

OPTIMALISASI SALURAN PENAMBAH PADA CORAN ROLL PRESS

Rochim Suratman⁽¹⁾ dan Oyok Yudiyanto⁽²⁾

⁽¹⁾ Jurusan Teknik Mesin, ITB
⁽²⁾ Politeknik Manufaktur Bandung

Ringkasan

Laju hasil (*yield rate*) yang tinggi dari hasil coran dapat menunjukkan tingkat efisiensi proses pengecoran. Yield dari coran adalah perbandingan dari berat benda coran dengan berat total dari benda coran dengan sistem saluran dan saluran penambah. Peningkatan yield ini dapat dilakukan dengan cara mengoptimalkan saluran penambah pada coran. Untuk optimalisasi saluran penambah dari sebuah coran biasanya kita mencoba-coba desain alternatif yang ada lalu dilakukan proses pengecoran dilapangan, langkah ini banyak memakan waktu dan biaya. Untuk penghematan tersebut optimalisasi saluran penambah dicari dengan menggunakan alat bantu komputer berupa software. Software yang digunakan adalah AFS solidification system yaitu software yang bisa mensimulasi proses pendinginan dan pembekuan. Beberapa alternatif desain yang dibuat disimulasikan di komputer. Dari hasil penelitian didapatkan peningkatan yield coran Roll Press dari 68,5 % menjadi 76,6 % dan bahan yang digunakan adalah FCD 700. Peningkatan ini cukup berarti karena berat dari coran ini adalah 139 kg.

Abstract

The high yield rate of casting product indicates the efficiency of casting process. Yield of casting is defined as a ratio between the casting weight to the total weight included the riser and gating system. Increasing yield could be accomplished through the optimizing of riser. Trial and error of the existing alternative designs is the most commonly method. This requires a lot of time and money. Computer software is used in order to reduce this effort. The applied software is AFS solidification system which enable us to simulate the cooling and solidification process. The alternative designs could be simulated on the computer. By using FCD 700 as the base material of Roll press, the research gave an increase of yield; i.e. from 68,5 % yield to 76,6%. yield This is significant for a casting weight of 139 kg.

Keyword : riser, solidification.

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Perencanaan saluran penambah yang optimal dapat meningkatkan laju hasil (*yield rate*) coran. Dengan sedikit peningkatan yield dari coran yang massanya besar akan berpengaruh sekali terhadap penurunan harga jual yang terjadi

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah menenentukan rancangan saluran penambah yang paling optimal dari suatu produk. Dalam hal ini produk yang diambil adalah *Roll Press*.

2. DASAR TEORI

2.1. Desain Coran

Langkah-langkah proses pengecoran diawali dengan desain coran. Desain coran ini meliputi : desain gambar pola, perhitungan volume, perhitungan modul, perhitungan saluran penambah (*riser*), perhitungan sistem saluran dan tata letak (*layout*) cetakan.

2.2. Desain Pola

Proses pembuatan coran menggunakan cetakan tidak tetap dari jenis cetakan pasir basah (*greensand*), sehingga memerlukan suatu model (*pola/pattern*) yang mendekati bentuk aslinya.

Proses pembuatan pola perlu memperhatikan penambahan ukuran, kemiringan pola, bagian pisah (*parting plane*) dan pemberian radius, yang akan berpengaruh pada proses pengecoran dan kualitas hasil pengecoran.

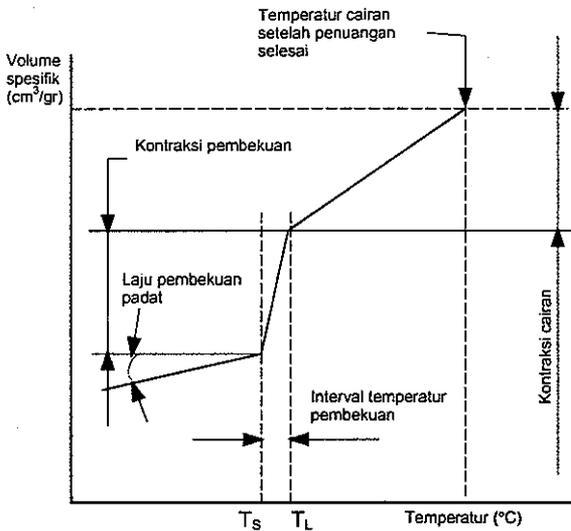
2.3. Perhitungan Saluran Penambah Dan Sistem Saluran (*Gating And Riser*)

2.3.1. Saluran Penambah (*Riser*)

Pengertian saluran penambah

Saluran penambah berfungsi untuk mengkompensasi perubahan volume cairan pada coran (*casting*) selama proses pembekuan berlangsung. Sebagai akibat adanya penyusutan.

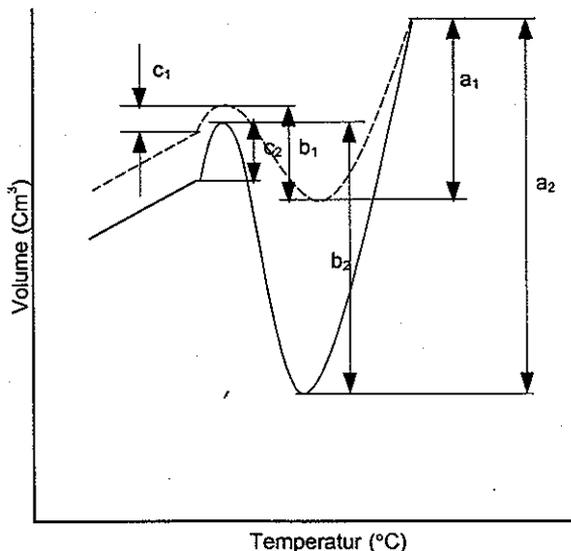
Penyusutan.



Gambar 2.1 Pola umum penyusutan volume cairan pada coran

Dari Gambar 2.1 tersebut terlihat adanya penyusutan logam cair (*liquid contraction*) yang terjadi setelah proses penuangan (*pouring*) berakhir sampai temperatur *liquidus*, penyusutan kristal (*solidification contraction*) terjadi pada *interval* temperatur *liquidus* dan *solidus*. Setelah temperatur *solidus* seluruh benda telah padat yang kemudian terjadi penyusutan padat.

Gambar 2.1 bisa digunakan secara umum untuk semua bahan sebagai patokan (referensi) proses terjadinya penyusutan selama proses pembekuan terjadi. Pada coran FCD / *Ferro Casting Ductile* (besi cor bergrafit bulat) pengurangan volume cairan logam terjadi seperti Gambar 2.2 berikut :



Gambar 2.2
Pola umum perubahan volume pada FCD.
a) *Liquid contraction* b) *Expansion* c) *secondary contraction*.

Gambar 2.2 memperlihatkan terjadinya penyusutan logam cair selama pembekuan. Besarnya berkisar antara a_1 dan a_2 . Besarnya pengembangan berkisar antara b_1 dan b_2 . Penyusutan kristal (*secondary contraction*) besarnya sekitar c_1 dan c_2 atau lebih besar.

Penomena penyusutan logam cair adalah suatu hal yang alami, besarnya penyusutan logam cair untuk FCD dari literatur memberikan harga yang bervariasi dari 0,016% Vol/°C sampai dengan 0,024% Vol/°C, atau 0,8% Vol/50°C sampai dengan 1,2% Vol/50°C. Harga yang diambil umumnya adalah harga rata-ratanya yaitu 1,0% Vol/50°C.

