



TUGAS AKHIR - TM 091486

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH MODEL SISTEM  
SALURAN DAN VARIASI TEMPERATUR TUANG  
TERHADAP PROSENTASE POROSITAS, KEKERASAN  
DAN HARGA *IMPACT* PADA PENGECORAN ADC 12  
DENGAN METODE *LOST FOAM CASTING***

**RESTU YANUAR SALAM  
NRP. 2112 106 052**

Dosen Pembimbing  
Prof. Dr. Ir. Abdullah Shahab, M.Sc

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2015**



TUGAS AKHIR (METALURGI) - TM 091486

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH MODEL  
SISTEM SALURAN DAN VARIASI TEMPERATUR  
TUANG TERHADAP PROSENTASE POROSITAS,  
KEKERASAN DAN HARGA *IMPACT* PADA  
PENGECORAN ADC 12 DENGAN METODE *LOST  
FOAM CASTING***

RESTU YANUAR SALAM  
NRP. 2112 106 052

Dosen Pembimbing  
Prof. Dr. Ir. Abdullah Shahab, M.Sc

JURUSAN TEKNIK MESIN  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2015



FINAL PROJECT - TM 091585

***STUDY EXPERIMENTAL EFFECT OF THE GATTING  
SYSTEM MODEL AND POURING TEMPERATURE  
VARIATION PERCENTAGE OF THE POROSITY,  
HARDNESS AND THE IMPACT STRENGTH ON ADC  
12 CASTING WITH LOST FOAM CASTING METHOD***

RESTU YANUAR SALAM  
NRP. 2112 106 052

Dosen Pembimbing  
Prof. Dr. Ir. Abdullah Shahab, M.Sc

MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT  
Faculty of Industrial Technology  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2015



FINAL PROJECT - TM091585

***STUDY EXPERIMENTAL EFFECT OF THE  
GATTING SYSTEM MODEL AND POURING  
TEMPERATURE VARIATION PERCENTAGE OF  
THE POROSITY, HARDNESS AND THE IMPACT  
STRENGTH ON ADC 12 CASTING WITH LOST  
FOAM CASTING***

RESTU YANUAR SALAM  
NRP. 2112 106 052

Dosen Pembimbing  
Prof. Dr. Ir. Abdullah Shahab, M.Sc

MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT  
Faculty of Industrial Technology  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2015

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH MODEL SISTEM  
SALURAN DAN VARIASI TEMPERATUR TUANG  
TERHADAP PROSENTASE POROSITAS, KEKERASAN  
DAN HARGA *IMPACT***

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar  
Sarjana Teknik pada Bidang Studi Metalurgi  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Mesin  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :  
**RESTU YANUAR SALAM**  
NRP. 2112 106 052

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

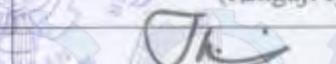
1. Prof. Dr. Ir. Abdullah Shahab, M.Sc  
(NIP. 195204171979031002)

  
.....  
(Pembimbing)

2. Prof. Dr. Ir. Wajan Berata, DEA  
(NIP. 195012111985021001)

  
.....  
(Penguji I)

3. Dr. Ir. Socharto, DEA  
(NIP. 194809111981031001)

  
.....  
(Penguji II)

4. Ir. Hari Subiyanto, M.Sc  
(NIP. 196006231988031002)

  
.....  
(Penguji III)

**SURABAYA  
JANUARI, 2015**

# **STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH MODEL SISTEM SALURAN DAN VARIASI TEMPERATUR TUANG TERHADAP PROSENTASE POROSITAS, KEKERASAN DAN HARGA *IMPACT* PADA PENGECORAN ADC 12 DENGAN METODE *LOST FOAM CASTING***

**Nama Mahasiswa** : Restu Yanuar Salam  
**NRP** : 2112 106 052  
**Jurusan** : Teknik Mesin FTI-ITS  
**Pembimbing** : Prof. Dr. Ir. Abdullah Shahab, M.Sc

## **Abstrak**

*Metode pengecoran lost foam merupakan metode yang tergolong baru dalam industri pengecoran logam. Pada saat ini belum banyak industri pengecoran logam yang menggunakan metode ini dalam memproduksi benda cor. Sedikitnya industri yang menerapkan metode pengecoran ini, yang mendorong untuk melakukan percobaan pengecoran dengan menggunakan metode lost foam, dengan melakukan perbedaan variasi model sistem saluran dan variasi temperatur tuang.*

*Proses pengecoran dengan metode lost foam ini menggunakan styrofoam sebagai polanya, yang ditanam dalam cetakan yang berisi pasir silika kering (tanpa pengikat) kemudian cetakan digetarkan untuk memadatkan pasir. Ketika logam cair dimasukkan ke dalam cetakan, maka styrofoam akan menguap sampai cetakan tersebut terisi penuh oleh logam cair. Dalam penelitian ini, parameter yang digunakan adalah model sistem saluran dan variasi temperatur tuang terhadap kualitas hasil coran, diantaranya prosentase porositas, kekerasan, dan harga impact. Material yang digunakan dalam pengecoran ini adalah ADC12 (Aluminium Die Casting). Parameter pertama yaitu model sistem saluran meliputi saluran samping, saluran bawah,*

saluran bawah dengan 2 gate dan saluran bawah dengan 3 gate dengan temperatur tuang konstan 700°C. Parameter kedua yaitu variasi perbedaan temperatur tuang antara 700°C, 750°C, 800°C dan 850°C dengan sistem saluran samping.

Dari hasil penelitian ini diperoleh bahwa sistem saluran samping memiliki prosentase cacat porositas paling sedikit dibanding sistem saluran lainnya yaitu sebesar 2,7535% dan memiliki harga impact rata-rata paling besar yaitu 0,0275 J/mm<sup>2</sup> pada potongan 1 dan 0,0660 J/mm<sup>2</sup> pada potongan 2. Variasi temperatur tuang berpengaruh terhadap banyaknya cacat porositas dan harga impact rata-rata. Temperatur tuang 700°C dibanding temperatur tuang yang lain memiliki cacat porositas paling sedikit dan harga impact rata-rata paling besar yaitu 0,0275 J/mm<sup>2</sup> pada potongan 1 dan 0,0660 J/mm<sup>2</sup> pada potongan 2. Porositas berpengaruh terhadap besarnya harga impact, semakin banyak porositas semakin kecil harga impactnya. Namun dari hasil pengujian kekerasan baik pada parameter model sistem saluran dan variasi temperatur tuang tidak dapat menunjukkan perbedaan yang jelas.

**Kata Kunci :** Pengecoran lost foam, model sistem saluran dan variasi temperatur tuang

***STUDY EXPERIMENTAL EFFECT OF THE GATTING  
SYSTEM MODEL AND POURING TEMPERATURE  
VARIATION PERCENTAGE OF THE POROSITY,  
HARDNESS AND THE IMPACT STRENGTH ON ADC 12  
CASTING WITH LOST FOAM CASTING METHOD***

**Name** : Restu Yanuar Salam  
**NRP** : 2112 106 052  
**Department** : Mechanical Eng. FTI-ITS  
**Academic Supervisor** : Prof. Dr. Ir. Abdullah Shahab,  
M.Sc

**Abstract**

*Lost foam casting method is a method that is relatively new in the metal casting industry. At the moment not much metal casting industry that use this method in producing the casting. At least foundry industry to apply this method, which encourages to experiment casting using the lost foam method, by making the difference of gassing system models and the variations of pouring temperature.*

*The process of lost foam casting method using styrofoam as a pattern, which is planted in the mold containing dry silica sand (without binder) and then the mold is vibrated to compact the sand. When the molten metal is inserted into the mold, then the styrofoam will evaporate until the mold is completely filled by the liquid metal. In this study, the parameters used are a gassing system models and pouring temperature variation of the quality of the castings, such as hardness, impact, and the percentage of porosity. Materials used in this casting is ADC12 (Aluminum Die Casting). The first parameter is the gassing system model includes side gassing, the bottom gassing with 1 gate, the bottom gassing with*

2 gate and the bottom gating with 3 gate with a constant pouring temperature of 700°C. The second parameter is the variation of temperature difference between 700°C, 750°C, 800°C and 850°C with a side gating system.

The results that can be obtained from this experiment are side gating system have 2,7535% porosity less than the other and the highest average impact 0,0275 J/mm<sup>2</sup> at first side and 0,0660 J/mm<sup>2</sup> at second side. The effect of pouring temperature variation is effect to the number of porosity and average impact. Pouring temperature at 700°C have less number of porosity and the highest average impact 0,0275 J/mm<sup>2</sup> at first side and 0,0660 J/mm<sup>2</sup> at second side than the other pouring temperature, the more the porosity of the price impact will be smaller. But the result of hardness testing show that both of gating system model and pouring temperature variation did not have a clear difference.

**Keywords:** Lost foam casting, gating system models, and pouring temperature variations.



## KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya Serta tidak lupa Shalawat Serta Salam kepada junjungan kita Nabi Besar Muhammad SAW. Sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Studi Eksperimental Pengaruh Model Sistem Saluran Dan Variasi Temperatur Tuang Terhadap Prosentase Porositas, Kekerasan Dan Harga Impact Pada Pengecoran Adc 12 Dengan Metode *Lost Foam Casting*”** ini tepat pada waktunya. Tugas Akhir ini merupakan salah satu prasyarat yang harus dipenuhi oleh setiap mahasiswa S-1 Teknik Mesin ITS, sesuai dengan kurikulum yang telah ditetapkan.

Berbagai hambatan dan kesulitan selama penyusunan tugas akhir ini akhirnya dapat diselesaikan berkat dukungan dan bantuan yang sangat berharga dari berbagai pihak. Penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih atas segala bantuannya kepada :

1. Allah SWT yang selalu melimpahkan Kasih SayangNya dan memberi usia hingga hari ini.
2. Ibu, nenek dan adik yang selalu menjadi semangat utama untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Prof. Dr. Ir Abdullhah Shahab, M.Sc, selaku Dosen Pembimbing yang selalu baik dan sabar dalam membimbing pengerjaan Tugas Akhir hingga selesai.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Wajan Berata, DEA, Dr. Ir. Soeharto, M.Sc dan Ir. Hari Subiyanto, M.Sc selaku penguji yang selalu memberi masukan dalam menyelesaikan seminar dan sidang tugas akhir ini.
5. Bapak Arif Wahjudi, ST.,MT.,Ph.D selaku panitia Tugas Akhir
6. Bapak Ir. Bambang Pramujati, M.Sc, Ph.D selaku Kepala Jurusan Teknik Mesin FTI – ITS.
7. Bapak Bambang Arief D, ST., M.Sc., Ph.D. selaku dosen wali yang telah memberikan arahan selama kuliah.

8. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Teknik Mesin FTI – ITS atas ilmu yang telah diberikan.
9. Bapak Waluyo M. Bintoro, SST, M.Eng selaku dosen Politeknik Negeri Bandung, yang telah memberikan masukan dan saran pada Tugas Akhir ini.
10. Bapak Upri dan Mas Iyan, yang telah membantu pada saat melakukan pengecoran di Kampus Politeknik Negeri Bandung.
11. Karyawan Lab. Metalurgi yang telah membantu dalam pengerjaan dan pengujian Tugas Akhir ini, terutama Pak Gatot, Pak Endang, Pak Budi, Pak Bambang Sumantri dan Mas Agus.
12. Teman teman seperjuangan yang telah membantu dan mengisi canda tawa disaat rumitnya proses pengerjaan Tugas Akhir.
13. Seluruh Civitas Teknik Mesin FTI-ITS yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Semoga semua bantuan serta dorongan yang telah diberikan kepada penulis mendapatkan imbalan yang setimpal dari Allah SWT.

Penulis menyadari bahwa dalam penyelesaian Tugas Akhir ini masih banyak kesalahan serta kekurangannya, oleh karena itu kritik dan saran yang sifatnya membangun dari semua pihak sangat penulis harapkan untuk perbaikan di masa yang akan datang. semoga laporan Tugas Akhir ini bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya.

Surabaya, 23 Januari 2015

Penulis

# DAFTAR ISI

<b>Abstrak</b> .....	<b>i</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>v</b>
<b>LEMBAR PERSEMBAHAN</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xix</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI</b> .....	<b>5</b>
2.1 Tinjauan Pustaka .....	5
2.2 Dasar Teori .....	6
2.2.1 Aluminium .....	6
2.2.2 Klasifikasi Pengecoran .....	11
2.2.3 <i>Lost Foam Casting</i> .....	13
2.2.4 Dekomposisi <i>Polystyrene Foam (Styrofoam)</i> .....	15
2.2.5 Pasir Cetak .....	18
2.2.6 Pola <i>Polystyrene Foam (Styrofoam)</i> .....	19

2.2.7	Penggetaran ( <i>Vibration</i> ).....	20
2.2.8	Penguangan.....	20
2.2.9	Pembekuan ( <i>Solidification</i> ).....	21
2.2.10	Macam-macam Sistem Saluran .....	24
2.2.11	Merancang Sistem Saluran.....	29
2.2.12	Pengujian Spesimen.....	32
<b>BAB 3</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>37</b>
3.1	Diagram Alir Penelitian.....	37
3.2	Material dan Peralatan Penelitian.....	44
3.2.1	Material Penelitian.....	44
3.2.2	Peralatan Penelitian.....	46
3.3	Tahapan Pengujian .....	51
<b>BAB 4</b>	<b>PROSES DAN HASIL PENGECORAN .....</b>	<b>61</b>
4.1	Perhitungan Sistem Saluran.....	61
4.1.1	Model Sistem Saluran.....	61
4.1.2	Variasi Temperatur Tuang.....	64
4.2	Tahapan Proses Pengecoran .....	68
4.2.1	Persiapan Pola.....	68
4.2.2	Pengayakan Pasir .....	68
4.2.3	Pembuatan Cetakan.....	69
4.2.4	Proses Peleburan Logam.....	70
4.2.5	Penuangan Logam Cair.....	71
4.2.6	Pembongkaran dan Pembersihan Hasil Coran .....	72
4.3	Produk Hasil Pengecoran .....	73
4.4	Proses Pengukuran Produk Hasil Coran.....	76

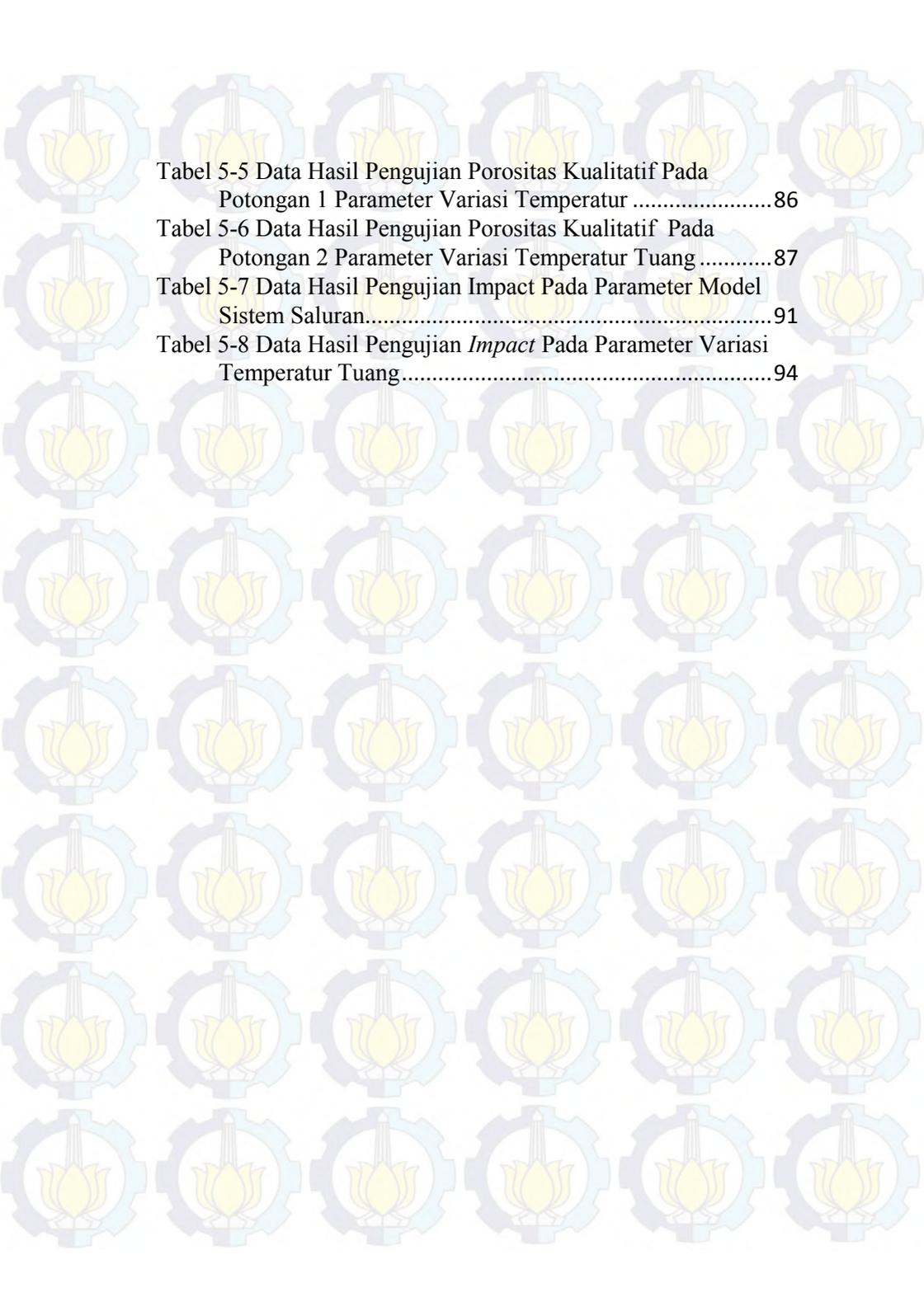
4.4.1	Pengukuran Dimensi Hasil Coran.....	76
4.4.2	Proses Pengukuran Porositas .....	77
<b>BAB 5</b>	<b>ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>79</b>
5.1	Hasil Pengujian Porositas .....	79
5.1.1	Pengujian Porositas Kuantitatif .....	83
5.1.2	Pengujian Porositas Kualitatif.....	83
5.1.3	Analisa Data Hasil Pengujian Porositas.....	89
5.2	Hasil Uji <i>Impact</i> .....	91
5.2.1	Data Hasil Pengujian Impact pada Parameter Model Sistem Saluran .....	91
5.2.2	Data Hasil Pengujian Impact pada Parameter Variasi Temperatur Tuang.....	94
5.2.3	Analisa Data Hasil Pengujian <i>Impact</i> .....	96
5.3	Hasil Pengujian Kekerasan.....	99
5.3.1	Pengujian Kekerasan Pada Potongan Vertikal.....	99
5.3.2	Pengujian Kekerasan Pada Potongan Horizontal .....	111
5.3.3	Analisa Data Hasil Pengujian Kekerasan .....	115
<b>BAB 6</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>117</b>
6.1	Kesimpulan.....	117
6.2	Saran.....	118
	<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>119</b>
	<b>LAMPIRAN</b>	
	<b>RIWAYAT PENULIS</b>	



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR TABEL

Tabel 2-1 Daftar seri paduan Aluminium tuang (cast aluminium) sesuai standar AA <sup>[4]</sup> .....	7
Tabel 2-2 Perbandingan Unsur Kimia Paduan ADC 12.....	11
Tabel 2-3 Sifat Utama dari Paduan ADC 12[18] .....	11
Tabel 2-4 Hubungan Temperatur dengan Daya Larut Hidrogen pada Cairan Aluminium dan Paduan[22]. .....	24
Tabel 3-1 Desain Percobaan Pengukuran Porositas Kuantitatif Pada Parameter Model Sistem Saluran .....	53
Tabel 3-2 Desain Percobaan Pengukuran Porositas Kuantitatif Pada Parameter Variasi Temperatur Tuang .....	54
Tabel 3-3 Desain Percobaan Pengukuran Porositas Kualitatif....	55
Tabel 3-6 Desain Percobaan Pada Potongan Horizontal .....	58
Tabel 3-4 Desain Percobaan Pengujian Kekerasan Arah Horizontal.....	57
Tabel 3-5 Desain Percobaan Pengujian Kekerasan Arah Vertikal .....	57
Tabel 3-7 Desain Eksperimen Pengujian <i>Impact</i> .....	59
Tabel 4-1 Hasil Pengecoran Pada Parameter Model Sistem Saluran .....	73
Tabel 4-2 Hasil Pengecoran Pada Parameter Variasi Temperatur Tuang .....	74
Tabel 5-1 Data Hasil Pengujian Porositas Secara Kuantitatif Pada Parameter Model Sistem Saluran .....	80
Tabel 5-2 Data Hasil Pengujian Porositas Secara Kuantitatif Pada Parameter Variasi Temperatur Tuang .....	82
Tabel 5-3 Data Hasil Pengujian Porositas Kualitatif Pada Potongan 1 Parameter Model Sistem Saluran.....	83
Tabel 5-4 Data Hasil Pengujian Porositas Kualitatif Pada Potongan 2 Parameter Model Sistem Saluran.....	84



