

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Pengecoran Logam**

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

Pengecoran logam dapat dilakukan untuk bermacam-macam logam seperti, besi, baja paduan tembaga (perunggu, kuningan, perunggu alumunium dan lain sebagainya), paduan ringan (paduan alumunium, paduan magnesium, dan sebagainya), serta paduan lain, semisal paduan seng, monel (paduan nikel dengan sedikit tembaga), *hasteloy* (paduan yang mengandung *molibdenum*, *khrom*, dan silikon), dan sebagainya.

Untuk membuat coran harus melalui proses pembuatan model pencairan logam, penuangan cairan logam ke model, membongkar, membersihkan dan memeriksa coran. Pencairan logam dapat dilakukan dengan bermacam-macam cara, misal dengan tanur induksi, kupola, atau lainnya. Cetakan biasanya dibuat dengan memadatkan pasir yang diperoleh dari alam atau pasir buatan yang mengandung tanah lempung. Cetakan pasir mudah dibuat dan tidak mahal. Cetakan dapat juga terbuat dari logam, biasanya besi dan digunakan untuk mengecor logam-logam yang titik leburnya di bawah titik lebur besi.

Pada pengecoran logam, dibutuhkan pola yang merupakan tiruan dari benda yang hendak dibuat dengan pengecoran. Pola dapat terbuat dari logam, kayu, stereofoam, lilin, dan sebagainya. Pola mempunyai ukuran sedikit lebih besar dari ukuran benda yang akan dibuat dengan maksud untuk mengantisipasi penyusutan selama pendinginan dan pengerjaan

*finishing* setelah pengecoran. Selain itu, pada pola juga dibuat kemiringan pada sisinya supaya memudahkan pengangkatan pola dari pasir cetak.

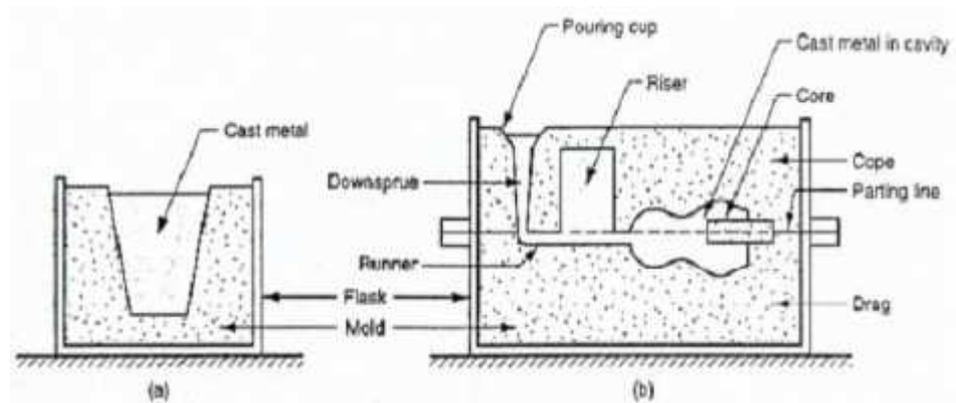
Cetakan adalah rongga atau ruang di dalam pasir cetak yang akan diisi dengan logam cair. Pembuatan cetakan dari pasir cetak dilakukan pada sebuah rangka cetak. Cetakan terdiri dari kup dan drag. Kup adalah cetakan yang terletak di atas, cetakan yang terletak di bawah. Hal yang perlu diperhatikan pada kup dan drag adalah penentuan permukaan pisah yang tepat.

Rangka cetak yang dapat terbuat dari kayu ataupun logam adalah tempat untuk memadatkan pasir cetak yang sebelumnya telah diletakkan pola di dalamnya. Pada proses pengecoran dibutuhkan dua buah rangka cetak yaitu rangka cetak untuk kup dan rangka cetak untuk drag. Proses pembuatan cetakan dari pasir dengan tangan.

