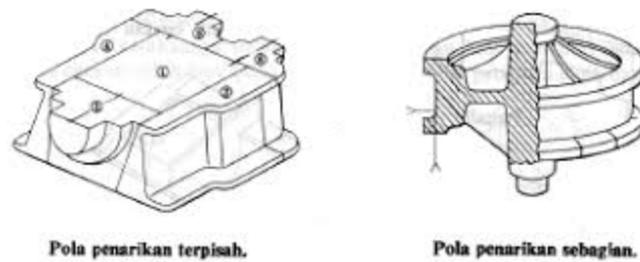
5) Pola belahan banyak. Dalam hal ini pola dibagi menjadi tiga belahan atau lebih untuk memudahkan penarikan dari cetakan dan untuk penyederhanaan pemasangan inti. Pada cetakan yang dibuat dengan pola ini kadang-kadang terjadi pergeseran, sehingga menyebabkan salah ukuran.



Gambar 2.7 pola belahan banyak, (Johan Wijaja, 2017)

6) Pola penarikan terpisah. Pola penarikan terpisah dipakai untuk pola berukuran besar atau untuk cetakan jenis mengeras sendiri. Pola dibuat secara terbagi-bagi untuk memudahkan pengambilannya dari cetakan. Bagian yang ditengah ditarik lebih dulu, kemudian bagian-bagian terluar diambil satu persatu berturut-turut.

7) Pola penarikan sebagian. Pada pengambilan pola dari cetakan, apabila sebagian dari pola tidak mungkin ditarik, maka bagian itu harus dipisahkan terlebih dahulu. Kemudian bagian utama ditarik pertama kali dan bagian cabang ditarik satu demi satu.



Gambar 2.8 Pola penarikan terpisah dan Pola penarikan sebagian,  
(Johan Wijaja, 2017)

### 2.2.13 Pembuatan Pola

#### 1. Perhatian pada pembuatan pola

Setelah penentuan macam pola, maka gambarnya dibuat. Pola dibagi menjadi pelat bulat, silinder, setengah lingkaran, segi empat siku, paralelepipedum atau pelat biasa menurut bentuk dari setiap bagian pola. Penentuan struktur pola dibuat dengan mempergunakan sifat kayu (keadaan lingkaran tahun) dan memperhitungkan kekuatannya.

#### 2. Mesin dan perkakas untuk pembuatan pola

Pada pembuatan pola, berbagai mesin dan perkakas dipakai. Untuk membuat pola dibutuhkan pengalaman, keahlian dan hati-hati demi keselamatan, karena mesin-mesin berputar cepat dan perkakas mempunyai ujung yang tajam.

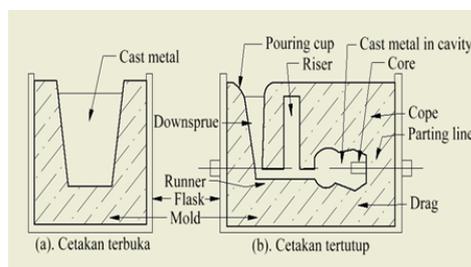
### 2.2.14 Pasir

Ada dua cara pengecoran dengan menggunakan cetakan pasir. Pembagian dilakukan berdasarkan jenis pola yang digunakan.

- a. Pola yang dapat digunakan berulang-ulang dan

b. Pola sekali pakai.

Pada cara pertama, pasir dipadatkan di sekitar pola yang kemudian dikeluarkan. Rongga yang terjadi kemudian diisi dengan logam cair menghasilkan benda coran. Pola sekali pakai dibuat dari polisteren atau bahan lain yang setara dan tidak dikeluarkan. Pada waktu logam cair dituang ke dalam cetakan, pola tersebut menguap. (Amstead, 1993).