Ekspansi atau pengembangan terjadi karena adanya grafit yang terkandung didalam FCD dimana volume jenis grafit tersebut lebih besar dibandingkan dengan volume jenis besi. Besarnya ekspansi ini dari literatur menyebutkan diantara 3,0% dan 6,0%.^[1-3]

Sedangkan penyusutan kristal pada umumnya literatur memberikan harga sebesar 3% sampai dengan 5%.^[1-3]

Sehingga saluran penambah berfungsi sebagai reservoir cairan yang dibutuhkan oleh coran pada saat pembekuan untuk :

- Kompensasi dari pengurangan volume pada penyusutan logam cair dari temperatur penuangan (*pouring*) sampai dengan temperatur *liquidus*.
- Penampungan untuk penambahan volume selama terjadinya ekspansi.
- Kompensasi dari penyusutan kristal.

2.3.2. Definisi Dan Perhitungan Modul

Laju pendinginan coran atau waktu pembekuan tergantung dari sifat termal cetakan, temperatur penuangan juga bentuk dan dimensi coran. Dengan mengasumsikan sifat termal cetakan dan temperatur penuangan konstan, laju pendinginan dan pembekuan hanya tergantung pada bentuk dan dimensi coran. Efek dimensi dijabarkan dengan tepat oleh rasio :

$$M = \frac{V}{A} \dots \dots \dots (1)$$

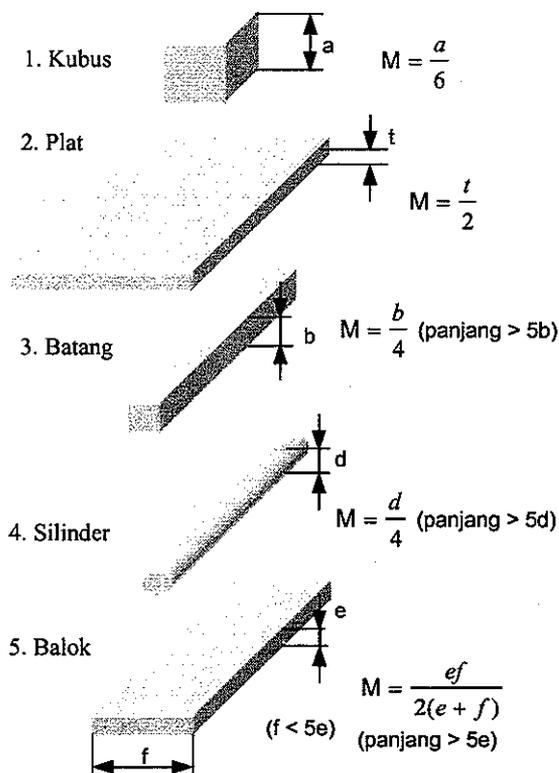
dimana M = Modul [cm]
V = Volume Coran
A = Luas permukaan pendinginan

Sebagai contoh perhitungan modul, dari Gambar 2.3 untuk modul bentuk kubus dapat dicari sebagai berikut.

$$M = \frac{V}{A}$$

$$M = \frac{a^3}{6 \cdot a^2} = \frac{a}{6}$$

Modul untuk bentuk-bentuk yang sederhana lainnya diperlihatkan dalam Gambar 2.3.

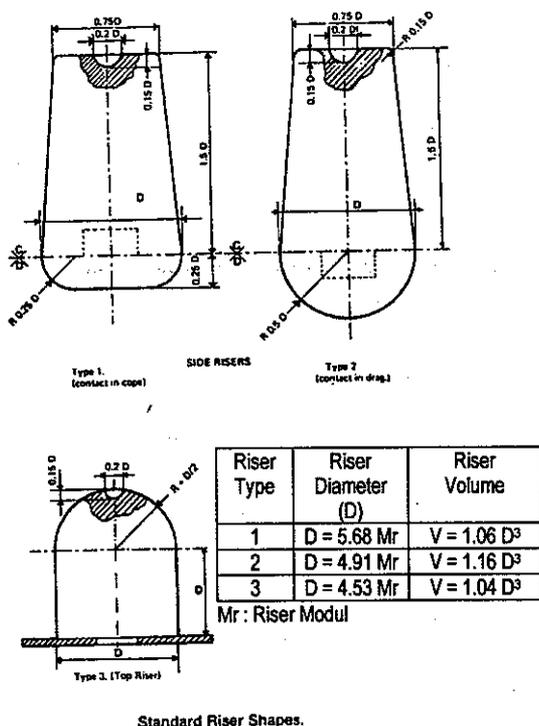


Gambar 2.3 Modul dari bentuk-bentuk yang sederhana

3.2.1. Modul Saluran Penambah

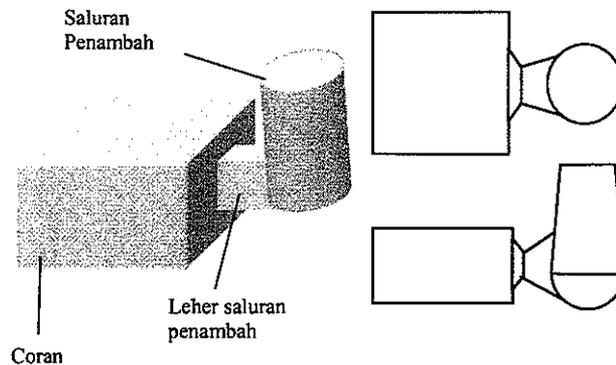
Perbandingan antara modul saluran penambah dengan modul coran secara teoritis adalah sebagai berikut : $M_{Lp} : M_p = 1 : 1,1 : 1,2$ (c=coran, Lp=leher saluran penambah, p=saluran penambah).

Bentuk-bentuk saluran penambah standar sebagai berikut:



Gambar 2.4 Bentuk saluran penambah standar

Gambar 2.4 memperlihatkan beberapa tipe saluran penambah, tipe 1 dan tipe 2 digunakan pada posisi di samping benda cor, saluran penambah tipe 3 digunakan diatas benda cor. Gambar 2.5 memperlihatkan tipe saluran penambah yang diletakkan disamping benda cor.



Gambar 2.5 Nomenklatur untuk saluran penambah

3.2.2. Leher Saluran Penambah

Jika leher saluran penambah berpenampang bujursangkar maka modul leher saluran penambah adalah :

$$MLP = \frac{a}{4} \text{ sehingga } a = 4 \cdot MLP \dots \dots \dots (2)$$

Dengan memperhatikan efek panas akibat geometri saluran leher penambah maka persamaan (2) menjadi :