## **2.2 Proses Pengecoran**

Ada beberapa tahapan pada proses pengecoran sebagai berikut :

- Pembuatan cetakan
- Persiapan dan peleburan logam
- Penuangan logam cair ke dalam cetakan :
  - a) Untuk cetakan terbuka (lihat gambar 2.1.a) logam cair hanya dituang hingga memenuhi rongga yang terbuka
  - b) Untuk cetakan tertutup (lihat gambar 2.1.b) logam cair dituang hingga memenuhi sistem saluran masuk :



**Gambar 2.1 Dua macam bentuk cetakan (a) cetakan terbuka, (b) cetakan tertutup**

- Setelah dingin benda cor dilepaskan dari cetakannya
- Untuk beberapa metode pengecoran diperlukan proses pengerjaan lanjut :
  - a. Memotong logam yang berlebihan
  - b. Membersihkan permukaan
  - c. Memeriksa produk cor
  - d. Memperbaiki sifat mekanik dengan perlakuan panas (*heat treatment*),
  - e. Menyesuaikan ukuran dengan proses pemesinan.

## 2.3 Cetakan Logam

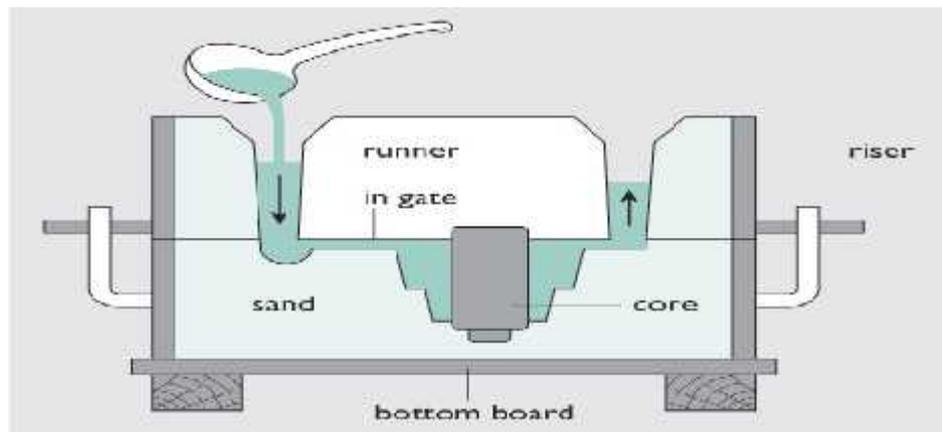
Cetakan Logam adalah sebuah media pembentuk logam di dalam proses pengecoran logam.

### 2.3.1 Bagian-Bagian Cetakan Logam

Secara umum cetakan harus memiliki bagian-bagian utama sebagai berikut:

- *Cavity* (rongga cetakan), merupakan ruangan tempat logam cair yang dituangkan kedalam cetakan. Bentuk rongga ini sama dengan benda kerja yang akan dicor. Rongga cetakan dibuat dengan menggunakan pola.
- *Core* (inti), fungsinya adalah membuat rongga pada benda coran. Inti dibuat terpisah dengan cetakan dan dirakit pada saat cetakan akan digunakan.

- *Gating* sistem (sistem saluran masuk), merupakan saluran masuk kerangka cetakan dari saluran turun.
- *Sprue* (Saluran turun), merupakan saluran masuk dari luar dengan posisi vertikal. Saluran ini juga dapat lebih dari satu, tergantung kecepatan penuangan yang diinginkan.
- *Pouring basin*, merupakan lekukan pada cetakan yang fungsi utamanya adalah untuk mengurangi kecepatan logam cair masuk langsung dari *ladle* ke *sprue*. Kecepatan aliran logam yang tinggi dapat terjadi erosi pada *sprue* dan terbawanya kotoran-kotoran logam cair yang berasal dari tungku kerangka cetakan.
- *Raiser* (penambah), merupakan cadangan logam cair yang berguna dalam mengisi kembali ruangan cetakan.



**Gambar 2.2 Bagian-bagian Cetakan Logam**

### 2.3.2 Bahan-Bahan Cetakan

Ada beberapa jenis bahan yang biasanya digunakan untuk bahan cetakan, hal ini tergantung atas benda produksi yang akan dicetak, jenis dari bahan – bahan cetakan yang dimaksud adalah :

- Pasir
- Keramik
- Plaster
- Logam.

Dalam pembuatan cetakan plakat ampera ada beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain :

- Rongga cetakan harus dirancang lebih besar daripada produk cor yang akan dibuat, untuk mengimbangi penyusutan logam.
- Setiap logam memiliki koefisien susut yang berbeda (dalam merancang suatu cetakan biasanya digunakan mistar susut).

### 2.3.3 Jenis–Jenis Cetakan :

- Cetakan Tidak Permanen (*Expendable Mold*)

Cetakan tidak permanen (*Expendable mold*) hanya dapat digunakan satu kali saja. Contoh : Cetakan pasir (*sand casting*), cetakan kulit (*shell mold casting*), dan cetakan presisi (*precisian casting*).

