

**MODUL PRAKTIKUM
PROSES MANUFAKTUR II**



LABORATORIUM PENGECORAN LOGAM



**KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
MALANG
2019**

PL I

PENGUJIAN KOMPOSISI PASIR CETAK

1.1 Pengujian Kadar Air Pasir Cetak

1.1.1 Tujuan Pengujian

- Praktikan mengetahui dan memahami kadar air pasir cetak
- Praktikan mampu melakukan dan menganalisis hasil pengujian kadar air pasir cetak

1.1.2 Dasar Teori

1.1.2.1 Kadar Air

Kadar air merupakan jumlah air yang terkandung di dalam pasir cetak dan dinyatakan dalam persentase (%). Kadar air yang biasa ditemukan pada pasir cetak berkisar antara 1,5% - 8%, air dapat mengaktivasi pengikat pada pasir, yang menyebabkan campuran (lempung dan pasir) dapat meningkatkan plastisitas dan kekuatan. (Heine 2001,p.88)

Nyatakan perbedaan antara berat mula dan berat akhir pada temperatur kamar dan nyatakan perbandingan antara harga tersebut dengan berat mula dalam prosentase. Harga ini berarti harga kadar air bebas. (Surdia dan Chijiwa 1991,p.118). Sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \% \dots\dots\dots(1-1)$$

Keterangan:

Berat awal : berat pasir basah (gram)

Berat akhir : berat pasir kering (setelah dilakukan pemanasan) (gram)

1.1.2.2 Macam-Macam Air pada Pasir Cetak

a. Air Terikat

Air terikat yaitu air yang berfungsi sebagai aktivator bentonit. Bentonit yang sudah teraktivasi akan mengikat butiran pasir. (Kasih sumber POMC)



b. Air Bebas

Air bebas yaitu air yang kehilangan fungsi sebagai aktivator bentonit. Air bebas berfungsi untuk meningkatkan kekuatan tekan kering dan plastisitas atau deformasi. (POMC 111:)

1.1.2.3 Penguapan Kadar Air Pasir Cetak

Penguapan kadar air pasir cetak adalah banyaknya kandungan air dalam pasir cetak yang berubah fase dari cair ke gas. Sedangkan laju penguapan pasir cetak adalah kecepatan air menguap pada pasir cetak dalam interval waktu tertentu.

$$\text{laju penguapan} = \frac{\text{penguapan rata - rata}}{\text{waktu pemanasan}}$$

$$\text{penguapan rata - rata} = \frac{\text{jumlah penguapan}}{\text{jumlah spesimen}}$$

1.1.2.4 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Penguapan Kadar Air

a. Waktu pemanasan (menit)

Dengan semakin lama waktu pemanasan maka kadar air yang menguap akan semakin besar. Bila pemanasan pada waktu tertentu, penguapan terjadi semakin konstan. Hal ini di karenakan kadar air dalam pasir cetak telah habis menguap disebabkan semakin lama waktu pemanasan maka jumlah kalor yang di distribusikan semakin meningkat.

b. Temperatur pemanasan (°C)

Semakin tinggi temperatur pemanasan, maka kadar air yang diuapkan makin besar diakarenakan jumlah kalor yang diberikan yang meningkat seiring meningkatnya temperatur dan sebaliknya tergantung pada tinggi atau rendahnya temperatur pemanasan.

c. Luas penampang permukaan pasir cetak

Bila semakin besar ukuran luas penampang permukaan pasir cetak dari pasir cetak, maka penguapan semakin cepat dikarenakan luasan penampang yang terdistribusikan kalor semakin meluas.



d. Ukuran dan bentuk butir

Semakin besar ukuran pasir, celah antara butir akan semakin besar, sehingga uap air akan mudah keluar saat pemanasan. Karena rongga antar butir yang terbentuk lebih besar sehingga laju penguapannya lebih tinggi. Dan bila butir pasir kecil, maka celah butir antar pasir kecil dan uap air akan sulit untuk keluar.

e. Kelembapan udara

Tingkat kelembapan udara berpengaruh terhadap pengujian kadar air pasir cetak. Semakin tinggi kelembapan udara di lingkungan, maka semakin sulit penguapan yang terjadi dikarenakan uap air yang terkandung di lingkungan menghalangi penguapan yang terjadi.

f. Tekanan Udara

Semakin tinggi tekanan udara maka laju penguapan semakin lambat, sebaliknya jika tekanan udara rendah maka penguapan yang terjadi semakin cepat, karena tekanan udara berpengaruh terhadap titik didih air yang akan menguap.

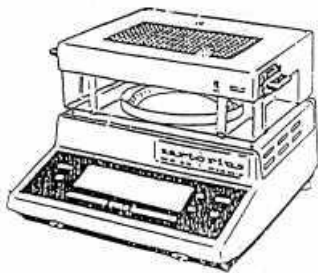
1.1.3 Pelaksanaan Pengujian

1.1.3.1 Alat Dan Bahan

1. *Moisture Analyzer*

Alat ini digunakan untuk mengukur kandungan kadar air pasir cetak seperti yang terlihat pada gambar 1.1. Spesifikasi alat:

Merk : Saitorius
Voltase : 100-120/220-290 VAC
Model : MA 30
Frekuensi : 50-60 Hz
Arus : 3,3 A / 1,6 A



Gambar 1.1 Moisture Analyzer

Sumber: Laboratorium Pengecoran Logam Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya



2. Timbangan Elektrik

Alat ini digunakan untuk mengukur berat pasir cetak sebelum dan sesudah diukur kadar airnya seperti yang terlihat pada gambar 1.2, berikut spesifikasinya :

Merk : Melter

Frekuensi : 50-60 Hz

Type : PJ 3000

Voltase : 100-120V 80mA / 200-240V 45mA



Gambar 1.2 Timbangan Elektrik

Sumber: Laboratorium Pengecoran Logam Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

3. Cawan

Alat ini digunakan untuk tempat spesimen seperti yang terlihat pada gambar

1.3. Spesifikasi:

Tipe Produk : *Weighing dish*

Diameter : 90 mm

Kapasitas : 80 ml



Gambar 1.3 Cawan

Sumber: Laboratorium Pengecoran Logam Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya



Bahan yang digunakan dalam pengujian ini adalah pasir cetak yang terdiri dari pasir silika dan pengikat.

1.1.3.2 Urutan Kerja Pengujian

Urutan kerja dalam pengujian kadar air adalah sebagai berikut :

1. Buat pasir cetak seberat 25 gram sebanyak 3 buah sebagai spesimen. Dengan komposisi yang telah ditentukan.
2. Nyalakan *Moisture Analyzer* menekan tombol ON/OFF sampai terdengar bunyi alarm.
3. Masukkan cawan pertama kedalam alat penentu kelembapan kemudian atur pada suhu sampai 110° C selama 10 menit
4. Mengatur temperatur dengan menekan tombol F1 dan tekan F1 untuk menaikkan suhu sampai 110° C kemudian tekan ENTER.
5. Mengatur waktu pemanasan dengan menekan tombol F2 dan tekan F1 untuk menaikkan waktu sampai 10 menit kemudian tekan ENTER.
6. Tekan ENTER untuk menghilangkan TAR lalu letakkan spesimen di cawan.
7. Tutup penutup *Moisture Analyzer* kemudian tekan ENTER untuk eksekusi.
8. Catat kandungan kadar air yang terbaca pada alat ukur tiap menitnya.
9. Setelah terdengar alarm ukurlah berat akhir pasir cetak setelah dikeringkan dengan tombol CF.
10. Ulangi langkah 3 – 9 untuk cawan berikutnya.



1.2 Pengujian Kadar Pengikat

1.2.1 Tujuan Pengujian

1. Praktikan mengetahui persentase kadar pengikat dalam pasir cetak.
2. Praktikan mampu melakukan dan menganalisis hasil pengujian kadar pengikat pasir cetak.

1.2.2 Dasar Teori

1.2.2.1 Definisi dan Fungsi Kadar Pengikat

Kadar pengikat adalah jumlah pengikat yang terkandung dalam pasir cetak dan dinyatakan dalam persentase. Pengikat dapat mengikat pasir sehingga mempunyai plastisitas dan memudahkan dalam pembuatan cetakan dengan meningkatkan kekuatan (Heine, 1976, p.86) yang biasanya berukuran kurang lebih 20 μm atau 0.0008 inch. (Heine, 1976, p.100).

Kadar pengikat dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Kadar pengikat (\%)} = \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \% - \text{Kadar air} \quad (1-2)$$

Keterangan:

Berat awal : berat pasir sebelum dilakukan pengujian (gram)

Berat akhir : berat pasir setelah dilakukan pengujian (gram)

Sumber: Laboratorium Pengecoran Logam Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya



1.2.2.2 Macam-Macam Pengikat

Terdapat macam-macam jenis pengikat, tergantung dari komposisinya, suhu yang dapat diterima, dan lain sebagainya. Untuk klasifikasi dari pengikat, dapat dilihat pada tabel 1.4 dibawah ini.

Tabel 1.4
Macam-macam Pengikat

Clay mineral type	Composition type	Base exchange	Refractori-ness (softening point)	Swelling due to water	Shrinkage due to loss of water	Particle size and shape
Montmorillonite Class IA, western bentonite Source: Wyoming, South Dakota, Utah	$(OH)_2Al_2Si_4O_{10} \cdot nH_2O$ Ex: 90% montmorillonite, 10% quartz, feldspar, mica, etc.	High. Na is adsorbed ion, pH = 8-10	2100-2450 F	Very high, gel-forming	Very high	Flake size of less than 0.00001 in.
Montmorillonite Class IB, southern bentonite Source: Mississippi	$(OH)_2Al_2Si_4O_{10} \cdot nH_2O$ Ex: 85% montmorillonite 15% quartz, limonite, etc.	High. Ca is adsorbed ion, pH = 4-6.50	1800 F+	Slight, little tendency to gel	Very high	Flake size of less than 0.00001 in.
Kaolinite Class IV, fire clay Source: Illinois, Ohio	$(OH)_2Al_2Si_2O_7$ Ex: 50% kaolinite, 30% illite, 10% quartz, etc.	Very low	3000-3100 F	Very low, non-gel-forming	Low	Fire clays are often ground and therefore may be relatively coarse or may be ground to a flour
Illite Class III, grundite Source: Grundy, Ill.	$(OH)_2K_2(Al,Fe,Mg,Mg_2)(Si_3-4,Al_1)O_{10}$	Moderate	2500 F±	Low, non-gel-forming	Moderate	

* Adapted from R. E. Grim and F. L. Cuthbert.²

Sumber : Heine (1987 : 89)

Berdasarkan jenisnya, secara umum pengikat dibedakan ke dalam 2 jenis yaitu lempung dan semen. Pada proses pengecoran logam ada dua buah tipe lempung yang digunakan, *kaolinites* atau *fireclay* dan *montmorillonites* atau bentonit. Jenis lempung bentonit adalah “western atau sodium bentonite” dan “southern atau kalsium bentonit”. Tiap tipe dari lempung tersebut memiliki sifat spesifik yang membuatnya berguna bagi pengecor. Juga biasanya kombinasi dari masing-masing tipe lempung ini digunakan untuk mencapai sifat terbaik yang merupakan gabungan dari tiap-tiap lempung.

1. Fireclay

Fireclay secara alami dapat ditemukan pada ikatan pasir cetak. Umumnya digunakan pada pasir cetak *compound* untuk menghasilkan kekuatan tekan yang tinggi atau untuk membuat pasir cetak kurang sensitif terhadap beragam tingkat kandungan kelembapan. *Fireclay* hanya memiliki $\frac{1}{3}$ hingga $\frac{1}{5}$ kekuatan ikatan dari bentonite dan membutuhkan campuran air lebih banyak. Sebuah campuran *fireclay*



biasanya terkandung kira-kira 12 % hingga 15 % dari berat pengikat dan 5 % hingga 8 % air untuk kekuatan maksimum yang didapatkan. *Fireclay* memiliki titik lebur pada 3100 °F. (Chastain 2004, p.145)

2. Bentonit

Bentonit yang mengikat pasir biasanya memiliki kandungan berkisar antara 3% hingga 6% dari pengikat dengan 2 ½ % hingga 4% air.

A. *Western bentonite*

Adalah pengikat yang mengembang sebesar 10 hingga 20 kali dari volume aslinya. Dia juga memiliki kekuatan kering yang tinggi sehingga dapat mencegah *cutting* dan erosi pada cetakan saat logam cair melewatinya. (Tambah tekan panas sekitar 80 psi). *Western bentonit* memiliki “*flowability*” yang lebih rendah atau lebih lengket dan kaku daripada pasir cetak dengan lempung *southern bentonit*. Campuran *Western bentonite* memiliki *green deformation (rubbery)* yang lebih tinggi, sehingga pola lebih mudah dilepaskan (diangkat) dari pasir cetak. *Western bentonit* memiliki kecenderungan untuk berbentuk *clay balls*. Titik lebur dari *western bentonit* berkisar 2100 °F hingga 2450 °F. (Chastain 2004, p.145)

B. *Southern bentonite*

Southern bentonit memberi *flowability* yang tinggi terhadap pasir cetak. Dia memiliki kemampuan tekan basah lebih tinggi dari *western bentonite* tetapi kekuatan panasnya dibawah 40 psi. Kekuatan panas yang lebih rendah dapat mengurangi retak pada saat coran mengalami pendinginan. Pemisahan dan pembersihan dari benda cor lebih mudah daripada *western bentonit*. Titik lebur dari *southern bentonit* adalah 1800 °F. (Chastain 2004, p.145)

1.2.3 Pelaksanaan Pengujian

1.2.3.1 Alat dan Bahan Yang Digunakan

A. Alat-alat yang digunakan.

1. Kompor Listrik

Alat ini digunakan untuk mengeringkan spesimen seperti yang terlihat pada gambar 1.8.

Merk : Maspion (tipe 1)

Daya : 300 – 600 W



Berat : 3 Kg
Dimensi (PxLxT) : 24x22x4 (cm)
Sistem pemanasan dengan elemen koil, bodi plat besi



Gambar 1.8 Kompor Listrik

Sumber: Laboratorium Pengecoran Logam Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

2. Timbangan elektrik

Alat ini digunakan untuk menimbang spesimen sebelum dan sesudah dikeringkan. (Untuk spesifikasi dan gambar dapat dilihat pada gambar 1.2 dan penjelasannya).

3. Panci

Digunakan untuk tempat menghilangkan lempung pada pasir cetak dan untuk mengeringkan pasir pada kompor listrik seperti yang terlihat pada gambar

1.9. Spesifikasi :

Bahan : Aluminium
Berat : 400 g
Diameter : 25 cm
Tinggi : 14 cm
Tebal : 1 mm



Gambar 1.9 Panci

Sumber: Laboratorium Pengecoran Logam Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya



4. Gelas ukur

Alat ini digunakan untuk mengukur volume larutan yang dipakai seperti yang terlihat pada gambar 1.10. Spesifikasi:

Kapasitas	: 250 ml
Tinggi	: 32 cm
Diameter	: 4 cm
Tebal	: 1,5 mm
Bahan	: Glass



Gambar 1.10 Gelas Ukur

Sumber: Laboratorium Pengecoran Logam Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

B. Bahan – bahan yang digunakan.

Bahan yang digunakan untuk pengujian kadar pengikat antara lain :

- Pasir cetak seberat 100 gr.
- NaOH 2,5 gram.
- Air sebanyak 950 ml.

1.2.3.2 Urutan Kerja Pengujian

Urutan kerja pengujian kadar pengikat pada pasir cetak adalah :

1. Timbang pasir cetak seberat 100 gr sebagai spesimen.
2. Larutkan pasir di dalam 950 ml air pada panci.
3. Tambahkan NaOH sebanyak 2,5 gr
4. Aduk campuran tersebut dan biarkan sampai pasir mengendap.
5. Buang airnya sebanyak $\frac{5}{6}$ dari tinggi permukaan air. Ingat : Jangan Sampai Pasir Ikut Terbuang.



6. Tambahkan airnya hingga seperti semula dan ulangi langkah kerja 4, 5, 6 dan diamkan selama 5 menit hingga airnya jernih.
7. Panaskan pasir cetak dalam panci dengan kompor listrik pada daya 600 Watt.
8. Aduk pasir hingga kering.
9. Timbang pasir cetak kering tersebut dan catat hasilnya.
10. Hitung kadar pengikat dengan rumus di bawah ini:

$$\text{Kadar Pengikat} = \frac{\text{berat awal} - \text{berat akhir}}{\text{berat awal}} \times 100\% - \text{kadar air}$$



1.3 Pengujian Distribusi Besar Butir Pasir Cetak

1.3.1 Tujuan Praktikum

1. Praktikan mengetahui besar butir pasir melalui nomor kehalusan.
2. Praktikan mampu menganalisis dan melakukan pengujian distribusi besar butir pasir cetak.

1.3.2 Dasar Teori

1.3.2.1 Definisi Pasir

Pasir adalah partikel granular dari SiO_2 , yang pada prinsipnya 50-95% dari total material pada pasir cetak. Pada macam-macam pasir cetak, butir pasir dapat dibedakan dengan cara di bawah ini:

1. Ukuran butir rata-rata, distribusi besar butir dan bentuk butir
2. Komposisi Kimia
3. Kemampuan tahan panas dan stabilitas thermal

(Heine, 1987, p.85)

Tabel 1.7

Komposisi Kimia Pasir Cetak

Table 5.1 Chemical composition of typical sands

Constituents	Washed silica sand*	Washed and dried silica †	Typical bank sand ‡	Western bentonite bonded siliceous sand §		Typical lake sand
				New	Used	
Loss on ignition, %			1.02	0.28	0.12	0.80
C, %				0.13	0.59	
Free iron, %					0.97	
Ferrous iron, %				0.44	0.68	
Ferric iron, %				0.00	0.12	
Total iron, %	0.10			0.44	1.77	
Al_2O_3 , %	0.39			1.32	0.63	
SiO_2 , %	99.08	99.80+	92.09	95.79	95.54	95.0+
TiO_2 , %	0.43					
Total $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$, %			6.09			2.0
CaO, %			0.58			0.60
Alkali, %						0.20
MgO, %			0.22			0.40

Sumber: Heine (1955:86)

1.3.2.2 Macam-macam Pasir

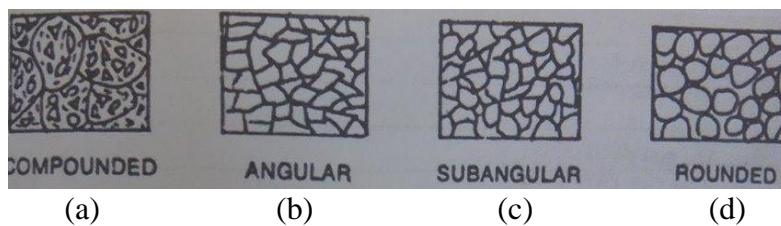
Pasir cetak yang paling lazim adalah pasir gunung, pasir pantai, pasir sungai, dan pasir silica yang disediakan alam. Beberapa dari mereka dipakai begitu saja (langsung) dan yang lain dipakai setelah dipecah menjadi butir-butir dengan ukuran yang cocok



(tidak langsung). Pasir langsung mempunyai kadar lempung yang cocok dan bersifat adhesi sehingga dapat dipakai secara langsung sebagai pasir cetak, sedangkan pasir tidak langsung belum memiliki sifat adhesi yang kurang maka masih perlu diolah dengan ditambahkan lempung atau kandungan pengikat lainnya. (Surdia dan Chijiwa 1975,p.110).

1.3.2.3 Bentuk Butiran Pasir Cetak

Dari gambar 1.11 dibawah, dapat dilihat bentuk butiran pasir cetak macamnya adalah :



Gambar 1.11 Bentuk Butiran Pasir Cetak (a) *Compounded*, (b) *Angular*, (c) *Subangular*, dan (d) *Rounded*

Sumber: P.L. Jain (1976,p.49)

1. Bentuk butir pasir bulat (*Rounded Grain*)

Butiran bulat bulat seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.11 D. Butiran ini mempunyai kontak paling sedikit saat dipadatkan.

a. Kelebihan

- Permeabilitasnya tinggi karena bentuk butiran pasir yang bulat menyebabkan banyak rongga

b. Kekurangan

- Kekuatan kurang baik, hal ini dikarenakan sudut kontak pada butir pasir bulat kecil

2. Bentuk pasir sebagian bersudut (*Subangular grain*)

Butiran pasir sebagian bersudut seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.11 C

a. Kelebihan :

- Kekuatan lebih tinggi dari butir pasir bulat, karena sudut yang ada membuat lebih sulit terjadinya slip



b. Kekurangan

- Permeabilitasnya lebih rendah dari pasir, karena rongga antar butir menjadi semakin kecil.

3. Bentuk butir pasir bersudut (*Angular grain*)

Butiran bersudut seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.11 B. Bentuk ini memiliki sisi yang bersudut dan permukaannya datar.

a. Kelebihan

- Kekuatan lebih tinggi dari butir pasir sebagian bersudut karena sudut kontak lebih besar dari butir pasir sebagian bersudut.

b. Kekurangan

- Permeabilitasnya lebih rendah dari butir pasir sebagian bersudut karena pasirnya memiliki rongga bersudut.

4. *Compound*

Butirannya bergabung dan ketika disaring, butirannya tidak bisa terpisah. Pasir *Compound* bisa terdiri dari pasir bersudut dan sebagian bersudut, seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.11 A.

a. Kelebihan

- Kekuatan tinggi karena sudut kontak paling besar

b. Kekurangan

- Permeabilitasnya buruk, karena tidak mempunyai rongga antar butiran

1.3.2.4 Distribusi besar butir pasir pada pasir cetak

Distribusi besar butir pasir adalah persebaran ukuran butiran pasir. Pada umumnya pasir tidak terdiri dari butiran-butiran dengan ukuran sama. Ukuran dan distribusi besar butir pada pasir bisa ditentukan dengan *sieve analysis test*. Distribusi ukuran butir pasir dapat dibagi menjadi 4 jenis :

- a. Distribusi ukuran butir sempit artinya susunan ukuran butir hanya terdiri dari kurang lebih 2 fraksi saja.
- b. Distribusi ukuran butir sangat sempit artinya 90% dari ukuran besar butir terdiri dari 1 fraksi saja.
- c. Distribusi ukuran butir lebar artinya susunan ukuran butir terdiri lebih kurang 3 fraksi.



d. Distribusi ukuran butir sangat lebar artinya susunan-susunan ukuran butir terdiri lebih dari 3 fraksi

Besar butir yang diinginkan adalah sedemikian sehingga dua pertiga dari butir-butir pasir mempunyai ukuran dari tiga mesh yang berurutan, dan sisanya dari ukuran mesh-mesh berikutnya. Jadi lebih baik tidak mempunyai besar butir yang seragam. (Surdia dan Chijiwa 1975,p.111)

“Mesh adalah jumlah lubang persatuan linear inch” (Heine 1955,p.102). Dalam hal ini mesh berfungsi untuk memisahkan besar ukuran pasir berdasarkan ukurannya. Berdasarkan ”*American Foundrymans Society*” maka mesh dikelompokan berdasarkan tabel berikut.