$$a = 4 \cdot MLP \cdot \sqrt{eff} \dots \dots \dots (3)$$

3. PENELITIAN

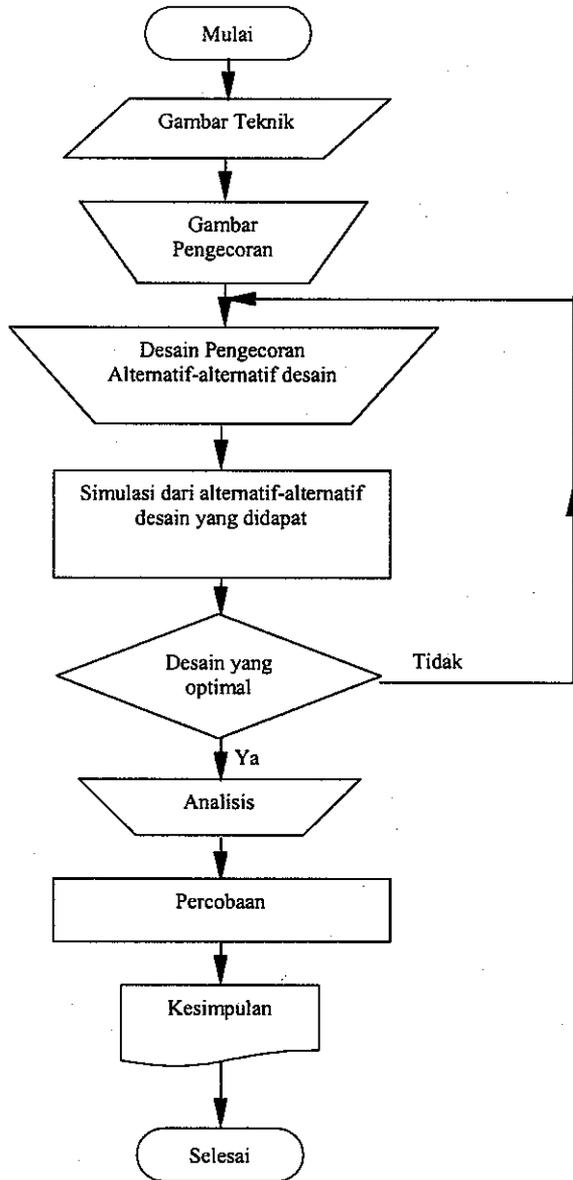
3.1. Langkah-langkah penelitian

Dari Gambar 3.1 memperlihatkan aliran proses penelitian, dimulai dari mempelajari gambar teknik yang kemudian diubah menjadi gambar pengecoran (desain pola). Gambar pengecoran diperlihatkan pada Gambar 3.2 dan 3.3. Langkah selanjutnya merencanakan desain pengecoran yang terdiri dari :

- a) Perhitungan Volume benda
- b) Perhitungan Modul benda dengan membagi benda tersebut dalam beberapa bagian
- c) Perhitungan penyusutan cairan dari benda
- d) Perhitungan besar saluran penambah yang harus direncanakan untuk mengkompensasi penyusutan cairan dengan memperhatikan aspek :
 - Efisiensi saluran penambah
 - Peletakan saluran penambah
- e) Perhitungan sistem saluran

Langkah berikutnya melakukan simulasi pembekuan dari alternatif-alternatif desain yang dibuat, dan dilakukan uji coba satu alternatif yang dipilih untuk membandingkan hasil simulasi yang didapat.

Hasil simulasi kemudian dianalisis dengan mempertimbangkan *yield* coran yang dihasilkan.



Gambar 3.1 Diagram alir

3.2. Perhitungan Volume dan Berat Benda

3.2.3. Volume dan berat benda *Roll Press 1*

Dari Gambar 3.2 untuk mempermudah perhitungan benda dibagi 4 bagian.

Tabel 1. Volume *Roll Press 1*

No.Bagian	Volume [mm ³]
I	1238679,7
II	599528,9
III	8257222,3
IV	599528,9
Total :	21486481,8

Jika massa jenis dari FCD adalah 7,3 kg / dm³ maka, berat benda adalah 156,8 kg

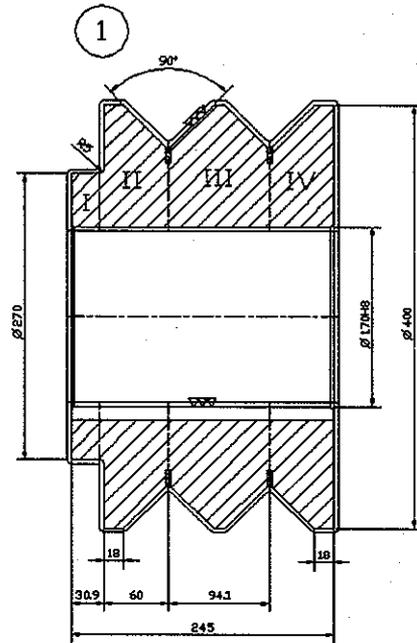
3.2.4. Volume dan berat benda *Roll Press 2*

Dari Gambar 3.3 untuk mempermudah perhitungan benda dibagi 3 bagian.

Tabel 2. Volume *Roll Press 2*

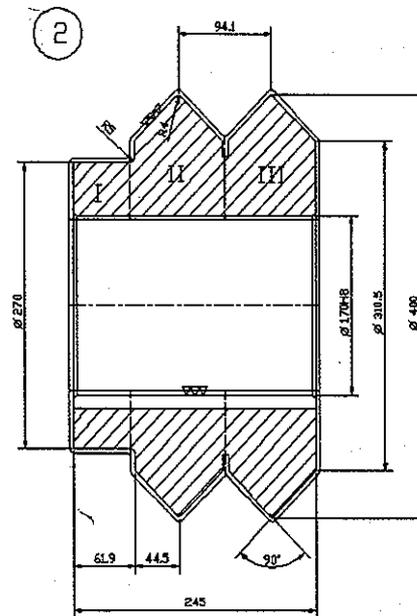
No.Bagian	Volume [mm ³]
I	2481368,1
II	7728623,5
III	7728623,5
Total :	17938615,1

Jika massa jenis dari FCD adalah 7,3 kg / dm³ maka, berat benda adalah 130,9 kg



TAMBAHAN UKURAN Pengerjaan : 4 mm

Gambar 3.2 Desain gambar pengecoran *Roll Press 1*



TAMBAHAN UKURAN Pengerjaan : 4 mm

Gambar 3.3 Desain gambar pengecoran *Roll Press 2*

3.3. Perhitungan Modul Benda

Mengacu pada persamaan (1) modul dari masing-masing benda dihitung berikut ini.

3.3.1. Modul Roll Press 1

Dari Gambar 3.2 modul perbagian benda diperlihatkan pada tabel 3.

Tabel 3. Modul bagian Roll Press 1

No. Bagian	Modul [cm]
I	1,50
II	3,00
III	3,10
IV	2,50

Modul Benda diambil yang terbesar yaitu 3,1 cm

3.3.2. Modul Roll Press 2

Dari Gambar 3.3 modul perbagian benda diperlihatkan pada tabel 4.

Tabel 4. Modul bagian Roll Press 2

No. Bagian	Modul [cm]
I	1,98
II	2,60
III	2,50

Modul benda diambil yang terbesar yaitu 2,6 cm

3.4. Perhitungan Ukuran Saluran Penambah (Riser)

Jika perbandingan dari modul benda cor, modul leher saluran penambah dan modul saluran penambah adalah 1 : 1,1 : 1,2, maka perbandingan nilai modul pada masing-masing benda adalah :

- Roll Press 1

$$M_c : M_{Lp} : M_p = 3,1 : 3,4 : 3,7$$

- Roll Press 2

$$M_c : M_{Lp} : M_p = 2,6 : 2,86 : 3,1$$

Dari Gambar 2.4 saluran penambah standar tipe 2 rumus untuk menentukan diameter adalah

$$D = 4,91 \cdot M_{Riser} \dots \dots \dots (4)$$

Dari persamaan (4) didapatkan dimensi saluran penambah untuk masing-masing benda cor sebagai berikut.

Untuk diameter saluran penambah Roll Press 1, $D_{RP1} = 4,91 \cdot 3,7 = 18,2 \text{ cm}$ dengan tinggi saluran penambah standar, $h = 1,5 D = 27,3 \text{ cm}$.

Jika tinggi rangka cetak (flask) yang digunakan adalah 30 cm, maka saluran penambah dibuat terbuka (open riser) sehingga tinggi saluran penambah $h = 30 \text{ cm}$. Volume dari penambah tersebut adalah $7,8 \text{ dm}^3$

Untuk diameter saluran penambah Roll Press 2, $D_{RP2} = 4,91 \cdot 3,1 = 15,2 \text{ cm}$ dengan tinggi saluran penambah standar $h = 1,5 D = 22,8 \text{ cm}$.

Tinggi benda dari bagian pisah (parting plane) adalah 20,4 cm maka tinggi penambah ini belum cukup untuk mendapatkan tekanan hidrostatik, sehingga penambah dibuat terbuka (open riser) dan tinggi penambah $h = 30 \text{ cm}$. Volume dari penambah tersebut adalah $5,44 \text{ dm}^3$

Ukuran Leher Saluran Penambah

Dari persamaan (3) ukuran saluran leher penambah untuk masing-masing benda didapat.

