

II. KEGIATAN BELAJAR 2

DASAR DASAR PENGECORAN LOGAM

A. Sub Kompetensi

Dasar-dasar pengecoran logam dapat dijelaskan dengan benar

B. Tujuan Kegiatan Pembelajaran

Setelah pembelajaran ini mahasiswa mampu menjelaskan dasar-dasar pengecoran logam.

C. Uraian Materi.

1. Pencairan Logam

Logam dalam suhu kamar dalam keadaan padat. Logam dapat dicairkan dengan jalan memanaskan hingga mencapai temperature lelehnya. Logam cair berbeda dengan air. Adapun perbedaannya adalah sebagai berikut:

- a. Logam mencair pada temperature yang tinggi, dan pada proses pembekuannya terdapat pengintian kristal, sedangkan air cair pada temeparatur kamar dan tidak terjadi pengintian pada pembekuan.
- b. Berat jenis logam cair lebih tinggi dibanding air. Berat jenis air 1,0 sedangkan besi cor 6,8 sampai 7,0, paduan alumunium 2,2 – 2,3, paduan timah 6,6 – 6,8. Karena berat jenis logam tinggi maka aliran loam memiliki kelembaman dan gaya tumbuk yang besar.
- c. Logam cair tidak membasahi dinding, sedangkan air akan membasahi dinding wadahnya.

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

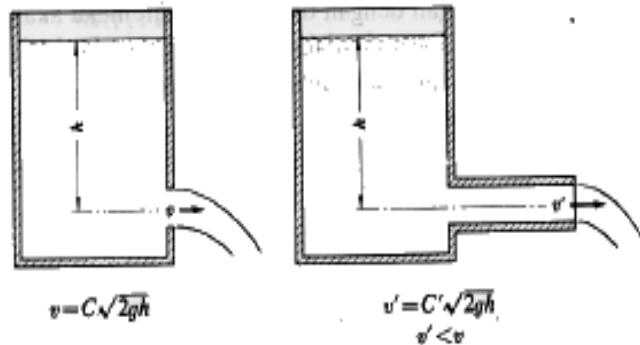
Tabel 2.1. Koefisien kekentalan dan tegangan permukaan logam cair.

| Bahan | Titik cair (°C) | Berat jenis (g/cm ³) | Koefisien kekentalan (g/cm. detik) | Koefisien kekentalan kinematik (cm ² /detik) | Tegangan permukaan (dine/cm) | Tegangan permukaan berat jenis (cm ³ /detik ²) |
|-----------|-----------------|----------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| Air | 0 | 0,9982(20°C) | 0,010046(20°C) | 0,010064 | 72(20°C) | 72 |
| Air raksa | -38,9 | 13,56 (20) | 0,01547 (20) | 0,00114 | 465(20) | 34,5 |
| Tin | 232 | 5,52 (232) | 0,01100 (250) | 0,00199 | 540(247) | 97,8 |
| Timbal | 327 | 10,55 (440) | 0,01650 (400) | 0,00156 | 450(330) | 42,6 |
| Seng | 420 | 6,21 (420) | 0,03160 (420) | 0,00508 | 750(500) | 120 |
| Aluminium | 660 | 2,35 (760) | 0,0055 (760) | 0,00234 | 520(750) | 220 |
| Tembaga | 1.083 | 7,84 (1.200) | 0,0310 (1.200) | 0,00395 | 581(1.200) | 74 |
| Besi | 1.537 | 7,13 (1.600) | 0,000 (1.600) | 0,00560 | 970(1.600) | 136 |
| Besi cor | 1.170 | 6,9 (1.300) | 0,016 (1.300) | 0,0023 | 1.150(1.300) | 167 |

Kecepatan aliran logam dapat dihitung dengan rumus berikut:

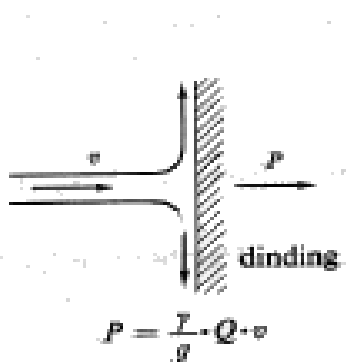
$$V = C\sqrt{2gh}$$

Dimana V = kecepatan aliran, C = koefisien kecepatan yang harganya tergantung jenis, ukuran dan bentuk pipa/saluran, g = kecepatan gaya tarik bumi, h = tinggi permukaan cairan terhadap sumbu lubang aliran,