- Cetakan Permanent (*Permanent Mold*)

- Cetakan permanen (*permanent mold*) dapat digunakan berulang ulang (biasanya dibuat dari logam). *Permanent mold casting* adalah pembuatan logam dengan cetakan dipadukan dengan tekanan hidrostastik. Cara ini tidak praktis untuk pengecoran yang berukuran besar dan ketika menggunakan logam dengan titik didih tinggi. Logam bukan baja seperti alumunium, seng, timah, magnesium, perunggu bila dibuat dengan cara ini hasilnya baik.

Cetakan ini terdiri atas dua atau lebih bagian yang digabung dengan sekrup, klam, plat atau alat lain yang dapat dilepas setelah produk mengeras. Pada umumnya, *permanent molds* dibuat dari *close-grain* dan dijepit satu sama lain. Cetakan ini biasanya dilapisi dengan bahan perekat tahan panas (*heatresistingwet mixture*) dan jelaga yang akan menjaga cetakan agar tidak lengket dan mengurangi efek dingin pada logam.

Setelah cetakan disiapkan, kemudian ditutup dan seluruh bagian inti atau bagian yang bebas dikunci ditempat. Kedua biji besi dan biji baja dapat digunakan dalam cetakan jenis ini. Untuk mengantisipasi suhu logam

dilakukan dengan menuangkan air kedalam cetakan melalui pintu yang terbuka. Setelah hasil cetakan cukup dingin, bagian yang bebas ditarik dan cetakan dibuka dan hasil cetakan diangkat. Cetakan tersebut kemudian dibersihkan dan susun kembali bagian-bagian cetakan, cetakan pun siap dituangi lagi (digunakan lagi).

Alat ini sebagian besar digunakan untuk mencetak piston dan bagian-bagian mesin kendaraan, mesin disel dan mesin kapal. Penerapan lainnya banyak ditemukan di industri yang membuat beberapa materi seperti gear pada mesin cuci, bagian-bagian pada vacuum cleaner, tutup kipas angin, bagian untuk alat-alat portable, perlengkapan lampu luar ruangan, dan lain-lain.

*Permanent mold casting* mempunyai hasil akhir permukaan yang bagus dan detail yang tajam. Diperoleh keseragaman hasil dengan berat 1 ons sampai 50 pound. Toleransinya berkisar dari 0.0025 inchi sampai 0.010 inchi.

*Permanent mold casting* termasuk otomatis, sehingga dapat diperoleh produk yang cukup banyak.

Contoh *Permanent Mold* :

- *gravity permanent mold casting*
- *pressure die casting*
- *centrifugal die casting*

## **2.4 Keuntungan Dan Kerugian Pembentukan Dengan Pengecoran**

### **2.4.1 Keuntungan pembentukan dengan pengecoran :**

- Dapat mencetak bentuk kompleks, baik bentuk bagian luar maupun bentuk bagian dalam
- Beberapa proses dapat membuat bagian (*part*) dalam bentuk jaringan
- Dapat mencetak produk yang sangat besar, lebih berat dari 100 ton
- Dapat digunakan untuk berbagai macam logam
- Beberapa metode pencetakan sangat sesuai untuk keperluan produksi Massal

### 2.4.2 Kerugian Pembentukan Dengan Pengecoran

Setiap metode pengecoran memiliki kelemahan sendiri-sendiri, tetapi secara umum dapat disebutkan sebagai berikut :

- Keterbatasan sifat mekanik
- Sering terjadi porositas
- Dimensi benda cetak kurang akurat
- Permukaan benda cetak kurang halus
- Bahaya pada saat penuangan logam panas
- Masalah lingkungan

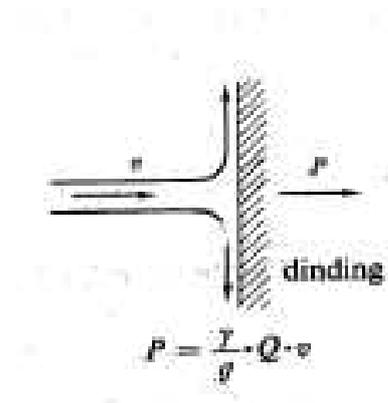
### 2.5 Pencairan Logam

Logam dapat dicairkan dengan jalan memanaskan hingga mencapai *temperature* 1300°C. Berat jenis logam cair besi cor 6,8 gr/cm<sup>3</sup> sampai 7,0 gr/cm<sup>3</sup>, paduan aluminium (2,2–2,3) gr/cm<sup>3</sup>, paduan timah (6,6–6,8) gr/cm<sup>3</sup>. Karena berat jenis logam tinggi maka aliran logam memiliki kelembaman dan gaya tumbuk yang besar.

