



**FINAL PROJECT - TM141585**

**DESIGN OF GATING SYSTEM ON PISTON OF  
MOBIL SINJAI WITH GRAVITY DIE CASTING  
METHOD**

Rizki Yustisiabellah  
NRP 2110 100 132

Academic Supervisor  
Indra Sidharta ST,M.Sc

Mechanical Engineering Department  
Fakulty of Industrial Technology  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2015

**PERANCANGAN *GATING SYSTEM* PADA PISTON  
MOBIL SINJAI DENGAN METODE *GRAVITY DIE*  
*CASTING***

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program Studi S1 Jurusan Teknik Mesin  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Oleh:  
RIZKI YUSTISIABELLAH  
NRP. 2110 100 132**

**Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:**

1. Indra Sidharta, ST, M.Sc ..... (Pembimbing)  
(NIP. 198006192006041004)
2. Dr. Bambang Sudarmanta ST, MT ..... (Penguji I)  
(NIP. 197301161997021001)
3. Ir. Hari Subiyanto, M.Sc ..... (Penguji II)  
(NIP. 196006231989021002)
4. Dr. Ir. Soeharto, DEA ..... (Penguji III)  
(NIP. 194809111981031001)



## **PERANCANGAN GATING SYSTEM PADA PISTON MOBIL SINJAI DENGAN METODE GRAVITY DIE CASTING**

Nama Mahasiswa : Rizki Yustisia  
NRP : 2110 100 132  
Jurusan : Teknik Mesin FTI-ITS  
Dosen Pembimbing : Indra Sidharta, ST. M.Sc.

### **ABSTRAK**

*Piston merupakan komponen dalam engine yang berfungsi untuk meneruskan energi fuel yang berekspansi menjadi energi gerak pada crankshaft melalui batang piston. Piston mobil Sinjai menggunakan material alumunium ADC 12 dan dibuat melalui proses gravity die casting. Namun produk cor yang didapat masih terdapat cacat sehingga perlu dilakukan perancangan ulang gating system. Pembuatan ulang cetakan untuk trial and error dari Cast Iron cukup memakan biaya. Simulasi pengecoran adalah salah satu cara yang digunakan untuk mengetahui kualitas coran tanpa melakukan pengecoran secara aktual. Simulasi akan menghilangkan tahap pengecoran trial and error sehingga menghemat biaya produksi.*

*Penelitian dilakukan dengan memodelkan produk cor piston secara 3D dan kemudian melakukan simulasi pengecoran dengan parameter pengecoran sesuai dengan kondisi aktual dengan bantuan software untuk validasi pengecoran. Alumunium dituang pada temperatur 700 °C pada cetakan yang memiliki temperatur mula-mula 250 °C dalam waktu 2 detik. Cacat shrinkage dapat muncul akibat adanya bagian yang terlalu lambat membeku (hot spot) selama pengecoran. Penambahan riser bertujuan untuk menyeimbangkan kecepatan pembekuan logam agar tidak terjadi shrinkage. Untuk mengetahui pengaruh riser, gating system 1 dan 3 tidak memiliki riser, sedangkan gating system 2 dan 4 memiliki riser dengan diameter 60 mm. Setelah simulasi dilakukan pada keempat gating system yang dibuat, optimasi proses pengecoran agar kualitas benda cor*

*meningkat adalah dengan memvariasikan riser. Gating system yang memiliki kualitas benda cor baik disimulasikan kembali dengan mengganti inti dari gray cast iron menjadi pasir silica dan mengganti geometri permukaan piston menjadi tidak memiliki profil, dari yang semula memiliki valve cutout. Simulasi Gating system yang menghasilkan shrinkage maupun porositas yang kecil digunakan sebagai cetakan.*

*Gating system tipe 2 yang memiliki riser 60 mm menurunkan persentase shrinkage menjadi 4,86% dari 8,69% saat saluran tidak memiliki riser. Dengan menggunakan riser 90 mm shrinkage turun menjadi 0,84%. Gating system tipe 4 dengan riser 70 mm mengalami shrinkage 0,54% yang lebih kecil dibandingkan saluran tanpa menggunakan riser dengan shrinkage 5%. Perancangan cetakan berdasarkan gating system tipe 2 dengan inti metal dan cetakan yang memiliki profil valve cutout pada permukaan piston. Dengan pertimbangan hasil simulasi menunjukkan adanya shrinkage 0,84% namun tidak menunjukkan adanya potensi porositas, piston memiliki permukaan yang dan mechanical properties yang baik karena inti dari metal dan tidak diperlukan machining untuk memperoleh profil permukaan piston.*

***Kata Kunci : Piston, Alumunium ADC 12, Shrinkage, Simulasi.***

## **Design of Gating System of Piston On Mobil Sinjai with Gravity Die Casting Method**

Name of Student : Rizki Yustisiabellah  
NRP : 2110 100 132  
Department : Mechanical Engineering  
Advisor Lecturer : Indra Sidharta ST,M.Sc

### **ABSTRACT**

*Piston is a component of an engine which function is to forward energy from fuel when expanded into kinetics energy on a crankshaft through piston rod. The Piston of Sinjai use alluminium ADC and made by gravity die casting process. Yet, cast products still own a huge defect so that the gating system need to be evaluated and redesigned. Remake of dies for die casting required a lot of money to spend. Casting simulation have the way to show the casting result and defect without done the experiment. Casting simulation would reduce the cost of trial and error so that will decrease corporates to invest int.o*

*The research start with modeling the casting product as 3D and then run the simulation software with casting parameters which is smilliar with the environment to validate the experiment done before. Alluminium poured at 700° C on dies which already pre-heated at 250 C in 2 sec pouring time. Riser added puposely for balancing solidification rate to prevent shrinkage from happening. To find out what a riser capable of the first and the third gating system was no placed any riser. Riser with diameter of 60 mm added on second and fourth gate system. After simulation of the four gate have been done. Optimazion of casting by variating diameter of the riser. Cast product which has good quality, its gating system will be simulated by replacing gray cast iron as core with silica sand and profilled piston surface to a flat piston.*

*The second gating system which has 60 mm riser lower the percentage of shrinkage to 4,86% from 8,69% which gating*

*doesn't have any riser. The fourth gating with 70 mm riser has successfully decreased percentage of shrinkage significantly from 5 % without rise became 0,55%. but, design of the dies based on second gate with rise of 90 mm in diameter. Although shrinkage was higher than the others result was, cast product on the fourth was smoother on the surface, easier to be made, and easier to retrieve.*

***Keywords : Aluminium ADC 12, Shrinkage, Simulation***

## KATA PENGANTAR

Segala Puji dan Syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan rahmat, karunia, petunjuk dan pertolongan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “**Perancangan Gating System Pada Piston Mobil Sinjai Dengan Metode Gravity Die Casting**”.

Tugas akhir ini disusun untuk melengkapi sebagian syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Pada kesempatan ini penulis bermaksud untuk mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Kedua orang tua penulis, **Pramukhtiko** dan **Sri Praptianingsih** untuk segala doa, restu, pengorbanan, dan dukungna finansial yang belum pernah dihitung. **Sapere** dan **Kania** selaku kedua adik yang selalu tidak pernah membuat saya bosan dirumah.
2. **Indra Sidharta ST,M.Sc** selaku dosen pembimbing tugas akhir ini. Terima kasih untuk semua waktu, kritik, saran, motivasi dan lelucon yang dibuat saat seminar maupun sidang. Itu membuat saya lebih rileks
3. Bapak **Dr. Eng. Suktikno, ST, MT** selaku dosen wali sekaligus kepala laboratorium Metalurgi yang telah memberikan perhatian, kritik dan saran selama 10 semester ini.
4. Bapak **Dr. Bambang Sudarmanta ST, MT**, Bapak **Ir. Hari Subiyanto**, Bapak **Dr. Ir. Soeharto,DEA** selaku dosen penguji tugas akhir. Terima kasih atas semua nasihat serta saran yang diberikan.
5. Untuk **Pak Mono** dari CV. ICCI yang senantiasa meluangkan waktunya untuk saya dan **Mas Agus** yang telah membantu saya selama mengerjakan material sekaligus selalu memperhatikan kebersihan laboratorium.

6. Untuk **Rara Firlina, Supri Arianto, Siti Duratun Nasiqiati R, Arfiansyah Galih, Fitri Setyowati** yang tak bosan bosannya mengingatkan saya untuk mengerjakan TA.
7. Untuk **Putri Ika Wahyu** yang selalu membantu, memberikan informasi, mengingatkan, memperbaiki, menolong dalam pembuatan Tugas akhir ini.
8. Untuk **Dias, Yaumal, Aji, Dimas Kunto, Danan, Akif** terima kasih angkas kekompakannya dalam dunia nyata maupun dunia maya.
9. Untuk semua **Warga Lab Metalurgi**, terutama sesama pejuang tugas akhir, **Endry, Andik, Sabil, Neva, Azhar, Yosef, Rifqoh, Esya, Bustan, Aji, Galang, Dono** terima kasih atas dukungan, semangat, serta suasana hangat yang diberikan.
10. Untuk **Eichiro Oda, Mashashi Kishimoto, Akira Toriyama** yang membuat saya bersemangat menunggu karya anda berikutnya. **Inori, Miku, Asuna, Ranka Lee, Sheryl Nome, Lelouch L** yang selalu dapat menemani.
11. Keluarga besar **M53** dan teman-teman di mesin dan ITS atas kebahagiaan dan pelajaran yang diberikan.
12. Untuk pihak-pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, terima kasih atas saran, doa, dan semangatnya.

Penulis sadar bahwa penulisan tugas akhir ini memiliki banyak kekurangan, untuk itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi perbaikan dan kesempurnaan tugas akhir ini. Semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi semua.

Surabaya, Juli 2015

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>ABSTRAK</b> .....	v
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xix

### **BAB I : PENDAHULUAN**

1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4

### **BAB II : TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI**

2.1 Tinjauan Pustaka .....	5
2.2 Dasar Teori .....	8
2.2.1 Piston .....	8
2.2.2 Alumunium.....	9
2.2.3 <i>Paduan Al-Si-Cu</i> .....	9
2.2.4 Die Casting .....	10
2.2.5 Desain Cetakan .....	11
2.2.6 Penentuan Tambahan Penyusutan.....	21
2.2.7 <i>Merancang Sistem Saluran</i> .....	22
2.2.8 <i>Merancang Rise</i> .....	25
2.2.9 <i>Proses Solidifikasi</i> .....	26
2.2.10 <i>Inti</i> .....	27
2.2.11 <i>Macam Cacat Coran</i> .....	27
2.2.11.1 Rongga Udara .....	28
2.2.11.2 Retakan .....	29

2.2.11.3 Shrinkage .....	30
--------------------------	----

### **BAB III : METODOLOGI PENELITIAN**

3.1 Diagram Alir Penelitian .....	33
3.2 Model Gating System Untuk Pengecoran Die Casting ..	35
3.3 Preprocessing .....	35
3.4 Pemodelan Piston dan Gating System .....	35

### **BAB IV : DATA DAN ANALISA**

4.1 Data Awal Benda Pengecoran Piston .....	37
4.2 Perencanaan Sistem Saluran .....	38
4.2.1. Oerhitungan Sistem Saluran .....	38
4.2.2 Perencanaan Riser .....	42
4.3 Tahap Pelaksanaan Simulasi Software Pengecoran .....	43
4.3.1 Model 3D .....	71
4.3.2 Geometry Input & Geometri Intepretation .....	44
4.3.3 Solid Object .....	45
4.3.4 Meshing .....	46
4.3.5 Boundary Condition .....	47
4.3.6 Metal Input .....	48
4.3.7 Metal Prameter .....	49
4.3.8 Heat Transfer Coefficient .....	50
4.3.9 Solver Parameter .....	51
4.3.10 Advanced Option .....	51
4.3.11 Post Processing .....	52
4.4 Variable pada Simulasi Salurang Piston .....	53
4.5 Simulasi <i>Gating System</i> .....	54
4.5.1 Simulasi <i>Gating System</i> Tipe 1 .....	54
4.5.2 Simulasi <i>Gating System</i> Tipe 2 .....	56
4.5.3 Simulasi <i>Gating System</i> Tipe 3 .....	59
4.5.4 Simulasi <i>Gating System</i> Tipe 4 .....	62
4.6 Perhitungan Shrinkage Dalam Simulasi .....	65
4.7 Analisa Gating System .....	68
4.8 Optimasi Gating System dengan Memvariasikan Riser ..	33

4.9 Optimasi Gating System dengan Memvariasikan Inti.....	38
4.10 Pengaruh Pola Cetakan Kepala Piston .....	40
4.11 Analisa Defect dan Porositas.....	43
4.11 Perencanaan Sistem Saluran.....	80

**BAB IV : PENUTUP**

5.1 Kesimpulan .....	83
5.2 Saran .....	83

**DAFTAR PUSTAKA**  
**BIOGRAFI PENULIS**

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Variasi pengecoran untuk eksperimen dan simulasi .....	6
Tabel 2.2 Physical Properties Of Die-Casting Aluminum Alloy .....	9
Tabel 2.3 Tambahan penyusutan yang disarankan.....	22
Tabel 2.4 Rekomendasi material untuk die casting .....	27
Tabel 3.1 Rancangan Simulasi Optimasi dengan memvariasikan riser .....	35
Tabel 3.2 Rancangan Optimasi dengan memvariasikan inti dan cetakan .....	36
Tabel 4.1 Parameter untuk tahap simulasi awal .....	53
Tabel 4.2 Perbandingan <i>Shrinkage</i> Empat <i>Gating System</i>	68
Tabel 4.3 Perbandingan <i>Shrinkage</i> Pada <i>Gating System</i> tipe 2 dengan <i>Riser</i> Berbagai Ukuran .....	70
Tabel 4.4 Perbandingan <i>Shrinkage</i> Pada <i>Gating System</i> tipe 4 dengan <i>Riser</i> Berbagai Ukuran .....	72
Tabel. 4.5 Porositas pada hasil simulasi <i>gating system</i> ...	79

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Piston dengan matrass datar.....	1
Gambar 1.2 Piston dengan matrass berpola.....	2
Gambar 2.1 Hasil eksperimen dan simulasi	6
Gambar 2.2 Simulasi untuk optimasi hasil coran dengan riser berbentuk silinder.....	7
Gambar 2.3 Produk setelah perancangan ulang.....	7
Gambar 2.4 Piston .....	8
Gambar 2.5 Dua tipe mesin die casting .....	11
Gambar 2.6 Bottom-gated permanen mold .....	13
Gambar 2.7 Salah satu contoh bagaimana pengecoran dengan metode die casting didesain ulang .....	15
Gambar 2. 8 Cawan tuang .....	17
Gambar 2.9 Bentuk sprue .....	18
Gambar 2.10 Bentuk saluran turun dasar.....	18
Gambar 2.11Perangkap kotoran.....	19
Gambar 2.12 Saluran Masuk.....	20
Gambar 2.13 Jenis Riser.....	21
Gambar 2.14 Area sprue.....	24
Gambar 2.15 Gate dan runner area.....	25
Gambar 2.16Wall base area.....	25
Gambar 2.17 Penambah untuk paduan alumunium .....	26
Gambar 2.18 Cacat rongga udara.....	28
Gambar 2.19 Cacat surface crack.....	29
Gambar 2.20 Cacat penyusutan.....	30
Gambar 2.21 Ilustrasi terjadinya cacat penyusutan .....	31
Gambar 3.1 Flowchart Penelitian.....	33
Gambar 4.1 Model Piston Sinjai.....	37
Gambar 4.2 Bottom Gating Sistem 1 saluran.....	39
Gambar 4.3 Penampang runner.....	40
Gambar 4.4 Rancangan sistem saluran baru.....	42

Gambar 4.5 Rancangan Sistem Saluran dengan Penambah Atas.....	43
Gambar 4.6 Model 3D yang digunakan untuk simulasi ...	44
Gambar 4.7 Geometry Interpretation.....	44
Gambar 4.8 Solid Object.....	45
Gambar 4.9 Pengaturan Meshing.....	46
Gambar 4.10 Boundary Condition.....	47
Gambar 4.12 Metal Input.....	48
Gambar 4.12 Metal Parameter.....	49
Gambar 4.13 Heat Transfer Coefficient.....	50
Gambar 4.14 Solver Parameter.....	51
Gambar 4.15 Advanced Option.....	52
Gambar 4.16 Post Processing.....	53
Gambar 4.17 Model 3D gating system tipe 1.....	54
Gambar 4.18 Shrinkage pada simulasi sistem yang ditunjukkan dengan void volume.....	55
Gambar 4.19 Temperatur pada kondisi logam.....	55
Gambar 4.20 Model 3D <i>Gating system</i> tipe 2.....	57
Gambar 4.21 Shrinkage pada simulasi.....	57
Gambar 4.22 Temperatur. pada kondisi.....	58
Gambar 4.23 Model 3D system gating system tipe 3 pada simulasi .....	59
Gambar 4.24 Shrinkage pada simulasi.....	60
Gambar 4.25 Temperatur logam pada kondisi.....	61
Gambar 4.26 Model 3Dgating system tipe 3.....	62
Gambar 4.27 Shrinkage pada simulasi.....	63
Gambar 4.28 Temperatur pada kondisi logam .....	64
Gambar 4.29 Cacat Shrinkage tampak atas dalam bentuk cube view .....	66
Gambar 4.30 Cacat shrinkage tampak samping dalam bentuk cube view .....	67

Gambar 4.31 Perbandingan persentase shrinkage dengan berbagai ukuran diameter pada dua jenis gating system....	73
Gambar 4.32 Hasil simulasi gating system tipe 2 dengan riser 90 mm (a)Inti cast iron (b) inti pasir silica .....	74
Gambar 4.33 Gambar Hasil simulasi gating system tipe 4 dengan riser 70 mm (a)Inti cast iron (b) inti pasir silica....	75
Gambar 4.34 Hasil simulasi gating system tipe 2 dengan riser 90 mm (a) piston memiliki valve cutout (b) piston dengan permukaan rata .....	76
Gambar 4.44 Gambar Hasil simulasi gating system tipe 4 dengan riser 70 mm (a) piston memiliki valve cutout (b) piston dengan permukaan rata.....	77
Gambar 4.45 Perencanaan Gating System untuk Piston Sinjai Dengan Gravity Die Casting.....	90

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Mobil Sinjai merupakan mobil nasional Indonesia yang dirancang untuk mendukung sektor pertanian dalam negeri. Mobil multifungsi yang dapat menjadi mobil penumpang, pengangkut barang, berjualan dan juga mesin produksi hasil pertanian. Keunikan lain dalam mobil ini adalah engine 650 cc yang digunakan sebagai penggerak dirancang untuk menempuh 22 sampai 26 km/liter biofuel.