Gambar 2.1. Kecepatan aliran cairan yang keluar dari bencana

Gaya tumbuk aliran logam pada dinding cetakan



$$P = Q \cdot v \cdot \frac{\gamma}{g}$$

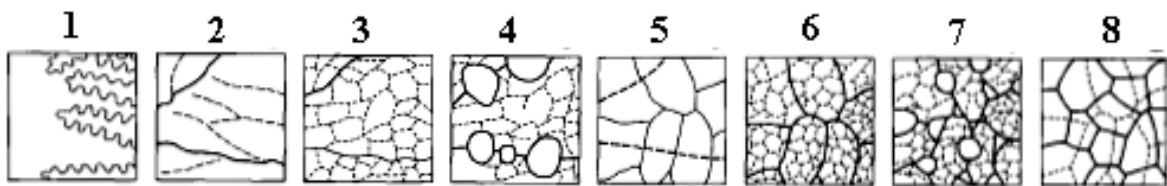
Dimana P = gaya tumbuk, Q = laju aliran, v = kecepatan aliran, γ = berat jenis cairan dan g = percepatan gravitasi bumi.

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

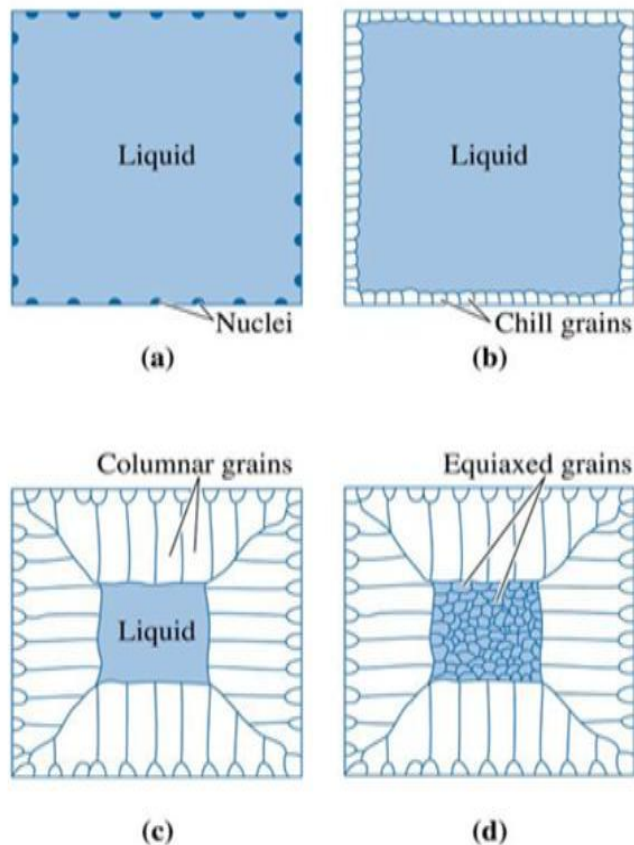
Gambat 2.2. Gaya tumbukan cairan pada dinding