Kekentalan logam tergantung temperaturnya, semakin tinggi *temperature* kekentalannya semakin rendah. Berikut daftar kekentalan berbagai macam logam.

Bahan	Titik Cair (°C)	Berat jenis (g/cm <sup>3</sup> )	Koefisien Kekentalan (g/cm.detik)	Koefisien Kekentalan Kinematik ( $\frac{cm^2}{detik}$ )	Tegangan Permukaan (dine/cm)	Tegangan Permukaan Berat Jenis
Besi Cor	1170	6.9	0.016	0.0023	1150	167
Besi	1537	7.13	0.000	0.00560	970	136
Timbal	327	10.55	0.01650	0.00156	450	42.6
Seng	420	6.21	0.03160	0.00508	750	120
Aluminium	660	2.35	0.0055	0.00234	520	220
Tembaga	1033	7.84	0.0310	0.00395	581	74

**Tabel 2.1. Koefisien kekentalan dan tegangan permukaan logam cair**



**Gambat 2.3. Gaya tumbukan cairan pada dinding**

Dimana :

$P$  = gaya tumbuk, (N/mm<sup>2</sup>)

$Q$  = laju aliran, (m<sup>3</sup>/s)

$v$  = kecepatan aliran, (m/s)

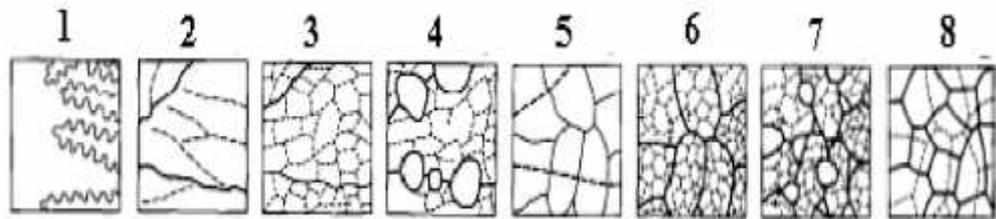
= berat jenis cairan, dan (N/m<sup>3</sup>)

$g$  = percepatan gravitasi bumi. (m/s<sup>2</sup>)

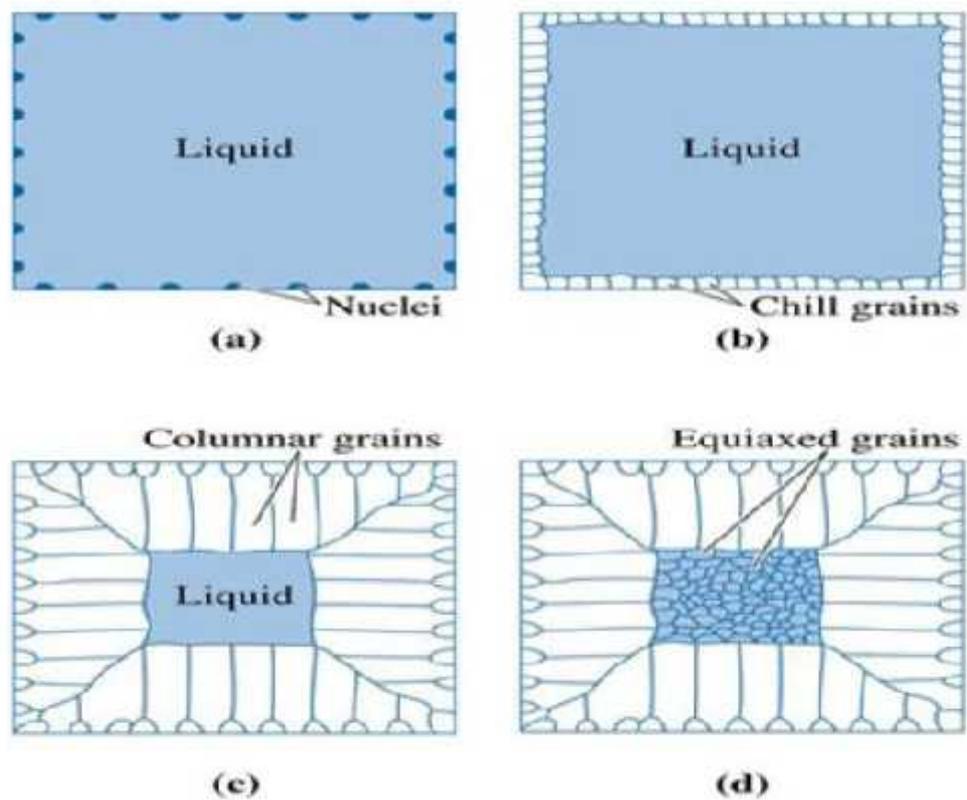
Logam cair cenderung membuat tetesan bulat, sehingga menyebabkan timbulnya gaya penahan untuk penetrasi kedinding cetakan.

