

## **2. TEORI DASAR**

### **2.1. Pompa Air**

Pompa adalah suatu alat yang digunakan untuk menghisap fluida dari permukaan yang rendah ke permukaan yang lebih tinggi atau memindahkan cairan dari tempat yang bertekanan rendah ke tempat yang bertekanan yang lebih tinggi. Pompa didalam kerjanya akan mentransfer energi mekanis dari suatu sumber energi luar ke fluida yang mengalir melaluinya.

Pompa air Ajax berfungsi untuk memompa fluida yaitu air laut yang bertujuan untuk mensirkulasikan air laut sebagai media pendingin radiator kapal laut.

Bagian-bagian pompa air Ajax antara lain rumah pompa, penutup pompa dan impeller. Setiap bagian pompa air memiliki fungsi dan karakteristik tersendiri.

Rumah pompa merupakan tempat beradanya impeller serta sudu-sudunya. Dengan adanya perputaran impeller untuk menyedot fluida maka pada rumah pompa akan mengalami gesekan serta tekanan baik dari sudu maupun dari fluida. Oleh sebab itu rumah pompa harus memiliki sifat tahan aus, tidak mudah bocor serta tahan korosi. Selain itu rumah pompa juga harus memiliki kekuatan dan keuletan yang tinggi, sehingga tidak mudah rusak ataupun pecah akibat benturan.

### **2.2. Pengecoran Cetakan Pasir**

Proses pengecoran logam adalah meleburkan logam hingga mencair kemudian memasukkan cairan logam tersebut ke dalam rongga cetakan. Kemudian cairan logam akan menyesuaikan dengan bentuk rongga cetakan sehingga didapatkan bentuk yang sesuai dengan cetakan setelah cairan logam tersebut membeku. Rongga cetakan adalah rongga yang menyerupai bentuk benda kerja yang akan dituang. Berdasarkan sifat cairan yang mengisi ke segala ruang, proses pengecoran memiliki kemampuan untuk memproduksi bentuk yang rumit ataupun produk yang berongga.

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

- 1) *Gravity casting* (pengecoran gravitasi)
- 2) *Pressure casting* (pengecoran cetakan)

Pengecoran cetakan pasir (*pressure casting*) 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*). Pengecoran cetakan pasir dapat digunakan untuk membuat benda yang rumit atau benda yang berukuran besar. Logam yang dapat digunakan pada pengecoran ini adalah besi, baja, tembaga, perunggu, kuningan, aluminium, ataupun logam paduan. Pengecoran bertekanan (*pressure casting*) adalah pengecoran dimana logam cair yang dituangkan ke dalam saluran masuk dengan bantuan tekanan dari luar.

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

Temperatur penuangan logam pada pengecoran cetakan pasir biasanya bervariasi tergantung dari jenis logam yang akan dipergunakan. Adapun jenis logam dan temperatur tuangnya dapat dilihat pada tabel 2.1 dibawah ini.