Tabel 5-5 Data Hasil Pengujian Porositas Kualitatif Pada Potongan 1 Parameter Variasi Temperatur .....	86
Tabel 5-6 Data Hasil Pengujian Porositas Kualitatif Pada Potongan 2 Parameter Variasi Temperatur Tuang .....	87
Tabel 5-7 Data Hasil Pengujian Impact Pada Parameter Model Sistem Saluran.....	91
Tabel 5-8 Data Hasil Pengujian <i>Impact</i> Pada Parameter Variasi Temperatur Tuang.....	94

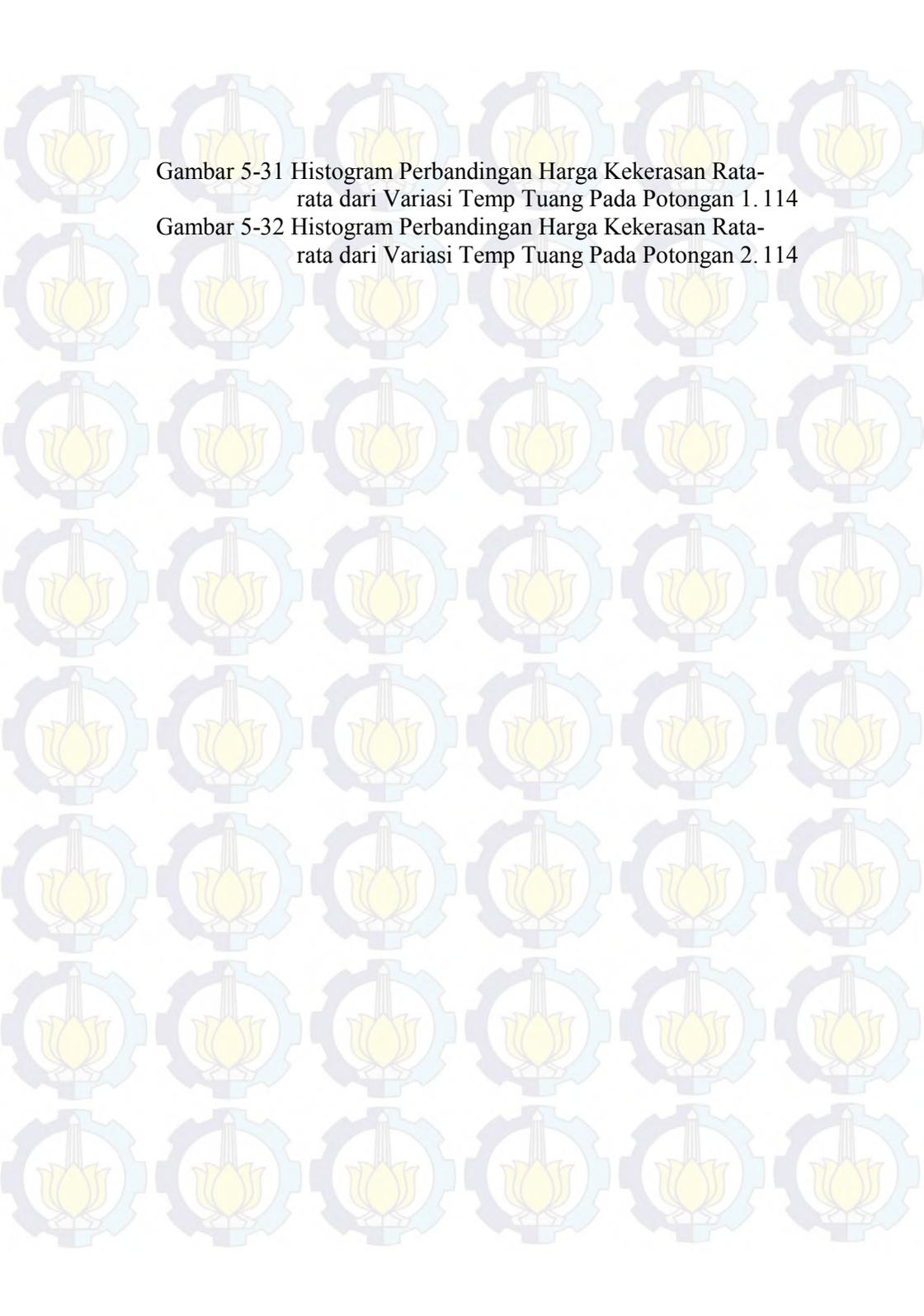
## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1 Diagram Fasa Aluminium-Si .....	10
Gambar 2-2 Klasifikasi Pengecoran .....	12
Gambar 2-3 Proses Lost foam Casting[10]. .....	15
Gambar 2-4 Skema terbentuknya gap antara polystyrene foam dengan cairan logam[1]. .....	17
Gambar 2-5 Struktur butir pada aluminium tuang[12] .....	22
Gambar 2-6 Bentuk porositas pada paduan aluminium tuang [12] .....	22
Gambar 2-7 Pengaruh suhu terhadap kelarutan hidrogen dalam Aluminium murni dan paduan [21] .....	23
Gambar 2-8 Kemungkinan mekanisme shrinkage dalam membentuk formasi dari porositas pinhole di permukaan [12] .....	25
Gambar 2-9 Saluran Pisah[5]. .....	25
Gambar 2-10 Saluran Langsung[5] .....	25
Gambar 2-11 Saluran Bawah[5]. .....	26
Gambar 2-13 Saluran Bertingkat[5]. .....	27
Gambar 2-12 Saluran Pensil[5]. .....	27
Gambar 2-14 Saluran Baji[5]. .....	28
Gambar 2-15 Saluran Terompet[5]. .....	28
Gambar 2-16 Saluran Cincin[5]. .....	29
Gambar 2-17 (a) Indentor dan (b) Jejak Vickers [6]. .....	33
Gambar 2-18 Ilustrasi Skematis Pengujian <i>Impact</i> dengan Benda Uji Charpy .....	34
Gambar 3-1 Diagram Alir .....	37
Gambar 3-2 Lanjutan Diagram Alir .....	38
Gambar 3-3 Lanjutan Diagram Alir .....	39
Gambar 3-4 Desain spesimen untuk model sistem saluran .....	40
Gambar 3-5 Desain saluran untuk variasi temperatur tuang .....	41
Gambar 3-6 Dimensi Spesimen .....	41

Gambar 3-8 Proses Pengisian Cetakan.....	42
Gambar 3-7 Proses Pembuatan Pola .....	42
Gambar 3-9 Proses Pengecoran.....	43
Gambar 3-10 Ingot ADC 12 .....	44
Gambar 3-11 <i>Polystyrene Foam (Styrofoam)</i> .....	45
Gambar 3-12 Pasir Silika .....	46
Gambar 3-13 Lem <i>Styrofoam</i> .....	46
Gambar 3-14 <i>Metal polish</i> .....	47
Gambar 3-15 <i>Hot Wire Cut</i> .....	47
Gambar 3-16 Tungku Krusibel.....	47
Gambar 3-17 Termometer .....	47
Gambar 3-18 Mesin Grinding dan Polishing.....	48
Gambar 3-19 (a).Timbangan Digital ; (b). Neraca Timbangan...	48
Gambar 3-20 Jangka Sorong .....	49
Gambar 3-21 Perkakas .....	49
Gambar 3-22 Mesin gergaji.....	49
Gambar 3-23 Mesin sekrup .....	50
Gambar 3-24 Mikroskop Optik .....	50
Gambar 3-25 Alat Uji Kekerasan .....	51
Gambar 3-26 Mesin Uji <i>Impact</i> .....	51
Gambar 3-27 Daerah pengukuran porositas secara kualitatif.....	54
Gambar 3-28 Potongan Vertikal.....	56
Gambar 3-29 Potongan Horizontal.....	56
Gambar 3-30 Ilustrasi Pengujian Kekerasan Pada Potongan Vertikal.....	56
Gambar 3-31 Spesimen Uji Kekerasan Arah Horizontal .....	57
Gambar 3-32 Spesimen Uji Kekerasan Arah Vertikal .....	57
Gambar 3-33 Spesimen Uji <i>Impact</i> .....	60
Gambar 4-1 Model sistem saluran.....	61
Gambar 4-2 Sistem saluran samping.....	62
Gambar 4-3 Runner .....	64
Gambar 4-4 Variasi Temperatur Tuang .....	65
Gambar 4-5 (a) Pola Untuk Model Sistem Saluran, (b) Pola Untuk Variasi Temp. Tuang .....	68
Gambar 4-6 Proses pengayakan pasir silika .....	69

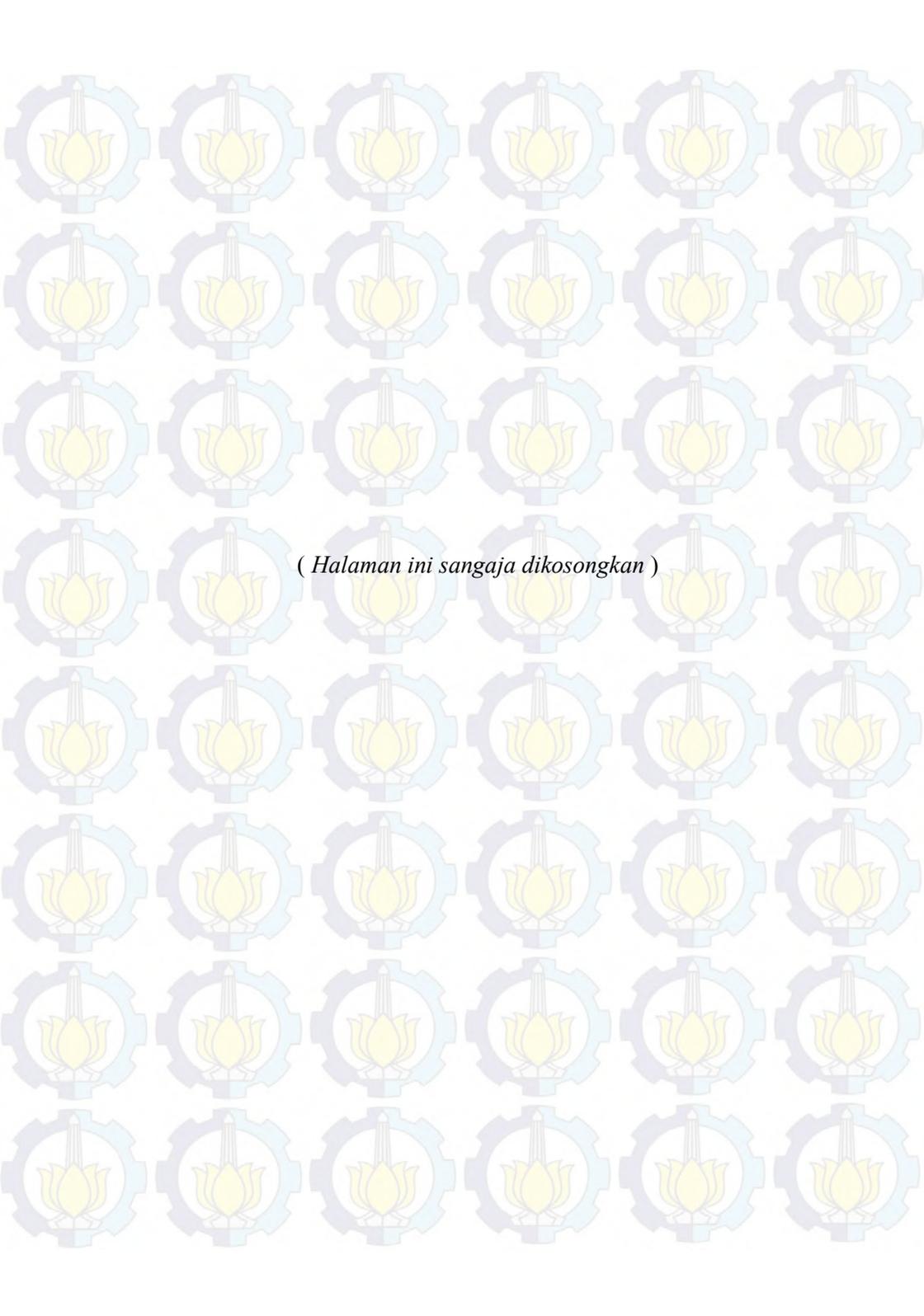
Gambar 4-7 Tahapan membuat cetakan .....	70
Gambar 4-8 Proses peleburan aluminium paduan (ADC 12).....	71
Gambar 4-9 Penataan Cetakan .....	71
Gambar 4-10 Penuangan Logam Cair .....	72
Gambar 4-11 Proses Pembersihan Hasil Coran.....	72
Gambar 4-12 Proses Pengukuran Dimensi Hasil coran .....	77
Gambar 4-13 (a) Penimbangan spesimen, (b) Penimbangan bejana ukur, (c) Penimbangan spesimen dalam bejana ukur.....	78
Gambar 5-1 Perbandingan Prosentase Porositas Secara Kuantitatif Pada Parameter Model Sistem Saluran .....	81
Gambar 5-2 Perbandingan Prosentase Porositas Secara Kuantitatif Pada Parameter Variasi Temp. Tuang .....	82
Gambar 5-3 Histogram Perbandingan Rata-rata Harga Impact untuk Model Sistem Saluran pada Potongan 1 .....	93
Gambar 5-4 Histogram Perbandingan Rata-rata Harga Impact untuk Model Sistem Saluran pada Potongan 2 .....	93
Gambar 5-5 Grafik Rata-rata Harga <i>Impact</i> untuk Variasi Temperatur Tuang pada Potongan 1 .....	95
Gambar 5-6 Grafik Rata-rata Harga <i>Impact</i> untuk Variasi Temperatur Tuang pada Potongan 2 .....	96
Gambar 5-7 Ilustrasi pengujian kekerasan pada potongan vertikal .....	99
Gambar 5-8 Histogram Perbandingan Harga Kekerasan Rata-rata dari Model Sistem Saluran pada Potongan 1 .....	101
Gambar 5-9 Histogram Perbandingan Harga Kekerasan Rata-rata dari Model Sistem Saluran pada Potongan 2 .....	101
Gambar 5-10 Harga Kekerasan Rata-rata untuk Saluran Samping pada Potongan 1 .....	102
Gambar 5-11 Harga Kekerasan Rata-rata untuk Saluran Samping pada Potongan 2 .....	103
Gambar 5-12 Harga Kekerasan Rata-rata untuk Saluran Bawah dengan 1 gate pada Potongan 1 .....	103
Gambar 5-13 Harga Kekerasan Rata-rata untuk Saluran Bawah dengan 1 gate pada Potongan 2 .....	103

Gambar 5-14 Harga Kekerasan Rata-rata Saluran Bawah dengan 2 Gate pada Potongan 1 .....	104
Gambar 5-15 Harga Kekerasan Rata-rata untuk Saluran Bawah dengan 2 Gate pada Potongan 2 .....	104
Gambar 5-16 Harga Kekerasan Rata-rata untuk Saluran Bawah dengan 3 Gate pada Potongan 1 .....	105
Gambar 5-17 Harga Kekerasan Rata-rata untuk Saluran Bawah dengan 3 Gate pada Potongan 2 .....	105
Gambar 5-18 Histogram Perbandingan Harga Kekerasan Rata-rata dari Variasi Temp Tuang pada Potongan 1 ..	106
Gambar 5-19 Histogram Perbandingan Harga Kekerasan Rata-rata dari Variasi Temp Tuang pada Potongan 2 ..	107
Gambar 5-20 Harga Kekerasan Rata-rata untuk Temp Tuang 700°C pada Potongan 1 .....	107
Gambar 5-21 Harga Kekerasan Rata-rata untuk Temp Tuang 700°C pada Potongan 2 .....	108
Gambar 5-22 Harga Kekerasan Rata-rata untuk Temp Tuang 750°C pada Potongan 1 .....	108
Gambar 5-23 Harga Kekerasan Rata-rata untuk Temp Tuang 750°C pada Potongan 2 .....	109
Gambar 5-24 Harga Kekerasan Rata-rata untuk Temp Tuang 800°C pada Potongan 1 .....	109
Gambar 5-25 Harga Kekerasan Rata-rata untuk Temp Tuang 800°C pada Potongan 2 .....	110
Gambar 5-26 Harga Kekerasan Rata-rata untuk Temp Tuang 850°C pada Potongan 1 .....	110
Gambar 5-27 Harga Kekerasan Rata-rata untuk Temp Tuang 850°C pada Potongan 2 .....	111
Gambar 5-28 Ilustrasi Pengujian Kekerasan Pada Potongan Horizontal.....	111
Gambar 5-29 Histogram Perbandingan Harga Kekerasan Dari Model Sistem Saluran Pada Potongan 1 .....	112
Gambar 5-30 Histogram Perbandingan Harga Kekerasan Dari Model Sistem Saluran Pada Potongan 2 .....	113



Gambar 5-31 Histogram Perbandingan Harga Kekerasan Rata-rata dari Variasi Temp Tuang Pada Potongan 1. 114

Gambar 5-32 Histogram Perbandingan Harga Kekerasan Rata-rata dari Variasi Temp Tuang Pada Potongan 2. 114



*( Halaman ini sangaja dikosongkan )*



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Dalam beberapa tahun terakhir, dunia perindustrian di Indonesia mengalami kemajuan yang sangat pesat, salah satunya adalah kemajuan dalam bidang industri pengecoran logam. Satu diantara beberapa jenis metode pengecoran adalah metode *lost foam*. Pengecoran *lost foam* merupakan langkah baru dalam memproduksi benda-benda dengan metode pengecoran. Pada saat ini belum banyak industri pengecoran logam yang menggunakan metode ini dalam memproduksi benda cor. Sedikitnya industri yang menerapkan metode pengecoran ini dikarenakan mereka belum banyak mengetahui seluk beluk metode pengecoran *lost foam* <sup>[1]</sup>.

Metode *lost foam casting* adalah salah satu metode pengecoran dengan menggunakan pola *polystyrene foam*, dimana pola lengkap dengan sistem salurannya ditanam dalam pasir silika kering lalu digetarkan untuk memadatkan pasir. Pola *polystyrene foam* akan mencair dan menguap ketika logam cair dituangkan ke pola *polystyrene foam* dalam cetakan, bekas tempat *polystyrene foam* tersebut akan diisi cairan logam<sup>[1]</sup>. Metode ini dipilih karena memiliki banyak keuntungan ditinjau dari sisi harga produk dan lingkungan. Selain itu metode ini dapat mengurangi proses pemesinan sehingga mengurangi sampah benda padat dan biaya produksi<sup>[1]</sup>. Pengecoran *lost foam* dapat memproduksi benda yang rumit, tidak ada pembagian cetakan, tidak memakai inti, mengurangi tenaga kerja dalam

pengecorannya sehingga cepat untuk membuat benda-benda prototip<sup>[2]</sup>.

Banyak faktor yang mempengaruhi hasil pengecoran dengan metode *lost foam*. Ukuran benda cor, ukuran pasir silika, lama penggetaran cetakan dan komposisi material yang dituang. Temperatur tuang memiliki faktor dominan dalam menentukan nilai tegangan tarik dan elongasi benda cor<sup>[9]</sup>. Untuk menghasilkan produk yang baik pada proses pengecoran salah satunya yaitu merencanakan model sistem saluran, sehingga perlu dilakukan analisa pengaruh model sistem saluran terhadap kualitas hasil coran.