## 2.6 Pembekuan Logam

Proses pembekuan logam cair dimulai dari bagian logam cair yang bersentuhan dengan dinding cetakan, yaitu ketika panas dari logam cair diambil oleh cetakan sehingga bagian logam yang bersentuhan dengan cetakan itu mendingin sampai titik beku. Selama proses pembekuan berlangsung, inti-inti kristal tumbuh. Bagian dalam coran mendingin lebih lambat daripada bagian luarnya sehingga kristal-kristal tumbuh dari inti asal mengarah ke bagian dalam coran dan butir-butir kristal tersebut berbentuk panjang-panjang seperti kolom. Struktur ini muncul dengan jelas apabila *gradien temperature* yang besar terjadi pada permukaan coran besar. Akibat adanya perbedaan kecepatan pembekuan, terbentuklah arah pembekuan yang disebut *dendritik*. Proses pembekuan logam cair diilustrasikan sebagaimana pada gambar berikut :



**Gambar 2.4. Proses Pembekuan Logam Cair**

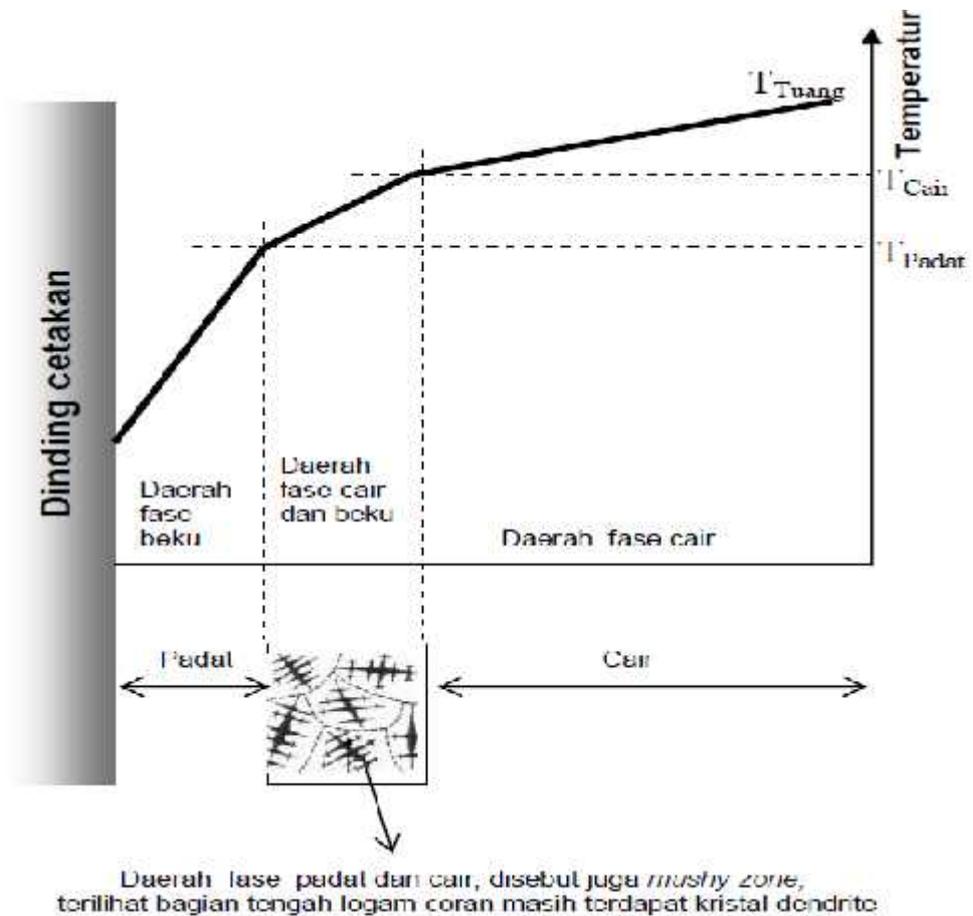


**Gambar 2.5. Pembekuan logam coran dalam cetakan**

Permukaan logam hasil coran yang halus merupakan efek dari logam yang mempunyai daerah beku yang sempit, sedangkan permukaan logam hasil cor yang kasar merupakan efek dari logam yang mempunyai daerah beku yang lebar. Cetakan logam akan menghasilkan hasil coran dengan permukaan yang lebih halus dibandingkan dengan cetakan pasir. Aluminium murni membeku pada temperatur tetap, tetapi panas pembekuan yang

dibebaskan pada waktu membeku begitu besar sehingga permukaan bagian dalam menjadi kasar apabila dicor pada cetakan pasir, sedangkan pada baja karbon dengan kadar karbon rendah mempunyai daerah beku yang sempit.

Logam yang dicairkan akan mengalami pembekuan atau mengeras di dalam cetakan atau terjadi *solidifikasi*. Cepat atau lambatnya terjadinya *solidifikasi* dipengaruhi oleh sifat-sifat termal logam tersebut dan bahan cetakan, volume dan luas permukaan bidang kontak logam-dinding cetakan serta bentuk pola. Selain itu, ukuran, bentuk dan komposisi kimia logam yang di cor berpengaruh juga pada proses *solidifikasi*. Proses *solidifikasi* logam cair di dalam cetakan ditunjukkan pada Gambar 2.6