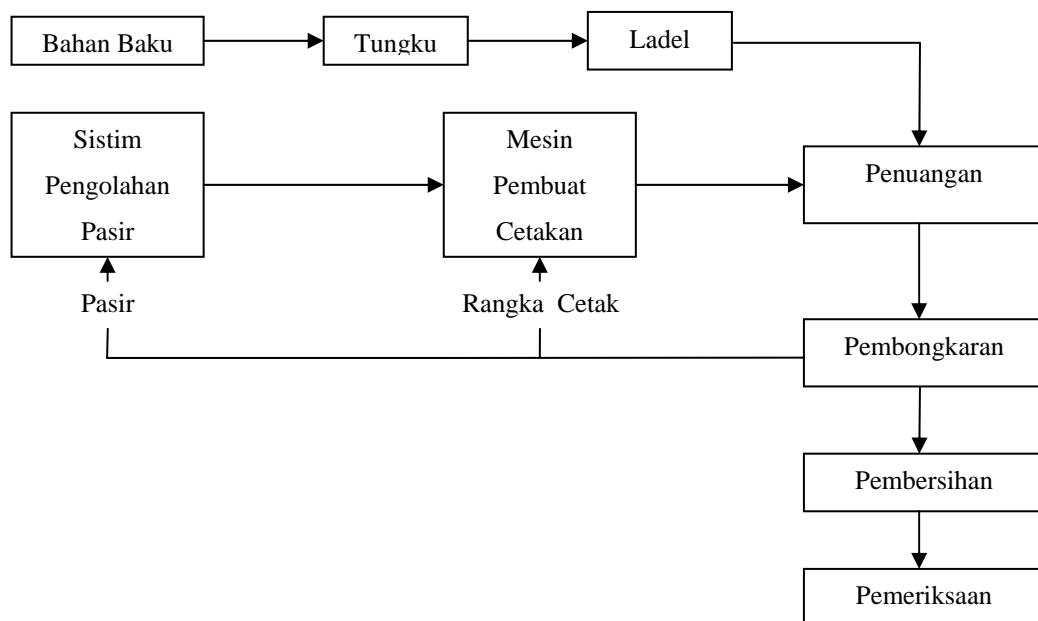
Tabel 2.1 Temperatur Penuangan Logam

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)*, p. 109

### 2.3. Membuat Produk Cor

Untuk membuat coran diperlukan proses-proses seperti : pencairan logam, membuat cetakan, menuang, membongkar dan membersihkan coran. Langkah-langkah pengecoran dapat dilihat pada Gambar 2.1. Cetakan biasanya dibuat dengan jalan memadatkan pasir. Kadang-kadang dicampurkan dengan pengikat khusus, yaitu: air-kaca, semen, resin, furan, resin fenol atau minyak pengering, karena penggunaan zat-zat tersebut dapat memperkuat cetakan atau mempermudah operasi pembuatan cetakan.



Gambar 2.1. Aliran Proses Pada Pembuatan Coran

Pengecoran sentrifugal adalah suatu cara pengecoran di mana cetakan diputar dan logam cair dituangkan ke dalamnya, sehingga logam cair tertekan oleh gaya sentrifugal dan kemudian membeku. Coran berbentuk pipa dibuat dengan jalan tersebut.

Pengecoran cetak adalah suatu cara pengecoran dimana logam cair ditekan dengan tekanan tinggi, coran tipis dapat dibuat dengan cara ini.

Pengecoran tekanan rendah adalah suatu cara pengecoran di mana diberikan tekanan yang sedikit lebih-tinggi dari tekanan atmosfer pada permukaan logam dalam tanur, tekanan ini mengakibatkan mengalirnya logam cair ke atas melalui pipa kedalam cetakan.

Setelah penuangan, coran dikeluarkan dari cetakan dan dibersihkan bagian-bagian yang tidak perlu dibersihkan dari coran. Kemudian dilakukan pemeriksaan dengan penglihatan terhadap rupa, kerusakan dan akhirnya dilakukan pemeriksaan dimensi.

#### **2.4. Pasir Cetak**

Pasir cetak yang paling lazim digunakan adalah pasir gunung, pasir silika, pasir resin. Pasir gunung mengandung lempung dan kebanyakan dapat digunakan setelah dicampur dengan air. Pasir gunung, pasir resin, dan pasir silika, untuk pasir silika dan pasir gunung dapat dipakai berulang kali. Sedangkan pasir resin hanya dapat dipakai sekali. Pada pasir resin dan silika dibutuhkan pengikat tambahan untuk pembuatan cetakan tetapi pada pasir gunung hanya perlu ditambahkan dengan air. Komposisi yang utama dari *green sand* adalah pasir silika. Pasir *green sand* dapat diklasifikasikan menjadi dua macam, yaitu: pasir *green sand* dengan pengikat alami dan pasir sintetik.

Pasir dengan pengikat alami mempunyai komposisi dasar lempung, sedangkan pasir sintetik mempunyai komposisi dasar pasir silika. Butiran pasir juga harus memiliki karakteristik tertentu, karena nantinya akan mempengaruhi kualitas dari cetakan, yaitu: *permeabilitas* dan *density*. Kedua hal tersebut akan mempengaruhi kualitas dari produk cor.

Sebelum membuat cetakan, pasir yang akan digunakan harus dipersiapkan sebaik-baiknya agar diperoleh hasil yang baik dan memuaskan. Pasir cetak memerlukan sifat-sifat yang memenuhi persyaratan sebagai berikut :

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 pada waktu dituang kedalamnya. Karena itu kekuatannya pada temperatur kamar dan kekuatan panasnya sangat diperlukan.