Salah satu komponen dalam *engine* yang masih dikembangkan hingga saat ini yaitu piston. Piston berperan untuk meneruskan energi pembakaran *fuel* dengan udara ke *crankshaft* melalui *connecting rod*. Pembuatan piston telah dilakukan oleh CV. ICCI yang menggunakan metode *die gravity casting*. Dengan menggunakan cetakan dari material *cast iron* pada mulanya didapatkan piston dengan cacat *shrinkage* pada bagian pin. Dilakukan perencanaan ulang *gating system* dengan menambahkan *riser* untuk menghilangkan cacat tersebut. Didapatkan dua jenis piston dengan memvariasikan *matrass* pada die dari perencanaan ulang *gating system* setelah ditambakkannya *riser*.



Gambar 1.1 Piston dengan matras datar



Gambar 1.2 Piston dengan matras berpola

Piston pada gambar 1.1 yang dihasilkan dengan menggunakan matras datar belum memiliki *valve cutout* pada bagian *crown* direncanakan untuk diproses *machining* agar memiliki bentuk serupa dengan piston pada gambar 1.2. Namun proses *machining* akan menyebabkan timbulnya perbedaan *mechanical properties* pada permukaan piston. Menurut penelitian oleh Kurniawan, yang menganalisa *thermal-stress* pada bagian piston menyimpulkan bahwa bagian *crown piston* daerah mengalami *high thermal stress* sehingga apabila terdapat perbedaan *mechanical properties* pada permukaan akan menyebabkan konsentrasi tegangan yang dapat menyebabkan kerusakan pada material [7]. Maka dari itu pengembangan piston tanpa dilakukan *machining* pada *crown* lebih diutamakan.

Piston dengan *valve cutout* yang didapatkan tanpa melakukan *machining* (gambar 1.2) masih terdapat cacat porositas permukaan yang terdapat pada *piston skirt*. Bagian ini berfungsi sebagai tumpuan dan daerah yang mengalami *stress* terbesar. Cacat yang mengurangi *mechanical properties* harus dihindari dengan cara merancang *gating system* sesuai standar yang ada sehingga meminimalisir turbulensi dan terperangkapnya udara, sekaligus mengatur kecepatan solidifikasi agar tidak berlangsung terlalu cepat ataupun terlalu lambat. Perancangan

*gating system* dengan bantuan *software* sudah dibuktikan oleh Hussainy untuk dapat mengatasi *crack* pada produk cor [4]. Berdasarkan hal tersebut maka perlu dilakukan penelitian ini untuk mengurangi cacat produk pada piston sekaligus menghemat *biaya produksi* dalam industri pengecoran karena meminimalisir biaya *trial and error* dalam pembuatan *gating system*.

## 1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah bagaimana cara merancang *gating system* yang sesuai dengan geometri piston yang dikehendaki dan mengetahui parameter pengecoran yang dapat mengurangi terjadinya cacat pada benda cor.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk merancang *gating system* yang mampu mengatasi cacat pada piston mobil sinjai dengan material ADC 12 dengan bantuan simulasi.

## 1.4 Batasan Masalah

Beberapa batasan dan asumsi yang diajukan pada penelitian ini guna menyederhanakan permasalahan dan lebih memfokuskan arah penelitian adalah sebagai berikut :

1. Gaya gesek selama logam cair mengalir melalui saluran dan rongga cetakan dianggap konstan.
2. Logam cair pada saat penuangan dianggap sebagai *Newtonian Fluid*.
3. Data properti dari *die* untuk material aluminium ADC 12 yang digunakan pada simulasi mengacu pada *software* dan dianggap sudah sesuai standar.
4. Temperatur ruang dianggap konstan yaitu 25 °C, temperatur die mula-mula yaitu 250 °C dan temperatur tuang logam yaitu 700 °C.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat penelitian kali ini adalah sebagai berikut

- 1) Mengembangkan industri otomotif di Indonesia terutama pada proses pembuatan produk kepala silinder sehingga dapat menghasilkan benda coran yang berkualitas baik.
- 2) Membantu mengembangkan teori dan teknologi dibidang pengecoran secara simulasi dengan bantuan *software*.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka**

Pengecoran adalah salah satu metode pengolahan logam yang paling ekonomis untuk memproduksi komponen logam. Perancangan untuk *gating system* telah lama dipelajari untuk memperoleh produk yang bebas cacat dan sesuai dengan permintaan konsumen. Waktu yang digunakan merancang ataupun merancang ulang *gating system* dapat memakan waktu berminggu minggu ataupun beberapa bulan tergantung pada tingkat kerumitan maupun dimensi produk. Apabila produk terdapat cacat ataupun dinilai tidak memenuhi standar konsumen maka *gating sistem* akan didesain ulang dan akan dilakukan pengecoran ulang.

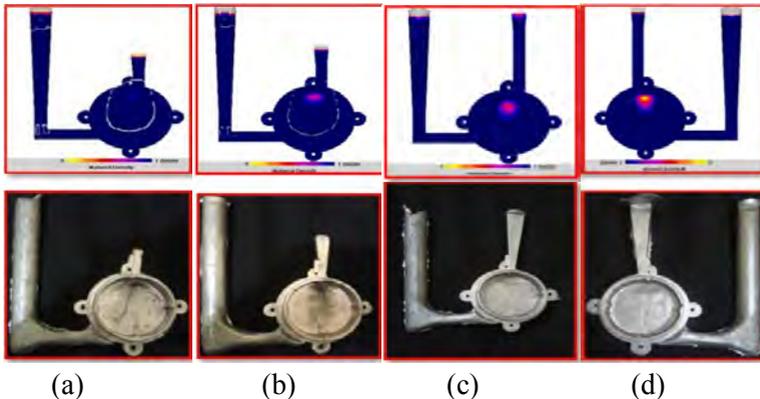
*Software casting simulation* adalah suatu program yang dikembangkan untuk memprediksi hasil yang akan keluar sebelum dilakukannya pengecoran. Cacat yang muncul pada hasil simulasi sebelum dicor akan dijadikan referensi untuk merancang ulang *gating system* sehingga produk jadi menjadi bebas cacat dan memotong biaya pengeluaran untuk mendesain ulang dan cor ulang.

Hussainy, S. Ferhathullah, dkk melakukan penelitian tentang *A Practical Approach to Eliminate Defect in Gravity Die Cast Al-alloy using Simulation Software* yang bertujuan untuk menghilangkan cacat pada produk dengan bantuan simulasi. Pada penelitian ini telah dilakukan eksperimen dan simulasi dengan empat jenis material dengan variasi *preheat* yang berbeda.

Tabel 2.1 Variasi pengecoran untuk eksperimen dan simulasi [4].

<i>Trail</i>	<i>Material (Al-alloy)</i>	<i>Preheat</i>	<i>Experiment Result</i>
1	LM6	200	<i>Defective</i>
2	LM6	250	<i>Defective</i>
3	LM25	200	<i>Defective</i>
4	LM25	250	<i>Defective</i>

Hasil dari eksperimen dan simulasi dari percobaan ditunjukkan pada gambar berikut ini.

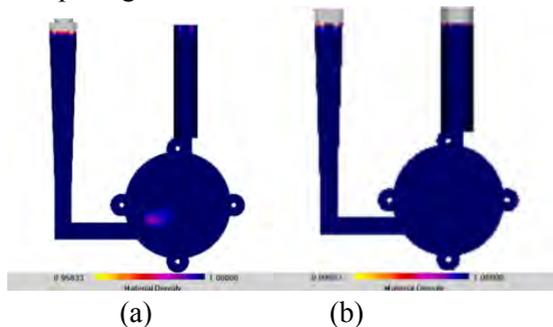


Gambar 2.1 Hasil eksperimen dan simulasi (a)Trail 1(b) trail 2 (c) trail 3 (d) trail 4 [4]

Setelah diamati produk pada percobaan 3 dan 4 dengan menggunakan LM 25 lebih baik dibandingkan dengan digunakannya LM6. Sehingga perancangan ulang dilakukan berdasarkan *gating system* milik LM25. Cacat yang masih muncul baik pada eksperimen dan simulasi menunjukkan hasil yang sama yaitu didaerah dekat dengan *riser*. Hal ini mengindikasikan pada daerah tersebut solidifikasi berlangsung terlalu cepat. Jadi

perancangan ulang riser adalah dengan mengganti bentuk persegi menjadi silinder untuk memperlambat laju solidifikasi logam. Perancangan ulang dengan memvariasikan diameter riser 12 mm, 15 mm, 20 mm, 25 mm, 30 mm, dan 35 mm.

Setelah dilakukan simulasi terlihat bahwa *gating system* dengan *riser* 35 mm dapat menghilangkan cacat seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 2.2 Simulasi untuk optimasi hasil coran dengan riser berbentuk silinder (a) *riser* 30 mm (b) *riser* 35 mm [4]

Berdasarkan hasil simulasi maka proses pembuatan *die* secara CNC dibuat. Hasil dari perancangan ulang dengan mengganti riser menjadi bentuk silinder dengan diameter 35 mm menghasilkan produk yang sama dengan simulasi seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.3 Produk setelah perancangan ulang [4]

## 2.2 Dasar Teori

### 2.2.1 Piston

Piston adalah komponen dari *engine* yang meneruskan energi dari bahan bakar yang berekspansi ke *crankshaft* melalui batang piston. Piston dibuat dengan pengecoran paduan aluminium. Untuk meningkatkan *strenght* dan *fatigue life*, beberapa piston untuk *racing* di-*forging*. Piston pertama kali dibuat dengan material *cast iron*, namun dengan material yang lebih ringan akan meningkatkan keseimbangan bagi *engine*.



Gambar 2.3 Piston

Tuntutan bagi para produsen *automotive* adalah untuk meringankan berat kendaraan yang mereka produksi sehingga *cast iron* yang selama ini digunakan kebanyakan mulai digantikan dengan logam ringan lain namun tetap memprioritaskan keamanan bagi pengguna. Material pengisi yang digunakan pada piston yaitu paduan aluminium dan dilakukan secara *die casting*.

Tabel 2.2 *Physical Properties Of Die-Casting Aluminum Alloy* [6]

<i>Properties</i>		<b>Satuan</b>	<b>ADC</b>					
			<b>1</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>14</b>
<i>Physical properties</i>	<i>Density</i>		2,55	2,71	2.70	2,63	2,57	2,75
	<i>Melting Point</i>	K	858	883	835	873	913	923
	<i>Specific Heat</i>	J/gk	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	
	<i>Solidification Temp.</i>	°C	570 -	540 -	520 -	560 -	540 -	510 -
			580	590	580	620	620	650

### 2.2.2 Alumunium

Menurut C.SIRO, National Research (2008), ADC 12 merupakan paduan aluminium tuang yang mengikuti tatanama JIS (*Japan Industrial Standart*). Paduan aluminium ADC 12 ini memiliki kesetaraan dengan paduan aluminium 384.0-F dan 383.0-F (ASM Handbook vol.15,1992). Menurut standar klasifikasi AA, aluminium jenis ini termasuk ke dalam paduan Al-Si-Cu [11].

### 2.2.3 Paduan Al-Si-Cu [3]

Paduan aluminium - tembaga adalah paduan aluminium yang mengandung tembaga 4,5 %, memiliki sifat-sifat mekanik dan mampu mesin yang baik sedangkan mampu cornya agak jelek. Paduan aluminium tembaga – silikon dibuat dengan menambah 4 – 5 % silikon pada paduan aluminium tembaga untuk memperbaiki sifat mampu cornya. Paduan ini dipakai untuk bagian-bagian motor mobil, dan rangka utama dari katup [1]. Biasanya didalam paduan ini tidak hanya terdapat unsur Si dan

Cu sebagai unsur paduan utamanya tetapi tidak jarang ditemukan unsur-unsur paduan lainnya dalam jumlah kecil.

#### 2.2.4 *Die Casting* [11]

*Die casting* adalah metode pengecoran logam dengan menggunakan dua komponen atau lebih yang digunakan untuk memproduksi coran yang sama berulang-ulang. Logam cair memasuki cetakan karena gravitasi. Inti yang digunakan pada pengecoran ini didesain agar mudah dikeluarkan dan biasanya terbuat dari metal, apabila bentuk inti cukup rumit maka dapat menggunakan dari pasir atau plaster. Ketika pasir atau plaster digunakan, proses disebut *semipermanen mold casting*.

*Die casting* merupakan metode yang cocok untuk produksi dalam jumlah walaupun benda coran cukup rumit. Dibandingkan *sand casting*, *die casting* mampu memproduksi hasil coran yang seragam, toleransi dimensi yang lebih kecil, permukaan yang halus, dan meningkatkan *mechanical properties*. Batasan pada metode *die casting* adalah

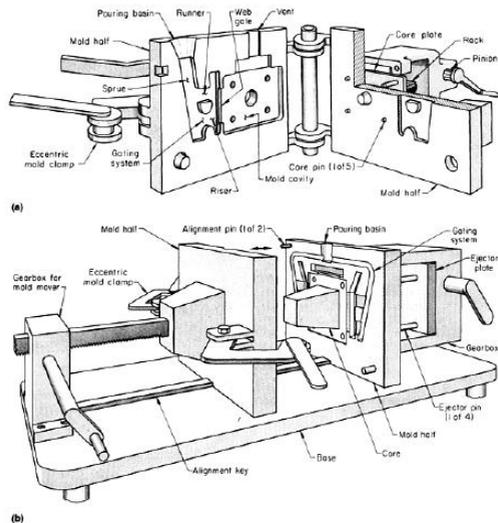
- Tidak semua paduan dapat menggunakan metode ini
- Dikarenakan mahal biaya perkakas, proses dikategorikan mahal apabila hanya digunakan untuk produksi rendah
- Beberapa bentuk tidak dapat dibuat dengan *die casting*, karena lokasi parting line, undercuts, maupun kesulitan dalam melepas hasil coran dari cetakan
- Coating pada cetakan dibutuhkan untuk melindungi logam cair

Metal yang dapat dicetak dengan *die casting* seperti paduan aluminium, magnesium, seng, tembaga dan hypereutectic gray iron. Dalam produksi yang besar, *die casting* yang mampu memproduksi aluminium dengan berat hingga 70 kg telah dibuat.

Namun, benda coran yang lebih besar mampu dibuat. Contohnya *engine block* dengan material paduan aluminium dengan berat 354 kg telah diproduksi dengan menggunakan empat bagian *permanen mold* dengan *vertikal parting line*.

*Gravity die casting* merupakan metode yang sering digunakan untuk memproduksi paduan aluminium dalam jumlah besar, paduan tembaga, dan cast iron, dan bentuk yang sederhana untuk paduan magnesium. Cetakan pada *gravity casting* memiliki *vertikal parting line* yang melewati rongga cetakan dan sistem saluran. Rongga dalam coran dapat diperoleh dengan menambahkan inti pada cetakan.

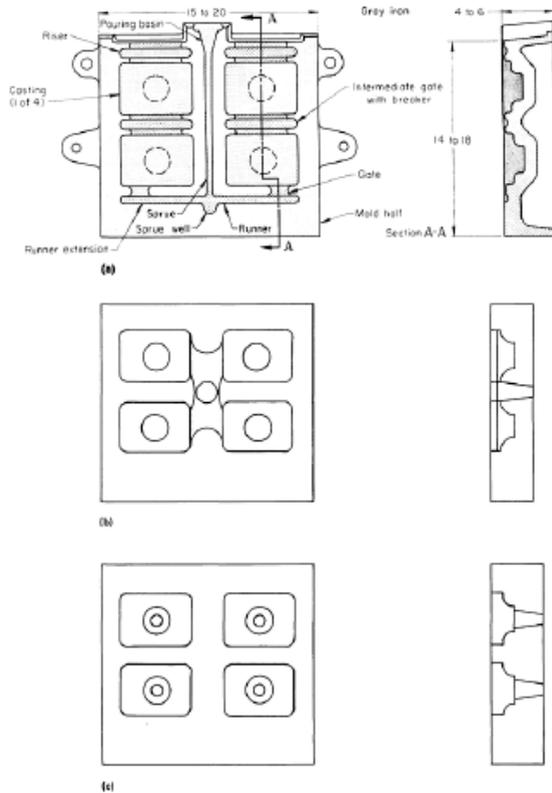
### 2.2.5 Desain Cetakan[11]



Gambar 2.4 Dua tipe mesin *die casting* (a) tipe buku untuk pengecoran dengan rongga dangkal (b) untuk pengecoran dengan rongga cetakan dalam. [11]

Desain sederhana cetakan tipe buku ditunjukkan pada gambar . Dimana kedua belah cetakan diberi engsel dengan pin dan disejajarkan. Rongga pada cetakan pada kedua belah cetakan menentukan bentuk dari hasil coran. Rongga cetakan harus diberikan ventilasi agar udara dapat keluar. Saat beroperasi kedua belah cetakan ditutup dan dikunci. Lalu logam cair dituangkan untuk memenuhi *gating system* dan rongga cetakan. Setelah solidifikasi berakhir, cetakan dibuka, meninggalkan coran dan inti. Inti lalu dibuang dan coran diambil secara manual.

