

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka**

Penelitian tentang paduan Al-Si telah banyak dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Sulung Andi F, (2005) meneliti paduan 75% Al-25% Si dengan menggunakan dapur lebur atau krusibel. Pengecoran aluminium paduan dengan variasi tekanan angin 0, 3, 4 dan 5 Psi menggunakan kompresor dan didapatkan hasil yang lebih baik pada tekanan 5 Psi yaitu 13,66 Kg/mm<sup>2</sup> sedangkan tanpa tekanan didapatkan hasil 10,15 Kg/mm<sup>2</sup>. Selanjutnya dengan adanya tekanan pada saat proses pengecoran akan meningkatkan nilai kekerasan sebesar BHN 163 Kg/mm<sup>2</sup> dan juga mencegah adanya porositas atau cacat pada hasil coran, hal tersebut terjadi karena pemberian tekanan pada saat proses pengecoran mengakibatkan cairan logam mendapat tekanan yang merata sehingga coran yang terbentuk akan lebih padat dan udara yang ada di dalam cetakan dipaksa keluar sehingga meminimalkan adanya porositas.

Gazanion, dkk (2002) menyarankan bahwa agar tidak terlalu lama menahan logam cair dalam dapur, karena akan terjadi penggumpalan dan pengendapan dari penghalus butir TiB sebelum dituang ke cetakan. Penambahan penghalus butir TiB pada paduan Al-Si mempengaruhi bentuk pori, karena TiB mempengaruhi proses solidifikasi sehingga merubah bentuk morfologi *dendrite*, yakni dari bentuk *columnar* ke bentuk *equiaxed*. Dimana pori tumbuh pada batas butir dan menghasilkan pori berbentuk bulat. TiB sebagai penghalus butir tidak terlalu signifikan mempengaruhi sifat fluiditas logam cair.

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 200oC, temperatur tuang 7000C 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.

## **2.2 Landasan Teori**

### **2.2.1 Aluminium**

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 elektrolisis dari garam yang terfusi. Sampai sekarang proses Heroult Hall masih dipakai untuk memproduksi aluminium. Penggunaan aluminium sebagai logam setiap tahunnya adalah urutan yang kedua setelah besi dan baja, yang tertinggi di antara logam *non ferro*.

Aluminium merupakan logam ringan yang mempunyai ketahanan korosi yang baik dan hantaran listrik yang baik dan sifat – sifat yang baik lainnya sebagai sifat logam. Sebagai tambahan terhadap, kekuatan mekaniknya yang sangat meningkat dengan penambahan Cu, Mg, Si, Mn, Zn, Ni, dsb. Secara satu persatu atau bersama-sama, memberikan juga sifat-sifat baik lainnya seperti ketahanan korosi, ketahanan aus, koefisien pemuaian rendah. Material ini dipergunakan di dalam bidang yang luas bukan saja untuk peralatan rumah tangga tapi juga dipakai untuk keperluan material pesawat terbang, mobil, kapal laut, konstruksi

Aluminium merupakan unsur *non ferrous* yang paling banyak terdapat di bumi yang merupakan logam ringan yang mempunyai sifat yang ringan, ketahanan korosi yang baik serta hantaran listrik dan panas yang baik, mudah dibentuk baik melalui proses pembentukan maupun permesinan, dan sifat-sifat yang baik lainnya sebagai sifat logam. Di alam, aluminium berupa oksida yang stabil sehingga tidak dapat direduksi dengan cara seperti mereduksi logam lainnya. Pereduksian aluminium hanya dapat dilakukan dengan cara elektrolisis. Sebagai tambahan terhadap kekuatan mekaniknya yang sangat meningkat dengan penambahan Cu, Mg, Si, Mn, Zn, Ni, dan sebagainya, secara satu persatu atau

bersama-sama, memberikan juga sifat-sifat baik lainnya seperti ketahanan korosi, ketahanan aus, koefisien pemuaian rendah dan sebagainya.

Paduan aluminium dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu aluminium *wrought alloy* (lembaran) dan aluminium *casting alloy* (batang cor). Aluminium (99,99%) memiliki berat jenis sebesar 2,7 g/cm<sup>3</sup>, densitas 2,685 kg/m<sup>3</sup>, dan titik leburnya pada suhu 6600C, aluminium memiliki *strength to weight ratio* yang lebih tinggi dari baja. Sifat tahan korosi aluminium diperoleh dari terbentuknya lapisan oksida aluminium dari permukaan aluminium. Lapisan oksida ini melekat kuat dan rapat pada permukaan, serta stabil(tidak bereaksi dengan lingkungan sekitarnya) sehingga melindungi bagian dalam.

Unsur- unsur paduan dalam aluminium antara lain:

1. Copper (Cu), menaikkan kekuatan dan kekerasan, namun menurunkan elongasi (pertambahan panjang pangsangan saat ditarik). Kandungan Cu dalam aluminium yang paling optimal adalah antara 4-6%.
2. Zink atau Seng (Zn), menaikkan nilai tensile.
3. Mangan (Mn), menaikkan kekuatan dalam temperature tinggi.
4. Magnesium (Mg), menaikkan kekuatan aluminium dan menurunkan nilai *ductility*-nya. Ketahanan korosi dan *weldability* juga baik.
5. Silikon (Si), menyebabkan paduan aluminium tersebut bisa diperlakukan panas untuk menaikkan kekerasannya.
6. Lithium (Li), ditambahkan untuk memperbaiki sifat tahan oksidasinya.

Aluminium merupakan logam dengan karakteristik massa jenis yang relative rendah (2,7 g/cm<sup>3</sup>), terletak pada golongan IIIA, dan memiliki nomor

atom 13, memiliki konduktivitas listrik dan panas yang tinggi dan tahan terhadap serangan korosi di berbagai lingkungan, termasuk di temperature ruang, memiliki struktur FCC (*face centered cubic*), tetapi memiliki keuletan di kondisi temperature rendah serta memiliki temperature lebur 660 °C. Aluminium adalah suatu logam yang secara termodinamika adalah logam yang reaktif.