Tabel 1.8
Distribusi AFS Number

U.S. Series equivalent No.	Tyler screen scale sieves, meshes per lin in.	Openings, mm	Openings, in., ratio $\sqrt{2}$, or 1.414	Permissible variations in avg opening % \pm	Diam wire, decimal of an in.	Mesh openings, microns
4	4	4.090	0.187	3	0.065	4760
6	6	3.327	0.132	3	0.036	3327
8	8	2.302	0.0937	3	0.035	2362
12	10	1.651	0.0661	3	0.032	1651
16	14	1.167	0.0469	3	0.025	1167
20	20	0.833	0.0331	5	0.0172	833
30	28	0.580	0.0232	5	0.0125	580
40	35	0.414	0.0165	5	0.0122	414
50	48	0.295	0.0117	5	0.0092	295
70	65	0.208	0.0083	5	0.0072	208
100	100	0.147	0.0059	6	0.0042	147
140	150	0.104	0.0041	6	0.0020	104
200	200	0.074	0.0029	7	0.0021	74
270	270	0.053	0.0021	7	0.0016	53

Sumber : Heine (1955,p.102)

$$AFS\ Ne = \frac{\text{Total Produk}}{\text{Total percent retained}} = \frac{\sum(W_i \cdot M_i)}{\sum W_i} \dots\dots\dots(1-3)$$

Keterangan :

AFS Ne : Nomer kehalusan butir pasir cetak standart AFS.

Wi : Berat pasir pada ayakan ke ayakan ke-i

Mi : Multiplier ke-i

Sumber : Heine (1955,p.103)



Distribusi pasir cetak dari AFS number untuk ukuran 50 ± 1 akan melewati 100% mesh berukuran 40, akan melewati 95% mesh berukuran 50 dan sisanya akan melewati mesh ukuran 70 dan 100.

Tabel 1.9
Distribusi AFS Number

U.S. Series equivalent No. sieve	Amounts of 50-g sample retained on sieve		Multiplier	Product
	Grams	Per cent		
8.....	.....	.....	8	
12.....	.....	.....	8	
20.....	.....	.....	10	
30.....	.....	.....	20	
40.....	0.7	1.4	30	42.0
50.....	7.7	15.4	40	616.0
70.....	17.85	35.7	50	1785.0
100.....	14.2	28.4	70	1988.0
140.....	7.4	14.8	100	1480.0
200.....	1.65	3.3	145	482.0
270.....	.....	.....	200	
Pan.....	0.5	1.0	300	300.0
Total.....	50.0	100.0	...	6673.0

Sumber : Heine (1955,p.103)

Untuk butir ukuran pasir yang ukurannya sama atau lebih besar dari ukuran mesh maka pasir tersebut tidak dapat lolos dari mesh tersebut. Sehingga ratio antara ukuran pasir dan ukuran mesh "American Foundrymans Society" distandarkan berdasarkan tabel diatas maka mesh menggunakan satuan micron per inch.

1.3.2.5 Syarat Pasir Cetak

Syarat-syarat pasir cetak antara lain:

1. Mempunyai sifat mampu bentuk yang baik, pasir cetak harus mempunyai sifat ini agar memudahkan proses pembuatan cetakan, dan pasir cetak harus kuat agar saat logam cair dituang cetakan tidak rusak.
2. Permeabilitas yang cocok, agar tidak ada udara yang terjebak di dalam coran dan menyebabkan cacat pada hasil coran.
3. Distribusi besar butir yang cocok, karena berpengaruh pada hasil coran.
4. Tahan terhadap temperatur tinggi. Pasir dan pengikat harus tahan terhadap temperatur tinggi agar saat logam cair dituang ke cetakan tidak terjadi kerusakan pada pasir ceak
5. Komposisi yang cocok dari pasir karena butir pasir bersentuhan langsung dengan logam cair bersuhu tinggi. Bahan yang tercampur mungkin bisa menghasilkan gas.



6. Murah dan dapat dipakai berulang

Sumber : Surdia dan Chijiwa (1975,p.109)

1.3.3 Pelaksanaan Pengujian

1.3.3.1 Alat dan Bahan

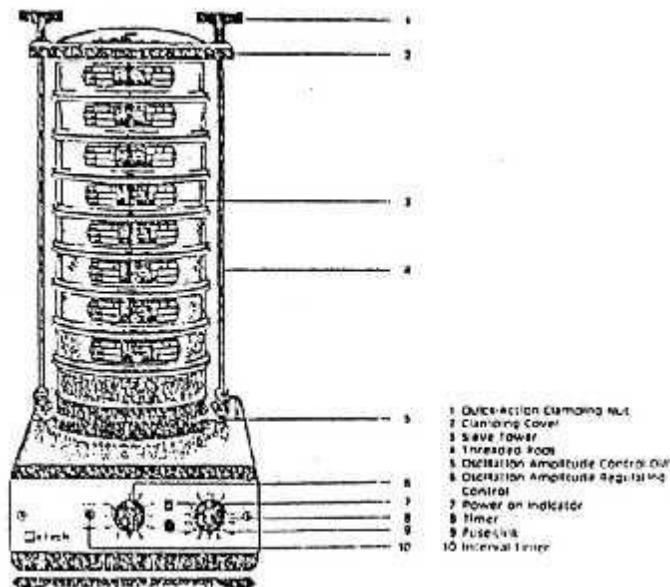
Alat-alat yang digunakan dalam pengujian ini adalah:

1. Mesin Pengguncang Rotap

Alat ini berfungsi untuk menyaring pasir seperti yang terlihat pada gambar 1.12

Spesifikasi alat

Jenis	: Rotap	Buatan	: Jerman
Tipe	: V51	Artikel	: 30 40 0010
Mesh	: Retsch	No. Seri	: 01849038
Voltase:	220 V	Frekuensi	: 50 Hz
Daya	: 430 watt		



Gambar 1.12 Mesin Pengguncang Rotap

Sumber: Laboratorium Pengecoran Logam Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

2. Timbangan Pasir Elektrik

Alat ini digunakan untuk menimbang pasir yang akan diuji. (Untuk spesifikasi dan gambar dapat dilihat pada gambar 1.3 dan penjelasannya).



3. Cawan

Alat ini digunakan untuk menampung pasir silika. (Untuk spesifikasi dan gambar dapat dilihat pada gambar 1.4 dan penjelasannya).

1.3.3.2 Urutan Kerja Pengujian Distribusi Besar Butir Pasir

Urutan kerja pengujian distribusi pasir cetak adalah:

1. Ambil pasir silika seberat 50 gr sebanyak 3 sampel
2. Susun ayakan dari bawah keatas dengan tingkat mesh semakin keatas semakin besar bukaan meshnya, kemudian letakkan pada mesin pengguncang rotap.
3. Letakkan spesimen pasir pada ayakan paling atas lalu tutup.
4. Hidupkan Mesin pengguncang rotap selama 15 menit dengan frekuensi getar 50 Hz
5. Setelah selesai timbang berat pasir yang berada di masing-masing mesh
6. Cari harga W_i dari tiap-tiap mesh yang ada dari tabel-tabel yang terlampir
7. Hitung besar nomor kehalusan pasir dalam standar AFS



PL II

PENGUJIAN KARAKTERISTIK PASIR CETAK

2.1 Tujuan Pengujian Karakteristik Pasir Cetak

1. Praktikkan mengetahui dan memahami karakteristik pasir cetak
2. Praktikkan melakukan dan menganalisis hasil pengujian karakteristik pasir cetak.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Definisi Karakteristik Pasir Cetak

Karakteristik pasir cetak adalah sifat yang khas yang dimiliki pasir cetak yang akan mempengaruhi kualitas hasil coran. Kualitas benda hasil coran dipengaruhi oleh jumlah komposisi pasir cetak, komposisi kimia, logam cair, maupun proses yang dilakukan pengujian seperti kekuatan tekan, geser, dan tarik terhadap pasir cetak sangat diperlukan untuk mengetahui sifat mekanik dari pasir cetak, sehingga dapat mengurangi resiko cacat pada hasil coran. Untuk itu diperlakukan pengujian pasir cetak secara berkala, sebab sifat-sifat pasir cetak dapat berubah-ubah akibat lingkungan misal kotoran atau suhu tinggi. Karakteristik pasir cetak ada 2, yaitu permeabilitas dan kekuatan, yang akan dijelaskan selanjutnya.

2.2.1.1 Permeabilitas

Permeabilitas adalah kemampuan suatu pasir cetak untuk dialiri fluida berupa gas melalui celah atau pori-pori antar butir pasir cetak.

Berdasarkan rumus permeabilitas, permeabilitas adalah kemampuan suatu pasir cetak pada panjang dan tinggi tertentu untuk dialiri fluida udara dengan volume tertentu tiap tekanan dan luas penampang dalam waktu tertentu. Nilai permeabilitas (P) dapat ditentukan dengan perhitungan :

$$P = \frac{V \times H}{p \times A \times T} \dots\dots\dots(2-1)$$

Dengan :

P = Permeabilitas (ml/menit)

V = volume udara (ml)

H = tinggi spesimen (cm)



P = tekanan udara (gr/cm². 1 gram = 1 cmKa)

A = luas penampang spesimen (cm²)

T = waktu (menit)

Table 5.4 Permeability test pressures and corresponding values, as obtained with orifice plates*

Pressure, g/sq cm	Permeability		Pressure, g/sq cm	Permeability	
	Small orifice, 0.5 mm	Large orifice, 1.5 mm		Small orifice, 0.5 mm	Large orifice, 1.5 mm
0.1			3.6	23.4	219
0.2			3.7	22.7	212
0.3			3.8	21.8	205
0.4	....	2450	3.9	21.0	198
0.5	....	2000	4.0	20.0	193
0.6	....	1620	4.1	19.5	185
0.7	....	1350	4.2	19.0	178
0.8	....	1200	4.3	18.4	173
0.9	....	1060	4.4	17.8	167
1.0	....	950	4.5	17.3	163
1.1	....	850	4.6	16.7	156
1.2	....	780	4.7	16.2	151
1.3	....	710	4.8	15.7	146
1.4	....	650	4.9	15.2	142
1.5	....	610	5.0	14.7	138
1.6	....	550	5.1	14.3	134
1.7	....	525	5.2	13.8	128
1.8	....	492	5.3	13.4	126
1.9	....	467	5.4	13.0	122
2.0	49	440	5.5	12.6	119
2.1	47	417	5.6	12.2	115
2.2	44	398	5.7	11.8	112
2.3	42	376	5.8	11.4	108
2.4	40	358	5.9	11.0	105
2.5	38	341	6.0	10.7	102
2.6	36	326	6.1	10.3	99
2.7	34	313	6.2	10.0	96
2.8	33	300	6.3	9.7	93
2.9	31	287	6.4	9.4	90
3.0	30	275	6.5	9.0	88
3.1	29	264	6.6	8.8	85
3.2	28	253	6.7	8.5	82
3.3	27	243	6.8	8.2	80
3.4	25.8	235	6.9	7.9	77
3.5	24.2	226	7.0	7.7	75

Gambar 2.1 Tabel Permeability Test Pressures and Corresponding Value, as Obtained with Orifice Plates

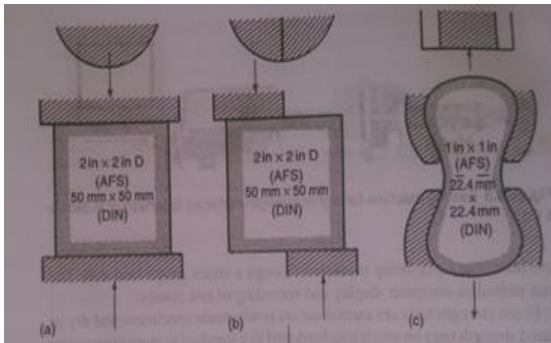
Sumber : Heine (1978,p.98)

2.2.2 Kekuatan

Kekuatan adalah kemampuan suatu bahan untuk menahan beban baik beban dinamis atau statis sehingga mencapai titik dimana tepat sebelum patah. Adapun macam-macam kekuatan :



A. Berdasarkan arah gaya (dapat dilihat pada gambar 2.2):



Gambar 2.2 (a) Gaya Tekan (b) Gaya Geser (c) Gaya Tarik
Sumber : Beeley (2001,p.186)

1. Kekuatan Tekan + ditambah penjelasan arah

Kemampuan pasir cetak dalam menahan tekanan hingga tekan maksimumnya persatuan luas penampang. Dimana arah gayanya menuju ke pusat specimen. Standar kekuatan tekan basah adalah 5 sampai 22 Psi, dan standar kekuatan tekan kering adalah 20 sampai 250 Psi. (Heine 1976,p.95)

2. Kekuatan Geser + ditambah penjelasan arah

Kemampuan pasir cetak menahan gaya geser persatuan luas spesimen. Standar kekuatan geser basah adalah 1,5 sampai 7 psi. (Heine 1976,p.95).

3. Kekuatan Tarik + ditambah penjelasan arah

Kemampuan pasir cetak menerima beban tarik persatuan luas penampang. Standar kekuatan tarik basah adalah 1 sampai 6 psi. (Heine 1976,p.95)

B. Berdasarkan kadar air :

1. Kekuatan basah

Kekuatan basah adalah kekuatan yang terdapat pada pasir cetak setelah pasir tersebut dicampur dengan air dan dalam pasir itu masih terdapat air bebas. Kekuatan basah berguna saat proses pembuatan cetakan pasir.

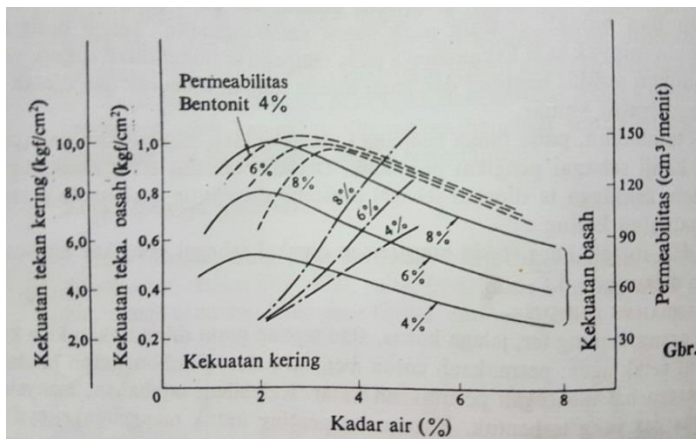
2. Kekuatan kering

Kekuatan kering merupakan kekuatan yang terdapat pada pasir cetak setelah air bebas yang terdapat pada pasir cetak telah habis setelah diberikan pemanasan. Pasir tersebut dapat memiliki kekuatan untuk menahan erosi dan tekanan statis. Kekuatan kering berguna saat proses penuangan logam cair ke cetakan.



2.2.3 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Karakteristik Pasir Cetak

1. Kadar Air



Gambar 2.3 Grafik Pengaruh Air dan Bentonit pada Pasir
Sumber : Surdia dan Chijiwa (1980,p.112)

- Pengaruh kadar air terhadap Kekuatan
 - a. Kekuatan Basah

Dari gambar 2.3, dapat dilihat pengaruh kadar air terhadap kekuatan basah yaitu semakin tinggi kadar air pada pasir cetak dengan kadar bentonit yang tetap maka kekuatannya akan meningkat sampai titik optimum. Hal ini terjadi karena pada titik optimum bentonit teraktifasi sempurna oleh air. Namun setelah melewati titik optimum kekuatan pasir akan menurun, hal ini disebabkan kadar air yang semakin banyak menyebabkan bertambahnya air bebas yang menyebabkan pasir cetak menjadi semakin encer dan mengakibatkan daya ikat menurun.

- b. Kekuatan Kering

Pengaruh kadar air terhadap kekuatan kering pada saat diberi perlakuan panas yaitu semakin tinggi kadar air pada pasir cetak dengan kadar bentonit yang tetap maka kekuatannya akan meningkat. Hal ini dikarenakan semakin banyak bentonit yang teraktifasi oleh air dan akan semakin terdistribusi merata.



- Pengaruh Kadar Air Terhadap Permeabilitas

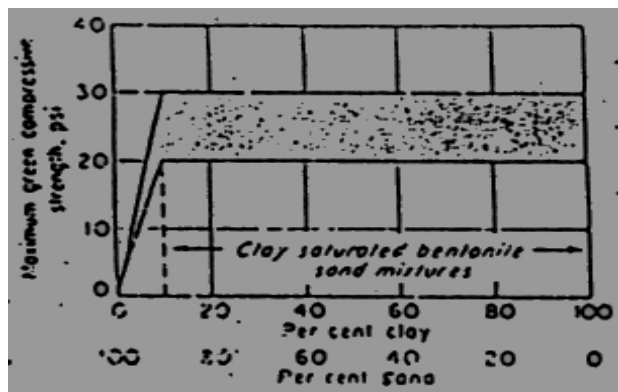
Berdasarkan Gambar 2.3 pada grafik permeabilitas, dengan kadar bentonit tetap dan kadar air meningkat, permeabilitasnya akan meningkat hingga titik maksimum dikarenakan bentonite akan semakin banyak yang teraktivasi. Tetapi setelah melewati titik maksimum, permeabilitasnya akan turun seiring dengan bertambahnya kadar air. Hal ini dikarenakan adanya air bebas yang akan menyebabkan rongga antar butir tertutup sehingga permeabilitasnya akan turun.

2. Kadar Pengikat

- Pengaruh kadar pengikat terhadap permeabilitas

Semakin tinggi kadar bentonit dengan kadar air yang tetap maka permeabilitasnya menurun. Karena semakin tinggi kadar bentonit, rongga yang terbentuk semakin sedikit akibat rongga terisi bentonit.

- Pengaruh kadar pengikat terhadap kekuatan



Gambar 2.4 Grafik Hubungan Kadar Lempung dengan Kekuatan
Sumber: Heine (1976,p.109)

Pada gambar 2.4 menjelaskan tentang grafik pengaruh pengikat dan kekuatan tekan. Seiring bertambahnya kadar pengikat maka kekuatannya juga semakin bertambah, tapi apabila jumlah pengikat telah melebihi titik *clay saturated bentonite sand mixture*, maka kekuatan cenderung konstan karena pengikat telah mengikat keseluruhan pasir dan juga dapat mengikat pengikat itu sendiri.

3. Distribusi Besar Butir Pasir Cetak

Adapun distribusi besar butir pasir secara homogen, yaitu suatu distribusi butiran pasir yang memiliki ukuran dan bentuk yang sama atau seragam. Dan heterogen yaitu suatu distribusi ukuran pasir yang memiliki ukuran dan bentuk yang



beragam dalam suatu pasir cetak. Untuk mendapatkan permeabilitas dan kekuatan yang optimal dibutuhkan distribusi yang optimal. Menurut surdia dan chijiwa distribusi yang optimal didapat dari 2/3 dari butir pasir yang mempunyai ukuran dari 3 mesh berurutan dan sisanya dari ukuran mesh berikutnya.

4. Bentuk Butir Pasir Cetak

Dari bentuk butirannya, butir pasir dibagi menjadi 4 yaitu butir pasir bulat, butir pasir sebagian bersudut, butir pasir bersudut, dan butir pasir compound. Seperti yang dijelaskan pada PL 1 pada gambar 1.12.

a. Butir Pasir Bulat

Memiliki permeabilitas tinggi karena rongga udara antar butiran besar, namun memiliki kekuatan yang rendah karena bidang kontak antar butir kecil.

b. Butir Pasir Sebagian bersudut

Memiliki permeabilitas lebih rendah dibanding butir bulat karena rongga udara antar butir lebih sempit, namun memiliki kekuatan yang lebih tinggi dari pada butir pasir bulat karena luas bidang kontakannya lebih besar.

c. Butir Pasir Bersudut

Memiliki permeabilitas lebih rendah dibanding butir sebagian bersudut karena rongga udara antar butirnya lebih sempit, namun memiliki kekuatan yang lebih tinggi daripada butir pasir bulat dan sebagian bersudut karena luas bidang kontakannya lebih besar.

d. Butir Pasir Compound

Memiliki permeabilitas paling rendah karena rongga udara antar butirnya paling sempit, namun memiliki kekuatan paling besar dari pada butir pasir yang lain karena luas bidang kontakannya paling besar.

5. Pemasakan

Semakin banyak pepadatan saat kita membuat cetakan pasir maka dapat menyebabkan jarak antar butir menjadi rapat. Hal ini dapat menurunkan permeabilitasnya, pepadatan juga mengakibatkan kekuatannya meningkat. Hal ini ditunjukkan dengan terjadinya penyempitan celah antar butir sehingga kekuatan pasir cetak semakin meningkat akibat jarak antar butiran yang lebih rapat.



2.2.4 Pengaruh Karakteristik Pasir Cetak Terhadap Hasil Coran

1. Pengaruh permeabilitas terhadap hasil coran

Jika permeabilitas pasir cetak rendah, maka akan mengakibatkan udara sulit keluar melalui celah-celah antar butir pasir cetak pada saat proses penuangan logam cair. Udara yang terjebak dalam logam cair akan menyebabkan porositas dan cacat shrinkage pada logam setelah pendinginan. Namun apabila permeabilitas terlalu tinggi udara dengan mudah keluar lewat celah butiran, namun logam cair bisa masuk ke sela-sela antar butiran sehingga mengakibatkan hasil coran yang kasar atau biasa di sebut *metal penetration*.

2. Pengaruh kekuatan pasir cetak terhadap hasil coran

a. Pengaruh kekuatan tekan

Apabila kekuatan tekan terlalu rendah, maka cetakan pasir tidak dapat menahan tekanan logam cair. Hal ini akan mengakibatkan cacat *swell*.

Apabila kekuatan tekan terlalu tinggi dapat menyebabkan cacat porositas, dikarenakan kekuatan tekan yang tinggi mengakibatkan aliran logam cair menjadi tidak beraturan akibatnya ada gelembung udara dalam logam cair.

b. Pengaruh kekuatan geser

Apabila kekuatan geser terlalu rendah, maka saat dilakukan penuangan logam cair, permukaan saluran yang memiliki kekuatan geser rendah pasir cetaknya akan ikut mengalir dengan logam cair yang melalui saluran, sehingga pasir terjebak didalam coran. Hal ini dapat mengakibatkan cacat inklusi pasir.

Apabila kekuatan geser terlalu tinggi maka hasil coran akan semakin baik dikarenakan pasir cetak mampu menahan gaya geser dari aliran logam cair.

c. Pengaruh kekuatan tarik

Apabila kekuatan terlalu tarik rendah maka ketika terjadi penyusutan logam cair, pasir cetakan tertarik oleh logam cair. Sehingga dimungkinkan akan terjadi cacat inklusi pasir.

Apabila kekuatan tarik terlalu tinggi maka saat penyusutan terjadi pada logam cair, cetakan tetap mempertahankan bentuk dari pola, sehingga terjadi gaya tarik menarik antara pasir cetak dan logam cair hal ini akan mengakibatkan hasil coran retak (*hot tears*).



2.3. Pelaksanaan Pengujian

2.3.1. Pengujian Permeabilitas Pasir Cetak

2.3.1.1. Alat Dan Bahan

1. *Sand Rammer*

Alat ini digunakan untuk menumbuk pasir cetak menjadi bentuk spesimen yang dikehendaki yaitu panjang 5,08 cm dan diameter 2 in (luas penampang = 20,268 cm²). Dapat dilihat pada gambar 2.5.

