

## 2. TEORI DASAR

Pengecoran adalah proses pembuatan benda kerja dari logam cair tanpa disertai tekanan pada saat logam cair mengisi rongga cetakan dan kemudian dibiarkan hingga membeku. Rongga cetakan adalah rongga yang menyerupai bentuk benda kerja. Berdasarkan sifat cairan yang mengisi ke segala ruang, proses pengecoran memiliki kemampuan untuk memproduksi bentuk yang rumit ataupun produk yang berongga (Simanjuntak et al,2000,p.1)..

Proses pengecoran berdasarkan cara logam cair masuk ke dalam rongga cetakan dibagi menjadi dua jenis, yaitu:

1) Pengecoran gravitasi (*gravity casting*)

Pengecoran gravitasi adalah pengecoran dimana logam cair yang dituangkan ke dalam saluran masuk secara gravitasi, sehingga oleh karena tekanan gravitasi cairan logam tersebut mengisi ke seluruh ruang dalam rongga cetakan.

2) Pengecoran bertekanan (*pressure casting*)

Pengecoran bertekanan adalah pengecoran dimana logam cair yang dituangkan ke dalam saluran masuk dengan bantuan tekanan dari luar.

### 2.1. Pengecoran Cetakan Pasir

Pengecoran cetakan pasir merupakan satu dari sekian banyak metode proses pengecoran yang menganut sistem gravitasi. Pengecoran ini menggunakan bahan cetakan yang terbuat dari pasir, sehingga cetakannya hanya dapat digunakan sekali saja. Pengecoran ini termasuk pengecoran cetakan sekali pakai (*expendable mold casting*).

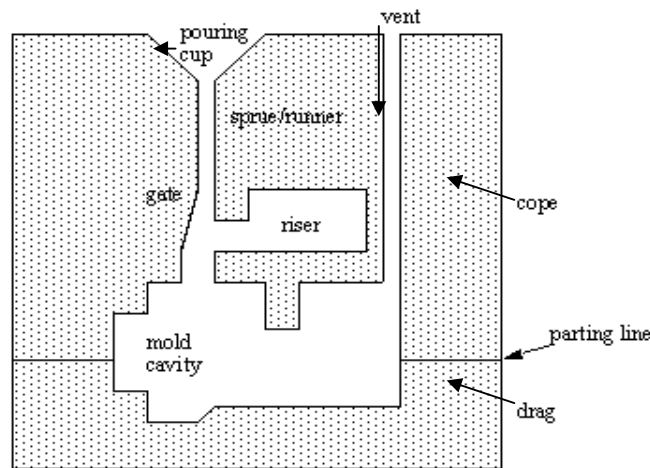
Proses pengecoran cetakan pasir memberikan fleksibilitas dan kemampuan atau kehandalan yang tinggi. Pengecoran dengan menggunakan cetakan pasir memiliki keunggulan antara lain mudah dalam pengoperasiannya, biayanya relatif lebih murah, dapat membuat benda yang rumit bentuknya, dan dapat membuat benda dengan ukuran yang besar. Logam yang dapat digunakan pada pengecoran

ini adalah besi, baja, tembaga, perunggu, kuningan, aluminium, ataupun logam paduan.

### 2.1.1.Cetakan

Cetakan biasanya dibuat dengan jalan memadatkan pasir. Kadang-kadang dicampurkan dengan pengikat khusus, seperti : air-kaca, semen, resin, furan, resin fenol atau minyak pengering. Penggunaan zat-zat tersebut dapat memperkuat cetakan atau mempermudah operasi pembuatan cetakan.

Bagian-bagian dari cetakan pasir terdiri dari *cope*, *drag*, *pouring cup*, *sprue*, *gate*, *riser*, *mold cavity*, *core*, dan *parting line*, seperti terlihat pada gambar 2.1. dibawah ini.



Gambar 2.1 Bagian-bagian dari Cetakan Pasir, Wynn Danzur Marketing.

*The Casting and Molding Proseses* <http://www.wynndanzur.com/prod05.htm>

Keterangan :

- 1) *Cope* adalah bagian atas dari rangka cetakan.
- 2) *Drag* adalah bagian bawah dari rangka cetakan.
- 3) *Pouring cup* adalah suatu cawan tuang yang terletak pada *cope*, yang berfungsi untuk menampung logam yang akan masuk ke dalam *sprue*.
- 4) *Sprue* adalah saluran turun logam cair dari *pouring basin* menuju ke *gating system* horisontal (*runner*).