Aluminium sangat berperan penting dalam berbagai bidang aplikasi karena memiliki sifat-sifat menarik yang beraneka ragam. Sifat-sifat tersebut membuat aluminium menjadi logam yang sangat sesuai dan ekonomis untuk banyak aplikasi dan telah menjadikan aluminium sebagai logam yang paling banyak di gunakan kedua setelah baja. Berikut adalah aplikasi aluminium secara umum :

Tabel 2.1. aplikasi aluminium di berbagai bidang

Aplikasi Penggunaan	Persentasi
Industri Konstruksi	15%
Aplikasi Listrik	15%
Industri Otomotif/Transportasi	25%
Industri Manufaktur & Pengemasan	25%
Lainnya	20%

### 2.2.2 Sifat-sifat Aluminium

Aluminium adalah logam yang ringan dan cukup penting dalam kehidupan manusia. Aluminium merupakan unsur kimia golongan IIIA dalam sistim periodik unsur, dengan nomor atom 13 dan berat atom 26,98 gram per mol (sma) . Struktur kristal aluminium adalah struktur kristal FCC, sehingga aluminium tetap ulet

meskipun pada temperatur yang sangat rendah. Keuletan yang tinggi dari aluminium menyebabkan logam tersebut mudah dibentuk atau mempunyai sifat mampu bentuk yang baik.

Aluminium mempunyai sifat-sifat yang tidak bisa ditemui pada logam lain. Adapun sifat-sifat dari aluminium antara lain: ringan, tahan korosi, penghantar panas dan listrik yang baik. Sifat tahan korosi pada aluminium diperoleh karena terbentuknya lapisan oksida aluminium pada permukaan aluminium. Perlu diketahui aluminium merupakan logam yang paling banyak terkandung di kerak bumi. Aluminium terdapat di kerak bumi sebanyak kira-kira 8,07% hingga 8,23% dari seluruh massa padat dari kerak bumi, dengan produksi tahunan dunia sekitar 30 juta ton per tahun dalam bentuk bauksit dan bebatuan lain.

Saat ini aluminium berkembang luas dalam banyak aplikasi industri seperti industri otomotif, rumah tangga, maupun elektrik, karena beberapa sifat dari aluminium itu sendiri, yaitu:

a. Ringan (*light in weight*)

Aluminium memiliki sifat ringan, bahkan lebih ringan dari magnesium dengan densitas sekitar 1/3 dari densitas besi. Kekuatan dari paduan aluminium dapat mendekati dari kekuatan baja karbon dengan kekuatan tarik 700 Mpa (100 Ksi). Kombinasi ringan dengan kekuatan yang cukup baik membuat aluminium sering diaplikasikan pada kendaraan bermotor, pesawat terbang, alat-alat konstruksi seperti tangga, *scaffolding*, maupun pada roket.

b. Mudah dalam pembentukannya (*easy fabrication*)

Aluminium merupakan salah satu logam yang mudah untuk dibentuk dan mudah dalam fabrikasi seperti ekstrusi, *forging*, *bending*, *rolling*, *casting*, *drawing*, dan *machining*. Struktur kristal yang dimiliki aluminium adalah struktur kristal *FCC* (*Face Centered Cubic*), sehingga aluminium tetap ulet meskipun pada temperatur yang sangat rendah. Bahan aluminium mudah dibentuk menjadi bentuk yang kompleks dan tipis. sekalipun, seperti bingkai jendela, lembaran aluminium foil, rel, gording, dan lain sebagainya.

c. Tahan terhadap korosi (*corrosion resistance*)

Aluminium tahan terhadap korosi karena fenomena pasivasi. Pasivasi adalah pembentukan lapisan pelindung akibat reaksi logam terhadap komponen udara sehingga lapisan tersebut melindungi lapisan dalam logam dari korosi. Hal tersebut dapat terjadi karena permukaan aluminium mampu membentuk lapisan alumina ( $Al_2O_3$ ) bila bereaksi dengan oksigen.

d. Konduktifitas panas tinggi (*high thermal conductivity*)

Konduktifitas panas aluminium tiga kali lebih besar dari besi, maupun dalam pendinginan dan pemanasan. Sehingga aplikasi banyak digunakan pada radiator mobil, koil pada evaporator, alat penukar kalor, alat-alat masak, maupun komponen mesin.

e. Konduktifitas listrik tinggi (*high electrical conductivity*)

Konduktifitas listrik dari aluminium dua kali lebih besar dari pada tembaga dengan perbandingan berat yang sama. Sehingga sangat cocok digunakan dalam kabel transmisi listrik.

f. Tangguh pada temperatur rendah (*high toughness at cryogenic temperature*)

Aluminium tidak menjadi getas pada temperatur rendah hingga  $-100^{\circ}\text{C}$ , bahkan menjadi lebih keras dan ketangguhan meningkat. Sehingga aluminium dapat digunakan pada material bejana yang beroperasi pada temperatur rendah (*cryogenic vessel*)

g. Tidak beracun (*non toxic*)

Aluminium tidak memiliki sifat racun pada tubuh manusia, sehingga sering digunakan dalam industri makanan seperti kaleng makanan dan minuman, serta pipa-pipa penyalur pada industri makanan dan minuman.

h. Mudah didaur ulang (*recyclability*)

Aluminium mudah untuk didaur ulang, bahkan 30% produksi aluminium di Amerika berasal dari aluminium yang didaur ulang. Pembentukan kembali aluminium dari material bekas hanya membutuhkan 5% energy dari pemisahan aluminium dari bauksit.