Tipe	: POU
Merk	: George Fisher
Fabr	: 2054
Buatan	: Jerman Barat



Gambar 2.5 Sand Rammer

Sumber: Laboratorium Pengecoran Logam Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

2. *Stop watch*

Alat ini digunakan untuk mengukur waktu sampai 2000 cc udara seperti yang terlihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Stopwatch

Sumber: Laboratorium Pengecoran Logam Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya



3. Permeabilitas meter

Alat ini digunakan untuk mengetahui seberapa besar angka permeabilitas dari pasir cetak yang diuji udara seperti yang terlihat pada gambar 2.7.

Tipe : POU
Buatan : Jerman Barat
Fabr : 1725



Gambar 2.7 Permeabilitas Meter

Sumber: Laboratorium Pengecoran Logam Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

4. Timbangan elektrik

Alat ini digunakan untuk menimbang bahan dan berat spesimen yang akan digunakan dalam pengujian seperti pada gambar p11.

Bahan yang digunakan adalah pasir cetak dengan komposisi :

1. Pasir silika : 88 % dari 5000 gram = 4400 gram
2. Bentonit : 8 % dari 5000 gram = 400 gram
3. Air : 4 % dari 5000 gram = 200 gram : $\text{g/ml} = 200 \text{ ml}$

Dimana ρ air = 1 g/ml = 1 g/cc

Maka 200 ml = 200 cc

2.3.1.2. Urutan Kerja Pengujian

1. Panaskan pasir cetak selama 45 menit dengan temperatur 275°C
2. Siapkan 150 gr pasir cetak untuk pengujian ini dengan menggunakan *sand rammer*.



3. Buka pelindung *orifice* dan pilihlah salah satu posisi penunjuk skala yang akan digunakan.
 - a. Skala biru untuk skala *orifice* 0,5 mm $P = 0 - 50 \text{ cm}^3/\text{mnt}$
 - b. Skala merah untuk skala *orifice* 1,5 mm $P = 0 - 500 \text{ cm}^3/\text{mnt}$
 - Skala P dibaca dari skala merah bagian luar dari pengukuran tekanan.
 - Skala paling dalam menunjukkan tekanan dinamis antara *orifice* dan spesimen dalam mm kolom air.
4. Memutar kran pada posisi B dan angkat tabung udara ke atas secara perlahan – lahan hingga angka nol terlihat tepat pada batas tabung bawah lalu kunci pada posisi E.
5. Letakkan tabung spesimen berikut spesimen di dalamnya pada *orifice*.
6. Putar kran pada posisi A bersamaan mulai menghitung waktu dengan *stopwatch* saat udara dialirkan ke spesimen pasir cetak. Hal ini ditandai dengan tabung udara mulai turun ke bawah.
7. Catat besar P spesimen pasir cetak dengan tekanan yang terbaca pada skala permeabilitas meter saat 1000 cc udara yang sudah terlewatkan.
8. Catat waktu yang dibutuhkan untuk mengalirkan udara sebanyak 2000 cc melalui tabung spesimen pasir cetak yang diuji.
9. Ulangi langkah 1 – 8 sampai spesimen 3 serta catat data P (tekanan).

2.3.2 Pengujian Kekuatan Pasir Cetak

2.3.2.1 Alat Dan Bahan

1. *Universal strength machine*

Alat ini digunakan untuk menguji kekuatan pasir cetak udara seperti yang terlihat pada gambar 2.8.

Merk : George Fischer

Buatan : Jerman Barat





Gambar 2.8 Universal Strength Machine

Sumber: Laboratorium Pengecoran Logam Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

2. Sand Rammer

Alat ini digunakan untuk menumbuk pasir cetak menjadi bentuk spesimen yang dikehendaki yaitu panjang 5 cm dan diameter 2in (luas penampang = 20,268 cm²).

3. Timbangan elektrik

Alat ini digunakan untuk menimbang bahan dan berat spesimen yang akan digunakan dalam pengujian.

Bahan yang digunakan adalah pasir cetak dengan komposisi

1. Pasir silika : 88 %
2. Bentonit : 8 %
3. Air : 4 %

2.3.2.2 Urutan Kerja Pengujian

- Urutan kerja pengujian kekuatan tekan
 - a. Langkah pengujian tanpa perlakuan panas
 1. Ambil campuran pasir cetak seberat 150 gram, lalu buat spesimen uji tekan dengan menggunakan *sand rammer* (spesimen sebanyak 5 buah).
 2. Pasang kepala uji tekan pasir cetak pada alat uji kekuatan pasir cetak.
 3. Letakkan spesimen pada kepala uji tekan pasir cetak secara hati-hati jangan sampai rusak.
 4. Putar *handwheel* secara terus-menerus dengan putaran konstan dan perlahan-lahan hingga hancur.



5. Baca dan catat besar kekuatan tekan pasir cetak tersebut (lengkap dengan satuannya) pada skala paling luar yang terdapat pada alat uji tekan pasir cetak.
 6. Lakukan langkah 1-5 untuk spesimen berikutnya.
- b. Langkah pengujian dengan perlakuan panas.
- Langkah pengujian sama dengan tanpa perlakuan panas, hanya setelah pasir cetak dibuat spesimen uji tekan, dilakukan pemanasan dalam dapur pemanas dengan suhu 275° C selama 45 menit.
- Urutan kerja pengujian kekuatan geser
 - a. Langkah-langkah pengujian tanpa perlakuan panas
 1. Ambil campuran pasir cetak seberat 150 gram, kemudian buat spesimen uji geser dengan *sand rammer* (spesimen sebanyak 5 buah).
 2. Pasang kepala uji geser pasir cetak pada alat uji kekuatan geser pasir cetak.
 3. Letakkan spesimen pada kepala uji geser secara hati-hati jangan sampai spesimen rusak.
 4. Putar *handwheel* secara terus-menerus dengan putaran konstan dan perlahan-lahan hingga spesimen hancur.
 5. Baca dan catat besar kekuatan tekan pasir cetak tersebut pada skala yang di tengah pada alat uji geser tersebut.
 - b. Langkah pengujian dengan perlakuan panas.

Langkah pengujian sama dengan tanpa perlakuan, hanya setelah pasir cetak dibentuk spesimen uji geser, dilakukan pemanasan dalam dapur pemanasan dengan suhu 110° C selama 1 jam.
 - Urutan kerja pengujian kekuatan tarik pasir cetak
 - a. Langkah-langkah pengujian tanpa perlakuan panas
 1. Ambil campuran pasir cetak seberat 150 gram, lalu buat spesimen uji tarik dengan menggunakan *sand rammer* (spesimen sebanyak 5 buah).
 2. Pasang kepala uji tarik pasir cetak pada alat uji kekuatan pasir cetak
 3. Letakkan spesimen pada kepala uji tarik pasir cetak secara hati-hati jangan sampai rusak.
 4. Putar *handwheel* secara terus-menerus dengan putaran konstan dan perlahan-lahan hingga spesimen hancur.



5. Baca dan catat besar kekuatan tarik pasir cetak tersebut (lengkap dengan satuannya) pada skala paling dalam yang terdapat pada alat uji tarik pasir cetak.
 6. Lakukan langkah 1-5 untuk spesimen berikutnya.
- b. Langkah pengujian dengan perlakuan panas.
- Langkah pengujian sama dengan tanpa perlakuan, hanya setelah pasir cetak dibentuk spesimen uji tarik, dilakukan pemanasan dalam dapur pemanasan dengan suhu 275° C selama 45 menit.



PL III

PERENCANAAN PENGECORAN LOGAM

3.1. Tujuan

1. Praktikan mengetahui dan memahami hal – hal yang dibutuhkan dalam perencanaan pengecoran.
2. Praktikan mampu merencanakan sistem saluran dan pola serta membuat cetakan pasir untuk pengecoran logam.
3. Praktikan mampu memecahkan masalah - masalah dalam perencanaan pengecoraan.

3.2. Dasar Teori

3.2.1. Pola

3.2.1.1. Pengertian Pola

Pola merupakan **alat** yang digunakan untuk membuat *cavity* pada cetakan dengan tambahan **toleransi**. Pola merupakan hal yang penting dalam pembuatan coran .

Pada pemilihan bahan pola perlu memperhatikan faktor – faktor seperti :

1. Syarat yang dibutuhkan yaitu kuantitas, kualitas dan kerumitan pengecoran, ketebalan minimum yang diinginkan, tingkat akurasi dan hasil yang dibutuhkan
2. Kemungkinan untuk mengganti desain.
3. Jenis pengecoran yang digunakan dan jenis metode cetakan dan peralatan yang akan digunakan.
4. Kemungkinan untuk digunakan berulang kali.

Material pola yang baik seharusnya:

1. Mudah dikerjakan, dibentuk, dan disambung
2. Ringan dalam proses penanganan dan pengerjaan dengan fasilitas yang ada
3. Kuat, keras, dan tahan lama (contohnya *strength-to-weight ratio* yang tinggi)
4. Tahan aus, abrasi, korosi, dan reaksi kimia
5. Dimensinya stabil dan tidak mudah terpengaruh temperatur dan kelembaban
6. Memiliki harga yang terjangkau
7. Dapat diperbaiki atau bahkan dapat digunakan kembali
8. Mempunyai kemampuan untuk menghasilkan permukaan yang baik

(Jain PL, 1999, p.7)



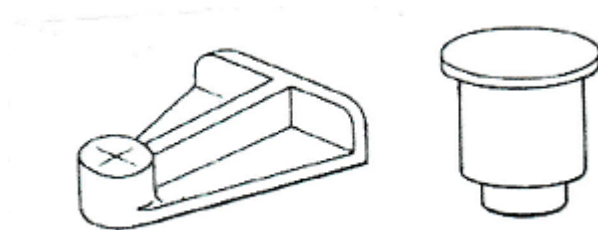
3.2.1.2. Macam - macam Pola

1. Pola Pejal

Pola pejal adalah pola yang biasa dipakai yang bentuknya hampir serupa dengan bentuk coran. Pola ini dibagi menjadi 6 macam, yaitu pola tunggal, pola belahan, pola setengah, pola belahan banyak, pola penarikan terpisah, dan pola penarikan sebagian.

a. Pola Tunggal

Pola ini dibentuk sesuai dengan corannya, disamping itu kecuali tambahan penyusutan, tambahan penyelesaian mesin, dan kemiringan pola seperti yang terlihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Pola Tunggal

Sumber: Surdia dan Chijiwa (1986,p.57)

Keuntungan:

- Pembuatan pola tunggal mudah

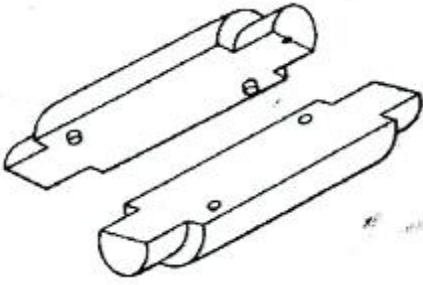
Kerugian:

- Hanya untuk dimensi benda kerja yang simetris
- Pencabutan cetakan lebih sulit

b. Pola Belahan

Pola ini dibelah ditengah untuk memudahkan pembuatan cetakan seperti yang terlihat pada gambar 3.2. Permukaan pisahnya kalau mungkin dibuat satu bidang.





Gambar 3.2 Pola Belahan
Sumber: Surdia dan Chijiwa (1986,p.57)

Keuntungan:

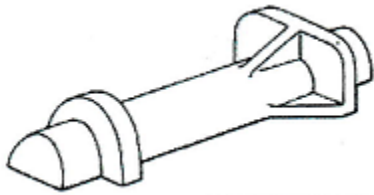
- Dapat digunakan untuk geometri yang rumit
- Mempermudah pencabutan

Kerugian:

- Posisi antara cetakan pada *Cope* dan *drag* kemungkinan dapat bergeser
- Memerlukan waktu lebih lama

c. Pola Setengah

Pola ini dibuat untuk coran dimana *Cope* dan *dragnya* simetri terhadap permukaan pisah. *Cope* dan *dragnya* hanya dicetak dengan setengah pola seperti yang terlihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Pola Setengah
Sumber: Surdia dan Chijiwa (1986,p.57)

Keuntungan :

- Harga pola setengah lebih murah dari harga pola tunggal
- Hanya untuk bentuk sederhana tanpa ada banyak sudut dan kelengkungan yang butuh ketelitian tinggi

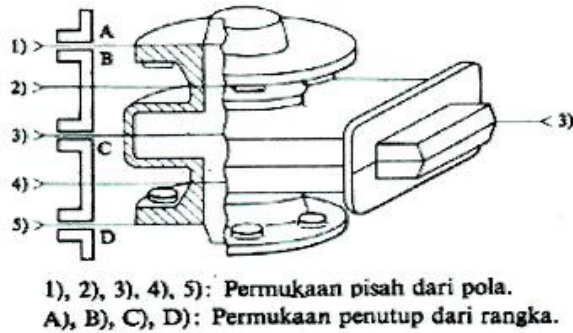
Kerugian:

- Pola terdapat kemungkinan tidak presisi atau simetris
- Kemungkinan cacat lebih besar



d. Pola Belahan Banyak

Dalam hal ini pola dibagi menjadi 3 bagian atau lebih untuk memudahkan melakukan penarikan cetakan dan untuk penyederhanaan pemasangan inti seperti yang terlihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 Pola Belahan Banyak
Sumber: Surdia dan Chijiwa (1986,p.57)

Keuntungan:

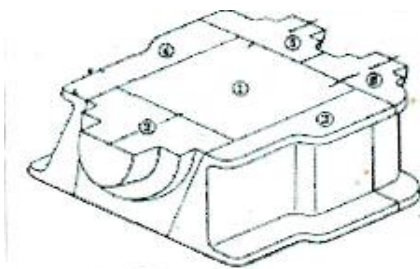
- Dapat digunakan untuk bentuk - bentuk yang banyak memiliki lengkungan
- Memudahkan penarikan dari cetakan

Kerugian:

- Sering menyebabkan salah ukuran
- Pembuatan pola membutuhkan waktu yang lama

e. Pola Penarikan Terpisah

Pola penarikan terpisah dipakai untuk pola berukuran besar atau g. Pola dibuat terbagi - bagi untuk memudahkan pengambilan dari cetakan seperti yang terlihat pada gambar 3.5. Bagian yang tengah di tarik terlebih dahulu kemudian bagian - bagian terluar di ambil satu - persatu berturut turut.



Gambar 3.5 Pola Penarikan Terpisah
Sumber: Surdia dan Chijiwa (1986,p.57)

Keuntungan:



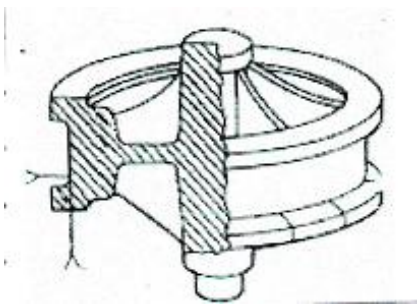
- Mudah dalam pengambilan dari cetakan
- Cocok untuk cetakan berukuran besar

Kerugian:

- Pencabutan pola membutuhkan waktu yang lama

f. Pola Penarikan Sebagian

Pada pengambilan pola dari cetakan apabila sebagian dari pola tidak mungkin ditarik, maka bagian itu harus dipisahkan terlebih dahulu seperti yang terlihat pada gambar 3.6. Kemudian bagian utama ditarik pertama kali dan bagian cabang ditarik satu demi satu.



Gambar 3.6 Pola Penarikan Sebagian
Sumber: Surdia dan Chijiwa (1986,p.57)

Keuntungan:

- Memudahkan pengambilan dari cetakan
- Cocok untuk benda berbentuk silinder dengan banyak sudut dan dibutuhkan ketelitian tinggi

Kerugian:

- Pembuatan pola membutuhkan waktu yang agak lama

2. Pola Plat Pasangan

Pola ini adalah pola dimana kedua belahannya ditempelkan plat sedemikian juga saluran turun, pengalir, saluran masuk, dan penambah seperti yang terlihat pada gambar 3.7.





Gambar 3.7 Pola Plat Pasangan
 Sumber: Surdia dan Chijiwa (1986,p.58)

Keuntungan:

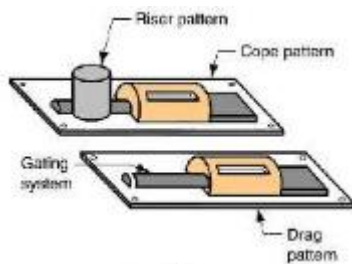
- Pola ini cocok untuk produksi missal dari coran

Kerugian:

- Pengerjaan cetakan memerlukan waktu yang lama dan harus bergantian
- Kemungkinan cacat lebih besar

3. Pola *Cope* dan *Drag*

Dalam hal ini pola kayu, logam, atau plastik akan diletakkan pada dua plat demikian pula saluran turun, pengalir, saluran masuk, dan penambah seperti yang terlihat pada gambar 3.8.



Gambar 3.8 Pola *Cope* dan *Drag*
 Sumber: Surdia dan Chijiwa (1986,p.58)

Keuntungan:

- Dapat dipakai untuk meningkatkan produksi
- Dengan pola ini dapat lebih menghindari cacat.

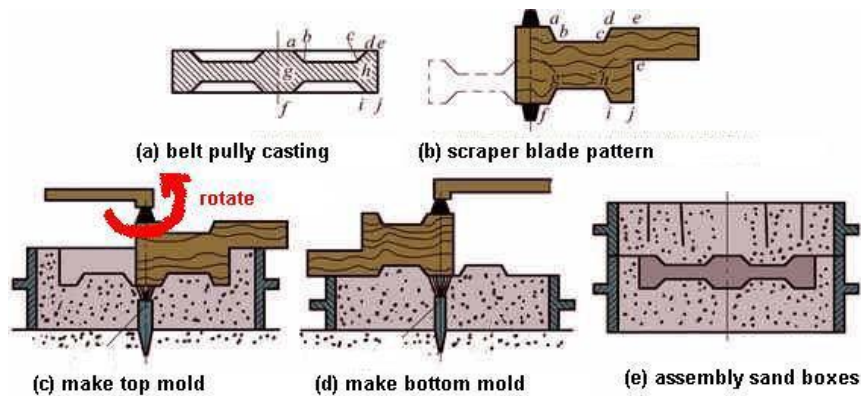
Kerugian:

- Untuk membuat pola dibutuhkan tenaga yang berpengalaman

4. Pola Cetakan Sapuan

Dalam hal ini bentuk dari coran silinder atau bentuk benda putar. Alat ini dibuat dari pelat dengan sebuah penggeret dan pemutar pada bagian tengahnya seperti yang terlihat pada gambar 3.9.





Gambar 3.9 Pola Cetakan Sapuan
 Sumber: Surdia dan Chijiwa (1986, p.58)

Keuntungan:

- Harga untuk membuat pola relatif lebih murah
- Bentuk pola relatif sederhana

Kerugian:

- Harus penuh ketelitian pada pembuatan pola dan dalam pembuatan membuat penggeret

5. Pola Penggeret Dengan Penuntun

Digunakan untuk pipa lurus atau pipa lengkung yang penampangnya tidak berubah. Penuntun dibuat dari kayu dan pembuatan cetakan dilakukan dengan menggerakkan penggeret sepanjang penuntun seperti yang terlihat pada gambar 3.10.



Gambar 3.10 Pola Penggeret dengan Penuntun
 Sumber: Surdia dan Chijiwa (1986,p.58)

Keuntungan:

- Harga pola tidak mahal



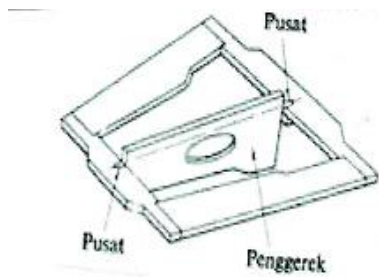
- Bagus untuk pola melengkung dan penampang tetap

Kerugian:

- Pembuatan pola membutuhkan waktu yang lama

6. Pola Penggeret Dengan Rangka Cetak

Pola dengan kedua ujung dari penggeret mempunyai poros seperti yang terlihat pada gambar 3.11. Pembentukan cetakan dilakukan dengan menjalankan penggeret diselubungi porosnya.



Gambar 3.11 Pola Penggeret dengan Rangka Cetak

Sumber: Surdia dan Chijiwa (1986,p.59)

Keuntungan:

- Proses pembuatan cetakan lebih cepat
- Bagus untuk pola melengkung dan penampang berubah

Kerugian:

- Hanya untuk benda yang memiliki jar-jari
- Kemungkinan cacat lebih besar
- Waktu pembuatan pola yang lama

7. Pola Kerangka A

Pola ini dibuat dengan meletakkan pelat dasar dan membuat pelat dudukan penuntun di atasnya dan mengikat pelat - pelat untuk menahan pasir antara tiap penuntun seperti yang terlihat pada gambar 3.12. Pasir ditimbulkan di atasnya dan disapu oleh penggeret untuk membuat permukaan kelengkungan yang kontinyu.





Gambar 3.12 Pola Kerangka A
 Sumber: Surdia dan Chijiwa (1986,p.59)

Keuntungan:

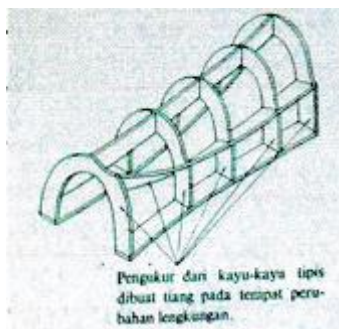
- Cocok untuk bentuk dengan lengkung yang berbeda - beda

Kerugian:

- Lamanya pembuatan cetakan menjadi bertambah dan terbatas

8. Pola Kerangka B

Pola ini dibuat dengan meletakkan pelat ukur pola, permukaan pisah dan di atasnya diletakkan pengukur - pengukur dari ketebalan yang sama, seperti dudukan coran dan mempertemukan pengukuran - pengukuran lain yang mempunyai ketebalan serupa sehingga menjadi kerangka berbentuk sangkar seperti yang terlihat pada gambar 3.13. Pada pembuatan cetakan, pasir ditimbun dan dipadatkan sampai batas luar dan kertas direkatkan padanya, sehingga ia menjadi seperti pola tunggal atau pola belahan.



Gambar 3.13 Pola Kerangka B
 Sumber: Surdia dan Chijiwa (1986,p.59)

Keuntungan:

- Cocok untuk bentuk dengan lengkungan yang berbeda – beda
- Dapat digunakan untuk cetakan yang kecil maupun tipis

Kerugian:

- Pembuatan pola memerlukan waktu yang lama
- Hanya dipakai untuk jumlah produksi kecil



3.2.1.3. Bahan Pola

Tabel 3.1
Karakteristik Bahan Pola

CHARACTERISTIC	RATING ^a				
	WOOD	ALUMINUM	STEEL	PLASTIC	CAST IRON
Machinability	E	G	F	G	G
Wear resistance	P	G	E	F	E
Strength	F	G	E	G	G
Weight ^b	E	G	P	G	P
Repairability	E	P	G	F	G
Resistance to:					
Corrosion ^c	E	E	P	E	P
Swelling ^c	P	E	E	E	E

Source: D. C. Ekey and W. P. Winter, *Introduction to Foundry Technology*. New York: McGraw-Hill, 1958.

^a E, excellent; G, good; F, fair; P, poor.