2. Permeabilitas yang cocok. Dikuatirkan bahwa hasil coran mempunyai cacat seperti rongga penyusutan, gelembung gas atau kekasaran permukaan, kecuali jika udara atau gas yang terjadi dalam cetakan waktu penuangan disalurkan melalui rongga-rongga diantara butir-butir pasir keluar dari cetakan dengan kecepatan yang cocok.
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. Temperatur penuangan untuk kuningan adalah antara 950 – 1100 °C.
5. 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 yang mungkin menghasilkan gas atau larut dalam logam adalah tidak dikehendaki.
6. Mampu dipakai lagi. Pasir harus dapat dipakai berulang-ulang supaya ekonomis.

## **2.5. Coran Paduan Tembaga**

Macam-macam coran paduan tembaga adalah: perunggu, kuningan, kuningan kekuatan tinggi, perunggu aluminium dan sebagainya.

### **2.5.1. Jenis-Jenis Paduan Tembaga**

Tembaga (copper) adalah salah satu logam nonferrous yang paling banyak digunakan dalam industri-industri sekarang ini, termasuk juga dalam industri pengecoran yang ada sekarang ini.

Tembaga mempunyai titik leleh pada temperatur 1.083° C dan berat jenis 8,93 gr/cm<sup>3</sup>. Tembaga umumnya mempunyai kekuatan yang rendah tetapi tembaga ini dapat diproses kembali untuk mengembalikan kekuatannya.

Paduan tembaga paling banyak digunakan didalam dunia industri karena tembaga mempunyai konduktivitas listrik dan panas yang sangat baik pula. Jumlah unsur paduan yang terdapat didalam tembaga itu tergantung dari produksinya. Semua unsur-unsur paduan dan khususnya dalam larutan padat (seperti: Al, Fe, P,

N, Sn, Zn, Ag, Cd, dll), itu semua akan mengurangi konduktivitas listrik dan panasnya. Akan tetapi hal itu akan meningkatkan kekerasan dan keuletannya.

Tembaga murni (pure copper) umumnya mempunyai komposisi dengan unsur tembaga (Cu) sebesar 99,8%, sedangkan jika paduan tembaga dengan unsur tembaga kurang dari 99,8%, maka paduan tembaga itu mempunyai istilah tersendiri sesuai dengan prosentase daripada unsur-unsur paduan yang dikandungnya.

### **2.5.2. Kuningan**

Kuningan adalah merupakan paduan tembaga yang paling banyak digunakan karena harganya yang tidak mahal, mudah dibentuk dan juga mudah untuk melakukan proses permesinan. Selain itu kuningan juga mempunyai ketahanan tinggi terhadap lingkungan yang korosif.

Properti dari kuningan sangat bervariasi. Kekuatan dan kekerasan bergantung pada paduan dan proses pengerjaan dingin. Walaupun kuningan memiliki ketahanan yang tinggi terhadap korosi, tetapi ada dua masalah yang harus diperhatikan. Pada paduan kuningan yang memiliki kandungan seng yang tinggi, maka paduan lain yang menyusun kuningan tersebut akan berkurang dengan bertambahnya kadar seng. Untuk menanggulangi hal tersebut, maka ditambahkan paduan lain, yaitu: antimony, fosfor atau arsenik dengan jumlah antara 0,02 sampai 0,05% pada paduan kuningan tersebut.

Kuningan dengan butiran yang kecil lebih ulet dibandingkan dengan kuningan yang memiliki butiran yang besar. Tetapi butiran yang besar ini memiliki permukaan yang lebih halus dan hanya memerlukan sedikit proses pemolesan. Campuran besi pada kuningan akan memperkecil butiran dan memudahkan untuk proses forging, tetapi sulit untuk proses permesinan. Penambahan sedikit kadar silicon akan meningkatkan kekuatan, tetapi kalau dalam kadar yang terlalu tinggi akan mengakibatkan kegetasan, pengurangan kekuatan dan akan menyebabkan reaksi dengan oksigen. Penambahan nikel akan meningkatkan kekuatan dan ketangguhan dari kuningan.

Coran kuningan dipakai untuk bagian-bagian pompa, logam bantalan, bambung, roda gigi dan sebagainya. Kuningan dengan kadar tin 1,0-1,5 % disebut

kuningan kapal (*naval brass*) mempunyai ketahanan tinggi terhadap korosi air garam.