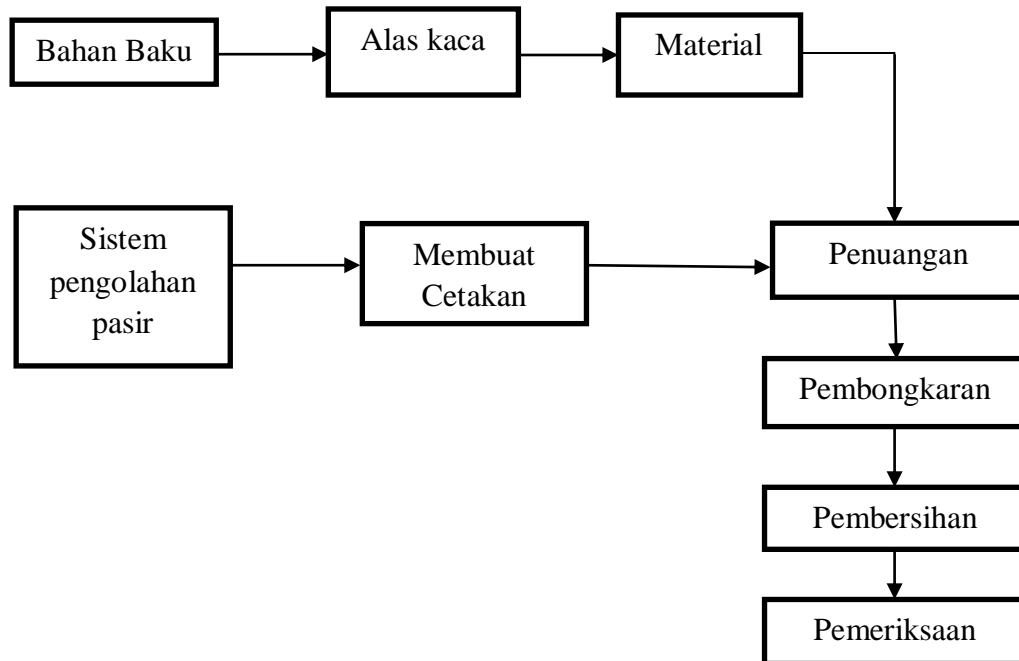
Dengan berbagai keunggulan dari aluminium tersebut, saat ini penggunaan aluminium sangat berkembang pesat terutama pada industri pesawat terbang dan otomotif. Masih banyak pengembangan yang dilakukan sehingga dapat menciptakan paduan aluminium baru yang memiliki sifat dan karakteristik yang berbeda.

### **2.2.3 Pengecoran Logam**

Pengecoran itu sendiri adalah mencairkan logam dalam tungku api sampai titik cair suatu logam, kemudian di tuang ke dalam cetakan yang telah di buat dan setelah itu dibiarkan dingin atau membeku. (sumber: Chijiwa, K., 1976, hal 01)



Proses pengecoran meliputi pembuatan cetakan, persiapan dan peleburan logam, penuangan logam cair ke dalam cetakan, pembersihan coran dan proses daur ulang pasir cetakan.



Gambar 2.1 Aliran Pembuatan Coran

Cetakan pasir mudah dibuat dan tidak mahal, kadang-kadang dicampur dengan pengikat khusus, seperti semen, resin furan, resin fenol, atau minyak pengering, karena penggunaan zat-zat tersebut maka dapat memperkuat cetakan atau mempermudah operasi pembuatan cetakan, namun dikarenakan penggunaannya mahal, sehingga memilih dengan pertimbangan bentuk, bahan dan jumlah produk. Selain dari cetakan pasir kadang-kadang digunakan juga cetakan logam. Pada penuangan, logam cair mengalir, melalui pintu cetakan, maka bentuk pintu harus dibuat sedemikian sehingga tidak mengganggu aliran logam cair.

Pada umumnya logam cair dituangkan dengan gaya berat, walaupun kadang-kadang digunakan tekanan pada logam cair selama atau setelah

penuangan. Setelah logam cair dituangkan, coran dikeluarkan dari cetakan dan dibersihkan, bagian-bagian dari coran yang tidak perlu dibuang dari coran, kemudian coran diselesaikan dan dibersihkan, setelah itu dilakukan pemeriksaan dengan penglihatan terhadap rupa dan kerusakan, dan akhirnya dilakukan pemeriksaan dimensi atau ukuran.

#### **2.2.4 Aluminium Sebagai Material Cor**

Aluminium merupakan logam ringan yang mempunyai ketahanan korosi yang baik, hantaran panas dan listrik yang baik serta sifat-sifat yang baik lainnya sebagai sifat logam. Sebagai tambahan terhadap kekuatan mekanisnya akan sangat meningkat dengan penambahan Cu, Mg, Si, Mn, Zn, Ni dan sebagainya. Secara satu-persatu atau bersama-sama akan memberikan juga sifat-sifat baik lainnya seperti ketahanan korosi, ketahanan aus, koefisien pemuaian rendah dan lain sebagainya. Selain digunakan dalam industri rumah tangga, aluminium juga digunakan dalam keperluan material pesawat terbang, mobil, kapal laut, konstruksi dan sebagainya.

#### **2.2.5 Aluminium Murni**

Aluminium diperoleh dengan mengekstraksi *Alumine* (*Aluminium Oxide*) dari *Bauxite* melalui proses kimia, kemudian alumina tersebut larut ke dalam elektrolit cair ketika arus listrik mengalir melalui Alumine. Hal tersebut mengakibatkan aluminium metal terkumpul pada katoda. Umumnya, kemurniannya mencapai 99,85%. Dengan mengelektrolisa kembali, maka akan didapat aluminium dengan kemurnian 99,99%. Namun aluminium murni memiliki sifat mekanik yang buruk, sehingga untuk memperbaiki sifat-sifat mekaniknya perlu diberi unsur-unsur tambahan seperti silicon, tembaga, mangan, ferro,

magnesium, serta unsur-unsur lain yang dapat memperbaiki sifat aluminium itu sendiri. (sumber: Saito, S., 1985, hal 134)

Tabel 2.2.Sifat-sifat fisik aluminium (sumber: Saito., 1985, hal 134)