^b As a factor in operator fatigue.

^c By water.

Sumber: Kalpakjian (1989,p.303)

Dapat dilihat dari tabel 3.1 di atas bahwa terdapat 5 bahan untuk membuat pola dengan karakteristik masing-masing:

1. Kayu

Kayu merupakan bahan yang paling umum digunakan untuk pola.

- Keuntungan
 - Tersedia banyak dan murah
 - Mudah dibentuk
 - Penanganan mudah karena ringan
 - Memiliki permukaan yang bagus
 - Bertahan dalam waktu yang lama
 - Kerugian
 - Karena mudah lembab, bentuknya mudah terdeformasi
 - Membutuhkan pengawet saat disimpan
 - Tempat penyimpanan harus kering
- Contoh: mahoni, jati, dan pinus

2. Metal

Metal digunakan untuk pengecoran berulang.

- Keuntungan
 - Tidak mudah terjadi deformasi
 - Tahan suhu tinggi



- Lebih kuat dibanding bahan lain
- Kerugian
 - Sulit ditangani
 - Biaya untuk permesinan mahal
 - Resistan terhadap korosi rendah

3. Plastik

- Keuntungan
 - Mempunyai kekuatan *impact* lebih baik dari kayu
 - Tahan korosi
 - Tahan aus
 - Bisa untuk jumlah yang banyak
 - Penyusutan rendah
- Kerugian
 - Tidak tahan guncangan
 - Dibutuhkan pelapisan logam tipis karena plastik rapuh
 - Tidak tahan terhadap suhu tinggi

4. Plaster

- Keuntungan
 - Mudah dibentuk
 - Cocok untuk pengecoran bentuk rumit
 - Kekuatan tekan tinggi
- Kerugian
 - Tidak dapat untuk produksi massal

5. Wax (Lilin)

- Keuntungan
 - Mudah dibentuk
- Kerugian
 - Hanya dapat dipergunakan sekali
 - Tidak tahan terhadap suhu tinggi



3.2.1.4. Perencanaan Pembuatan Pola

a. Penentuan *Cope*, *Drag* dan Permukaan Pisah

Hal - hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan pembuatan pola adalah menentukan *Cope* dan *drag* dan permukaan pisah yang merupakan hal yang paling utama untuk menghasilkan coran yang baik. Ketentuan yang harus dipenuhi adalah:

1. Pola harus mudah dikeluarkan dari cetakan. Permukaan pisah harus satu bidang. Pada dasarnya *Cope* dibuat agak dangkal.
2. Penempatan inti harus mudah. Tempat inti dalam cetakan utama harus ditentukan secara teliti.
3. Sistem saluran harus dibuat sesempurna mungkin untuk mendapat aliran logam yang optimum.
4. Terlalu banyak permukaan pisah akan mengambil banyak waktu dalam proses pembuatan cetakan yang menyebabkan terjadi tonjolan-tonjolan sehingga pembuatan pola menjadi mahal.

(Sumber: Tata Surdia hal 51-52)

Untuk membuat pola, kita juga harus memperhatikan toleransi penyusutan dan permesinan dari sebuah pola agar dimensi pola yang kita inginkan bisa sesuai.

b. Penentuan Tambahan Penyusutan

Karena coran menyusut pada waktu pembekuan dan pendinginan, maka pembuatan pola perlu menggunakan toleransi sudut yang telah diperbesar sebelumnya sebanyak tambahan penyusutan pada ukuran pola. Besarnya penyusutan sering tidak konstan. Hal ini dipengaruhi oleh bahan coran, bentuk, tempat masuk coran, atau ukuran dan kekuatan inti.

Harga - harga untuk tambahan penyusutan diberikan pada tabel 3.2 dibawah ini.



Tabel 3.2
Toleransi Penyusutan

Casting alloys	Pattern dimension	Type of construction	Section thickness, in.	Contract in./ft
Gray cast iron	Up to 24 in.	Open construction	.....	3/16
	From 25 to 48 in.	Open construction	.....	3/16
	Over 48 in.	Open construction	.....	3/16
	Up to 24 in.	Cored construction	.....	3/16
	From 25 to 36 in.	Cored construction	.....	3/16
	Over 36 in.	Cored construction	.....	3/16
Cast steel	Up to 24 in.	Open construction	.....	3/16
	From 25 to 72 in.	Open construction	.....	3/16
	Over 72 in.	Open construction	.....	3/16
	Up to 18 in.	Cored construction	.....	3/16
	From 19 to 48 in.	Cored construction	.....	3/16
	From 49 to 80 in.	Cored construction	.....	3/16
Malleable cast iron	Over 80 in.	Cored construction	.....	3/16
	.....	.....	.....	1 3/16
	.....	.....	.....	3/16
	.....	.....	.....	1 3/16
	.....	.....	.....	3/16
	.....	.....	.....	3/16
	.....	.....	.....	3/16
	.....	.....	.....	3/16
Aluminum	Up to 48 in.	Open construction	.....	3/16
	49 to 72 in.	Open construction	.....	3/16
	Over 72 in.	Open construction	.....	3/16
	Up to 24 in.	Cored construction	.....	3/16
	Over 48 in.	Cored construction	.....	3/16-3/8
	From 25 to 48 in.	Cored construction	.....	3/16-3/8
Magnesium	Up to 48 in.	Open construction	.....	1 3/16
	Over 48 in.	Open construction	.....	3/16
	Up to 24 in.	Cored construction	.....	3/16
Bronze Iron-base	Over 24 in.	Cored construction	.....	3/16-3/8
	.....	.....	.....	3/16

Sumber : Heine (1976,p.16)

c. Penentuan Tambahan Penyelesaian Mesin

Tempat dimana coran memerlukan penyelesaian mesin harus dibuat dengan kelebihan tebal seperlunya. Kelebihan tebalnya berbeda menurut bahan, ukuran, arah *Cope* dan *drag*, serta pekerjaan mekanis. Harga - harga yang bisa untuk tambahan penyelesaian mesin seperti tabel 3.3 dibawah ini:



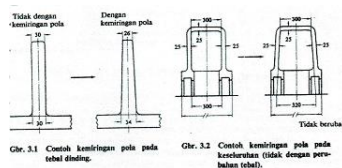
Tabel 3.3
Toleransi Permesinan

Casting alloys	Pattern size	Bore, in.	Finish
Cast iron	Up to 12 in.	$\frac{1}{16}$	$\frac{3}{32}$
	13 to 24 in.	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{16}$
	25 to 42 in.	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{16}$
	43 to 60 in.	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$
	61 to 80 in.	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{16}$
	81 to 120 in.	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{8}$
Cast steel	Over 120 in.	Special instructions	Special instructions
	Up to 12 in.	$\frac{1}{16}$	$\frac{3}{8}$
	13 to 24 in.	$\frac{1}{8}$	$\frac{3}{16}$
	25 to 42 in.	$\frac{3}{16}$	$\frac{5}{16}$
	43 to 60 in.	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$
	61 to 80 in.	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
Malleable iron	81 to 120 in.	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$
	Over 120 in.	Special instructions	Special instructions
	Up to 6 in.	$\frac{1}{16}$	$\frac{3}{16}$
	6 to 9 in.	$\frac{3}{32}$	$\frac{1}{8}$
	9 to 12 in.	$\frac{3}{32}$	$\frac{3}{32}$
	12 to 24 in.	$\frac{3}{32}$	$\frac{1}{4}$
Brass, bronze, and aluminum-alloy castings	24 to 36 in.	$\frac{1}{16}$	$\frac{3}{16}$
	Over 36 in.	Special instructions	Special instructions
	Up to 12 in.	$\frac{3}{32}$	$\frac{1}{8}$
	13 to 24 in.	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$
	25 to 36 in.	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{16}$
	Over 36 in.	Special instructions	Special instructions

Sumber : Heine (1976,p.81)

d. Kemiringan Pola

Permukaan yang tegak pada pola dimiringkan dari permukaan pisah agar memudahkan pengangkatan pola dari cetakan. Sebagai contoh pada kayu membutuhkan kemiringan $\frac{1}{30}$ sampai $\frac{1}{100}$ seperti yang terlihat pada gambar 3.14.



Gambar 3.14 Contoh Kemiringan Pola
Sumber: Surdia dan Chijiwa (1986,p.53)

3.2.2. Sistem Saluran

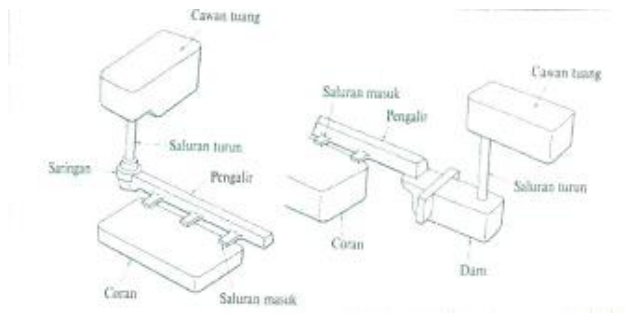
3.2.2.1. Pengertian

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 dituang dari ladle sampai saluran masuk ke dalam rongga cetakan.

3.2.2.2. Bagian - bagian Sistem Saluran

Sistem-sistem saluran dapat dilihat pada gambar 3.15 dibawah ini:

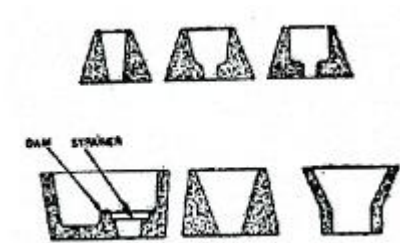




Gambar 3.15 Sistem Saluran
 Sumber: Surdia dan Chijiwa (1996,p.65)

a. Cawan Tuang (*Pourin Basin*)

Logam cair yang berasal dari tungku pemanas biasanya dituangkan melalui *pourin basin* yang terletak dibagian atas cetakan. Tujuan utama dari *pourin basin* adalah untuk membentuk aliran yang tepat dan secepat mungkin. Untuk logam seperti aluminium dan magnesium yang bereaksi cepat bila terkena udara. Hal itu dimungkinkan untuk membuat *pourin basin* yang terbentuk dari inti pasir kering atau besi cor diatas *sprue* yang berfungsi untuk menuang. Beberapa tipe dari *pourin basin* dapat dilihat pada gambar 3.16.



Gambar 3.16 Cawan Tuang
 Sumber: Jain (2003,p.126)

b. Saluran Turun (*Sprue*)

Secara umum dibuat lurus dan tegak dengan irisan berupa lingkaran seperti yang terlihat pada gambar 3.17. Kadang - kadang dibuat mengenai ke bawah. Saluran lurus dan tegak dipakai bila menginginkan pengikisan yang cepat dan lancar serta yang dibuat mengecil digunakan untuk penahanan kotoran yang sebanyak - banyaknya. Selain itu bentuk *sprue* dibuat tirus tujuannya untuk mempercepat aliran logam cair, mengurangi tekanan, membuat aliran terfokus dan mengurangi pembekuan cepat. Pada perhitungan *sprue* ada 2 persamaan, yaitu *choke area* dan kontinuitas.



- *Choke Area*

Adalah bagian terkecil dari saluran masuk, mengontrol laju aliran kedalam rongga cetakan dan juga mengontrol waktu penuangan. Fungsi *choke area* untuk menghitung luas *sprue* bawah.

$$R = 0,47\sqrt{m} \dots\dots\dots(3-1)$$

$$t = \frac{m}{R} \dots\dots\dots(3-2)$$

$$A = \frac{m}{\rho \times t \times c \times \sqrt{2 \times g \times hb}} \dots\dots\dots(3-3)$$

Keterangan:

R : *Pouring rate* (kg/s)

A : *Choke Area*

m : Massa yang dituang (kg)

ρ : Massa jenis logam ($\frac{kg}{m^3}$)

t : Waktu penuangan (s)

c : Faktor efisiensi

g : Percepatan gravitasi ($\frac{m}{s^2}$)

hb : Tinggi *sprue* efektif (m)

- Persamaan Kontinuitas

Digunakan untuk menghitung laju aliran dan nantinya dapat mengetahui dimensi *sprue* bagian atas.

$$Q = A_{atas}V_{atas} = A_{bawah}V_{bawah} \dots\dots\dots(3-4)$$

$$\sqrt{2 \times g \times h_{atas}} \times A_{atas} = \sqrt{2 \times g \times h_{bawah}} \times A_{bawah}$$

$$A_{atas} = \sqrt{\frac{h_{atas}}{h_{bawah}}} \times A_{bawah}$$

Keterangan:

Q : Kecepatan aliran volume

A_{atas} : Luas penampang bagian atas coran

V_{atas} : Kecepatan aliran

A_{bawah} : Luas penampang bagian bawah coran

V_{bawah} : Kecepatan aliran

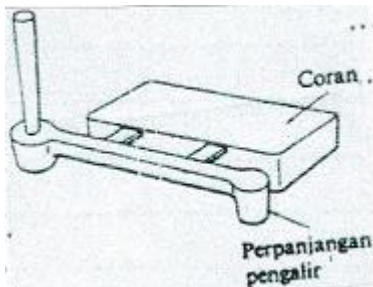




Gambar 3.17 Saluran Turun
Sumber : Jain (2003,p.127)

c. Saluran Pengalir (*Runner*) dan Saluran Masuk (*Ingate*)

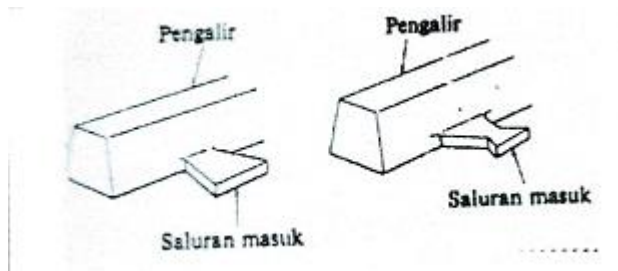
Saluran pengalir biasanya memiliki irisan seperti trapesium seperti yang terlihat pada gambar 3.18. Merupakan saluran yang membawa logam cair dari saluran turun ke bagian yang berongga pada cetakan pengalir, kadang - kadang dibuat mengecil ke bawah. Saluran tegak biasanya dipakai untuk menginginkan pengisian yang cepat dan lancer serta yang dibuat mengecil digunakan untuk menahan kotoran. Fungsi dari saluran pengalir adalah untuk membawa logam cair dari saluran turun ke saluran masuk, dan menjaga aliran tetap laminar.



Gambar 3.18 Saluran Pengalir
Sumber : Surdia dan Chijiwa (1996,p.67)

Sedangkan *ingate* adalah saluran yang mengaliri logam cair dari pengalir kedalam rongga cetakan. Dibuat dengan irisan yang lebih kecil daripada irisan pengalir agar dapat mencegah kotoran masuk, biasanya berbentuk bujur sangkar atau trapesium, segitiga, atau setengah lingkaran seperti yang terlihat pada gambar 3.19. Fungsi dari saluran masuk adalah mengalirkan logam cair kedalam rongga cetakan.





Gambar 3.19 Saluran Masuk
 Sumber : Surdia dan Chijiwa (1996,p.68)

Sedangkan *gating ratio* adalah perbandingan luas potongan antara *sprue* bawah : *runner* : *ingate*. Yang digunakan adalah 1 : 3 : 3.

Tabel 3.4
Gating Ratio

Metal	Ratio	Ref.
Steel.....	1:2:1.6	19*
	1:3:3	19
	1:1:0.7	19
	1:2:2	20
Fin-gated.....	1:1:1	18
Gray cast iron.....	1:4:4	6
Pressurised system.....	1:1.3:1.1	22
Ductile iron, dry-sand molds.....	10:9:8	11
Shell-molded, vertical pouring....	1:2:2	8
Pressure system.....	4:3:3	18
Reverse choke.....	1.2:1.2*	18
Aluminium.....	1:2:4	15
Pressurised system.....	1:2:1	17
Unpressurised system.....	1:3:3	17, 20
Brass.....	1:1:1-1:1.3	21

*With enlargements in runner varying from 3 to 6.

Sumber : Heine (1976,p.224)

d. Saluran Penambah (*Riser*)

Saluran yang memberi logam cair yang akan mengimbangi penyusutan dalam pembekuan dari coran sehingga harus membeku awal dari coran. Fungsi dari saluran penambah adalah untuk mengisi ukuran yang tidak terisi logam cair dikarenakan penyusutan seperti yang terlihat pada gambar 3.20.

Hukum Chorinov

$$T_{Riser} = 1,25 T_{Produk} \dots \dots \dots (3-5)$$

$$\left(\frac{V_1}{A_1} \right)^2 Riser = 1,25 \left(\frac{V_2}{A_2} \right)^2$$



Dimana:

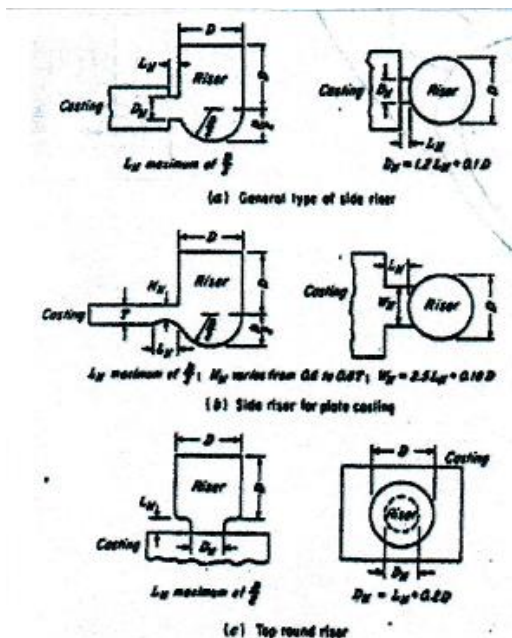
V1 : Volume *Riser*

A1 : Luas Area *Riser*

V2 : Volume Produk

A2 : Luas Area Produk

Sumber : (DeGarmo 1997,p.354)



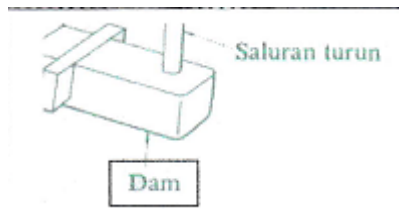
Gambar 3.20 Tipe Riser

Sumber: Heine (1976,p.244)

e. Dam dan Trap

Dalam logam cair dalam pengalir masih ditemukan kotoran yang terapung pada permukaan, sehingga harus dipertimbangkan untuk membuang kotoran tersebut, yaitu melalui *Dam*. Fungsi *Dam* adalah untuk menampung dan mencegah kotoran dengan jenis dari logam seperti yang terlihat pada gambar 3.21.

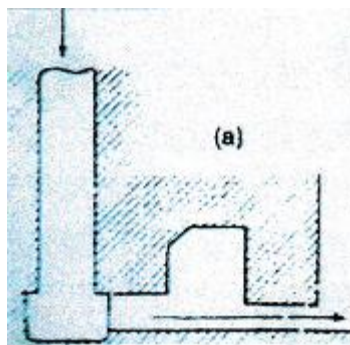




Gambar 3.21 Dam

Sumber : Surdia dan Chijiwa (2000,p.85)

Sedangkan *trap* biasanya untuk menampung atau membuang kotoran dengan berat jenis lebih kecil dari logam cair sehingga mempunyai fungsi untuk menjebak kotoran dengan berat jenis lebih kecil dari logam cair seperti yang terlihat pada gambar 3.22.



Gambar 3.22 Trap

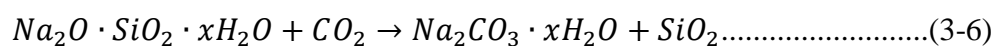
Sumber : Yudi ST (2013,p.23)

f. *Core*

Adalah suatu pola yang disisipkan yang terbuat dari pasir. *Core* ditempatkan dalam cetakan yang bertujuan untuk membuat daerah berongga. *Core* juga digunakan pada bagian luar pengecoran, untuk membuat seperti bentuk huruf atau angka di permukaan benda. CO2 Process

Natrium silika kira-kira 3% sampai 7% dibubuhkan pada pasir silika dan dicampur baik, kemudian cetakan dibuat dari campuran ini dengan tangan atau dengan mesin. Gas CO₂ ditiupkan ke dalam cetakan pada tekanan 1,0 sampai 1,5 kgf/cm², maka cetakan ini akan mengeras dalam waktu singkat. Cara pembuatan cetakan itu disebut cara CO₂. Tentu saja cara ini dapat dipakai untuk pembuatan inti.

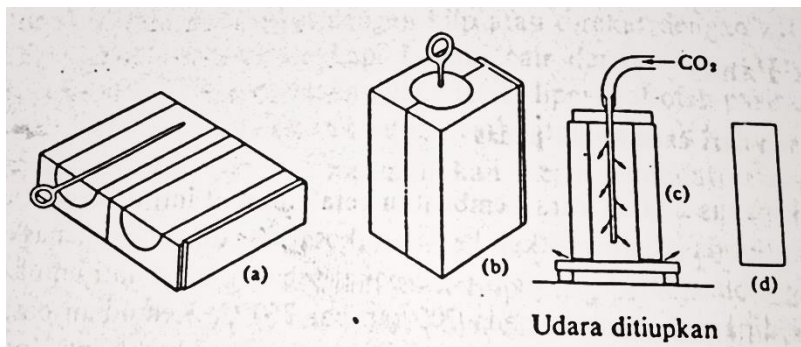
Reaksi pengerasan pad acara CO₂ dijelaskan pada rumus berikut:



Gambar 3.23 menunjukkan garis besar pembuatan cetakan dengan cara CO₂.

- a. Pasir dipadatkan ke dalam kotak inti dan lubang angin dibuat dengan mempergunakan jarum-jarum.
- b. Kotak inti ditutup dan jarum-jarum ditarik sehingga terjadi lubang-lubang.
- c. Gas CO₂ dialirkan melalui lubang-lubang itu.
- d. Keluarkan inti itu dari kotak inti.

Pembuatan cetakan dan inti dengan cara CO₂ dapat dilakukan secara mekanik ataupun secara otomatis.



Gambar 3.23 Proses Pembuatan Inti dengan CO₂
Sumber: Surdia dan Chijiwa (1996,p.126)

Kelebihan :

- Bentuk cetakan lebih stabil
- Gas reaksi yang dibuang lebih sedikit

Kekurangan :

- Sulit untuk mencari sodium silica
- Pembentukan lebih sulit
- Gas mudah bereaksi

3.2.2.3. Macam - macam Sistem Saluran

1. Saluran Langsung

Adalah saluran tegak langsung pada bagian atas rongga. Saluran ini dibuat agar logam jatuh diantara rongga cetakan. Jadi ketika dituang, logam cair langsung mengisi rongga cetakan. Seperti yang terlihat pada gambar 3.24.

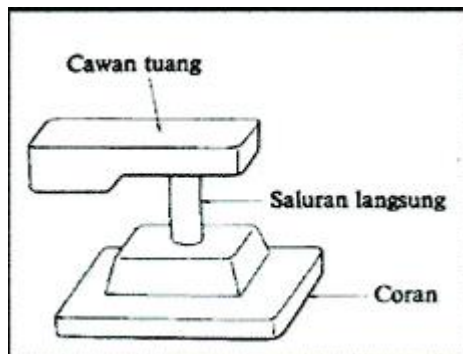


Keuntungan:

- Lebih ekonomis
- Sering digunakan karena mudah dibuat dan pendek.