Dalam hal ini penulis akan melakukan beberapa penelitian tentang pengecoran *lost foam* dengan parameter yang berbeda, yaitu model sistem saluran dan perbedaan temperatur tuang. Model sistem saluran meliputi sistem saluran samping, sistem saluran bawah dengan 1 *gate*, sistem saluran bawah dengan 2 *gate* dan sistem saluran bawah dengan 3 *gate*. Sedangkan variasi temperatur yaitu temperatur 700°C, 750°C, 800°C dan 850°C.

Diharapkan dengan pengecoran metode *lost foam* ini mampu membuat produk cor yang berkualitas serta dapat memicu untuk menghasilkan produk lain yang bernilai ekonomis tinggi sehingga memungkinkan untuk membuat industri dalam bidang pengecoran.

## **1.2. Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang telah diuraikan diatas, dapat ditentukan rumusan masalahnya adalah bagaimana pengaruh perbedaan model sistem saluran

dan variasi temperatur tuang terhadap kekerasan, harga *impact*, dan prosentase porositas dari produk cor.

### 1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh parameter model sistem saluran yang dituang pada temperatur  $700^{\circ}\text{C}$  terhadap prosentase porositas, kekerasan dan harga *impact*.
2. Mengetahui pengaruh perbedaan variasi temperatur tuang dengan sistem saluran samping terhadap prosentase porositas, kekerasan dan harga *impact*.
3. Mengetahui perubahan kekerasan, harga *impact* dan prosentase porositas produk cor pada pengecoran *lost foam* dengan parameter model sistem saluran dan variasi temperatur tuang.

### 1.4. Batasan Masalah

Untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai masalah yang akan dikaji dalam penelitian ini, maka permasalahan dalam penelitian ini mempunyai batasan sebagai berikut :

1. Material yang digunakan adalah ADC12 (*Aluminium Die Casting*), diasumsikan memiliki komposisi yang homogen.
2. Pasir cetak yang digunakan diasumsikan memiliki butir pasir dan permeabilitas yang seragam (homogen)
3. Pada saat pembuatan pola *styrofoam* tidak dilakukan proses *coating*.
4. Gaya gesek selama logam cair mengalir melalui sistem saluran dianggap konstan.
5. Logam cair dianggap sebagai Newtonian Fluid.
6. Temperatur tuang pada parameter model sistem saluran diasumsikan konstan sebesar  $700^{\circ}\text{C}$ .
7. Alat uji yang digunakan untuk pengujian dan pengambilan data berfungsi dengan baik.

8. Waktu penuangan diasumsikan sesuai perhitungan.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Dapat mengetahui cara membuat produk dengan proses *lost foam casting* sehingga dapat menghasilkan benda cor dengan kualitas yang baik dan dapat dimanfaatkan oleh Industri Kecil Menengah (IKM).
2. Sebagai literatur untuk penelitian selanjutnya.

*halaman ini sengaja dikosongkan*



## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Sutiyoko dan Suyitno<sup>[3]</sup> melakukan penelitian untuk mengetahui karakteristik pengecoran *lost foam* pada besi cor kelabu dengan variasi ketebalan benda. Metode yang digunakan pola *styrofoam* ketebalan 2 mm, 3,5 mm, 5 mm dan 6,5 mm digetarkan. Cairan logam dituang kedalam cetakan pada suhu sekitar 1350°C - 1375°C. Hasil penelitian menunjukkan fluiditas besi cor kelabu pada ketebalan 2 mm dapat mencapai panjang 83 mm dan semakin meningkat dengan meningkatnya ketebalam benda yakni 148 mm, 283 mm dan 352 mm. Porositas benda semakin meningkat dengan dengan meningkatnya ketebalan benda<sup>[3]</sup>.

L.H. Ashar, H.Purwanto dan S.M.B. Respati<sup>[10]</sup> melakukan penelitian tentang pengaruh model sistem saluran dengan pola *styrofoam* pada proses pengecoran aluminium daur ulang terhadap sifat fisis dan kekerasan produk puli diameter 76 mm. Metode yang digunakan dengan membuat tiga macam sistem saluran dengan temperatur 700°C. Hasil menunjukkan bahwa sistem saluran mempunyai cacat yang berbeda, untuk pola saluran samping (B) dan pola saluran samping dengan raiser (C) terdapat cacat penyusutan (*shrinkage*) di tengah-tengah coran, sedangkan untuk pola saluran langsung (A) tidak terdapat cacat penyusutan akan tetapi terdapat cacat *drop* (tonjolan pada permukaan hasil coran). Hasil pengamatan struktur mikro pada pola saluran A,B dan C masing-masing terdapat cacat porositas dimana pada pola saluran C lebih sedikit cacat porositasnya dibandingkan dengan pola saluran A dan paling banyak cacat porositasnya terdapat

pada pola saluran B. Dari hasil uji kekerasan pada pola A lebih tinggi nilai kekerasannya 75,8 BHN dibanding dengan pola saluran B 70,8 BHN dan pola saluran C 70,73 BHN. Jadi semakin lama pembekuannya semakin rendah nilai kekerasannya<sup>[10]</sup>.

Sutiyoko dan Suyitno<sup>[9]</sup> melakukan penelitian tentang pengaruh temperatur tuang dan ketebalan benda terhadap kekerasan besi cor kelabu dengan pengecoran *lost foam*. Pengecoran dilakukan dengan menuangkan logam besi cor kelabu ke dalam cetakan pada suhu 1300, 1325, 1350, 1375 dan 1400°C. Ketebalan pola divariasikan dengan ukuran 2; 3,5; 5; 6,5 mm. Lebar pola dibuat 10 mm dan panjang divariasikan sesuai dengan perkiraan panjang yang mungkin dicapai oleh benda cor. Pengukuran kekerasan dilakukan pada bagian tengah dari permukaan benda sebanyak 5 titik. Pengukuran dilakukan pada setiap suhu penuangan dan ketebalan benda kemudian dilakukan analisa pengaruhnya terhadap kekerasan benda cor. Hasilnya temperatur tuang dan ketebalan benda cor memiliki pengaruh terhadap kekerasan besi cor kelabu. Kenaikan temperatur tuang akan menurunkan kekerasan benda cor. Kekerasan benda cor juga akan menurun jika ketebalan benda semakin besar. Penurunan kekerasan ini disebabkan terbentuknya grafit lebih banyak karena waktu pendinginan lebih lama<sup>[9]</sup>.

## **2.2 Dasar Teori**

### **2.2.1 Aluminium**

Aluminium murni mempunyai sifat mekanis yang kurang baik, untuk menaikan sifat mekaniknya, maka aluminium dipadu dengan unsur Cu, Mg, Si, Mn, Zn, Ni, dan sebagainya. Aluminium memiliki konduktifitas listrik 60 % lebih dari tembaga sehingga juga digunakan untuk peralatan listrik. Selain

itu logam ini juga memiliki sifat- sifat baik lainnya seperti ketahanan korosi, dan ketahanan keausan <sup>[13]</sup>.

### 2.2.1.1 Klasifikasi Aluminium

Sistem klasifikasi paduan aluminium yang banyak dipakai adalah sistem *Aluminium Association* (AA). Standar ini mencakup klasifikasi berdasarkan cara pembuatan serta unsur paduan utamanya. Baik paduan tempa maupun paduan cor diklasifikasikan dalam empat digit, namun untuk paduan cor, digit keempat dipisahkan dengan tanda titik dari ketiga digit sebelumnya (Tabel 2-1). Standar AA (*Aluminium Association*) telah dimasukkan kedalam *American Standard*, ANSI H35.1-1978 *American Standard Institute* <sup>[15]</sup>.

Tabel 2-1 Daftar seri paduan Aluminium tuang (cast aluminium) sesuai standar AA <sup>[4]</sup>

Kelas	Unsur Paduan Utama
1xx,x	Aluminium murni (99.00% atau lebih)
2xx,x	Al-Cu alloy
3xx,x	Al-Si-Cu dan atau Mg
4xx,x	Al-Si
5xx,x	Al-Mg
6xx,x	Seri yang tidak digunakan
7xx,x	Al-Zn
8xx,x	Al-Sn
9xx,x	Al dengan unsur-unsur lain

Pada standar AA (*Aluminium Association*) terdapat empat digit yang memiliki makna sebagai berikut :

- Digit Pertama : paduan utama dari aluminium
- Digit kedua dan ketiga : paduan spesifik dari aluminium yang berbeda tiap materialnya. Paduan ini

jumlahnya tidak signifikan tetapi unik.

- Digit keempat : menandakan bentuk produk:
  - .0 untuk spesifikasi paduan coran
  - .1 untuk spesifikasi ingot yang digunakan untuk membuat paduan cor
  - .2 untuk spesifikasi ingot yang lebih spesifik.
- Prefix huruf, seperti “A”, menandakan modifikasi dari spesifikasi paduan aslinya<sup>[15]</sup>.

Aluminium tuang memiliki sifat-sifat yang menguntungkan dan merugikan. Sifat yang menguntungkan dari aluminium yaitu :

- Titik lebur rendah
- Fluiditas bagus
- Struktur butir dapat dikontrol
- Kualitas permukaan bagus
- Kelarutan gas rendah
- Bisa dikuatkan dengan perlakuan panas<sup>[4]</sup>

Sedangkan sifat yang merugikan dari aluminium tuang yaitu :

- Penyusutan cukup tinggi (4-8%)
- Kelarutan hidrogen tinggi
- Dapat mengalami *hot cracking*
- Keuletan rendah<sup>[4]</sup>.

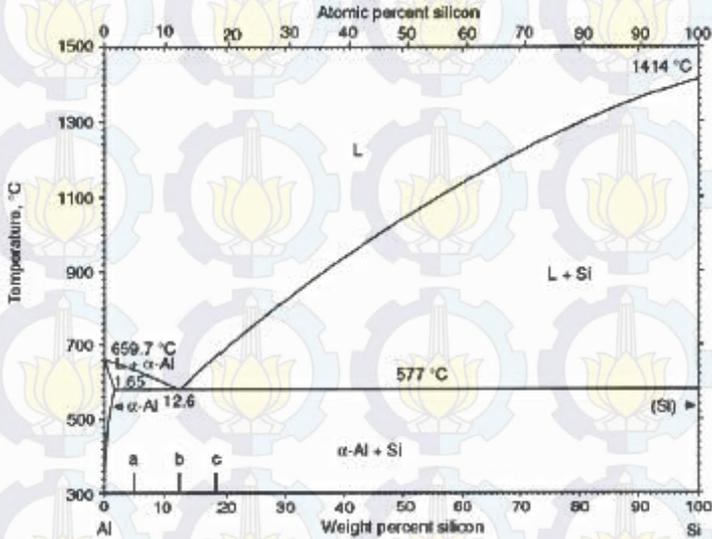
### 2.2.1.2 Diagram Fasa Aluminium-Si

Paduan Al-Si memiliki sifat mampu cor yang baik, tahan korosi, dapat diproses dengan pemesinan dan dapat dilas. Diagram fasa dari Al-Si ditunjukkan pada Gambar 2-1, diagram ini digunakan sebagai pedoman umum untuk menganalisa perubahan fasa pada proses pengecoran paduan Al-Si<sup>[15]</sup>.

Kandungan silikon pada diagram fase Al-Si ini terdiri dari 3 macam yaitu :

- a. *Hipoeutectic* yaitu apabila terdapat kandungan silikon  $< 11.7\%$  dimana struktur akhir yang terbentuk pada fasa ini adalah struktur ferrite (*alpha*) kaya Aluminium, dengan struktur eutektik sebagai tambahan.
- b. *Eutectic* yaitu apabila kandungan silikon yang terkandung didalamnya sekitar  $11.7\%$  sampai  $12.6\%$ . Pada komposisi ini paduan Al-Si dapat membeku secara langsung (*dari fasa cair ke padat*).
- c. *Hypereutectic* yaitu apabila komposisi silikon diatas  $12.2\%$  sehingga kaya akan silikon dengan fasa eutektik sebagai fasa tambahan. Keberadaan struktur kristal silikon primer pada daerah ini mengakibatkan karakteristik yaitu:
  1. Ketahanan aus paduan meningkat.
  2. Ekspansi temal yang rendah.
  3. Memiliki ketahanan retak panas (*hot trearing*) yang baik<sup>[15]</sup>.

Fungsi lain dari unsur silikon dapat mereduksi koefisien ekspansi temal dari paduan Aluminium. Selama pemanasan terjadi, pemuaiian volume paduan tidak terlalu besar. Hal ini akan menjadi sangat penting saat proses pendinginan dimana akan terjadi penyusutan volume paduan Aluminium<sup>[15]</sup>.



Gambar 2-1 Diagram Fasa Aluminium-Si

### 2.2.1.3 Paduan ADC 12 (*Aluminium Die Casting*)

Menurut CSIRO, National Research<sup>[16]</sup>, ADC 12 merupakan paduan Aluminium tuang yang mengikuti tata nama JIS (*Japan Industrial Standart*). Paduan ADC 12 ini memiliki kesetaraan dengan paduan Aluminium 384.0-F dan 383.0-F<sup>[17]</sup>. Menurut standar klasifikasi AA, Aluminium jenis ini termasuk ke dalam paduan Al-Si-Cu. Pada Tabel 2-2. diperlihatkan komposisi kimia ADC12 PT. Global Metalindo Asia serta perbandingannya dengan ADC12-JIS. Dilihat dari komposisi kimianya ADC12 produksi PT. Global Metalindo Asia sebagai material yang digunakan pada penelitian ini termasuk aluminium paduan eutektik, dan Tabel 2-3. menunjukkan sifat utama dari paduan *aluminium die casting*.

Tabel 2-2 Perbandingan Unsur Kimia Paduan ADC 12

Elemen Paduan	ADC 12 <sup>[17]</sup>	ADC 12 (JIS) <sup>[17]</sup>
Al	80,6 - 85 wt%	80,15 wt%
Cu	1,5 – 3,5 wt%	1,5 – 3,5 wt%
Si	9,6 – 12 wt%	10,5 – 12,5 wt%
Mg	< 0,3 wt%	0,5 wt%
Zn	< 1 wt%	1 maks wt%
Fe	< 1,3 wt%	1,3 maks wt%
Mn	< 0,5 wt%	0,5 maks wt%
Ni	< 0,5 wt%	0,5 maks wt%
Sn	< 0,3 wt%	0,3 maks wt%

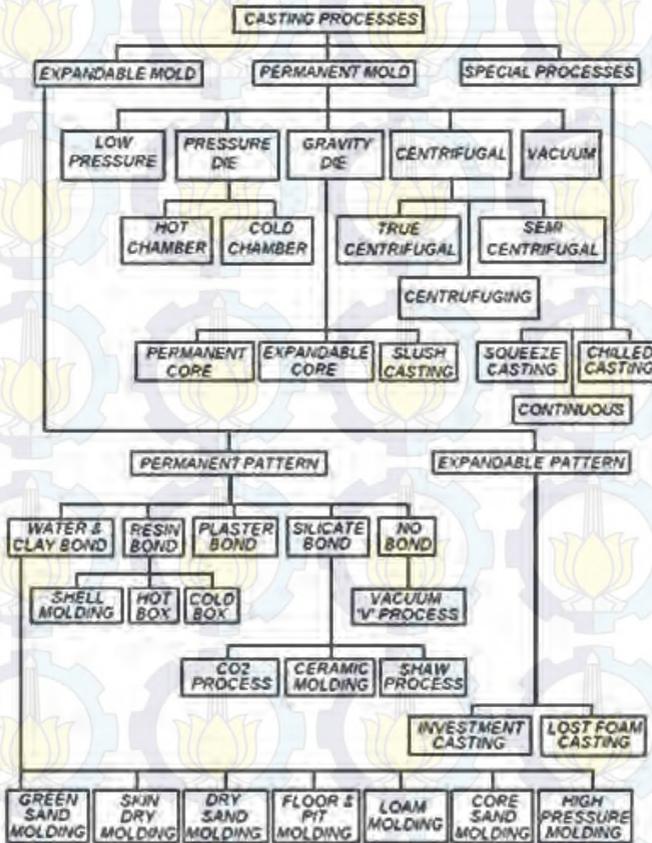
Tabel 2-3 Sifat Utama dari Paduan ADC 12[18]

Sifat	Nilai
Densitas	2,74 – 2,823 g/cm <sup>3</sup>
Temperatur cair	516 - 528°C
Kekeuatan tarik	310 – 331 Mpa
Kekeuatan luluh	150 – 165 Mpa
Kekerasan <i>Brinell</i>	75 – 85 Hb
Perpanjangan	2,5 – 3,5 %
Temperatur tuang	616 - 699°C

## 2.2.2 Klasifikasi Pengecoran

Proses pengecoran dapat dikelompokkan menurut jenis cetakan maupun gaya penggerak yang digunakan ketika

melakukan proses penuangan logam cair ke rongga cetakan. Skema lengkap mengenai pengelompokan proses pengecoran dapat dilihat pada Gambar 2-2.



Gambar 2-2 Klasifikasi Pengecoran

Dalam pembahasan kali ini hanya akan membahas terkait metode *lost foam casting*.

### 2.2.3 *Lost Foam Casting*

Pengecoran *lost foam* merupakan salah satu jenis pengecoran yang menggunakan bahan *styrofoam* sebagai bahan untuk membuat pola dan ditanam dalam pasir cetak menjadi cetakan. Ketika logam cair dimasukkan ke dalam cetakan, *styrofoam* akan mencair dan menguap sehingga tempat itu akan diisi oleh cairan logam<sup>[2]</sup>.

Pengecoran *lost foam* dimulai dengan membuat pola *styrofoam* dengan kerapatan / masa jenis tertentu sesuai yang direncanakan. Dalam beberapa aplikasi, bagian-bagian pola dilem untuk mendapatkan bentuk keseluruhan dari benda yang kompleks. Sistem saluran dirangkai dengan cara dilem menyatu dengan rangkaian pola. Beberapa pola dapat dilakukan pengecoran dengan dirangkai dalam satu sistem saluran. Pola telah dirangkai dengan sistem saluran diistilahkan dengan *cluster*<sup>[1]</sup>. Sistem saluran memiliki pengaruh besar terhadap adanya cacat pada benda cor misalnya saluran masuk bawah akan menyebabkan porositas dan cacat lipatan (*folded*) paling sedikit dibanding saluran samping atau atas<sup>[1]</sup>.

Ada beberapa proses dalam melakukan *lost foam casting*, diantaranya:

1. Proses pembuatan pola *styrofoam* yang dapat dikerjakan menggunakan tangan maupun dengan bantuan mesin
2. Menyusun pola cetakan dalam satu *cluster* atau merangkai benda rakitan
3. Proses *coating*
4. Proses pengisian pasir kedalam *flask*
5. Proses penggetaran (*vibration*)
6. Proses penuangan cairan logam kedalam cetakan

### 7. Mengeluarkan benda hasil cetak dari dalam *flask*

Pengecoran *lost foam* memiliki banyak keuntungan, diantaranya :

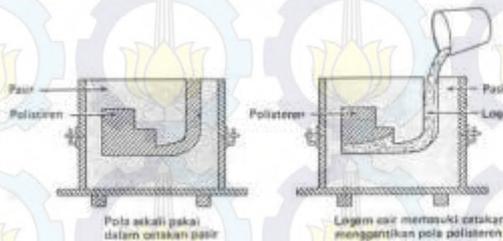
1. Pengecoran *lost foam* dapat memproduksi benda yang kompleks/ bentuknya rumit, tidak ada pembagian cetakan, tidak memakai inti, mengurangi tenaga kerja dalam pengecorannya sehingga cepat untuk membuat benda-benda prototip<sup>[1]</sup>.
2. Cetakan dari pola berbahan *styrofoam* mudah dibuat dan murah<sup>[1]</sup>.
3. Dapat memproduksi benda-benda ringan<sup>[1]</sup>.
4. Tidak memerlukan *raiser* untuk mengontrol penyusutan saat pembekuan<sup>[1]</sup>.
5. Pasir yang digunakan dapat dengan mudah dipakai kembali karena tidak menggunakan pengikat<sup>[1]</sup>.
6. Meningkatnya keakuratan dimensi dan memberikan peningkatan kualitas coran dibandingkan cetakan konvensional<sup>[1]</sup>.
7. Sudut-sudut kemiringan dan radius pada pola dapat dieliminasi<sup>[1]</sup>.
8. Proses pembersihan dan pemesinan dapat dikurangi secara dramatis<sup>[1]</sup>.
9. Pencemaran lingkungan karena emisi bahan-bahan pengikat dan pembuangan pasir dapat dikurangi karena tidak menggunakan bahan pengikat dan pasir dapat langsung digunakan kembali<sup>[2]</sup>.