Cetakan pada gambar didesain dengan *vertikal parting line* pada satu *plane*. Cetakan juga bisa didesain dengan horizontal parting maupun dengan parting pada tiga atau lebih *plane* dengan *bottom gating system*.



*Gambar 2.5* Bottom-gated permanent mold (a) with stacked cavities. (b) Multicavities mold with low pressure die casting system. (c) Alternate gating system for low-pressure gating system or vacuum casting.[11]

Cetakan pada gambar didesain dengan *vertikal parting line* dan *side gating*. Namun, dikarenakan kedalaman rongga dan dibutuhkan cora yang cukup panjang, cetakan dengan engsel

tidak dapat digunakan. Cetakan dibuka tutup dengan menggerakkan salah satu cetakan dengan gerak lurus satu sumbu.

*Undercuts* pada bagian luar casting memperumit pendesainan cetakan dan menambah biaya *casting* karena menambah komponen cetakan atau inti. *Undercut* pada bagian internal dapat dibuat lebih mudah dengan inti pasir daripada inti metal. Bagian tebal komponen yang dikelilingin area yang tipis harus dihindari. Bagian tipis dapat menyebabkan missrun maupun cold shut pada logam cair yang masih mengalir.

*Casting Ejection* merupakan sistem yang diterapkan pada cetakan, karena hanya cetakan sederhana yang dapat mengeluarkan benda coran tanpa bantuan *ejektor*. Kebanyakan coran dikeluarkan dengan ejektor pin yang dapat terpasang pada belahan cetakan. Hal yang perlu diperhatikan adalah coran tetap berada pada cetakan hingga siap untuk dikeluarkan.

#### *Gating system*

*Die casting* dapat menggunakan *top, bottom, side gating system*. Dengan single ataupun multiple gates dapat digunakan

#### *Top Gating*

Dalam sistem ini biasanya sprue berfungsi juga sebagai riser. Bagian tipis diletakkan paling jauh dari saluran sehingga solidifikasi searah dengan saluran. Setelah penuangan, saluran berfungsi sebagai *riser*. Metal pada *riser* membeku paling akhir, sehingga memastikan metal telah terdistribusi pada coran.

#### *Side Gating*

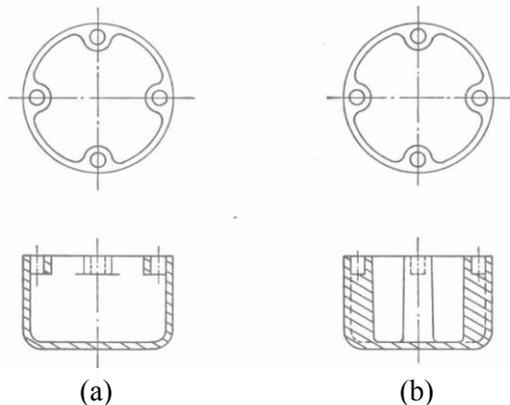
Sistem ini digunakan pada paduan aluminium. Pada *gating system* ini, *riser* terletak pada bagian atas coran. Saluran diperpanjang hingga 90% dari ketinggian coran untuk memastikan metal pada puncak coran dan pada riser lebih panas daripada metal yang telah masuk ke rongga cetak. Bagian tipis dari coran diletakkan pada daerah yang jauh dari saluran dan

*riser*. Sehingga pembekuan berlangsung dari rongga cetakan ke saluran dan *riser* sehingga penyusutan dan porositas diminimalkan.

*Gating system* untuk cetakan permanen kurang fleksibel dibandingkan dari cetakan pasir dan saluran selalu diletakkan pada *parting plane*. Saluran dirancang untuk mensuplai metal secepat mungkin untuk mengisi rongga dengan turbulensi minimal. *Gating system* yang menyebabkan turbulensi khususnya pada pengecoran paduan aluminium dan magnesium menimbulkan oksida yang berlebihan yang menyebabkan cacat pengecoran.

#### *Bottom Gating*

Jika *bottom gating system* perancangannya tidak tepat, logam terakhir yang masuk ke sistem saluran, akan berada pada bagian bawah coran. Ini akan mengganggu pembekuan pada logam cair yang berada dalam cetakan sehingga menghasilkan *shrinkage porosity*. *Bottom gating* pada *die casting* konvensional digunakan untuk mengecor bagian tipis.



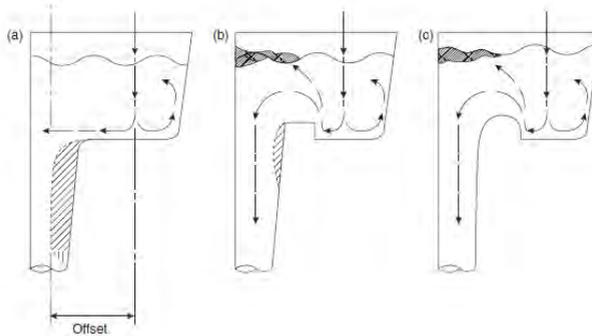
Gambar 2.6 Salah satu contoh bagaimana pengecoran dengan metode *die casting* didesain ulang (a) *Original Design* (b) *Casting Redesigned* [7]

Masing-masing bagian pada sistem saluran adalah untuk memungkinkan logam cair dapat mengisi rongga cetak secepat mungkin dengan meminimalkan terjadinya turbulensi serta menyediakan logam cair yang cukup selama proses solidifikasi dan mencegah cacat. Selain itu, sistem saluran harus didesain untuk menangkap kotoran dan terak selama proses penuangan.

Langkah pertama yang dilakukan dalam mendesain *die casting* adalah dengan memilih posisi *parting line*, yaitu garis pada bagian dimana kedua belahan cetakan bertemu. Datar dan lurus merupakan kontour yang sering dipilih karena cetakan lebih murah untuk diproduksi, *trimming dies* lebih murah, dan kedua tipe cetakan lebih mudah untuk dirawat [7]. *Gating system* yang dibuat dalam *die casting* adalah meletakkan saluran masuk dalam *parting line* hingga *parting line* memotong saluran secara simetri.

#### 1. Cawang Tuang (*Pouring Basin*) [1]

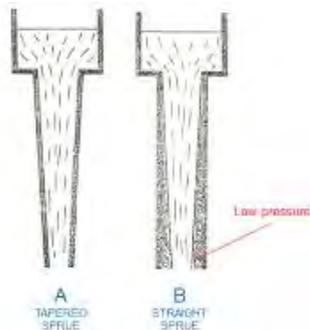
Merupakan bagian yang menerima cairan logam langsung dari ladle. Biasanya berbentuk corong atau cawan dengan saluran turun dibawahnya. Cawan tuang tidak boleh terlalu dangkal sebab hal itu bisa menyebabkan pusaran karena bentuk dari cawan tuang itu sendiri sehingga timbul terak atau kotoran yang terapung pada logam cair. Pada gambar 2.11 cawan tuang dengan bentuk *without step dan sharp step* mengakibatkan celah udara pada saat masuk menuju saluran turun, dengan adanya celah tersebut aliran logam cair membentuk olakan yang mengakibatkan rongga udara masuk kedalam rongga cetak dan terjadi cacat porositas pada hasil coran. Bentuk cawan tuang yang baik sebaiknya menggunakan *radius step* yang tidak menyebabkan adanya celah udara pada saluran yang menuju rongga cetak sehingga adanya cacat bisa dikurangi.



Gambar 2.7 Cawan tuang (a) *without step* (b) *sharp step* (c) *radius step* [1]

## 2. Saluran Turun (*Sprue*) [1]

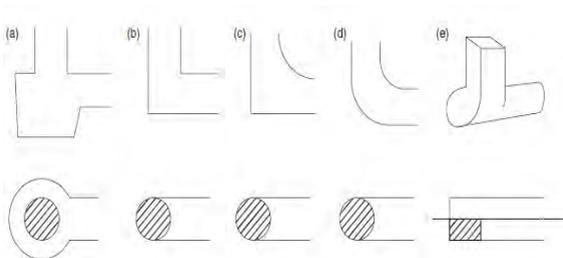
Adalah saluran pertama cairan logam dari cawan tuang kedalam pengalir dan saluran masuk. Saluran turun dibuat lurus dan tegak dengan irisan berupa lingkaran. Kadang irisan sama besar ukurannya dari atas kebawah atau terkadang berbentuk tirus kebawah. Dengan kita memilih bentuk *straight sprue* maka aliran logam cair akan membentuk olakan dan aliran jatuh bebas dimana di daerah yang bertekanan rendah kemungkinan akan menyebabkan menghisapan udara dan gas yang akan dijerat dalam aliran logam cair. Sehingga kemungkinan adanya cacat rongga udara.



Gambar 2.8 Bentuk sprue a) *Tapered sprue*, b) *Straight sprue*[1]

### 3. Saluran Turun Dasar (*sprue base*) [1]

Adalah bagian sprue bagian dasar dimana luasan bagian dasarnya diperluas, biasanya berbentuk silinder atau segi empat yang berfungsi untuk merangkap kotoran pada aliran logam cair dan mengurangi energy kinetic yang jatuh bebas yang mengakibatkan aliran turbulen. Biasanya pemilihan bentuk dari *sprue base* adalah silindris karena mudah dibuat dari pada bentuk yang lain.



Gambar 2.9 Bentuk saluran turun dasar [1]

### 4. Pengalir (*Runner*) [1]

Adalah saluran yang membawa logam cair dari saluran turun menuju rongga cetak. Pengalir biasanya mempunyai irisan

seperti trapesium atau setengah lingkaran sebab irisan yang demikian mudah dibuat pada permukaan pemisah (parting line). Untuk pengalir tidak dianjurkan berbentuk silindris, karena bentuk tersebut memicu terjadinya olakan sehingga mengakibatkan adanya gas yang terperangkap pada aliran logam cair yang mengakibatkan timbulnya cacat porositas pada hasil coran.



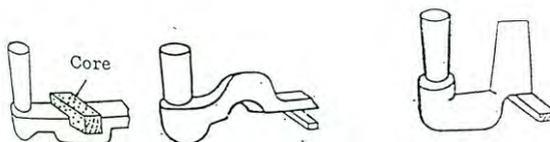
Luas =  $1 \text{ in}^2$   
 Surface Area / Volume = 5  
 (a)



Luas =  $1 \text{ in}^2$   
 Surface Area / Volume = 4  
 (b)

Gambar 2.10 Jenis bentuk Pengalir :  
 Wide shallow runner (a), dan Square runner (b)

Jenis perangkat dross/pengotor pada runner :



Gambar 2.11 Perangkat kotoran [1]

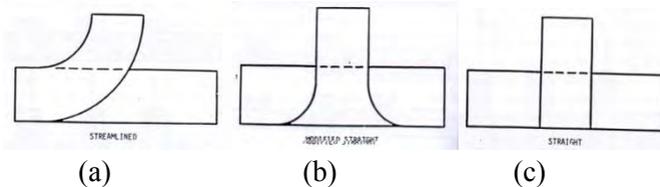
##### 5. Pengalir Tambahan (*runner extension*) [1]

Adalah bagian pengalir yang diperpanjang yang berfungsi untuk merangkap kotoran /dross dari logam cair akibat erosi

dinding cetakan karena aliran turbulen dan kotoran saat penuangan.

#### 6. Saluran Masuk (*Ingate*) [1]

Adalah saluran untuk mengisikan logam cair dari saluran pengalir kedalam rongga cetakan. Saluran ini dibuat dengan irisan yang lebih kecil daripada irisan pengalir agar dapat mencegah kotoran masuk kedalam rongga cetakan. Saluran ini dapat terdiri dari satu atau lebih saluran masuk dalam sistem saluran yang direncanakan. Untuk bentuk saluran masuk lebih baik pilih dengan bentuk *straight* karena mudah dibuat, tetapi peletakannya diatas pengalir (*runner*)



Gambar 2.12 Saluran Masuk

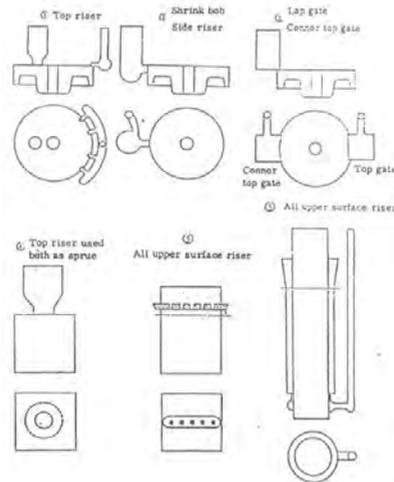
(a) *streamlined* (b) *modified straight* (c) *straight* [1]

#### 7. Saluran Penambah (*Riser*) [1]

*Riser* didisain dekat ke bagian yang tebal dan berfungsi sebagai umpan logam cair selama pembekuan. *Riser* mempunyai ukuran dan konstruksi agar dapat membeku paling akhir. Pertimbangan terhadap *riser* adalah sebagai berikut:

- Tempatkan *riser* dekat bagian yang tebal.
- Penggunaan *side riser* umumnya ditempatkan diatas *ingate*, digunakan untuk coran dengan dinding tipis.
- *Riser* diukur berdasarkan volume logam cair.
- *Riser* dibuat cukup besar agar dapat mengisi bagian yang menyusut dan terakhir membeku.

- *Riser* harus mengimbangi penyusutan dalam pembekuan dari coran, sehingga ia harus membeku lebih lambat dari coran.



Gambar 2.13 Jenis Riser [1]

Gating rasio yang direkomendasikan untuk aluminium casting menurut Flemings adalah 1:3:3, yang berarti rasio area runner dan *sprue* adalah tiga dan jumlah dari cross section area semua gate sama dengan runner. Untuk *gating system* pengecoran aluminium, rasio yang memungkinkan untuk digunakan yaitu 1:1,5:1,5 hingga 1:5:5. Semakin tinggi rasio, maka semakin mudah bagi paduan untuk membentuk oksida [2]

### 2.2.6 Penentuan Tambahan Penyusutan [1]

Tambahan ukuran bahan diberikan pada saat pembuatancetakan yang direncanakan sejak pembuatan model (*pattern*), walaupun tidak sangat akurat penambahan ukuran ini dapat dianalisis dari bentuk dimensi produk tersebut melalui bentuk model yang kita buat dapat ditentukan besarnya kelebihan ukuran yang harus dilebihkan, dimana penyusutan pada bahan

yang tipis akan berbeda dengan penyusutan bahan yang lebih tebal. Untuk itu table 2.5 berikut dapatlah dijadikan acuan dalam menentukan kelebihan ukuran (*Allowance*) terhadap kemungkinan terjadinya penyusutan.

Tabel 2.3 Tambahan penyusutan yang disarankan [1]

Tambahan Penyusutan	Bahan
8/1.000	Besi cor, baja cor tipis
9/1.000	Besi cor, baja cor tipis yang banyak menyusut
10/1.000	Sama dengan atas dan aluminium
12/1.000	Paduan aluminium, brons, baja cor (tebal 5-7 mm)
14/1.000	Kuningan kekuatan tinggi, baja cor
16/1.000	Baja cor (tebal dari 10 mm)
20/1.000	Coran baja yang besar
25/1.000	Coran baja besar dan tebal

### 2.2.7 Merancang Sistem Saluran [1]

Logam cair yang mengalir dalam sistem saluran dianggap sebagai aliran fluida sehingga dalam perancangan sistem saluran perlu memperhatikan sifat-sifat dari aliran fluida untuk mendapatkan sistem saluran yang tepat. Pada perancangan sistem saluran terbentuknya aliran turbulen sangat dihindari. Aliran turbulen pada sistem saluran dapat mengakibatkan terbentuknya daerah yang bertekanan lebih rendah sehingga akan menyebabkan terjebaknya udara atau gas dalam coran.

Di dalam melakukan perhitungan sistem saluran dibutuhkan beberapa data awal yang akan digunakan untuk menentukan dimensi sistem saluran. Secara matematis perhitungan sistem saluran antara lain:

- a. Menghitung volume pola (V). Gunakan gambar pola ataupun ukuran dari pola yang sudah disertai toleransi ukuran serta penambahan untuk penyusutan, penyelesaian mesin, dan kemiringan pola.

- b. Menghitung berat benda coran (w) dengan menggunakan rumus:

$$w = \rho \cdot V \dots \dots \dots (\text{Pers 2.1})$$

Dengan massa jenis aluminium,  $\rho = 2,41 \text{ gr/cm}^3$

- c. Menghitung waktu tuang (t) untuk coran dapat dihitung dengan menggunakan rumusan berikut:

$$t = f \cdot \sqrt{w} \text{ (pers. 2.1)} \dots \dots \dots (\text{Pers.2.2})$$

Dimana :  $f = \text{Konstanta}$

$t = \text{Waktu tuang (detik)}$

$w = \text{Berat benda coran (lb)}$

Nilai konstanta f bervariasi dari 0,9 sampai 2,6.