Kerugian:

- Logam cair langsung jatuh kedalam rongga akan mengganggu logam yang terlebih dahulu dituang.
- Banyak terdapat cacat.



Gambar 3.24 Saluran Langsung
Sumber : Surdia dan Chijiwa (1996,p.69)

2. Saluran Bawah

Saluran yang mempunyai saluran masuk bagian bawah dari rongga cetakan seperti yang terlihat pada gambar 3.25. Karena itu mempunyai saluran turun tegak yang panjang disambung dengan pengalir dan saluran masuk dibuat untuk membelokkan keatas.

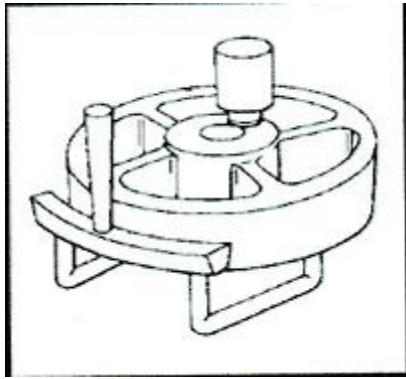
Keuntungan:

- Mengurangi cacat coran.

Kerugian:

- Diperlukan penuangan cepat.
- Pembentukan pola lebih rumit





Gambar 3.25 Saluran Bawah
Sumber : Surdia dan Chijiwa (1996,p.69)

3. Saluran Pensil

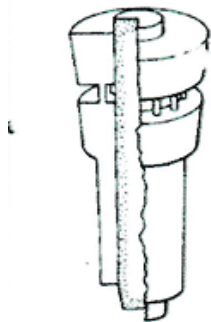
Sistem saluran dimana logam dituangkan ke bawah melalui beberapa lubang pada dasar dari cawan tuang. Seperti yang terlihat pada gambar 3.26

Keuntungan:

- Waktu penuangan lebih cepat

Kerugian:

- Pembuatan saluran ini relatif sulit dan rumit.



Gambar 3.26 Saluran Pensil
Sumber : Surdai dan Chijiwa (1996,p.69)

4. Saluran Bertingkat

Mempunyai saluran turun yang dihubungkan dengan beberapa saluran masuk logam cair masuk ke coran, melalui dari saluran yang paling bawah kemudian ke atasnya secara berurutan seperti yang terlihat pada gambar 3.27.

Keuntungan:

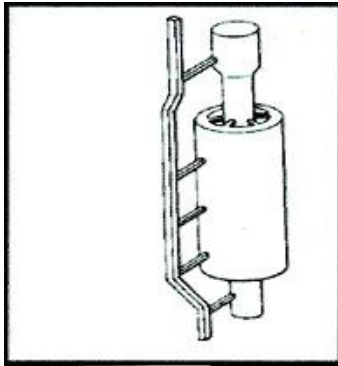
- Logam cair lebih cepat mengisi cetakan karena memiliki banyak saluran masuk.
- Kemungkinan cacat sedikit



- Temperatur penuangan merata
- Aliran lebih laminar

Kerugian:

- Pembuatan cetakan yang rumit serta saluran jadi semakin panjang.
- Membutuhkan permukaan pisah yang banyak



Gambar 3.27 Saluran Bertingkat
Sumber : Surdia dan Chijiwa (1996,p.70)

5. Saluran Terompet

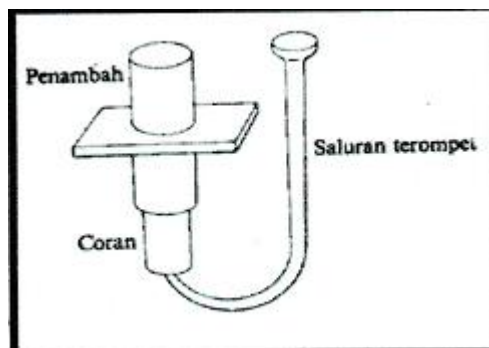
Saluran yang memiliki saluran alirnya berbentuk terompet dan ujungnya berada didasar rongga cetakan drag seperti yang terlihat pada gambar 3.28.

Keuntungan:

- Logam cair akan masuk dan mengisi rongga pada cetakan lebih merata.

Kerugian:

- Penuangan logam harus dengan kecepatan tinggi



Gambar 3.28 Saluran Terompet
Sumber : Surdia dan Chijiwa (1996,p.67)



6. Saluran Cincin

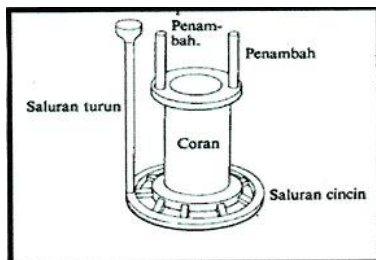
Saluran yang dibuat dari saluran dimana aliran mengelilingi pola cetakan seperti yang terlihat pada gambar 3.29. Biasanya dipakai dengan model saluran bawah.

Keuntungan:

- Logam cair akan masuk dan mengisi rongga pada cetakan secara merata.
- Hasil coran padat
- Aliran laminar
- Cocok untuk benda yang besar

Kerugian:

- Proses pembuatannya panjang dan rumit.
- Butuh kecepatan penuangan yang tinggi.
- Pencabutan pola sulit



Gambar 3.29 Saluran Cincin

Sumber : Surdia dan Chijiwa (1996,p.69)

7. Saluran Pisah

Mempunyai saluran masuk pada permukaan pisah dari cetakan, dari mana logam cair dijatuhkan ke dalam rongga cetakan seperti yang terlihat pada gambar 3.30.

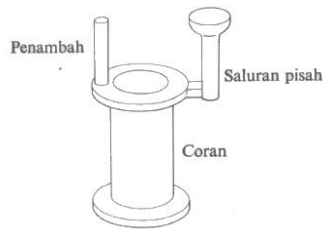
Keuntungan :

- Pembuatan dan pencabutan saluran yang mudah

Kerugian :

- Aliran cenderung turbulen





Gambar 3.30 Saluran Pisah
 Sumber : Surdia dan Kenji (1996,p.69)

8. Saluran Baji

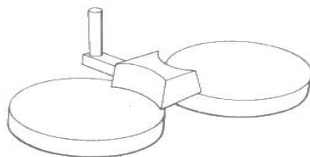
Saluran baji dibuat seperti celah pada bagian atas coran. Saluran ini mempunyai dua saluran masuk seperti yang terlihat pada gambar 3.31 yang bertujuan untuk menghasilkan coran dengan ketebalan sama.

Keuntungan :

- Dalam sekali tuang dapat dihasilkan coran lebih dari satu dengan ukuran yang sama besar. Karena mengisi dua buah pola dibutuhkan satu saluran masuk.

Kerugian :

- Kecepatan penuangan harus tinggi karena hanya ada satu saluran masuk untuk beberapa cetakan yang harus diisi.
- Adanya kemungkinan terjadi cacat porositas (aliran cenderung turbulen)



Gambar 3.31 Saluran Baji
 Sumber : Surdia dan Kenji (1996,p.70)

3.2.3. Pelapis

Pelapis adalah suatu lapisan yang diberikan pada cetakan dengan tujuan tertentu sebelum logam cair dituangkan ke dalam cetakan.

3.2.3.1. Fungsi Pelapis

- a. Mencegah fusi dan penetrasi logam.
- b. Mendapatkan permukaan coran yang halus.
- c. Membuang pasir inti dan pasir cetak dengan mudah saat pembongkaran.
- d. Menghilangkan cacat - cacat akibat pasir, misal cacat sirip.



3.2.3.2. Syarat Pelapis

Syarat pelapis yaitu:

- a. Tahan temperatur panas pada saat penuangan.
- b. Pelapis setelah kering harus cukup kuat, tidak rusak karena logam cair.
- c. Dapat menutup rongga-rongga pasir agar mencegah penetrasi logam.
- d. Gas yang ditimbulkan harus lebih sedikit.

3.2.3.3. Bahan Pelapis

Pelapis dibagi menjadi 2, yaitu:

1. Lapisan cetakan untuk cetakan pasir basah.

Lapisan cetakan untuk cetakan pasir basah yang dipakai adalah pasir silika halus dan bubuk mika. Bahan ini ditaburkan atau diaplikasikan dengan kuas pada permukaan cetakan basah.

2. Lapisan cetakan untuk pasir kering.

Lapisan cetakan untuk cetakan pasir kering yang dipakai adalah grafit dan bubuk mika. Bahan ini ditaburkan atau diaplikasikan dengan kuas pada permukaan cetakan basah. Untuk lapisan cetakan kering dipakai bahan - bahan berikut:

- a. Bubuk grafit / arang. Jika temperatur penuangan dibawah 1350°C dalam hal ini harus dijaga agar mencegah busa dan gelembung - gelembung karena zat pengikat. Seperti dengan mengambil komposisi berikut: campuran grafit besar 0 - 40 : grafit torah 100 - 600 : *bentonite* 10 - 20 i(lempung tahan api).
- b. Untuk lapisan cetakan yang mengalami temperatur penuangan 1350°C harus dipilih bahan yang mempunyai sedikit perubahan. Sifat pada temperatur tinggi missal grafit kerak 100 amonium klorida, *bentonite* 10 - 20.



PL IV

PENUANGAN LOGAM DAN INSPEKSI

4.1 Tujuan

1. Praktikan mengetahui dan memahami pengecoran logam.
2. Praktikan mengetahui dan memahami macam – macam cacat coran dan inspeksi
3. Praktikan mampu melakukan inspeksi dan menganalisis hasil coran

4.2 Dasar Teori

4.2.1 Pengecoran Logam

Menurut Heine, pengecoran logam merupakan salah satu teknik manufaktur dimana logam dicairkan dalam tungku peleburan kemudian dituangkan ke dalam rongga cetakan yang serupa dengan bentuk asli dari produk cor yang akan dibuat.

Sedangkan menurut Groover, pengecoran logam adalah proses dimana logam cair mengalir ke dalam cetakan dikarenakan pengaruh gaya gravitasi atau gaya yang lainnya sehingga logam cair mengeras mengikuti bentuk dari sebuah cetakan.

Berdasarkan dua literatur di atas, maka dapat disimpulkan bahwa pengecoran logam adalah proses manufaktur dimana logam dicairkan di dalam tungku peleburan, kemudian dituangkan ke dalam cetakan dengan memanfaatkan gaya gravitasi dan gaya lainnya sehingga logam cair mengeras mengikuti bentuk dari sebuah cetakan.

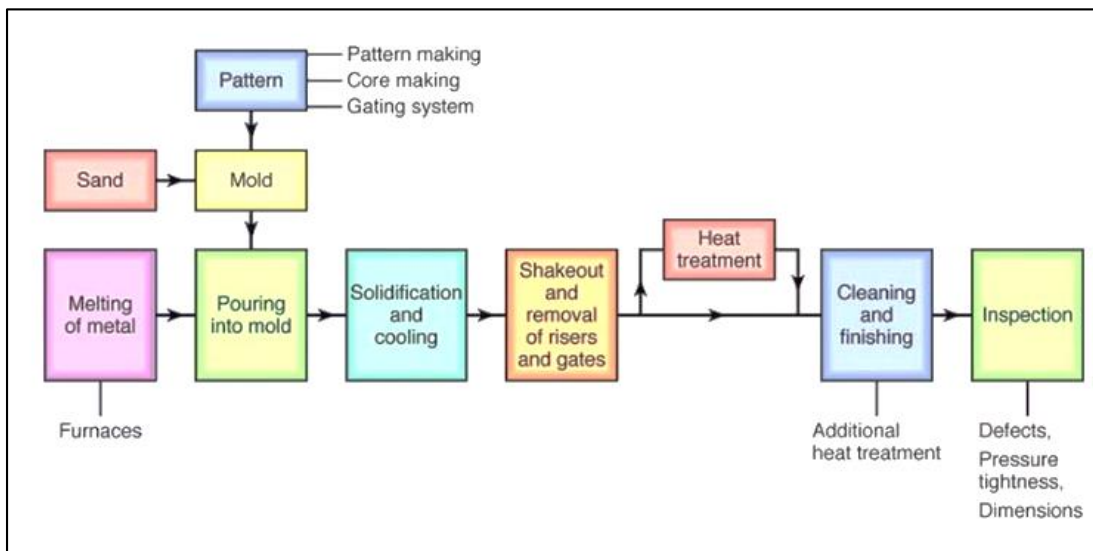
Kelebihan pengecoran logam jika dibandingkan proses manufaktur yang lain adalah:

1. Dapat menghasilkan bentuk yang rumit, baik bentuk dibagian luar maupun bagian dalam, sehingga proses permesinan, pembentukan atau pengelasan dapat dikurangi atau dihilangkan.
2. Karena sifat metalurginya, beberapa jenis logam hanya bisa dibentuk dengan proses pengecoran karena sulit dibentuk dengan proses manufaktur yang lain.
3. Konstruksi dapat disederhanakan. Objek dapat di cor sekaligus sedangkan jika menggunakan proses manufaktur lain akan ada pengerjaan perbagian. Sehingga pada pengecoran tidak perlu adanya penyambungan perbagian.
4. Proses pengecoran logam memungkinkan untuk membuat benda dengan jumlah banyak atau produksi massal karena prosesnya sangat cepat.
5. Benda yang besar dan berat bisa di produksi dengan proses pengecoran disaat tidak



bisa diproduksi dengan proses lain atau dari segi ekonomi. Contohnya rumah pompa besar, katup, unit pembangkit hidroelektrik yang beratnya bisa mencapai 200 ton.

6. Beberapa sifat mekanik bisa diperoleh dari proses pengecoran logam. Contohnya :
a-d
7. Keuntungan segi ekonomi dapat diraih dengan cara melakukan kombinasi poin 1 - 6.



Gambar 4.1 Diagram Alir Proses *Sand Mold Casting*

Sumber : Kalpakjian (1990, p.300)

Dalam pengecoran logam, dibagi menjadi dua berdasarkan pada cetakan pengecoran, yaitu :

1. *Expendable Mold Casting*

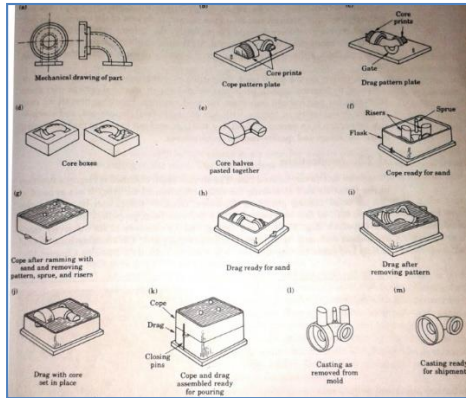
Expendable Mold Casting adalah teknik pengecoran logam yang cetakannya hanya dapat digunakan satu kali saja. (mengutip kalpakjian hal 309)

Macam-macamnya yaitu:

a. *Sand Casting*

Pengecoran ini menggunakan media pasir, air dan bahan pengikat. Alur pembuatan cetakan pasir dapat dilihat pada gambar 4.4.





Gambar 4.2 Tahapan Membuat Cetakan Pasir
 Sumber : Kalpakjian (1990, p.309)

Kelebihan :

- Dapat dipakai untuk logam dengan titik lebur tinggi
- Dapat digunakan mencetak benda dari ukuran kecil hingga besar
- Jumlah produksi mulai dari satuan hingga puluhan.
- Ekonomis, karena mudah untuk pembaruan air dan bentonit

Kekurangan :

- Kemungkinan terjadi cacat lebih besar
- Membutuhkan waktu yang lama untuk produksi

b. *Investment Casting*

Merupakan cara pengecoran khusus dimana pola benda kerja dibuat dari lilin. Lilin dipanaskan sampai meleleh sehingga meninggalkan rongga lalu diisi dengan logam cair. Alur pembuatan *Investment Casting* dapat dilihat pada gambar 4.5.

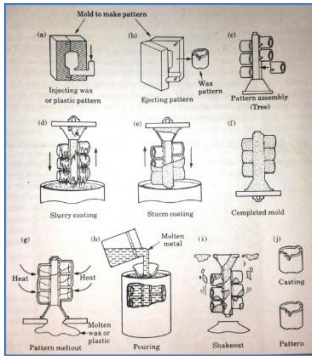
Kelebihan :

- Produksi massal dan biaya produksi murah
- Lilin dapat digunakan kembali

Kekurangan :

- Pembuatan rumit dan kemungkinan cacat lebih besar





Gambar 4.3 Tahapan Proses *Investment Casting*
 Sumber : Kalpakjian (1990, p.317)

c. *Evaporative Pattern Casting*

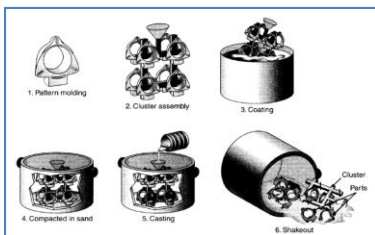
Termasuk sistem saluran masuk *riser* dan inti dibuat dari bahan busa poliesteren. Cetakan ini tidak harus dibuka dalam *Cope* dan *drag* karena pola tidak harus dikeluarkan. Alur pembuatan *Evaporative Pattern Casting* dapat dilihat pada gambar 4.6.

Kelebihan :

- Biaya produksi murah dan dapat digunakan untuk bentuk pola yang rumit

Kekurangan :

- Kemungkinan cacat besar



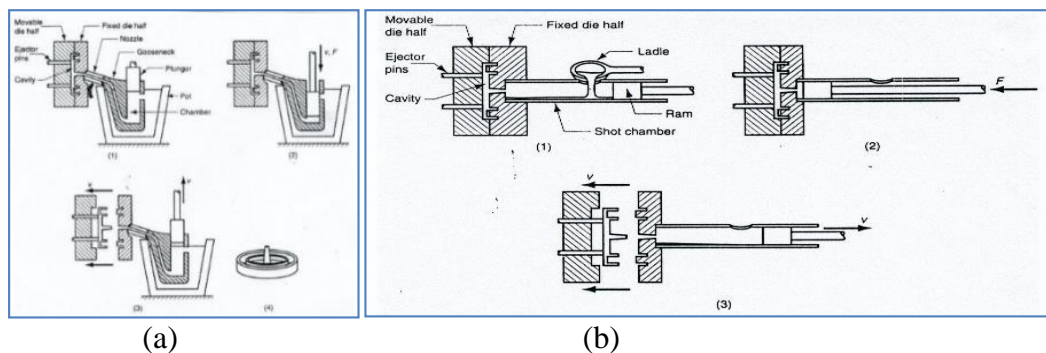
Gambar 4.4 *Evaporate Casting*
 Sumber : Kalpakjian (2009, p.271)

2. *Permanenet Mold Casting*

Merupakan proses pengecoran logam dengan cetakan permanen. Cetakan permanen memiliki beberapa keuntungan di antaranya dapat digunakan pada skala produksi massal sehingga biaya produksi dapat diminimalisir dan cetakan permanen memiliki keuntungan toleransi dimensi yang baik, yang termasuk dalam *multiple mold casting* yaitu:



a. Die Casting (Cetak Tekan)



Gambar 4.5 (a) Hot Chamber (b) Cold Chamber
Sumber : Groover (2007, p. 230)

Merupakan proses pengecoran cetakan permanen dengan cara menginjeksikan logam cair kedalam rongga cetakan dengan tekanan tinggi (1-30 MPa). Tekanan tetap dipertahankan selama proses pembekuan. Ada dua jenis cetak tekan, yaitu:

1. Mesin Cetak Tekan Ruang Panas (*Hot Chamber*)

Pada mesin cetak ruang panas , tungku peleburan terdapat pada mesin dan silinder injeksi terendam dalam logam cair seperti yang terlihat pada gambar 4.7 (a). Tekanan injeksi berkisar antara 7-35 MPa. Mesin ini digunakan untuk logam cor dengan titik lebur rendah seperti Sn , Pb , dan Zn. Kontainer logam cair menjadi satu dengan mesin cetak. Laju produksi cepat, bisa mencapai 900 produk/jam.

Kelebihan :

- Produksi masal cepat
- Tekanan yang diberikan rendah
- Kemungkinan cacat lebih kecil dibanding *cold chamber*

Kekurangan :

- Perencanaan sulit, dikarenakan harus mempertimbangkan tekanan di suhu yang tinggi
- Material harus menyesuaikan dengan logam cair

2. Mesin Cetak Ruang Dingin (*Cold Chamber*)

Pada mesin cetak ruang dingin , tungku peleburannya terpisah dan silinder injeksi diisi logam cair secara manual atau mekanis seperti yang



terlihat pada gambar 4.7 (b). Tekanan injeksinya berkisar antara 14-140 MPa digunakan untuk logam cor dengan titik lebur lebih tinggi dan biasanya digunakan untuk pengecoran logam *ferrous*. Laju produksi lebih lambat dibanding *Hot Chamber*.

Kelebihan :

- Tingkat resiko kecelakaan kecil
- Produksi masal cepat

Kekurangan :

- Karena fasa solid solution daya yang dibutuhkan besar

b. Pengecoran Sentrifugal

Dalam pengecoran ini logam cair dituangkan ke dalam cetakan yang berputar untuk menghasilkan benda cor. Logam cair dituang saat cetakan berputar, kecepatan putar yang sangat tinggi menghasilkan gaya sentrifugal sehingga logam terbentuk sesuai dengan bentuk dinding cetakan. Terdapat tiga jenis *centrifugal casting*, antara lain:

1. *True Centrifugal Casting*

True Centrifugal Casting merupakan salah satu proses pengecoran yang menghasilkan produk cor berbentuk tabular, cairan logam dituang ke cetakan yang berputar, sumbu putaran biasanya horizontal tapi bisa juga vertikal untuk benda kerja pendek seperti yang terlihat pada gambar 4.8. Cetakannya terbuat dari besi, baja atau grafit dan bisa dilapisi dengan lapisan tahan panas untuk memperpanjang umur cetakan.

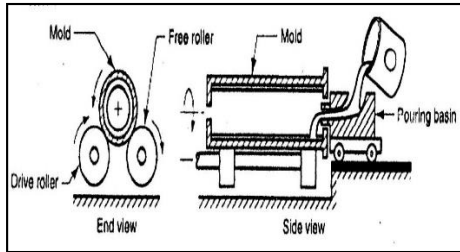
Kelebihan :

- Tingkat resiko kecelakaan kecil
- Produksi memerlukan waktu yang *cuCope* cepat

Kekurangan :

- Hanya dapat membentuk tabular saja dan tidak cocok untuk produksi masal





Gambar 4.6 Proses Pengecoran *True Centrifugal*
 Sumber : Kalpakjian (1989, p. 327)

2. *Semicentrifugal Casting*

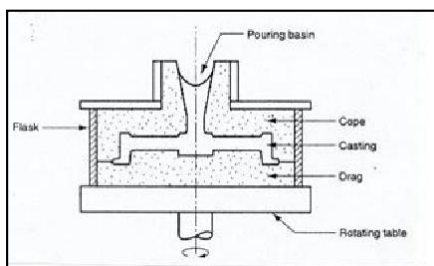
Dalam *semicentrifugal casting*, gaya sentrifugal digunakan untuk menghasilkan hasil coran *solid*, daripada bentuk tabular. Kecepatan rotasi biasanya lebih pelan dari *true centrifugal casting*, densitas logam pada hasil akhir lebih besar pada bagian luar daripada bagian tengah rotasi seperti yang terlihat pada gambar 4.9. Contoh hasil coran *semicentrifugal casting* adalah *pulley*.