Sifat-sifat	Kemurnian Aluminium (%)	
	99,996	>99,0
Masa jenis	2,6989	2,71
Titik cair	660,2	653 – 657
Panas jenis (cal/g. °C)(100°C)	0,2226	0,2297
Hantaran listrik (%)	64,94	59 (dianil)
Tahanan listrik koefisien temperature (1/°C)	0,00429	0,0115
Koefisien pemuaian (20-100°C)	23,86 x 10 <sup>-6</sup>	23,5 x 10 <sup>-6</sup>

Tabel 2.3.Sifat-sifat mekanik aluminium (sumber: Saito., 1985, hal 134)

Sifat-sifat	Kemurnian Aluminium (%)			
	99,996		> 99,0	
	Dianil	75% Diroll 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	35	5
Kekerasan Brinell	17	27	23	44

Tabel 2.2 menunjukkan sifat-sifat fisik aluminium dan tabel 2.3 menunjukkan sifat-sifat mekaniknya. Ketahanan korosi berubah menurut

kemurnian, pada umumnya untuk kemurnian 99,0% atau diatas dapat dipergunakan di udara dan tahan dalam waktu bertahun-tahun.

Aluminium merupakan logam *nonferrous* yang banyak digunakan karena memiliki sifat-sifat:

a. Kerapatan (*density*)

Aluminium memiliki berat jenis rendah yaitu sebesar  $2700 \text{ kg/m}^3$ .

b. Tahan Terhadap Korosi (*corrosion resistance*)

Pada logam-logam *non-ferrous* dapat dikatakan bahwa semakin besar kerapatannya maka semakin baik daya tahan korosinya tetapi aluminium merupakan pengecualian. Walaupun aluminium mempunyai daya senyawa terhadap oksigen (logam nonaktif) dan oleh sebab itu dikatakan bahwa aluminium mudah sekali mengoksidasi (korosi), tetapi dalam kenyataannya aluminium mempunyai daya tahan sangat baik terhadap korosi. Hal ini disebabkan lapisan tipis oksida transparan dan jenuh oksigen diseluruh permukaan.

c. Sifat Mekanis (*mechanical properties*)

Aluminium mempunyai kekuatan tarik, kekerasan, dan sifat mekanis lain sebanding dengan paduan bukan besi (*non-ferrous alloys*) lainnya.

d. Penghantar Panas & Listrik yang Baik (*goodheat and electrical conductivity*)

Disamping daya tahan yang baik terhadap korosi, aluminium memiliki daya hantar panas dan listrik yang tinggi. Daya listrik aluminium murni sekitar 60% dari daya hantar tembaga.

e. Tidak Beracun (*Nontoxic*)

Aluminium dapat digunakan sebagai bahan pembungkus atau kaleng makanan dan minuman. Hal ini disebabkan reaksi kimia antara makanan dan minuman tersebut dengan aluminium tidak menghasilkan zat beracun yang membahayakan manusia.

f. Sifat Mampu Bentuk (*Formability*)

Aluminium dapat dibentuk dengan mudah. Aluminium mempunyai sifat mudah ditempa (*malleability*) yang memungkinkan dibuat dalam bentuk plat atau lembaran tipis.

g. Titik Lebur Rendah (*Lowmelting Point*)

Titik lebur aluminium relatif rendah ( $660^{\circ}\text{C}$ ) sehingga sangat baik untuk proses penuangan dengan waktu peleburan relatif singkat dan biaya operasi akan lebih murah.

### **2.2.6 Aluminium Paduan**

Paduan aluminium diklasifikasikan dalam berbagai standar oleh berbagai Negara. Paduan ini diklasifikasikan menjadi dua kelompok umum yaitu paduan aluminium tuang/cor (*cast aluminum alloys*) dan paduan aluminium tempa (*wrought aluminium alloys*). Setiap kelompok tersebut dibagi lagi menjadi dua kategori, yaitu paduan dengan perlakuan panas (*heat treatable alloys*) dan paduan tanpa perlakuan panas (*nonheat treatable alloys*). Berikut adalah beberapa unsur paduan aluminium dan pengaruhnya adalah sebagai berikut:

a. Silikon (Si)

Unsur silikon dalam aluminium paduan mempunyai pengaruh baik berupa mempermudah proses pengecoran, meningkatkan ketahanan korosi. Sedangkan

pengaruh buruk yang ditimbulkan unsur silikon adalah berupa penurunan keuletan material terhadap beban kejut dan coran akan rapuh jika kandungan terlalu tinggi.

b. Tembaga (Cu)

Pengaruh baik yang ditimbulkan oleh unsur tembaga dalam paduan aluminium adalah berupa peningkatan kekerasan bahan, perbaikan kekuatan tarik, dan mempermudah proses pengerjaan dengan mesin. Sedangkan pengaruh buruknya adalah menyebabkan turunnya ketahanan korosi, mengurangi keuletan material, dan menurunkan kemampuan dibentuk dan dirol.

c. Mangan (Mn)

Pengaruh baik yang ditimbulkan unsur mangan dalam aluminium paduan adalah meningkatkan kekuatan dan ketahanan pada temperatur tinggi, meningkatkan ketahanan terhadap korosi, dan mengurangi pengaruh buruk unsur besi. Sedangkan pengaruh buruknya adalah menurunkan kemampuan penuaan dan meningkatkan kekerasan butiran partikel.

d. Magnesium (Mg)

Kandungan magnesium memberikan sifat-sifat yang baik, antara lain mempermudah proses penuangan, meningkatkan kemampuan pengerjaan mesin, meningkatkan daya tahan terhadap korosi dan meningkatkan kekuatan mekanis. Sedangkan pengaruh buruknya meningkatkan kemungkinan timbulnya cacat pada hasil coran. Penambahan unsur Mg dalam paduan Al-Si juga akan meningkatkan sifat-sifat mekanis paduan. Kekerasannya bertambah karena terjadinya penguatan *presipitasi* oleh endapan  $Mg_2Si$ .

e. Seng (Zn)