Pengecoran *lost foam* juga memiliki beberapa kekurangan, diantaranya :

1. Porositas dalam pengecoran aluminium dengan pola *stryofoam* lebih tinggi dibandingkan dengan cetakan CO<sub>2</sub>. Hal ini menunjukkan bahwa sulit untuk mendapatkan kekuatan mekanik yang lebih baik pada pengecoran aluminium tanpa perlakuan tertentu<sup>[1]</sup>.

2. Pasir yang tidak diikat memicu terjadinya cacat pada benda cor karena pasir yang jatuh ke logam cair [1].
3. Usaha untuk mengikat cetakan *lost foam* adalah dengan membuat cetakan tersebut vakum dimana cetakan dilapisi dengan lapisan polietilen. Proses ini menghasilkan emisi ke gas hasil pembakaran *styrofoam* yang dapat membahayakan lingkungan dan kesehatan pekerja. Untuk mengatasi kekurangan ini maka diperlukan peralatan APD lengkap untuk menghindari bahaya yang timbul pada saat proses pengecoran [2].

Kualitas hasil pengecoran *lost foam* dipengaruhi oleh banyak parameter. Parameter parameter tersebut diantaranya temperatur penuangan, ukuran pasir silika, massa jenis *styrofoam*, lama penggetaran cetakan, ukuran benda dan komposisi material yang dituang. Temperatur penuangan aluminium semakin meningkat akan memberikan panjang mampu alir yang lebih baik [1]. Penempatan pola dan proses pengecoran *lost foam* ditunjukkan pada Gambar 2-3.



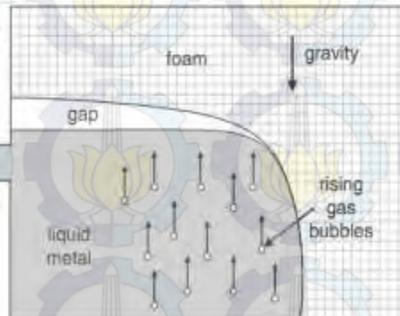
Gambar 2-3 Proses Lost foam Casting[10].

#### 2.2.4 Dekomposisi Polystyrene Foam (Styrofoam)

*Polystyrene* yang digunakan dalam pengecoran *lost foam* terdiri dari 92% C dan 8% H [1]. Rantai benzena  $C_6H_5$  dalam *polystyrene* relatif stabil sedangkan rantai  $-CH=CH_2-$  cenderung terurai pertama kali. Rantai benzena bertahan dalam

bentuk cair dan bereaksi dengan cairan logam yang dapat menyebabkan cacat cor. *Polystyrene co-polymer* dan *polymethylmetacrylate* (PMMA) dikembangkan untuk mengurangi karbon yang berhubungan dengan cacat cor pada pengecoran logam ferro<sup>[1]</sup>. PMMA sebagian besar (sekitar 80%) terdekomposisi menjadi fase gas pada suhu 700°C sedangkan *polystyrene* hanya sekitar 40% pada suhu yang sama<sup>[1]</sup>. Hasil dekomposisi *polystyrene foam* akan menghalangi logam jika tidak segera keluar dari cetakan<sup>[1]</sup>.

Pola *polystyrene foam* yang dituang cairan logam dapat membentuk gap (adanya ruang pemisah) antara logam cair dan pola yang belum terkena cairan, seperti ditunjukkan pada Gambar 2-4. Pada pengecoran aluminium, pola terurai menjadi cair dan gas<sup>[1]</sup>. *Polystyrene foam* terdekomposisi menjadi hidrogen dan karbon saat penuangan cairan. Sebagian karbon masih tersisa pada pori-pori dalam benda cor yang dibuktikan dari analisis WDS pada pengecoran ingot aluminium A 356.2<sup>[1]</sup>. Gas hasil penguraian keluar dari cetakan dengan berdifusi melalui *coating*. *Coating* menyerap cairan yang terurai dari *polystyrene foam* dan sisanya tertinggal dipemukaan dalam *coating*. Cairan logam langsung menyusul cairan yang tersisa tersebut dan menguapkannya menjadi gelembung-gelembung gas kecil. Gelembung-gelembung gas dari seluruh bagian cetakan akan bergerak naik ke bagian atas. Gelembung-gelembung ini akan mengalir dan saling bertemu pada bagian yang lebih tinggi dari cetakan dan membentuk gap/pemisah antara cairan logam dan *polystyrene foam*<sup>[1]</sup>.



Gambar 2-4 Skema terbentuknya gap antara polystyrene foam dengan cairan logam[1].

Dengan membesarnya ukuran gap, perpindahan panas konduksi dari logam cair ke *polystyrene foam* berkurang dan kecepatan pengisian cairan berkurang sehingga *polystyrene foam* mengalami pengurangan lebih banyak dengan cara mencair dari pada dengan cara terbakar (*ablation*). Ketika hal ini terjadi, kita katakan *polystyrene foam* terdekomposisi pada daerah gap. Gap yang terbentuk ini pada kenyataannya tidak terjadi pada satu tempat saja karena gelembung-gelembung gas ini terjadi pada seluruh permukaan cairan logam dalam cetakan <sup>[1]</sup>. Dekomposisi *polystyrene foam* akan menghasilkan tekanan balik yang berlawanan dengan aliran logam sehingga menghasilkan gaya tekan yang menahan cetakan tetap berada pada tempatnya <sup>[1]</sup>.

Salah satu permasalahan unik dalam produksi cor dengan pengecoran *lost foam* adalah terbentuknya cacat pengecoran yang berkaitan dengan dekomposisi *polystyrene foam*. Berbagai macam bentuk cacat yang disebabkan karena dekomposisi ini diantaranya porositas didalam benda cor, *blister* (melepuh), *fold* (lipatan) dan permukaan yang kasar <sup>[1]</sup>. Porositas didalam benda cor disebabkan hasil dekomposisi *polystyrene foam* yang terjebak dalam logam cair. Logam membeku sebelum hasil dekomposisi *polystyrene foam* keluar melalui pori-pori pada *coating* <sup>[1]</sup>. Dekomposisi *polystyrene foam* juga memengaruhi waktu pengisian logam cair <sup>[1]</sup>. Pada pengecoran aluminium, tahap awal terbentuk residu

cair dibagian depan logam dan menembus pori-pori pada *coating* dalam bentuk gas. Gas yang terbentuk dapat dikurangi dengan pori-pori pada lapisan *coating*. Laju eliminasi gas tergantung pada beberapa faktor diantaranya jumlah produksi gas, permeabilitas pada *coating* dan pasir, sifat termal dari *coating* dan pasir serta temperatur cair<sup>[1]</sup>.

Residu cair terutama terdiri dari dimer, trimer, tetramer dan oligomer yang lain<sup>[1]</sup>. Gas atau residu hasil dekomposisi *polystyrene foam* yang terperangkap karena adanya aliran turbulen ketika pengisian cetakan dalam proses pengecoran konvensional akan menghasilkan porositas. Urutan pengisian cetakan pada pengecoran *lost foam* berbeda dengan pengecoran konvensional. Konsekuensinya porositas pada pengecoran *lost foam* lebih tinggi dari pengecoran biasa karena pola yang terbakar saat cairan dimasukkan<sup>[1]</sup>.

### 2.2.5 Pasir Cetak

Pasir cetak dapat digunakan secara terus menerus selama masih mampu menahan temperatur cairan ketika dituangkan<sup>[1]</sup>. Pasir silika, pasir zirkon, pasir olivine dan kromate dapat digunakan sebagai pasir cetak pada pengecoran *lost foam*. Penggunaan pasir yang mahal seperti pasir zirkon dan kromite dapat dilakukan untuk mendapatkan tingkat reklamasi pasir yang tinggi<sup>[1]</sup>. Kekuatan cetakan pasir ditentukan oleh resistensi gesek antar butir pasir. Kekuatan cetakan pasir akan lebih tinggi jika menggunakan pasir dengan bentuk *rounded* (bulat) akan memberikan densitas yang lebih tinggi<sup>[1]</sup>. Perubahan bentuk pasir dari *angular* ke *rounded* akan menaikkan densitasnya sekitar 8-10%<sup>[1]</sup>. Densitas pasir cetak dapat ditingkatkan dengan digetarkan.

Waktu pengisian logam cair ke dalam cetakan akan lebih lama apabila menggunakan pasir cetak yang memiliki

ukuran lebih kecil. Kecepatan penuangan semakin besar dengan bertambahnya ukuran pasir cetak <sup>[1]</sup>. Hal ini karena rongga-rongga antar pasir akan semakin kecil dengan mengecilnya ukuran pasir sehingga gas hasil degradasi lebih sulit keluar melalui pasir. Pada pengecoran Al7%Si, ukuran pasir cetak memiliki faktor dominan dalam menentukan nilai tegangan tarik dan elongasi benda cor <sup>[1]</sup>. Pemilihan jenis pasir cetak dan metode pemadatan sangat penting untuk mendapatkan permeabilitas yang tepat dan mencegah defomasi pola. Ukuran butir pasir AFS 30-45 menjamin permeabilitas yang baik untuk pola yang terdekomposisi menjadi gas dan cairan <sup>[1]</sup>.

### 2.2.6 Pola *Polystyrene Foam (Styrofoam)*

Massa jenis dan ukuran butiran *polystyrene foam (Styrofoam)* memegang peranan penting dalam pengecoran *lost foam*. Massa jenis yang rendah diperlukan untuk meminimalisir jumlah gas yang terbentuk pada saat pola menguap. Gas akan keluar ke atmosfer melalui coating dan celah-celah pasir. Jika pembentukan gas lebih cepat dari pada keluarnya gas ke atmosfer maka akan terbentuk cacat dalam benda cor. Pembentukan gas tergantung pada massa jenis pola *polystyrene foam* dan temperatur penuangan. Gas terbentuk makin banyak apabila massa jenis pola dinaikan pada temperatur tuang konstan. Jika massa jenis pola tetap dan temperatur tuang dinaikan maka gas akan terbentuk lebih banyak karena pola akan terurai menjadi molekul-molekul yang lebih banyak pada temperatur lebih tinggi <sup>[1]</sup>.

Perbandingan luas permukaan dan volume pola harus diperhatikan. Gas yang terbentuk harus keluar melalui *coating* dipemukaan pola. Ukuran butir *polystyrene foam* yang lebih kecil akan meningkatkan kehalusan pola dan mampu untuk mengisi tempat-tempat yang sempit dari pola <sup>[1]</sup>. Massa jenis *polystyrene foam* secara umum berbanding terbalik dengan massa jenis hasil

benda cor. Hal ini berarti jika pengecoran menggunakan massa jenis styrofoam lebih rendah maka massa jenis benda cor akan lebih tinggi <sup>[1]</sup>.

### 2.2.7 Penggetaran (Vibration)

Kekasaran permukaan Al-7%Si menurun dengan peningkatan amplitudo penggetaran sampai  $485\mu\text{m}$ . Hal ini terjadi karena peningkatan amplitudo getaran akan menyebabkan partikel-partikel pasir yang lebih halus bergerak mengisi ruangan diantara butir-butir pasir. Amplitudo yang lebih besar dari  $485\mu\text{m}$  menyebabkan butir-butir pasir yang lebih besar bergerak dan gaya antar butir pasir akan menyebabkan pasir bergerak menuju ke permukaan pola. Hal ini menyebabkan keruncingan permukaan pola lebih besar dan kekasaran permukaan benda cor menjadi lebih kasar <sup>[1]</sup>.

Peningkatan lama penggetaran cetakan akan menyebabkan kekasaran permukaan benda cor Al-7%Si menurun. Hal ini karena semakin lama waktu penggetaran akan menyebabkan partikel-partikel yang lebih kecil berada pada batas antara pola dan pasir. Keruncingan permukaan pasir pada perbatasan pola akan berkurang sehingga permukaan benda cor lebih halus <sup>[1]</sup>.

### 2.2.8 Penguangan

Suhu penguangan paduan Al-7%Si yang lebih tinggi akan meningkatkan kekasaran permukaan benda cor. *Superheat* (suhu diatas temperatur cair) yang lebih tinggi akan menurunkan tegangan permukaan cairan logam. Hal ini akan menjadikan cairan logam mudah teresap ke celah-celah diantara pasir yang menyebabkan kekasaran benda cor meningkat <sup>[1]</sup>. Temperatur

tuang memiliki faktor dominan dalam menentukan nilai tegangan tarik dan elongasi benda cor<sup>[1]</sup>.

Kecepatan penuangan logam cair memiliki pengaruh besar terhadap kualitas benda cor. Kecepatan penuangan Aluminium cair berkisar 0,015-0,02 m/s untuk mendapatkan jumlah dan jenis cacat pada benda cor yang minimal<sup>[1]</sup>. Kecepatan pengisian logam dan keluarnya hasil dekomposisi *polystyrene foam* tergantung pada banyak faktor diantaranya massa jenis *foam*, ikatan *foam* ketebalan *coating*, temperatur logam dan kecepatan bagian depan logam cair<sup>[1]</sup>. Kecepatan aliran logam meningkat dengan bertambahnya temperatur tuang<sup>[1]</sup>.

### 2.2.9 Pembekuan (*Solidification*)

Besar butir dan kerapatan akan berpengaruh terhadap kekuatan dari material. Besar butir dan kerapatan material yang pengerjaannya melalui proses pengecoran dapat dipengaruhi oleh jenis cetakan, proses pengecoran dan pembekuannya<sup>[1]</sup>.

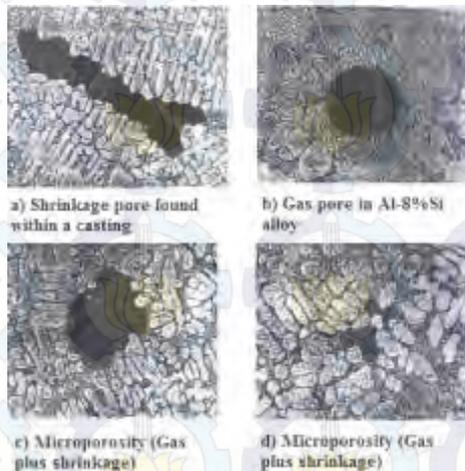
Paduan Al seperti kebanyakan paduan logam ringan yang lain, secara normal akan memiliki struktur butir yang kasar, yaitu butir kristal *equiaxed* dan *columnar* selama proses pembekuan (Gambar 2-5). Tingkat kekasaran atau panjang dari kristal *columnar* tergantung dari temperatur penuangan. Paduan yang memiliki kelarutan tinggi dalam aluminium (Cu, Mg, Zn) secara alami membentuk fasa padat yang halus, yaitu butir dengan struktur *equiaxed* yang berukuran kecil, dibanding dengan paduan yang memiliki kelarutan kurang seperti Si. Jadi paduan aluminium Al-Cu (A2xx.x) lebih mudah membentuk butir yang halus dari pada aluminium yang mengandung Si dalam jumlah yang banyak.



Gambar 2-5 Struktur butir pada aluminium tuang[12]

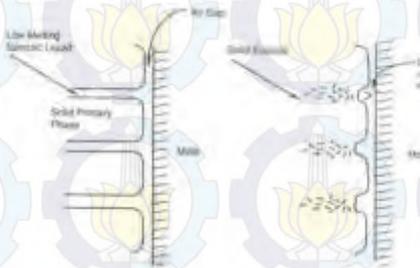
### 2.2.9.1 Cacat yang Terbentuk Selama Proses Pembekuan

Porositas adalah salah satu cacat yang sering terjadi pada produk aluminium tuang, dan akan menjadi awal suatu produk dikatakan gagal. Porositas pada aluminium tuang ada dua jenis yaitu yang berasal dari *shrinkage* dan gas. Namun pada kebanyakan kasus porositas terjadi adalah kombinasi dari keduanya, yaitu akibat *shrinkage* dan juga gas yang terperangkap selama proses pembekuan. Hanya sedikit kasus di mana porositas karena *shrinkage* murni atau karena gas murni dapat diidentifikasi. Gambar 2-6 menunjukkan berbagai tipikal porositas yang terjadi pada paduan aluminium<sup>[12]</sup>.

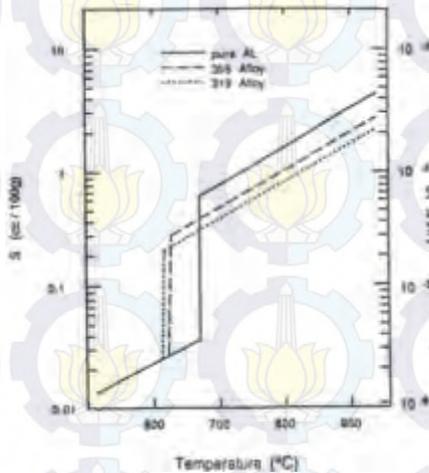


Gambar 2-6 Bentuk porositas pada paduan aluminium tuang [12]

Porositas akibat *shrinkage* biasanya terbentuk pada bagian saluran masuk logam cair atau juga pada bagian penambah (*riser*), atau dapat juga terjadi pada bagian permukaan yang berdekatan dengan cetakan. Selama proses pembekuan yang cukup lama, sesuai arah pembekuan yang bermula dari bagian paling dekat dengan cetakan yang kemudian pada fasa liquid mulai membeku dan menyusut ke arah dalam sehingga pada bagian permukaan meninggalkan porositas yang disebut *pinhole*, proses ini ditunjukkan oleh Gambar 2-7.



Gambar 2-8 Kemungkinan mekanisme shrinkage dalam membentuk formasi dari porositas pinhole di permukaan [12]



Gambar 2-7 Pengaruh suhu terhadap kelarutan hidrogen dalam Aluminium murni dan paduan [21]

Porositas juga bisa disebabkan oleh gas yang terperangkap pada saat pembentukan fasa padat. Gas hidrogen merupakan gas yang sangat mendominasi karena kelarutannya yang sangat tinggi dalam larutan aluminium, terutama pada suhu melewati 600°C, kelarutan gas hidrogen pada aluminium ditunjukkan oleh Gambar 2-8. Temperatur logam cair juga menentukan jumlah hidrogen yang diserap. Ketika temperatur naik, volume hidrogen yang larut kedalam logam cair akan semakin besar seperti terlihat pada Tabel 2-4.

Tabel 2-4 Hubungan Temperatur dengan Daya Larut Hidrogen pada Cairan Aluminium dan Paduan[22].

Temperatur		Hidrogen Solubility (cc/100 gms*)
°C	°F	
0	32	0,0000001
400	752	0,005
660-Solid	1220	0,036
660-Solid	1220	0,69
700	1292	0,92
750	1382	1,23
800	1472	1,67
850	1562	2,15

*\*measured at pressure of one atmosphere and a temperature 20°C.*

## 2.2.10 Macam-macam Sistem Saluran

### 1. Saluran Pisah

Saluran yang mempunyai saluran masuk pada permukaan pisah dari cetakan, dimana logam cair jatuh dalam rongga cetakan.

Keuntungan :

- Memiliki dua saluran berbeda, sehingga ada jalan bagi udara untuk keluar.

Kekurangan :

- Temperatur penuangan harus lebih tinggi
- Kecepatan penuangan juga harus cepat.



Gambar 2-9 Saluran Pisah[5].

## 2. Saluran Langsung

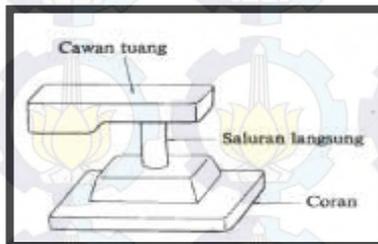
Adalah saluran tegak yang terbuka langsung pada bagian atas rongga. Saluran ini dibuat agar logam jatuh diantara rongga cetakan jadi ketika dituang logam cair langsung mengisi rongga cetakan

Keuntungan :

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

Kekurangan :

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



Gambar 2-10 Saluran Langsung[5]

### 3. Saluran Bawah

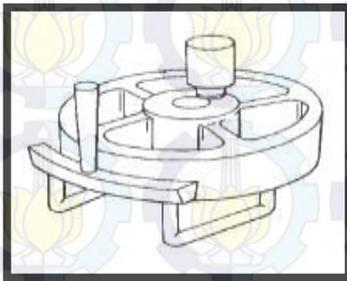
Saluran yang mempunyai saluran masuk bagian bawah dari rongga cetakan. Karena itu mempunyai saluran turun tegak yang panjang disambung dengan pengalir dan saluran masuk dibuat untuk membelokkan ke atas.