Kelebihan :

- Produksi memerlukan waktu yang *cuCope* cepat
- Benda coran memiliki densitas yang tinggi

Kekurangan :

- Tidak cocok untuk produksi masal
- Kemungkinan logam cair keluar dari pouring basin *cukup* tinggi



Gambar 4.7 Proses Pengecoran *Semicentrifugal*
 Sumber : Kalpakjian (1989, p. 328)

3 *Centrifuging*

Dalam pengecoran *centrifuging*, rongga cetakan ditempatkan pada jarak tertentu dari sumbu putaran. Cairan logam dituang dari pusat cetakan dan didorong ke cetakan oleh gaya sentrifugal seperti yang terlihat pada gambar 4.10. Sifat-sifat hasil coran bisa berbeda berdasarkan jarak dari sumbu putaran.

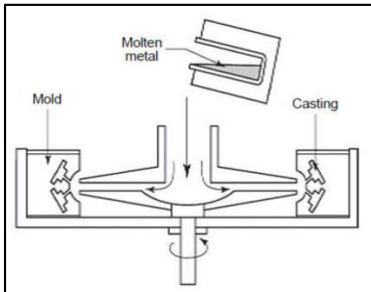


Kelebihan :

- Produksi memerlukan waktu yang *cuCope* cepat
- Sangat cocok untuk prouksi masal

Kekurangan :

- Kemungkinan rongga cetakan tidak terisi loam cair sangat besar



Gambar 4.8 Proses Pengecoran *Centrifuging*

Sumber : Kalpakjian (1989, p. 328)

c. *Squeeze Casting*

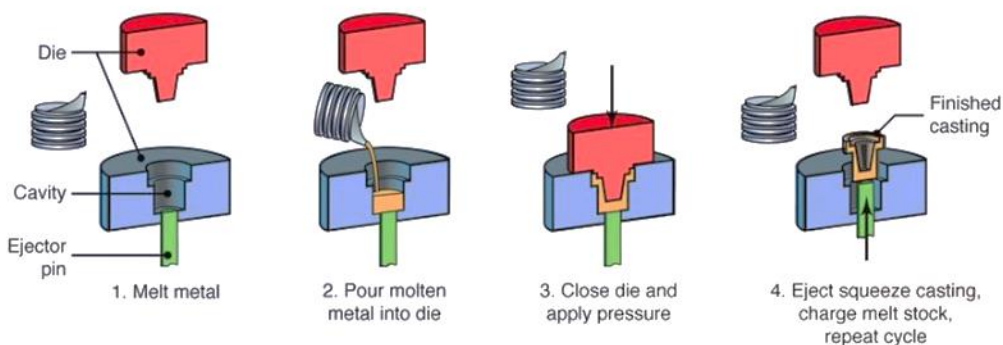
Merupakan proses dimana logam cair membeku dibawah tekanan dalam keadaan tetap antara plat hidrolis seperti yang terlihat pada gambar 4.11.

Kelebihan :

- Kekuatan lebih tinggi dan arah orientasi butir seragam
- Proses pengerjaan *cukup* cepat

Kekurangan :

- Hanya dapat membuat satu bentuk dan bentuk tidak bisa rumit
- Daya yang dibutuhkan besar
- Tidak cocok untuk prouksi masal



Gambar 4.9 *Squeeze Casting*

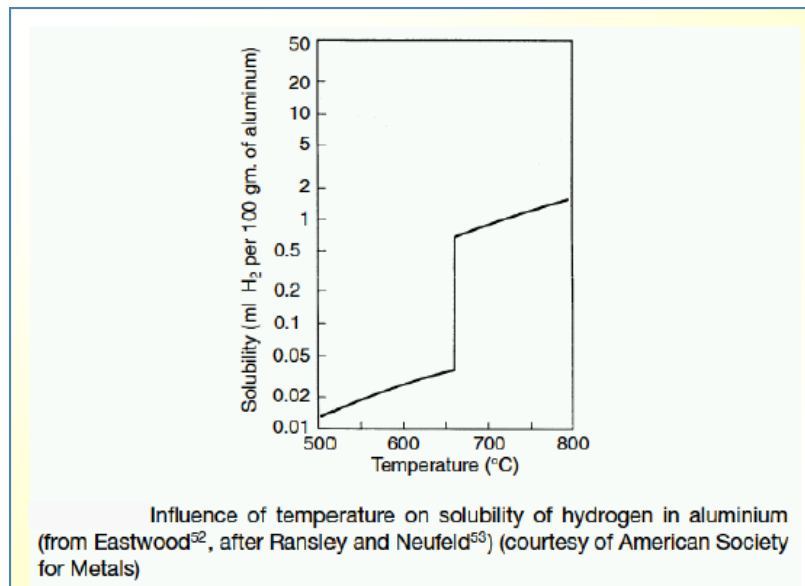
Sumber : Kalpakjian (2009, p. 329)



4.2.2 Peleburan

Peleburan adalah proses yang menghasilkan perubahan fase zat dari padat ke cair. Energi internal zat padat meningkat (biasanya karena panas) mencapai temperature tertentu (disebut titik leleh) saat zat ini berubah cair.

Apabila logam dipanaskan melebihi suhu titik lebur (*superheating*), hal ini dapat mengakibatkan semakin banyak hidrogen yang terlarut dalam logam cair.



Gambar 4.10 Grafik Pengaruh Suhu Terhadap Kelarutan Hidrogen dalam Alumunium
Sumber : Beeley (2001, p. 256)

Tungku tungku peleburan yang biasanya digunakan dalam industri pengecoran logam antara lain, dapur kruz, dapur induksi dan dapur listrik. Karakteristik masing masing tungku peleburan adalah :

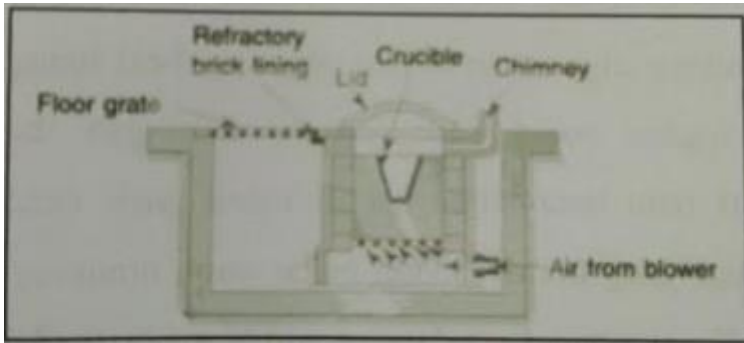
1. *Crucible Furnace*

Crucible Furnace sangat cocok untuk peleburan kecil dimana operasi ini intermiten dan berbagai paduan ditangani dalam jumlah kecil. Wadah terbuat dari tanah liat dan grafit dengan mencetak bahan-bahan ini menjadi bentuk standar. Bahan bakar yang digunakan untuk pemanasan logam bisa kokas, minyak atau gas.

- *Coke-fired Furnace*

Tungku yang dipicu kokas biasanya digunakan untuk melelehkan logam non *ferrous*, seperti kuningan, perunggu dan aluminium dikarenakan biaya instalasi yang rendah, biaya bahan yang rendah dan mudah dalam pengoperasiannya.



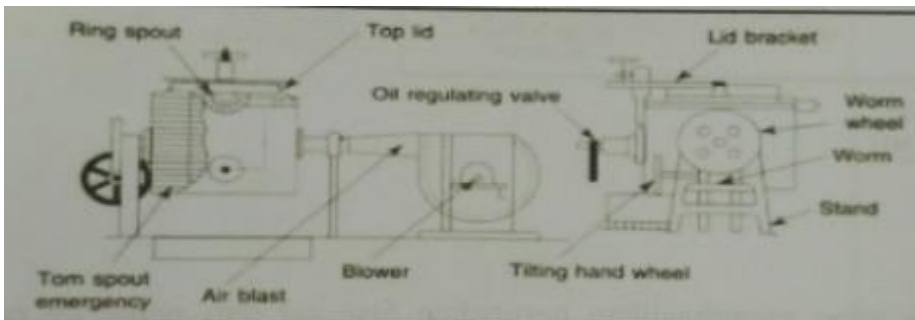


Gambar 4.11 Coke-fired Furnace

Sumber: Jain (1976:147)

- *Oil and Gas-fired Furnace*

Tungku pembakaran gas memanfaatkan minyak atau gas sebagai bahan bakar untuk memanaskan wadah.



Gambar 4.12 Oil and Gas-fired Furnace

Sumber: Jain (1976:148)

2. Dapur Induksi

- Dapur Induksi Jenis Frekuensi Rendah (Jenis Krus)

Dapur induksi frekuensi rendah yang dipakai adalah jenis krus yaitu dapur berinti dimana lilitan kedua yang didinginkan air mengelilingi krus dan di luar lilitan diletakkan juk yang terdiri dari pelat berlapis banyak, berfungsi untuk memusatkan fluks magnet dan menahan lilitan.

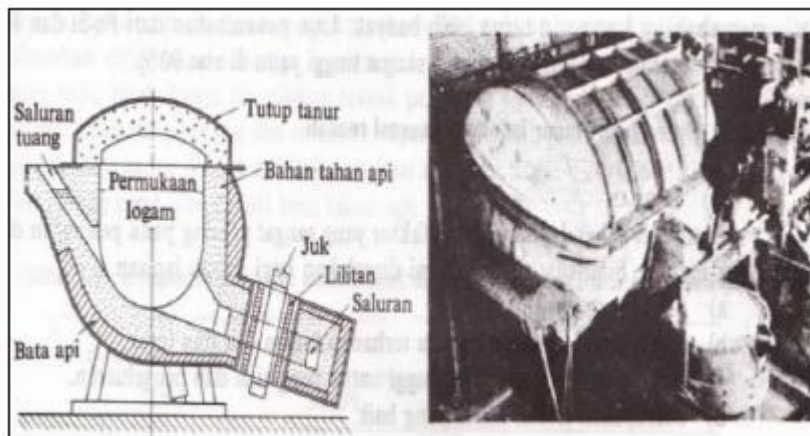




Gambar 4.13 Dapur Induksi Frekuensi Rendah Krus
 Sumber: Surdia dan Chijiwa (2013, p. 147)

- Dapur Induksi Jenis Frekuensi Rendah (Jenis Saluran)

Ruangannya dapur dibagi menjadi dua daerah, daerah pemanasan dan daerah krus. Dapur jenis ini menggunakan energi listrik yang lebih sedikit tetapi memerlukan bahan tahan api yang netral berkualitas tinggi. Dapur ini digunakan pada peleburan kontinyu dimana logam cair dapat dikeluarkan dengan sudut kemiringan kecil.

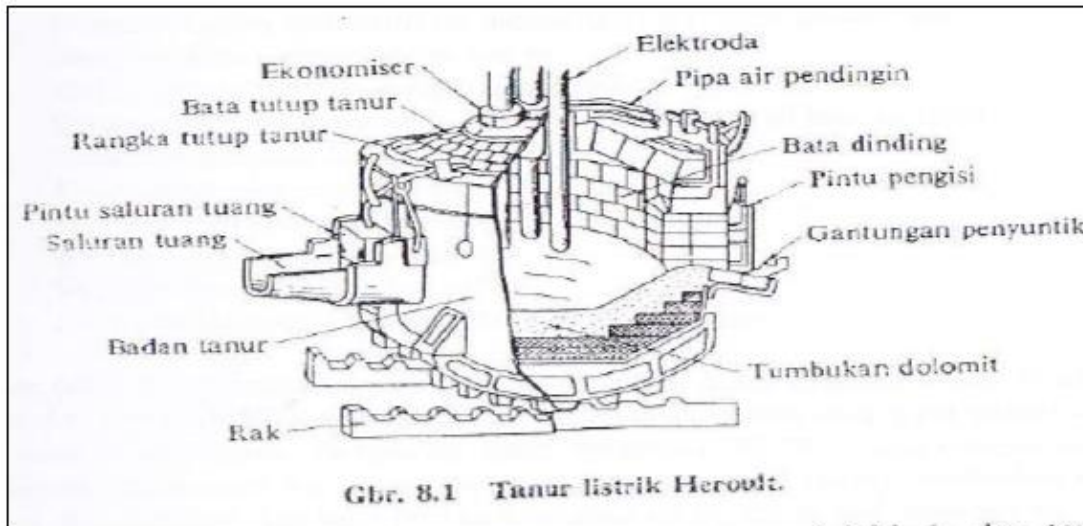


Gambar 4.14 Dapur Induksi Frekuensi Tinggi Saluran
 Sumber: Surdia dan Chijiwa 92013, p. 147)

3. Dapur Listrik

Dapur listrik heroult merupakan jenis dapur yang banyak dipakai. Dapur ini menggunakan arus bolak balik tiga fasa. Energi panas diberikan dan loncatan busur listrik antara elektroda karbon dan coran baja. Terak menutupi cairan dan mencegah absorpsi dari udara luar selama permunian.

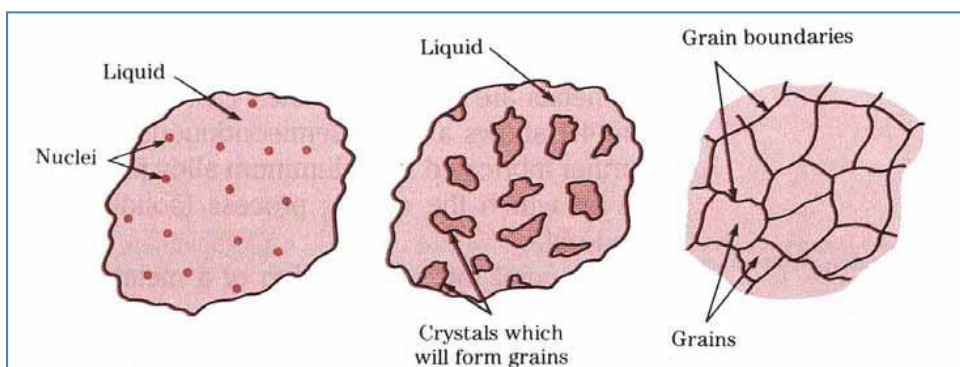




Gambar 4.15 Dapur Listrik
 Sumber: Surdia dan Chijiwa (2013, p. 164)

4.2.3 Solidifikasi

Solidifikasi adalah proses transformasi dari logam/paduan dalam keadaan cair menjadi padat seperti pada gambar 4.16. Solidifikasi diawali dengan pembentukan inti yang stabil karena temperatur pada setiap bagian logam tidak sama. Setelah terbentuk inti dengan logam yang masih dalam fase cair, terbentuklah butir. Logam cair sedikit demi sedikit berubah menjadi fase solid mulai dari berbentuk kristal hingga akhirnya menjadi benar-benar padat.



Gambar 4.16 Proses Solidifikasi
 Sumber : Smith (1993, p. 122)



Tabel 4.3

Nilai dari Suatu Pembekuan (Suhu Cair, Panas Fusi, Energi Permukaan Maksimum *Undercooling* untuk Logam)

Metali	Freezing temp.		Heat of fusion, J/cm ³	Surface energy, J/cm ²	Maximum undercooling, observed, ΔT(°C)
	°C	K			
Pb	327	600	280	33.3×10^{-2}	20
Al	660	933	1066	93×10^{-2}	130
Ag	962	1235	1097	125×10^{-2}	227
Cu	1083	1356	1826	177×10^{-2}	236
Ni	1453	1726	2660	255×10^{-2}	319
Fe	1535	1808	2098	234×10^{-2}	295
Pt	1772	2045	2160	240×10^{-2}	332

Sumber : Smith (1993, p. 123)

Proses Solidifikasi:

1. Tahapan dalam Pembekuan Logam (Solidifikasi)

Terdapat 2 mekanisme pengintian dari partikel padat dalam logam cair :

a. Pengintian homogen

Pengintian dalam suatu logam cair terjadi saat logam menyediakan atom-atom untuk membentuk inti. Pengintian homogen ini terjadi pada logam murni, contohnya saat logam murni cair didinginkan dibawah suhu pembekuannya beberapa derajat, inti-inti homogen sangat banyak terbentuk karena atom-atom yang bergerak lambat membuat inti bersama. Pengintian homogen biasanya membutuhkan suhu *undercooling* sekitar beberapa ratus derajat untuk beberapa logam. Suhu *undercooling* adalah suhu beberapa derajat dibawah suhu cair.

b. Pengintian Heterogen (*Heterogeneous Nucleation*)

Proses pengintian yang sama dengan proses pengintian homogen, hanya saja pengintian terjadi dalam logam cair yang berada pada permukaan cetakan atau logam cair yang tidak murni seperti logam paduan. Pengintian heterogen ini banyak terjadi pada proses industri pengecoran yang mana tidak ada *undercooling* yang besar dan biasanya berkisar 1.0 hingga 10°C terhadap titik cair. Untuk lebih jelasnya lihat gambar 4.16

2. Pembentukan Kristal dalam Logam Cair dan Pembentukan Struktur Butir

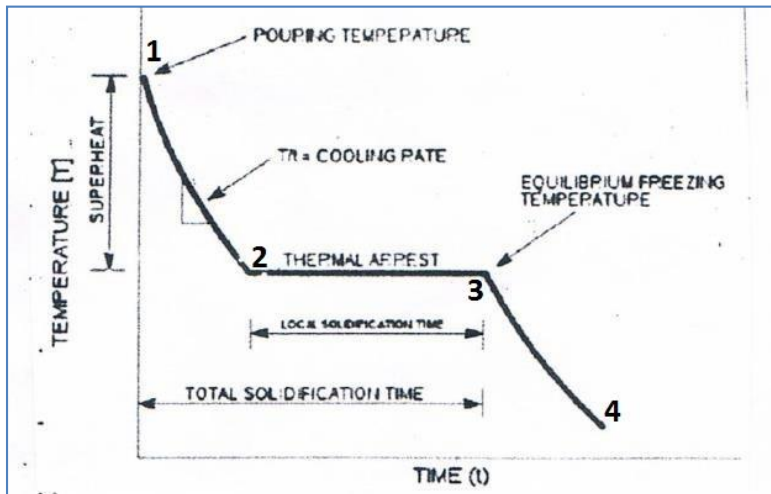
Setelah inti yang stabil terbentuk pada logam yang sedang memadat, kemudian inti tumbuh menjadi kristal. Pada setiap kristal atom berjajar beraturan, sedangkan arah barisan berbeda antara satu kristal dengan yang lainnya. Saat



pembekuan total terjadi, antara kristal saling bertemu membentuk batas butir (*grain boundaries*) dan butiran (*grains*).

3. Macam-Macam Solidifikasi

A. Solidifikasi Logam Murni



Gambar 4.17 Solidifikasi Logam Murni

Sumber : Jain (1964, p. 180)

Gambar 4.17 menjelaskan grafik perubahan fase dari suatu logam dari fase padat menjadi fase cair. Penjelasan tiap titik akan dijelaskan sebagai berikut:

- Titik 1 ke 2

Terjadi penurunan suhu akibat perbedaan temperatur logam cair disebut kalor sensibel karena hanya terjadi penurunan suhu saja sampai titik 2 tanpa terjadi perubahan fase dalam hal ini fasenya tetap logam cair.

- Titik 2 ke 3

Pada titik 2 dimulainya proses perubahan fase dari *liquid* ke solid sampai mencapai titik 3 tetapi tanpa penurunan temperatur (kalor laten). Pada titik 3 keseluruhan logam cair telah menjadi solid dan ini adalah titik akhir pembekuan.

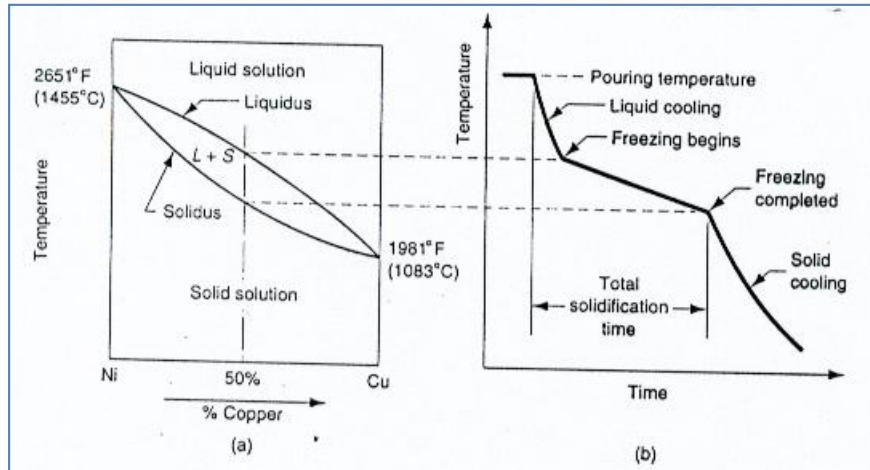
- Titik 3 ke 4

Terjadi penurunan suhu dari titik 3 hingga titik 4. Logam sudah berbentuk padat (solid) dari titik 3. Pada titik 4 suhu logam padat sudah sama dengan suhu lingkungan luarnya. Kalor yang terjadi adalah kalor sensibel.

B. Solidifikasi Logam Paduan

Logam paduan umumnya membeku pada daerah temperatur tertentu, seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.19.

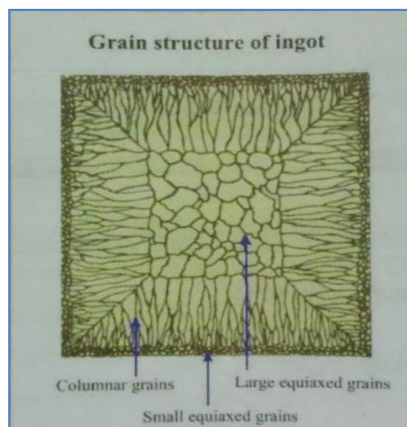




Gambar 4.18 Solidifikasi Logam Paduan
 Sumber : Jain (1964, p. 127)

Garis awal terjadinya pembekuan disebut garis liquidus dan garis akhir pembekuan disebut garis solidus. Suatu paduan dengan komposisi tertentu bila didinginkan dalam waktu yang sangat lama, maka pembekuannya akan terjadi saat mencapai garis liquidus dan pembekuan berakhir pada saat mencapai garis solidus, setelah itu pendinginan akan berlangsung terus hingga mencapai temperatur ruangan.

4. Daerah pembekuan



Gambar 4.19 Chill, Columnar, dan Equiaxed Zone
 Sumber : Kalpakjian (2006, p. 239)

A. Chill Zone

Dapat dilihat pada gambar 4.18. Selama proses penuangan logam cair kedalam cetakan, logam cair yang berkontak langsung dengan dinding cetakan akan mengalami pendinginan yang cepat dibawah temperatur *liquid*-nya.



Akibatnya, pada dinding cetakan tersebut timbul banyak inti padat dan selanjutnya tumbuh ke arah logam cair. Bila temperatur penuangan rendah maka seluruh bagian logam cair akan membeku secara cepat dibawah temperatur *liquidus*. Dan bila temperatur penuangan tinggi cairan logam yang berada ditengah-tengah logam cair akan tetap berada diatas temperatur *liquidus* untuk jangka waktu yang lama.