- 5) *Gate* adalah saluran jaringan masuk logam cair menuju ke rongga cetakan.
- 6) *Riser* adalah potongan lubang yang berada pada *cope*. *Riser* berfungsi sebagai pengumpan untuk menyuplai cairan logam kepada produk cor sebagai kompensasi penyusutan.
- 7) *Mold cavity* adalah rongga yang menyerupai bentuk benda kerja yang akan dituang.
- 8) *Parting line* adalah garis pemisah antara *cope* dan *drag* yang juga berfungsi sebagai acuan untuk menepatkan posisi *cope* dan *drag* pada saat disatukan.
- 9) *Vent* adalah saluran untuk tempat keluarnya gas yang terperangkap di rongga cetakan

### 2.1.2. Pasir Cetak

Pasir cetak yang paling lazim digunakan adalah pasir gunung, pasir pantai, pasir sungai, dan pasir silika yang disediakan alam. Pasir gunung mengandung lempung dan kebanyakan dapat digunakan setelah dicampur dengan air. Pasir pantai, pasir sungai, dan pasir silika alam maupun pasir silika buatan tidak dapat melekat dengan sendirinya. Oleh karena itu, dibutuhkan pengikat untuk mengikat butir-butirnya satu sama lain dan baru digunakan setelah dicampur.

Sebelum membuat cetakan, pasir yang akan digunakan harus dipersiapkan sebaik-baiknya agar diperoleh hasil yang baik dan memuaskan. Biasanya komposisi pasir cetak yang sering digunakan adalah harus mengandung 84 % pasir cetak, 9 % bentonite, 3 % gula tetes, dan 4 % air. Jika pasir yang akan digunakan dicampur dengan bahan-bahan penambah seperti *bentonite*, *kaolinite*, sereal atau selulosa, maka akan memenuhi tujuan sebagai berikut (Tjitro,1999, p 10):

- 1) *Refractoriness* (kemampuan tahan terhadap temperatur tinggi)
- 2) *Cohesiveness* (kemampuan untuk mempertahankan bentuk yang ada)
- 3) *Permeability* (kemampuan mengijinkan gas untuk keluar melalui pasir)
- 4) *Collapsibility* (kemampuan mengijinkan logam menyusut setelah logam menjadi keras dan akhirnya membiarkan cetakan berinteraksi dengan lingkungan sekitar cetakan)

Pasir cetak memerlukan sifat-sifat yang memenuhi persyaratan sebagai berikut (Surdia,1975, p. 109):

- 1) Mempunyai sifat mampu bentuk, sehingga mudah dalam pembuatan cetakan dengan kekuatan yang cocok. Cetakan yang dihasilkan harus kuat sehingga tidak rusak karena dipindah-pindah dan dapat menahan logam cair waktu dituang ke dalamnya. Kekuatannya pada temperatur kamar dan kekuatan panasnya sangat diperlukan.
- 2) Faktor permeabilitas yang merupakan kemampuan pasir cetak untuk dapat dilewati oleh gas yang ada pada rongga cetakan adalah sangat penting. Faktor ini mempengaruhi hasil coran dapat terjadi cacat akibat rongga cetakan yang mengalami penyusutan dan gelembung gas yang terperangkap. Cacat yang terjadi pada hasil coran dapat diatasi apabila udara atau gas yang terperangkap dalam rongga cetakan pada waktu penuangan disalurkan melalui celah-celah diantara butir-butir pasir sehingga dapat keluar dari cetakan.
- 3) Distribusi besar butir yang cocok. Permukaan coran diperhalus kalau coran dibuat didalam cetakan yang berbutir halus. Tetapi kalau butir pasir terlalu halus, gas dicegah keluar dan membuat cacat, yaitu gelembung udara.
- 4) Tahan terhadap temperatur logam yang dituang. Tabel 2.1 dibawah ini adalah data temperatur tuang dari logam.
- 5)

Tabel 2.1 Temperatur Penuangan Logam

Jenis Logam	Temperatur Tuang (°C)
Aluminium	650-750
Tembaga	1100-1250
Kuningan	950-1100
Besi Cor	1250-1450
Baja Cor	1500-1550

Sumber: Surdia, Tata and Kenji Chijiwa, *Teknik Pengecoran Logam Cetakan* 8. 1988, p.109.

- 6) Komposisi yang cocok. Butir pasir bersentuhan dengan logam yang dituang mengalami peristiwa kimia dan fisika karena logam cair memiliki temperatur yang tinggi. Bahan-bahan yang tercampur mungkin menghasilkan gas atau larut dalam logam adalah tidak dikehendaki.
- 7) Mampu dipakai lagi. Pasir harus dapat dipakai berulang-ulang supaya ekonomis.

### **2.1.3. Pola**

Pola adalah hal utama yang perlu diperhatikan dalam proses pembuatan produk cor. Bahan yang akan digunakan untuk membuat pola sendiri ada beberapa macam antara lain pola dari kayu, logam dan paduan, *plaster*, plastik, karet, dan lilin.