Keuntungan :

- Mengurangi cacat coran

Kerugian :

- Diperlukan penuangan yang cepat



Gambar 2-11 Saluran Bawah[5].

### 4. Saluran Pensil

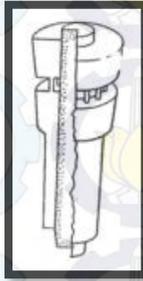
Sistem saluran dimana logam dijatuhkan ke bawah melalui beberapa lubang pada dasar dari cawan tuang

Keuntungan :

- Hanya untuk benda simetris.

Kerugian :

- Pembuatan saluran ini relatif sulit dan rumit



Gambar 2-12 Saluran Pensil[5].

#### 5. Saluran Bertingkat

Mempunyai saluran turun yang dihubungkan dengan beberapa saluran masuk logam cair masuk ke coran melalui dari saluran yang paling bawah kemudian ke atasnya secara berurutan.

Keuntungan :

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

Kerugian :

- Pembuatan cetakan yang rumit serta saluran jadi semakin.



Gambar Error! No text of specified style in document.-13

Saluran Bertingkat[5].

## 6. Saluran Baji

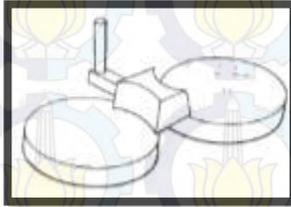
Saluran baji dibuat seperti celah pada bagian atas coran. Saluran ini mempunyai 2 saluran masuk bertujuan untuk menghasilkan coran dengan ketebalan yang sama.

Keuntungan :

- Dalam sekali tuang dapat dihasilkan beberapa benda coran lebih dari satu dengan ukuran yang sama besar.

Kerugian :

- Kecepatan penuangan harus tinggi karena hanya ada saluran masuk untuk beberapa pola yang harus diisi.



Gambar Error! No text of specified style in document.-14

Saluran Baji[5].

## 7. Saluran Terompet

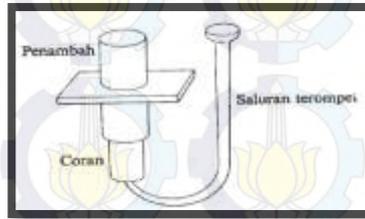
Saluran yang memiliki saluran alirnya bebrbentuk terompet dan ujungnya berada didasar rongga cetakan drug.

Keuntungan :

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

Kerugian :

- Cocok untuk benda-benda yang berbentuk pejal.



Gambar 2-15 Saluran Terompel[5].

#### 8. Saluran Cincin

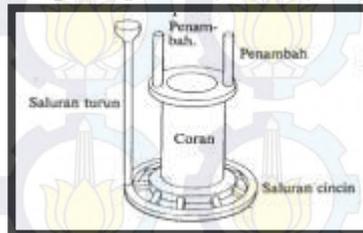
Saluran yang dibuat dari saluran dimana aliran mengelilingi pola cetakan, biasanya dipakai dengan model saluran bawah.

Keuntungan :

- Logam cair akan masuk dan mengisi rongga pada cetakan secara merata.
- Hasil coran padat dan dapat mengurangi cacat.

Kerugian :

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



Gambar 2-16 Saluran Cincin[5].

### 2.2.11 Merancang Sistem Saluran

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, aliran turbulans sangat dihindari karena 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 membentuk dimensi sistem saluran.

1. Menghitung *Pouring Volume*,  $Q_p$  ( $\text{cm}^3$ )

$$Q_p = W/\rho \quad (2.1)^{[5]}$$

Keterangan :

$Q_p$  = *Pouring volume* ( $\text{cm}^3$ )

$W$  = *Pouring weight* (kg)

$\rho$  = Densitas

2. Menghitung *Pouring Time*,  $t_p$  (s).

Menurut Nielsen, sebagai berikut :

$$T_p = 0.32 \cdot t \cdot W_p^{0.4} \quad (2.2)^{[5]}$$

Keterangan:

$T_p$  = *Pouring time* (s)

$W_p$  = Massa benda cor (kg)

$t$  = Tebal dominan (mm)

3. Menghitung *Effective Sprue Height*,  $H$  (cm)

a. *Top Gating*

$$\text{Effective head, } H = h \quad (2.3)^{[5]}$$

b. Bottom Gating

$$\text{Effective head, } H = h - \frac{c}{2} \quad (2.4)^{[5]}$$

c. Parting Line Gating

$$\text{Effective head, } H = \frac{2hc - p^2}{2c} \quad (2.5)^{[5]}$$

Keterangan:

ESH = *Effective Sprue Height* (mm)

H = *Tinggi sprue* (mm)

P = *Wall thickness* (mm)

C = *Tinggi produk coran* (mm)

4. Menghitung *Sprue Area*

a. Luas *sprue* bagian bawah,  $A_B$  ( $\text{mm}^2$ )

$$A_B = \frac{W}{\rho t c \sqrt{2qH}} \quad (2.6)^{[5]}$$

Keterangan :

$A_B$  = Luas sprue bagian bawah ( $\text{mm}^2$ )

$W$  = berat coran ( $\text{Kg}$ )

$\rho$  = density of molten metal ( $\text{Kg}/\text{m}^3$ )

$t$  = pouring time (sec)

$H$  = effective sprue height (cm)  $q =$   
acc due to gravity ( $9,81 \text{ kg m}/\text{s}^2$ )

$c$  = efficiency factor of sprue

= 0,88  $\rightarrow$  tapered sprue

= 0,47  $\rightarrow$  round straight sprue

= 0,74  $\rightarrow$  square tapered sprue

b. Luas sprue bagian atas,  $A_A$  ( $\text{mm}^2$ )

$$A_A = A_B \sqrt{\frac{h}{b}} \quad (2.7)^{[5]}$$

Keterangan :

$A_B$  = Luas sprue bagian bawah ( $\text{mm}^2$ )

$h$  = length of sprue (mm)

$b$  = depth of metal in pouring basin (mm)

#### 5. Menghitung Luasan Pengalir (*Runner Area*) dan Luas Saluran Masuk (*Gate Area*)

Dengan menggunakan rekomendasi AFS *horizontal gating sytem* maka untuk menentukan luasan pengalir menggunakan perbandingan *sprue : runner : gate* = 1 : 4 :

4. Maka *runner area* sama dengan empat kali luasan sprue

bagian bawah dan *gate area* sama dengan empat kali luas *sprue* bagian bawah.

## 2.2.12 Pengujian Spesimen

### 2.2.12.1 Pengujian Kekerasan

Kekerasan dapat didefinisikan sebagai ketahanan logam terhadap indentasi. Nilai kekerasan berkaitan dengan kekuatan luluh logam karena selama indentasi logam mengalami defomasi plastis<sup>[6]</sup>.

Pengujian kekerasan adalah satu pengujian dari sekian banyak pengujian yang dipakai, karena dapat dilaksanakan pada benda uji yang relatif kecil tanpa kesukaran. Pengujian yang banyak dipakai adalah dengan cara menekan indenter tertentu kepada benda uji dengan beban tertentu dan mengukur bekas hasil penekanan yang terbentuk di atasnya<sup>[6]</sup>.

Untuk pengujian spesimen-spesimen sangat kecil, metode yang digunakan adalah *Vickershardness test* untuk prosedur pengujian menggunakan referensi ASTM E 92. Pada metode ini digunakan indenter intan berbentuk piramida dengan sudut 136°, seperti diperlihatkan pada Gambar 2-18 prinsip pengujian adalah sama dengan metode brinell, walaupun jejak yang dihasilkan berbentuk bujur sangkar berdiagonal. Panjang diagonal diukur dengan skala pada mikroskop pengukur jejak. Untuk menghitung nilai kekerasan suatu material menggunakan rumus sebagai berikut :

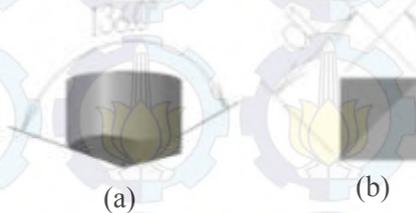
$$VHN = \frac{1,854 \times P}{d^2} \quad (2.8)^{[6]}$$

Dimana ;

P = Besar beban (kg)

d = Rata-rata diameter pijakan indenter d1 dan d2 (mm)

VHN = *Vickers Hardness Number*



Gambar 2-17 (a) Indentor dan (b) Jejak Vickers [6].

### 2.2.12.2 Pengujian *Impact*

Ketangguhan (*Impact*) merupakan ketahanan bahan terhadap beban kejut. Dasar pengujian *Impact* ini adalah penyerapan energi potensial dari pendulum beban yang berayun dari suatu ketinggian tertentu dan menumbuk benda uji sehingga benda uji mengalami defomasi. Gambar 2-19 di bawah ini memberikan ilustrasi suatu pengujian *Impact* dengan metode Charpy.



Gambar 2-18 Ilustrasi Skematis Pengujian *Impact* dengan Benda Uji Charpy

Pada pengujian *Impact* ini, banyaknya energi yang diserap oleh bahan untuk terjadinya perpatahan merupakan

ukuran *ketahanan Impact* atau *ketangguhan* bahan tersebut. Pada Gambar 2-19 di atas dapat dilihat bahwa setelah benda uji patah akibat defomasi, bandul pendulum melanjutkan ayunannya hingga posisi  $h'$ . Bila bahan tersebut tangguh yaitu makin mampu menyerap energi lebih besar maka makin rendah posisi  $h'$ . Suatu material dikatakan tangguh bila memiliki kemampuan menyerap beban kejut yang besar tanpa terjadinya retak atau terdefomasi dengan mudah. Pada pengujian *Impact*, energi yang diserap oleh benda uji biasanya dinyatakan dalam satuan Joule dan dibaca langsung pada skala (*dial*) penunjuk yang terdapat pada mesin penguji. Harga *Impact* (HI) suatu bahan yang diuji dengan metode Charpy diberikan oleh :

$$HI = \frac{E}{A} \quad (2.9)^{[20]}$$

Dimana :

HI = Harga *Impact* ( $J/m^2$ )

E = Energi yang diserap (Joule)

A = Luas penampang dibawah takikan ( $m^2$ )

Untuk mengitung besarnya energi yang diserap (E), menggunakan persamaan :

$$E = m \times g \times l \times (\cos \beta - \cos \alpha) \quad (2.10)^{[20]}$$

Dimana :

m = Massa pendulum (kg)

g = Gaya gravitasi ( $9,81 \text{ m/s}^2$ )

l = Jarak lengan pengayun (m)

$\cos \beta$  = Sudut posisi akhir pendulum ( $^\circ$ )

$\cos \alpha$  = Sudut posisi awal pendulum ( $^\circ$ )

### 2.2.12.3 Pengujian Porositas

Pada penelitian ini akan dilakukan pengujian porositas secara kualitatif dan kuantitatif. Pengujian porositas kuantitatif dilakukan dengan cara menghitung perbandingan volume porositas terhadap volume total spesimen<sup>[19]</sup>. Persamaan yang digunakan dalam menghitung porositas adalah sebagai berikut:

$$P = \frac{V_P}{V_T} \times 100\% \quad (2.11)^{[19]}$$

Dimana :

P = Prosentase Porositas (%)

$V_P$  = Volume Porositas ( $\text{cm}^3$ )

$V_T$  = Volume total spesimen ( $\text{cm}^3$ )

Karena porositas tidak dapat diukur secara langsung, maka perlu dilakukan penurunan rumus pada persamaan (2.11).

$$P = \frac{V_P}{V_T} \times 100\%$$

$$P = \frac{V_T - V_S}{V_T} \times 100\%$$

$$P = \frac{V_T - \left(\frac{M_S}{\rho_S}\right)}{V_T} \times 100\% \quad (2.12)^{[19]}$$

Dimana :

P = Prosentase Porositas (%)

$V_T$  = Volume total spesimen ( $\text{cm}^3$ )

$M_S$  = Massa Spesimen (gr)

$\rho_S$  = Massa Jenis Spesimen ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )

Sedangkan untuk pengujian kualitatif dilakukan dengan cara pengamatan visual secara langsung untuk mendapatkan foto porositas makro pada bagian *sub-surface*.

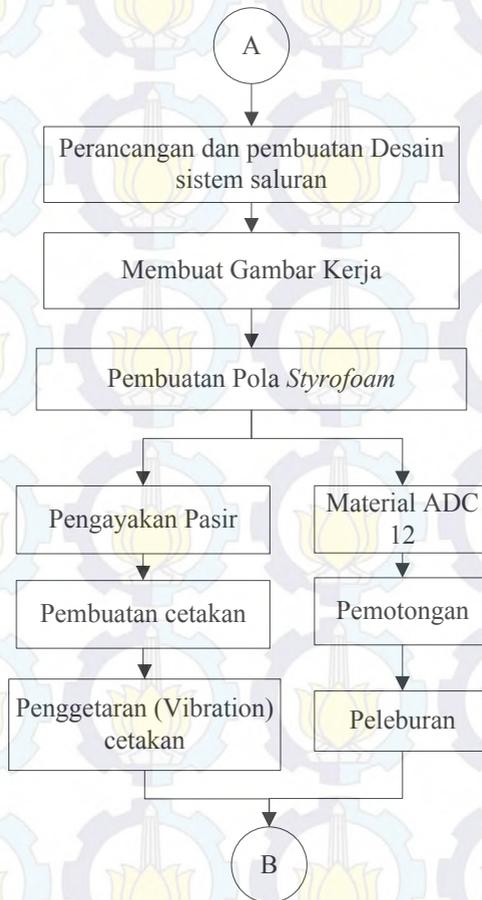
# BAB III

## METODOLOGI PENELITIAN

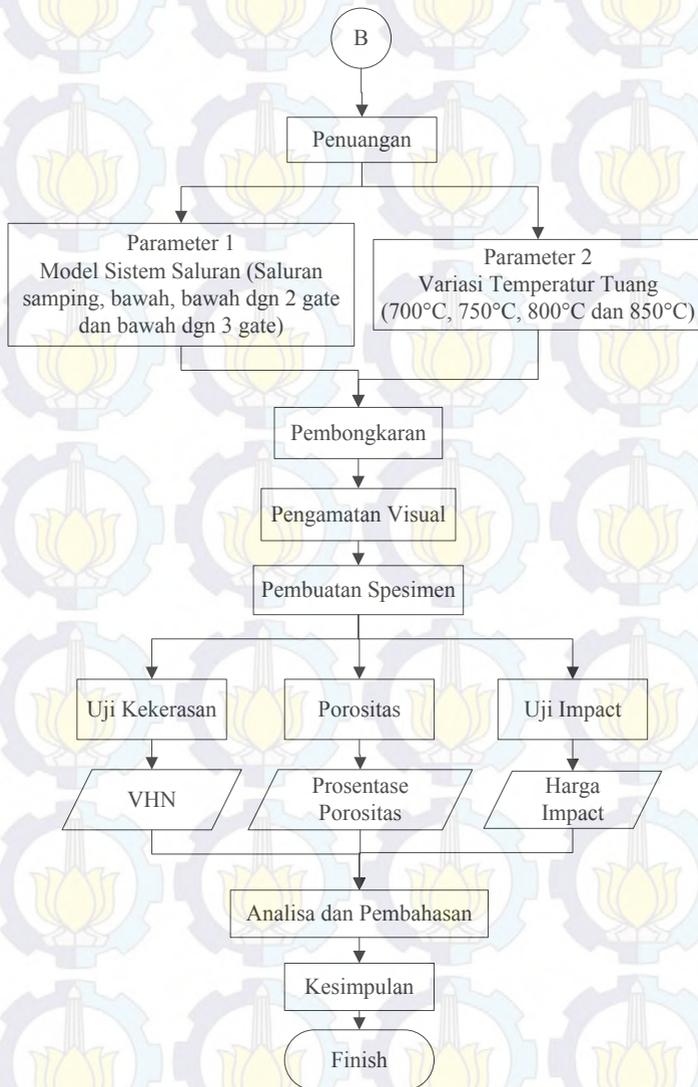
### 3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3-1 Diagram Alir



Gambar 3-2 Lanjutan Diagram Alir



Gambar 3-3 Lanjutan Diagram Alir

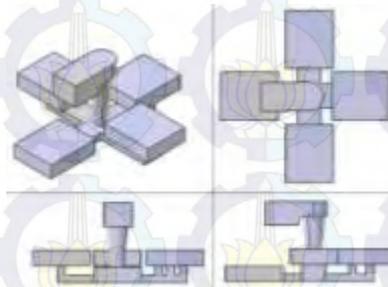
Agar penelitian lebih terarah sesuai dengan Gambar 3-1 s/d Gambar 3-3 maka dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Studi Literatur

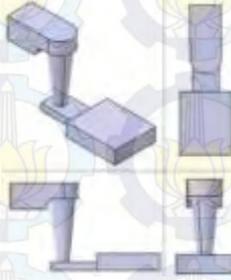
Langkah awal pada penelitian ini adalah mencari dan melakukan kajian dari berbagai hal yang berkaitan dengan penelitian. Hal-hal yang dikaji yaitu proses pengecoran *lost foam* serta parameter parameter yang mempengaruhi hasil pengecoran. Kajian ini bisa didapat dari buku buku referensi, internet, jurnal jurnal yang terkait dengan penelitian.

2. Perancangan dan pembuatan desain sistem saluran

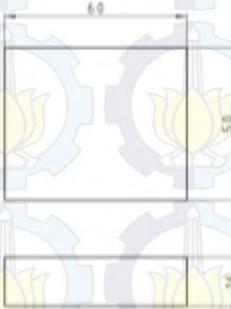
Sebelum pembuatan sistem saluran maka dilakukan perancangan sistem saluran menurut *AFS Gating System (American Foundrymen Society)* untuk menentukan dimensi-dimensi pada sistem saluran, meliputi : luas penampang pada *sprue*, *runner* dan *ingate*. Setelah semua dimensi telah diperoleh, selanjutnya melakukan pembuatan desain pola cetakan menggunakan software *CATIA V5R19*. Pada Gambar 3-4 diperlihatkan, 4 model sistem saluran dalam 1 saluran turun. Desain ini dilakukan untuk meminimalisir perbedaan temperatur tuang dan laju aliran logam cair. Gambar 3-5 menunjukkan desain variasi temperatur tuang. dan Gambar 3-6 menunjukkan dimensi spesimen.



Gambar 3-4 Desain spesimen untuk model sistem saluran



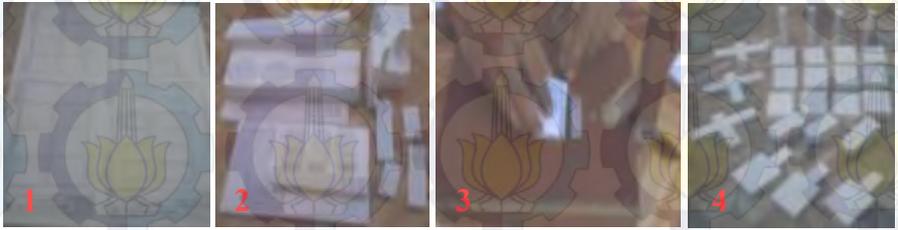
Gambar 3-5 Desain saluran untuk variasi temperatur tuang



Gambar 3-6 Dimensi Spesimen

### 3. Pembuatan Pola *Styrofoam*

Setelah gambar kerja dibuat (gambar 1 pada Gambar 3.7), selanjutnya gambar dipotong sesuai bentuknya lalu ditempelkan pada *styrofoam* (gambar 2 pada Gambar 3.7), sehingga menjadi pola. Kemudian pola *styrofoam* dipotong menggunakan *hot wire cutter* (gambar 1 pada Gambar 3.7) untuk memudahkan proses pemotongan, serta agar permukaan yang terpotong pori-porinya tertutup sehingga halus. Potongan potongan pola kemudian di *assembling* dan direkatkan dengan menggunakan lem *styrofoam* (gambar 4 pada Gambar 3.7).