B. *Columnar Zone*

Sesaat setelah penuangan, gradien temperatur pada dinding cetakan menurun dan kristal pada daerah chill tumbuh memanjang. Kristal-kristal tersebut tumbuh memanjang berlawanan dengan arah perpindahan panas (panas bergerak dari cairan logam ke arah dinding cetakan yang temperaturnya lebih rendah) yang disebut dengan dendrit. Setiap kristal dendrit mengandung banyak logam-logam dendrit (*primary dendrit*). Jika fraksi volume padatan (*dendrit*) meningkat dengan meningkatnya panjang dendrit dan jika struktur yang terbentuk berfase tunggal, maka lengan-lengan dendrit sekunder dan tertier akan timbul dari lengan dendrit primer.

C. *Equiaxed Zone*

Daerah ini terdiri dari butir-butir *equiaxial* yang tumbuh secara acak ditengah-tengah logam cair. Pada daerah ini perbedaan temperatur yang ada tidak menyebabkan terjadinya pertumbuhan butir memanjang.

4.2.4 Fluiditas

a. Definisi Fluiditas

Fluiditas adalah kemampuan suatu logam cair untuk mengalir masuk ke dalam rongga cetakan sebelum membeku. Fluiditas yang rendah akan menyebabkan cacat pada produk. Untuk menghasilkan coran yang lebih baik, hendaknya kecepatan penuangan harus konstan. Prinsip-prinsip ini mungkin dapat digunakan untuk memperkirakan kecepatan aliran. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Fluiditas :

1. Viskositas

Viskositas adalah sebuah ukuran kapasitas cairan untuk mentransmisikan tegangan geser dinamis (viskositas dinamis). Viskositas juga dapat didefinisikan sebagai gaya yang diperlukan untuk memindahkan sebuah permukaan paralel



pada unit jarak. Jadi, semakin tinggi viskositasnya maka fluiditas akan menurun dan sebaliknya bila viskositas rendah maka fluiditas akan meningkat.

2. Temperatur Penuangan

Temperatur penuangan secara teoritis sama atau diatas garis liquidus. Jika lebih rendah, kemungkinan besar terjadi solidifikasi dalam sistem rongga.

3. Komposisi logam

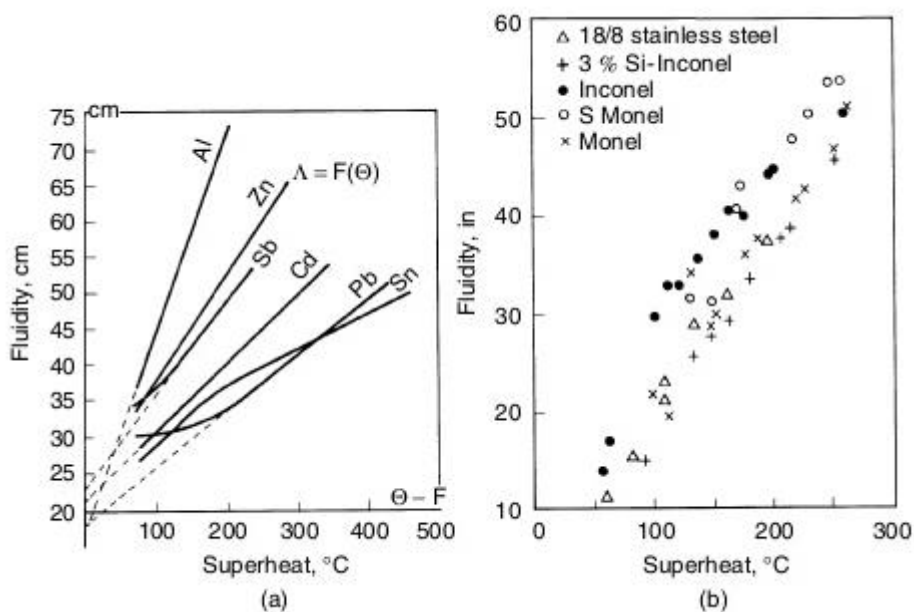
Yang memiliki fluiditas paling tinggi adalah logam murni, dan yang memiliki fluiditas rendah adalah logam paduan, dikarenakan adanya kristal bebas dalam logam cair pada ujung dari aliran logam cair yang dapat mengakibatkan terhentinya aliran.

4. Permukaan cetakan

Semakin kasar permukaan dari cetakan maka fluiditasnya juga akan menurun. Begitu juga sebaliknya, semakin halus permukaan dari cetakan maka fluiditasnya juga akan meningkat.

5. Superheating

Superheating adalah pemanasan lanjut atau penambahan temperatur di atas temperatur cair suatu logam tanpa merubah fase dari suatu logam cair tersebut. Semakin besar penambahan temperatur maka fluiditas semakin memingkat, karena waktu yang dibutuhkan untuk kemabli ke fase padat semakin lambat. Perpindahan fase dapat dilihat pada gambar 4.19 di bawah ini.



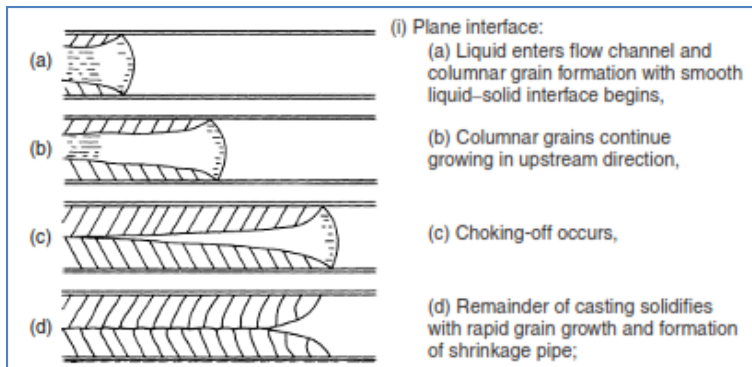
Gambar 4.20 Superheating

Sumber: Beeley (2001:18)



6. Mode Pembekuan

A. Mode Pembekuan *Plane Interface Mode*

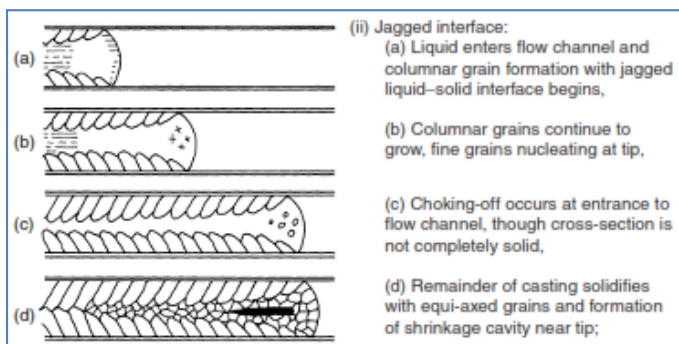


Gambar 4.21 *Plane Interface Mode*

Sumber : Beeley (2001 : 21)

- (a) Cairan memasuki saluran dan pembentukan butir-butir kolom dengan aliran halus dimulai.
- (b) Butir kolom terus tumbuh ke arah hulu.
- (c) Penyumbatan mulai terjadi.
- (d) Sisa pengecoran membeku dengan pertumbuhan butir yang cepat.

B. Mode Pembekuan *Jagged Interface Mode*



Gambar 4.22 *Jagged Interface Mode*

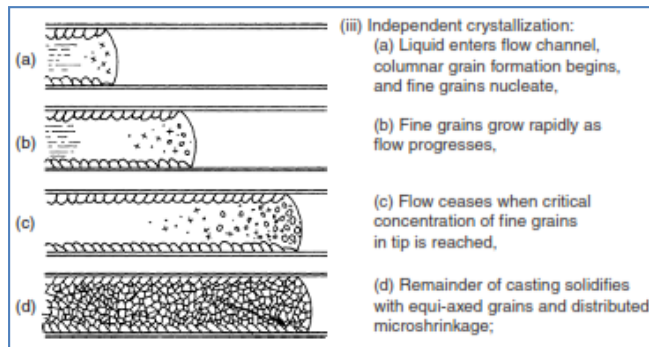
Sumber : Beeley (2001, p. 21)

- (a) Cairan memasuki saluran dan pembentukan butir-butir kolom bergerak padat cair dimulai.
- (b) Butir-butir kolom terus tumbuh dan pembentukan inti terjadi diujung.
- (c) Penyumbatan terjadi dipintu masuk aliran, meski penampang belum sepenuhnya padat.



- (d) Sisa pengecoran membeku dan pembentukan rongga penyusutan terjadi di ujung.

C. Mode Pembekuan *Independent Crystallitation Mode*



Gambar 4.23 Mode Pembekuan *Independent Crystallitation Mode*
 Sumber : Beeley (2001, p. 21)

- (a) Cairan memenuhi saluran dan pembentukan butir-butir kolom dimulai dan butiran-butiran halus membentuk atom.
- (b) Butiran halus tumbuh pesat saat aliran terjadi.
- (c) Aliran terhenti saat konsentrasi kritis dan butiran halus terjadi di ujung.
- (d) Sisa pengecoran membeku dan penyusutan kecil terdistribusi.

7. *Thermal Properties*

Salah satu faktor yang disebabkan oleh cetakan dan karakteristik *heat transfer* dari logam cair. Kecepatan pendinginan hingga suhu akhir aliran logam terhenti ditentukan oleh *heat diffusivity* sesuai persamaan berikut:

$$D = (k \cdot C_p \cdot \rho)^{1/2} \dots\dots\dots (4-1)$$

Dimana:

- D = *Difusivity thermal* adalah kemampuan suatu material mentransfer (kalor) secara difusi yang disebabkan terdapat perbedaan temperatur (cm²/s).
- k = Konduktifitas thermal adalah karakteristik suatu bahan untuk memindahkan suatu kalor dari temperatur tinggi ke temperatur rendah (W/cm.K).
- C_p = Energi yang dibutuhkan untuk menaikkan satu derajat temperature pada tekanan konstan (J/gr.K)



ρ = Density adalah kerapatan massa jenis dari suatu zat yang pasti berbeda-beda tergantung pada massa dan volume (gr/cm^3)

Semakin kecil *diffusifitas thermal* suatu zat maka waktu yang dibutuhkan untuk logam cair berubah fase ke *solid* lebih lama.

Tabel 4.4
Sifat-Sifat Mekanik Alumunium

Sifat-sifat	Kemurnian Al (%)	
	99,996	>99,0
Massa jenis (200 ° C)	2,6989	2,71
Titik cair	660,2	653 – 657
Panas jenis (cal/g. 0 ° C) (1000 ° C)	0,2226	0,2297
Hantaran listrik (%)	64,94	59 (dianil)
Tahanan listrik koefisien temperature (10 °C)	0,00429	0,0115
Koefisien pemuaian (200 ° C – 1000 ° C)	23,86 x 10-6	23,5 x 10-6
Jenis kristal, konstanta kisi	fcc, a = 4,013 kX	fcc, a = 4,04 kX

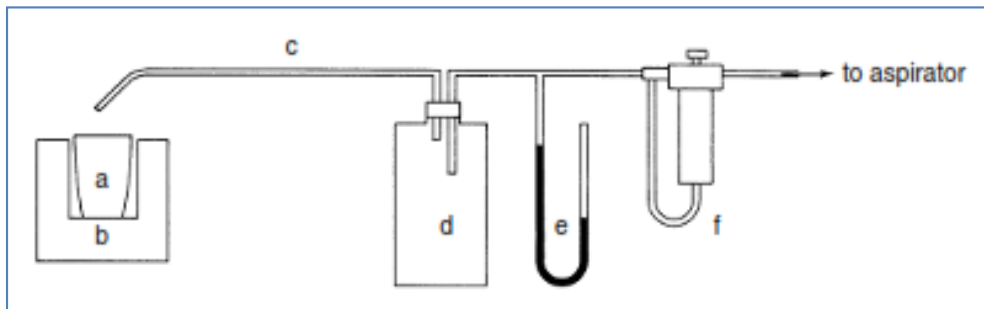
Sumber : Sundari (2011, p. 167)

b. Cara Pengujian Fluiditas

Fluiditas tidak dapat diukur dari sifat fisik individual, sehingga pengujian empiris dilakukan untuk mengukur semua karakteristik dari fluiditas logam cair. Pengujian ini berdasarkan pada kondisi analog pada pengecoran logam. Dalam pengecoran dan pengukuran fluiditas dilakukan sebagai jarak yang telah dilalui oleh logam cair dalam sistem saluran tertutup sebelum aliran tersebut berhenti. Ada beberapa macam cara pengujian fluiditas, diantaranya :



2. Vacuum Fluidity Test



Gambar 4.25 Vacuum Fluidity Test

Sumber : Beeley (2001, p. 18)

Keterangan :

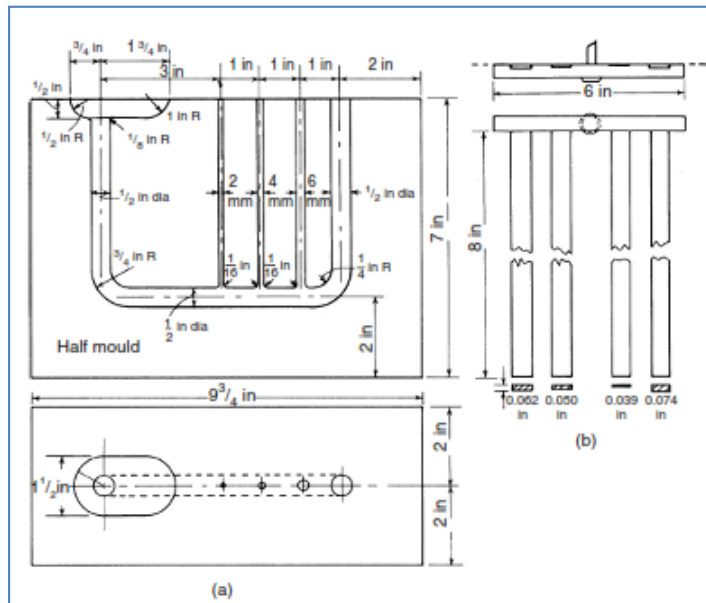
- a. Wadah logam
- b. Tungku tahan listrik
- c. Pipa bertekanan
- d. Tahanan Reservoir
- e. Manometer
- f. Kartesia Manostat

Pengujian vakum bertujuan untuk mengamati panjang aliran logam yang mengalir melalui saluran sempit saat dihisap oleh pompa vakum dari dapur krusikel.

Pengujian ini dilakukan dengan cara mengalirkan logam cair melalui tabung gelas halus dibawah pengaruh hisapan dari kondisi vakum sebagian seperti pada gambar 4.24. *Pressure head* diketahui dengan akurat dan faktor manusia dalam penuangan dapat dihilangkan.



3. Multiple Channel Fluidity Test Casting



Gambar 4.26 Multiple Channel Fluidity Test Casting
Sumber : Beeley (2001, p. 23)

Pengujian ini digunakan untuk mengetahui fluiditas aliran logam cair saat melalui saluran lebih dari satu dan dengan luas penampang sama sempitnya yang mana banyak terdapat pada saluran cetakan pengecoran yang sebenarnya seperti pada gambar 4.25.

4.2.5 Cacat Coran

1. Porositas

Disebabkan pembentukan gas dan penyerapan gas oleh logam selama penuangan. Gas berasal dari cetakan atau permukaan inti. Dengan mengontrol produksi gas material cetakan dan inti dapat mengurangi timbulnya cacat ini Porositas ada dua macam, yaitu :

a. *Inter dendrite shrinkage*

Biasanya pada bagian dalam, dikelilingi oleh kristal-kristal *dendrite* seperti pada gambar 4.26.

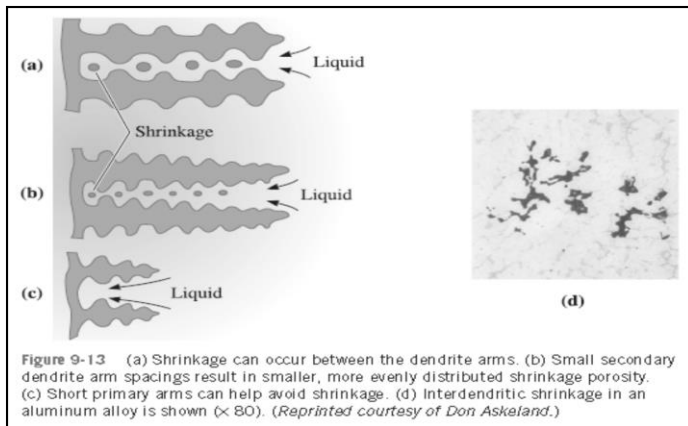
Penyebab :

- Temperatur penuangan terlalu tinggi.

Cara pencegahannya :

- Mengatur suhu superheating agar sesuai dngan seharusnya





Gambar 4.27 Interdendrite Shrinkage

Sumber: Wright (2010, p.349)

b. Gas porosity

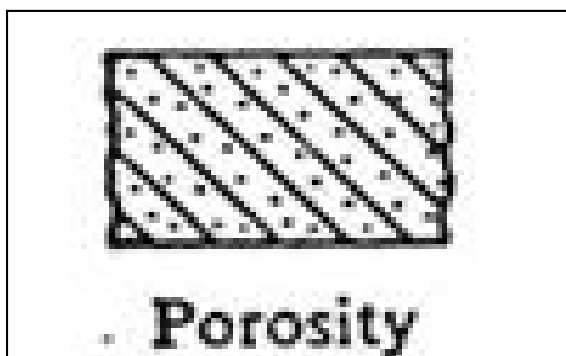
Cacat ini biasa terjadi karena kelebihan hidrogen yang tidak dapat dimasukkan dalam struktur logam atau paduan kristal padat sehingga membentuk gelembung yang mungkin terperangkap dalam logam padat dan akhirnya menghasilkan porositas gas seperti pada gambar 4.27.

Penyebab :

- Temperatur penuangan terlalu tinggi

Cara pencegahannya :

- Mengatur suhu superheating agar sesuai dengan seharusnya



Gambar 4.28 Gas Porosity

Sumber : Surdia dan Chijiwa (2013, p.214)



2. Shift (Pergeseran)

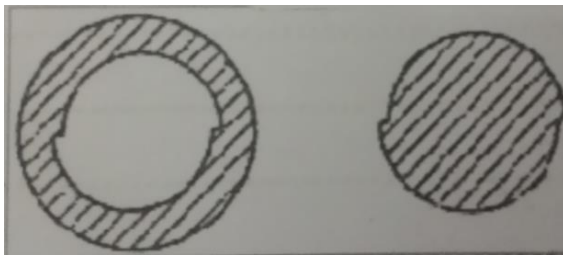
Shift merupakan cacat yang terjadi akibat dari ketidakcocokan masing-masing bagian dari coran. Biasanya terjadi dibagian pola belahan seperti pada gambar 4.28.

Penyebab :

- Kesalahan dalam pemasangan pipa untuk core
- Pergeseran pin *Cope & drag*

Solusi :

- Memperbaiki desain cetakan sesuai dimensi dan ukuran yang tepat
- Memberikan pin yang benar atau pengunci agar tidak terjadi pergeseran



Gambar 4.29 Shift

Sumber : Surdia dan Chijiwa (2013, p.214)

3. *Dirt and Sand Inclusion* (Kotoran dan Inklusi Pasir)

Kotoran dan inklusi pasir merupakan cacat yang terjadi karena adanya partikel asing atau kotoran yang tertanam pada permukaan coran dan bisa juga karena adanya rontokan pasir yang melekat pada permukaan hasil coran seperti pada gambar 4.29.

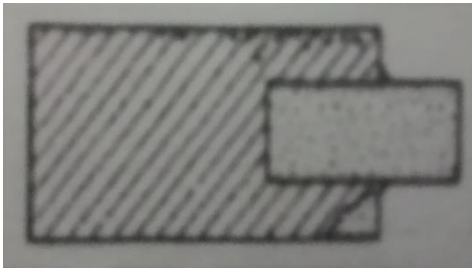
Penyebab :

- Adanya pasir yang terkikis selama penuangan logam cair
- Adanya kotoran pada cetakan
- Bagian Rongga cetakan kurang bersih

Solusi :

- Melakukan penuangan secara perlahan-lahan.
- Pemberian saringan pada saluran penuangan sehingga kotoran tidak ikut masuk ke dalam cetakan
- Meningkatkan kekuatan
- Melakukan pemeriksaan dan pembersihan dibagian rongga cetakan.





Gambar 4.30 Dirt and Sand Inclusion

Sumber : Surdia dan Chijiwa (2013, p.214)

4. Metal penetration

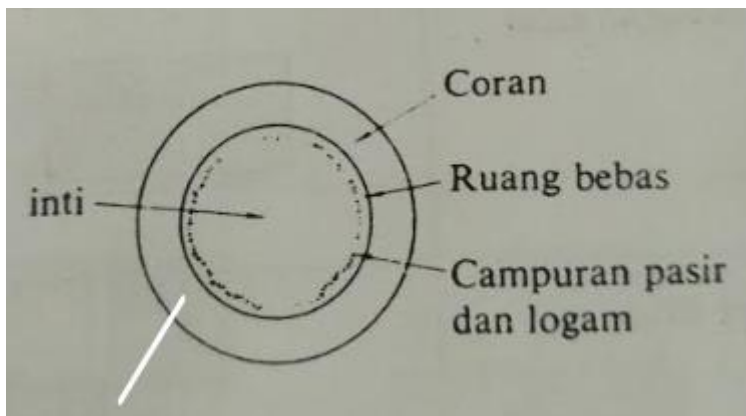
Cacat ini terlihat pada permukaan yang kasar dan tidak rata dari benda coran. Yang diakibatkan oleh pasir yang memiliki permeabilitas yang tinggi, butiran yang besar dan kekuatan yang rendah. Dapat dilihat pada gambar ini

Penyebab:

- Logam cair memiliki tekanan statis dan dinamik yang berlebihan
- Pemadatan pasir yang kurang
- Tahanan panas pasir yang kurang

Solusi:

- Menggunakan pasir yang tahanan panasnya tinggi
- Pemadatan pasir harus cukup
- Memperhitungkan tumbukan aliran logam



Gambar 4.31 Metal Penetration

Sumber: Surdia dan Chijiwa (2013, p214)



5. *Fin* (Sirip)

Merupakan cacat yang terjadi akibat penetrasi logam cair pada permukaan pisah. Apabila cetakan tidak tepat maka logam yang dicairkan akan mengisi celah-celah cetakan dan menimbulkan cacat seperti sirip seperti pada gambar 4.30.

Penyebab :

- Penempatan cetakan *Cope* dan drag yang tidak tepat
- Adanya penetrasi logam cair yang berlebihan
- Ukuran pipa untuk core yang lebih kecil dari desain benda kerja

Solusi :

- Pembuatan pipa untuk core harus benar
- Pemasangan *Cope* dan drag harus tepat



Gambar 4.32 *Fin*

Sumber : *Beeley* (2001, p.314)

6. *Shrinkage* (Penyusutan)

Merupakan cacat yang terjadi saat pembekuan. Pembekuan yang tidak seragam pada bagian coran menghasilkan perbedaan ketebalan dan luas permukaan yang cukup besar seperti pada gambar 4.31.