Tabel 2.2. menjelaskan identitas paduan tembaga berdasarkan standar UNS (Unified Numbering System). Didalam tabel tersebut, paduan tempa oleh UNS diberikan nomor identitas dari C10000 sampai C79999, dan untuk paduan *casting* diberikan nomor identitas C80000 sampai C99999. Klasifikasi paduan tembaga dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 2.2. Penomoran Paduan Tembaga

Generic name	UNS No.	Composition
Wrought alloys		
Coppers	C10100-C15760	>99% Cu
High-copper alloys	C16200-C19600	>99% Cu
Brasses	C20500-C28580	Cu-Zn
Leaded brasses	C31200-C38590	Cu-Zn-Pb
Tin brasses	C40400-C49080	Cu-Zn-Sn-Pb
Phosphor bronze	C50100-C52400	Cu-Su-P
Leaded phosphor bronze	C53200-C54800	Cu-Sn-Pb-P
Copper-phosphorus and copper-silver-phosphorus alloys	C55180-C55284	Cu-P-Ag
Aluminium bronzes	C60600-C64400	Cu-Al-Ni-Fe-Si-Sn
Silicon bronzes	C64700-C66100	Cu-Ni-Zn
Other copper-zinc alloys	C66400-C69900	...
Copper-nickels	C70000-C79900	Cu-Ni-Fe
Nickel silvers	C73200-C79900	Cu-Ni-Zn
Cast alloys		
Copper	C80100-C81100	>99% Cu
High-copper alloys	C81300-C82800	>94% Cu
Red and leaded red brasses	C83300-C85800	Cu-Zn-Sn-Pb (75-89%)
Yellow and leaded yellow brasses	C85200-C85800	Cu-Zn-Sn-Pb (57-74%)
Manganese bronzes and leaded manganese bronzes	C86100-C86800	Cu-Zn-Mn-Fe-Pb
Silicon bronzes, silicon brasses	C87300-C87900	Cu-Zn-Si
Tin bronzes and leaded tin bronzes	C90200-C94500	Cu-Sn-Zn-Pb
Nickel-tin bronzes	C94700-C94900	Cu-Ni-Sn-Zn-Pb
Aluminium bronzes	C95200-C95810	Cu-Al-Fe-Ni
Copper-nickels	C96200-C96800	Cu-Ni-Fe
Nickel silvers	C97300-C97800	Cu-Ni-Zn-Pb-Sn
Leaded coppers	C98300-C98800	Cu-Pb
Special alloys	C99300-C99750	...

Sumber: Davis, J.R., *Metal Handbook Desk Edition Second Edition*. ASM International 2003, p 519

## 2.6. Besi Tuang

Besi tuang pada dasarnya adalah paduan antara besi dan karbon, dengan kadar karbon yang lebih tinggi, biasanya 2,5 % – 4,0 %. Besi tuang dapat dikelompokkan menjadi empat bagian:

- Besi tuang putih (*white cast iron*)  
Besi tuang ini jarang dipergunakan karena sangat keras, getas dan sulit di-*machining*. Biasanya besi tuang ini digunakan untuk bahan dasar pembuatan besi tuang mampu tempa.
- Besi tuang mampu tempa (*malleable cast iron*)  
Besi tuang ini memiliki keuletan yang cukup tinggi. Besi tuang ini dibuat dengan memanaskan kembali besi tuang putih pada temperatur yang cukup tinggi selama beberapa waktu.
- Besi tuang kelabu (*gray cast iron*)  
Besi tuang ini kekuatan tariknya tidak begitu tinggi dan keuletannya juga rendah sekali sehingga tidak dapat dibentuk dengan cara selain penuangan dan *machining*.
- Besi tuang nodular (*nodular cast iron*)  
Besi tuang ini memiliki keuletan dan ketangguhan yang lebih tinggi dari besi tuang kelabu biasa. Besi tuang nodular makin banyak menggantikan besi tuang kelabu.

## 2.7. Aluminium

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 mg/m<sup>3</sup>, sehingga walaupun kekuatannya rendah tapi *strength to weight ratio*-nya masih lebih tinggi daripada baja.

Aluminium murni memiliki sifat mampu cor dan sifat mekanis yang jelek oleh karena itu digunakan paduan aluminium karena akan memperbaiki sifat mekanis dengan menambah paduan seperti: Cu, Mg, Si, Zn dan sebagainya. Aluminium paduan dapat digunakan untuk produk cor (*casting product*) atau produk tempa

(*wrought product*). Biasanya untuk produk cor menggunakan lebih banyak aluminium paduan daripada produk tempa.