**Gambar 2.6 Skema Solidifikasi Logam Cair Di Dalam Cetakan**

Daerah *mushy* atau daerah yang mengalami dua fase sekaligus yakni padat dan cair memiliki lebar rentang perbedaan temperatur atau disebut rentang beku/*freezing range* sebagai berikut.

$$\text{Freezing range} = T_{\text{cair}} - T_{\text{padat}}$$

Untuk logam murni memiliki nilai *freezing range* mendekati harga nol sedangkan untuk logam paduan berkisar antara 50 °C-110 °C. Semakin besar perbedaan temperatur *freezing range* maka semakin lebar daerah *mushy* yang berdampak pada laju proses *solidifikasi* akhir lebih lama. Selama proses *solidifikasi* logam coran akan mengalami *shrinkage*/penyusutan yang harus bisa dicegah dengan mengontrol aliran logam cair dan desain cetakan yang baik. Sedangkan waktu *solidifikasi* coran dihitung menggunakan aturan *Chvorinov* sebagai berikut :

$$\text{Waktu solidifikasi} = C \left( \frac{V}{A^2} \right)$$

Dimana: C = Konstanta yang Merefleksikan Bahan Logam Coran dan Temperatur.

v = Kecepatan Aliran Cairan Logam (m/s)

A<sup>1</sup> = Luas Daerah Penampang (m)

A<sup>2</sup> = Luas Daerah Penampang (m)

Persamaan diatas menjelaskan bahwa ukuran coran yang besar akan lebih lambat terjadi *solidifikasi* dibandingkan dengan benda coran ukuran kecil.

## 2.7 Aliran Logam Cair Dan *Shrinkage*

Aliran logam cair termasuk kelompok aliran *inkompresibel* (seperti air).

Karakteristik logam cair dapat dirincikan sebagai berikut :

- *Solidifikasi*. Perilaku *solidifikasi* yang semakin singkat menandakan fluiditas semakin tinggi, terutama pada logam murni. Sedangkan pada logam paduan yang mengalami *solidifikasi* lama maka fluiditasnya rendah. hkbjk.
- *Viskositas/kekentalan*. Semakin tinggi kekentalan semakin rendah fluiditas logam cair. Kekentalan juga sangat dipengaruhi oleh temperatur.