Adapun persyaratan yang harus dipenuhi oleh bahan pembuat pola adalah sebagai berikut (Jain. P. L,1986, p.6):

- 1) Mudah dikerjakan, dibentuk, dan dirakit
- 2) Ringan baik pada saat operasi maupun saat pengangkutan
- 3) Kuat, keras, dan tahan lama
- 4) Tahan aus, abrasi, tahan korosi, dan tahan terhadap reaksi kimia
- 5) Dimensinya stabil dan tidak terpengaruh oleh temperatur dan kelembaban
- 6) Dapat diperbaiki lagi
- 7) Biaya pembuatannya murah
- 8) Memiliki kemampuan untuk menghasilkan permukaan akhir yang baik

Dimensi pola dibuat lebih besar dari produk cor dengan tujuan untuk mengkompensasi penyusutan dimensi yang terjadi pada produk cor maupun untuk menyediakan toleransi bagi proses permesinan selanjutnya. Tabel 2.2. memberikan harga-harga untuk tambahan penyusutan yang terjadi pada berbagai jenis logam.

Tabel 2.2. Tambahan Penyusutan Untuk Berbagai Jenis Logam

Tambahan penyusutan	Bahan
8/1.000	Besi cor, baja cor tipis
9/1.000	Besi cor, baja cor tipis yang banyak menyusut
10/1.000	sama dengan atas & aluminium.
12/1.000	Paduan aluminium, Brons, baja cor (tebal 5–7 mm)
14/1.000	Kuningan kekuatan tinggi, baja cor.
16/1.000	Baja cor (tebal lebih dari 10 mm)
20/1.000	Coran baja yang besar
25/1.000	Coran baja besar dan tebal

Sumber: Surdia, Tata and Kenji Chijiiwa, *Teknik Pengecoran Logam Cetakan* 8, 1988, p.52.

### 2.1.3.1. Pola Kayu

Material ini paling sering digunakan sebagai pola, dan kayu yang biasanya digunakan adalah kayu jati, mahoni, atau cemara. Pola dari kayu ini mudah dibentuk, ringan, mudah didapat, serta harganya murah. Tetapi kelemahannya adalah sensitif terhadap kelembaban, sehingga menyebabkan kayu ini mudah menyusut dan melengkung. Selain itu kekuatannya rendah dan ketahanan terhadap aus juga rendah. Adakalanya untuk meningkatkan kekuatan pola, kayu dilapisi dengan logam tertentu, misalnya seng atau aluminium.

### 2.1.3.2. Pola Logam dan Paduan

Pola ini bersifat ekonomis jika kapasitas produksinya besar. Bahan pola biasanya aluminium paduan, besi tuang, baja, atau paduan tembaga. Tabel 2.3. adalah perbandingan berbagai pola logam.

Tabel 2.3. Perbandingan Berbagai Pola Logam

<i>Factors</i>	<i>Grey cast iron</i>	<i>Steel</i>	<i>Aluminium</i>	<i>Brass</i>
Availability	Good	Good	Good	Good
Castability	Good	Difficult	Less difficult	Good
Machinability	Good	Good	Very good	Very good
Surface finish	Good	Good	Very good	Very good
Lending to modification	Good	Good	Good	Very good
Weight	Very heavy	Very heavy	Very light	Heavy
Brittleness	High	Low	Low	Low
Tendency to oxidation	Yes	Yes	No	No
Requiring machining	Yes	Less	Not much	Not much
Cost	Low	Low	Medium	High

Sumber: P.L.Jain, *Principles of Foundry Technology 2<sup>nd</sup> edition*, 1988, p.9.

#### 2.1.3.3. Pola Plaster

*Plaster gypsum* jika dicampur dengan air pada kadar yang tepat dapat menghasilkan bentuk yang padat dengan kekuatan tekan tinggi, misalnya sampai 300 ksc. Pola dari *plaster* ini memungkinkan terjadinya ekspansi (pemuaian) pada saat solidifikasi. Pola *plaster gypsum* ini dapat dipersiapkan dengan menuangkan secara langsung adonan *plaster* dan air ke dalam cetakan pola.

#### 2.1.3.4. Pola Plastik dan Karet

Plastik *thermosetting* dan *thermoplastic* dapat dipergunakan untuk bahan pola. *Epoxy resin* adalah bahan yang paling banyak digunakan untuk pola ini. Hal ini disebabkan karena bahan ini mudah dituang, biaya pengerjaannya murah, ketahanan terhadap keausan dan abrasi baik, tahan terhadap kelembaban, dan *strength to weight ratio* tinggi. *Polyester resin* adalah alternatif bahan plastik lainnya dan biasanya digunakan sebagai bahan pengganti *epoxy resin*. Jenis plastik ini lebih murah dibandingkan dengan *epoxy resin*.

#### 2.1.3.5. Pola Lilin

Jenis pola ini banyak digunakan untuk *investment casting*. Adapun sifat-sifat yang dibutuhkan dalam pola lilin antara lain; kandungan abunya rendah, kekuatan tariknya tinggi, tahan terhadap oksidasi dan penyusutannya rendah.