2. Pembekuan Logam

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



Gambar 2.3. Proses pembekuan logam cair

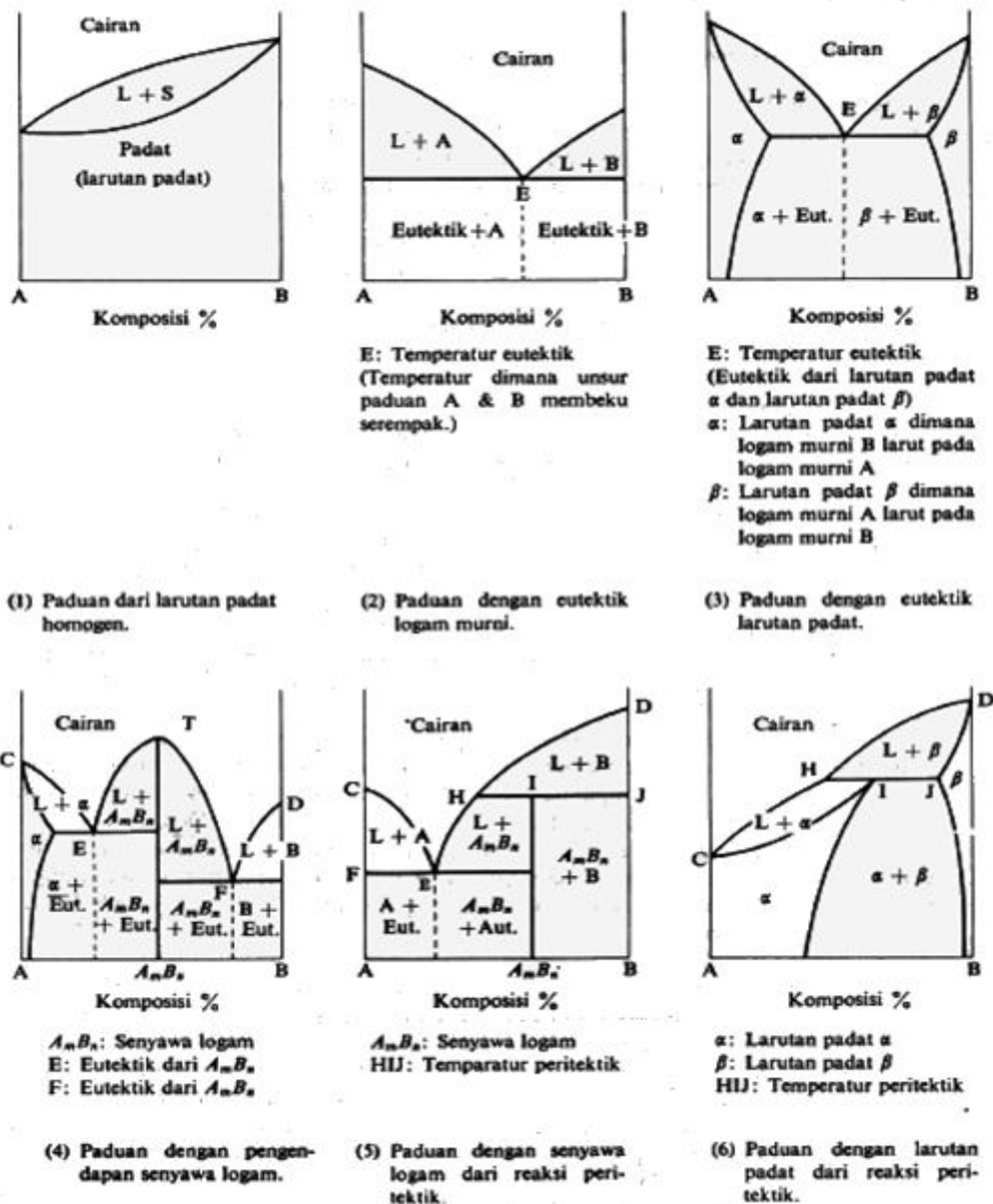


Gambar 2.4. Pembekuan logam coran dalam cetakan

Permukaan logam hasil coran yang halus merupakan efek dari logam yang mempunyai daerah beku yang sempit, sedangkan permukaan logam hasil cor yang kasar merupakan efek dari logam yang mempunyai daerah beku yang lebar. Cetakan logam akan menghasilkan hasil coran dengan permukaan yang lebih halus dibandingkan dengan cetakan pasir. Aluminium murni membeku pada temperatur tetap, tetapi panas pembekuan yang dibebaskan pada waktu membeku begitu besar sehingga permukaan bagian dalam menjadi kasar apabila dicor pada cetakan pasir, sedangkan pada baja karbon dengan kadar karbon rendah mempunyai daerah beku yang sempit.