- * Roll Press 1

$$a = 4 \cdot 3,4 \cdot \sqrt{0,5} = 9,7 \text{ cm}$$

- Roll Press 2

$$a = 4 \cdot 2,86 \cdot \sqrt{0,5} = 8,1 \text{ cm}$$

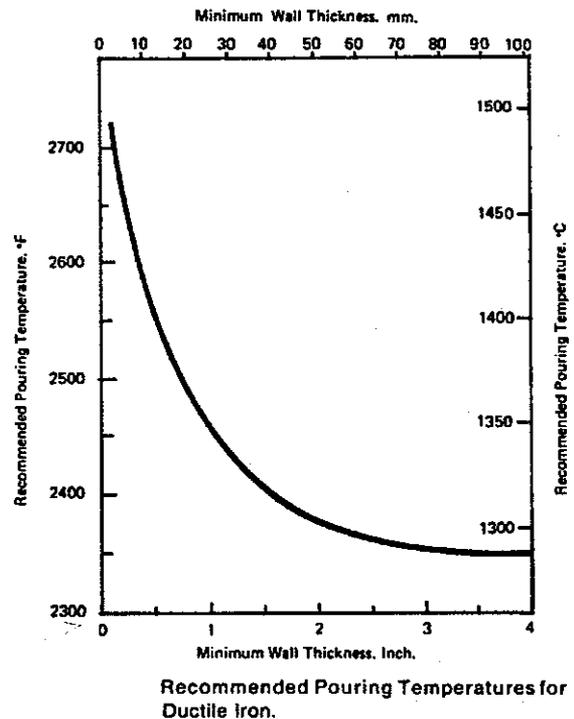
Panjang leher saluran penambah kira-kira 5 cm

3.5. Perhitungan Besar Penyusutan

Besar penyusutan yang terjadi pada coran adalah :

Penyusutan logam cair (liquid contraction)

Penyusutan logam cair dipengaruhi oleh temperatur tuang (pouring temperature). Besar temperatur tuang dapat dicari dari grafik berikut :



Grafik 3.4 Rekomendasi temperatur tuang FCD⁽³⁾

Ketebalan minimum coran Roll Press adalah 50 mm sehingga Temperatur tuangnya adalah 1310 °C dan temperatur solidus FCD dari literatur didapat 1160 °C, maka besar penyusutan cair adalah :

$$S_c = (1310 - 1160)^\circ\text{C} \cdot \frac{1\%}{50^\circ\text{C}} = 3\%$$

Penyusutan Kristal (secondary contraction)

Besar penyusutan kristal didapat $S_k = 5\%$

Ekspansi Volume

Besar ekspansi volume karena adanya grafit (dari bab 2) didapat $S_e = 3\%$

Sehingga besar penyusutan total sebesar :

$$S = S_c + S_k - S_e = 5\%$$

Besarnya volume penyusutan coran

Tabel 5. Volume penyusutan

Benda	Volume [dm ³]	Volume susut (5% vol. Benda) [dm ³]
Roll Press 1	21,486	1,07430
Roll Press 2	17,939	0,89695

Volume saluran penambah yang diperlukan

Volume penambah yang diperlukan dipengaruhi oleh besar efisiensi penambah yang terjadi dan penyusutan yang terjadi dipenambah itu sendiri.

$$V_{ST} = (V_c + V_r) \cdot S \dots\dots\dots (5)$$

$$V_r = \frac{V_{ST}}{eff} \dots\dots\dots (6)$$

Substitusi persamaan (5) ke persamaan (6)

$$V_r = \frac{V_c \cdot S + V_r \cdot S}{eff} \text{ maka didapat } V_r = \frac{V_c \cdot S}{(eff - S)} \dots\dots\dots (7)$$

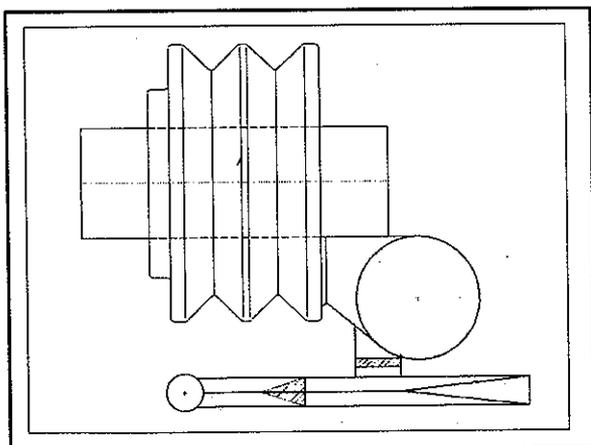
Untuk bahan FCD efisiensi saluran penambah berkisar antara 25 % s.d 30 % ⁽⁴⁾. Jika efisiensi saluran penambah yang terjadi sebesar 25 %. Besarnya volume saluran penambah yang diperlukan diperlihatkan pada tabel 6.

Tabel 6. Volume penambah yang diperlukan

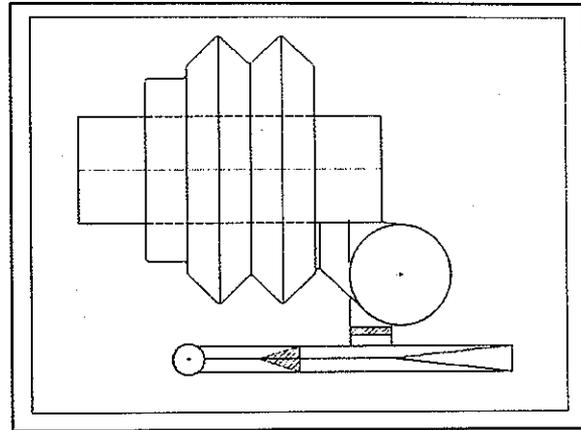
Benda	Volume saluran penambah yang diperlukan [dm ³]	Volume saluran penambah yang tersedia [dm ³]
Roll Press 1	5,73	7,80
Roll Press 2	4,48	5,44

Volume saluran penambah yang tersedia lebih besar dari yang dibutuhkan. Berdasarkan hal tersebut maka saluran penambah yang didapat tidak optimal. Penambah selanjutnya diperkecil, kemudian dilakukan simulasi.

Hal-hal yang diperhatikan dalam simulasi ini adalah mengetahui distribusi temperatur, mengetahui distribusi waktu pembekuan, menentukan daerah terpanas (temperatur paling tinggi) dan mencari daerah yang mungkin mengalami penyusutan (*shrinkage*).