## 2.8. Pola

Pola yang dipergunakan untuk pembuatan cetakan benda coran dapat digolongkan menjadi pola logam dan pola kayu (termasuk pola resin). Pola logam dipergunakan untuk menjaga ketelitian benda coran, terutama dalam masa produksi, sehingga unsur pola dapat lebih lama dan produktivitas tinggi.

Bahan dari pola logam dapat bermacam-macam sesuai dengan penggunaannya. Sebagai contoh logam tahan panas seperti : besi cor, baja cor dan paduan tembaga adalah cocok untuk pola pada pembuatan cetakan kulit, sedangkan paduan ringan, adalah mudah diolah dan pilih untuk pola yang dipergunakan pada masa produksi dimana cetakan dibuat dengan tangan.

Faktor penting untuk menetapkan macam pola adalah proses pembuatan cetakan dimana pola tersebut dipakai dan yang lebih penting lagi pertimbangan ekonomi yang sesuai dari jumlah dari biaya pembuatan cetakan dan biaya pembuatan pola.

Adapun persyaratan yang harus dipenuhi oleh bahan pembuat pola adalah sebagai berikut:

- 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) Kemungkinan 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 2.3. memberikan harga-harga untuk tambahan penyusutan yang terjadi pada berbagai jenis logam.

### 2.8.1. 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.

### 2.8.2. 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. dibawah ini 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: Sumber: Jain. P. L., *Principles of Foundry Technology second edition*.

New Delhi, p 9

### 2.8.3. Pola Resin Sintetis

Dari berbagai macam resin sintetis, hanya resin Epoksi-lah yang banyak dipakai. Ia mempunyai sifat-sifat: penyusutan yang kecil pada waktu mengeras, tahan aus yang tinggi, memberikan pengaruh yang lebih baik dengan menambah pengencer, zat pemlastis atau zat penggemuk menurut penggunaannya.

Resin polistirena (polistirena berbusa) dipakai sebagai bahan untuk pola yang dibuang setelah dipakai dalam cara pembuatan cetakan yang lengkap. Pola dibuat dengan menambahkan zat pembuat busa pada polistirena untuk membuat berbutir, bentuk dan membuat busa. Berat jenisnya sangat kecil yaitu 0,02-0,04

dan resin ini mudah dikerjakan, tetapi tidak dapat menahan penggunaan yang berulang-ulang sebagai pola.

Resin epoksi dipakai untuk coran yang kecil-kecil dari satu masa produksi. Terutama sangat memudahkan bahwa rangkapnya dapat diperoleh dari pola kayu atau pola plester.

Berdasarkan konstruksinya pola dapat diklasifikasikan menjadi dua macam yaitu :

1. Pola *Single Loose* (Pola Tunggal)

Merupakan pola dimana konstruksinya paling sederhana, digunakan untuk produksi terbatas dan untuk ukuran yang besar. Pola jenis ini tidak mempunyai saluran pengecoran, *riser* ataupun *sprue*.

2. Pola *Match-Plate*

Adalah pola dimana bagian *cope* dan *drag*, terikat pada masing-masing sisi dari *match-plate*. *Match-plate* kemudian dipasang pada rangka cetak sehingga memungkinkan rongga cetak bagian atas dan bagian bawah dapat terpasang secara tepat dan presisi.

3. Pola yang terpisah antara *cope* dan *drag* (Pola Belah)

Pola belah merupakan pola yang dibelah menjadi dua bagian, tepat pada bidang pemisah (*parting line*). Pola bagian bawah diletakkan pada rangka cetak bawah (*drag*), sedangkan pola bagian atas diletakkan pada bagian atas rangka cetak (*cope*). Pola ini digunakan untuk meningkatkan kecepatan produksi, karena pola ini memungkinkan sekelompok orang membuat rongga cetak bagian *cope*, sementara sekelompok orang yang lain membuat rongga cetak bagian *drag* secara bersamaan. Pada saat akan di cor, letak pola bagian atas disesuaikan terlebih dahulu dengan pola bagian bawah guna mendapatkan rongga cetak yang sesuai dengan produk yang akan dibuat.