## 2.2. Sistem Saluran

Sistem saluran (*gating system*) merupakan jalan masuk logam cair untuk menuju ke rongga cetakan. Perencanaan sistem saluran merupakan bagian yang penting dalam proses pembuatan produk dengan proses pengecoran cetakan pasir.

Sistem saluran yang baik harus memiliki syarat-syarat, antara lain (Jain. P. L,1986, p.122):

- 1) Logam cair harus dapat mengalir melalui saluran dengan turbulensi dan aspirasi gas yang seminimum mungkin, untuk menghindari terperangkapnya udara didalam logam cair yang mengakibatkan kecacatan produk pada saat logam cair membeku.
- 2) Harus mengusahakan agar logam cair dapat mengisi rongga cetakan dalam waktu sesingkat mungkin.
- 3) Harus direncanakan untuk meminimalkan kelebihan logam cair pada saluran dan *riser*.
- 4) Harus dapat mencegah erosi pada pasir cetak.
- 5) Gradien temperatur harus serendah mungkin serta memungkinkan solidifikasi searah ke arah *riser*.
- 6) Harus diusahakan agar *solidifikasi* logam cair dan penyusutan yang terbentuk tidak menimbulkan cacat pada produk cor.

Untuk dapat mencapai syarat-syarat diatas secara maksimal, maka perlu dilakukan pengontrolan pada temperatur tuang logam, penggunaan peralatan untuk penuangan, dan rancangan yang benar mengenai *sprue*, *runner*, *gate*, *riser*, dan *venting*.

*Sprue* sangat berpengaruh terhadap proses penuangan logam cairan, dimana *sprue* harus selalu terisi penuh cairan logam selama proses penuangan untuk menjamin aliran cairan logam memasuki rongga cetakan tanpa menimbulkan turbulensi maupun pusaran. Bentuk *sprue* harus tirus ke bawah dengan tujuan untuk menghindari aspirasi gas dan kerusakan logam. Dasar *sprue* harus dibuat lebih besar dan lebih dalam daripada *runner*.

*Runner* digunakan untuk menghubungkan bagian dasar *sprue* dengan *gate*. *Gate* merupakan tempat jalan masuk cairan logam terakhir sebelum cairan masuk

ke rongga cetak. Lokasi dan ukuran *gate* disusun sedemikian hingga cairan logam dapat masuk ke rongga cetakan dengan secepat mungkin.

*Riser* adalah sistem saluran yang berfungsi untuk menampung kelebihan logam cair, sebagai cadangan bila terjadi penyusutan dan juga berfungsi sebagai pengumpan untuk menyuplai logam cair kepada produk cor. Bentuk *riser* ini berupa potongan lubang yang ada pada *cope* yang memperbolehkan cairan logam untuk naik, sehingga memudahkan bagi penuang untuk melihat apakah cairan logam sudah mengisi seluruh rongga cetakan. *Riser* juga memfasilitasi keluarnya gas, uap, dan udara dari rongga cetakan.

*Venting* adalah suatu kegiatan untuk membuat lubang-lubang kecil pada cetakan agar sebagian gas dapat keluar dari rongga cetakan. Hal ini dilakukan dengan menggunakan *vent wire* yaitu selembar kawat dengan salah satu ujungnya sebagai penitik dan ujung lainnya sebagai pemegang. *Venting* pada cetakan pasir, dapat meminimalkan terjadinya cacat pada produk cor yang diakibatkan terperangkapnya gas pada rongga cetakan. Cacat yang terjadi biasanya cacat porositas, *blowhole*, dan *pinhole*.

### 2.3. Perhitungan Dimensi Sistem Saluran

Faktor-faktor yang mempengaruhi dimensi sistem saluran adalah sebagai berikut:

- 1) Berat produk cor.
- 2) Laju penuangan logam cair.

Laju penuangan dengan notasi R dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$R = b\sqrt{W} \dots\dots\dots (2-1)$$

W adalah berat dari produk cor (kg) dan nilai dari b tergantung dari tebal dinding seperti terlihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4. Nilai b

Tebal dinding	Nilai b
Dibawah 6 mm	0,99

(Lanjutan pada halaman berikutnya)

(Lanjutan dari halaman sebelumnya)

Tebal dinding	Nilai b
6-12 mm	0,84
Diatas 12 mm	0,47

Sumber: P.L.Jain, *Principles of Foundry Technology 2<sup>nd</sup> edition*, 1988, p.131

- 3) Laju penuangan yang di-adjust  $R_a$  dari fluiditas logam dan efek gesekan sistem saluran (faktor c). Faktor c memiliki nilai 0,85-0,9 untuk *sprue* tirus dan 0,7-0,75 untuk *sprue* lurus. Nilai  $R_a$  tersebut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$R_a = \frac{R}{k.c} \dots\dots\dots (2-2)$$

- 4) Tinggi *sprue* efektif H berdasarkan penempatan pola dalam cetakan, yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$H = h - \frac{a^2}{2.c} \dots\dots\dots (2-3)$$

Dimana h adalah tinggi *sprue*, c adalah tinggi total rongga cetakan dan a adalah tinggi rongga cetakan pada kerangka atas (*cope*).