- d. Menentukan *Choke Area* ( $A_B$ ) dapat dihitung berdasarkan rumusan:

$$A_B = \frac{w}{d.t.c.\sqrt{2.g.h}} \dots \dots \dots (\text{pers. 2.3})$$

Dimana:

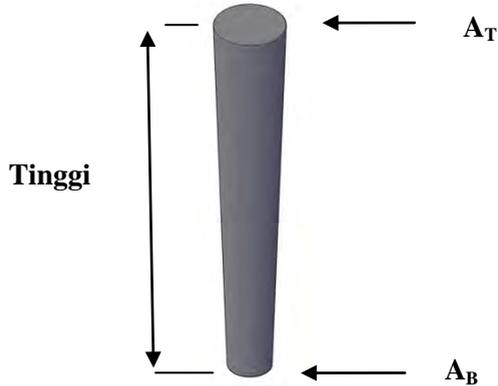
$A_B = \text{Luasan penyempitan } \textit{Choke Area} \text{ (mm}^2\text{)}$

$w = \text{Berat coran (gr)}$

$\rho = \text{Densitas logam cair (gr / cm}^3\text{)}$

$t = \text{Waktu penuangan (detik)}$

- $h$  = Ketinggian efektif saluran turun (cm)  
 $g$  = Percepatan gravitasi (981 cm/det<sup>2</sup>)  
 $c$  = Faktor efisiensi dari saluran turun (0,88)



Gambar 2.19 Area sprue

- e. Menentukan *Area of the Top of Sprue* ( $A_T$ ) dapat dihitung dengan rumusan:

$$A_T = A_B \sqrt{\frac{h_1}{b}} \text{ (pers. 2.3)}$$

Dimana :

- $A_B$  = *Choke Area* (mm<sup>2</sup>)  
 $h_1$  = Ketinggian saluran turun (mm)  
 $b$  = Kedalaman logam pada cawan tuang (mm)

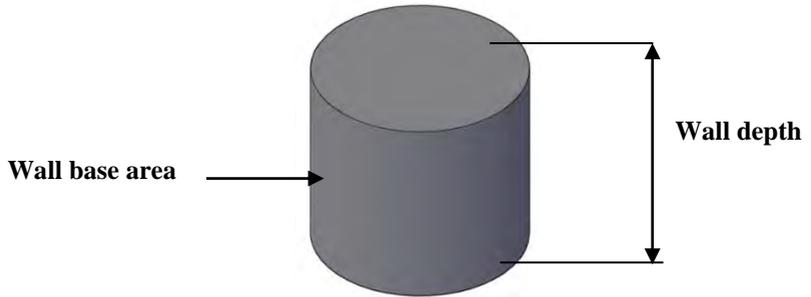
- f. Menghitung Saluran Turun Dasar (*Well Base*)

Perumusan *well base* sebagai berikut:

$$\text{Well base} = 5 \times A_B$$

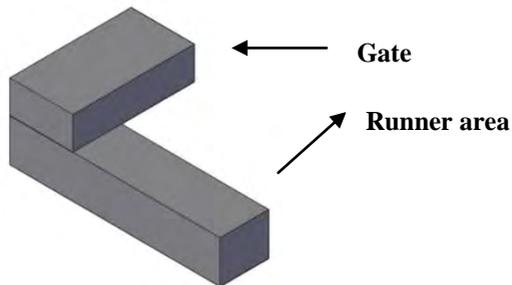
$$\text{Well depth} = 2 \times \text{kedalaman runner}$$

Di mana :  $A_B$  = *Choke Area* (mm<sup>2</sup>)



Gambar 2.14 Wall base area

f) Menentukan luasan pengalir (*runner area*) dan luasan saluran masuk (*gate area*) dengan menggunakan rekomendasi AFS untuk saluran horizontal maka untuk menentukan luasan pengalir menggunakan perbandingan antara *choke area* : *runner area* : *gate area* = 1 : 4 : 4. Maka *runner area* sama dengan empat kali *choke area* dan *gate area* sama dengan empat kali *choke area*

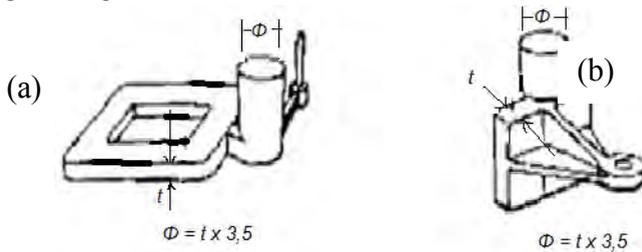


Gambar 2.15 Gate dan runner area

### 2.2.8 Merancang Riser [1]

Coran bukan besi umumnya mempunyai penyusutan besar pada waktu pembekuan. Oleh karena itu logam cair harus diisikan kedalam rongga-rongga diantara butir-butir kristal pada

waktu pembekuan. Daerah pengaruh efektif dari penambah untuk coran bukan besi lebih pendek dari pada untuk besi cor, ini menyebabkan prosentase terpakai yang rendah. Tetapi penggunaan efektif dari cil memperbaiki daerah efektif tersebut. Rekomendasi untuk pengecoran aluminium adalah diameter riser tiga setengah kali dari tebal benda cor.



Gambar 2.16 Penambah untuk paduan aluminium (a) penambah samping (b) penambah atas [1]

### 2.2.9 Proses Solififikasi [1]

Proses solidifikasi adalah proses transformasi logam cair ke wujud padatnya (solid), disaat itu pula tumbuh inti padatan (*nuclei*). Inti tersebut tumbuh biasanya dibawah temperatur meltingnya, setelah terbentuknya *nuclei* maka terjadi pertumbuhan solidifikasi, atom-atom yang menempel pada *nuclei* akan tersolidifikasi dan seterusnya. Solidifikasi dari atom-atom logam ini akan membentuk suatu struktur yang biasa disebut dengan dendrit. Dendrit akan tumbuh ke segala arah sehingga cabang-cabang akan saling bertemu dan bersentuhan. Pertemuan antar dendrit disebut batas butir. Setelah itu, batas butir antar tiap dendrit membeku seiring dengan penurunan suhu. Sehingga proses solidifikasi pada pengecoran berakhir.

### 2.2.10 Inti [11]

Inti yang digunakan dalam *die casting* dapat menggunakan gray iron, pasirm atau plaster. Inti metal yang digunakan bisa digerakan maupun statis. Inti statis harus tegak lurus terhadap parting line agar adapat dikeluarkan dari coran maupun cetakan, dan inti harus dibentuk sedemikian rupa agar pengisian dapat berlangsung.

Tabel 2.4 Rekomendasi material untuk *die casting* [11]

<i>Casting alloy</i>	<i>Material for indicated numbers of pors</i>		
	1000	10,000	100,000
<i>Zinc</i>	<i>Gray iron, 1020 steel</i>	<i>Gray iron, 1020 steel</i>	<i>Gray iron, 1020 steel</i>
<i>Alumunium, Magnesium</i>	<i>Gray iron, gray iron with 1020 steel inserts, sand, plaster</i>	<i>Gray iron, gray iron with H11 inserts), H11 die steel</i>	<i>Gray iron, gray iron with H11 inserts), H11 die steel</i>
<i>Copper</i>	<i>Sand</i>	<i>Sand</i>	<i>Quantity not poured</i>

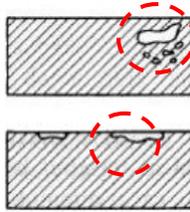
### 2.2.11 Macam Cacat Coran [1]

Pada proses pengecoran banyak sekali adanya cacat pada produk. Apabila produk tersebut akan di produksi dan banyak adanya cacat coran maka banyak pula kerugian yang didapatkan, sehingga cacat tersebut harus di kurangi semaksimal mungkin.

Banyak faktor-faktor yang mempengaruhi cacat pada coran, misal desain sistem saluran yang kurang masimal, waktu penuangan yang terlalu lama, dll. Cacat-cacat tersebut biasanya berupa cacat penyusutan, porositas, salah alur, retakan, slag, dros inklusi pasir dan masih banyak cacat-cacat yang lain. Dari semua cacat-cacat tersebut dapat diketahui dan dapat dilakukan pencegahannya.

### 2.2.11.1 Rongga Udara [1]

Rongga udara adalah cacat yang paling banyak terjadi dalam berbagai bentuk. Rongga udara dapat muncul sebagai lubang padapermukaan atau di dalam coran, terutama sedikit di bawah permukaan yang merupakan rongga-rongga bulat.



Gambar 2.17 Cacat rongga udara

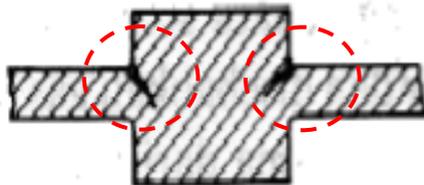
Sebab-sebab cacat rongga udara secara kasar digolongkan menjadi dua, yaitu disebabkan gas dari logam cair dan disebabkan gas dari cetakan. Sebab utama dari rongga udara adalah sebagai berikut :

- Logam cair yang dioksidasi.
- Tidak cukup keingnya saluran cerat dan label, logam cair membawa gas.
- Temperatur penuangan yang rendah.
- Penuangan yang terlalu lambat.
- Cawan tulang dan sistem saluran yang basah.
- Permeabilitas yang kurang sempurna.
- Lubang angin yang tidak memadai pada inti.
- Cetakan yang kurang kering.
- Terlalu banyak gas yang timbul dari cetakan.
- Tekanan di atas terlalu rendah.
- Rongga udara oleh penyangga, cil atau cil dalam.

### 2.2.11.2 Retakan

Retakan secara luas dibagi menjadi retak penyusutan dan retak karena tegangan sisa, sebabnya berbeda satu sama lain. Retak penyusutan sering terjadi pada bagian filet yang tajam dari suatu coran. Lebar retakan berbeda, tetapi bentuk retakan tidak tajam. Salah satu retakan yang disebabkan tegangan sisa adalah robekan panas yang terjadi pada temperatur tinggi, dan lainnya retakan pada temperatur rendah. Keduanya disebabkan karena pendinginan tak seimbang pada penyusutan. Robekan panas tidak tajam dan dalam beberapa hal tidak kontinu, tetapi robekan pada temperatur rendah, tidak lebar, runcing dan lurus.

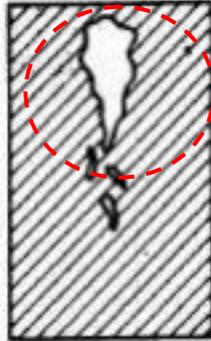
Kalau bagian yang sedang membeku menyusut, bagian beku menarik logam yang belum cukup membeku, sehingga terjadi retakan penyusutan. Selanjutnya retakan bisa menjadi besar karena penyusutan dalam keadaan padat. Retak penyusutan mudah terjadi pada bagian persilangan dinding tebal dan sudut-sudut tajam. Kalau bagian ini tersapu oleh logam cair untuk waktu yang lama, maka retak penyusutan mudah diteruskan.



Gambar 2.18 Cacat surface crack

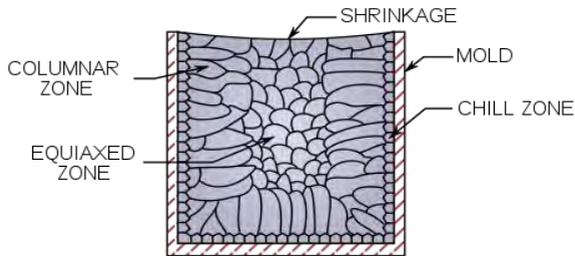
### 2.2.11.3 Penyusutan (*shrinkage*)

Pada setiap pembuatan cetakan (*mould*) harus selalu memperhitungkan terjadinya penyusutan (*shrinking*) setelah terjadi pendinginan dan keluar dari rongga cetakan. Hal itu terjadi karena adanya perubahan fase dari material cair menjadi padat sehingga akan terjadi perubahan volume. Jadi jika dibandingkan dengan ukuran pada rongga cetak, ukuran produk akan berbeda, yaitu ukurannya menjadi lebih kecil dibandingkan rongga cetaknya.



Gambar 2.19 Cacat penyusutan

Proses pembekuan logam cair dimulai dari bagian logam cair yang bersentuhan dengan dinding cetakan karena 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. Akibat adanya perbedaan kecepatan pembekuan, terbentuklah arah pembekuan yang disebut dendritik.



Gambar 2.20 Ilustrasi terjadinya cacat penyusutan (*shrinkage*)

Bentuk benda coran mempengaruhi terjadinya cacat *shrinkage*. Untuk itu, dihindari benda coran yang memiliki perubahan tebal yang sangat besar serta bidang lengkung yang yang memerlukan pekerjaan tangan diubah menjadi datar. Adanya perubahan tebal yang terlalu besar dan bentuk benda coran yang rumit memperbesar kemungkinan terjadinya cacat penyusutan (*shrinkage*).

Cacat penyusutan(*shrinkage*) merupakan cacat pada coran berupa rongga dengan bentuk tidak beraturan dan permukaannya kasar yang terjadi karena penyusutan volume logam cair pada saat proses pembekuan dan tidak mendapatkan pasokan logam cair dari *riser*. Pada saat logam membeku, tiap bagian coran yang berbeda bentuknya memiliki kecepatan pembekuan yang berlainan sehingga cacat tersebut mudah terjadi pada bagian yang paling lambat membeku. Sebab-sebab adanya rongga penyusutan antara lain sebagai berikut:

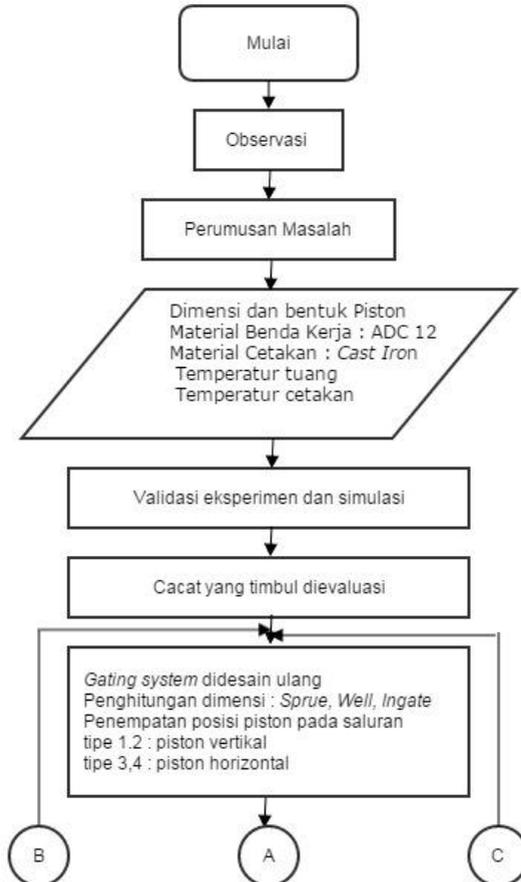
- Temperatur penuangan yang terlalu rendah menyebabkan *riser* membeku terlebih dahulu sehingga pengisian logam cair sebagai kompensasi .
- Logam cair yang dialirkan mengandung banyak karat dan kotoran

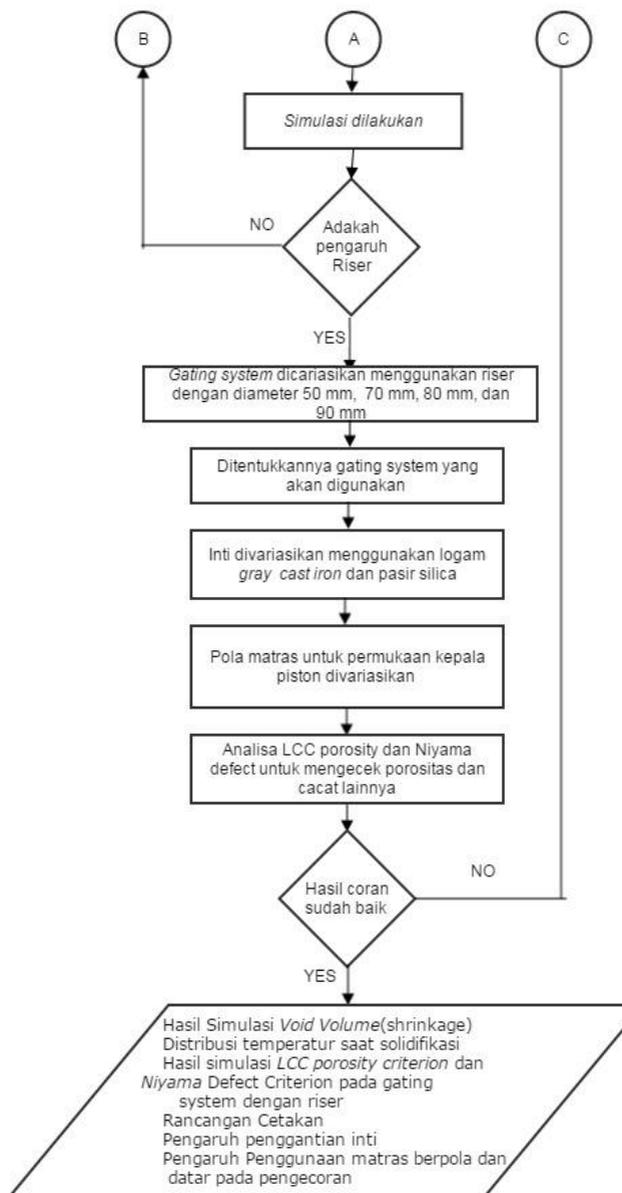
- Perencanaan dan pembuatan *riser* kurang sempurna .
- Logam cair yang dioksidasi menyebabkan perbandingan penyusutan yang besar .
- Ukuran leher *riser* yang tidak cukup.
- Penempatan *riser* yang tidak tepat .

### BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Flowchart Metode Penelitian

Berikut ini adalah diagram alir yang dipakai pada perancangan gating system piston mobil sinjai.





### 3.2 Model Gating System Untuk Pengecoran Dengan Die Casting

Penelitian karakteristik aliran serta perpindahan panas logam cair pada gating system dilakukan sebagai kajian awal dalam perencanaan dan pengembangan gating system untuk piston mobil gea. Dalam penelitian ini gating system yang digunakan berdasarkan standar AFS.

Alumunium Alloy ADC 12 yang telah meleleh dituangkan kedalam gating system melalui pouring basin, lalu aliran menuju sprue hingga sebelum runner dan gate mengarahkan aliran untuk masuk ke rongga cetakan. Kecepatan pada aliran bergantung pada waktu tuang dan dimensi gating system.

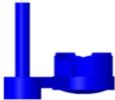
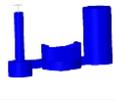
### 3.3 Preprocessing

Preprocessing dilakukan sebagai metode awal dalam penelitian untuk membangun dan menganalisa sebuah model komputasi (CFD). Tahapan Preprocessing terdiri dari beberapa sub-tahapan antara lain : pembuatan geometri, penentuan domain, pembuatan meshing dan penentuan parameter-parameter yang digunakan.

### 3.4 Pemodelan Piston dan Gating System

Geometri yang dibentuk dalam penelitian ini adalah geometri dari piston dan gating system.

