

## BAB II DASAR TEORI

### 2.1 Penelitian sebelumnya

Tjitro ( 2001 ) melakukan penelitian mengenai pengaruh bentuk riser terhadap cacat penyusutan produk cor aluminium cetakan pasir. Pada penelitian ini terjadinya cacat penyusutan pada produk cor cetak pasir dipengaruhi oleh bentuk dan dimensi riser. Penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui pengaruh modulus cor terhadap cacat penyusutan. Pada penelitian tersebut digunakan riser dengan bentuk dan modulus cor yang berbeda. Model riser 1 berbentuk silinder dengan diameter 10 mm dan tinggi 60 mm. Model riser 2 berbentuk kerucut terpancung dengan diameter 10 mm dan 25 mm dan tinggi 60 mm. Model riser 3 berbentuk kerucut terpancung pula dengan diameter 10 mm dan 100 mm serta tinggi 60 mm. Ketiga jenis riser menggunakan saluran yang sama. Hasil penelitian menunjukkan bahwa modulus cor mempengaruhi terjadinya cacat penyusutan pada produk cor.

Penelitian tentang pengaruh bentuk penampang riser terhadap cacat porositas oleh Tjitro dan Gunawan (2003). Cacat porositas dapat disebabkan akibat kegagalan fungsi riser untuk mengkompensasi penyusutan. Penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui pengaruh bentuk riser terhadap cacat porositas. Model riser yang digunakan ada 2 yang selanjutnya disebut model 1 dan model 2. Model 1 dengan bentuk kerucut terpancung dengan tinggi 60 mm, diameter permukaan pancung 10 mm, dan diameter yang berhubungan dengan udara luar 100 mm. Model 2 berbentuk silinder tinggi 60 mm dan diameter alas 10 mm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bentuk penampang riser mempunyai pengaruh yang signifikan bagi timbulnya cacat porositas.

Elbel dan Havlicek (2011) melakukan penelitian tentang pengaruh geometri modulus cor terhadap proses solidifikasi. Modulus cor ditentukan melalui perhitungan sederhana dari perbandingan volume coran setelah logam dituangkan kedalam cetakan terhadap luas selimut cetakan setelah pembekuan. Hasil penelitian telah membuktikan teori Chvorinov dan penelitian terbaru yang menggunakan perhitungan numerik. Modulus geometri dan proses termal mempengaruhi tingginya tingkat pemadatan dibagian aksial penampang pengecoran dan pemendekan waktu pembekuan.

## 2.2 Pengertian Brass

Tembaga dan kuningan dapat berfungsi untuk mencegah adanya korosi yang berlebihan. Brass dan aluminium perunggu adalah material yang baik pada konteks ketahanan terhadap korosi pada lingkungan ekstrem. Tetapi kuningan lebih baik dari aluminium perunggu, dan pada *cupronickels* dengan sedikit tambahan besi juga tangguh untuk ketahanan korosi.

Sistem pemipaan menggunakan tembaga dan paduannya sangat cocok dengan dikombinasikan pada besi, aluminium dan *stainless steel*. Karena sifat yang tahan terhadap korosi, tembaga dapat mengatasi banyak masalah pada *heat-exchanger* seperti sistem pemipaan yang menggunakan ammonia pada sisi satu dan air laut pada sisi yang lain. (Fontana : 1987)

Brass merupakan logam paduan dengan senyawa utama tembaga (Cu) dan zinc (Zn), kuningan mempunyai unsur-unsur lain yang memiliki sifat tahan terhadap korosi dan juga mempunyai daya hantar listrik yang cukup baik. Kadar kuningan yaitu tembaga (Cu) 78 – 79 %, seng (Zn) 22 – 24 % tergantung dari penggunaannya. Selain itu terdapat juga campuran tambahan lain seperti timbal (Pb), timah putih (Sn), besi (Fe), nikel (Ni), silicon (Si), aluminium (Al), mangan (Mn), krom (Cr), fosfor (P), arsenik (As), dan belerang (S). Salah satu kegunaan bahan kuningan biasanya digunakan untuk material etsa atau piagam. (Sukoco, 2011)