- 5) Luas dasar *sprue*  $A_s$ , dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$A_s = \frac{R_a}{d\sqrt{2.g.H}} \dots\dots\dots (2-4)$$

Dimana d adalah *density* dari logam yang digunakan dan g adalah gravitasi bumi.

- 6) Luas *runner* dan *gate* dengan menggunakan *gating ratio*. *Gating ratio* adalah perbandingan luas antara *sprue*, *runner* dan *gate*.

7) *Riser* dengan menggunakan metode *Chvorinov's* yang menyatakan bahwa volume benda dibagi dengan luas permukaan benda dibandingkan dengan volume *riser* dibagi dengan luas permukaan *riser*. Dimana dalam hal ini perbandingan *casting modulus*  $\left(\frac{V}{A}\right)_{riser}$  harus lebih besar 10-15 % dari perbandingan *casting modulus*  $\left(\frac{V}{A}\right)_{benda}$  benda yang akan dibuat. Sehingga diameter *riser* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\left(\frac{V}{A}\right)_{riser} = 115\% \left(\frac{V}{A}\right)_{benda} \dots\dots\dots (2-5)$$

#### 2.4. Pemilihan Material

Setiap pemilihan material ditentukan berdasarkan persyaratan dari karakteristik material dan digunakan alur pemilihan material untuk mendapatkan hasil yang maksimal. Pada tahapan pemilihan material, desain dari setiap komponen harus mempunyai fleksibilitas, pertimbangan terhadap gagasan bentuk dan dimensi. Faktor-faktor tersebut ditentukan dengan menganalisa persyaratan yang diperlukan oleh produk yang hendak dibuat.

Untuk dapat menentukan suatu karakterisasi yang diinginkan harus dipertimbangkan berdasarkan faktor-faktor teknik sebagai berikut (F. Ashby, Michael, Norman A. Waterman, 1991, p.11):

- 1) Sifat-sifat mekanik : *strength*, *stiffness*, *fatigue*, dan pengaruh temperatur pada setiap sifat mekanik tersebut.
- 2) Properti khusus seperti : *thermal*, *electrical*, *magnetic properties* dan sebagainya.
- 3) Penyebab korosi dan penanganannya.
- 4) *Wear resistance*.
- 5) Pertimbangan dalam memilih proses untuk memproduksi barang.
- 6) Biaya total produksi sebagai pertimbangan dalam memilih material.

Ada dua tipe persyaratan yang berbeda dalam menentukan pemilihan material yaitu :

- 1) Batasan awal yang merupakan ketentuan agar bila produk sudah selesai dibuat dapat bekerja sebagai fungsinya. Batasan-batasan ini tidak dapat diabaikan, antara lain:
  - a. Temperatur
  - b. Kondisi lingkungan kerja
  - c. Jumlah barang yang hendak di produksi untuk menentukan proses produksi yang sesuai.
  - d. Target biaya produksi
- 2) Persyaratan yang dibutuhkan agar dapat memaksimalkan unjuk kerja dari komponen yang didesain.

## 2.5. Aluminium

Aluminium merupakan unsur yang paling banyak terdapat di bumi, tetapi ia merupakan logam yang relatif baru, karena teknologi untuk memurnikannya dari oksidanya baru saja ditemukan. Di alam, aluminium berupa oksida dan sangat stabil sehingga tidak dapat direduksi dengan cara seperti mereduksi logam lainnya. Pereduksian aluminium hanya dapat dilakukan dengan cara elektrolisis. Titik lebur aluminium adalah  $700^{\circ}\text{C}$ .

Aluminium adalah salah satu jenis logam non-ferrous yang sangat luas penggunaannya dalam bidang industri. Sifat-sifat penting yang menyebabkan dipilihnya aluminium adalah ringan, tahan korosi, penghantar panas dan listrik yang sangat baik. Berat jenisnya hanya  $2,7 \text{ mg/m}^3$ , sehingga walaupun kekuatannya rendah tapi *strength to weight ratio*-nya masih lebih tinggi daripada baja. Oleh karena itu, aluminium banyak digunakan pada konstruksi yang memiliki sifat ringan seperti alat-alat transportasi, pesawat terbang dan lain-lain.