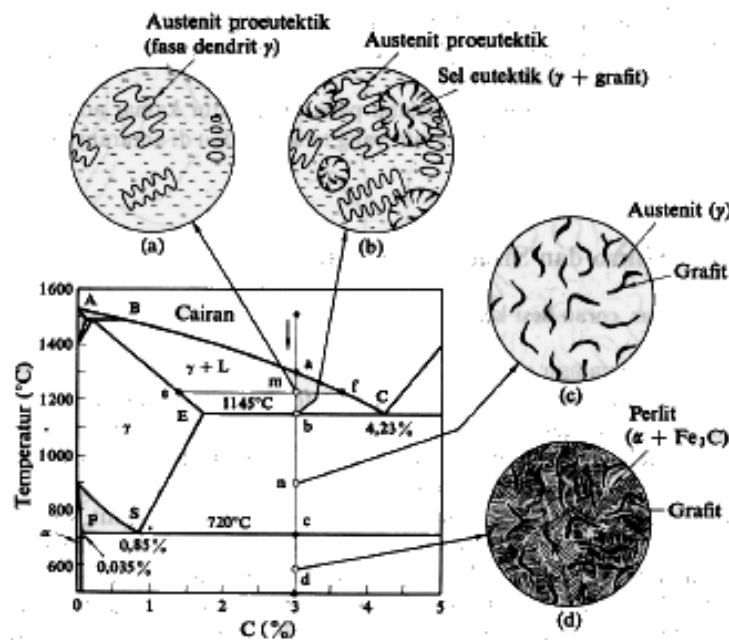
3. Diagram Kesetimbangan

Diagram keseimbangan thermal merupakan sistem yang menunjukkan indikasi perilaku dari unsur paduan paduan selama proses pemadatan serta perubahan bentuk struktur sebagai hasil dari pendinginan lambat dalam keadaan padat. Perilaku dua unsur paduan (untuk paduan yang terdiri dari dua jenis logam) akan sangat mudah diperlihatkan melalui diagram ini, akan tetapi untuk paduan yang kompleks memerlukan metoda tiga dimensi dan lebih rumit, jadi dalam hal ini hanya diperlihatkan diagram keseimbangan untuk paduan yang hanya terdiri atas dua unsur paduan sebagai bahan pemahaman tentang karakteristik logam paduan yang digunakan sebagai bahan teknik serta proses perlakuan panas pada beberapa jenis paduan.



Gambar 2.5. Diagram kesetimbangan dari paduan biner (2 unsur paduan)

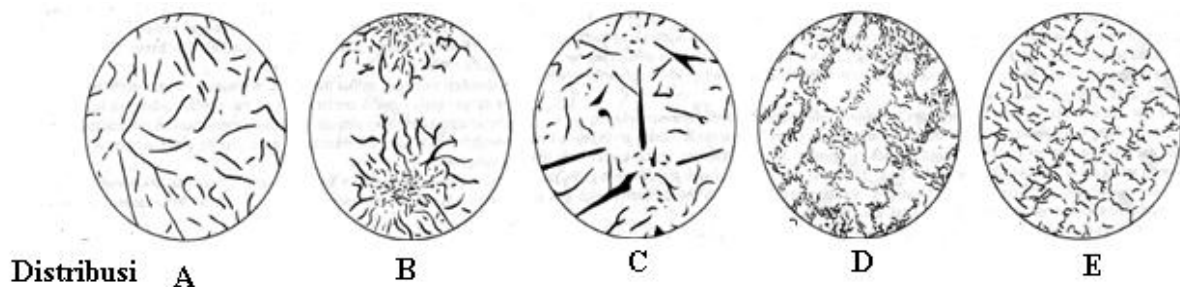
Berikut contoh dari diagram fasa untuk besi tuang merupakan paduan unsure Fe - C.



Gambar 2.6. Diagram kestimbangan besi dan karbon (Fe-C)

4. Struktur Mikro Coran

Struktur dasar dari besi cor kelabu terdiri dari: grafit, ferit, sementit dan perlit. Grafit merupakan karbon bebas yang tersebar dalam bentuk pipih atau bulat. Selain struktur grafit struktur lainnya pada besi cor disebut dengan matrik yang terdiri dari ferit, sementit atau perlit. Perlit merupakan struktur yang berbentuk lapisan ferit dan sementit. Ferit memiliki sifat lunak dan ulet. Sementit bersifat keras dan getas. Berikut macam sebaran struktur grafit besi cor kelabu



Gambar 2.7. Bentuk khusus distribusi grafit dalam besi cor

Distribusi A : Struktur grafit terbagi merata dengan orientasi sebarang

Struktur grafit yang bengkok memberikan kekuatan yang tinggi. Besi cor dengan kadar karbon yang tinggi sukar untuk mendapat struktur grafit yang bengkok.

Distribusi B : Struktur grafit pengelompokan “Rosette” dengan orientasi sebarang

Struktur grafit Rosette adalah sel eutektik yang memiliki potongan-potongan eutektik halus dari grafit ditengah dengan grafit serpih berarah adial disekelilingnya. Besi cor kelabu yang memiliki kekuatan tarik 25 sampai 30 kg/mm², jumlah pengelompokan rosette yang diperbolehkan yaitu 20 sampai 30 % dengan daerah eutektik yang sedikit.

Distribusi C : Struktur grafit serpih saling menumpuk dengan orientasi sebarang

Struktur ini muncul pada daerah hipereutektik. Pada struktur ini kristal-kristal mula dari grafit yang panjang dan lebar ditumpuki dan dikelilingi oleh serpih-serpih grafit yang mengkristal didaerah eutektik.