Gambar 3-7 Proses Pembuatan Pola

#### 4. Persiapan pengecoran

Persiapan pengecoran meliputi : pengayakan pasir silika, menyiapkan cetakan yang akan di cor, yaitu penimbunan pola di dalam *flask* (wadah) menggunakan pasir silika tanpa pengikat (kering) yang telah di ayak (pada gambar 1) kemudian digetarkan sampai pasir benar benar padat (pada gambar 2 dan 3) setelah itu cetakan ditata untuk mempermudah proses pengecoran, seperti ditunjukkan pada Gambar 3-8.



Gambar 3-8 Proses Pengisian Cetakan

## 5. Proses Pengecoran

Aluminium cair hasil peleburan dituangkan kedalam *flask* yang telah terisi oleh pola cetakan dan pasir. Penuangan logam ini menggunakan ledel, dilakukan secara cepat untuk menghindari penurunan temperatur yang terlalu cepat, hal ini dapat mengakibatkan logam cair tidak mengisi pada rongga cetak secara sempurna karena logam cair terlebih dahulu membeku pada sistem saluran. Pada saat penuangan harus sangat teliti dan hati-hati agar aluminium cair tidak tumpah dan meluber, seperti ditunjukkan pada Gambar 3-9.



Gambar 3-9 Proses Pengecoran

## 6. Pembuatan benda uji

Untuk mengetahui hasil dari pengecoran, maka harus dilakukan suatu pengujian terhadap benda tersebut. Langkah yang harus dilakukan adalah terlebih dulu membuat benda uji / spesimen. Spesimen yang dibuat diantaranya : spesimen uji keras, dan uji *impact*.

## 7. Pengujian Hasil

Uji kekerasan dilakukan untuk mengetahui tingkat kekerasan produk hasil coran. Uji *Impact* dilakukan untuk mengetahui kegetasan atau keuletan dari suatu bahan yang

diakibatkan oleh gaya kejut pada bahan uji tersebut. Pengujian *impact* yang digunakan dalam pengujian ini, yaitu uji *impact charpy*. Uji porositas untuk mengetahui prosentase porositas dari benda cor.

#### 8. Analisa Data

Data hasil pengujian dikumpulkan dan diolah, kemudian dibuat suatu perbandingan (grafik) antara spesimen satu dengan yang lainnya.

### 3.2 Material dan Peralatan Penelitian

#### 3.2.1 Material Penelitian

Material yang digunakan dalam penelitian *lost foam casting* adalah sebagai berikut:

##### 1. ADC 12 (Aluminium *Die Casting*)

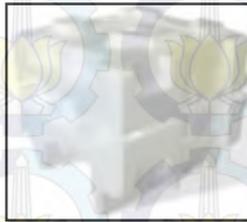
Material yang digunakan untuk logam pengisi atau logam cair yaitu ADC 12, berbentuk ingot seperti ditunjukkan pada Gambar 3-10. Material ini didapat dari pabrikannya langsung yaitu : PT. Global Metalindo Asia, yang beralamatkan di Jl. Bojong Buah Raya No.11 Kopo Katapang KM 11,5, Bandung Jawa Barat.



Gambar 3-10 Ingot ADC 12

## 2. *Polystyrene Foam (Styrofoam)*

*Polystyrene Foam (styrofoam)* digunakan sebagai bahan baku pembuatan pola. *Polystyrene foam (styrofoam)* yang dipilih dalam pembuatan pola adalah yang memiliki butiran kecil sehingga pori-porinya rapat dan padat, seperti ditunjukkan pada Gambar 3-11.



Gambar 3-11 *Polystyrene Foam (Styrofoam)*

## 3. Pasir silika

Pasir cetak yang digunakan untuk penelitian *lost foam casting* adalah pasir silika kering, seperti ditunjukkan pada Gambar 3-12.



Gambar 3-12 Pasir Silika

## 4. Lem *Styrofoam*

Untuk membuat dan merangkai pola menjadi sebuah *cluster* (pola yang dirangkai lengkap dengan sistem saluran) digunakan lem khusus untuk *styrofoam*, seperti ditunjukkan pada Gambar 3-13.



Gambar 3-13 Lem *Styrofoam*

### 5. *Metal polish*

Bahan ini digunakan untuk mengkilapkan spesimen, sehingga spesimen dapat terlihat dilayar alat uji kekerasan. *Metal polish* ditunjukkan pada Gambar 3-14 dibawah ini.



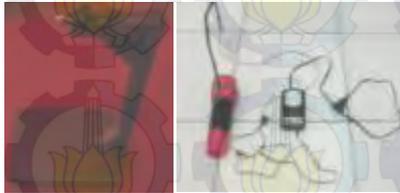
Gambar 3-14 *Metal polish*

## 3.2.2 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam menunjang berlangsungnya penelitian ini adalah sebagai berikut :

### 1. *Hot Wire Cutter*

*Hot wire cutter* adalah alat yang digunakan untuk memotong busa *polystyrene* dan bahan serupa. Perangkat ini terdiri dari kawat logam tipis yang sering dibuat dari *nichrome* atau *stainless steel*, atau kawat tebal yang telah dibentuk sebelumnya menjadi bentuk yang diinginkan dihubungkan dengan adaptor kemudian dipanaskan sehingga bisa digunakan untuk memotong. Kedalaman potong dibatasi oleh panjang dari kawat itu sendiri dan lebar potongan dibatasi oleh diameter kawat, seperti terlihat pada Gambar 3-15<sup>[3]</sup>.



Gambar 3-15 Hot Wire Cut

## 2. Tungku Krusibel

Tungku krusibel merupakan salah satu jenis tungku dengan sistem pemanasan tidak langsung (*indirect fuel fired furnace*). Fungsi utamanya adalah untuk melebur logam aluminium dan sejenisnya. Peleburan logam dilakukan dengan menggunakan krusibel yang dipanaskan bagian luarnya secara konduksi melalui dinding krusibel dengan sumber panas dari gas, seperti ditunjukkan pada Gambar 3-16 dibawah ini.



Gambar 3-16 Tungku Krusibel

## 3. Temometer

Untuk mengukur temperatur tuang digunakan temometer seperti ditunjukkan pada Gamabr 3-17.



Gambar 3-17 Temometer

#### 4. Mesin *Grinding* dan *Polishing*

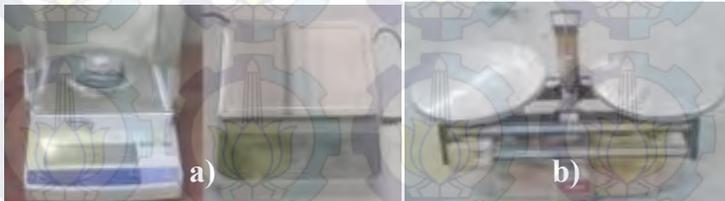
Mesin *grinding* dan *polishing* (Gambar 3-18) ini digunakan untuk meratakan dan menghaluskan permukaan spesimen. Sehingga dapat digunakan dalam pengamatan cacat porositas dalam (*sub-surface*) dan pengujian kekerasan. Spesimen diratakan dengan menggunakan amplas dari grid 400 s/d 2000, kemudian setelah itu spesimen di haluskan dengan kain poles, sampai spesimen halus tanpa bekas goresan hasil gerinda.



Gambar 3-18 Mesin *Grinding* dan *Polishing*

#### 5. Timbangan Digital dan Neraca Timbangan

Timbangan digital digunakan untuk menimbang berat spesimen sehingga yang memerlukan ketelitian tinggi (pada Gambar 3-19 a) Neraca timbangan digunakan untuk menimbang paduan aluminium yang akan di cor (pada Gambar 3-19 b).



Gambar 3-19 (a). Timbangan Digital ; (b). Neraca Timbangan

#### 6. Jangka Sorong (*Vernier Caliper*)

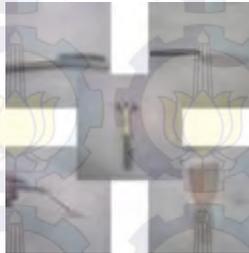
Jangka Sorong (Gambar 3-20) digunakan untuk mengukur pola *syrofoam* dan produk cor.



Gambar 3-20 Jangka Sorong

## 7. Perkakas

Perkakas yang digunakan dalam penelitian ini yaitu : (a) sikat baja, (b) sendok perata, (c) palu. (d) spatula dan (e) penumbuk. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3-21.



Gambar 3-21 Perkakas

## 8. Mesin Gergaji

Mesin gergaji digunakan untuk memotong logam paduan ADC 12 dan untuk memotong spesimen uji, ditunjukkan pada Gambar 3-22.



Gambar 3-22 Mesin gergaji

### 9. Mesin Sekrap

Mesin sekrap (Gambar 3-23) digunakan untuk membuat takikan (*V notch*) pada spesimen uji *Impact*.



Gambar 3-23 Mesin sekrap

### 10. Mikroskop Optik

Untuk melihat porositas pada spesiemen digunakan mikroskop makro, seperti ditunjukkan pada Gambar 3-24.



Gambar 3-24 Mikroskop Optik

### 11. Alat Uji Keras

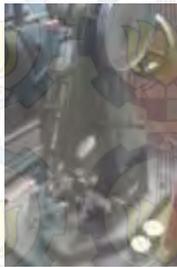
*Vickershardness tester* adalah pengujian kekerasan suatu bahan dengan menggunakan intan. Mesin yang digunakan dalam uji kekerasan ini yaitu Wolpert, seperti ditunjukkan pada Gambar 3-25.



Gambar 3-25 Alat Uji Kekerasan

### 12. Mesin Uji *Impact*

Mesin uji *Impact* yang digunakan adalah mesin uji bertipe charpy, sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 3-36.



Gambar 3-26 Mesin Uji *Impact*

### 3.3 Tahapan Pengujian

Pengujian produk hasil pengecoran dilakukan untuk mengetahui kualitas produk cor yang ditinjau dari pengaruh model sistem saluran dan variasi temperatur tuang. Adapun pengujian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut :

#### 1. Pengujian Porositas

Pengujian porositas pada produk hasil cor dengan metode *lost foam casting* dapat dilakukan dengan dua metode, yaitu :

#### a. Pengujian Porositas Secara kuantitatif

Pengujian porositas secara kuantitatif dilakukan untuk mengetahui prosentase porositas pada produk cor. Adapun langkah-langkahnya sebagai berikut:

1. Persiapan spesimen, bejana ukur dan timbangan digital dengan ketelitian hingga dua angka dibelakang koma
2. Penimbangan spesimen dengan timbangan digital yang memiliki ketelitian hingga dua angka dibelakang koma
3. Pengukuran volume total spesimen dengan menggunakan bejana ukur
4. Isi bejana ukur sampai pada volume tertentu
5. Timbang bejana ukur yang telah diisi dengan air
6. Masukkan spesimen kedalam bejana ukur
7. Amati perubahan berat pada timbangan digital
8. Hitung selisi berat sebelum dan sesudah diisi spesimen
9. Dengan menggunakan formulasi  $V_{Spesimen} = \frac{M_{Spesimen}}{\rho_{H_2O}}$ , didapat volume total spesimen.
10. Perhitungan prosentase porositas pada spesimen dengan menggunakan persamaan [2.10] :

$$P = \frac{V_T - \left(\frac{M_S}{\rho_S}\right)}{V_T} \times 100\% \quad (2.12)^{[19]}$$

Untuk mempermudah pengambilan data porositas kuantitatif maka digunakan tabel percobaan. Berikut ini

adalah desain tabel percobaan yang akan digunakan dalam pengambilan data porositas kuantitatif.

Tabel 3-1 Desain Percobaan Pengukuran Porositas Kuantitatif Pada Parameter Model Sistem Saluran

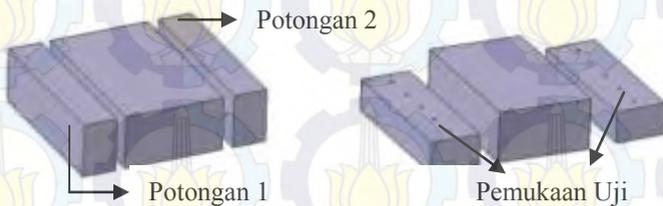
Sistem Saluran	Percobaan Ke	Vt (cm <sup>3</sup> )	Ms	$\rho$	%P	Rata-rata
Saluran Samping	I					
	II					
	III					
Saluran Bawah dgn 1 gate	I					
	II					
	III					
Saluran Bawah dgn 2 gate	I					
	II					
	III					
Saluran Bawah dgn 3 gate	I					
	II					
	III					

Tabel 3-2 Desain Percobaan Pengukuran Porositas Kuantitatif Pada Parameter Variasi Temperatur Tuang

Temp. Tuang	Percobaan Ke	Vt (cm <sup>3</sup> )	Ms	$\rho$	%P	Rata-rata
700°C	I					
	II					
	III					
750°C	I					
	II					
	III					
800°C	I					
	II					
	III					
850°C	I					
	II					
	III					

b. Pengujian Porositas Secara Kualitatif

Pada pengujian porositas secara kualitatif benda cor yang diamati yaitu pada bagian *sub-surface*. Benda cor dipotong menjadi dua bagian kemudian permukaan potongan 1 dan 2 yang diamati, seperti ditunjukkan pada Gambar 3-27. Pengamatan dilakukan secara visual, kemudian dilakukan pemotretan dengan kamera DSLR pada permukaan spesimen potongan 1 dan 2.



Gambar 3-27 Daerah pengukuran porositas secara kualitatif

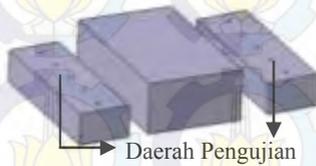
Berikut ini adalah desain tabel percobaan yang akan digunakan dalam pengambilan data porositas kualitatif.

Tabel 3-3 Desain Percobaan Pengukuran Porositas Kualitatif

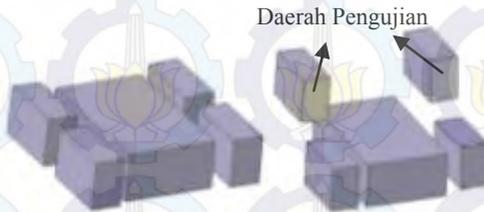
Parameter	Spesimen	Potongan	Foto	Keterangan
Model Sitem Saluran	Saluran Samping	1		
		2		
	Saluran Bawah dgn 1 gate	1		
		2		
	Saluran Bawah dgn 2 gate	1		
		2		
	Saluran Bawah dgn 3 gate	1		
		2		
Variasi Temperatur Tuang	700°C	1		
		2		
	750°C	1		
		2		
	800°C	1		
		2		
	850°C	1		
		2		

## 2. Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan pada spesimen hasil pengecoran *lost foam* dilakukan untuk mengetahui besarnya perbedaan kekerasan benda coran untuk masing – masing spesimen. Untuk itu dilakukan pengujian pada permukaan benda coran. Permukaan yang diuji yaitu pada potongan horizontal dan vertikal. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3-28 dan Gambar 3-29.

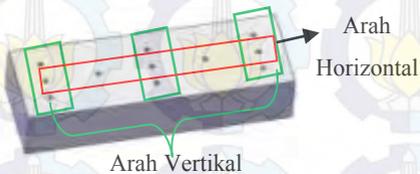


Gambar 3-28 Potongan Vertikal



Gambar 3-29 Potongan Horizontal

Untuk pengujian pada potongan vertikal, dilakukan dua kali pengujian yaitu arah vertikal dan horizontal, seperti pada Gambar 3-30. Setelah melakukan pengujian kekerasan pada potongan vertikal, selanjutnya potongan vertikal dipotong (dibelah dua) untuk melakukan pengujian pada potongan horizontal.



Gambar 3-30 Ilustrasi Pengujian Kekerasan Pada Potongan Vertikal

Untuk mempermudah pengambilan data pengujian kekerasan maka digunakan rancangan tabel percobaan. Berikut

ini adalah desain tabel percobaan yang akan digunakan dalam pengambilan data kekerasan.

Tabel 3-4 Desain Percobaan Pengujian Kekerasan Arah Horizontal

Parameter Model Sistem Saluran					
Jenis Saluran	Spesimen	Kekerasan Arah Horizontal			
		Titik	D rata-rata	HVN	Rata-rata
Saluran Sampung	1	1			
		2			
		3			
		4			
		5			
	2	1			
		2			
		3			
		4			
		5			
	3	1			
		2			
		3			
		4			
		5			
		Rata-rata			



Gambar 3-31 Spesimen Uji Kekerasan Arah Horizontal

Tabel 3-5 Desain Percobaan Pengujian Kekerasan Arah Vertikal

Parameter Variasi Temperatur Ruang					
Salah	Spesimen	Kekerasan Arah Vertikal			
		Titik	Posisi	D rata-rata - HVN	Rata-rata
100°C	1	a			
		b			
		c			
		d			
		e			
	2	a			
		b			
		c			
		d			
		e			
	3	a			
		b			
		c			
		d			
		e			
		Rata-rata			



Gambar 3-32 Spesimen Uji Kekerasan Arah Vertikal

Tabel 3-6 Desain Percobaan Pada Potongan Horizontal

Spesimen	Percobaan Ke	Potongan	Kekerasan				
			Titik	D rata-rata	HVN	Rata-rata	
	I	1	1				
	II						
	III						
	I		2	2			
	II						
	III						
	I		3	3			
	II						
	III						
	I	2	1				
	II						
	III						
	I		2	2			
	II						
	III						
	I		3	3			
	II						
	III						

### 3. Pengujian *Impact*

Pengujian *Impact* dilakukan untuk mengetahui kekuatan bahan terhadap beban kejut dari setiap spesimen pada parameter model sistem saluran dan variasi temperatur tuang. Uji *Impact* dilakukan pada spesimen uji keras, jadi spesimen yang telah diuji kekerasan diberi takikan (*V-notch*) pada pemukaannya. Adapun langkah-langkah dalam melakukan pengujian ini sebagai berikut ;

1. Membuat spesimen (spesimen uji keras), dengan membuat takikan menggunakan mesin sekrap. Dengan kedalaman 2 mm dan sudut 45°.
2. Mengukur dimensi dari spesimen.

3. Meletakkan spesimen pada tempatnya sehingga posisi punggung *V-notch* (takikan) tepat pada posisi bidang lintasan pandulum.
4. *Setting* jarum penunjuk pada posisi nol
5. Mengatur pandulum pada posisi siap ayun ( $156^\circ$ )
6. Membuka kunci penahan pandulum sehingga pandulum berayun dan mematahkan spesimen.
7. Mencatat energi yang diserap dan sudut jarum pada posisi setelah menumbuk spesimen.

Berikut ini merupakan desain eksperimen yang akan dilakukan dalam pengambilan data saat pengujian *impact* pada Tabel 3-7 dan dimensi spesimen ditunjukkan pada Tabel 3-7 dan dimensi spesimen ditunjukkan pada Gambar 3-33.

Tabel 3-7 Desain Eksperimen Pengujian *Impact*

Parameter	Spesimen	$\alpha$	$b$	$E$	$A_0$	Harga <i>Impact</i>
		( $^\circ$ )	( $^\circ$ )	( $J$ )	( $mm^2$ )	( $J/mm^2$ )
Model Sistem Saluran	Saluran Samping					
	Saluran Bawah dgn 1 <i>gate</i>					
	Saluran Bawah dgn 2 <i>gate</i>					
	Saluran Bawah dgn 3 <i>gate</i>					
Variasi Temperatur Tuang	$700^\circ C$					
	$750^\circ C$					
	$800^\circ C$					
	$850^\circ C$					

Keterangan :

$\alpha$  = Sudut awal ( $^\circ$ )

$\beta$  = Sudut akhir ( $^\circ$ )

$A_0$  = Luasan( $mm^2$ )

$E$  = Besarnya usaha untuk mematahkan spesimen ( $J$ )



Gambar 3-33 Spesimen Uji *Impact*

## BAB IV

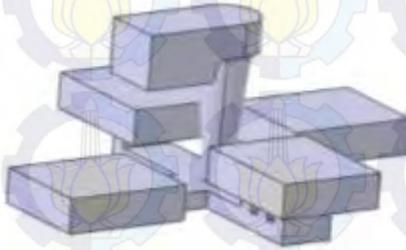
### PROSES DAN HASIL PENGECORAN

#### 4.1 Perhitungan Sistem Saluran

Langkah pertama dalam proses pengecoran adalah merancang sistem saluran. Dalam merancang, perlu ditentukan bentuk dan ukuran sistem saluran. Karena sistem saluran merupakan faktor utama yang menentukan kualitas benda hasil coran.