Tabel 3.1 Rancangan Simulasi Optimasi dengan memvariasikan riser

Gating System	Visual	Riser (m)	Temperatur Tuang	Temperatur Cetak	Waktu Penuangan	Core
1		-	700 °C	250 °C	2 detik	Gray Cast Iron
2		50 60 70 80 90	700 °C	250 °C	2 detik	Gray Cast Iron
3		-	700 °C	250 °C	2 detik	Gray Cast Iron

4		50	700 °C	350 °C	2 detik	Gray Cast Iron
		60				
		70				
		80				
		90				

Tabel 3.2 Rancangan Optimasi dengan memvariasikan inti dan cetakan

Gating System	Visual	Riser (mm)	Shrinkage (%)		Shrinkage (%)	
			Metal	Pasir	Berprofil	Datar
2						
4						

## BAB 4 ANALISA DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Data Awal Benda Pengecoran Piston

Data yang diambil adalah data-data yang berpotensi memberikan pengaruh pada permasalahan dan data – data yang lain untuk mendukung analisa permasalahan. Adapun data yang diambil meliputi dimensi benda cor, material benda cor, material cetakan , temperature penuangan, serta cacat yang terjadi pada benda cor tersebut. Data awal yang dibutuhkan meliputi :

#### 1. Model Benda Coran

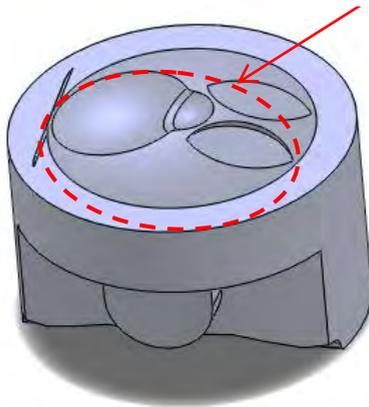
Benda coran yang akan segera dicor adalah *Piston*, dimensi berikut

Diameter = 41,53 mm

Tinggi = 50,31 mm

Volume = 125550 mm<sup>3</sup>

Profil permukaan piston



Gambar 4.1 Model Piston Sinjai

## 2. Material Benda Coran

Material benda coran yang digunakan adalah Aluminium ADC 12 atau standard JIS H 5302<sup>2000</sup>. Memiliki berat jenis ( $\rho$ ) 2,82gr/cm<sup>3</sup> atau 0,102 lb/in<sup>3</sup> dan temperatur *liquidus* 598 °C

Material Cetakan

Cetakan yang digunakan menggunakan *Gray Cast Iron*

## 4.2 Perencanaan Sistem Saluran

Salah satu langkah dalam proses pengecoran adalah membuat sistem saluran, dimana sistem saluran berpengaruh pada hasil coran. Adapun data yang dipakai untuk bahan pembuatan *cylinder head* ADC 12 adalah :

Material :

- Jenis material logam = ADC 12
- Berat Jenis ( $\rho$ ) = 2,69 gr/cm<sup>3</sup>  
= 0.102 lb/in<sup>3</sup>
- T melt (*ADC 12*) = 516-582° C
- *Tensile strenght* = 330 N/mm<sup>2</sup>
- *Yield strenght* = 165 N/mm<sup>2</sup>

Perhitungan berat (w) dan volume (v) cylinder head :

Volume model = 125.523 mm<sup>3</sup>

Massa = Berat Jenis ( $\rho$ ) x Volume  
= 2,69 gr/cm<sup>3</sup> x 125,523 cm<sup>3</sup>  
= 337,65 gr  
= 0,750 lb

### 4.2.1 Perhitungan Sistem Saluran

Untuk perhitungan sistem saluran menurut AFS dengan satu saluran masuk adalah sebagai berikut :

## 1. Waktu tuang

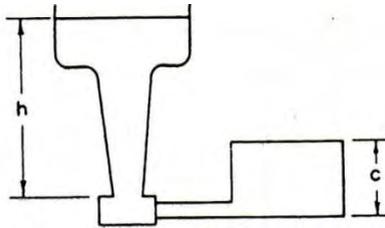
Material benda coran adalah aluminium (*non-ferrous*).

Dengan konstanta  $f = 2,6$  maka :

$$\begin{aligned} t &= f \times \sqrt{w} \\ &= 2,6 \times \sqrt{0,750} \\ &= 2,25 \text{ detik} \end{aligned}$$

2. Choke Area ( $A_B$ )

Dimana pada perhitungan *choke area* ini menggunakan *sistem effective sprue height bottom gating* :



Gambar 4.2 *Bottom Gating* Sistem 1 saluran

Diketahui :  $d = \rho = 2,69 \text{ gr/cm}^3$   
 $c = 52 \text{ mm} = 5,2 \text{ cm}$   
 $g = 981 \text{ cm/s}^2$   
 $h = 100 \text{ mm} = 10 \text{ cm}$  (panjang saluran

turun)

$$\begin{aligned} H &= h - \frac{c}{2} \\ &= 100\text{mm} - \frac{52\text{mm}}{2} \\ &= 74\text{mm} = 7,4\text{cm} \end{aligned}$$

Dimana :

$A_B$  = Luasan penyempitan ( $\text{mm}^2$ )

- $w$  = Berat coran (gr)  
 $\rho$  = Densitas logam cair (gr / cm<sup>3</sup>)  
 $t$  = Waktu penuangan (detik)  
 $H$  = Ketinggian efektif saluran turun (cm)  
 $g$  = Percepatan gravitasi (981 cm/s<sup>2</sup>)  
 $c$  = Faktor efisiensi dari saluran turun menggunakan *round straight sprue* (0,47)

$$A_B = \frac{w}{d \cdot t \cdot c \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}} = \frac{337,65 \text{ gr}}{2,69 \text{ gr/cm}^3 \times 15 \text{ det} \times 0,47 \sqrt{2 \times 981 \text{ cm/det}^2 \times 7,4 \text{ cm}}}$$

$$A_B = 0,984136 \text{ cm}^2$$

Jadi diameter bawah saluran turun adalah :

$$A_B = 0,984136 \text{ cm}^2$$

$$\frac{1}{4} \pi d^2 = 0,984136 \text{ cm}^2$$

$$d = \sqrt{\frac{0,984136 \text{ cm}^2 \times 4}{\pi}}$$

$$= 0,975119 \text{ cm} = 9,75 \text{ mm}$$

*Area of the Top of Sprue* ( $A_T$ )

Digunakan *round straight sprue* sehingga luas *sprue* atas sama dengan luasan *sprue* bagian bawah.

*Runner Area* ( $A_R$ )

*Runner Area* dapat ditentukan dari *Gating Ratio*. Sesuai dengan rekomendasi AFS sistem saluran horizontal yaitu 1 : 4 : 4

$$\text{Runner Area} = 4 \times A_B$$

$$= 4 \times 0,984136 \text{ cm}^2$$

$$= 3,936545 \text{ cm}^2$$

$$\text{Tinggi} = 1,5 \text{ cm}$$

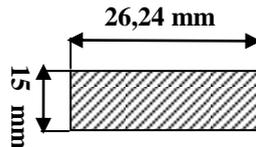
$$\text{Lebar} = 3,936545 \text{ cm}^2 / 1,5 \text{ cm}$$

$$= 2,624 \text{ cm}$$

Dimensi panjang *runner* disesuaikan dengan bentuk benda kerja serta ditambah *runner extension*. Karena material benda cor yang digunakan adalah aluminium yang tergolong *non-ferrous*, maka *runner* yang digunakan adalah lebar namun dangkal.

$$\text{Kedalaman Runner} = 15 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar Runner} = 26,24 \text{ mm}$$



Gambar 4.3 Penampang *runner*

Panjang *runner* yang digunakan adalah 74 mm disesuaikan dengan bentuk benda kerja.

$$\text{Luas } A_B = 0,984136 \text{ cm}^2$$

$$\text{Well Area} = 5 \times A_B$$

$$= 5 \times 0,984136 \text{ cm}^2$$

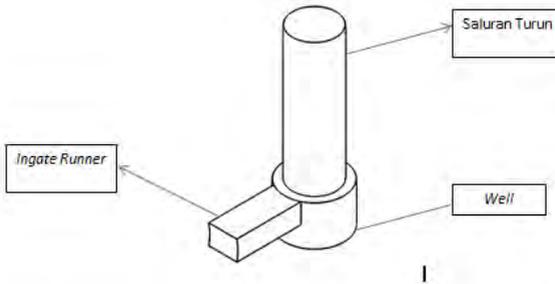
$$= 4,920681 \text{ cm}^2$$

*Diameter Well Base*

$$\text{Well Area} = 4,920681 \text{ cm}^2$$

$$\frac{1}{4} \pi d^2 = 4,920681 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 D &= \sqrt{\frac{4,920681 \text{ cm}^2 \times 4}{\pi}} \\
 &= 2,503674 \text{ cm} \\
 \text{Well base depth} &= 2 \times \text{Runner depth} \\
 &= 2 \times 15 \text{ mm} \\
 &= 30 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

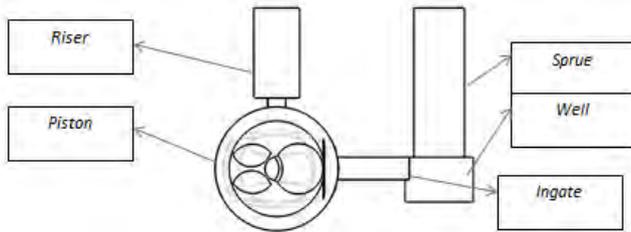


Gambar 4.4 Rancangan sistem saluran baru

#### 4.2.2 Perencanaan Riser

Perencanaan saluran penambah (riser) pada metode *die gravity casting* adalah memposisikan riser pada *parting line*, sehingga yang digunakan pada pengecoran kali ini riser penambah atas. Untuk riser biasa penambah atas dilakukan perhitungan dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Ø riser} &= 3,5 \times t \text{ (dengan } t \text{ adalah tebal benda coran dari} \\
 &\text{samping yaitu } 17,5 \text{ mm)} \\
 &= 3,5 \times 17,5 \text{ mm} \\
 &= 61,355 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



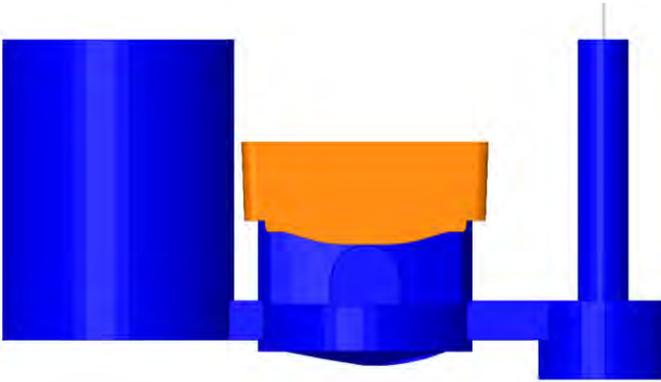
Gambar 4.5 Rancangan Sistem Saluran dengan Penambah Atas

### 4.3 Tahap Pelaksanaan Simulasi Software Pengecoran

Pada subbab ini akan ditunjukkan tahap-tahap simulasi piston yang mencakup dimensi *gating system* dengan software. Simulasi dengan *software* bertujuan untuk mengetahui cacat yang terjadi pada system saluran sebelum dilakukannya pengecoran aktual sehingga dapat menghemat biaya *trial and error*. Simulasi menggunakan metode *Rapid Solidification Shrinkage (RSS) Model*. Simulasi pertama dilakukan pada benda cor dengan parameter yang konstan tanpa merubah dimensi *riser*. Simulasi selanjutnya merubah dimensi riser pada produk cor hingga didapatkan diameter riser yang sesuai untuk meminimalisir terjadinya cacat. Dari hasil simulasi akan didapatkan proses solidifikasi, letak cacat dan temperature pada saat solidifikasi.

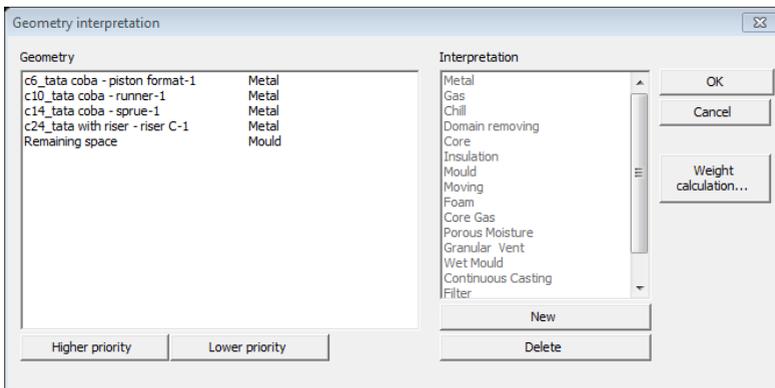
#### 4.3.1 Model 3D

Model 3D dibuat dengan menggunakan *software CAD*, kemudian disimpan dengan format STL. Pola dan inti yang ada memiliki beberapa bagian dibuat dengan draft 3° untuk memudahkan proses pengeluaran.



Gambar 4.6 Model 3D yang digunakan untuk simulasi

#### 4.3.2 *Geometry Input and Geometry Interpretation*



Gambar 4.7 *Geometry Interpretation.*

*Geometry input* yakni penggunaan simulasi pada model 3D dengan format STL yang telah dibuat, dan *geometri interpretation* merupakan pengaturan properti atau jenis material pada model 3D yang telah dibuat, pengaturan yang digunakan

yakni model 3D sebagai logam (*metal*) dan ruang sisa (*remaining space*) sebagai cetakan (*mould*).

### 4.3.3 *Solid Object*



Gambar 4.8 Solid Object

*Solid Object* merupakan pengaturan material dan temperatur mula pada benda padat seperti cetakan dan inti, jika jenis material yang diinginkan tidak ada pada pilihan maka dapat menggunakan menu *custom* untuk membuat *database* material baru. Simulasi yang dilakukan menggunakan material *metal die*, *gray iron* sebagai material benda padat (pada *mould*) dan 250°C sebagai temperatur mula-mula.

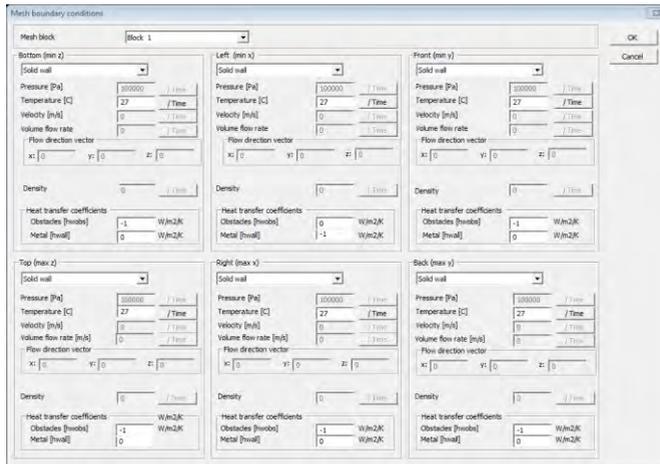
#### 4.3.4 Meshing



Gambar 4.9 Pengaturan *Meshing*.

*Meshing* dilakukan agar kondisi batas dan parameter yang diperlukan dapat diaplikasikan dalam volume-volume kecil, dan dilakukan dengan cara membagi model solid menjadi volume kecil sesuai dengan jumlah *cell* yang diinginkan. Pengaturan jumlah *cell* pada *meshing* yang digunakan sesuai dengan aturan mula yakni pada sumbu x, y, dan z masing-masing 90. Semakin besar jumlah *cell* maka hasil analisa yang didapat semakin akurat.

### 4.3.5 Boundary Condition



Gambar 4.10 *Boundary Condition*.

*Boundary Condition* merupakan penentuan parameter dan batasan yang terjadi dinding cetakan (*solid wall*). Data yang diperlukan pada *boundary Condition* tergantung pada tipe kondisi batas (*solid wall*, *symmetry plane*, *specific gas pressure*, dan lain-lain) sedangkan macam-macam parameter yang dimasukkan antara lain tekanan, temperatur, kecepatan, laju aliran volume, densitas dan koefisien perpindahan panas pada dinding cetakan masing-masing per waktu. Pengaturan yang digunakan yakni tipe kondisi batas *solid wall* pada masing-masing sumbu x, y, z minimal dan maksimal, untuk temperatur ruang menggunakan 27°C.

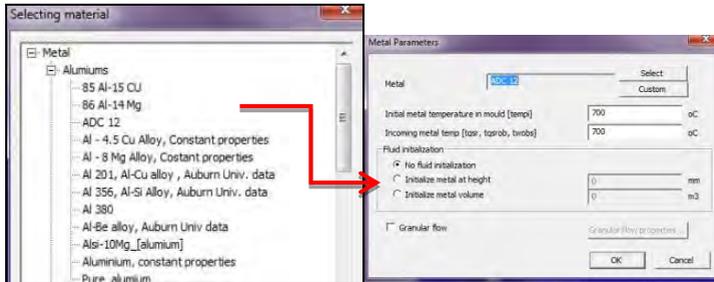
### 4.3.6 *Metal Input*



Gambar 4.11 *Metal Input*.

*Metal Input* merupakan pengaturan waktu penuangan, dimensi, letak dan arah dimana logam cair mulai masuk kedalam cetakan . Letak penuangan diatur dengan mengubah angka pada sumbu x, y, dan z pada *metal source* hingga didapatkan lokasi yang sesuai untuk penuangan yakni ujung *sprue* bagian atas. Diameter meter penuangan disamakan dengan diameter ujung *sprue* atas, dan mengatur arah aliran sesuai dengan arah gaya gravitasi dengan mengubah angka pada sumbu x, y, z *metal flow direction*. Angka x, y, dan z tergantung dengan bentuk model atau letak ujung *sprue*.