Gambar 3.5 Lay out saluran penambah dan sistem saluran

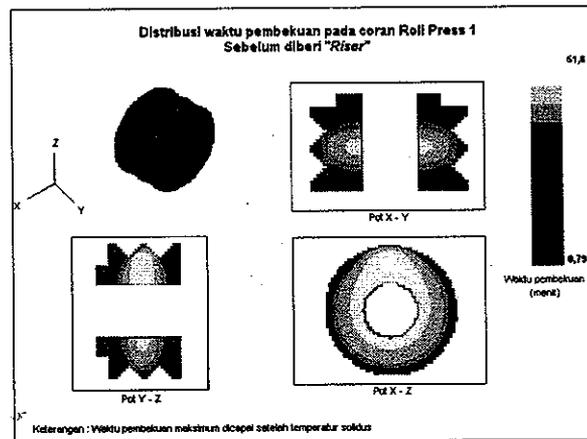


Gambar 3.6 Lay out saluran penambah dan sistem saluran

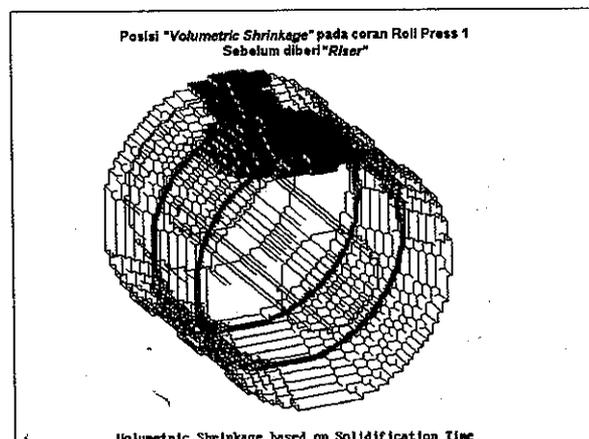
Simulasi 1

Coran sebelum diberi saluran penambah

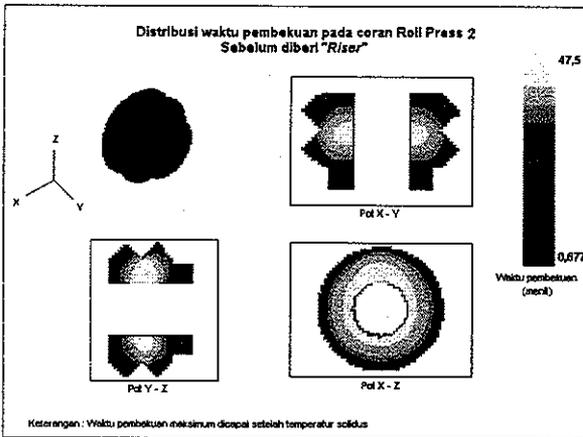
Coran Roll Press 1



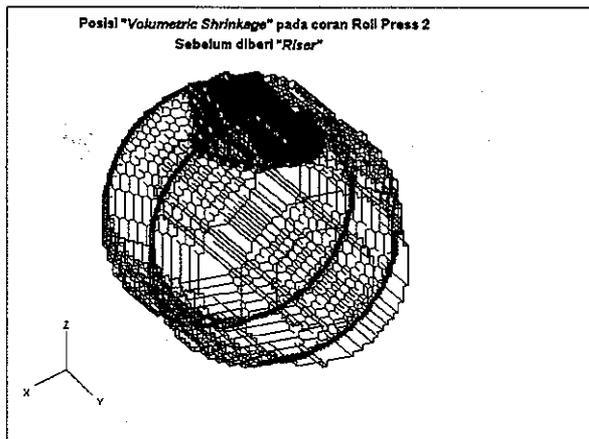
Gambar 3.7 Distribusi waktu pembekuan, sebelum diberi saluran penambah pada Roll Press 1



Gambar 3.8 Posisi shrinkage pada Roll Press 2 sebelum diberi saluran penambah



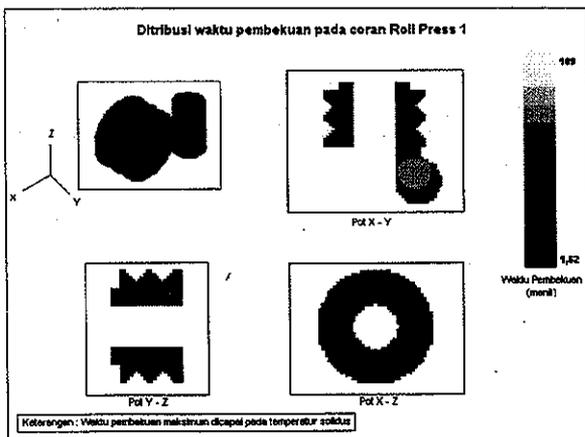
Gambar 3.9 Distribusi waktu pembekuan, sebelum diberi saluran penambah pada Roll Press 2



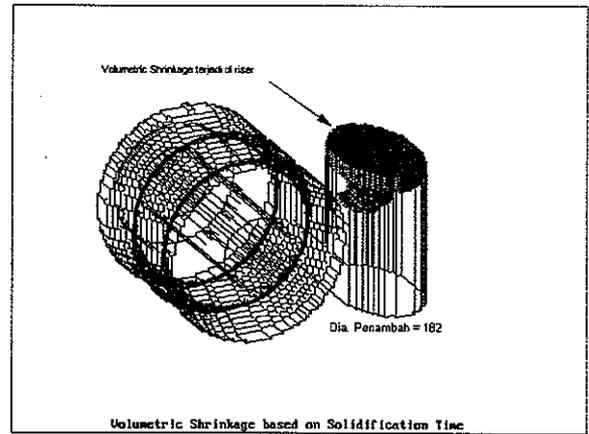
Gambar 3.10 Posisi shrinkage pada Roll Press 2 sebelum diberi saluran penambah

Simulasi 2

Simulasi coran berdasarkan desain perhitungan ideal : Coran Roll Press 1.

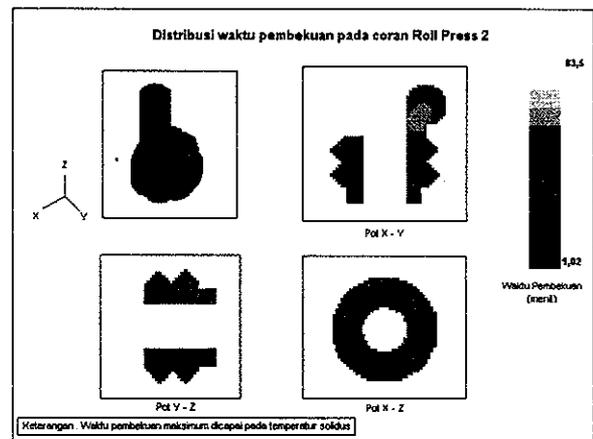


Gambar 3.11 Distribusi waktu pembekuan pada Roll Press 1

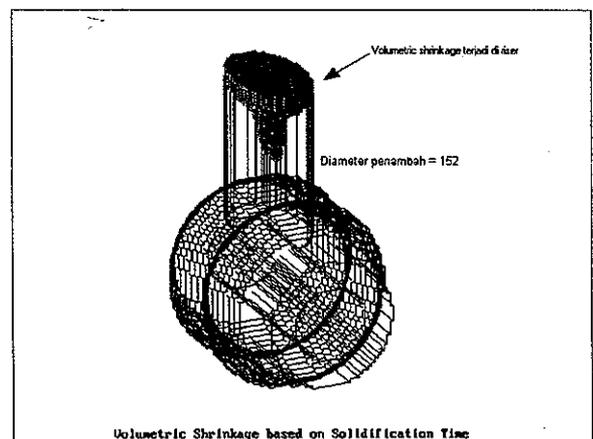


Gambar 3.12 Posisi shrinkage pada Roll Press 1

Coran Roll Press 2.



Gambar 3.13 Distribusi waktu pembekuan pada Roll Press 2



Gambar 3.14 Posisi shrinkage pada Roll Press 2

Gambar 3.7 sampai dengan Gambar 3.14 memperlihatkan hasil simulasi coran yang belum menggunakan saluran penambah dan yang sudah menggunakan saluran penambah. Gambar 3.7, 3.9, 3.11 dan 3.13 memperlihatkan distribusi waktu pembekuan coran, dari hasil ini bisa dilihat daerah yang mengalami pembekuan terakhir. Daerah yang mengalami pembekuan terakhir akan terbentuk shrinkage seperti diperlihatkan pada Gambar 3.8, 3.10, 3.12 dan 3.14.