##### 4.1.1 Model Sistem Saluran

Desain dari model sistem saluran diperlihatkan pada Gambar 4-1. Untuk dimensi lebih jelasnya terlampir dalam lampiran A.



Gambar 4-1 Model sistem saluran

- Material Cor :
  - Jenis material = Paduan ADC 12
  - Density ( $\rho$ ) = 2740 [kg/m<sup>3</sup>]
  - Temperatur *melt* = 660° C
  - Temperatur tuang = 700° C

- Spesimen

- Berat total benda cor = 0,809 Kg

- Tebal dominan (t) = 16 mm

- Menghitung *Pouring Volume* ( $Q_p$ )

$$Q_p = W / \rho \quad (2.1)$$

$$W = 0,809 \text{ Kg} \quad \rho = 2740 \text{ kg/m}^3$$

$$Q_p = \frac{0,809 \text{ kg}}{2740 \text{ kg/m}^3} = 0,000295 \text{ m}^3$$

$$Q_p = 0,295 \text{ mm}^3$$

- Menghitung *Pouring Time*

$$T_p = 0.32 \cdot t \cdot W_p^{0.4} \quad (2.2)^{[5]}$$

Diketahui : T = 16 mm ; W = 0,809 Kg

$$T_p = 0.32 \cdot (16 \text{ mm}) \cdot (0,809)^{0.4}$$

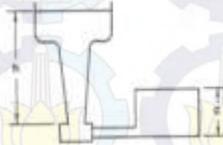
$$T_p = 4,70 \text{ second}$$

- Menghitung *Effective Sprue Height*

$$\text{Effective head, } H = h - c/2$$

Diketahui: c = 15 mm ; h = 65 mm

$$H = 65 - \frac{15}{2} = 57,5 \text{ mm} = 0,0575 \text{ m}$$



Gambar 4-2 Sistem saluran samping

➤ Menghitung *Sprue Area*

a. Luas *sprue* bagian bawah,  $A_B$  ( $\text{mm}^2$ )

$$A_B = \frac{W}{\rho t c \sqrt{2qH}} \quad (2.6)$$

$$= \frac{0,809 \text{ Kg}}{2740 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 4,70 \text{ second} \times 0,88 \sqrt{2 \times 9,81 \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \times 0,0575 \text{ m}}}$$

$$A_B = 6,72 \times 10^{-5} \text{ m}^2 = 67,2 \text{ mm}^2$$

Mencari diameter *sprue* bagian bawah :

$$D_b = \sqrt{\frac{4 A_B}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 67,2 \text{ mm}^2}{\pi}} = 9,25 \text{ mm}$$

b. Luas *sprue* bagian atas,  $A_A$  ( $\text{mm}^2$ )

$$A_A = A_B \sqrt{\frac{h}{b}} \quad (2.7)$$

$$A_A = 67,2 \text{ mm}^2 \times \sqrt{\frac{65 \text{ mm}}{15 \text{ mm}}} = 139,9 \text{ mm}^2$$

Mencari diameter *sprue* bagian atas:

$$D_A = \sqrt{\frac{4 A_A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 139,9 \text{ mm}^2}{\pi}} = 13,35 \text{ mm}$$

➤ Menghitung *Runner area*

*Runner area* dapat ditentukan dari *gating ratio* sesuai dengan rekomendasi AFS sistem saluran horizontal yaitu

→ S ; R ; G = 1 : 4 : 4

*Gating ratio* → 1 : 4 : 4

4

$$\begin{aligned} \text{Runner area} &= 4 \times A_B \\ &= 4 \times 67,2 \text{ mm}^2 = 268,8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dalam sistem saluran ini menggunakan 4 *runner*, maka perhitungannya sebagai berikut :

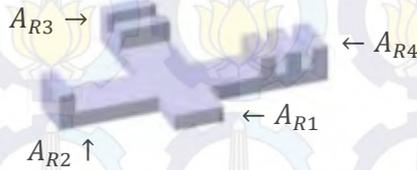
$$A_{R1} + A_{R2} + A_{R3} + A_{R4} = 4 \times A_B$$

$$A_{R1} + A_{R2} + A_{R3} + A_{R4} = 4 \times 67,2 \text{ mm}^2 = 268,8 \text{ mm}^2$$

$$A_{R1} = A_{R2} = A_{R3} = A_{R4} = \frac{1}{4} \times A_R$$

$$A_{R1} = A_{R2} = A_{R3} = A_{R4} = \frac{1}{4} \times 268,8 \text{ mm}^2$$

$$A_{R1} = A_{R2} = A_{R3} = A_{R4} = 67,2 \text{ mm}^2$$



Gambar 4-3 Runner

#### ➤ Perhitungan *gate area*

Dalam penelitian ini luasan *gate* sama dengan luasan *runner* yaitu sebesar  $67,2 \text{ mm}^2$ .

### 4.1.2 Variasi Temperatur Tuang

Desain dari variasi temperatur tuang ditunjukkan pada Gambar 4-4. Untuk dimensi lebih jelasnya terlampir dalam lampiran A.



Gambar 4-4 Variasi Temperatur Tuang

- Material Cor :
  - Jenis material = Paduan ADC 12
  - Density ( $\rho$ ) = 2740 [kg/m<sup>3</sup>]
  - Temperatur *melt* = 660° C
  - Temperatur tuang = 700°C; 750°C; 800°C; 850°C
- Spesimen
  - Berat total benda cor = 0,301 Kg
  - Tebal dominan (t) = 16 mm

➤ Menghitung *Pouring Volume* ( $Q_p$ )

$$Q_p = \frac{W}{\rho} \quad (2.1)^{[5]}$$

$$W = 0,301 \text{ Kg} \quad \rho = 2740 \text{ kg/m}^3$$

$$Q_p = \frac{0,301 \text{ kg}}{2740 \text{ kg/m}^3} = 0,000109 \text{ m}^3$$

$$Q_p = 0,109 \text{ mm}^3$$

➤ Menghitung *Pouring Time*

$$T_p = 0,32 \cdot t \cdot W_p^{0,4} \quad (2.2)^{[5]}$$

Diketahui : T = 16 mm ; W = 0,301Kg

$$T_p = 0,32 \cdot (16 \text{ mm}) \cdot (0,301)^{0,4}$$

$$T_p = 3,16 \text{ second}$$

6

➤ Menghitung *Effective Sprue Height*

$$\text{Effective head, } H = h - \frac{c}{2}$$

Diketahui:  $c = 15 \text{ mm}$  ;  $h = 65 \text{ mm}$

$$H = 65 - \frac{15}{2} = 57,5 \text{ mm} = 0,0575 \text{ m}$$

➤ Menghitung *Sprue Area*

a. Luas *sprue* bagian bawah,  $A_B \text{ (mm}^2\text{)}$

$$A_B = \frac{W}{\rho t c \sqrt{2qH}} \quad (2.6)^{[5]}$$

$$= \frac{0,301 \text{ Kg}}{2740 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 3,16 \text{ second} \times 0,88 \sqrt{2 \times 9,81 \text{ kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 0,0575 \text{ m}}}$$

$$A_B = 3,72 \times 10^{-5} \text{ m}^2 = 37,2 \text{ mm}^2$$

Mencari diameter *sprue* bagian bawah :

$$D_b = \sqrt{\frac{4 A_B}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 37,2 \text{ mm}^2}{\pi}} = 6,88 \text{ mm}$$

b. Luas *Sprue* bagian atas,  $A_A \text{ (mm}^2\text{)}$

$$A_A = A_B \sqrt{\frac{h}{b}} \quad (2.7)^{[5]}$$

$$A_A = 37,2 \text{ mm}^2 \times \sqrt{\frac{65 \text{ mm}}{15 \text{ mm}}} = 77,44 \text{ mm}^2$$

Mencari diameter *sprue* atas ;

$$D_A = \sqrt{\frac{4 A_A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 77,44 \text{ mm}^2}{\pi}} = 9,93 \text{ mm}$$

➤ Menghitung *runner area*

*Runner area* dapat ditentukan dari *gating ratio* sesuai dengan rekomendasi AFS sistem saluran horizontal yaitu  
→ S ; R ; G = 1 : 4 : 4

*Gating ratio* → 1 : 4 : 4

$$\begin{aligned} \text{Runner area} &= 4 \times A_B \\ &= 4 \times 37,2 \text{ mm}^2 = 148,8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dalam sistem saluran ini menggunakan 4 *runner*, maka perhitungannya sebagai berikut :

$$A_{R1} + A_{R2} + A_{R3} + A_{R4} = 4 \times A_B$$

$$A_{R1} + A_{R2} + A_{R3} + A_{R4} = 4 \times 37,2 \text{ mm}^2 = 148,8 \text{ mm}^2$$

$$A_{R1} = A_{R2} = A_{R3} = A_{R4} = \frac{1}{4} \times A_R$$

$$A_{R1} = A_{R2} = A_{R3} = A_{R4} = \frac{1}{4} \times 148,8 \text{ mm}^2$$

$$A_{R1} = A_{R2} = A_{R3} = A_{R4} = 37,2 \text{ mm}^2$$

## 4.2 Tahapan Proses Pengecoran

### 4.2.1 Persiapan Pola

Sebelum pola ditimbun, terlebih dahulu pola (*cluster*) dibersihkan dari lem dan kertas yang masih menempel. Hal ini dilakukan untuk menghindari cacat permukaan (kotor) pada benda cor. Caranya dengan merendam pola dalam air, agar memudahkan dalam pembersihan sehingga tidak merusak pola. Pola yang sudah siap digunakan ditunjukkan pada Gambar 4-5.



Gambar 4-5 (a) Pola Untuk Model Sistem Saluran, (b) Pola Untuk Variasi Temp. Tuang

### 4.2.2 Pengayakan Pasir

Pasir yang digunakan adalah pasir silika kering (tanpa pengikat). Pasir ini harus diayak terlebih dulu agar butirannya seragam dan agar mudah memadat saat di getarkan. Sehingga dilakukan pengayakan dengan menggunakan *mesh* berukuran 28 mikron, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4-6.

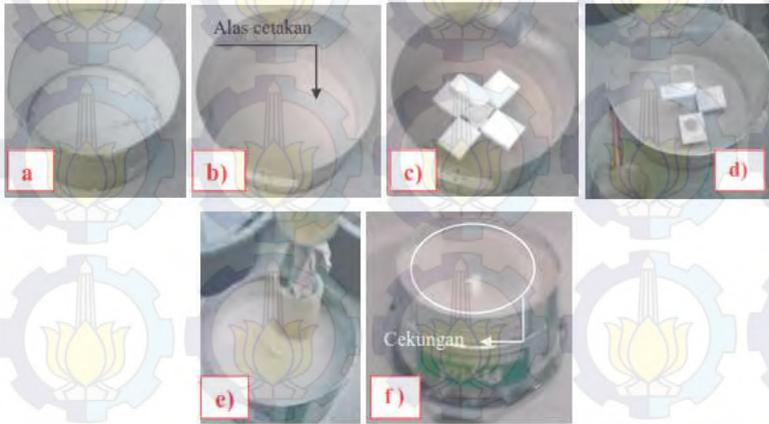


Gambar 4-6 Proses pengayakan pasir silika

### 4.2.3 Pembuatan Cetakan

Setelah pola *styrofoam* dan pasir sudah disiapkan, maka langkah selanjutnya adalah membuat cetakan. Adapun langkahnya seperti ditunjukkan pada Gambar 4-7 sebagai berikut:

- a) Menyiapkan rangka cetak
- b) Membuat alas cetakan dengan menimbun pasir sedalam  $\pm 5 \text{ cm}$  dan padatkan
- c) Masukkan pola dalam rangka cetak
- d) Timbun pola sedikit demi sedikit dengan pasir sambil digetarkan perlahan.
- e) Lakukan langkah (d) secara terus menerus sampai pola benar-benar tertutup dengan pasir.
- f) Setelah pola tertimbun selanjutnya buat cekungan di atasnya, sebagai tempat penampung logam cair agar tidak meluber.

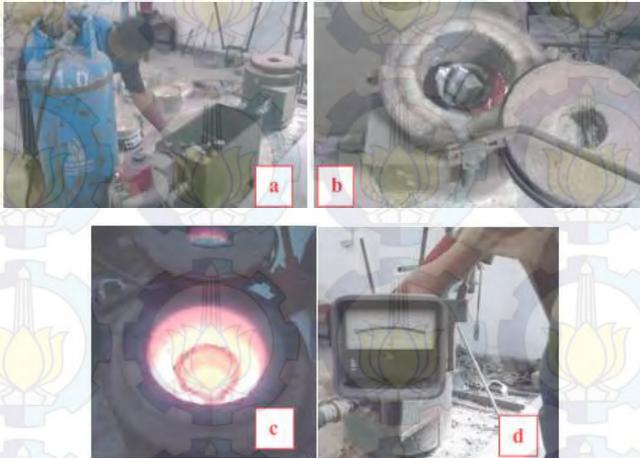


Gambar 4-7 Tahapan membuat cetakan

#### 4.2.4 Proses Peleburan Logam

Peleburan aluminium paduan (ADC 12) dilakukan pada temperatur  $700^{\circ}\text{C}$  (untuk cetakan variasi sistem saluran) dan temperatur  $750^{\circ}\text{C}$ ,  $800^{\circ}\text{C}$  dan  $850^{\circ}\text{C}$  (untuk variasi temperatur tuang). Adapun tahapannya pada Gambar 4-8 sebagai berikut :

- (a). *Setting* tungku,
- (b). Masukkan paduan aluminium dalam ladle,
- (c). Paduan aluminium telah mencair,
- (d). Pengukuran temperatur tuang



Gambar 4-8 Proses peleburan aluminium paduan (ADC 12)

#### 4.2.5 Penuangan Logam Cair

Sebelum proses penuangan, cetakan ditata terlebih dulu seperti ditunjukkan pada Gambar 4-9. Logam paduan aluminium yang sudah mencair seluruhnya selanjutnya dituang ke dalam cetakan sampai terisi penuh, seperti ditunjukkan pada Gambar 4-10.



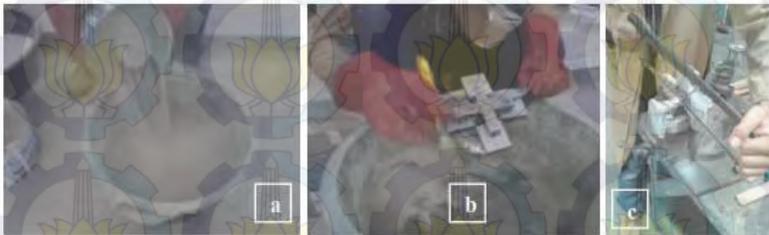
Gambar 4-9 Penataan Cetakan



Gambar 4-10 Penuangan Logam Cair

#### 4.2.6 Pembongkaran dan Pembersihan Hasil Coran

Setelah dilakukan proses pengecoran dan ditunggu beberapa menit untuk proses solidifikasi logam cair, maka cetakan bisa langsung dibongkar. Pembongkaran hasil coran dilakukan secara manual dengan menuangkan cetakan ke dalam wadah untuk menampung pasir cetak, seperti ditunjukkan pada Gambar 4-11a. Selanjutnya hasil coran dibersihkan dengan menggunakan kawat baja/koas (Gambar 4-11b) dan dilakukan pemotongan *gating system* (Gambar 4-11c).



Gambar 4-11 Proses Pembersihan Hasil Coran

### 4.3 Produk Hasil Pengecoran

Setelah proses pengecoran, kemudian dilanjutkan dengan proses pemotongan *gating system* untuk mendapatkan produk utama. Produk hasil pengecoran diperlihatkan pada Tabel 4-1 dan Tabel 4-2.

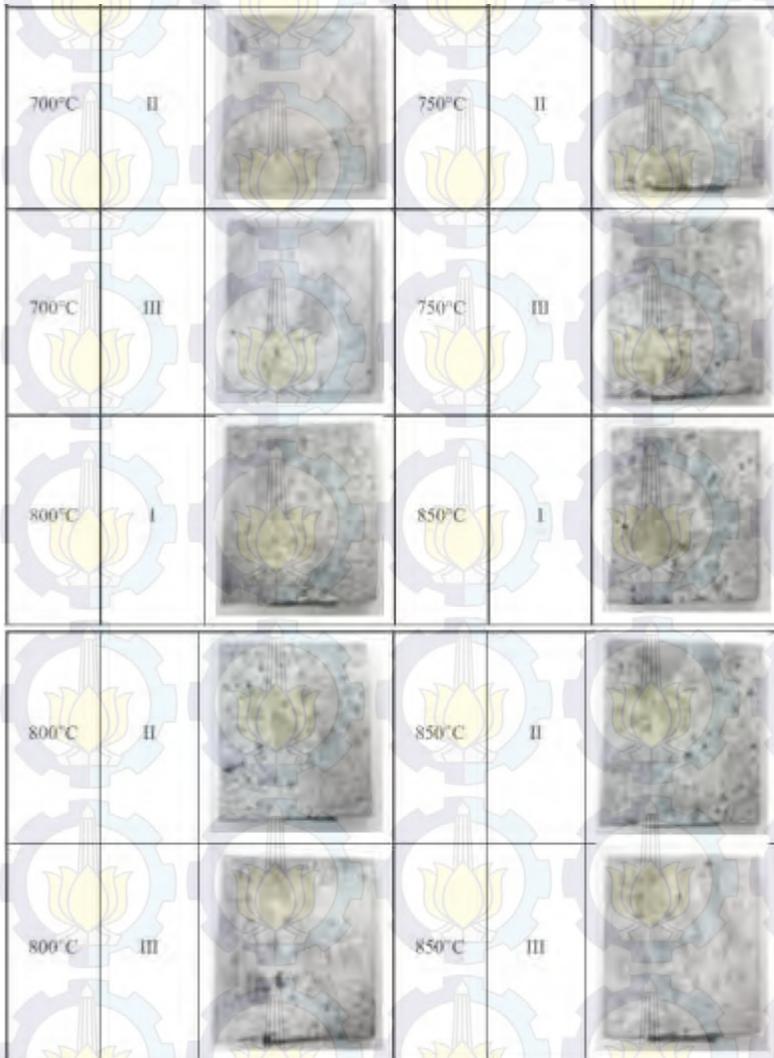
Tabel 4-1 Hasil Pengecoran Pada Parameter Model Sistem Saluran

Spesimen	Percobaan Ke	Foto	Spesimen	Percobaan Ke	Foto
Saluran Samping	I		Saluran Bawah dgn 2 Gate	I	
Saluran Bawah dgn 1 Gate	I		Saluran Bawah dgn 3 Gate	I	
Saluran Samping	II		Saluran Hawah dgn 2 Gate	II	

Saluran Bawah dgn 1 Gate II		Saluran Bawah dgn 3 Gate II	
Saluran Samping III		Saluran Bawah dgn 2 Gate III	
Saluran Bawah dgn 1 Gate III		Saluran Bawah dgn 3 Gate III	

Tabel 4-2 Hasil Pengecoran Pada Parameter Variasi Temperatur Tuang

Spesimen	Percobaan Ke	Foto	Spesimen	Percobaan Ke	Foto
700°C	I		750°C	I	



Produk hasil pengecoran dengan metode *lost foam* ini berbentuk persegi dengan ukuran 60 x 50 x 16. Dari hasil

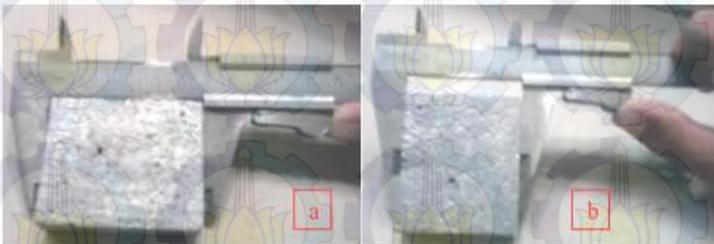
pegecoran, sebagaimana terlihat pada Tabel 4-1 dan Tabel 4-2 semua produk terisi dengan sempurna namun masih banyak terdapat cacat porositas pada permukaan produk. Dan pada percobaan ke-tiga terdapat cacat penyusutan pada sistem saluran bawah dengan 2 *gate* dan 3 *gate*. Pada beberapa percobaan pada temperatur tuang banyak terdapat cacat *pin hole* dipemukaan.