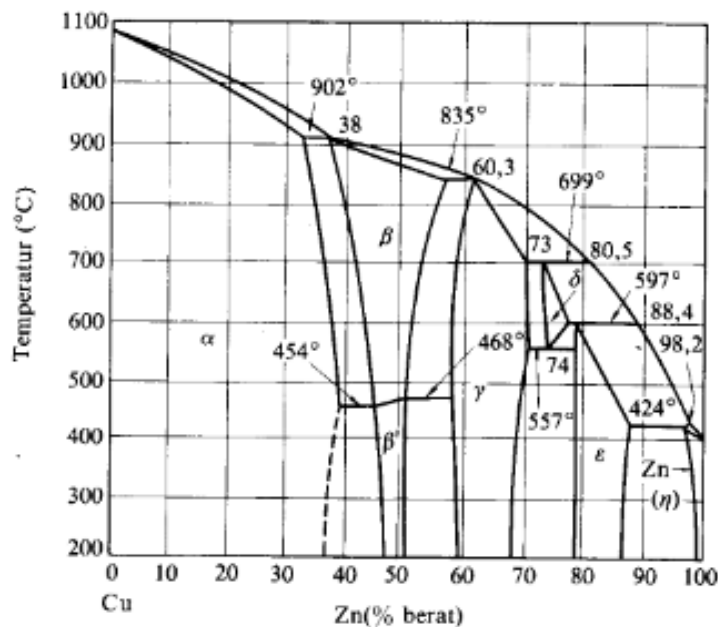
Tabel 2.1

*Typical Chemical Composition and Mechanical Properties of Some Copper Alloys*

Material	Composition %	Tensile Strength		Yield Strength		Elongation		Rockwell Hardness	
		lb/in <sup>2</sup>	lb/in <sup>2</sup>	lb/in <sup>2</sup>	lb/in <sup>2</sup>	%	Hard	Soft	
High-purity copper	99,9 Cu	46.000	33.000	40.000	10.000	5	40	B-50	F-35
Beryllium copper	98 Cu, 1,9 Be, 0,2 Ni or Co	200.000	70.000	150.000	30.000	2	35	C-38	B-65
Red brass	85 Cu, 15 Zn	70.000	40.000	55.000	15.000	7	45	B-76	B-5
Casting brass	85 Cu, 5 Zn, 5 Pb, % Sn	-	33.000	-	15.000	-	25	-	B-7
Cartridge brass	70 Cu, 30 Zn	76.000	48.000	60.000	17.000	10	65	B-83	B-20
Munt metal	60 Zn, 40 Zn	80.000	54.000	60.000	20.000	15	45	B-87	B-45
Phospor bronze A	95 Cu, 5 Sn, 0,25 P	80.000	48.000	65.000	20.000	6	50	B-86	B-28
Phospor bronze D	90 Cu, 10 Sn, 0,25 P	102.000	66.000	70.000	28.000	12	65	B-98	B-65
Aluminium bronze	92 Cu, 8 Al	105.000	65.000	65.000	25.000	7	60	B-96	B-50
Everdur 1010	96 Cu, 3 Si, 1 Mn	95.000	58.000	60.000	22.000	7	60	B-92	B-35
Aluminium brass	77 Cu, 21 Zn, 2 Al, 0,04 As	85.000	52.000	60.000	20.000	6	65	B-85	B-30
Admirally adsenical	71 Cu, 28 Zn, 1 Sn, 0,04 As	-	48.000	-	18.000	-	65	-	B-25
Cupronickel 10	88 Cu, 10 Ni, 1 Fe, 0,4 Mn	60.000	30.000	57.000	22.000	15	46	B-65	B-25
Cupronickel 30	69 Cu, 30 Ni, 0,5 Fe, 0,06 M	70.000	55.000	60.000	22.000	10	45	B-80	B-35
Nickel silver	65 Cu, 25 Zn, 10 Ni	88.000	35.000	70.000	20.000	7	42	B-87	B-50

Sumber : Fontana (1987 : 241)

Gambar 2.1 menunjukkan diagram fasa Cu – Zn. Dalam system tersebut terdapat 6 fasa yaitu  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ ,  $\epsilon$ , dan  $\mu$ , dan dari semua fasa tersebut yang penting secara industri ada dua yaitu  $\alpha$  dan  $\beta$ .  $\alpha$  berstruktur fcc dan  $\beta$  berstruktur bcc. Seperti telah diketahui:



Gambar 2.1 Diagram Cu – Zn  
Sumber : Surdia dan Saito (2000)

Dari diagram fasa untuk *brass* 70 – 30, fasa  $\alpha$  adalah fasa yang lunak dan mudah dikerjakan, sedangkan *brass* 60 – 40, adalah fasa  $\alpha + \beta$  yang memiliki kekuatan tinggi, dan banyak dari paduan ini yang memiliki sifat kekuatan tarik yang tinggi. Paduan dengan kira-kira 45% Zn memiliki kekuatan yang paling tinggi tetapi tidak dapat dikerjakan, jadi hanya dapat dipergunakan untuk paduan coran.

*Brass* khusus merupakan paduan yang terdiri dari Cu, Zn dan satu unsur lain contohnya, Al, Sn, Ni, Mn, Fe dan Si. Penambahan unsur ketiga meningkatkan property mekanik material, sifat tahan korosi, mampu cor, dan mampu mesin meningkat. Peningkatan dari properti mekanik material bergantung dari jenis unsur ketiga yang ditambahkan dan berpengaruh pada struktur material (Konecna dan Fintova, 2012).

### 2.3 Pengecoran Logam

Proses pengecoran adalah proses mencairkan logam yang selanjutnya dituangkan ke dalam cetakan, kemudian mengisi rongga cetakan dan dibiarkan membeku, sehingga akan terbentuk suatu benda coran yang sesuai dengan bentuk dan pola cetakan. Proses

pengecoran adalah proses yang memberikan fleksibilitas dan kemampuan yang tinggi sehingga merupakan proses yang penting dalam pengembangan industri (Surdia dan Chijiiwa,1982).

Proses pengecoran logam dalam usaha menghasilkan suatu produk benda coran yang berkualitas baik dengan komposisi yang dikehendaki maka ada beberapa faktor yang mempengaruhi yaitu: bahan baku coran, komposisi bahan baku, kualitas pasir cetak (bila menggunakan cetakan pasir), sistem peleburan, sistem penuangan dan pengerjaan akhir dari produk coran (Surdia dan Chijiiwa,1982).

### 2.3.1 *Permanent Mold Casting*

*Permanent Mold Casting* adalah cetakan yang bisa dipakai berulang kali dan bahannya terbuat dari baja atau logam tahan panas. Dengan cetakan ini dihasilkan permukaan produk cor yang halus. Inti (*core*) dapat juga menggunakan logam coran permanen, namun inti tersebut harus bisa dilepaskan setelah logam cair membeku. Jenis cetakan ini dapat dipakai berulang kali (Heine, 1976:285).

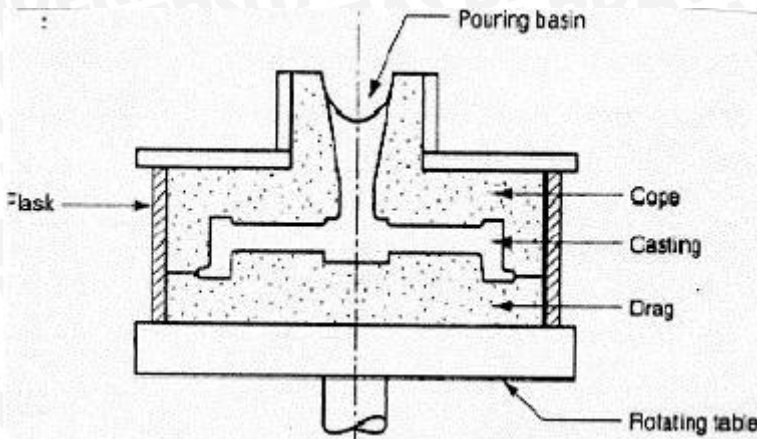
Macam – macam *permanent mold casting* yaitu:

#### 1. Pengecoran *Sentrifugal*

Pengecoran *sentrifugal* dilakukan dengan menuangkan logam cair ke dalam cetakan berputar yang disebabkan oleh gaya *sentrifugal*. Logam cair akan terdistribusi ke dinding rongga cetak yang kemudian membeku. Jenis - jenis pengecoran *sentrifugal* antara lain:

##### a. Pengecoran *Semi Sentrifugal*

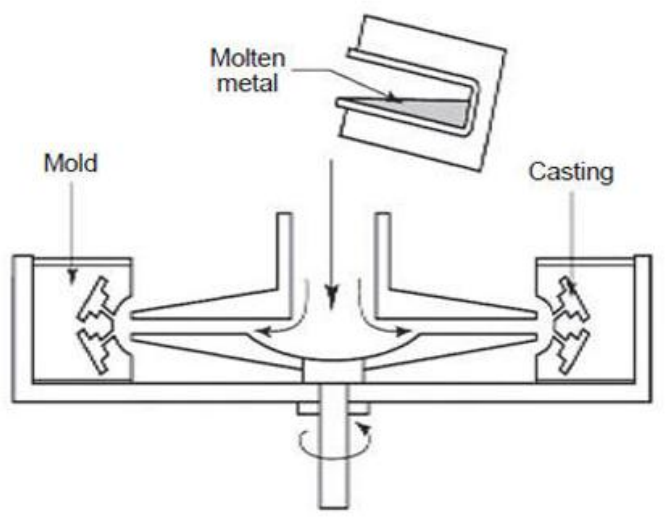
Pada metode ini gaya *sentrifugal* digunakan untuk menghasilkan produk cor yang pejal (bukan bentuk *tabular*). Cetakan dirancang dengan *riser* pada pusat pola cetakan untuk pengisian logam cair. Biasanya digunakan untuk melakukan pengecoran logam paduan. Biasanya membuat roda gigi dan *pulley* atau membuat baling - baling seperti pada gambar dibawah.



Gambar 2.2 Proses Pengecoran Semi Sentrifugal  
Sumber: Kalpakjian., (1989:328)

#### b. Pengecoran *Sentrifuge*

Dalam pengecoran *sentrifuge*, cetakan dirancang dengan beberapa rongga cetak yang diletakkan di sebelah luar dari pusat rotasi cetakan sedemikian rupa sehingga logam cair yang dituangkan ke dalam cetakan akan didistribusikan ke setiap rongga cetak oleh gaya *sentrifugal* seperti yang ditunjukkan dalam gambar berikut.



Gambar 2.3 Proses Pengecoran *Sentrifuge*  
Sumber: Kalpakjian., (1989:328)

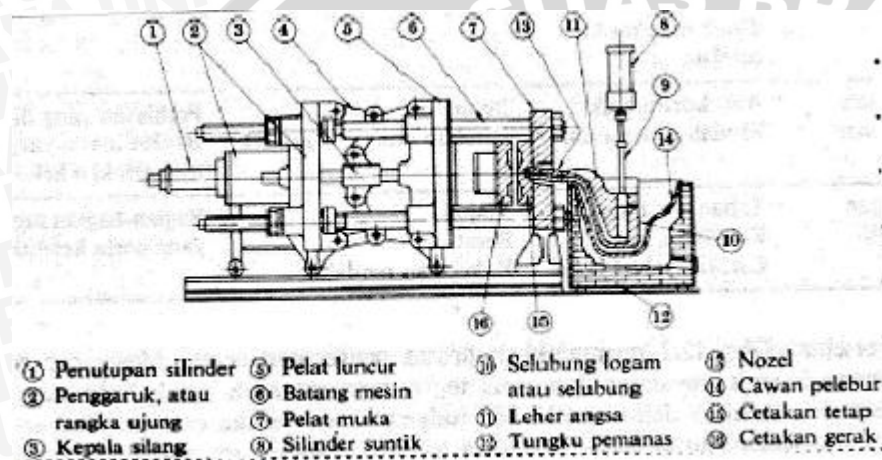
### 2. Pengecoran Cetak Tekan (*Die Casting*)

Pengecoran cetak tekan termasuk proses pengecoran menggunakan cetakan permanen dengan menginjeksikan logam cair ke dalam rongga cetakan yang bertekanan

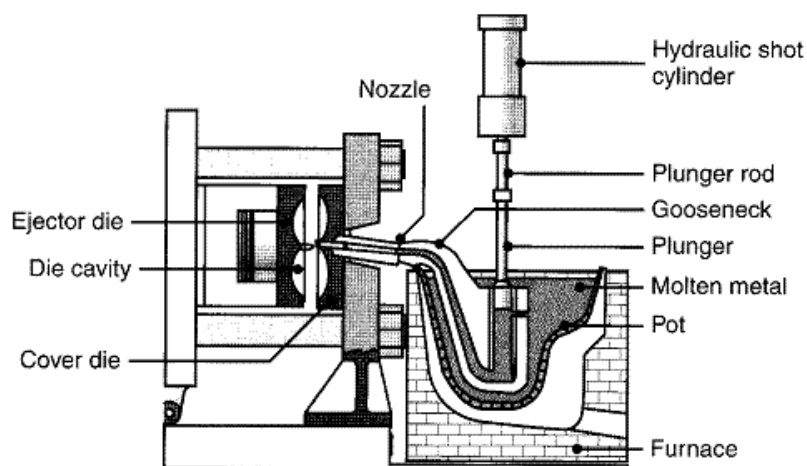
tinggi (1 - 30 MPa). Tekanan tetap dipertahankan selama proses pembekuan. Terdapat dua jenis cetak tekan, yaitu:

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

Pada mesin cetak tekan ruang panas, tungku peleburan terdapat pada mesin dan silinder injeksi yang terendam dalam logam cair. Tekanan injeksi berkisar antara 7 - 35 MPa. Mesin ini digunakan untuk logam cair dengan titik lebur rendah seperti Pb, Sn, dan Zn. Dalam mesin pengecoran cetak tekan panas, logam dilebur di dalam *container* yang menjadi satu dengan mesin cetak, seperti yang ditunjukkan gambar berikut.