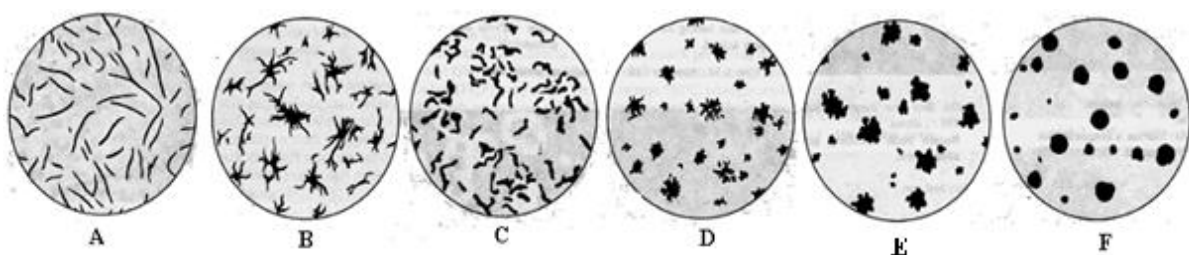
Distribusi D : Struktur grafit halus dengan penyisihan antar dendrite berorientasi sebarang

Struktur ini memiliki potongan-potongan grafit eutektik halus yang mengkristal diantara dendrite-dendrit Kristal mula dari austenite. Struktur ini muncul akibat adanya pendinginan lanjut dalam pembekuan eutektik.

Distribusi E : Struktur grafit halus dengan penyisihan antar dendrite berorientasi tertentu

Struktur grafit ini muncul apabila kandungan karbon agak rendah. Struktur seperti ini akan mengurangi kekuatan, namun dapat terjadi kekuatannya tinggi bila pengendapan grafit berkurang.

Gambar di bawah ini merupakan bentuk-bentuk struktur grafit pada besi cor bergrafit bulat. Struktur grafit bulat memberikan pengaruh yang lebih baik pada sifat mekanis besi cor. Besi cor bergrafit bulat kekuatannya lebih tinggi dibanding besi cor kelabu bergrafit pipih.



Gambar 2.8. Bentuk dan sebaran grafit pada besi cor bergrafit bulat

5. Sifat-sifat Coran

Sifat coran dapat ditinjau dari sifat fisis dan sifat mekanisnya. Sifat fisik berhubungan dengan kondisi fisik dari coran, sedangkan sifat mekanis berhubungan dengan kekuatan coran untuk menahan beban atau gaya dari luar.

a. Sifat fisis

Sifat fisis coran dapat dilihat dari bentuk fisiknya, yang berupa tili lebur, warnanya, bentuk patahan, penyusutan, berat jenis dan bentuk struktur mikronya. Dari struktur mikro yang diamati meliputi struktur grafit dan struktur matriknya yang terdiri dari ferit, sementit dan perlit.

b. Sifat mekanis

Sifat-sifat mekanis yang perlu ditinjau dari coran di antaranya adalah :

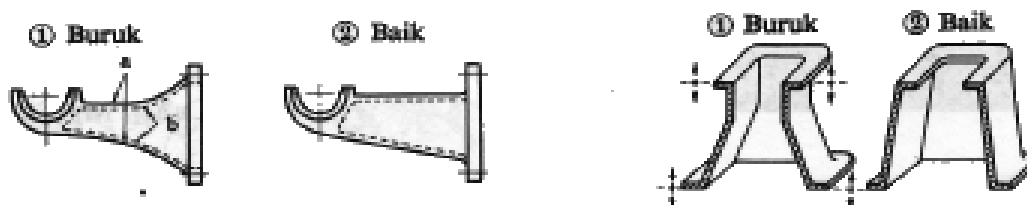
- 1) Kekerasan
- 2) Kekuatan tarik
- 3) Kekuatan geser
- 4) Kekatan impak

6. Bentuk dan Ukuran Coran

Dalam proses pengecoran harus mempertimbangkan bentuk dan ukuran benda coran yang akan dibuat. Pertimbangan-pertimbangan yang berkaitan dengan bentuk dan ukuran dalam merencanakan benda coran adalah sebagai berikut :

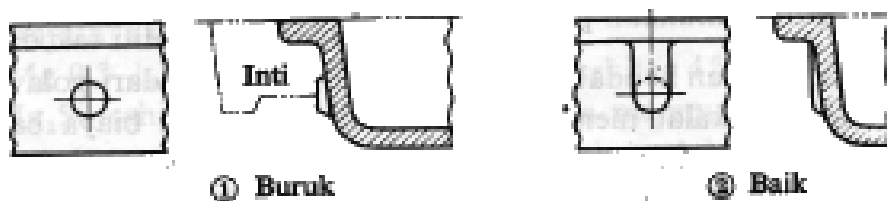
- a. Bentuk pola coran hendaknya sederhana dan mudah dibuat
- b. Cetakan mudah dibuat
- c. Cetakan tidak menyebabkan terjadinya cacat dalam coran