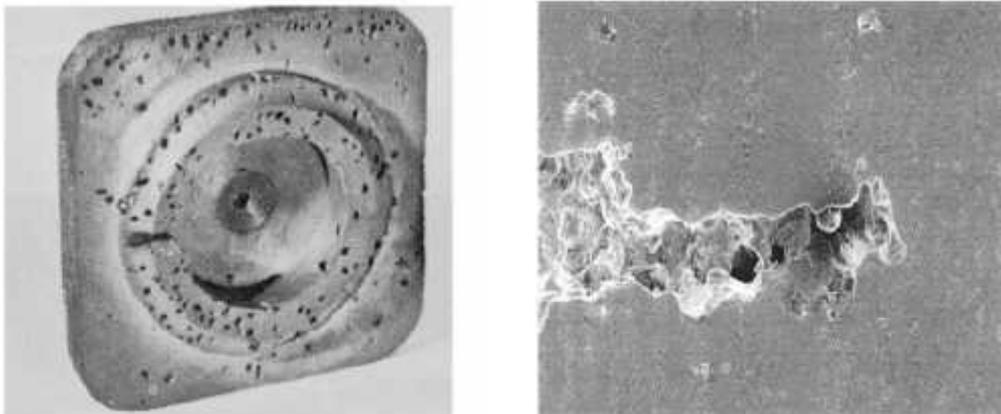
- Tegangan permukaan. Semakin tinggi tegangan permukaan semakin menurun fluiditas logam cair. Lapisan oksida film yang muncul pada permukaan logam cair menurunkan fluiditasnya.
- *Inklusi*/partikel. Inklusi adalah partikel asing yang tidak larut dalam logam cair.

## 2.8 Cacat Hasil Pengecoran

Cacat hasil coran telah diberi nama dan dikategorikan dalam tujuh kelompok jenis cacat oleh *International Committee of Foundry Technical Associations/ICFTA*. Tujuh kategori jenis cacat coran adalah:

- *Metallic projections*.
- Caviti
- *Diskontinuitas*
- Permukaan *defective*.
- Coran *incomplete*.
- Ukuran/bentuk tidak tepat.
- *Inclusions*.

Hasil coran sering terlihat sempurna secara makro tetapi kenyataannya muncul cacat-cacat terutama jenis kaviti dan cacat permukaan serta inklusi gas. contoh cacat coran yang sering terjadi dapat dilihat pada gambar 2.10.



**Gambar 2.7 Cacat coran kaviti dan inklusi**

## 2.9 Alumunium

Alumunium ialah unsur melimpah ketiga terbanyak dalam kerak bumi (sesudah oksigen dan silicon), mencapai 8,2 % dari massa total. Bijih yang paling penting untuk produksi alumunium ialah bauksit, yaitu alumunium oksida terhidrasi yang mengandung 50 sampai 60 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 1 sampai 20 %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 1 sampai 10 % silikat sedikit sekali titanium, zirconium, vanadium, dan oksida logam transisi yang lain, dan sisanya 20 sampai 30 % adalah air.

### 2.9.1 Unsur-Unsur Alumunium

Bauksit dimurnikan melalui *proses Bayer*, yang mengambil manfaat dari fakta bahwa oksida alumina amfoter larut dalam basa kuat tetapi besi (III) oksida tidak. Bauksit mentah dilarutkan dalam natrium hidroksida

$$\text{Al}_2\text{O}_3 (\text{s}) + 2 \text{OH} (\text{aq}) + 3 \text{H}_2\text{O} (\text{l}) \rightarrow 2 \text{Al}(\text{OH})_4 (\text{aq})$$

Dan dipisahkan dari besi oksida terhidrasi serta zat asing tak larut lainnya dengan penyaringan (Oxtoby, 2003). Logam alumunium mempunyai rumus kimia sebagai berikut :

Item	Kualifikasi
Nomor Atom	13
Nomor Massa	26,9815
Bentuk Kristal (25° C)	Kubus Pusat Muka
<i>Density</i>	2,699g/cm <sup>3</sup>
Struktur Atom Terluar	3S23P1
Titik Leleh (1 atm)	660,1° C
Titik Didih (1 atm)	2327° C
Panas Peleburan	94,6 kal/g
Panas Jenis	0,280 kal/g°C

**Tabel 2.2 Sifat-sifat Fisik dan Kimia dari *alumunium***

Al, mempunyai berat jenis (2,6 – 2,7) gr/cm<sup>3</sup> dengan titik cair sebesar 659 °C. Alumunium adalah logam lunak, dan lebih keras dari pada timah putih, tetapi lebih lunak dari pada seng. Warna dari alumunium adalah putih kebiru-biruan.