Sifat tahan korosi aluminium diperoleh dari terbentuknya lapisan oksida aluminium dari permukaan aluminium. Lapisan oksida ini melekat pada permukaan dengan kuat dan rapat serta stabil (tidak bereaksi dengan lingkungannya) sehingga melindungi bagian dalam. Adanya lapisan oksida ini

satu pihak dapat mengakibatkan tahan korosi tetapi di lain pihak menyebabkan aluminium sulit untuk dilas dan disolder.

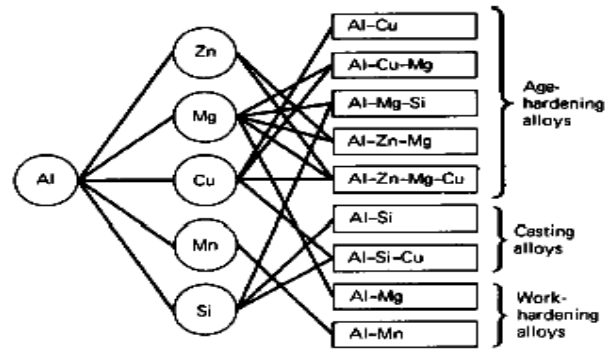
Aluminium yang terdapat pada pasaran selalu mengandung *impurity* ( $\pm 0,8\%$ ), *impurity* yang biasanya terkandung adalah besi, silikon, tembaga dan lain-lain. Adanya *impurity* ini dapat menyebabkan penurunan sifat penghantaran listrik dan panas tetapi dapat menaikkan kekuatan aluminium hampir dua kalinya. Kekuatan dan kekerasan aluminium memang tidak terlalu tinggi, akan tetapi dapat diperbaiki dengan *heat treatment* dan paduan. Keburukan yang paling serius dilihat dari segi teknik adalah sifat elastisitasnya yang sangat rendah, hampir tidak dapat diperbaiki baik cara paduan maupun *heat treatment*.

Sifat lain yang sangat menguntungkan pada aluminium adalah sangat mudah difabrikasi. Dapat dituang dengan cara penuangan apapun, dapat *forming* dengan berbagai cara misalnya *rolling*, *drawing*, *forging*, *extruding*, dan lain-lain menjadi bentuk yang cukup rumit sekalipun.

### **2.5.1. Paduan Aluminium**

Dalam keadaan murni aluminium terlalu lunak atau lemah, terutama kekakuannya sangat rendah untuk keperluan teknik. Dengan paduan sifat, sifat aluminium dapat diperbaiki tetapi seringkali sifat tahan korosinya berkurang demikian juga keuletannya. Dengan menambah sedikit mangan, silikon, atau magnesium tidak banyak menurunkan sifat tahan korosinya, tetapi unsur seng, besi, timah putih dan tembaga cukup drastis menurunkan sifat tahan korosinya.

Aluminium merupakan logam yang sering dipadukan dengan logam-logam lain, misalnya dengan logam seng, magnesium, tembaga, mangan, maupun silikon (gambar 2.3.).



Gambar 2.2. Macam-macam Paduan Aluminium, Davis, J.R., *Metals Handbook Desk Edition Second Edition*. USA: ASM International, 1998, p. 437

Paduan aluminium dapat digolongkan menjadi:

1. *Aluminum Wrought Alloy* (Paduan Tempa)
2. *Aluminum Casting Alloy* (Paduan Cor)

*Aluminum Wrought Alloy* berupa barang setengah jadi misalnya batang, plat dan lain-lain, dapat diklasifikasikan menurut komposisi kimianya. Tiap-tiap jenis paduan diberi kode 4 digit (angka). Digit pertama menunjukkan jenis paduan aluminium berkaitan dengan kemurnian aluminium atau jenis unsur paduan utama. Digit kedua menunjukkan modifikasi dari paduan orisinil atau batas *impurity*. Digit 0 untuk paduan orisinil dan digit 1 sampai 9 untuk modifikasi.

Sistem penomoran pada aluminium tuang (*casting alloys*) menggunakan 3 (tiga) digit ditambah 1 (satu) digit yang terpisah oleh tanda titik. Digit pertama mengidentifikasi kelompok (*group*) dari paduan, kedua digit selanjutnya menunjukkan kemurnian dari aluminium tersebut, sedangkan digit terakhir yang terpisah oleh tanda titik mengidentifikasi bentuk dari produk apakah dalam bentuk produk cor atau masih dalam bentuk ingot. Adapun kelompok (*group*) dari paduan aluminium tempa (*wrought alloys*) dapat dilihat pada tabel 2.5.

Tabel 2.5. Sistem Penomoran Paduan Aluminium Tempa (*Wrought Alloys*)

Elemen Paduan	Kelompok
Aluminium (min. 99% atau lebih)	1xxx
Tembaga (Cu)	2xxx
Mangan (Mn)	3xxx
Silikon (Si)	4xxx
Magnesium (Mg)	5xxx
Magnesium dan Silikon (Mg dan Si)	6xxx
Seng (Zn)	7xxx
Elemen lain	8xxx
Seri yang belum digunakan	9xxx

Sumber: Davis, J.R., *Metals Handbook Desk Edition Second Edition*. USA: ASM International, 1998, p. 423.