3.6. Alternatif Desain

3.6.1. Alternatif Desain 2

Diameter saluran penambah ukurannya diperkecil dengan membuat modul saluran penambah = modul benda ; $M_r = M_b$

Benda cor *Roll Press* 1 yang semula memiliki diameter saluran penambah 18,2 cm diubah menjadi 15,2 cm

$$M_p = M_b = 3,1, D_p = 4,91 \cdot 3,1 = 15,2 \text{ cm.}$$

Saluran penambah masih dibuat terbuka (*open riser*) sehingga tingginya $h = 30 \text{ cm}$

Benda cor *Roll Press* 2 yang semula memiliki diameter saluran penambah 15,2 cm diubah menjadi 13 cm

$$M_p = M_b = 2,6, D_p = 4,91 \cdot 2,6 = 12,8 \approx 13 \text{ cm.}$$

Saluran penambah masih dibuat terbuka (*open riser*) sehingga tingginya $h = 30 \text{ cm}$

3.6.2. Alternatif Desain 3

Diameter saluran penambah tetap dan bagian atas saluran penambah ditambah selimut eksotermik (*insulator sleeves*).

Benda cor *Roll Press* 1 dengan modul saluran penambah 3,1, dari ukuran *insulator sleeves* yang ada, $D_s = 10 \text{ cm}$ dengan $M_s = 3,5$ dan $D_s = 12,5 \text{ cm}$ dengan $M_s = 4,1$ ($s = sleeves$). Dari volume yang ada dipilih *sleeves* dengan diameter 12,5 cm dan tingginya $h = 15 \text{ cm}$.

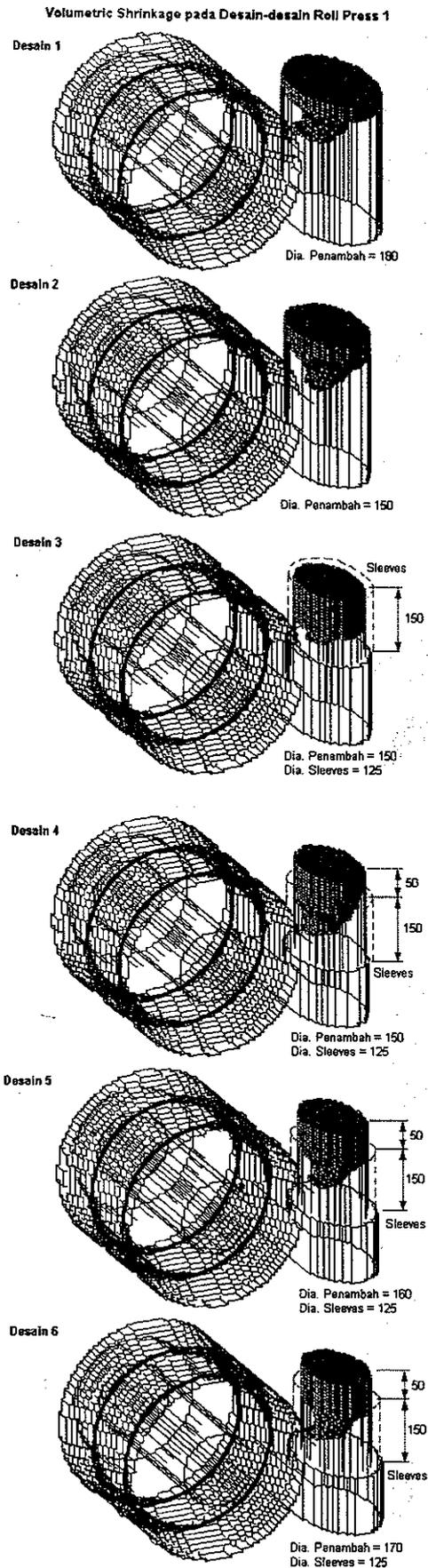
Benda cor *Roll Press* 2 dengan modul saluran penambah 2,6, dari ukuran *insulator sleeves* yang ada, $D_s = 7,5 \text{ cm}$ dengan $M_s = 2,8$ dan $D_s = 10 \text{ cm}$ dengan $M_s = 3,5$. Dari volume yang ada dipilih *sleeves* dengan diameter 10 cm dan tingginya $h = 15 \text{ cm}$.

3.6.3. Alternatif Desain 4

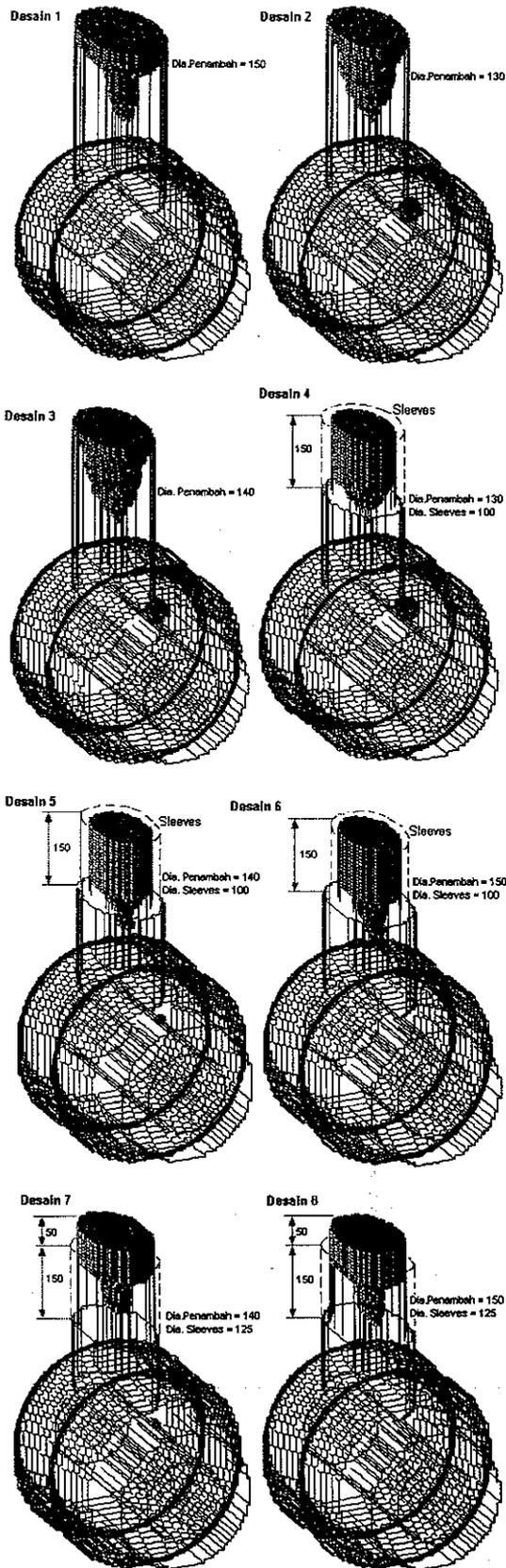
Dengan mengubah desain 3 dimana letak *insulator sleeves* diturunkan sejauh 5 cm.

Dalam pelaksanaannya desain-desain tersebut berkembang menjadi beberapa desain karena melihat dari hasil yang terjadi setelah dilakukan simulasi. Desain-desain tersebut menjadi 6 alternatif untuk coran *Roll Press* 1 dan 8 alternatif untuk coran *Roll Press* 2.

Gambar 3.15 memperlihatkan posisi *shrinkage* enam alternatif desain *Roll Press* 1, dan gambar 3.16 memperlihatkan posisi *shrinkage* delapan alternatif desain *Roll Press* 2.



Gambar 3.15 Posisi *shrinkage* dari beberapa alternatif desain pada coran *Roll Press* 1



Gambar 3.16 Posisi *shrinkage* dari beberapa alternatif desain pada coran Roll Press 2

3.7. Perhitungan Laju Hasil (Yield Rate)

$$Yield = \frac{m_b}{m_{SS} + m_r + m_b} \dots \dots \dots (8)$$

m_{SS} = berat sistem saluran

m_r = berat saluran penambah

m_b = berat benda

Hasil perhitungan laju hasil (*yield rate*) dari beberapa alternatif desain yang dipilih dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Laju hasil (*yield rate*)

ROLL PRESS 1		ROLL PRESS 2	
Desain	Yield (%)	Desain	Yield (%)
1	66,5	1	68,5
2	72,3	2	
3	74,5	3	
4	75,3	4	
5	74,6	5	74,7
6	73,8	6	73,3
		7	73,3
		8	72,3

Desain 2, 3 dan 4 pada coran Roll press 2 tidak dihitung karena coran memiliki shrinkage yang relatif besar.