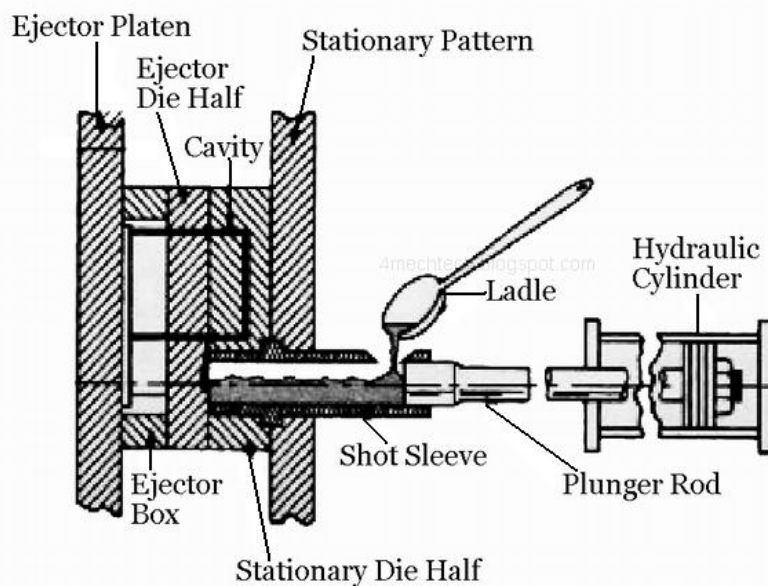
Gambar 2.4 Mesin Cor Cetak Ruang Panas  
Sumber: Surdia dan Chijiwa (1996:244)



Gambar 2.5 Proses Pengecoran Cetak Ruang Panas  
Sumber: Kalpakjian (1989:323)

### b. Mesin Cetak Ruang Dingin (*Cold Chamber*)

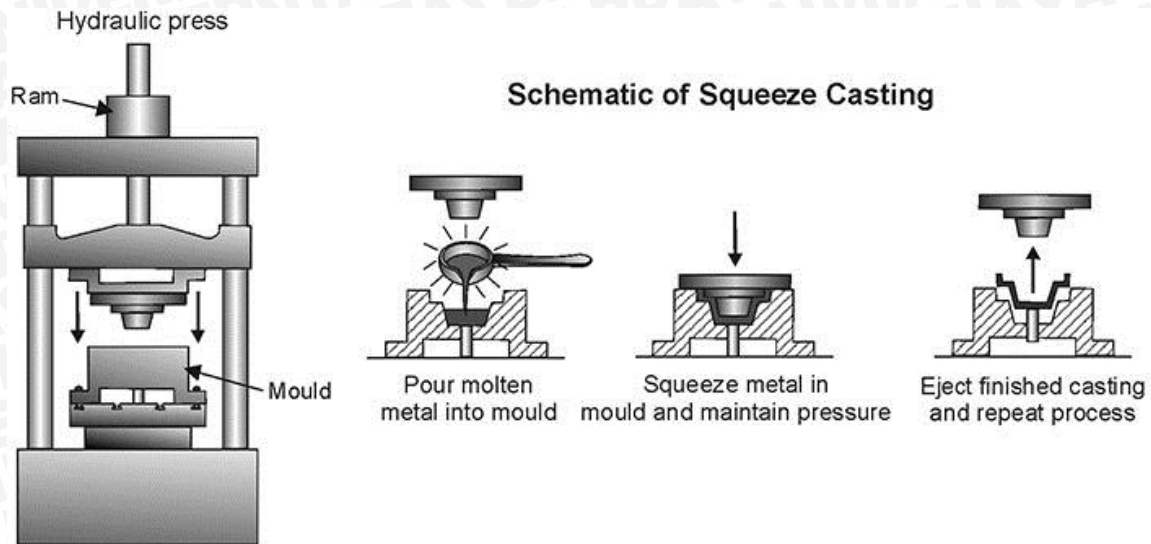
Pada mesin cetak ruang dingin, tungku peleburannya terpisah dengan silinder injeksi dan silinder injeksi dapat diisi logam cair secara manual atau mekanis. Tekanan injeksinya berkisar antara 14 - 140 MPa digunakan untuk logam cor dengan titik lebur lebih tinggi dan biasanya digunakan untuk pengecoran logam *non ferrous*.



Gambar 2.6 Mesin Cetak Tekan Ruang Dingin  
Sumber: Groover (2007:36)

### 3. Squeeze Casting

*Squeeze casting* biasa disebut dengan *liquid metal forging*, yang merupakan suatu istilah yang dipakai untuk menggambarkan suatu proses dimana logam cair diidnginkan di dalam cetakan tertutup sambil diberi tekanan luar yang biasanya berasal dari tenaga hidrolik. Terjadinya kontak antara logam cair dengan *punch* dan *die* pada saat penekanan kemungkinan terjadi perpindahan panas yang cukup cepat. Hal ini akan menghasilkan struktur mikro yang lebih homogen dan perbaikan sifat mekanik.



Gambar 2.7 Squeeze Casting  
Sumber: Kalpakjian (1989 : 329)

## 2.4 Jenis-jenis Dapur Peleburan

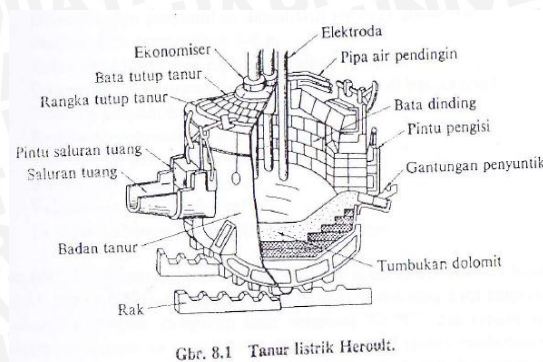
Peleburan adalah proses merubah fase zat dari padat ke cair. Energi internal zat padat meningkat (disebabkan oleh panas) mencapai temperatur tertentu (disebut titik lebur) saat zat ini berubah fase menjadi cair. Peleburan logam merupakan aspek terpenting dalam proses pengecoran karena berpengaruh langsung pada kualitas produk cor. Pada proses peleburan mula-mula muatan yang terdiri dari logam, unsur-unsur paduan dan material lainnya serta unsur pembentuk terak dimasukkan ke dalam tungku. Karakteristik masing-masing tungku peleburan yaitu:

### 2.4.1 Dapur Listrik

Dapur listrik merupakan jenis dapur dimana bahan baku dileburkan oleh panas yang dihasilkan dari suatu busur listrik. Biasanya dapur listrik menggunakan dua atau 3 elektroda dan umumnya digunakan untuk pengecoran baja. Material logam dapat mencair karena adanya elektroda yang dihubungkan dengan rangkaian listrik (*electrical circuit*) yang akan membentuk suatu busur api yang akan mencairkan logam. *Electrical-arm furnace* menggunakan tiga buah elektroda sesuai dengan jumlah fase dari aliran listrik yang digunakan adalah arus bolak – baliik tiga fase. Pada *electric-arm furnace* ini bahan isian akan dipanaskan dan dicairkan oleh adanya radiasi dari busur listrik (*electric arc*) yang terjadi antara elektroda – elektroda yang digunakan. Pada instalasi ini digunakan *step down transformer* yang berguna untuk menurunkan tegangan (*voltage*) aliran listrik yang tinggi yang akan digunakan untuk memanaskan dan mencairkan bahan isian. Dapur



listrik memiliki lapisan baja berbentuk silinder dengan landasan berbentuk lengkung atau datar yang ditopang rol penahan yang memungkinkan dapur untuk dimiringkan.



Gbr. 8.1 Tanur listrik Heroult.

**Gambar 2.8 Dapur Listrik Heroult**  
 Sumber : Surdia dan Chijiwa (2013:164)

#### 2.4.2 Dapur Induksi

Dapur induksi secara khusus digunakan untuk keperluan *superheating* (memanaskan logam cair diatas temperatur logam cair normal). Cara kerja dapur ini menggunakan energi listrik sebagai sumber energi panasnya. Oleh karena itu, material yang dipakai untuk dapur ini harus tahan temperatur tiinggi. Dapur juga harus memiliki ketebalan yang cukup untuk menahan beban logam cair didalamnya. Didalam proses tersebut mekanisme dibantu oleh medan magnet. Medan magnet inii melakukan pengadukkan untuk menghomogenkan komposisi pada logam cair. Selaiin itu transformator dapur ini menggunakan kumparan primer yang terdiri dari arus AC dari sumber tenaga dan kumparan sekunder. Kumparan sekunder yang diiletakkan didalam medan magnet kumparan primer yang nantinya akan menghasilkan arus induksi. Arus induksi tersebut menjadi panas yang sanggup mencairkan logam bahan.



Gambar 2.9 Tungku induksi  
Sumber : Surdia (1986:146)

### 2.4.3 Reverberatory furnace

Tungku *Reverberatory* secara luas digunakan untuk meleburkan *ferrous* dan *non-ferrous alloy*. *Reverberatory* merupakan jenis tungku dimana logam dilebur oleh panas dari pembakaran bahan bakar disalah satu ujung perapian, melewati bak yang isinya logam yang akan dicairkan menuju tumpukan di ujung lain. Didalam tungku *reverberatory* akan mengalami proses konveksi dan radiasi (panas dipantulkan) dari atap dan dinding-dinding samping. Kemudian gas buang (limbah panas) akan dikeluarkan melalui cerobong (*stack*). Panas dengan cepat diserap oleh logam padat sehingga logam mencair dan kemudian mengalir dari perapian miring ke tempat penuangan.

*Reverberatory* berkonstruksi sederhana dan memiliki biaya yang relatif rendah sehingga membuat industri manufaktur masih mengandalkan untuk peleburan ingot secara massal dan juga untuk *recycling* aluminium. Tungku ini diproduksi dalam berbagai konfigurasi konstruksi yang tetap atau miring, persegi panjang atau silinder dengan kapasitas leleh 200-1300 kg/jam.

### 2.5 Modulus Cor (*casting modulus*)

Modulus Cor (*casting modulus*) merupakan salah satu sifat intrinsik pada proses pengecoran, yang berhubungan dengan waktu pembekuan cairan logam. Nilai modulus cor menunjukkan perbandingan antara volume coran terhadap luas selimut coran. Idealnya, nilai modulus cor besar berarti waktu pembekuan yang dibutuhkan cairan logam menjadi lebih lama (Surdia dan Chijiwa, 1982). Cacat penyusutan (*shrinkage defect*) adalah satu dari sekian banyak cacat yang umum terjadi pada proses pengecoran. Penyebab cacat ini antara lain pembekuan yang tidak merata pada produk cor dimana idealnya proses

solidifikasi mengarah ke arah *riser*. Dengan kata lain, *riser* adalah bagian terakhir dari system saluran yang membeku sesudah produk cor. Hal ini dapat terjadi jika nilai modulus cor *riser* lebih besar daripada nilai modulus cor produk coran. Meskipun demikian, besarnya modulus cor *riser* memiliki batas tertentu untuk mengeliminir cacat penyusutan pada coran. Komposisi struktur paduan juga mempengaruhi kemampuan cairan logam untuk memindahkan energi panas. Besarnya energi panas yang dipindahkan berdampak pada waktu pembekuan cairan logam. Untuk menggambarkan perbandingan volume dan luas permukaan casting, atau dari berbagai bagian casting, menurut aturan Chorinov, tiap bagian yang memiliki modulus cor lebih tinggi (perbandingan volume coran dengan luas selimut kontak) akan membeku terakhir, sedangkan bagian dengan nilai modulus cor yang lebih rendah akan membeku terlebih dahulu. Umumnya bagian casting yang memiliki nilai modulus tertinggi harus terpasang riser. Untuk mendapatkan hasil casting yang baik maka modulus riser harus sama atau lebih besar dari casting untuk yang terpasang. Modulus pengecoran sering digunakan untuk menganalisis terjadinya *shrinkage* yang disebabkan oleh kegagalan fungsi *riser* untuk mengatasi penyusutan pada produk cor. Geometri modulus pengecoran merupakan perbandingan volume logam cair dengan luas selimut. Temperatur solidifikasi yang berbeda. Secara matematis modulus pengecoran ( $M_C$ ) dirumuskan sebagai berikut:

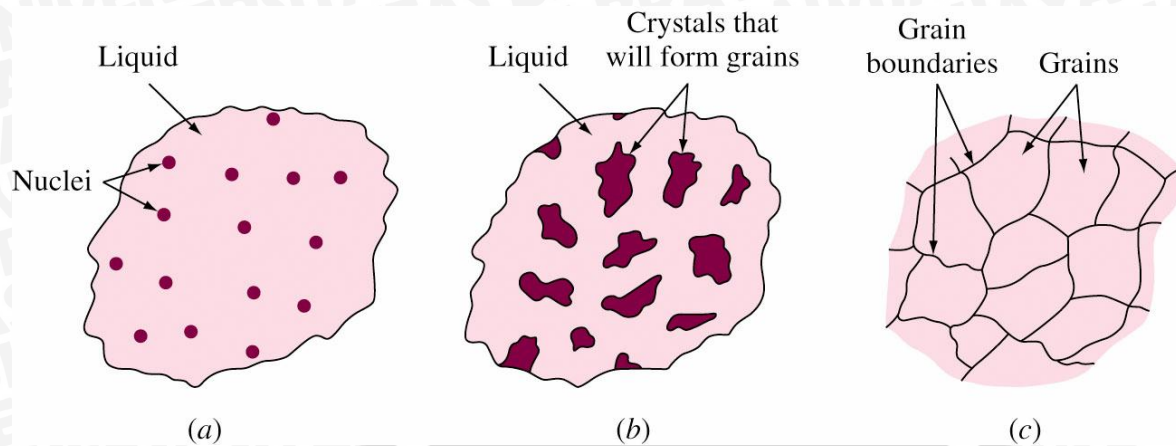
$$M_C = \frac{V}{S} \dots \dots \dots (2.1)$$

Yang mana  $V$ =Volume coran [ $\text{cm}^3$ ],  $A$ =Luas selimut pendinginan [ $\text{cm}^2$ ]

## 2.6 Solidifikasi

Solidifikasi adalah suatu proses industri penting dalam proses pengecoran yang mana logam cair dimasukkan ke dalam cetakan dan dibiarkan membeku dan menjadi produk akhir atau semi akhir.

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 sehingga terbentuklah butir karena logam cair sedikit demi sedikit berubah fase solid hingga terbentuk kristal sampai akhirnya logam cair tadi keseluruhannya berubah fase solid/padat. Proses pembekuan dari logam cair tadi menjadi padat adalah proses solidifikasi.



Gambar 2.10 Proses solidifikasi  
Sumber: Smith (1993)

- Keterangan gambar:
- (a) Pembentukan inti stabil
  - (b) Pertumbuhan inti menjadi butir
  - (c) Pembentukan struktur sebuah butir

## 2.7 Pembekuan Logam

Pembekuan logam dimulai dari logam yang bersentuhan dengan cetakan, sehingga panas dari logam cair diambil oleh cetakan lalu bagian logam yang bersentuhan dengan cetakan itu mendingin sampai titik beku, kemudian inti-inti kristal tumbuh. Bagian dalam dari coran mendingin lebih lambat daripada bagian luar sehingga kristal-kristal tumbuh dari tepi mengarah ke bagian dalam coran dan butir-butir kristal tersebut berbentuk panjang-panjang seperti kolom. Struktur tersebut muncul dengan jelas apabila gradien temperatur yang besar terjadi pada permukaan coran, sebaliknya pada gradien temperatur yang kecil, struktur yang berbentuk tidak jelas. Bagian tengah coran memiliki gradien yang kecil sehingga merupakan susunan dari butir-butir kristal segi banyak dengan orientasi sembarang.

Umumnya ada tiga daerah yang bisa ditemui pada pembekuan logam coran, antara lain :

### 1. Chill Zone

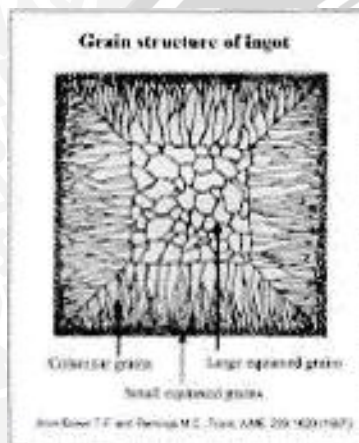
Selama proses penuangan logam cair ke dalam cetakan. Logam cair yang berkontak langsung dengan dinding cetakan akan mengalami pendinginan yang cepat dibawah temperatur *liquidus*-nya. Akibatnya pada dinding cetakan tersebut timbul banyak inti padat yang selanjutnya tumbuh ke arah dalam logam.

### 2. Columnar Zone

Sesaat setelah penuangan, gradien temperatur pada dinding cetakan menurun dan mengkristal. Pada daerah *chill* tumbuh memanjang dalam arah perpindahan panas yang disebut dengan *dendrite*. Setiap kristal *dendrite* mengandung banyak lengan - lengan *dendrite* sekunder dan tersier yang akan timbul dari lengan *dendrite* primer. Daerah yang terbentuk antara ujung *dendrite* dan titik dimana sisa cairan terakhir akan membeku disebut sebagai *nushy zone* atau *party zone*.

### 3. Equiaxed Zone

Daerah ini terjadi dari butir - butir *equiaxed* yang tumbuh secara acak ditengah - tengah *ingot*.



Gambar 2.11 Chill, Columnar, dan Equiaxed Zone  
Sumber: Beeley (2001)

## 2.8 Cacat-Cacat Pada Hasil Pengecoran

Pada proses pengecoran, ada beberapa jenis cacat yang terjadi pada hasil akhir produk pengecoran. Kualitas produk hasil-hasil pengecoran, dapat dinilai memiliki kualitas yang baik jika produknya hampir tidak ada cacat.