Unsur yang memberikan pengaruh berupa meningkatkan sifat mampu cor, mampu mesin, mudah dalam pembentukan, meningkatkan keuletan bahan, dan meningkatkan kekuatan terhadap beban kejut. Pengaruh buruk yang ditimbulkan adalah penurunan ketahanan korosi.

f. Besi (Fe)

Pengaruh baik adanya unsur besi dalam paduan Al adalah meningkatkan ketahanan retak panas (*hot tear*). Pengaruh buruk paduan besi pada paduan aluminium adalah jika kadar Fe lebih besar dari 0,05% akan menurunkan keuletan (*ductility*).

g. Titanium (Ti)

Pengaruh baik dengan adanya unsur titanium dalam paduan Al adalah meningkatkan kekuatan hasil coran pada temperatur tinggi, memperhalus butiran kristal dan permukaan, serta mempermudah proses penuangan. Unsur titanium memberi pengaruh buruk berupa kenaikan *viskositas* logam cair dan mengurangi *fluiditas* logam cair.

h. Natrium (Na)

Unsur natrium memiliki pengaruh yang baik terhadap Al cair, yaitu dapat menaikkan kekuatan pada temperatur tinggi dan memperhalus butir kristal atau butir permukaan serta mempermudah proses penuangan. Pengaruh buruknya adalah kekentalan pada logam cair.

### 2.2.7 Faktor Proses Pengecoran

Adapun faktor yang berpengaruh dalam proses pengecoran antara lain :

1. Adanya aliran logam cair ke dalam rongga cetak.

2. Terjadi perpindahan panas selama pembekuan dan pendinginan dari logam dalam cetakan.
3. Pengaruh material cetakan.
4. Pembekuan logam dari kondisi cair.

### **2.2.8 Pengecoran *Sand Casting***

Proses pengecoran meliputi: pembuatan cetakan, persiapan dan peleburan logam, penuangan logam cair ke dalam cetakan, pembersihan coran dan proses daur ulang pasir cetakan. Produk pengecoran disebut coran atau benda cor. Berat coran itu sendiri berbeda, mulai dari beberapa ratus gram sampai beberapa ton dengan komposisi yang berbeda, mulai dari beberapa ratus gram sampai beberapa ton dengan komposisi yang berbeda dan hampir semua logam atau paduan dapat dilebur dan dicor.

Proses pengecoran secara garis besar dapat dibedakan dalam proses pengecoran dan proses pencetakan. Pada proses pengecoran tidak digunakan tekanan sewaktu mengisi rongga cetakan, sedang pada proses pencetakan logam cair ditekan agar mengisi rongga cetakan. Karena pengisian logam berbeda, cetakan pun berbeda, sehingga pada proses pencetakan cetakan umumnya dibuat dari logam. Pada proses pengecoran cetakan biasanya dibuat dari pasir meskipun ada kalanya digunakan pula plaster, lempung, keramik atau bahan tahan api lainnya.

### **2.2.9 Sejarah *Sand casting***

Buku pertama yang menggambarkan proses *sand casting* (Schedule Diversarum Artium) ditulis sekitar tahun 1100 Masehi oleh *Theophilus Presbyter*, seorang biarawan yang menggambarkan proses manufaktur, termasuk resep untuk



ukiran. Buku ini digunakan oleh pematung dan tukang emas *Benvenuto Cellini* (1500-1571), dalam otobiografinya proses pengecoran *sand casting* digunakan untuk Perseus dengan patung Kepala Medusa yang berdiri di *Loggia dei Lanzi*, Florence, Italia. *Sand casting* mulai dipakai sebagai proses industri modern pada akhir abad 19, ketika dokter gigi mulai menggunakannya untuk membuat mahkota dan *Inlays*, seperti yang dijelaskan oleh Dr D. Philbrook Dewan Bluffs, Iowa pada 1897. Penggunaannya dipercepat oleh Dr Willian H. Taggart of Chicago, 1907. Dia juga menyusun senyawa lilin merupakan pola yang memiliki sifat sangat baik, mengembangkan materi pengecoran *sand casting*, dan menemukan mesin pengecoran tekanan udara. Pada tahun 1940, Peran Dunia II meningkatkan permintaan pembuatan pengecoran presisi bentuk bersih dan paduan khusus yang tidak bisa dibentuk dengan metode tradisional, atau yang memerlukan mesin terlalu banyak. Industri berpaling untuk pengecoran *sand casting*. Setelah perang penggunaannya menyebar pada aplikasi komersial dan industri, banyak yang digunakan bagian logam kompleks. *Sand casting* digunakan dalam industri penerbangan dan pembangkit listrik untuk memproduksi bilah turbin dengan bentuk yang kompleks atau sistem pendingin. *Sand casting* juga banyak digunakan oleh produsen senjata api untuk rumah peluru, pelatuk, dan bagian presisi lainnya dengan biaya rendah. Industri lain yang menggunakan bagian standar *sand casting* termasuk militer, kesehatan, komersial dan otomotif.

#### **2.2.10 Keuntungan & Kerugian Pengecoran *Sand casting***

Keuntungan pengecoran *Sand casting*:

1. Sangat tepat untuk mengecor benda-benda dalam jumlah kecil
2. Tidak memerlukan pemesinan lagi

3. Menghemat bahan coran
4. Permukaan mulus
5. Tidak diperlukan pembuatan pola belahan kayu yang rumit
6. Tidak diperlukan inti atau kotak inti
7. Pengecoran jauh lebih sederhana

Kerugian pengecoran *Sand casting*:

1. Pola rusak sewaktu dilakukan pengecoran
2. Pola lebih mudah rusak, oleh karena itu memerlukan penanganan yang lebih sederhana.
3. Pada pembuatan pola tidak dapat digunakan mesin mekanik
4. Tidak ada kemungkinan untuk memeriksa keadaan rongga cetakan