Gambar 2.9 Cetakan terbuka dan Cetakan tertutup

### 2.2.15 Prosedur pembuatan cetakan

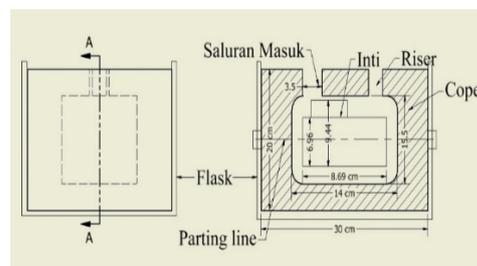
Pertama-tama, belahan pola diletakan di atas *papan kayu yang rata*. Kemudian rangka cetak bawah (drag) diletakan di atas kayu, drag diisi penuh dengan pasir, yang dimampatkan secara manual atau mesin, tergantung pada besar kecilnya cetakan. Pemampatan pasir memerlukan pengalaman. Bila pasir kurang padat, cetakan mudah rusak pada waktu pengerjaannya atau rusak akibat aliran logam cair. Bila terlalu padat, gas dan uap sulit menguap, hal ini dapat menyebabkan terjadinya cacat dalam benda cor. (Amstead, 1993).

Setelah pemampatan pasir selesai, pasir yang berlebihan diratakan. Untuk memudahkan pelepasan gas sewaktu penuangan, pasir ditusuk-tusuk di beberapa tempat.

*Cetakan bagian bawah* kemudian dibalik, dengan demikian kup dapat dipasangkan dan cetakan diselesaikan. Sebelum dibalik, ditaburkan pasir kering dan di atasnya diletakan papan. Drag dibalik dan alas cetakan diangkat dan tampaklah pola. Permukaan pasir diratakan dan ditaburi *pasir kering*. Pasir kering yang ditaburkan adalah pasir silika kering yang halus dan tidak ada kekuatannya. Pasir ini mencegah melekatnya pasir dari kedua bagian cetakan.

#### 2.2.16 Pembuatan cetakan dengan tangan

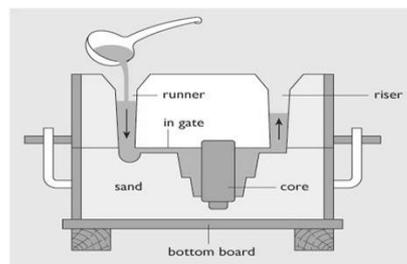
Pembuatan cetakan dengan tangan dilaksanakan jika jumlah produksinya kecil bentuk coran yang sulit yang sukar dibuat oleh mesin pembuat cetakan, atau coran yang besar sekali. Biasanya dipakai pasir cetak dengan tanah lempung sebagai pengikat. (Surdia dan Kenji, 1996).



Gambar 2.10 Cetakan pasir

### 2.2.17 Cetakan logam

Pengecoran dalam cetakan logam dilaksanakan dengan menuangkan logam cair ke dalam cetakan logam seperti pada cetakan pasir. Proses penuangannya, logam cair mengalir melalui pintu cetakan, dimana tidak menggunakan tekana kecuali tekanan yang berasal dari tinggi cairan logam dalam cetakan. Pada umumnya logam cair dituangkan dengan penuh gaya berat walaupun kadang-kadang diperlukan tekanan pada logam cair selama atau setelah penuangan. Sebagai bahan cetakan terutama dipakai besi cor paduan. Cara ini dapat membuat coran yang mempunyai ketelitian dan kualitas yang tinggi. Akan tetapi biaya pembuatan cetakan adalah tinggi sehingga apabila umur cetakan itu dibuat panjang, baru produksi yang ekonomis mungkin dilaksanakan.



Gambar 2.11 Bagian-bagian cetakan logam (Siahaana, 2014)

### 2.2.18 Peleburan dan Penuangan

#### 1. Peleburan

Langkah pertamanya adalah menyiapkan suatu leburan dengan komposisi yang tepat.