Contoh perubahan bentuk agar memudahkan dalam pengecoran



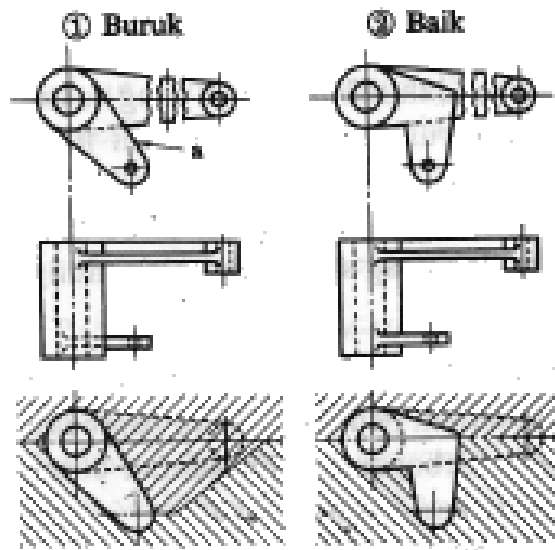
Gambar 2.9. Perubahan bentuk coran

Contoh penghematan langkah proses pembuatan cetakan dengan menghindari bagian terpisah.



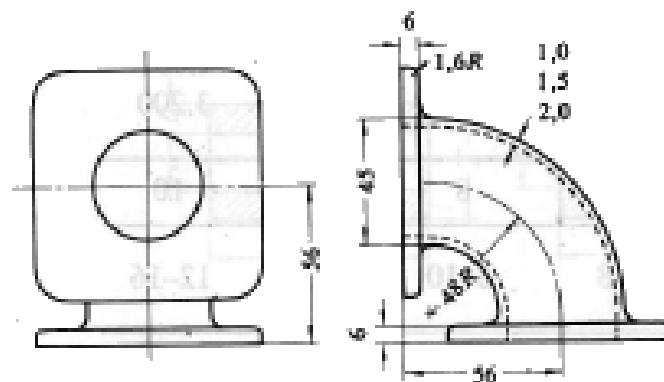
Gambar 2.10. Menghindari bagian terpisah

Contoh permukaan pisah dan penyederhanaan pembuatan cetakan



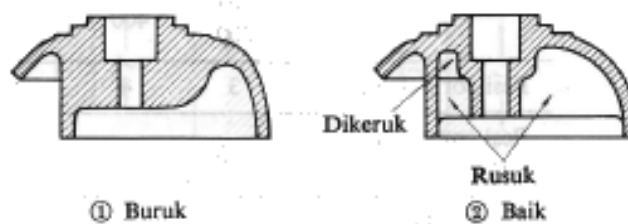
Gambar 2.11. Penyederhanaan permukaan pisah

Contoh penyempurnaan dinding coran yang sangat tipis



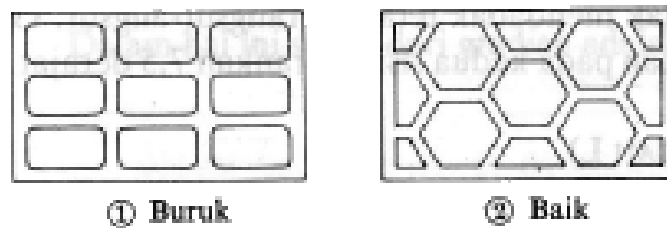
Gambar 2.12. Menghindari dinding yang tipis

Contoh mencegah penyusutan dengan menghilangkan perubahan tebal



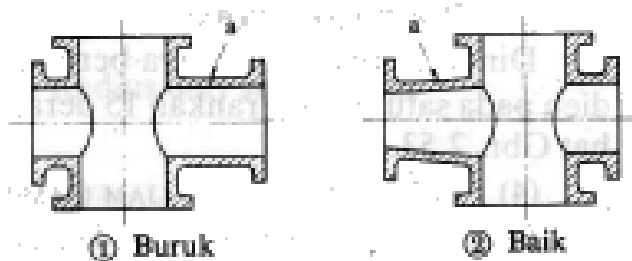
Gambar 2.13. Menghindari perubahan tebal dinding

Contoh pencegahan retak dengan menghilangkan perubahan tebal



Gambar 2.14. Menghilangkan perubahan tebal

Contoh perencanaan dengan mempertimbangkan aliran logam saat penuangan



Gambar 2.15. Pertimbangan aliran logam cair

Ukuran Tebal minimum

Ukuran tebal coran harus mengikuti aturan, karena jika ukuran terlalu tipis logam cair susah untuk masuk pada saat penuangan. Berikut table yang memuat harga ketebalan dinding minimum.