Pada proses pengecoran dilakukan dengan beberapa tahap mulai dari menyiapkan cetakan, proses peleburan, penuangan dan pembongkaran. Menghasilkan produk coran yang baik maka semuanya harus direncanakan dan dilakukan dengan sebaik-baiknya (Surdia dan Chijiwa, 2013). Hasil coran sering terjadi cacat, cacat yang terjadi pada coran dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu :

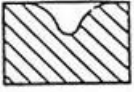
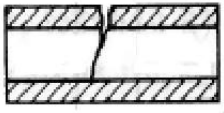
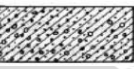


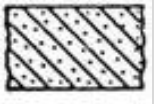
1. Desain atau pola dari cetakan
2. Komposisi paduan logam
3. Proses peleburan dan penuangan

4. Temperatur penuangan
5. Sistem saluran masuk dari cairan logam
6. Laju pendinginan

### 2.8.1 Jenis-Jenis Cacat Pengecoran

Pada proses pengecoran dapat terjadi berbagai macam cacat tergantung dari bagaimana keadaannya. Cacat-cacat pada pengecoran dapat disebabkan dari berbagai macam. Walaupun cacat yang terjadi pada pengecoran sama, tetapi sebab-sebabnya dapat berbeda. Cacat-cacat pada pengecoran tersebut dapat dilihat pada tabel 2.2 :

Tabel 2.2  
Cacat pada pengecoran

No.	Nama cacat	Bentuk cacat	Penyebab terjadinya cacat	Pencegahan terjadinya cacat
1	Penyusutan		Suhu tuang terlalu rendah, logam dalam riser tidak mengalir	Penambahan riser, logam saat dileburkan diguncang
2	Salah alir		Laju penuangan lambat, temperatur penuangan terlalu rendah	Kecepatan penuangan harus cukup tinggi, temperatur penuangan harus cukup tinggi
3	Lubang jarum		Lubang udara kurang memadai	Lubang udara yang cukup
4	Sirip		Adanya penetrasi logam cair yang tidak tepat	Membuat permukaan cetakan lebih halus dan rata
5	Retakan		Kontraksi akibat panas, terjadi pressure drop pada logam cair	Perencanaan cetakan, inti, dan perhitungan sistem saluran yang lebih tepat
6	Porositas		Gas terbawa dalam logam cair selama pencairan, gas terserap dalam logam cair dari cetakan	Penghilangan gas.

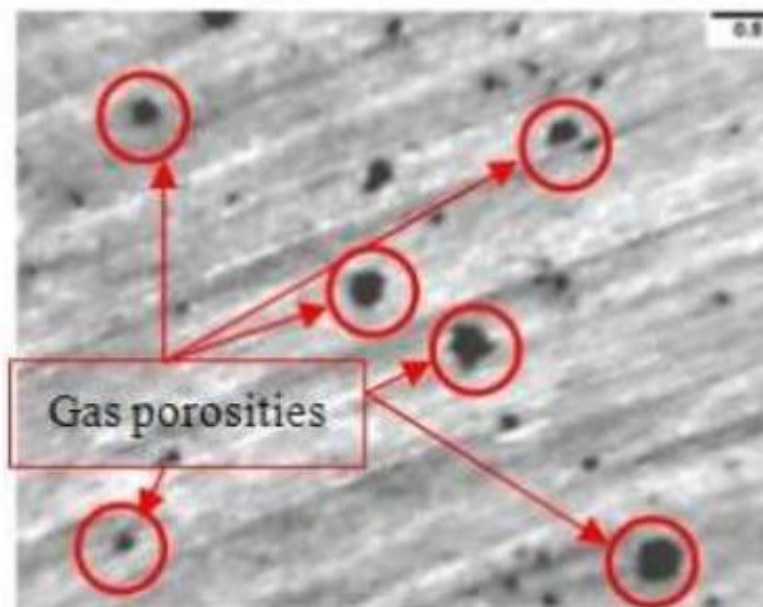
Sumber: Surdia dan Chijiwa (2013)

Cacat porositas dapat dibedakan menjadi dua menurut penyebabnya, yaitu:

1. Cacat porositas gas

Cacat porositas gas disebabkan oleh adanya pembentukan gas oleh gas hidrogen ketika logam cair dituangkan. Cacat porositas berbentuk bulat akibat tekanan gas saat

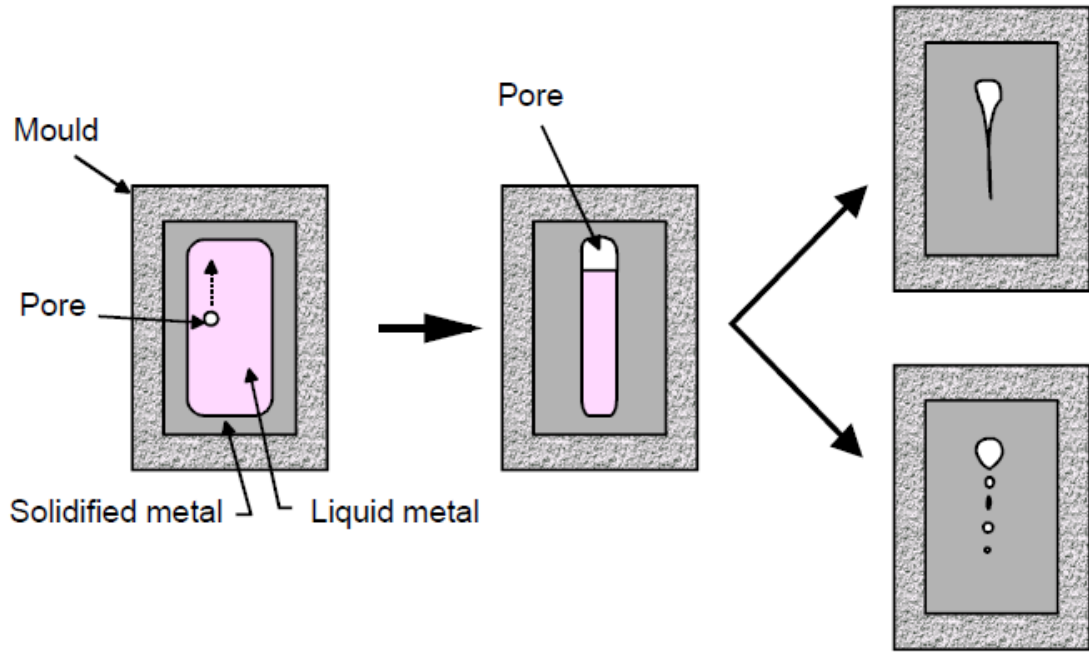
proses pembekuan. Ukuran dari cacat porositas gas sebesar  $\pm 2$  mm sampai 3 mm (Wibowo, 2011). Udara yang terhisap masuk bersama logam cair saat penuangan, gas yang terlarut dalam logam cair saat peleburan, dan gas yang timbul karena kontak logam cair dengan cetakan adalah sumber gas yang menyebabkan terjadinya cacat porositas gas.