- a. Melalui peleburan, suatu bahan isian (*charge*) diusahakan hingga menghasilkan paduan dengan komposisi tertentu. Jarang ada keharusan, jarang pula dapat dipraktikkan, atau bahkan jarang diinginkan, bahwa bahan isian diusahakan seluruhnya berasal dari logam yang diperoleh dari bijih logam (logam primer atau murni).
- b. Bahan isian dimasukkan kedalam sebuah *dapur (furnace)* yang berisi leburan dan menyediakan pasokan sumber panas. Walaupun susunan fisiknya dapat berubah-ubah secara mendasar, tetapi umumnya terdapat beberapa bagian utama:
- c. Leburan harus ditampung didalam suatu bahan yang pada dasarnya harus memiliki titik lebur yang lebih tinggi dari logam disamping mampu meminimalkan kontaminasi dalam leburan yang berupa inklusi atau unsur-unsur yang tidak bisa larut.
- d. Panas disediakan secara eksternal (sebagai contoh, radiasi dari dinding *dapur api*) dipanaskan dengan gas atau pembakaran minyak atau elemen pemanas listrik, atau secara internal (seperti pada dapur induksi listrik).
- e. Sebuah faktor yang tidak dapat dihindarkan adalah keberadaan atmosfer. Mungkin udara, dengan kelembabannya dan berbagai polutan, merupakan sumber absorpsi gas N, H, dan O; udara dapat menjadi *atmosfer proktektif* (seperti gas argon); atau bahkan *vakum*, yang diproduksi dengan biaya tertentu.

f. Bahan isian diselubungi atau dicampur dengan *fluks*, berbagai senyawa (biasanya anorganik) yang dapat disebar pada permukaan atau dicampur didalam logam sehingga bereaksi dengan leburan.

## 2. Penuangan

Bila leburan telah mencapai suhu dan komposisi yang diinginkan, selanjutnya leburan tersebut *dicerat*. Dapur stasioner dicerat dengan memecahkan sumber tahan panas yang dibenamkan pada sebuah lubang dekat dasar dapur. Seperti namanya, dapur miring dicerat dengan cara dimiringkan. Logam dengan titik lebur yang lebih rendah dapat dipompa atau disedot keluar dari dapur.

Leburan dapat dipindahkan secara langsung kedalam cetakan atau dicerat ke dalam sebuah *ladel* (bejana berdinding tahan api) yang kemudian dipindahkan kedalam cetakan; logam disalurkan melalui sebuah lubang dibagian dasar atau dengan memiringkan ladel. Dalam beberapa contoh, leburan didistribusikan dari pusat peleburan ke beberapa instalasi yang berada dalam jarak tertentu.

Kemungkinan ada ketidaksesuaian antara laju peleburan dengan laju penggunaan bahan, sehingga kemudian *dapur-dapur pendukung* digunakan dimana beberapa perlakuan atau pemberian paduan dalam leburan dapat pula dilakukan.

Inilah tahap *penuangan*, dimana suhu perlu diatur yang terakhir kalinya. Unsur-unsur paduan yang sangat mudah menguap-karena tekanan uapnya

yang tinggi- akan hilang selama peleburan, sehingga perlu dikenali (contohnya Mg didalam leburan Al). Unsur-unsur untuk deoksidasi juga dapat ditambahkan. Pada umumnya, tujuannya adalah untuk mempertahankan aliran logam bebas dari turbulensi yang akan menyebabkan terjebaknya oksida dan terak. Laju penuangan dan kuantitas yang dituangkan harus dikontrol juga. Penuangan otomatis, jika memungkinkan secara ekonomi, akan memberikan hasil-hasil yang sangat bersifat mampu tiru.

### **2.2.19 Proses Penghalusan**

Coran yang telah memadat harus menerima sejumlah operasi tambahan sebelum dapat digunakan, (John A. Schey 2009).

#### **1. Pembersihan dan Penyelesaian**

- a. Langkah pertama adalah melepaskan coran dari cetakan. Untuk pasir basah dan kering penggoyangan merupakan prosedur yang paling efektif.
- b. Inti yang berpegikat resin ditanggalkan dengan memakai peralatan mekanis seperti pemusaran beban, getaran berfrekuensi tinggi, atau air bertekanan tinggi.
- c. Pasir yang tersisa disemprot dengan semprotan peluru (semprotan tanpa udara, shot blasting).
- d. Saluran masuk, pengalir, penambah, dan saluran turun ditanggalkan (sebelum dan sesudah penyemprotan peluru), bersama dengan sirip-

- sirip atau tonjolan-tonjolan (flash) yang terbentuk ketika leburan mengalir keluar memasuki celah-celah diantara dua belahan cetakan atau pada inti-inti.
- e. Keseluruhan permukaan dibersihkan dengan berbagai proses, termasuk dengan memakai semprotan peluru, penggulingan untuk bahan-bahan tanpa api atau mimis baja dalam medium kering atau basah, atau pengasaman secara kimiawi.
  - f. Jika setiap bagian memiliki nilai cukup, maka cacat-cacat yang terdeteksi terkadang dapat diperbaiki dengan cara pengelasan tanpa merusak fungsi bagian yang telah dihaluskan.