## 2.9. Inti (*Core*)

Core adalah bagian yang terbuat dari pasir atau logam yang dimasukkan kedalam cetakan untuk membentuk suatu rongga pada cetakan, atau bagian dari cetakan yang tidak dapat dibentuk oleh pola (*pattern*).

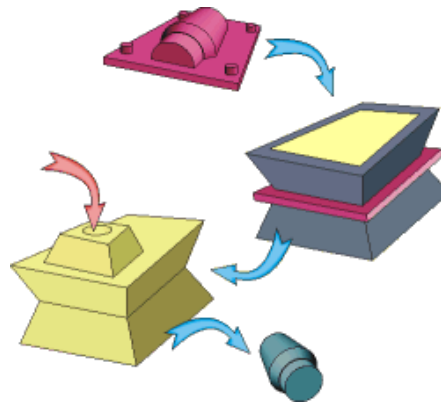
Karakteristik dari core adalah:

1. *Core* harus keras dan memiliki kekuatan pada keadaan kering dan lembab. tanpa keadaan diatas *core* tidak dapat dipakai dan tidak dapat bertahan terhadap logam cair.
2. *Core* harus memiliki permeabilitas yang baik supaya gas yang terdapat didalamnya dapat keluar secara mudah.
3. *Core* harus dapat bertahan pada temperatur logam cair yang tinggi.
4. Inti pasir seharusnya memproduksi gas yang minimum ketika bersentuhan dengan logam cair, sehingga sifat permeabilitas yang sangat tinggi tidak diperlukan dan kekuatan yang sangat baik diperlukan untuk *core* tersebut.
5. Pada waktu penyiapan *core* seharusnya *core* tersebut mudah dihancurkan sehingga setelah logam cair menjadi padat *core* dapat dihancurkan dengan mudah. Apabila *core* tidak dapat dihancurkan maka akan sangat sulit dikeluarkan dari cetakan.

#### **2.10. Menetapkan *Cope*, *Drag* dan Permukaan Pisah**

Penentuan kup, drag dan permukaan pisah (Gambar 2.2) adalah hal yang paling penting untuk mendapatkan coran yang baik. Hal mana membutuhkan pengalaman yang luas dan pada umumnya harus memenuhi ketentuan-ketentuan dibawah ini :

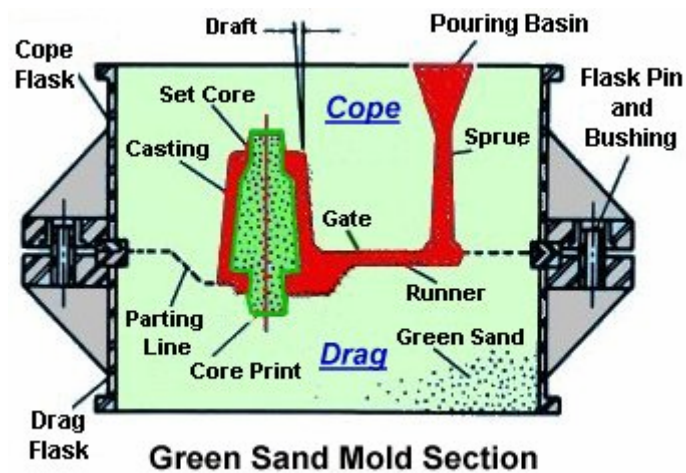
1. Pola harus lebih mudah dikeluarkan dari cetakan. Permukaan pisah lebih baik satu bidang. Pada dasarnya kup dibuat agak dangkal.
2. Penempatan inti harus mudah. Tempat inti dalam cetakan utama harus ditentukan secara teliti.
3. Sistem saluran harus dibuat sempurna untuk mendapatkan aliran logam cair yang optimum.
4. Terlalu banyak permukaan pisah akan mengambil banyak waktu dalam proses pembuatan cetakan yang menyebabkan tonjolan-tonjolan sehingga permukaan pola menjadi lebih mahal. Penghematan jumlah permukaan pisah itu harus dipertimbangkan.



Gambar 2.2. Kup, Drag dan Permukaan Pisah

### 2.11. Sistem Saluran

Sistem saluran adalah jalan masuk bagi cairan logam yang dituangkan ke dalam rongga cetakan. Tiap bagian diberi nama, dari mulai cawan tuang dimana logam cair dituangkan dari ladle, sampai saluran masuk ke dalam rongga cetakan. Nama-nama itu adalah : cawan tuang, saluran turun, pengalir dan saluran masuk, yang dapat dilihat pada Gambar 2.3 dibawah ini.