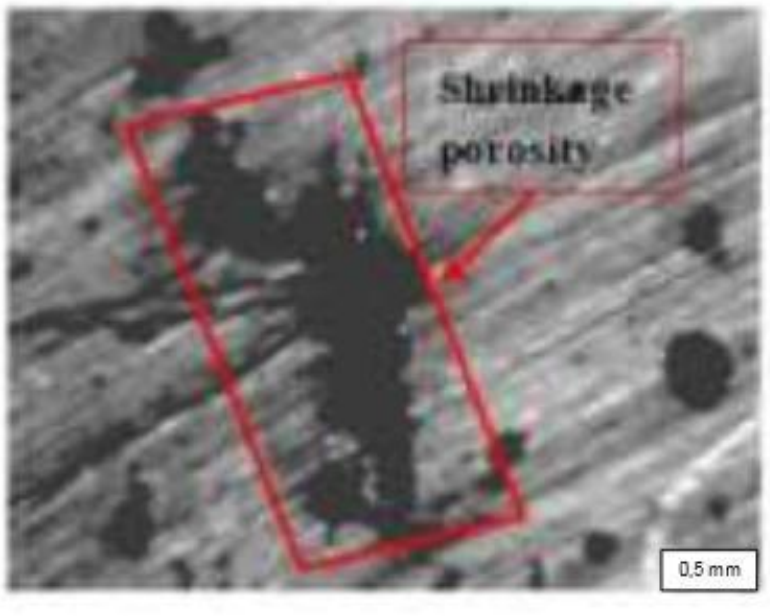
Gambar 2.12 Cacat porositas gas  
Sumber: Wibowo (2011)

## 2. Cacat porositas penyusutan

Cacat porositas penyusutan mempunyai bentuk yang tidak teratur. Ukurannya lebih besar dibandingkan dengan cacat porositas gas. Penyebab dari cacat porositas penyusutan adalah karena perbedaan temperatur pada bagian dalam logam dan pada permukaan logam. Bagian permukaan yang hampir berwujud padat secara keseluruhan menarik logam pada bagian dalam yang sebagian masih berwujud cair sehingga terjadi rongga penyusutan (Wibowo, 2011).



Gambar 2.13 Mekanisme penyusutan  
Sumber: Campbell dan Harding (1994)



Gambar 2.14 Cacat porositas penyusutan  
Sumber: Wibowo (2011)

### 2.8.2 Uji Porositas

Uji porositas dilakukan dengan uji piknometri dengan komposisi. Dalam pengujian ini, ketidakteraturan komposisi bahan diteliti dan juga komponen, struktur mikro dan sifat-sifat mekanik. Dengan demikian pemeriksaan porositas dapat



dilakukan dengan baik dengan perlakuan tekanan yang berasal dari foto miikrostruktur dari coran.

Untuk mencari persentase porositas yang terdapat dalam suatu coran digunakan perbandingan 2 buah densitas, yaitu :

*a. True Density*

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

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

$$\rho_{th} = \frac{100}{\left\{ \left( \frac{\%Al}{\rho_{Al}} \right) + \left( \frac{\%Cu}{\rho_{Cu}} \right) + \left( \frac{\%Fe}{\rho_{Fe}} \right) + \left( \frac{\%etc}{\rho_{etc}} \right) \right\}} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dengan :

$\rho_{th}$  : True density (g/cm<sup>3</sup>)

$\rho_{Al} \rho_{Cu} \rho_{Fe} etc$  : Densitas unsur (g/cm<sup>3</sup>)

$\%_{Al} \%_{Cu} \%_{Fe} etc$  : Presentase berat unsur

*b. Apparent Density*

Berat disetiap unit volume material termasuk cacat yang terdapat dalam uji material (gr/cm<sup>3</sup>)

Sedangkan untuk perhitungan *apparent density*, menggunakan persamaan sesuai karakter struktur ASTM B311-93 sebagai berikut

$$\rho_s = \rho_w \left( \frac{W_s}{W_s - (W_{sb} - W_b)} \right) \dots\dots\dots(2.3)$$

Dengan :

$\rho_s$  : *Apparent density* (g/cm<sup>3</sup>)

$\rho_w$  : *Density* air (g/cm<sup>3</sup>)

$w_s$  : Berat sample udara (g)

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

$w_b$  : Berat keranjang (g)

Pengukuran densiitas menggunakan metode piknometri, yaitu sebuah proses pembandiingan densitas relatif dari sebuah padatan dan sebuah cairan

Pengujian piknometri didasarkan pada perhiitungan persentase porositas hasiil coran untuk dapat menghitung prosentase porositas dapat dihitung dengan rumus

$$\% P = ( 1- \rho_s/ \rho_{th} ) \times 100\% \dots\dots\dots(2.4)$$



Dimana :

% P : Persentase porositas (%)

$\rho_s$  : *Apparent density* (g/cm<sup>3</sup>)

$\rho_{th}$  : *True density* (g/cm<sup>3</sup>)

## 2.9 Hipotesis

Berdasarkan tinjauan pustaka maka hipotesis yang dapat diambil adalah dengan semakin rendahnya nilai luas permukaan kontak mengakibatkan perpindahan panas dari coran ke cetakan lambat karena sedikitnya permukaan logam yang bersentuhan dengan cetakan dan juga mengakibatkan nilai *casting modulus* naik. Naiknya *casting modulus* akan mengakibatkan waktu pembekuan lebih lama. Waktu pembekuan yang lama ini mengakibatkan cacat penyusutan dan porositas lebih banyak terjadi pada produk coran.