#### **2.2.20 Pengujian bahan**

##### **1. Komposisi kimia**

Pengujian komposisi kimia adalah suatu pengujian untuk mengetahui kandungan unsur kimia yang terdapat pada logam dari suatu benda uji, *Optical Emission Spectrometer* (OES) adalah alat yang mampu menganalisa unsur-unsur logam induk dan campurannya dengan akurat, cepat dan mudah dioperasikan. Prinsip dasar dari diketahuinya kandungan unsur dan komposisinya pada alat ini adalah apabila suatu logam dikenakan energi listrik atau panas maka kondisi atom-atomnya akan menjadi tidak stabil. *Electron-elektron* yang bergerak pada orbital atomnya akan melompat ke orbital yang lebih tinggi. Apabila energi yang dikenakan dihilangkan maka *electron* tersebut akan kembali ke *orbit* semula dan energi yang diterimanya

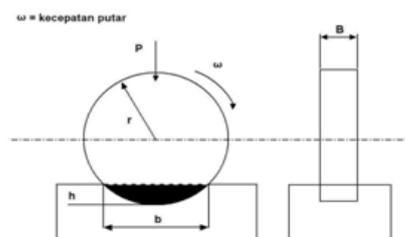
akan dipancarkan kembali dalam bentuk sinar. Sinar yang terpancar memiliki panjang gelombang tertentu sesuai dengan jenis atom unsurnya. Sedangkan intensitas sinar terpancar sebanding dengan kadar konsentrasi unsur. Hal ini berarti bahwa jenis suatu unsur dan kadarnya dapat diketahui melalui panjang gelombang dan intensitas sinar yang terpercaya. (Widagdo, 2016).

## 2. Keausan

Keausan umumnya didefinisikan sebagai kehilangan material secara progresif atau perpindahan sejumlah material dari suatu permukaan sebagai suatu hasil pergerakan relatif antara permukaan tersebut dan permukaan lainnya. Keausan telah menjadi perhatian praktis sejak lama. Tetapi hingga beberapa saat lamanya masih belum mendapatkan penjelasan ilmiah yang besar sebagaimana halnya pada mekanisme kerusakan akibat pembebanan tarik, impak, puntir atau *fatigue*. Hal ini disebabkan masih lebih mudah untuk mengganti komponen/*part* suatu sistem dibandingkan melakukan disain komponen dengan ketahanan/umur pakai (*life*) yang lama. Saat ini, prinsip penggantian dengan mudah seperti itu tidak dapat diberlakukan lebih lanjut karena pertimbangan biaya (*cost*). Pembahasan mekanisme keausan pada material berhubungan erat pada gesekan (*friction*) dan pelumasan (*lubrication*). Telah mengenai ketiga subyek ini yang dikenal dengan nama ilmu *Tribologi*. Keausan bukan merupakan sifat dasar material melainkan response material terhadap sistem luar (kontak permukaan). Material apapun

dapat mengalami keausan disebabkan mekanisme yang beragam. (Yuwono, 2009).

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 antara 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: 2.12 pengujian keausan dengan metode *ogoshi*

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

$$WS = \frac{B \cdot b^3}{8 \cdot r \cdot l_0 \cdot P_0}$$

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

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

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:

Mekanisme keausan terdiri dari:

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

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

## 2) Keausan abrasif

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.

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

- a) Material hardness
- b) Kondisi struktur mikro
- c) Ukuran abrasif
- d) Bentuk

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

- *Scratching*
- *Scoring*
- *gouging*

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

Hanya satu interaksi, sementara pada keausan fitik 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 dipermukaan 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.