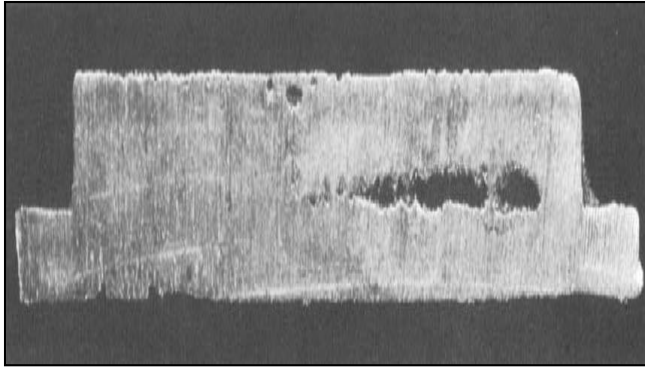
Penyebab :

- Pembekuan yang tidak seragam
- Ukuran gating system yang tidak sesuai
- Letak riser yang kurang tepat

Solusi :

- Penyeragaman pada saat proses pembekuan
- Meletakkan *riser* pada posisi yang tepat

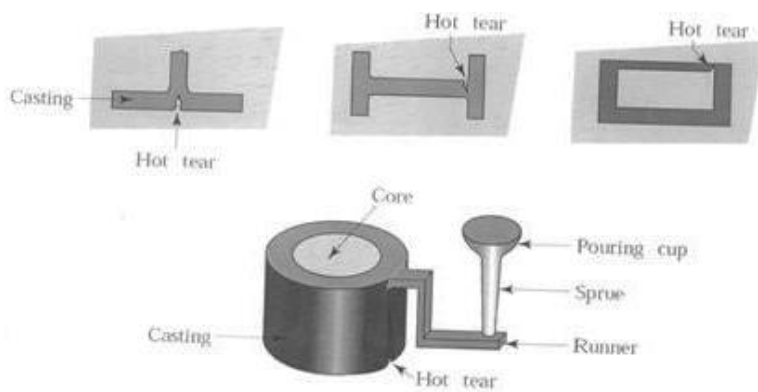




Gambar 4.33 Cacat Shrinkage
 Sumber : Jain (1995, p.195)

6. Hot Tears

Cacat yang dapat terjadi karena tegangan terlalu besar pada coran yang ditimbulkan oleh temperatur terlalu tinggi seperti pada gambar 4.32.



Gambar 4.34 Hot Tear
 Sumber : Beeley (280)

Penyebab :

- Kontraksi akibat kehilangan panas terlalu cepat
- Terjadi pressure drop pada logam cair
- Penguapan yang berlebihan
- Kekuatan tarik terlalu besar

Solusi :

- Perancangan cetakan dan perhitungan sistem saluran harus tepat.

7. Swell (Membengkak)

Pembengkakan biasa terjadi karena cetakan mengembang akibat tekanan logam cair atau inti yang tertekan. Cacat yang dijumpai pada permukaan vertikal



pegecoran jika pasir cetakan terdeformasi karena kandungan air bebas dalam pasir yang tinggi sehingga menurunkan kekuatan tekan pasir cetak seperti pada gambar 4.33.

Penyebab :

- Kekuatan tekan rendah

Solusi :

- Perencanaan pasir cetak yang baik



Gambar 4.35 Cacat Swell

Sumber : Surdia dan Chijiwa (2013, p.215)

8. Cacat Gas

Cacat ini terjadi karena aliran logam cair yang turbulen pada saat penuangan. Biasanya terjadi pada permukaan atau di dalam coran. Cacat gas dibagi menjadi dua, yaitu:

a. *Pin Hole* (Lubang Jarum)

Cacat yang lubangnya seperti lubang jarum, ukuran diameter lubangnya kecil kurang dari 2 mm terlihat di permukaan coran seperti pada gambar 4.34.

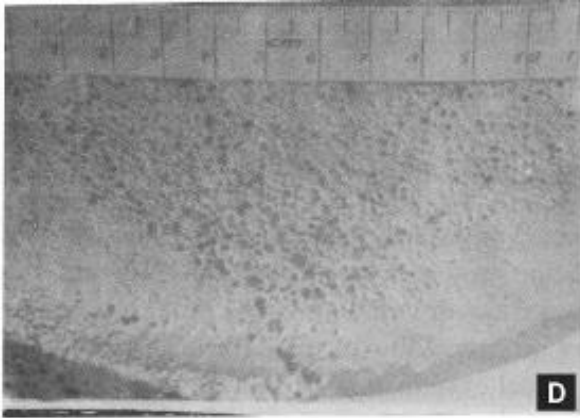
Penyebab :

- Aliran logam cair turbulen

Solusi :

- Mengatur waktu penuangan





Gambar 4.36 Cacat Pin Hole
Sumber : Jain (2009, p.315)

b. *Blow hole*

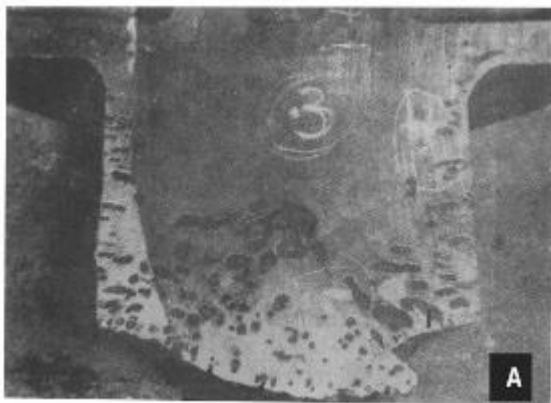
Blow hole terjadi dikarenakan udara yang terjebak didalam rongga cetakan. Gelembung gas yang terperangkap mempunyai bentuk bola dengan besar 2-3 mm seperti pada gambar 4.35.

Penyebab :

- Aliran logam cair turbulen

Solusi :

- Mengatur waktu penuangan



Gambar 4.37 Cacat Gas Holes
Sumber : Jain (2009, p.315)

9. *Misrun / Cold Shut*

Menurut Narayana (2010,p.71), cacat ini terjadi saat logam tidak dapat mengisi cetakan secara utuh akibat adanya halangan akibat logam cair yang sudah menyusut lebih awal atau gas hasil reaksi antara *core* dan logam cair yang terjebak sehingga membuat rongga pada hasil coran seperti pada gambar 4.36.

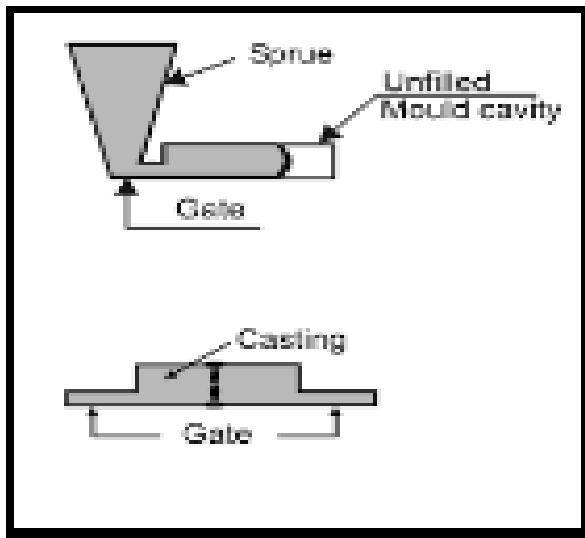


Penyebab :

- Kesalahan saat perencanaan *gating system*
- Gas hasil reaksi pemanasan di *core*

Solusi :

- Penempatan *riser* dekat dengan *core* agar gas langsung keluar



Gambar 4.38 Cacat Misrun/Cold shot

Sumber : Narayana (2010, p. 71)

4.2.6 Inspeksi

Inspeksi atau pemeriksaan cacat adalah pemeriksaan terhadap produk coran untuk mengetahui ada tidaknya cacat pada produk coran tersebut. Macam-macam metode pengujian yang sering dilakukan yaitu :

1. Liquid Penetrant Test

Metode *liquid penetrant test* merupakan metode NDT (*non destructive test*). Metode ini digunakan untuk menemukan cacat di permukaan terbuka dari komponen solid baik logam maupun non logam.

Melalui metode ini cacat pada permukaan material akan terlihat jelas. Caranya adalah dengan memberikan cairan berwarna terang pada permukaan yang diinspeksi seperti pada gambar 4.37. Cairan ini harus memiliki daya penetrant yang baik dan viskositas yang rendah agar dapat masuk pada cacat dipermukaan material yang diberikan. Cacat akan nampak jelas jika perbedaan warna penetrant yang tertinggal dibersihkan dengan penetrant developer.

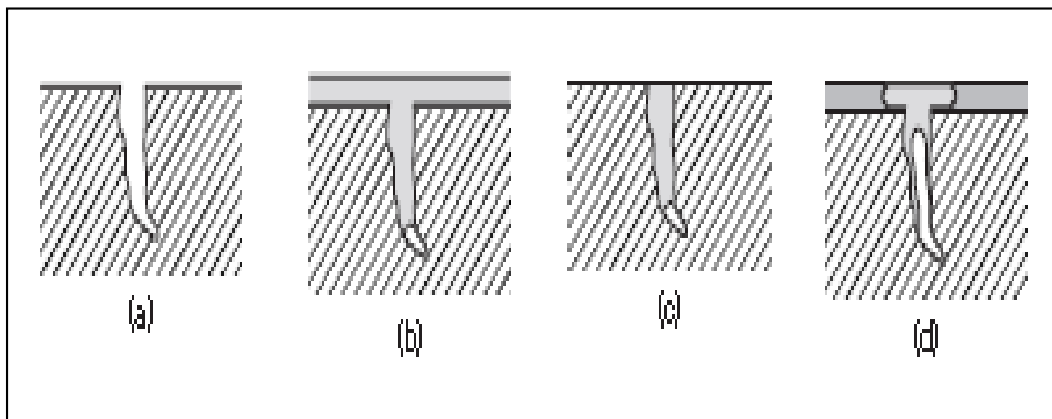
Keuntungan :



- Mudah diaplikasikan
- Murah
- Tidak dipengaruhi oleh sifat kemagnetan material dan komposisi kimia
- Jangkauan permukaan *coverage* luas

Kekurangan :

- Tidak dapat dilakukan pada benda dengan permukaan kasar dan berpori.
- Tidak dapat mengetahui cacat bagian dalam



Gambar 4.39 Liquid Penetrant Test

Sumber : De Garmo (2008, p.247)

2. Magnetic Particle Inspection

Dengan menggunakan metode ini, cacat pada permukaan atau sedikit dibawah permukaan (*subsurface*) pada benda yang bersifat *ferromagnetic* dapat diketahui. Prinsipnya adalah dengan memanfaatkan bahan yang akan diuji. Adanya cacat yang tegak lurus arah medan magnet akan mengakibatkan kebocoran medan magnet. Kebocoran medan magnet ini mengindikasikan adanya cacat pada material. Dengan menabur partikel magnetik dipermukaan. Partikel-partikel tersebut akan mengumpul pada daerah kebocoran medan magnet. seperti yang terlihat pada gambar 4.38.

Keuntungan :

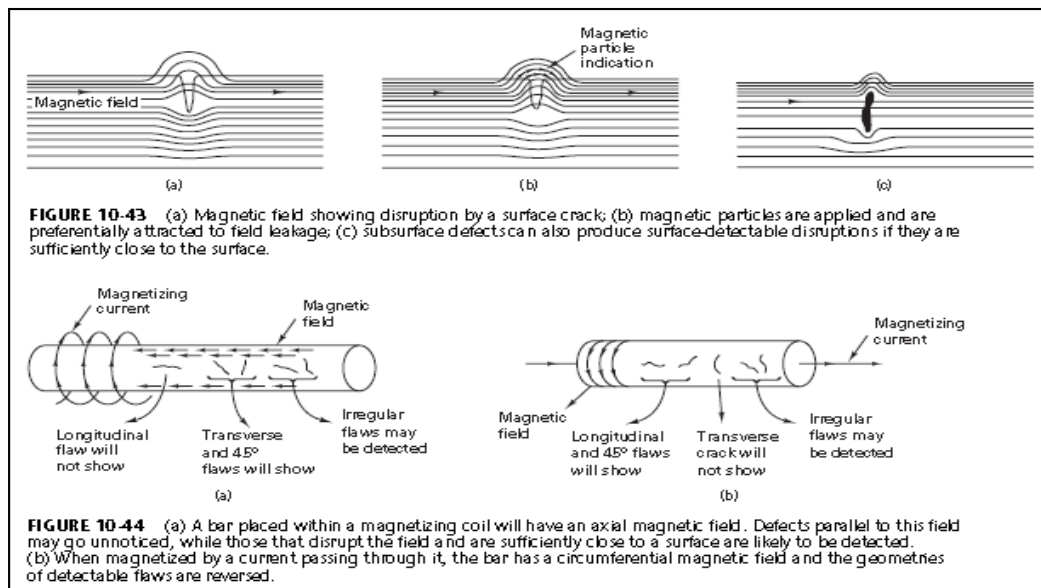
- Mudah
- Tidak memerlukan keahlian khusus untuk mengoperasikan
- Mengetahui cacat bagian dalam

Kekurangan :

- Penggunaan terbatas pada material *ferromagnetic*



- Adanya kemungkinan cacat tidak terdeteksi akibat orientasi cacat searah medan magnet



Gambar 4.40 Magnetic Particle Inspection

Sumber : De Garmo (2008, p.248)

3. Ultrasonic Test

Prinsip yang digunakan adalah prinsip gelombang suara. Gelombang suara yang dirambatkan pada spesimen uji dan sinyal yang ditransmisikan akan dipantulkan kembali seperti pada gambar 4.39. Gelombang ultrasonik yang digunakan memiliki frekuensi 0,5-20 Mhz. Gelombang suara akan berpengaruh jika ada retakan atau cacat pada material. Gelombang ultrasonik dibangkitkan oleh transduser dari bahan piezoelektrik yang dapat merubah energi listrik menjadi getaran mekanis kemudian menjadi energi listrik lagi.

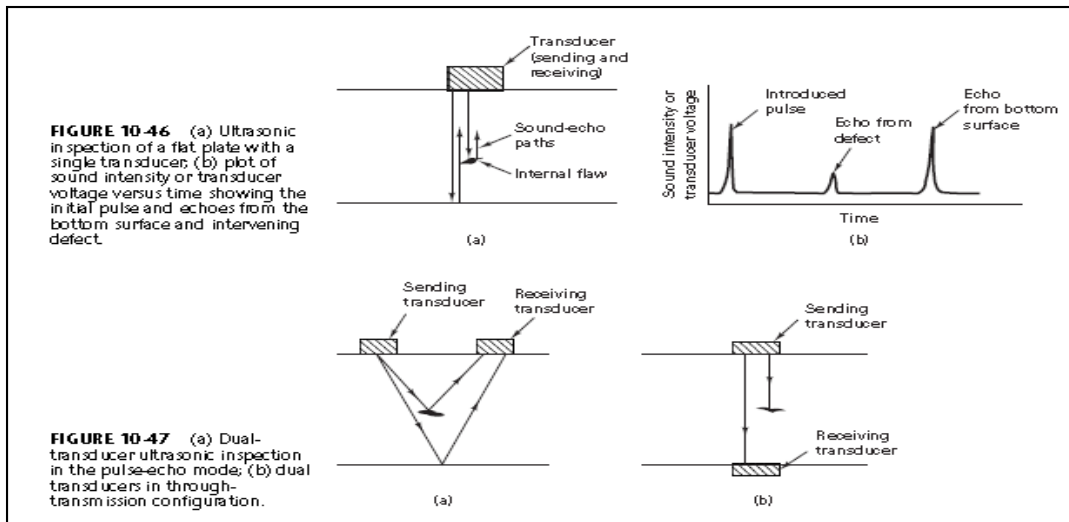
Keuntungan :

- Cukup teliti dan akurat
- Hanya diperlukan satu sisi untuk dapat mendeteksi keseluruhan
- Indikasi dapat langsung diamati

Kekurangan :

- Memerlukan pelaksana yang terlatih dan berpengalaman
- Benda uji dengan permukaan kasar, tidak beraturan, sangat kecil sangat sulit diuji.





Gambar 4.41 Ultrasonic Test

Sumber : De Garmo (2008, p.251)

4. Radiographic Inspection

Metode ini menggunakan sinar X dan sinar gamma yang dipancarkan menembus material. Sebagian sinar akan diserap dan sebagian akan diteruskan dan ditangkap film. Cacat akan diketahui dari hasil rekam film, dapat dilihat gambar 4.40.

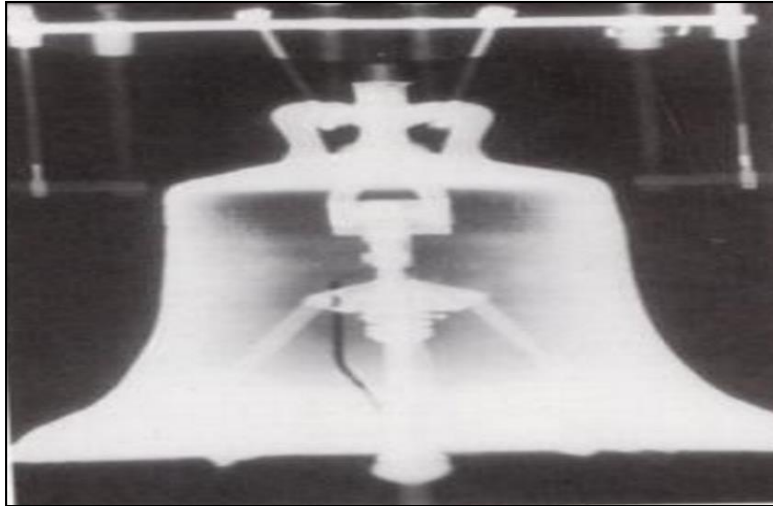
Kelebihan:

- Faktor ketebalan tidak berpengaruh
- Mampu menggambarkan bentuk cacat dengan baik

Kekurangan:

- Memerlukan operator yang benar-benar berpengalaman
- Efek radiasi sinar gamma berbahaya





Gambar 4.42 Radiographic Inspection
Sumber : De Garmo (1984, p.278)

5. *Eddy Current Test*

Inspeksi ini memanfaatkan prinsip elektomagnetik. Prinsipnya, arus listrik dialirkan pada kumparan untuk membangkitkan medan magnet didalamnya. Jika medan magnet dikenakan pada benda logam yang akan diinspeksi, akan terbangkit arus *Eddy*, kemudian diinspeksi, dapat dilihat gambar 4.41.

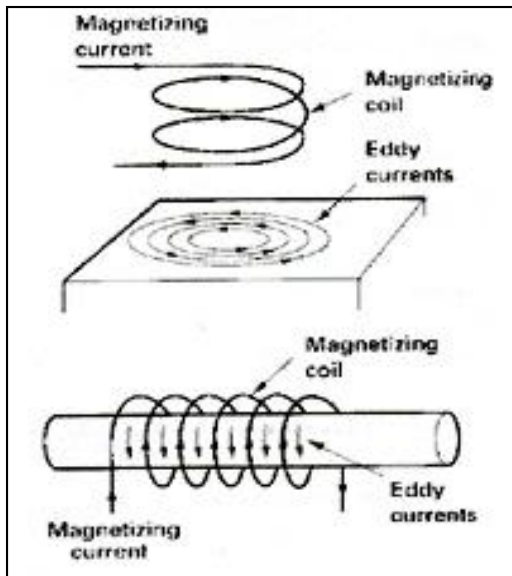
Kelebihan:

- Hasil pengujian dapat langsung diketahui;
- Pengujian Eddy aman dan tidak ada bahaya radiasi.

Kekurangan:

- Hanya dapat diterapkan pada permukaan yang dapat dijangkau;
- Hanya diterapkan pada bahan logam saja.





Gambar 4.43 Eddy Current Test
 Sumber : De Garmo (1984, p.278)

6. Uji Pikhometri

Dalam pengujian ini, ketidakraturan bahan diteliti dan juga komponen, struktur mikro dan sifat-sifat mekanik. Uji *pikhometri* dilakukan untuk mencari *apparent density* yang nantinya digunakan untuk mengetahui porositas pada hasil coran seperti pada gambar 4.42. Dengan demikian pemeriksaan porositas dapat dilakukan dengan baik dengan perlakuan tekanan yang berasal dari foto mikrostruktur dari coran. Untuk mencari persentase yang terdapat dalam suatu coran digunakan perbandingan 2 buah densitas, yaitu :

a. Theoretical Density

Kepadatan dari suatu benda padat tanpa porositas yang terdapat didalam didefinisikan sebagai perbandingan massa terhadap volume tekanan.

b. Apparent Density

Berat disetiap unit volume material termasuk cacat yang terdapat dalam uji material (gr/cm^3).

Pengukuran densitas menggunakan metode piknometri, yaitu sebuah proses perbandingan densitas relatif dari sebuah padatan dan sebuah cairan.

Pengujian piknometri didasarkan pada perhitungan prosentase porositas hasil coran untuk dapat menghitung prosentase porositas dapat dihitung dengan rumus:



$$\% P = (1 - \rho_s / \rho_{th}) \times 100\% \dots \dots \dots (4-2)$$

Dimana :

% P : Persentase porositas (%)

ρ_s : *Apparent density* (gr/cm³)

ρ_{th} : *True density* (gr/cm³)

Untuk memperoleh nilai *theoretical density* dapat dicari dengan menggunakan persamaan yang ada pada standar ASTM E252-84, yaitu

$$\rho_{th} = \frac{100}{[(\%Al/\rho_{Al}) + (\%Cu/\rho_{Cu}) + (\%Fe/\rho_{Fe}) + \text{Etc.}]} \dots \dots \dots (4-3)$$

Dengan :

ρ_{th} : *Theoretical density* (gr/cm³)

$\rho_{Al} \rho_{Cu} \rho_{Fe} \text{ etc}$: Densitas unsur (gr/cm³)

%Al %Cu %Fe etc : Presentase berat unsur

Sedangkan untuk perhitungan *aparent density*, menggunakan persamaan sesuai karakter struktur ASTM B3H-93 sebagai berikut

$$P_s = P_w \frac{W_s}{(W_s - (W_{sb} - W_b))} \dots \dots \dots (4-4)$$

Dengan :

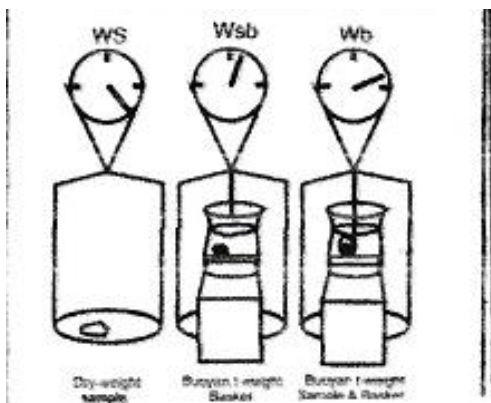
ρ_s : *Apparent density* (gr/cm³)

ρ_w : *Density air* (gr/cm³)

w_s : Berat sample diudara (gr)

w_{sb} : Berat sample dan keranjang didalam air (gr)

w_b : Berat keranjang (gr)



Gambar 4.44 Skema Piknometri
Sumber: Rb Taykar (1949, p. 247)