#### **2.2.11 Proses Pembuatan Cetakan**

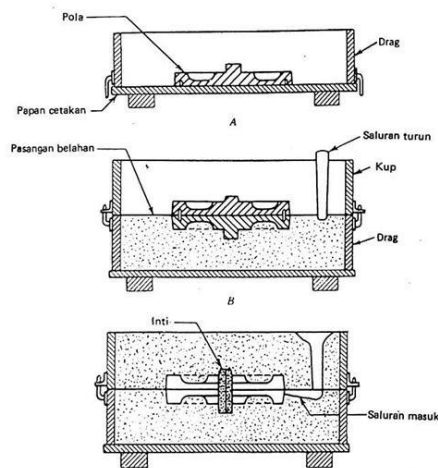
- a. Cetakan diklasifikasikan berdasarkan bahan yang digunakan:
  1. *Cetakan pasir basah (green-sand molds)*
  2. *Cetakan kulit kering (Skin dried mold)*
  3. *Cetakan pasir kering (Dry-sand molds)*
- b. Cetakan dibuat dari pasir yang kasar dengan bahan pengikat
  1. *Cetakan lempung (Loan molds)*
  2. *Cetakan furan (Furan molds)*
  3. *Cetakan CO<sub>2</sub>*
  4. *Cetakan logam* Cetakan logam terutama digunakan pada proses cetak-  
tekan (*die casting*) logam dengan suhu cair rendah.
  5. *Cetakan khusus* Cetakan khusus dapat dibuat dari plastic, kertas, kayu  
semen, plaster, atau karet.

Proses pembuatan cetakan yang dilakukan di pabrik-pabrik pengecoran dapat di kelompokkan sebagai berikut:

- a. Pembuatan cetakan di meja (*Bench molding*) Dilakukan untuk benda cor yang kecil.
- b. Pembuatan cetakan di lantai (*Floor molding*) Dilakukan untuk benda cor berukuran sedang atau besar
- c. Pembuatan cetakan sumuran (*pit molding*)
- d. Pembuatan cetakan dengan mesin (*machine molding*)

### Pembuatan Cetakan

Sebagai contoh akan diuraikan pembuatan roda gigi seperti pada Gambar 2.2 di bawah ini. Cetakan dibuat dalam rangka cetak (flak) yang terdiri dari dua bagian, bagian atas disebut kup dan bagian bawah disebut *Drag*. Pak kotak cetak yang terdiri dari tiga bagian, bagian tengahnya disebut *cheek*. Kedua bagian kotak cetakan disatukan pada tempat tertentu dengan lubang dan pin.



Gambar 5.2. Prosedur pembuatan cetakan pasir. A, Belahan pola diletakkan di atas papan cetakan, drag siap untuk diisi pasir; B, Drag telah dibalik dan pemasangan belahan pola diletakkan di atasnya. Kup siap untuk diisi pasir; C, Cetakan telah siap pakai lengkap dengan inti-kering di tempatnya.

Gambar 2.2 Prosedur pembuatan cetakan

### 2.2.12 Pengecoran Dengan Pasir Cetak CO<sub>2</sub> Proses

Pasir ini juga disebut cetakan pasir kering dikarenakan kadar air yang sedikit yang terdapat dalam cetakan tersebut. Pasir cetak CO<sub>2</sub> proses adalah suatu pembuatan pasir cetak dengan cara menghembuskan gas CO<sub>2</sub> pada suatu pasir dengan komposisi-komposisi tertentu. Proses pembuatan cetakan seperti ini mudah dan tidak memerlukan pengeringan untuk mengeraskannya.

Pasir yang digunakan dalam proses ini adalah pasir silika yang mempunyai kadar lempung rendah. Bahan-bahan tambahan meliputi air kaca (*water glass*) dan gas CO<sub>2</sub>. Keduanya merupakan reaktan dalam proses pengerasan dan dapat dicampur dengan gula tetes. Gula tetes adalah salah satu zat organik sampingan dari proses pembuatan gula, untuk mempermudah pembongkaran cetakan. Komposisi-komposisi dalam pembuatan pasir CO<sub>2</sub> proses sebagai berikut :

- a. Pasir silika ±90 %
- b. Air kaca/*water glass* 3-6% dengan syarat air kaca yang dipakai harus mempunyai perbandingan molekul SiO<sub>2</sub> dan Na<sub>2</sub>O >2,5% dan air yang bebas dibawah 50% serta mempunyai visikositas rendah.

Cara pembuatan pasir CO<sub>2</sub> proses yaitu campurkan pasir silika dan air kaca/*water glass* dan campuran diisolasi dari udara luar dalam suatu bejana. Masukkan olahan pasir tadi pada cetakan, padatkan pasir tersebut dengan tangan tanpa bantuan alat, karena pemadatan dilakukan dengan gas CO<sub>2</sub>. Reaksi kimianya adalah  $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \longrightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O} + \text{SiO}_2$ .

### 2.2.13 Pasir Cetak

Secara umum pasir cetak harus memiliki syarat-syarat yang baik sebelum dibuat cetakan agar hasil coran sempurna, diantaranya:

1. Mempunyai sifat mampu bentuk sehingga mudah dalam pembuatan cetakan dengan kekuatan yang cocok. Cetakan yang dihasilkan harus kuat sehingga tidak rusak karena proses pemindahan dan dapat menahan logam cair waktu dituang ke dalamnya. Karena itu kekuatannya pada temperatur kamar dan kekuatan panasnya sangat diperlukan.
2. Tahan panas terhadap temperatur logam yang dituang.

Tabel 2.4 Temperatur penuangan (Chijiwa, K., 1976: 109)

Macam coran	Temperatur penuangan (°C)
Paduan ringan	650 – 750
Brons	1.100 – 1.250
Kuningan	950 – 1.100
Besi cor	1.250 – 1.450
Baja cor	1.500 – 1.550

3. Permeabilitas yang cocok. Permeabilitas adalah kemampuan pasir cetak untuk melewatkan udara melalui rongga-rongga diantara butir-butir pasir.
4. Distribusi besar butir yang cocok. Jika pasir terlalu halus maka udara akan sulit keluar sehingga akan membuat cacat. Sebaiknya jika butir pasir terlalu besar maka hasil permukaan coran kurang bagus dan juga pasir sulit dicetak.
5. Komposisi yang cocok. Butir pasir bersentuhan dengan logam cair yang akan dituang akan mengalami reaksi kimia dan fisika yang mungkin akan

menghasilkan gas yang tidak dikehendaki karena logam cair yang dituang mempunyai temperatur yang tinggi.