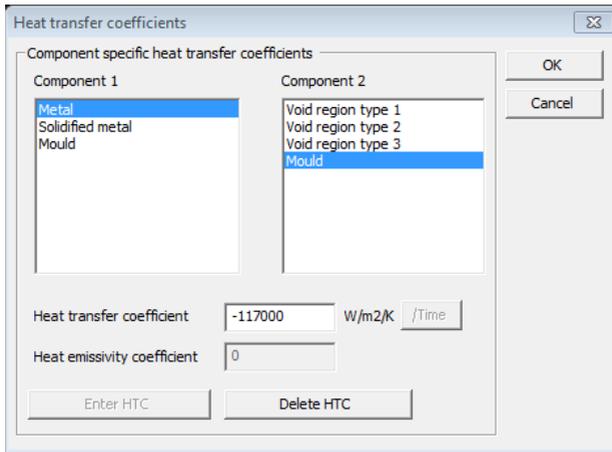
### 4.3.7 Metal Parameter



Gambar 4.12 *Metal Parameter*.

*Metal Parameter* yakni pengaturan jenis material logam, temperatur mula penuangan, temperatur mula dalam cetakan, dan properti logam cair yang akan dilakukan pada simulasi pengecoran. Pengaturan yang digunakan yakni memilih material Aluminium ADC 12 atau membuat database material baru jika material yang diinginkan tidak ada dipilihan, dengan cara memilih menu *custom*. Selanjutnya mengatur temperatur mula saat logam cair sudah masuk cetakan dan mengatur temperatur logam cair yang akan masuk cetakan, sesuai dengan referensi didapatkan masing-masing temperatur yakni 700°C. Untuk pengaturan properti logam cair sesuai asumsi tinggi penuangan (*initialize metal at height*) dianggap 0 mm dari ujung atas *sprue*, dan pada mulanya tidak ada logam didalam cetakan (*initialize metal volume*)

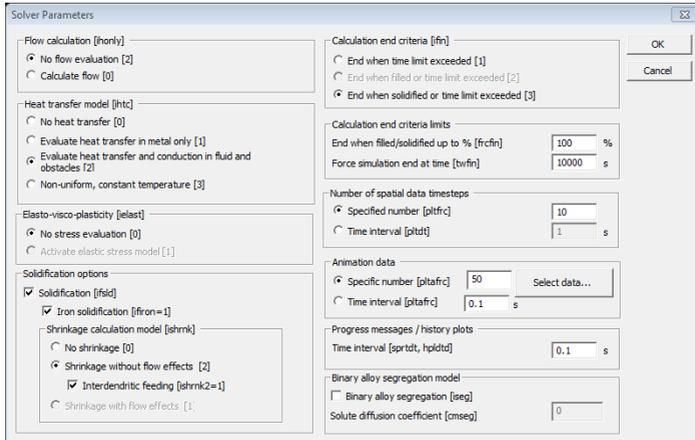
### 4.3.8 Heat Transfer Coefficient



Gambar 4.13 Heat Transfer Coefficient

*Heat Transfer Coefficient* yakni mengatur koefisien perpindahan panas yang terjadi antara logam dengan cetakan, pengaturan ini sama dengan yang ada pada *boundary condition*. Untuk pengaturan perpindahan panas antara logam aluminium dengan cetakan *gray cast iron* yakni sebesar  $1777 \text{ W/m}^2/\text{K}$  [4] dan  $92,5 \text{ W/m}^2/\text{K}$  untuk logam aluminium dengan inti pasir silica [10].

### 4.3.9 Solver Parameter



Gambar 4.14 *Solver Parameter*.

*Solver Parameter* digunakan untuk mencari data simulasi yang diinginkan pada *software*, pengaturan yang digunakan adalah solidifikasi besi yang menampilkan cacat penyusutan (*shrinkage*) pada benda cor tanpa memunculkan efek aliran. Sehingga pada hasil simulasi diharapkan cacat penyusutan dapat terlihat dan dianalisa.

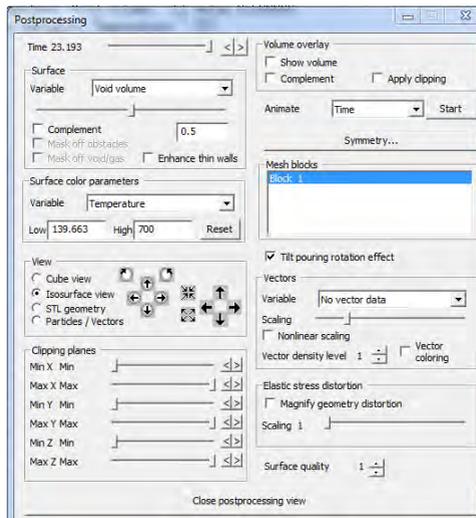
### 4.3.10 Advanced Option



Gambar 4.15 *Advanced Option*

*Advanced Option* digunakan untuk mengatur besar gaya gravitasi pada sumbu yang terdapat sprue, agar aliran logam cair yang dituang pada simulasi dapat berjalan seperti pada pengecoran sesungguhnya. Yakni aliran logam cair yang mengarah kebawah sehingga dapat mengisi rongga cetak.

### 4.3.12 *Post Processing*



Gambar 4.16 *Post Processing*

*Post Processing* digunakan untuk menampilkan hasil serta analisa yang telah dilakukan pada simulasi. Hasil yang diharapkan yakni berupa lokasi serta persentase cacat penyusutan yang terjadi.

#### 4.4 Variabel Tetap Simulasi Sistem Saluran Piston

Pada percobaan simulasi ini untuk mengetahui letak terjadinya cacat *shrinkage* dari ke tiga system saluran dan parameter yang digunakan pada simulasi ini baik dari dimensi sprue, gating, riser, temperature tuang, waktu tuang, suhu kamar dan material, maka variabel harus tetap pada waktu variabel dimasukkan selama proses simulasi. Tujuannya adalah dimana dari ke tiga system saluran tersebut mempunyai saluran yang baik dalam proses pengecoran dan sedikit terjadinya cacat.

Tabel 4.1 Parameter untuk tahap simulasi awal

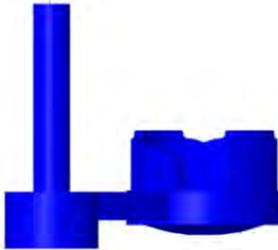
Gating System	Visual	Rise r (m m)	Temper atur Tuang	Tempe ra tur Cetaka n	Waktu Penua ngan
1		-	700 °C	250 °C	2 detik
2		50 60 70 80 90	700 °C	250 °C	2 detik

3		-	700 °C	250 °C	2 detik
4		50 60 70 80 90	700 °C	350 °C	2 detik

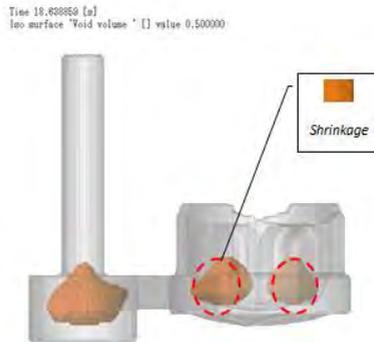
#### 4.5 Simulasi *Gating System*

##### 4.5.1 Simulasi *Gating System Tipe 1*

Simulasi dilakukan dengan model *gating system* dengan dari *sprue* dengan diameter 18,5 mm dan tinggi 100 mm, *runner* dengan tinggi 15 mm dan lebar 26,2 mm. Simulasi dilakukan dengan menuangkan material ADC 12 pada bagian atas *sprue* dengan waktu penuangan 2 detik. Model 3D dari pemasangan produk cor, sistem saluran, dan *riser* seperti pada gambar berikut :

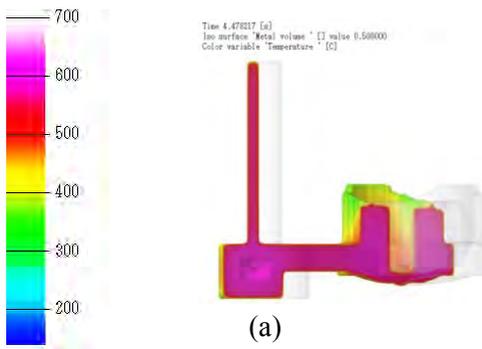


Gambar 4.17 Model 3D *gating system* tipe 1

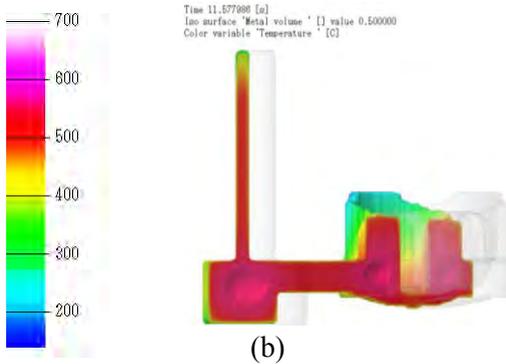


Gambar 4.18 *Shrinkage* pada simulasi sistem yang ditunjukkan dengan *void volume*

Seperti pada gambar 4.18 dengan mengaplikasikan *gating system* tipe 1, didapatkan cacat *shrinkage* pada daerah produk cor ( diindikasikan dengan warna *orange*), dengan presentase cacat total berdasarkan perhitungan dari hasil simulasi yakni sebesar 8,06 %. Apabila logam membeku, tiap bagian coran yang berbeda bentuknya mempunyai kecepatan pembekuan yang berlainan, sehingga cacat tersebut mudah terjadi pada bagian yang paling lambat membeku. Dari simulasi didapatkan data temperatur untuk menunjukkan lokasi *hot spot* yakni sebagai berikut :



(a)

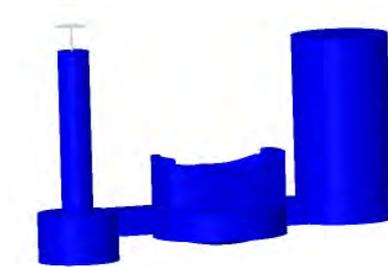


Gambar 4.19 Temperatur pada kondisi logam pada 4,47 detik(a), dan temperatur pada 11.5 detik (b)

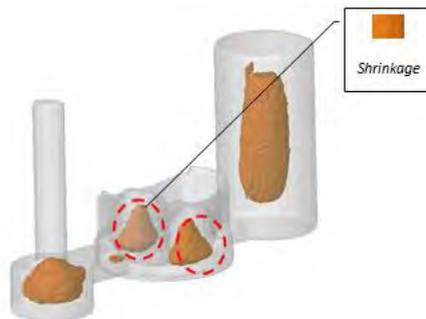
Dari gambar (a) dan (b) potongan produk cor dapat diketahui bahwa pada kondisi masih cair yakni pada waktu 0,7 detik setelah penuangan, bagian dalam dari produk cor mempunyai temperature temperatur 650 °C dan pada bagian luar 550 °C. Pada waktu 4,5 detik setelah penuangan bagian dalam yang ditunjukkan dengan warna ungu pada gambar (b) memiliki daerah *hot spot* yang pendinginanya lebih lambat daripada bagian dalam lainnya. Pembekuan logam alumunium pada simulasi ini berhenti pada waktu 18,6 detik dengan *shrinkage* sebesar 8,06 %.

#### 4.5.3 Simulasi Gating System Tipe 2

Simulasi dilakukan dengan model *gating system* dengan dari *sprue* dengan diameter 18,5 mm dan tinggi 100 mm, *runner* dengan tinggi 15 mm dan lebar 26,2 mm. Simulasi dilakukan dengan menuangkan material ADC 12 pada bagian atas *sprue* dengan waktu penuangan 2 detik. Model 3D dari pemasangan produk cor, sistem saluran, dan *riser* seperti pada gambar berikut :

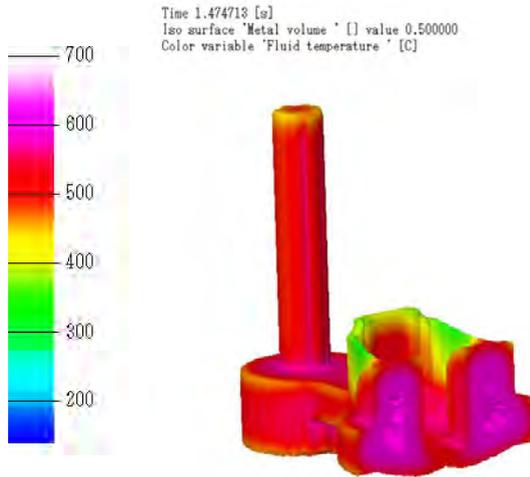


Gambar 4.20 Model 3D *gating system* tipe 2

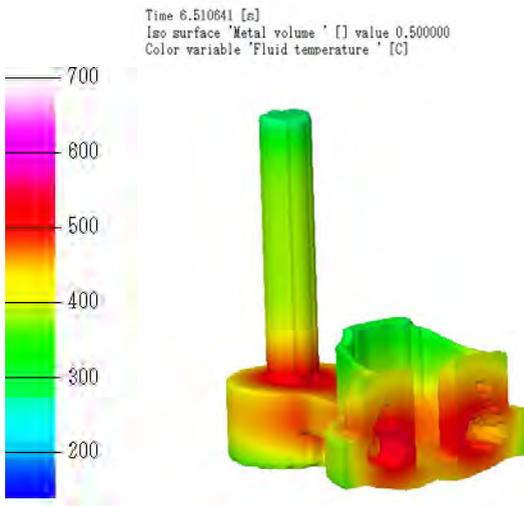


Gambar 4.21 *Shrinkage* pada simulasi sistem yang ditunjukkan dengan *void volume*

Seperti pada gambar 4.21 dengan mengaplikasikan *gating system* tipe 1, didapatkan cacat *shrinkage* pada daerah produk cor ( diindikasikan dengan warna *orange*), dengan presentase cacat total berdasarkan perhitungan dari hasil simulasi yakni sebesar 4,86 %. Apabila logam membeku, tiap bagian coran yang berbeda bentuknya mempunyai kecepatan pembekuan yang berlainan, sehingga cacat tersebut mudah terjadi pada bagian yang paling lambat membeku. Dari simulasi didapatkan data temperatur untuk menunjukkan lokasi *hot spot* yakni sebagai berikut :



(a)



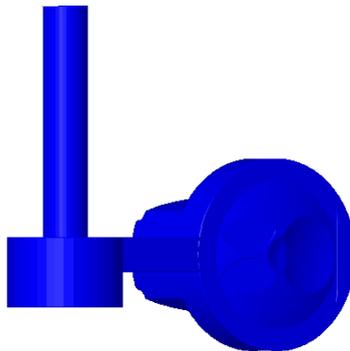
(b)

Gambar 4.22 Temperatur pada kondisi logam pada 1,47 detik(a), dan temperatur pada 6.51 detik (b)

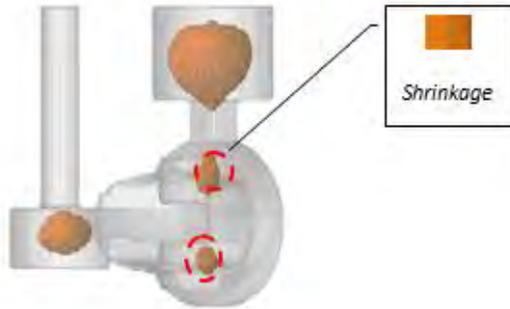
Dari gambar (a) dan (b) potongan produk cor dapat diketahui bahwa pada kondisi masih cair yakni pada waktu 1,47 detik setelah penuangan, bagian dalam dari produk cor mempunyai temperature temperatur 650 °C dan pada bagian luar 550 °C. Pada waktu 6,51 detik setelah penuangan bagian dalam yang ditunjukkan dengan warna ungu pada gambar (b) memiliki daerah *hot spot* yang pendinginanya lebih lambat daripada bagian dalam lainnya. Pembekuan logam alumunium pada simulasi ini berhenti pada waktu 21,6 detik dengan *shrinkage* sebesar 4,86 %.