4. ANALISIS

4.1. Analisis Simulasi Coran Tanpa Saluran Penambah

Dari hasil simulasi coran yang tidak menggunakan saluran penambah dapat diketahui posisi *shrinkage* dari coran tersebut. Dari kedua coran, posisi *shrinkage* yang terjadi relatif sama yaitu berada di bagian atas coran (Gambar 3.8 dan 3.10). Hal ini disebabkan karena pada bagian atas coran memiliki daerah temperatur yang paling tinggi sehingga bagian tersebut membeku paling akhir.

4.2. Analisis Simulasi Coran Roll Press 1

4.3.1. Alternatif Desain 1

Desain 1 menggunakan saluran penambah dengan diameter ideal (182 mm). Dari hasil simulasi ini coran tidak mengalami cacat akibat *shrinkage* (Gambar 3.12), karena posisi pembekuan terakhir berada di saluran penambah. Proses ini sangat diharapkan karena perancangan yang dibuat menunjukkan hasil yang bagus. Perancangan ini belum menyatakan hasil yang paling optimal, karena *yield* yang didapat masih relatif rendah yaitu 66,5 %.

4.3.2. Alternatif Desain 2

Dari Gambar 3.15, hasil simulasi memperlihatkan coran tidak mempunyai *shrinkage* dan *yield* meningkat menjadi 72,3 %.

4.3.3. Alternatif Desain 3

Dari Gambar 3.15, hasil simulasi memperlihatkan coran tidak mempunyai *shrinkage* dan *yield* meningkat menjadi 74,5 %.

4.3.4. Alternatif Desain 4

Posisi *sleeves* pada desain 3 diturunkan sejauh 50 mm, dengan tujuan menurunkan volume penambah. Dari Gambar 3.15, hasil simulasi memperlihatkan coran mempunyai *shrinkage* sebesar 3 nodal ($vol = 1,029 \text{ cm}^3$). *Yield* yang terjadi sebesar 75,3 %.

4.3.5. Alternatif Desain 5

Saluran penambah pada desain 4 diperbesar menjadi 160 mm dengan posisi *sleeves* tetap. Dari Gambar 3.15, hasil simulasi memperlihatkan coran masih mempunyai *shrinkage* sebesar 1 nodal. *Yield* yang terjadi sebesar 74,6 %.

4.3.6. Alternatif Desain 6

Saluran penambah pada desain 5 diperbesar menjadi 170 mm dengan posisi *sleeves* tetap. Dari Gambar 3.15, hasil simulasi memperlihatkan coran tidak mempunyai *shrinkage*. *Yield* yang terjadi sebesar 73,8 %.

Perancangan yang paling optimal pada coran *Roll Press* 1 terjadi pada desain 3 dengan nilai *yield* yang terjadi sebesar 74,5 % dan coran tidak mempunyai *shrinkage*.

4.3. Analisis Simulasi Coran *Roll Press* 2

4.3.1. Alternatif Desain 1

Desain 1 menggunakan saluran penambah dengan diameter ideal (152 mm). Coran tidak mempunyai *shrinkage* (gambar 3.14) dan *yield* yang terjadi relatif kecil yaitu 68,5 %.

4.3.2. Alternatif Desain 2

Diameter saluran penambah diperkecil menjadi 130 mm. Dari Gambar 3.16, hasil simulasi memperlihatkan coran mempunyai *shrinkage* yang relatif besar sehingga desain ini dianggap gagal.

4.3.3. Alternatif Desain 3

Diameter saluran penambah diperbesar menjadi 140 mm. Dari Gambar 3.16, hasil simulasi memperlihatkan coran masih mempunyai *shrinkage* yang relatif besar sehingga desain ini juga dianggap gagal.

4.3.4. Alternatif Desain 4

Saluran penambah pada desain 2 diberikan *insulator sleeves* dengan diameter 100 mm. Dari Gambar 3.16, hasil simulasi memperlihatkan coran masih mempunyai *shrinkage* yang relatif besar sehingga desain ini juga dianggap gagal.

4.3.5. Alternatif Desain 5

Saluran penambah pada desain 4 diperbesar menjadi 140 mm. Dari Gambar 3.16, hasil simulasi memperlihatkan *shrinkage* pada coran mulai berkurang dan menjadi 9 nodal. *Yield* yang terjadi sebesar 74,7 %.

4.3.6. Alternatif Desain 6

Saluran penambah pada desain 5 diperbesar menjadi 150 mm. Dari Gambar 3.16, hasil simulasi memperlihatkan coran tidak mempunyai *shrinkage*. *Yield* yang terjadi sebesar 73,3 %.

4.3.7. Alternatif Desain 7

Posisi *sleeves* pada desain 5 diturunkan sejauh 50 mm, dan diameter *sleeves* diperbesar menjadi 125 mm dengan diameter saluran penambah tetap (140 mm). Dari Gambar 3.16, hasil simulasi memperlihatkan coran mempunyai *shrinkage* sebesar 3 nodal. *Yield* yang terjadi sebesar 73,3 %.

4.3.8. Alternatif Desain 8

Saluran penambah pada desain 7 diperbesar menjadi 150 mm. Dari Gambar 3.16, hasil simulasi memperlihatkan coran tidak mempunyai *shrinkage*. *Yield* yang terjadi sebesar 72,3 %.

Perancangan yang paling optimal pada coran *Roll Press* 2 terjadi pada desain 6 dengan nilai *yield* yang terjadi sebesar 73,3 % dan coran tidak mempunyai *shrinkage*. Hasil selengkapnya ditabelkan berikut ini.

Tabel 8. Laju Hasil (*Yield rate*) *Roll Press* 1

Desain	<i>Yield</i> (%)	<i>Shrinkage</i>
1	66,5	Tdk ada
2	72,3	Tdk ada
3	74,5	Tdk ada
4	75,3	2 Nodal
5	74,6	1 Nodal
6	73,8	Tdk ada

Tabel 9. Laju Hasil (*Yield rate*) *Roll Press* 2

Desain	<i>Yield</i> (%)	<i>Shrinkage</i>
1	68,5	Tdk ada
2		Besar sekali
3		Besar sekali
4		Besar sekali
5	74,7	9 Nodal
6	73,3	Tdk ada
7	73,3	3 Nodal
8	72,3	Tdk ada

4.4. Analisis Hasil Uji Coba

Uji coba dilakukan pada desain 6 *Roll Press* 2, dimana desain ini yang paling optimal diantara alternatif desain lainnya. Kriteria optimal ini didefinisikan pada kebutuhan saluran penambah yang paling minimal.

Dari uji coba dilapangan pada coran *Roll Press* 2, setelah ditimbang beratnya adalah 129 kg dan berat keseluruhan dengan saluran adalah 181,5 kg, dengan nilai *yield* sebesar 76,6 %.

Coran yang dihasilkan, secara visual tidak ada *shrinkage* terutama pada daerah leher saluran penambah (Gambar 4.1).