Coran aluminium paduan memiliki sifat mudah dibuat dan dibentuk, ringan, tahan karat, dan tahan terhadap temperatur tinggi (100°C–200°C). Adapun kelompok (*group*) dari paduan aluminium tuang (*casting alloys*) dapat dilihat pada tabel 2.5.

Tabel 2.6. Sistem Penomoran Paduan Aluminium Tuang (*Casting Alloys*)

Elemen Paduan	Kelompok
Alumunium murni (min. 99% atau lebih)	1xx.x
Tembaga (Cu)	2xx.x
Silikon + Tembaga dan atau Magnesium (Mn)	3xx.x
Silikon (Si)	4xx.x
Magnesium (Mg)	5xx.x

(Lanjutan pada halaman berikutnya)

(Lanjutan dari halaman sebelumnya)

Elemen Paduan	Kelompok
Seri yang belum digunakan	6xx.x
Seng (Zn)	7xx.x
Timah (Sn)	8xx.x
Elemen lain	9xx.x

Sumber: Davis, J.R., *Metals Handbook Desk Edition Second Edition*. USA: ASM International, 1998, p. 424.

## 2.6. Besi Cor

Besi cor adalah paduan besi yang mengandung karbon, silisium, mangan, fosfor dan belerang. Walaupun keuletan dan kekuatannya lebih rendah dari baja, tetapi karena mudah dituang dan mempunyai beberapa sifat khusus yang berguna, maka penggunaannya cukup luas. Apalagi dengan diberi tambahan unsur paduan dan proses laku panas yang tepat maka sifatnya dapat diatur sesuai kebutuhan.

Besi tuang dikelompokkan menjadi empat jenis yaitu (Suherman, Wahid, 1984, p.145-146):

1) Besi cor putih (*white cast iron*)

Besi cor ini tidak dapat digunakan karena sangat keras dan getas, selain itu sangat sulit dilakukan permesinan.

2) Besi cor mampu tempa (*malleable cast iron*)

Besi cor dengan keuletan cukup tinggi.

3) Besi cor kelabu (*grey cast iron*)

Besi cor ini paling banyak digunakan, kekuatan tariknya tidak terlalu tinggi, dan keuletannya juga rendah sehingga tidak dapat dibentuk selain dengan penuangan atau dengan permesinan.

4) Besi cor modular (*nodular cast iron*)

Mempunyai keuletannya kekuatan dan ketangguhan yang jauh lebih tinggi dari pada besi tuang kelabu.

## 2.7.Kuningan

Kuningan adalah salah satu dari logam paduan yang sering digunakan karena kemudahan dalam fabrikasi dan permesinan serta ketahanan terhadap kondisi lingkungan dibandingkan dengan besi cor. Kandungan seng menambah kekuatan dan kekerasan menurunkan *ductility* dan konduktifitas.

Paduan kuningan cor dibagi menjadi empat yaitu (Suherman, Wahid, 1984, p.150-153):

- a. *Copper-zinc-lead alloys (red,semired,yellow brasses)*
- b. *Manganese bronze alloys (high strength yellow brasses)*
- c. *Leaded manganese bronze alloys (leaded high-strength yellow brasses)*
- d. *Copper-zinc-alloys (silicon brasses,brozes)*

## 2.8. Teori *Impeller*

Pada setiap mobil terdapat pompa air yang berfungsi mesirkulasikan air dari radiator menuju ke mesin. Pompa ini terdiri dari *casing* dan *impeller*. *Impeller* berfungsi untuk memberikan kerja pada air yang mengakibatkan energi potensial dan kecepatan yang dikandung menjadi bertambah besar, sehingga dapat bersirkulasi dengan lancar dari radiator ke mesin (Sularso,1987, p.2).

Syarat-syarat yang harus dimiliki *impeller* sebagai berikut (Karasik, IgorJ., p. 5.28);

- 1) Tahan korosi

Sifat tahan korosi harus dimiliki oleh *impeller*. Kerak yang terbentuk akibat korosi pada *impeller* akan terbawa air menuju radiator maka akan mengakibatkan tersumbatnya radiator , sehingga tidak dapat bekerja secara maksimal

- 2) Tahan abrasif

*Impeller* harus tahan terhadap abrasif karena saat bekerja selalu begesekan dengan fluida. Apabila terjadi abrasif maka dapat mengurangi kinerja dari *impeller* .