Tabel 2.2. Ketebalan dinding minimum pengecoran dengan cetakan pasir

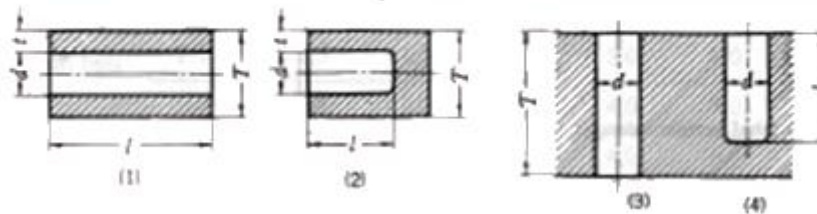
| Bahan | Ukuran coran (mm) | | | | | |
|---------------------------|-------------------|---------|---------|-----------|-------------|-------------|
| | kurang dari 200 | 200-400 | 400-800 | 800-1.250 | 1.250-2.000 | 2.000-3.200 |
| Besi cor kelabu | 3 | 4 | 5 | 8 | 8 | 10 |
| Besi cor mutu tinggi | 4-5 | 5-6 | 6-8 | 8-10 | 10-12 | 12-16 |
| Besi cor bergrafit bulat. | 5-6 | 6-8 | 8-10 | 10-12 | 12-16 | 16-20 |
| Baja cor | 5 | 6 | 8 | 10 | 12 | 16 |
| Baja tahan karat | 8 | 10 | 12 | 16 | 20 | 25 |
| Brons & kuningan | 2 | 2,5 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Kuningan tegangan tinggi. | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 |
| Paduan aluminium | 2-3 | 2,5-4 | 3-5 | 4-6 | 5-8 | 6-10 |

Lubang berinti

Ukuran lubang berinti didasarkan pada table berikut.

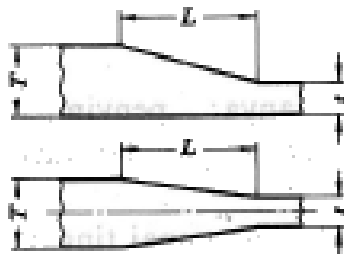
Tabel 2.3. Ukuran lubang inti

| Macam lubang inti | Coran besi kelabu | Coran baja | Panjang |
|-------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------|
| (1) | $d \geq t$ (minimum 10 mm) or $d \geq T/3$ | $d \geq 2t$ (minimum 20 mm) or $d \geq T/2$ | $l \leq 3d$ |
| (2) | $d \geq t$ (minimum 10 mm) or $d \geq T/3$ | $d \geq 2t$ (minimum 20 mm) or $d \geq T/2$ | $l \leq 2d$ |
| (3) | $d \geq T/2$ (minimum 10 mm) | $d \geq T$ (minimum 20 mm) | $l = T$ |
| (4) | $d \geq T/2$ (minimum 10 mm) | $d \geq T$ (minimum 20 mm) | $l \leq 2d$ |



Perubahan tebal

Perubahan tebal disarankan membentuk gradient dengan sudut 15 derajat pada satu sisi dan 7,5 derajat pada kemiringan dua sisi.

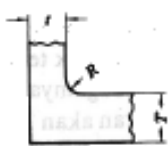


Gambar 2.16. Gradien perubahan tebal

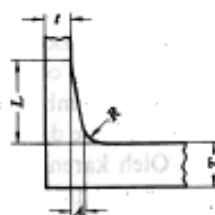
Sudut siku dan tajam

Pertemua sudut siku harus memiliki radius padabagian dalamnya.

Perbandingan tebal kurang dari 1,5



Perbandingan tebal di atas 1,5 & di bawah 3



$$R = T/3$$

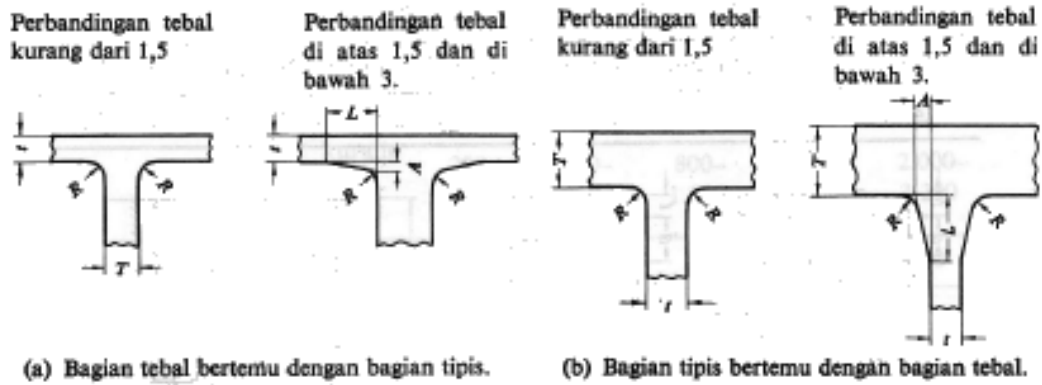
$$L = 4(T - t)$$

$$A = (T - t)$$

Gambar 2.17 Pertemuan sudut siku

Sambungan T dan Y

Sambungan T dan Y cenderung menjadi tebal dan perencana harus memperhatikan untuk menghindari tebal dinding yang berlebihan