Gambar 2.3. Sistem Saluran

Keterangan dari Bagian-bagian Sistem Saluran:

1. Cawan tuang atau *Pouring Basin* : cawan tuang merupakan penerima yang menerima cairan logam langsung dari ladle, dan biasanya berbentuk corong atau cawan dengan saluran turun dibawahnya. Cawan tuang harus mempunyai konstruksi yang tidak dapat melakukan kotoran yang terbawa

dalam logam cair dari ladle. Oleh karena itu cawan tuang tidak boleh terlalu dangkal.

2. Saluran turun atau *Sprue*: saluran turun adalah saluran yang pertama yang membawa cairan logam dari cawan tuang kedalam pengalir dan saluran masuk. Saluran turun dibuat lurus dan tegak dengan irisan berupa lingkaran. Kadang-kadang irisannya sama dari atas sampai bawah, atau mengecil dari atas sampai bawah. Yang pertama dipakai kalau dibutuhkan pengisian yang cepat dan lancar, sedangkan yang kedua dipakai apabila diperlukan penahanan kotoran sebanyak mungkin. Saluran turun dibuat dengan melubangi cetakan dengan mempergunakan satu batang atau dengan memasang bumbung tahan panas.
3. Pengalir atau *Runner*: adalah saluran yang membawa logam cair dari saluran turun kebagian-bagian yang cocok kedalam cetakan. Pengalir sebaiknya sebesar mungkin untuk melambatkan pendinginan logam cair.
4. Saluran masuk atau *Gate* : saluran yang mengisikan logam cair kedalam rongga cetakan. Saluran masuk dibuat dengan irisan yang lebih kecil daripada irisan pengalir, agar dapat mencegah kotoran masuk kedalam rongga cetakan.

Syarat-syarat yang harus dimiliki oleh sistem saluran, antara lain [5]:

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

- 6) Sistem saluran 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*.

Tujuan dari cawan tuang adalah membantu sistem aliran cairan logam untuk mengalir sebaik mungkin. Cawan ini diharapkan besar dan ditempatkan cukup dekat dengan tepi kerangka cetak, agar proses penuangan dapat berlangsung dengan cepat. Pada saat penuangan berlangsung, cawan ini diharapkan selalu dipertahankan penuh, dengan tujuan agar logam cair masuk secara merata ke rongga cetakan dan menghindari terjadinya pembekuan terlebih dahulu pada *gate*.

*Sprue* cukup kecil untuk dapat mempertahankan *sprue* terisi penuh cairan logam selama proses penuangan dan 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 selembur kawat dengan salah satu ujungnya sebagai penitik dan ujung lainnya sebagai pemegang. Dengan adanya *venting* pada cetakan pasir, maka cacat pada produk cor yang disebabkan oleh gas dan udara yang terperangkap dapat diminimalkan, cacat yang terjadi biasanya cacat porositas, *blowhole*, dan *pinhole*.

## 2.12. Perhitungan Dimensi Sistem Saluran

Faktor-faktor yang mempengaruhi dalam proses pengecoran dan dimensi sistem saluran yang perlu diperhitungkan adalah sebagai berikut:

- 1) Menentukan berat produk cor.
- 2) Menentukan laju penuangan logam cair.

Laju penuangan dengan notasi  $R$  dapat dirumuskan sebagai berikut:

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

Harga dari  $b$  tergantung dari tebal dinding seperti terlihat pada tabel 2.4. dibawah ini:

Tabel 2.4. Nilai  $b$

Tebal dinding	Nilai $b$
Dibawah 6 mm	0,99
6-12 mm	0,84
Diatas 12 mm	0,47

Sumber: Jain. P. L (1986). *Principles of Foundry Technology* (2nd ed). p. 131

- 3) Menghitung 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:

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

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

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

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

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

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

Dimana  $d$  adalah *density* dari logam yang digunakan.

- 6) Menghitung luas *runner* dan *gate* dengan menggunakan *gating ratio* yang artinya perbandingan luas antara *sprue*, *runner*, dan *gate*. *Gating ratio* yang digunakan adalah 3:1:1.

- 7) Menghitung *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:

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