3) *Machinability* yang baik

*Impeller* dihasilkan dengan pengecoran, biasanya juga membutuhkan proses permesinan untuk memperhalus permukaan dan menyesuaikan ukuran dimensi *impeller* dengan yang diinginkan. Oleh karena itu *impeller* harus mempunyai *machinability* yang baik.

## 2.9. Inspeksi Produk Cor

Inspeksi produk cor diperlukan dengan tujuan sebagai berikut (Tata Sudira, 1975, p.195) :

- 1) Kualitas produk coran harus dijamin dengan jalan memisahkan produk yang gagal.
- 2) Dalam pemeriksaan penerimaan bahan baku bahan yang akan diproses sejak dari pembuatan cetakan sampai selesai, produk cacat harus diketahui seawal mungkin agar dapat menekan biaya pekerjaan.
- 3) Menurut data kualitas yang didapat dari pemeriksaan dan percobaan , menyisihkan produk yang cacat dapat dilakukan lebih awal dan selanjutnya tingkat kualitas dapat dipelihara dengan memeriksa data tersebut secara kolektif dan teknik pembuatan yang disempurnakan.

Pada pembuatan *impeller* ada tiga inspeksi yang penting yaitu:

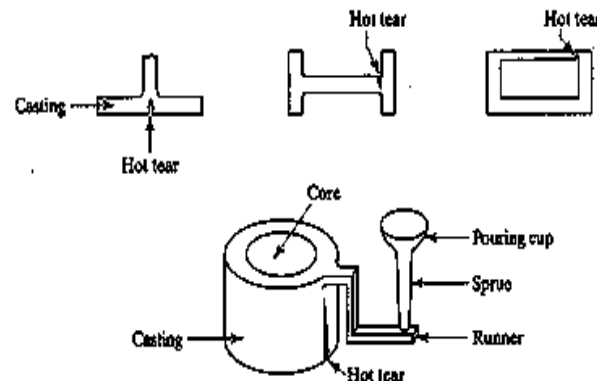
1) Cacat *Hot Tears*

*Hot tears* adalah cacat sobek pada permukaan coran, dan dapat diketahui hanya dengan *visual inspection*, penyebab cacat ini adalah :

- Gangguan kontraksi sesudah logam dibekukan
- Cetakan dan inti memiliki *collapsibility* yang rendah atau *raming* yang terlalu keras sehingga coran mengalami regangan selama pendinginan.
- Temperatur tuang yang tidak benar dan penempatan *gate* dan *riser* yang tidak pas

Metode yang digunakan untuk menanggulangi *hot tears* dengan memperbaiki rancangan desain, mengusahakan pembekuan searah dan mengontrol kekerasan *mold* (Jain, 1986, p.199).

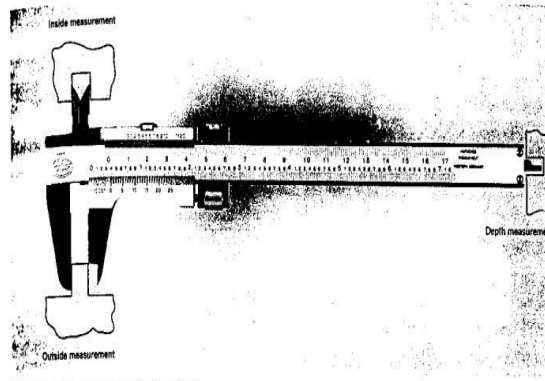
Inspeksi terhadap cacat ini penting dilakukan, karena apabila terjadi sobekan terhadap permukaan *impeller* akan sangat berpengaruh terhadap umur dari *impeller* sebab dalam kerjanya *impeller* menerima momen torsi dari mesin sehingga apabila ada sobekan akan mengakibatkan retak pada *impeller* karena momen torsi. Cacat *hot tears* ditunjukkan pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. Cacat *Hot Tears* pada Pengecoran Logam, Peters Matthews. *Sand Casting*. [http://www.dur.ac.uk/p\\_c\\_matthews-1H-manufacture-handout\\_files-image005\\_gif.htm](http://www.dur.ac.uk/p_c_matthews-1H-manufacture-handout_files-image005_gif.htm)

## 2) Kepresisian Lubang Poros dan Dimensi Sudu *Impeller*

Pengujian kepresisian lubang *impeller* penting dilakukan untuk mengetahui apakah *impeller* dapat dirakit dengan bagian lain dalam hal ini yaitu dengan poros. Sedangkan untuk dimensi sudu akan dilakukan pengukuran apakah dimensi sudu *impeller* yang dibuat sesuai dengan ukuran sebenarnya dari model. Pengukuran dimensi ini dilakukan dengan jangka sorong. Gambar jangka sorong diperlihatkan pada gambar 2.5 dibawah ini.



Gambar 2.4. Jangka Sorong

Sumber: Kibbe, Richard R.; Neely, John E.; Meyer, Roland O.; White, Warren T., *Machine Tool Practices*, 2002. p. 45.