Gambar 2.18. Pertemuan sambungan T

Ketelitian ukuran coran

a. Toleransi ukuran tebal dinding

Tabel 2. 4. Toleransi ukuran ketebalan dinding coran

| Bahan | Mutu | Ketebalan dinding (mm) | | | | | | |
|----------------|--------|------------------------|------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | | Kurang dari 5 | 5-10 | 10-20 | 20-30 | 30-40 | 40-80 | 80-160 |
| Coran besi cor | Teliti | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 4,0 |
| | Sedang | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 4,0 | 5,0 |
| Coran baja | Teliti | — | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 4,0 |
| | Sedang | — | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 4,0 | 5,0 | 6,0 |

b. Toleransi ukuran panjang

Tabel 2.5. Toleransi ukuran panjang dari coran dengan cetakan pasir

| Bahan | Mutu | kurang dari 100 | 100-200 | 200-400 | 400-800 | 800-1.600 | 1.600-3.150 |
|----------------|--------|-----------------|---------|---------|---------|-----------|-------------|
| | | | 200 | 400 | 800 | 1.600 | 3.150 |
| Coran besi cor | Teliti | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 3,0 | 4,0 | 5,0 |
| | Sedang | 1,5 | 2,0 | 3,0 | 4,0 | 5,0 | 7,0 |
| Coran baja | Teliti | 1,5 | 2,0 | 3,0 | 4,0 | 6,0 | 10,0 |
| | Sedang | 2,5 | 3,0 | 5,0 | 8,0 | 10,0 | 16,0 |

E. Latihan

1. Jelaskan perbedaan logam cair dengan air !
2. Bagaimana cara menentukan kecepatan logam saat di tuang ?
3. Apa yang mempengaruhi besarnya gaya tumbuk aliran logam pada dinding cetakan ?
4. Jelaskan dan gambarkan proses pembekuan logam cair dalam cetakan !
5. Apakah manfaat diagram kesetimbangan pada proses pengecoran ?
6. Jelaskan bentuk-bentuk khusus distribusi grafit pada besi tuang kelabu !
7. Apakah perbedaan struktur grafit pada besi tuang kelabu dengan besi cor bergrafit bulat ?
8. Jelaskan sifat-sifat yang harus ditinjau dalam besi cor !
9. Pertimbangan apakah yang diperlukan untuk menentukan bentuk dan ukuran coran ?
10. Jelaskan toleransi ukuran yang harus diperhatikan dalam proses pengecoran !

F. Rangkuman

Logam dalam suhu kamar dalam keadaan padat. Logam dapat dicairkan dengan jalan memanaskan hingga mencapai temperature lelehnya. Logam cair berbeda dengan air dalam hal temperature cair, berat jenis, kemampuan mebasahi dinding.

Proses pembekuan logam cair dimulai dari bagian logam cair yang bersentuhan dengan dinding cetakan. Selama proses pembekuan berlangsung, inti-inti kristal tumbuh dari inti asal mengarah ke bagian dalam coran dan butir-butir kristal tersebut berbentuk panjang-panjang seperti kolom.

Struktur dasar dari besi cor kelabu terdiri dari: grafit, ferit, sementit dan perlit. Grafit merupakan karbon bebas yang tersebar dalam bentuk pipih atau bulat. Selain struktur grafit struktur lainnya pada besi cor disebut dengan matrik yang terdiri dari ferit, sementit atau perlit. Perlit merupakan struktur yang berbentuk lapisan ferit dan sementit. Ferit memiliki sifat lunak dan ulet. Sementit bersifat keras dan getas

Sifat coran dapat ditinjau dari sifat fisis dan sifat mekanisnya. Sifat fisik berhubungan dengan kondisi fisik dari coran, sedangkan sifat mekanis berhubungan dengan kekuatan coran untuk menahan beban atau gaya dari luar

Dalam proses pengecoran harus mempertimbangkan bentuk dan ukuran benda coran yang akan dibuat. Pertimbangan-pertimbangannya yaitu untuk pola coran hendaknya sederhana dan mudah dibuat, cetakan mudah dibuat, dan cetakan tidak menyebabkan terjadinya cacat dalam coran