### **2.2.21 Pengujian kekerasan**

Pengujian kekerasan adalah satu dari sekian banyak pengujian yang dipakai, karena dapat dilaksanakan pada benda uji yang kecil tanpa

kesukaran mengenai spesifikasi. Pengujian yang paling banyak dipakai ialah dengan menekannakan penekanan tertentu kepada benda uji dengan beban tertentu dan dengan mengukur ukuran bekas penekanan yang terbentuk di atasnya, cara ini dinamakan cara kekerasan penekanan. Ada banyak metode yang dikembangkan dalam menentukan harga kekerasan ini. Sehingga arti fisik dari kekerasan tidak mudah dipahami bersama. Pengertian tentang kekerasan ini bergantung pada pengalaman dan profesi setiap orang. Metode umum pengujian kekerasan ada tiga jenis yaitu; Scraucht, Indentor, dan Dinamic. Konsep yang dipakai dalam pengujian ini adalah metode indentor, yaitu pengujian kekerasan dengan menggunakan Indentor, pengujian pada percobaan ini dibagi tiga jenis; Brinell, Vicker, dan Rockwell.

Pengujian kekerasan brinell ini berupa pembentukan lekukan pada permukaan logam menggunakan Indentor. Indentor untuk brinell berbentuk bola dengan diameter 10mm, 5mm, 2,5mm dan diameter 1mm, itu semua adalah diameter bola standar internasional. Dengan menggunakan 2 bahan pembuatannya. Ada yang terbuat dari baja yang dikeraskan/dilapisi chrom, dan juga yang terbuat dari tungsten carbide. Tungsten carbide lebih keras dari baja, jadi tungsten carbide dipakai untuk pengujian benda yang keras yang dikhawatirkan akan merusak bola baja.

#### Cara/metode pengujian Brinell

1. Alat dan bahan pengujian kekerasan brinell

- a. Mesin uji kekerasan brinell (Brinell Hardness Test)
  - b. Indentor bola (bola baja atau bola carbide)
  - c. Benda uji yang sudah digerinda
  - d. Amplas halusstop watch f. Mikroskop pengukur
2. Indentor ditekankan ke benda uji/material dengan gaya tertentu.  
(untuk besi ferro biasanya menggunakan 3000 kgf)
  3. Tunggu hingga 10-30 detik (biasanya 20 detik)
  4. Bebaskan gaya dan lepaskan indikator dari benda uji
  5. Mengukur diameter lekukan menggunakan mikroskop pengukur  
(ukur beberapa kali pada tiap posisi dan ambil nilai dari pengukuran yang paling besar)
  6. Masukkan data hasil pengukuran tersebut ke rumus

$$\text{Rumus pengujian kekerasan Brinell; BHN} = \frac{2P}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

Dimana BHN = Brinell Hardness Number

P = Beban yang diberikan (kgf)

D = Diameter indentor (mm)

d = Diameter lekukan rata-rata hasil indentasi

Rumus untuk mencari beban yang sesuai.

$$P = C \times D^2$$

Dimana P = Beban yang diberikan

C = konstanta bahan yang akan diuji

D = Diameter indentor

### **2.2.22 Blok Silinder**

Blok silinder adalah bagian mesin yang terbuat dari bahan besi tuang halus dan adakalanya pula besi tuang halus itu dicampur dengan krom atau kromium. Pada blok silinder ini terdapat lubang silinder yang berdinding halus dan pada bagian sisi-sisi blok silinder dibuat sirip-sirip pendingin yang digunakan untuk pendinginan motor (Alex Santoso, dkk, 2011).

Blok silinder merupakan komponen utama motor dengan lubang-lubang silinder sebagai tempat piston bekerja bolak-balik, sesuai langkah kerja motor. Konstruksi dan bentuk blok silinder tergantung dari beberapa faktor; jumlah silinder, susunan silinder, susunan katup, jenis mekanisme katup dan sistem pendingin (Wahyu Hidayat, 2012).

Bahan blok silinder dipilih agar memenuhi syarat-syarat pemakaian yaitu tahan terhadap suhu yang tinggi, dapat menghantarkan kalor dengan baik, dan tahan terhadap gesekan (Jalius Jama dalam Kukuhojan, 2008).

Bagian blok silinder biasanya campuran khrom nikel dengan besi yang sempurna atau campuran aluminium dengan tuangan. Blok adalah campuran aluminium besi tuang (Daryanto, 2013). Blok silinder yang dipakai dalam penelitian ini adalah menggunakan bahan blok silinder motor Yamaha V-ixion.



Gambar: 2.13 Blok silinder motor Yamaha Vixion.