6. Pengerasan cetakan tidak boleh terlalu cepat dan tidak boleh terlalu lambat.
7. Mempunyai partikel yang halus agar permukaannya licin.
8. Mempunyai sifat pelepasan panas yang baik, untuk mengimbangi penyusutan logam cair pada waktu terjadi pendinginan.
9. Mempunyai konsistensi yang baik untuk beradaptasi dengan lilin atau malam.

Pasir cetak dengan tanah lempung atau bentonit sebagai pengikat menunjukkan berbagai sifat sesuai dengan kadar air. Karena itu kadar air adalah faktor sangat penting untuk pasir cetak, sehingga pengaturan kadar air adalah sangat penting dalam pembuatan pasir cetak.

Dengan kelebihan kadar air, kekuatan dan permeabilitas akan menurun karena ruangan antara butir-butir pasir ditempati oleh lempung yang terlalu basah. Air yang tidak cukup akan menurunkan kekuatan karena kurang lekatnya lempung. Selanjutnya tanah lempung yang berbutir menempati ruangan antara butir-butir pasir dan menurunkan permeabilitas.

#### **2.2.14 Klasifikasi Pengecoran**

Klasifikasi pengecoran berdasarkan umur dari cetakan, ada pengecoran dengan cetakan *nonpermanent*/cetakan sekali pakai yang terbuat dari bahan pasir (*expendable mold*) dan ada pengecoran dengan cetakan permanen atau cetakan yang dipakai berulang-ulang kali yang biasanya dibuat dari logam (*permanent mold*) yang memiliki kegunaan dan keuntungan yang berbeda. Cetakan *investment*

termasuk dalam *expendable mold*. Karena hanya bisa digunakan satu kali pengecoran saja, setelah itu cetakan dirusak saat pengambilan benda coran.

Pada tugas akhir ini untuk pembahasan dalam tinjauan pustaka penulis lebih fokus pada analisa serta pemeriksaan hasil yang terjadi pada hasil coran.

### **2.2.15 Cetakan Coran**

Kebanyakan cetakan yang dipergunakan dengan menggunakan cetakan pasir. Pada saat ini pembuatan cetakan secara mekanis telah berkembang berkat kemajuan teknologi. Meskipun pembuatan cetakan mekanis telah berkembang pesat namun proses pengecoran dengan cetakan pasir masih menjadi andalan industri pengecoran terutama industri-industri kecil.

### **2.2.16 Bagian Utama Cetakan**

#### **1. *Cavity* (Rongga Cetakan)**

Merupakan rongga pada pasir cetak tempat logam cair yang dituangkan ke dalam cetakan. Bentuk rongga ini sama dengan benda kerja yang akan dicor. Rongga cetakan dibuat dengan menggunakan pola.

#### **2. *Core* (inti)**

Fungsinya untuk membuat rongga pada benda coran. Inti dibuat terpisah dengan cetakan dan ditempatkan pada saat cetakan akan digunakan. Bahan ini harus tahan terhadap temperatur cair logam paling kurang bahannya dari pasir.

#### **3. *Gating System* (*System Saluran Masuk*)**

Merupakan saluran masuk ke rongga cetakan dari saluran turun. *Gating system* suatu cetakan dapat lebih dari satu, tergantung dengan ukuran rongga cetakan yang akan diisi oleh logam cair.

#### 4. *Sprue* (Saluran Turun)

Merupakan saluran masuk dari luar dengan posisi vertikal. Saluran ini juga dapat lebih dari satu.

#### 5. *Pouring Basin*

Merupakan lekukan pada cetakan yang fungsi utamanya adalah untuk mengurangi kecepatan logam cair masuk langsung dari *ladle* ke *sprue*.

#### 6. *Riser* (Penambah)

Merupakan cadangan logam cair yang berguna dalam mengisi kembali rongga cetakan bila terjadi penyusutan akibat solidifikasi.

### **2.2.17 Cetakan Yang Digunakan**

#### 1. Cetakan Pasir Basah (*Green-Sand Molds*)

Cetakan ini merupakan yang banyak digunakan karena dikenal murah. Dan yang dimaksud pasir basah ini karena pasir yang digunakan masih mengandung air saat logam cair dituangkan di cetakan tersebut. Urutan cetakannya berdasarkan di bawah adalah sebagai berikut:

- a. Pola diletakkan di atas pasir yang telah rata pada *Drag*. Kemudian ditimbun pola dengan pasir hingga *Drag* terisi penuh.
- b. Pasang kup, kemudian masukkan pasir dan tumbuk perlahan hingga pasir padat.
- c. Cetakan telah siap pakai, lengkap saluran yang telah terpasang keunggulan dari cetakan pasir basah yaitu sebagai berikut:
- d. Memiliki sifat runtuh yang baik.



- e. Pasir dapat dipakai lagi dan tidak perlu diganti.
- f. Permeabilitas yang baik.
- g. Murah.

Adapun kelemahan dari cetakan pasir basah yaitu dapat mengakibatkan cacat untuk coran dan bentuk tertentu jika kadar air terlalu banyak.

### **2.2.18 Piston**

piston adalah suatu alat dinamis yang terpasang di dalam silinder dimana fungsinya sebagai pelaksana kerja sebuah motor. berfungsi untuk menerima tekanan hasil pembakaran campuran gas dan meneruskan tekanan untuk memutar poros engkol (*crank shaft*) melalui batang piston (*connecting rod*).

#### **1. Konstruksi**

Piston bergerak naik turun terus menerus di dalam silinder untuk melakukan langkah hisap, kompresi, pembakaran dan pembuangan. Oleh sebab itu piston harus tahan terhadap tekanan tinggi, suhu tinggi, dan putaran yang tinggi. Piston dibuat dari bahan paduan aluminium, besi tuang, dan keramik.