#### 4.5.2 Simulasi *Gating System Tipe 3*

Simulasi dilakukan dengan model *gating system* dengan dari *sprue* dengan diameter 18,5 mm dan tinggi 100 mm, *runner* dengan tinggi 15 mm dan lebar 26,2 mm. Simulasi dilakukan dengan menuangkan material ADC 12 pada bagian atas *sprue* dengan waktu penuangan 2.25 detik. Model 3D dari pemasangan produk cor, sistem saluran, dan *riser* seperti pada gambar berikut :

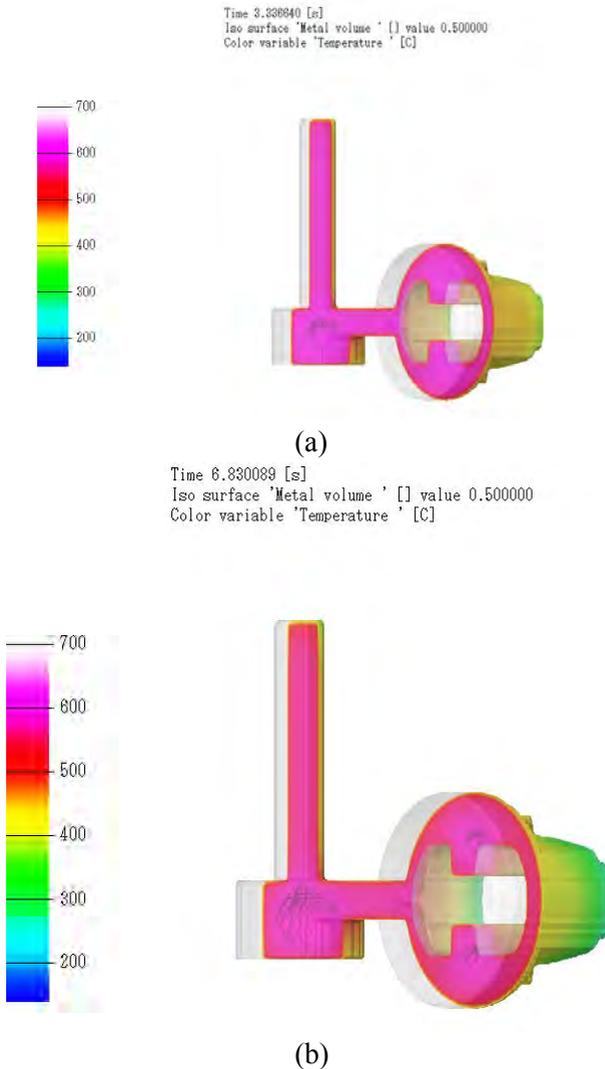


Gambar 4.23 Model 3D *gating system* tipe 2 pada simulasi



Gambar 4.24 *Shrinkage* pada simulasi sistem yang ditunjukkan dengan *void volume*

Seperti pada gambar 4.24 dengan mengaplikasikan sistem satu saluran, didapatkan cacat *shrinkage* pada daerah produk cor (diindikasikan dengan warna *orange*), dengan prosentase cacat total berdasarkan perhitungan dari hasil simulasi yakni sebesar 5 %. Apabila logam membeku, tiap bagian coran yang berbeda bentuknya mempunyai kecepatan pembekuan yang berlainan, sehingga cacat tersebut mudah terjadi pada bagian yang paling lambat membeku. Dari simulasi didapatkan data temperatur untuk menunjukkan lokasi *hot spot* yakni sebagai berikut :

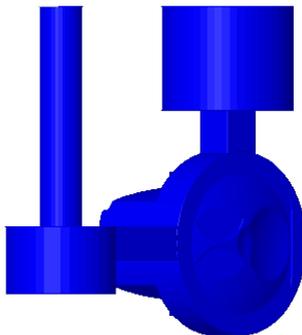


Gambar 4.25 Temperatur pada kondisi logam pada 3,3 detik (a), dan temperatur pada 6.8 detik (b)

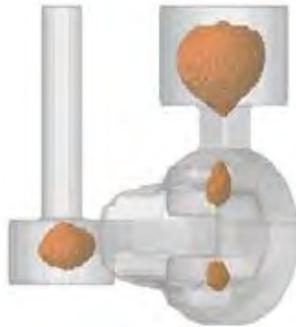
Dari gambar 4.25(a) dan (b) potongan produk cor dapat diketahui bahwa pada kondisi masih cair yakni pada waktu 3,3 detik setelah penuangan, bagian dalam dari produk cor mempunyai temperature temperatur 650 °C dan pada bagian luar 550 °C. Pada waktu 6,8 detik setelah penuangan bagian dalam yang ditunjukkan dengan warna ungu dengna temperatur 650 °C pada gambar (b) memiliki daerah *hot spot* yang pendinginanya lebih lambat daripada bagian dalam lainnya. Pembekuan logam alumunium pada simulasi ini berhenti pada waktu 17 detik dengan *shrinkage* sebesar 5 %.

#### 4.5.3 Simulasi *Gating System* Tipe 4

Simulasi dilakukan dengan model *gating system* dengan dari *sprue* dengan diameter 18,5 mm dan tinggi 100 mm, *runner* dengan tinggi 15 mm dan lebar 26,2 mm, dan riser berdiameter 60 mm. Simulasi dilakukan dengan menuangkan material ADC 12 pada bagian atas *sprue* dengan waktu penuangan 2 detik. Model 3D dari pemasangan produk cor, sistem saluran, dan *riser* seperti pada gambar berikut :



Gambar 4.26 Model 3D system *gating system* tipe 3 pada simulasi

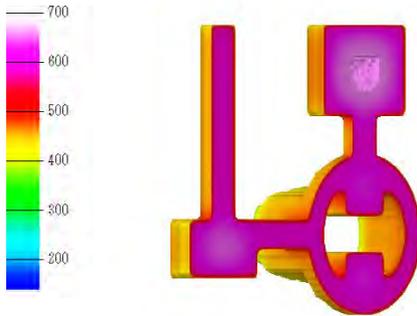


I

Gambar 4.27 *Shrinkage* pada simulasi sistem yang ditunjukkan dengan *void volume*

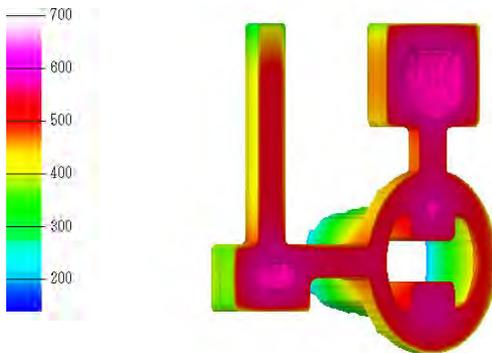
Seperti pada gambar 4.27 dengan mengaplikasikan sistem satu saluran, didapatkan cacat *shrinkage* pada daerah produk cor (diindikasikan dengan warna *orange*), dengan presentase cacat total berdasarkan perhitungan dari hasil simulasi yakni sebesar 1 %. Secara teori, dan referensi penyebab terjadinya cacat *shrinkage* dengan pengaplikasian *riser* adalah masih terdapat titik panas (*hot spot*) pada produk cor yang tidak terisi logam cair dari *riser*, dimensi *riser* (tinggi dan diameter) yang kurang besar untuk memberikan tekanan sehingga logam cair dapat mengisi, dan jarak antara *riser* dengan produk cor terlalu sempit[10]. Dari simulasi didapatkan data temperatur untuk menunjukkan lokasi *hot spot* yakni sebagai berikut :

Time 2.810016 [s]  
Iso surface 'Metal volume' [] value 0.500000  
Color variable 'Temperature' [N/A]



(a)

Time 12.159745 [s]  
Iso surface 'Metal volume' [] value 0.500000  
Color variable 'Temperature' [N/A]



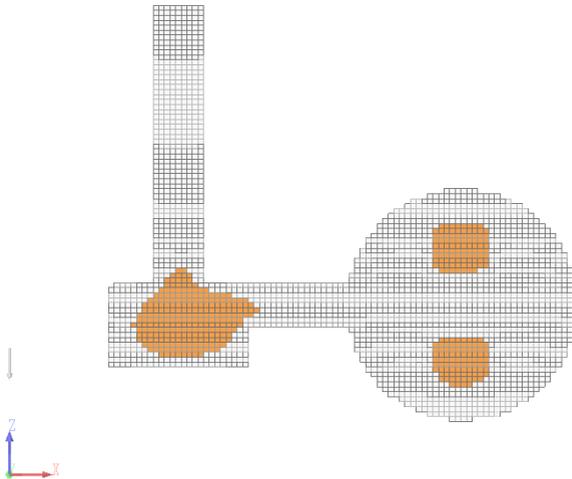
(b)

Gambar 4.28 Temperatur pada kondisi logam pada 2,6 detik (a), dan temperatur pada 1.2 detik (b)

Dari gambar 4.28(a) dan (b) potongan produk cor dapat diketahui bahwa pada kondisi masih cair yakni pada waktu 0,7 detik setelah penuangan, bagian dalam dari produk cor mempunyai temperature temperatur 650 °C dan pada bagian luar 550 °C. Pada waktu 3,7 detik setelah penuangan bagian dalam yang ditunjukkan dengan warna ungu dengan temperatur 650 °C pada gambar (b) memiliki daerah *hot spot* yang pendinginanya lebih lambat daripada bagian dalam lainnya.

#### **4.6 Perhitungan *Shrinkage* Dalam Simulasi [10]**

Penyusutan selama pengecoran dapat diketahui dalam post-processing simulasi. Adapun penyusutan dapat dianalisa secara visual pada menu void volume dalam software, namun karena dalam software tidak dapat menunjukkan prosentase penyusutan maka diperlukan perhitungan untuk mengetahuinya. Pendekatan yang dilakukan untuk mengetahui penyusutan yang terjadi yaitu dengan membandingkan volume *void* dengan volume benda cor. Bentuk penyusutan yang terjadi menyerupai limas dengan alams persegi panjang. Berikut merupakan contoh perhitungan pada sistem saluran B untuk mengetahui prosentase cacat.



Gambar 4.29 Cacat *shrinkage* tampak atas dalam bentuk *cube view*

Untuk pandangan depan :

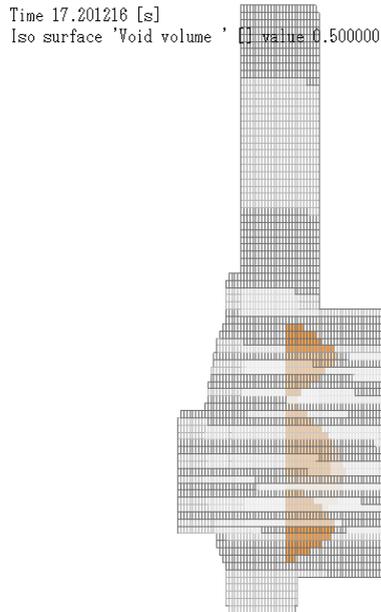
*Void volume* daerah A = 96 unit

*Void volume* daerah B = 89 unit

Luas per unit = 3,778 mm<sup>2</sup>/unit

Luas Void<sub>A</sub> = 96 x 3,778 = 362,6667 mm<sup>2</sup>

Luas Void<sub>B</sub> = 89 x 3,778 = 336,2222 mm<sup>2</sup>



Gambar 4.30 Cacat *shrinkage* tampak samping dalam bentuk *cube view*

Untuk pandangan samping :

Rata-rata Tinggi pada

*Void volume* daerah A = 12 unit

*Void volume* daerah B = 11,1 unit

Tinggi per unit (sumbu y) = 0,777 mm/unit

Volume Void<sub>A</sub> = Luas Void<sub>A</sub> x Tinggi Rata-rata

Void<sub>A</sub>

= 362,6667 mm<sup>2</sup> x 12 mm

= 3381,169 mm<sup>3</sup>

Volume Void<sub>B</sub>

= Luas Void<sub>B</sub> x Tinggi Rata-rata

Void<sub>B</sub>

$$= 336,2222 \text{ mm}^2 \times 11,1 \text{ mm}$$

$$= 2899,529 \text{ mm}^3$$

$$\text{Total Volume Void} = \text{Volume VoidA} + \text{Volume VoidB}$$

$$\text{mm}^3 = 3381,169 \text{ mm}^3 + 2899,529$$

$$\text{mm}^3$$

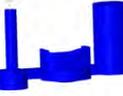
$$= 6280,698 \text{ mm}^3$$

Jadi *shrinkage* yang terjadi pada benda cor yakni sebesar :

$$\begin{aligned} \% \text{ Shrinkage} &= \frac{\text{Volume Void}}{\text{Volume Benda Cor}} \times 100\% \\ &= \frac{6280,698 \text{ mm}^3}{125550} \times 100\% \\ &= 5,002547\% \end{aligned}$$

#### 4.7 Analisa Gating System

Tabel 4.2 Perbandingan *Shrinkage* Empat *Gating System*

Type	Gating system	Hasil Simulasi	Shrinkage
1			8,69
2			4,86
3			5,00
4			1,05

Keterangan Warna Pada Hasil Simulasi :



: *Shrinkage*



: Produk Cor

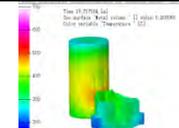
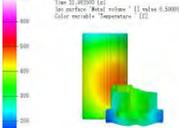
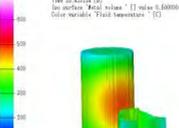
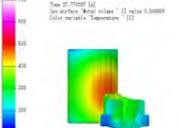
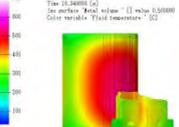
Dari tabel 4.2 didapatkan data hasil simulasi visual void volume yang mengindikasikan adanya penyusutan dalam benda cor. *Gating system* yang digunakan dalam simulasi ke-1 dan ke-3 memiliki bentuk dan dimensi yang sama, perbedaannya adalah posisi benda kerja untuk mengetahui pengaruh perbedaan posisi benda kerja terhadap hasil coran. Dari pengamatan keduanya memiliki visual *void volume* dengan bentuk dan letak yang mirip, namun simulasi ke-3 lebih kecil daripada simulasi ke-1. Hasil perhitungan menunjukkan prosentase penyusutan simulasi ke-1 sebesar 8,691747 % dan simulasi ke-3 sebesar 5,002547 %. Berdasarkan kedua hasil simulasi cacat *shrinkage* yang timbul akibat adanya *hot spot* yaitu bagian yang membeku terlalu lambat sehingga terjadi penyusutan. Penambahan riser pada *gating system* mengurangi penyusutan cukup signifikan, hasil simulasi ke-3 prosentase dari 5,02% berkurang menjadi 1,05%. Dan pada simulasi ke-1 dengan 8,69% turun menjadi 4,86% saat ditambahkan riser dengan diameter 60 mm.

#### **4.7 Optimalisasi *Gating System* dengan Memvariasikan *Riser***

Redesign dilakukan untuk meningkatkan kualitas coran adalah dengan menambahkan riser  $\varnothing$  60 mm pada *gating system* yang ditunjukkan pada simulasi ke-3. Hasil simulasi menunjukkan adanya pengurangan *void volume* dan prosentase *shrinkage* yang signifikan. Penambahan riser dengan diameter 60

mm berdasarkan referensi dinilai dapat meningkatkan kualitas coran dengan mengurangi *shrinkage* yang terjadi sebesar 1,05 % menjadi acuan dalam meningkatkan kualitas coran.

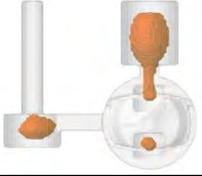
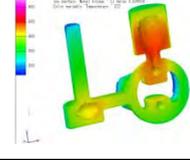
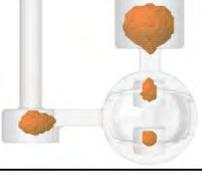
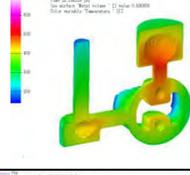
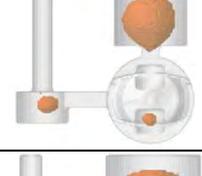
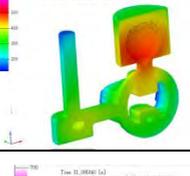
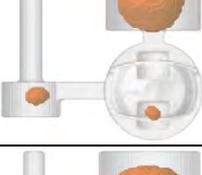
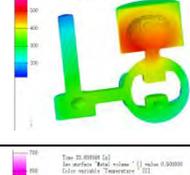
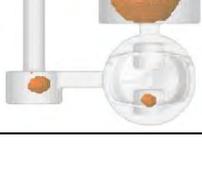
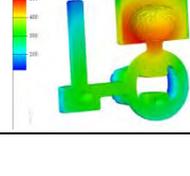
Tabel 4.3 Perbandingan *Shrinkage* Pada *Gating System* tipe 2 dengan *Riser* Berbagai Ukuran

Riser (mm)	Void Volume	Distribusi Temperatur saat solidifikasi berakhir	Shrinkage (%)
50			1,15
60			4,86
70			3,71
80			3,82
90			0,84

Dari tabel didapatkan penggunaan riser dengan variasi diameter 50 mm, 60 mm, 70 mm, 80 mm, dan 90 mm. Penyusutan

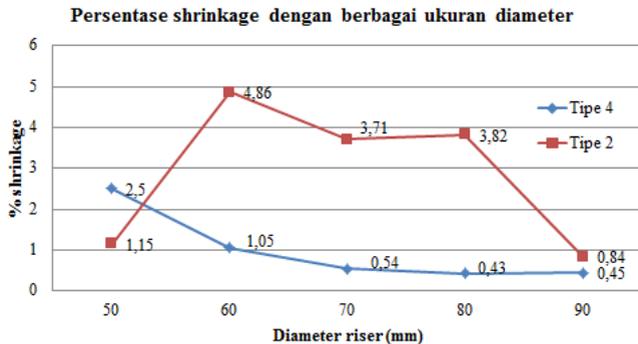
paling besar yaitu 4,86%. terjadi pada saluran dengan riser berdiameter 60 mm, hal ini mengindikasikan bahwa dimensi riser belum dapat mengimbangi penyusutan selama pembekuan. Dari tabel dapat diamati bawasanya semakin besar diameter riser maka semakin kecil penyusutannya. *Gating system* dengan riser berdiameter 60, 70 mm, dan 80 mm dinilai tidak cukup baik sebagai saluran yang mampu memperbaiki kualitas coran karena penyusutan yang terjadi melebihi 3%. Adapun saat saluran menggunakan riser dengan dimensi 50 mm memiliki shrinkage sebesar 1,15% pada benda coran. Shrinkage terjadi pada saluran dengan riser 50 mm lebih kecil dari pada saat digunakannya riser 60 mm, 70 mm, dan 80 mm hal ini dapat pembekuan yang terjadi pada riser berlangsung hampir bersamaan dengan benda coran karena luas permukaannya cukup besar, sehingga riser tidak dapat mengisi bagian yang menyusut. Sedangkan luas permukaan riser 50 mm lebih kecil daripada riser 60 mm, 70 mm, dan 80 mm sehingga pembekuan yang terjadi lebih lambat. Saluran yang menggunakan riser berdiameter 90 mm memiliki persentase *shrinkage* paling kecil sebesar 0,84 %, distribusi temperatur menunjukkan bahwa bagian *riser* mengalami pembekuan paling akhir sehingga mampu meminimalkan shrinkge pada coran.

Tabel 4.4 Perbandingan *Shrinkage* Pada *Gating System* tipe 4 dengan *Riser* Berbagai Ukuran

Riser (mm)	Void Volume	Distribusi Temperatur saat solidifikasi berakhir	Shrinkage (%)
50			2,50
60			1,05
70			0,54
80			0,43
90			0,45

Dari tabel didapatkan penggunaan riser dengan variasi diameter 50 mm, 70 mm, 80 mm, dan 90 mm. Penyusutan paling

besar yaitu 2,5%. terjadi pada saluran dengan riser berdiameter 50 mm, hal ini mengindikasikan bahwa dimensi riser belum dapat mengimbangi penyusutan selama pembekuan. Dari tabel dapat diamati bawasanya semakin besar diameter riser maka semakin kecil penyusutannya. *Gating system* dengan riser berdiameter 70 mm, 80 mm, dan 90 mm dinilai cukup baik sebagai saluran yang mampu memperbaiki kualitas coran dengan mengurangi cacat shrinkage.