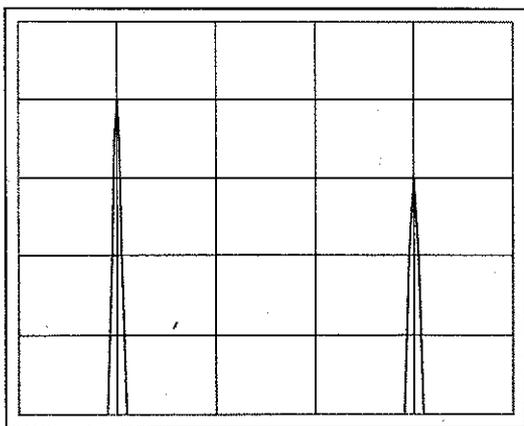
Coran tersebut selanjutnya dilakukan uji ultrasonik untuk memastikan ada tidaknya shrinkage pada bagian dalam benda cor. Uji ultrasonik dilakukan pada posisi peletakan leher saluran penambah (Gambar 4.2) dan secara acak dilakukana pada posisi lainnya.



Gambar 4.1 Pada leher saluran penambah tidak terjadi shrinkage.



Gambar 4.2 Pada leher saluran penambah dilakukan uji ultrasonik



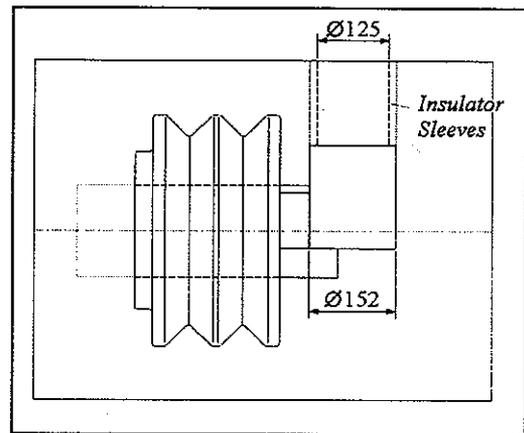
Gambar 4.3 Display pada alat uji ultrasonik

Gambar 4.3 memperlihatkan display pada alat uji ultrasonik. Kedua puncak gelombang menunjukkan jarak antara permukaan benda uji dan bagian bawah benda uji dalam hal ini tinggi benda cor. Diantara kedua puncak gelombang tersebut tidak ada lagi puncak gelombang, artinya tidak ada rongga (*shrinkage*) didalam benda uji tersebut.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

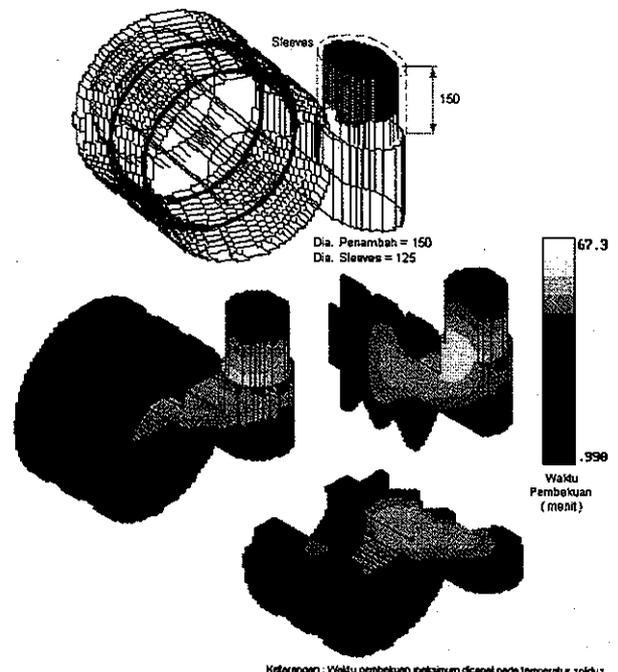
5.1 Kesimpulan

Dari alternatif-alternatif desain yang ada yang memenuhi kriteria optimal yaitu kebutuhan saluran penambah yang paling minimal, adalah desain 3 pada benda cor *Roll Press 1* dan desain 6 pada benda cor *Roll Press 2*.

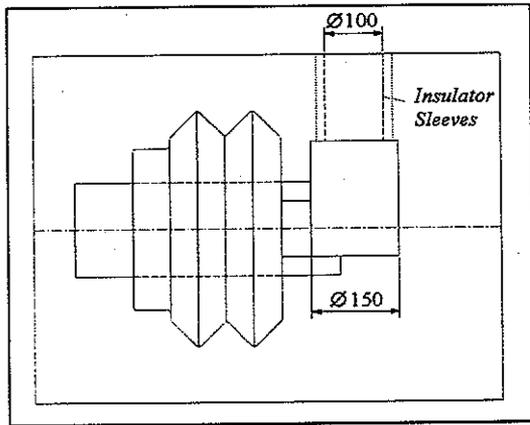


Gambar 5.1 Desain saluran penambah yang optimal pada coran *Roll Press 1*

Gambar 5.1 menunjukkan desain 3 pada coran *Roll Press 1* yang memiliki diameter saluran penambah 152 mm, diameter *insulator sleeves* 125 mm dengan nilai *Yield* 74,5 %. Gambar 5.2 memperlihatkan hasil dari simulasi.

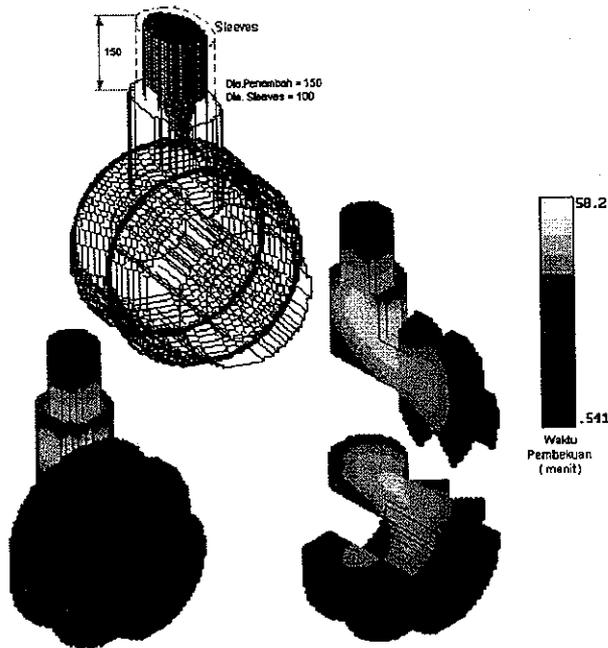


Gambar 5.2 Hasil simulasi desain 3



Gambar 5.3 Desain saluran penambah yang optimal pada coran Roll Press 2

Gambar 5.3 menunjukkan desain 6 pada coran *Roll Press 2* yang memiliki diameter saluran penambah 150 mm, diameter *insulator sleeves* 100 mm dengan nilai *Yield* 76,6 %. Gambar 5.4 memperlihatkan hasil dari simulasi.



Gambar 5.4 Hasil simulasi desain 6

5.2 Saran

Optimasi penelitian ini masih dapat dilanjutkan dengan memperhatikan pemilihan alternatif desain dengan mengubah-ubah bagian pisah (*parting plane*), dengan jenis saluran penambah yang bervariasi (*blind riser*/saluran penambah buta) dan dengan memperhitungkan harga jual yang dihasilkan. Sehingga hasil desain yang didapat benar-benar optimal.

6. Daftar Pustaka

1. Karsay, Stephen I., "*Ductile Iron I*", Quebec Iron and Titanium Corporation, Sorel, 1969.
2. Karsay, Stephen I., "*Ductile Iron II*", Quebec Iron and Titanium Corporation, Sorel, 1971.
3. Karsay, Stephen I., "*Ductile Iron III*", Quebec Iron and Titanium Corporation, Sorel, 1981.
4. Surdia, Tata, "*Teknik Pengecoran Logam*", PT Pradnya Paramita, Jakarta, 1991.
5. Wlodawer, Robert, "*Gelenkte Erstarrung von Gußeisen*", Gisserei Verlag, Düsseldorf, 1992