Alumunium dapat dihasilkan melalui proses elektrolisis. Proses elektrolisis yang dikembangkan untuk produksi industrial adalah proses elektrolisis *Hall-Heroult*. Proses tersebut merupakan elektrolisis larutan alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) di dalam lelehan kriolit (Na<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub>) pada *temperature* 960 °C sehingga dihasilkan alumunium cair.

### 2.9.2 Sifat–Sifat Alumunium

Sifat-sifat penting yang dimiliki alumunium sehingga banyak digunakan sebagai material teknik:

- Berat jenisnya ringan (hanya 2,7 gr/cm<sup>3</sup>, sedangkan besi ± 8,1 gr/ cm<sup>3</sup>)
- Tahan korosi
- Penghantar listrik dan panas yang baik
- Mudah di fabrikasi/di bentuk
- Kekuatannya rendah tetapi pepaduan (*alloying*) kekuatannya bisa

Ditingkatkan

Sifat tahan korosi dari alumunium diperoleh karena terbentuknya lapisan alumunium oksida (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) pada permukaan alumunium. Lapisan ini membuat Al tahan korosi tetapi sekaligus sukar dilas, karena perbedaan melting point (titik lebur). Alumunium umumnya melebur pada temperature ± 600 derajat C dan alumunium oksida melebur pada temperature 2000 °C.

Kekuatan dan kekerasan alumunium tidak begitu tinggi dengan pepaduan dan *heat treatment* dapat ditingkatkan kekuatan dan kekerasannya. Alumunium komersil selalu mengandung ketidak murnian ± 0,8% biasanya berupa besi, *silicon*, tembaga dan magnesium. Sifat lain yang mnguntungkan dari alumunium adalah sangat mudah difabrikasi, dapat dituang (dicor) dengan cara penuangan apapun. Dapat *deforming* dengan

cara: *rolling, drawing, forging, extrusi* dan lain-lain. Menjadi bentuk yang rumit sekalipun.

### 2.9.3 Keberadaan dan Kegunaan Alumunium

#### - Keberadaan Alumunium

Alumunium adalah unsur yang tergolong banyak di kulit bumi. Mineral yang menjadi sumber komersial alumunium ialah bauksit. Bauksit mengandung alumunium dengan bentuk alumunium oksida ( $Al_2O_3$ ).

Alumunium terdapat di dalam penggunaan zat aditif makanan, antasida, *buffered aspirin, astringents*, semprotan hidung (*healer*), anti *perspirant*, air minum, knalpot mobil, asap tembakau, penggunaan alumunium *foil*, peralatan masak, kaleng, keramik, dan kembang api.

#### - Sifat fisis Alumunium

Alumunium adalah konduktor listrik yang baik. Merupakan konduktor yang baik juga untuk panas. Dapat ditempa menjadi lembaran, ditarik menjadi kawat dan diekstrusi menjadi batangan menjadi bermacam-macam penampang. Tahan korosi juga.

### 2.10 Kuningan

Kuningan adalah paduan antara logam tembaga (Cu) dengan seng (Zn) dengan kadar yang bervariasi antara 10% - 40%, dan semakin tinggi kadar kuningan maka akan semakin kuat seng itu, tapi bila Zn melebihi 40% seng akan mengalami penurunan kekuatan dan bila dilebur seng akan menguap membuat tembaga lebih sempurna sehingga akan menjadi lebih keras dan karena itu lebih baik untuk dikerjakan dengan mesin.

<b>Titik Standar Kuningan</b>	
<b>Komposisi Bahan</b>	<b>Titik Cair</b>
85% Cu – 15% Zn	1150-1200
70% Cu – 20% Zn	1080-1130
60% Cu – 40% Zn	1030-1080

**Tabel 2.3 Tabel Titik Lebur Kuningan**

### **2.10.1 Kegunaan Dan Keunggulan Kuningan**

Kuningan banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari misalnya, sebagai kunci, roda gigi, bantalan, gagang pintu, amunisi, katup, dan juga digunakan dalam reseleting dimana gaya gesekannya rendah.

Adapun Keunggulan Kuningan diantaranya ialah :

- 1) Logam yang tahan korosi
- 2) Alat penukar panas yang baik (biasa digunakan pada onderdil kendaraan)
- 3) Sebagai katalis yang baik (katalis merupakan suatu zat yang mempengaruhi kecepatan reaksi, tetapi tidak dikonsumsi dalam reaksi dan tidak mempengaruhi kesetimbangan kimia pada air reaksi)