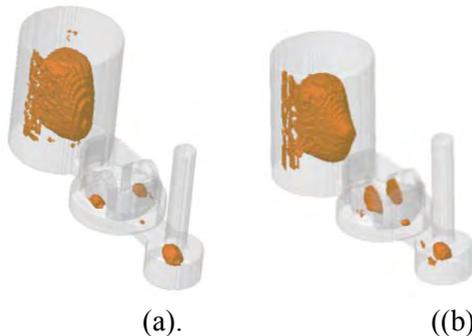
Gambar 4.31 Perbandingan persentase *shrinkage* dengan berbagai ukuran diameter pada dua jenis *gating system*

Penambahan riser pada *gating system* sudah seharusnya mampu mengurangi cacat *shrinkage* pada benda coran secara signifikan. Dari gambar diatas menunjukkan bahwasanya penambahan ukuran diameter *riser* akan mengurangi cacat *shrinkage* pada benda coran. Pada *gating system* tipe 2 dengan riser berdiameter 90 mm memiliki persentase cacat shrinkage 0,84% lebih besar daripada *gating system* tipe 4 riser berdiameter 70 mm yang memiliki persentase *shrinkage* 0,54%.

Kualitas benda coran yang dinilai dari persentase penyusutannya menunjukkan bawahannya *gating system* tipe 2 memiliki potensi *shrinkage* berukuran lebih besar daripada *gating system* tipe 4. Penyusutan yang terjadi pada benda cor yang ditunjukkan simulasi lebih besar daripada daripada eksperimen [9]. Adapun untuk menentukan penggunaan *gating system* yang akan dipakai selain dari kualitas benda coran yaitu kemampuan untuk membuat cetakan, kemudahan dalam mengeluarkan benda coran dari cetakan, dan memisahkan benda coran dari inti.

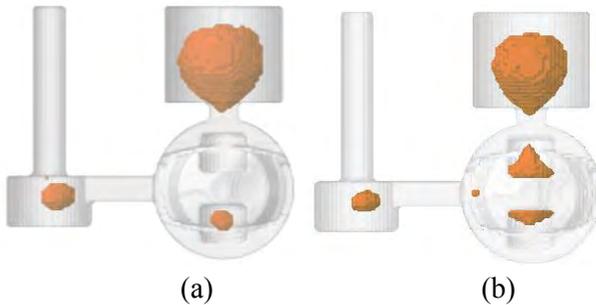
#### 4.8 Optimalisasi Kualitas Coran dengan Memvariasikan Inti

Persentase penyusutan yang cukup kecil sehingga layak untuk digunakan pada kedua jenis *gating system* ditunjukkan pada simulasi dengan riser berdiameter 90 mm pada *gating system* tipe 2 dan riser berdiameter 70 mm pada *gating system* tipe 4. Untuk mendapatkan hasil yang lebih maksimal maka penggantian material inti *cast iron* yang selama ini digunakan selama simulasi diganti menjadi pasir silica.



Gambar 4.32 Hasil simulasi *gating system* tipe 2 dengan riser 90 mm (a)Inti *cast iron* (b) inti pasir silica

Penyusutan yang terjadi pada gambar 4.32(a) terletak pada bagian dalam, karena pembekuan logam berlangsung dengan kecepatan hampir sama pada benda coran, sehingga bagian hot spot yang jauh dari cetakan membeku paling akhir sehingga menyusut. Pada gambar cacat berada pada bagian yang bersentuhan dengan inti. Inti yang terbuat dari pasir menyebabkan pembekuan berlangsung lebih lambat daripada yang bersentuhan dengan cetakan sehingga menimbulkan cacat. *Shrinkage* dengan inti *cast iron* sebesar 0,84% lebih kecil daripada saat menggunakan pasir silicayang sebesar 1,83%.



Gambar 4.33 Hasil simulasi *gating system* tipe 4 dengan *riser* 70 mm (a)Inti *cast iron* (b) inti pasir silica

Penyusutan yang terjadi pada gambar 4.33(a) terletak pada bagian dalam, karena pembekuan logam berlangsung dengan kecepatan hampir sama pada benda coran, sehingga bagian hot spot yang jauh dari cetakan membeku paling akhir sehingga menyusut. Pada gambar cacat berada pada bagian yang bersentuhan dengan inti. Inti yang terbuat dari pasir menyebabkan pembekuan berlangsung lebih lambat daripada yang bersentuhan dengan cetakan sehingga menimbulkan cacat. *Shrinkage* dengan

inti *cast iron* sebesar 0,54% lebih kecil daripada saat menggunakan pasir silicayang sebesar 2,43%.

Hasil simulasi yang menunjukkan bahwasanya shrinkage yang terjadi pada benda coran lebih kecil ketika menggunakan inti *cast iron* daripada inti pasir silica. Keunggulan menggunakan inti metal yaitu kualitas permukaan dan *mechanical properties* benda coran akan lebih baik daripada menggunakan inti pasir, namun inti metal tidak dapat digunakan pada bentuk yang rumit dan aspek kemudahan dalam mengeluarkan inti harus diperhitungkan.

#### 4.9 Pengaruh Pola Cetakan Pada Kepala Piston

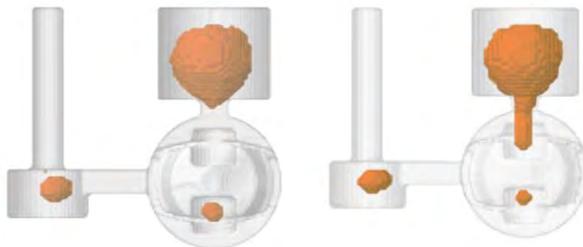
Untuk mengetahui pengaruh pola pada kepala piston pada pengecoran maka dilakukan simulasi dengan mengubah permukaan kepala piston yang semula memiliki *valve cutout* menjadi datar, dengan menambah ketebalan kepala piston sebesar 8 mm dan menghilangkan *valve cutout*.



(a) (b)

Gambar 4.34 Hasil simulasi *gating system* tipe 2 dengan *riser* 90 mm (a) piston memiliki *valve cutout* (b) piston dengan permukaan rata

Penyusutan yang terjadi pada antara kedua hasil simulasi memiliki lokasi dan bentuk yang mirip, namun persentase shrinkage pada piston dengan permukaan rata sebesar 0,62% lebih kecil dari pada piston dengan *valve cutout* dengan persentase shrinkage 0,84%. Piston dengan permukaan rata pada akhirnya akan dilakukan machining untuk memperoleh *valve cutout* pada permukaannya. Daerah *chill zone* yaitu bagian permukaan yang bersentuhan dengan cetakan memiliki butiran kecil memiliki *mechanical properties* yang baik, apabila bagian ini dilakukan *machining* maka potensi timbulnya *high thermal stress* akan lebih besar karena perbedaan *properties* sehingga menyebabkan adanya konsentrasi tegangan.



Gambar 4.44 Gambar Hasil simulasi *gating system* tipe 4 dengan riser 70 mm (a) piston memiliki *valve cutout* (b) piston dengan permukaan rata

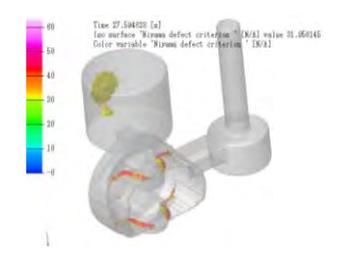
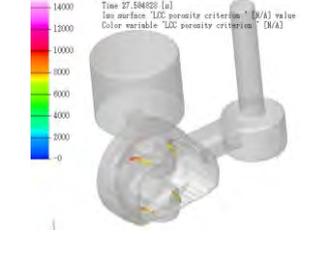
Penyusutan yang terjadi pada antara kedua hasil simulasi memiliki bentuk yang berbeda, dimana pada gambar 4.44(a) *shrinkage* terjadi dalam satu lokasi dan pada (b) *shrinkage* terjadi pada bagian dalam piston dan dibawah *riser*. persentase shrinkage pada piston dengan permukaan rata sebesar 3,62% lebih besar dari pada piston dengan *valve cutout* dengan persentase shrinkage 0,54%. Piston dengan permukaan rata pada akhirnya akan

dilakukan *machining* untuk memperoleh *valve cutout* pada permukaannya. Daerah *chill zone* yaitu bagian permukaan yang bersentuhan dengan cetakan memiliki butiran kecil memiliki *mechanical properties* yang baik, apabila bagian ini dilakukan *machining* maka potensi timbulnya *high thermal stress* akan lebih besar karena perbedaan *properties* sehingga menyebabkan adanya konsentrasi tegangan.

#### **4.10 Analisa Defect dan Porositas**

Dengan merancang ulang *gating system* didapatkan *gating system* dengan riser berdiameter 70 mm, 80 mm, dan 90 mm. Selain penyusutan benda cor diharuskan bebas dari cacat porositas. Untuk mengetahui kualitas coran paling baik diantara ketiga *gating system* ini maka analisa untuk cacat porositas diperlukan. Analisa secara *LCC Criterion* dan *Niyama Defect Criterion* telah digunakan secara global untuk mengetahui daerah dengan potensi cacat porositas.

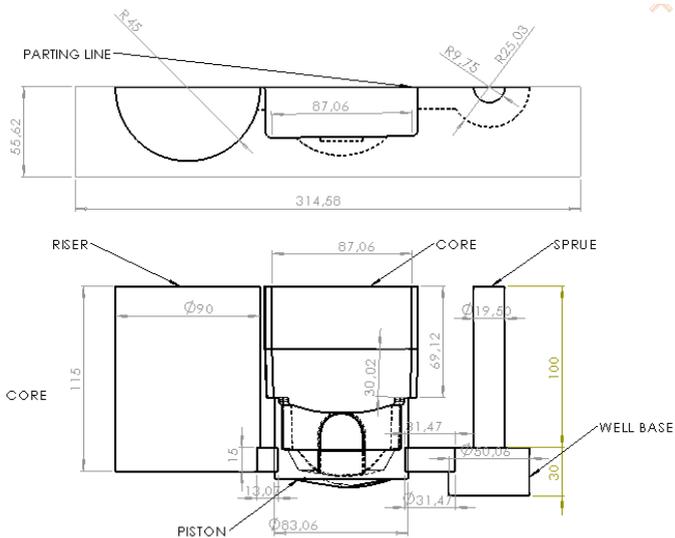
Tabel. 4.5 Porositas pada hasil simulasi gating system

Tipe	<i>Niyama Defect Criterion</i>	<i>LCC Criterion</i>
2		
4		

Berdasarkan analisa *LCC porosity criterion* tampak dari *gating system* tipe 4 memiliki daerah potensi porositas pada permukaan luar bagian lubang pin dengan bentuk yang hampir sama dan tidak nampak adanya porositas pada bagian lain sedangkan pada *gating system* tipe tidak nampak adanya potensi tersebut. Analisa dengan menggunakan *Niyama defect criterion* juga menunjukkan hasil yang mirip, yaitu potensi cacat pada daerah yang sama dengan *LCC porosity criterion*. Dari analisa visual didapatkan hasil yang mirip pada ketiga variasi dan dari hasil analisa baik secara *LCC porosity criterion* dan *Niyama defect criterion* ketiga variasi *gating system* dapat digunakan secara aktual untuk memperbaiki kualitas pengecoran.

#### 4.11 Perencanaan Sistem Saluran

Dari hasil simulasi menunjukkan bahwa hasil simulasi *gating system* tipe 2, dengan inti cast iron, diameter riser 60 mm, dan pistonnya memiliki *valve cutout* dengan shrinkage 0,84% tidak menunjukkan potensi porositas sehingga cukup layak untuk dilakukan eksperimen. *Parting line vertikal* akan membelah saluran dan benda coran hingga simetris.



Gambar 4.45 Perencanaan *Gating System* untuk Piston Sinjai Dengan *Gravity Die Casting*

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari penelitian yang telah dilakukan, maka kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut :

1. *Shrinkage* pada piston yang di cor dengan posisi kepala piston paralel dengan penampang sprue lebih banyak daripada piston yang posisinya tegak lurus dengan penampang sprue.
2. *Open riser* dapat mengurangi *shrinkage* secara signifikan ketika ditambahkan pada sistem saluran
3. Analisa *LCC porosity criterion* dan *Niyama defect criterion* pada *gating system* tipe 2 dengan *riser* 90 mm tidak terlihat adanya indikasi cacat porositas. Sedangkan *gating system* tipe 4 dengan *riser* 70 mm menunjukkan bahwa terdapat porositas pada permukaan pin piston, namun dilihat dari kuantitasnya, cacat tersebut tidak terlalu mempengaruhi sifat mekanik benda kerja.
4. Didapatkan desain *gating system* tipe 2 dengan inti logam, dengan riser 90 mm, dan bentuk cetakan yang memiliki profil *valve cutout* piston pada cetakan dengan pertimbangan tidak ada indikasi porositas, cetakan lebih mudah dalam pembuatan, dan pengambilan benda coran dapat dilakukan tanpa bantuan *ejector*.

#### **5.2 Saran**

Saran-saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut :

1. Simulasi pengecoran secara *Dynamic Shrinkage Model* (DS) ada baiknya dilakukan untuk membandingkan hasil dengan *Rapid Solidification Shrinkage* model (RSS).

2. *Heat Transfer Coefficient* disesuaikan dengan kondisi aktual dengan menggunakan persamaan yang ada ataupun menggunakan bantuan numerik

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Surdia, Tata. 2006. **Teknik Pengecoran Logam**. 9th edition. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- [2] Flemings, Merton C. 1974. *Solidification Processing*. USA : McGrawhill
- [3] Krar, Steve F. 1999. *Illustrated Dictionary of Metal Working and Manufacturing Technology*. USA : Mc Graw-Hill.
- [4] Hussainy, S. Ferhathullah. 2015. *A Practical Approach to Eliminate Defects in Gravity Die Cast Al-Alloy Casting Using Simulation Software*. MJCET, Telangana, India.
- [5] *Resources, Tools and Basic Information for Engineering and Design of Technical Applications*. ([http://www.engineeringtoolbox.com/thermal-conductivity-d\\_429.html](http://www.engineeringtoolbox.com/thermal-conductivity-d_429.html)) 7 Mei 2015.
- [6] *Alumunium Die Casting Manufacturer From China*. (<http://www.aludiecasting.com/support-data.php>) 29 April 2015.
- [7] H.H Doehler. 1951. *Die Casting*. USA : McGraw-Hill
- [8] P.R. Beeley. 1972. *Foundry Technology*. USA : Butterworth (*Publisher*) Inc
- [9] Chidasama, Bhupendra J. 2013. *Solidification Analysis and Optimization Using Pro Cast*. S.P.B Patel Engineering College, Mehsana, India.
- [10] Prayuga, Bayu. 2015. Rancang Bangun dan Analisa Simulasi Sistem Saluran terhadap cacat penyusutan (*shrinkage*) pada Pembuatan Kepala Silinder (*Cylinder Head*) Sinjai (Mesin jawa timur) 650 cc material Alumunium ADC 12 dengan Pengecoran Pasir *Sand*

*Casting*).Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.

- [11] Stefanescu, D.M. 1988. *ASM Handbook Volume 15 Casting*. USA: ASM International
- [12] Kurniawah, Moch. Wahyu. 2014. Analisis Kekuatan dan Deformasi Piston Mesin Bensin-Bio Etanol dan Gas Dengan Injeksi Langsung Untuk Kendaraan Nasional Dengan Simulasi Numerik).Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.

## BIODATA PENULIS



Penulis yang memiliki nama lengkap Rizki Yustisiabellah ini lahir di Jember pada tanggal 4 Desember 1991. Merupakan anak pertama dari tiga bersaudara yang dilahirkan dan dibesarkan dalam keluarga kecil bahagia. Mempunyai hobi membaca fiksi dan berolahraga seperti badminton, tennis, renang, dan futsal. Penulis mulai menuntut ilmu di SDN Sumbersari I Jember (1998), SDN Gembongsari II Banjarnegara (1998-2000), SD Muhammadiyah I Jember (2000-2004) selanjutnya ke SMP Negeri 2 Sidoarjo (2004-2007), meneruskan studi ke SMA Negeri 1 Jember (2007-2010), hingga pada akhirnya melanjutkan studinya di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 2010 dan mengambil Jurusan Teknik Mesin-FTI ITS. Di Jurusan Teknik Mesin penulis menunjukkan ketertarikan di Bidang Studi Konversi Energi dan Metalurgi.

Dalam bidang akademik, penulis aktif menjadi asisten untuk laboratorium mekanika mesin fluida dan laboratorium metalurgi. Pada bidang ilmiah, penulis aktif mengikuti kompetisi, diantaranya mendapatkan pendanaan Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) untuk kategori Penelitian (PKM-P) dan Pengabdian Masyarakat (PKM-M) di tahun 2012, dan Gagasan Tertulis (GT) di tahun 2013. Dalam kegiatan kemahasiswaan, penulis aktif sebagai Badan Pengurus Harian Himpunan Jurusan Teknik Mesin (HMM), berpartisipasi dalam kepanitiaan dalam kegiatan tingkat jurusan, institut, regional, maupun nasional seperti Pelatihan Karya Tulis Ilmiah untuk Mahasiswa Baru, ITS EXPO 2012, *Mechanical Care* di tahun 2011, dan sebagai Koordinator Publikasi dan Dokumentasi *Indonesia Energy Marathon Challenge* 2013.

Cita-cita terbesar yang dimiliki oleh penulis adalah untuk dapat mewujudkan konsep *Orbital Elevator System* oleh Aeolia Schenberg yang menggabungkan Space Elevator dan *Solar Power Satellite*.