Pada umumnya piston dari bahan aluminium paling banyak digunakan, selain lebih ringan, radiasi panasnya juga lebih efisien dibandingkan dengan material lainnya.

Bentuk kepala piston ada yang rata, cembung, dan ada juga yang cekung tergantung dari kebutuhannya. Tiap piston biasanya dilengkapi dengan alur-alur untuk penempatan ring piston atau pegas piston dan lubang untuk pemasangan pena piston.

Bagian atas piston akan menerima kalor yang lebih besar dari pada bagian bawahnya saat bekerja. Oleh sebab itu pemuaian pada bagian atas juga akan lebih besar dari pada bagian bawahnya, terutama untuk piston yang terbuat dari aluminium. Agar diameter piston sama besar antara bagian atas dengan bagian bawahnya pada saat bekerja, maka diameter atasnya dibuat lebih kecil dibanding dengan diameter bagian bawahnya, bila diukur pada saat piston dalam keadaan dingin.

## 2. Celah Piston

Celah piston (celah antara piston dengan dinding silinder) penting sekali untuk memperbaiki fungsi mesin dan mendapatkan kemampuan mesin yang lebih baik. Bila celah terlalu besar, tekanan kompresi dan tekanan gas pembakarannya menjadi rendah, dan akan menurunkan kemampuan mesin. Sebaliknya bila celah terlalu kecil, maka akibat pemuaian pada piston menyebabkan tidak akan ada celah antara piston dengan silinder ketika mesin panas. Hal ini menyebabkan piston akan menekan dinding silinder dan dapat merusak mesin. Untuk mencegah hal ini pada mesin, maka harus ada celah yaitu jarak antara piston dengan dinding silinder yang disediakan untuk temperatur ruang lebih kurang 25°C. Celah piston bervariasi tergantung pada model mesinnya dan umumnya antara 0,02 mm—0,12 mm.

### 2.2.19 Pasir Silika

Silika adalah senyawa kimia dengan rumus molekul  $\text{SiO}_2$  (*silicon dioksida*) yang dapat diperoleh dari silika mineral, nabati dan sintesis kristal. Silika mineral adalah senyawa yang banyak ditemui dalam bahan tambang/galian yang berupa

mineral seperti pasir kuarsa, granit, dan feldspar yang mengandung kristal-kristal silika ( $SiO_2$ ) (Bragmann and Goncalves, 2006; Della *et al*, 2002). Selain terbentuk secara alami, silika dengan struktur kristal tridimit dapat diperoleh dengan cara memanaskan pasir kuarsa pada temperatur  $870^\circ C$  dan bila pemanasan dilakukan pada temperatur  $1470^\circ C$  dapat diperoleh silika dengan struktur kristobalit (Cotton and Wilkinson, 1989). Silika juga dapat dibentuk dengan mereaksikan silikon dengan oksigen atau udara pada suhu tinggi. (Iler, 1979)

Tabel 2.5 Karakteristik silika amorf (Iler, 1979)

Nama lain	Silicon Dioksida
Rumus Molekul	$SiO_2$
Berat Jenis ( $g/cm^3$ )	2.6
Bentuk	Padat
Daya larut dalam air	Tidak larut
Titik cair ( $^\circ C$ )	1610
Titik didih ( $^\circ C$ )	2230
Kekerasan ( $Kg/mm^2$ )	650
Kekuatan tekuk (Mpa)	70
Kekuatan tarik (Mpa)	110
Modulus elastisitas (Gpa)	73-75
Resistivitas ( $\Omega m$ )	$>10^{14}$
Koordinasi geometri	Tetrahedral
Struktur Kristal	Kristobalit, Tridimit, Kuarsa

### 2.2.20 Pengujian Micro Struktur

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 strukturmikro, yaitu:

#### 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 ketidakteraturan 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:

#### a. 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.

b. *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.

4. 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.

5. Etsa (*etching*).

*Etching* digunakan dalam *metallography* untuk memperlihatkan mikrostruktur dari specimen dengan menggunakan mikroskop. Specimen yang akan di *etching* harus di *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-metallik 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*)

#### 6. 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.

#### 7. 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

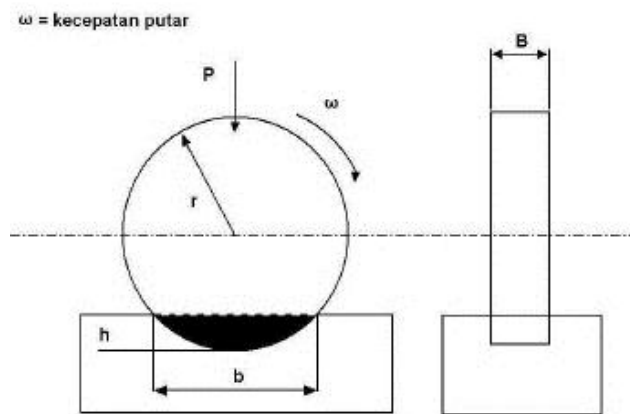


50, 100, 200, 400 dan 1000 kali lebih besar dari benda uji. Gambar 2.8. menunjukkan gambar mikroskop.

### **2.2.21 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 kerjanya. 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

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: (Sumber: Torsee, 1963)

$$WS = \frac{B \cdot b o^3}{8 \cdot r \cdot l o \cdot P o}$$

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

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

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. Di bawah 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 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, seperti diperlihatkan pada Gambar 3 di bawah ini. Tingkat keausan pada mekanisme ini ditentukan oleh derajat kebebasan (*degree of freedom*) partikel keras atau *asperity* tersebut.

Sebagai contoh partikel pasir silika 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.

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

1. Material hardness
2. Kondisi struktur mikro
3. Ukuran abrasif
4. Bentuk

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

- a. *Scratching*
- b. *Scoring*
- c. *Gouging*

### 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.