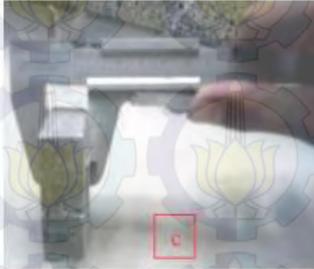
Produk yang dihasilkan dari hasil percobaan ini masih tergolong rendah, dikarenakan masih banyak cacat pada produk cor.

#### 4.4 Proses Pengukuran Produk Hasil Coran

##### 4.4.1 Pengukuran Dimensi Hasil Coran

Setelah produk cor dibersihkan dan dipotong, selanjutnya mengukur dimensi dari produk cor dengan menggunakan jangka sorong. Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui apakah ada perubahan dimensi setelah pengecoran dengan sebelum pengecoran, atau dengan kata lain apakah ada penyusutan (*shrinkage*). Proses pengukuran ditunjukkan pada Gambar 4-12, pengukuran panjang (gambar a), lebar (gambar b) dan tebal (gambar c).

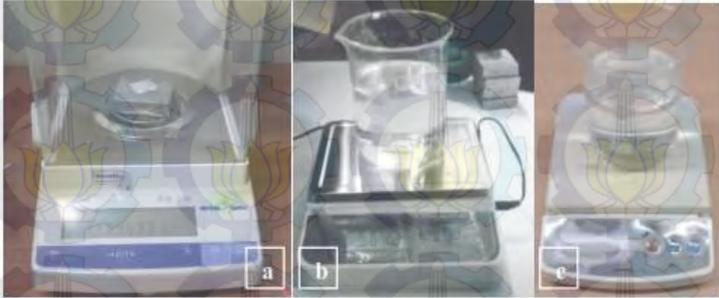




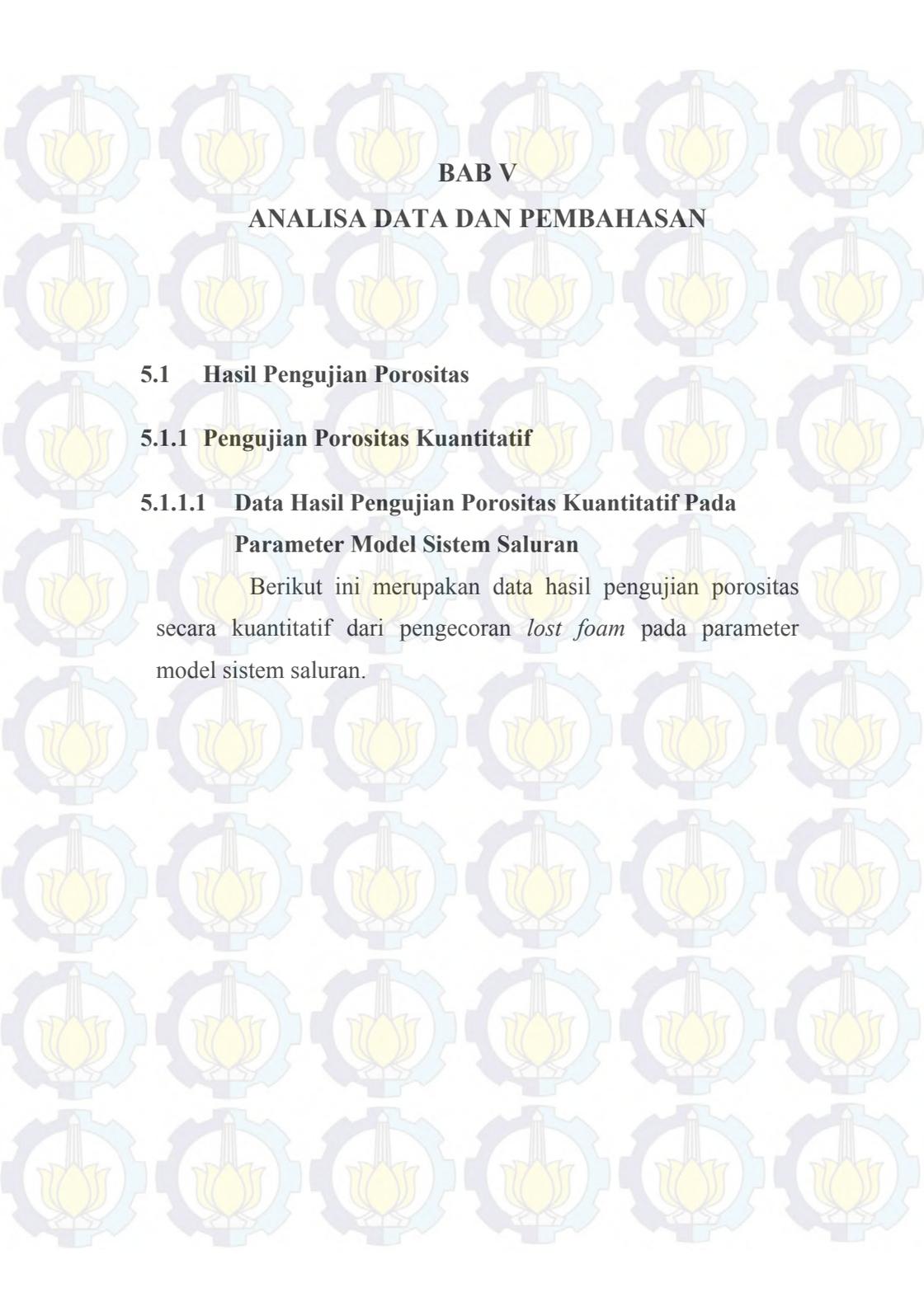
Gambar 4-12 Proses Pengukuran Dimensi Hasil coran

#### 4.4.2 Proses Pengukuran Porositas

Pengukuran prosentase porositas dilakukan dengan menghitung perbandingan volume porositas terhadap volume total spesimen. Data yang diperlukan dalam perhitungan adalah sesuai dengan fomulasi [2.10] yaitu ; massa spesimen dan volume total spesimen. Massa spesimen diperoleh dengan menimbang spesimen diatas timbangan digital (Gambar 4-13 a) dengan ketelitian 3 angka dibelakang koma. Pengukuran volume total spesimen, diukur dengan menggunakan bejana ukur yang telah diisi dengan air. Pertama-tama bejana ukur diisi sampai pada volume 400 mL kemudian spesimen dimasukan kedalam bejana tersebut dan amati perubahan ketinggian atau volume pada bejana ukur. Dikarenakan skala dari bejana ukur kurang teliti, maka proses pengamatan perubahan volume dilakukan diatas timbangan digital, dengan tahapan seperti pada Bab III Tahapan Percobaan Porositas Kuantitatif.



Gambar 4-13 (a) Penimbangan spesimen, (b) Penimbangan bejana ukur, (c) Penimbangan spesimen dalam bejana ukur



## BAB V

### ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

#### 5.1 Hasil Pengujian Porositas

##### 5.1.1 Pengujian Porositas Kuantitatif

##### 5.1.1.1 Data Hasil Pengujian Porositas Kuantitatif Pada Parameter Model Sistem Saluran

Berikut ini merupakan data hasil pengujian porositas secara kuantitatif dari pengecoran *lost foam* pada parameter model sistem saluran.

Tabel 5-1 Data Hasil Pengujian Porositas Secara Kuantitatif Pada Parameter Model Sistem Saluran

Sistem Saluran	Percobaan Ke	Vt (cm <sup>3</sup> )	Ms	ρ <sub>s</sub>	%P	Rata-rata
Saluran Samping	I	48,3	128,692	2,74	2,758	2,753
	II	46,9	125,665	2,74	2,210	
	III	45,3	120,037	2,74	3,291	
Saluran Bawah dgn 1 Gate	I	46,2	122,046	2,74	3,588	3,433
	II	48,6	129,034	2,74	3,101	
	III	46,6	123,072	2,74	3,611	
Saluran Bawah dgn 2 Gate	I	43,7	115,586	2,74	3,467	3,303
	II	46,6	124,295	2,74	2,653	
	III	46,1	121,526	2,74	3,790	
Saluran Bawah dgn 3 Gate	I	47,1	124,562	2,74	3,481	3,449
	II	46,9	124,725	2,74	2,942	
	III	45,4	119,514	2,74	3,924	

Dari data spesifikasi, paduan ADC 12 (Aluminium Die Casting 12) memiliki massa jenis ( $\rho$ ) sebesar 2,74 gr/cm<sup>3</sup>. Dan dari hasil pengukuran didapat volume spesimen dan massa spesimen, sehingga prosentase porositas dapat dihitung berdasarkan persamaan [2.10]. Adapun contoh perhitungannya sebagai berikut :

Diketahui ;

Spesimen sistem saluran samping percobaan ke-1

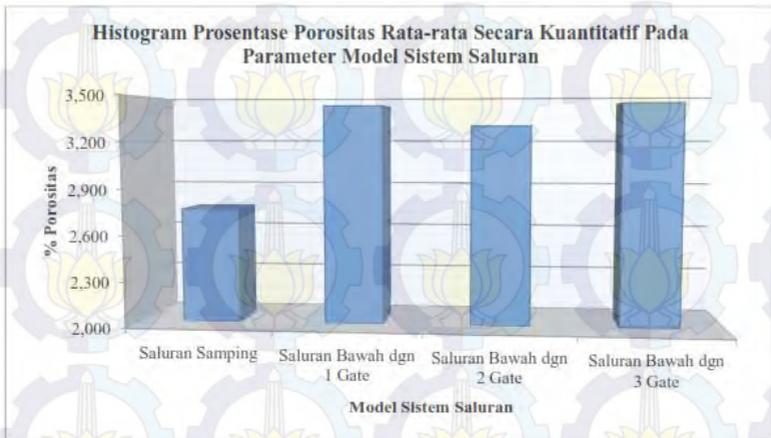
$$\rho_s = 2,74 \text{ gr/cm}^3 ; M_s = 128,6918 \text{ gr} ; V_t = 48,3 \text{ cm}^3$$

$$P = \frac{V_T - \left(\frac{M_S}{\rho_s}\right)}{V_T} \times 100\% \quad (2.12)^{[19]}$$

$$P = \frac{48,3 \text{ cm}^3 - \left(\frac{128,6918 \text{ gr}}{2,74 \text{ gr/cm}^3}\right)}{48,3 \text{ cm}^3} \times 100\%$$

$$P = 2,758 \%$$

Berdasarkan data pada Tabel 5-1 diatas maka dapat dibuat histogram perbandingan prosentase porositas dari parameter model sistem saluran, seperti diperlihatkan pada Gambar 5-1.



Gambar 5-1 Perbandingan Prosentase Porositas Secara Kuantitatif Pada Parameter Model Sistem Saluran

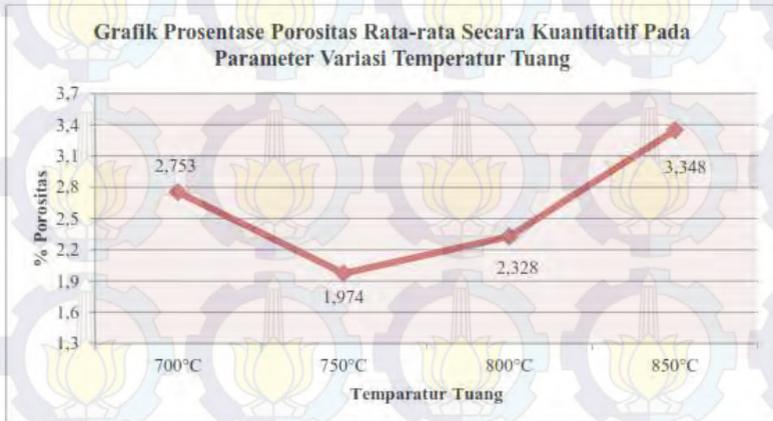
### 5.1.1.2 Data Hasil Pengujian Porositas Kuantitatif Pada Parameter Variasi Temperatur Tuang

Berikut ini merupakan data hasil pengujian porositas secara kuantitatif dari pengecoran *lost foam* pada parameter variasi temperatur tuang.

Tabel 5-2 Data Hasil Pengujian Porositas Secara Kuantitatif Pada Parameter Variasi Temperatur Tuang

Temp. Tuang	Percobaan Ke	Vt (cm <sup>3</sup> )	Ms	$\rho$	%P	Rata-rata
700°C	I	48,3	128,692	2,74	2,758	2,753
	II	46,9	125,665	2,74	2,21	
	III	45,3	120,037	2,74	3,291	
750°C	I	47,6	127,912	2,74	1,925	1,974
	II	48,7	130,96	2,74	1,857	
	III	48,4	129,776	2,74	2,141	
800°C	I	47,2	126,357	2,74	2,297	2,328
	II	48,7	130,187	2,74	2,436	
	III	46,6	124,807	2,74	2,253	
850°C	I	47,4	125,749	2,74	3,177	3,348
	II	46	121,728	2,74	3,421	
	III	50,7	134,129	2,74	3,447	

Dari data diatas maka dapat dibuat sebuah histogram perbandingan prosentase porositas pada variasi temperatur tuang, seperti diperlihatkan pada Gambar 5-2.



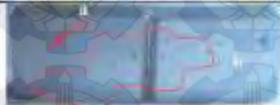
Gambar 5-2 Perbandingan Prosentase Porositas Secara Kuantitatif Pada Parameter Variasi Temp. Tuang

## 5.1.2 Pengujian Porositas Kualitatif

### 5.1.2.1 Data Hasil Pengujian Porositas Kualitatif Pada Parameter Model Sistem Saluran

Berikut ini merupakan data hasil pengujian porositas secara kualitatif dari pengecoran *lost foam* pada parameter model sistem saluran.

Tabel 5-3 Data Hasil Pengujian Porositas Kualitatif Pada Potongan 1 Parameter Model Sistem Saluran

Spesimen	Percobaan ke	Foto Porositas	Keterangan
Saluran Samping	I		Porositas mikro
	II		Porositas mikro
	III		a. Porositas mikro b. Mikroporositas gas dan penyusutan
Saluran Bawah dgn 1 gate	I		a. Porositas mikro b. Mikroporositas gas dan penyusutan
	II		a. Porositas makro b. Mikroporositas gas dan penyusutan
	III		Porositas mikro

Saluran Bawah dgn 2 gate	I		Porositas mikro
	II		a. Rongga gas b. Porositas mikro
	III		a. Penyusutan b. Porositas mikro
Saluran Bawah dgn 3 gate	I		a. Rongga gas b. Mikroporositas gas dan penyusutan
	II		a. Porositas mikro b. Rongga Udara
	III		a. Porositas mikro b. Rongga Udara

Tabel 5-4 Data Hasil Pengujian Porositas Kualitatif Pada Potongan 2 Parameter Model Sistem Saluran

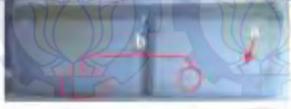
Spesimen	Percobaan ke	Foto	Keterangan
Saluran Suraping	I		Porositas mikro
	II		Porositas mikro

	III		Porositas mikro
	I		Porositas mikro
Saluran Bawah dgn 1 gate	II		Porositas mikro
	III		Porositas mikro
Saluran Bawah dgn 2 gate	I		Porositas mikro
	II		Porositas mikro
	III		Porositas mikro
Saluran Bawah dgn 3 gate	I		Porositas mikro
	II		Porositas mikro
	III		<p>a. Porositas mikro</p> <p>b. Penyusutan</p>

### 5.1.2.2 Data Hasil Pengujian Porositas Kualitatif Pada Parameter Variasi Temperatur Tuang

Berikut ini merupakan data hasil pengujian porositas secara kualitatif dari pengecoran *lost foam* pada parameter variasi temperatur tuang.

Tabel 5-5 Data Hasil Pengujian Porositas Kualitatif Pada Potongan 1 Parameter Variasi Temperatur

Spesimen	Percobaan ke	Foto	Keterangan
700°	I		Porositas mikro
	II		Porositas mikro
	III		a. Porositas mikro b. Mikroporositas gas dan penyusutan
750°	I		Mikro porositas gas dan penyusutan
	II		Porositas mikro
	III		Mikro porositas gas dan penyusutan

	I		Porositas mikro
800°	II		a. Penyusutan b. Porositas mikro
	III		Porositas mikro
	I		a. Rongga gas b. Penyusutan c. Porositas mikro
850°	II		a. Rongga gas b. Porositas mikro
	III		Porositas mikro

Tabel 5-6 Data Hasil Pengujian Porositas Kualitatif Pada Potongan 2 Parameter Variasi Temperatur Tuang

Spesimen	Percobaan ke	Foto	Keterangan
	I		Porositas mikro
700°	II		Porositas mikro
	III		Porositas mikro

	I		Mikro porositas gas dan penyusutan
750 <sup>x</sup>	II		Mikro porositas gas dan penyusutan
	III		Porositas mikro
	I		Porositas mikro
800 <sup>x</sup>	II		a. Rongga udara b. Porositas mikro
	III		Porositas mikro
	I		a. Rongga gas b. Porositas mikro
850 <sup>x</sup>	II		a. Rongga gas b. Porositas mikro
	III		a. Rongga gas b. Porositas mikro

### 5.1.3 Analisa Data Hasil Pengujian Porositas

Porositas merupakan cacat hasil pengecoran yang disebabkan adanya udara yang terjebak dalam logam cair selama proses pengecoran berlangsung dan ikut membeku, sehingga dalam produk cor terdapat rongga-rongga udara. Pada pengecoran *lost foam*, porositas didalam benda cor disebabkan hasil dekomposisi *polystyrene foam* yang terjebak dalam logam cair. Logam membeku sebelum hasil dekomposisi *polystyrene foam* keluar melalui pori-pori. Pola *polystyrene foam (styrofoam)* yang dituang cairan logam dapat membentuk gap (adanya ruang pemisah) antara logam cair dan pola yang belum terkena cairan. Pada pengecoran aluminium, pola terbakar saat cairan dimasukkan. *Polystyrene foam* terdekomposisi menjadi hidrogen dan karbon saat penuangan cairan.

Secara teori sistem saluran memiliki pengaruh besar terhadap adanya cacat pada benda cor karena dapat menyebabkan porositas dan cacat lipatan (*folded*). Gambar 5-1 menunjukkan histogram hubungan antara prosentase porositas dengan model sistem saluran. Dari histogram dapat dijelaskan bahwa saluran samping memiliki rata-rata prosentase porositas sebesar 2,753%, pada saluran bawah rata-rata prosentase porositas meningkat menjadi 3,433%, lalu kemudian turun sebesar 3,304% pada saluran bawah dengan 2 *gate*, dan terjadi kenaikan lagi pada saluran bawah dengan 3 *gate* sebesar 3,449%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa saluran samping memiliki porositas paling sedikit dibanding saluran bawah.

Jika dilihat dari desain sistem saluran, saluran bawah memiliki desain *runner* (pengalir) lebih panjang dibanding dengan saluran samping dan saluran bawah memiliki *gate* (saluran masuk) sedangkan saluran samping tidak. Saat logam cair dituang pada cetakan, *styrofoam* terbakar (dari mulai cawan tuang, *runner* sampai pada produk) saat inilah terjadinya dekomposisi, *styrofoam* terdekomposisi menjadi karbon dan

hidrogen, sehingga menyebabkan porositas pada saluran bawah lebih banyak.

Porositas juga bisa disebabkan oleh gas yang terperangkap pada saat pembentukan fasa padat. Gas hidrogen merupakan gas yang sangat mendominasi karena kelarutannya yang sangat tinggi dalam larutan aluminium, terutama pada suhu lebih dari 600°C, kelarutan gas hidrogen pada aluminium murni dengan tekanan 1 atm ditunjukkan oleh Gambar 2-9. Dan pada Tabel 2-4 menjelaskan hubungan temperatur terhadap daya larut hidrogen. Temperatur dengan daya larut hidrogen berbanding lurus, semakin tinggi temperatur, daya larut hidrogen semakin tinggi pula. Temperatur tuang 700°C s/d 850°C, daya larut hidrogennya 0,92 s/d 2,15 cc/100gr.

Sistem saluran yang digunakan dalam parameter variasi temperatur tuang adalah sistem saluran samping. Dari hasil penelitian, Gambar 5-2 menunjukkan grafik hubungan prosentase porositas terhadap temperatur tuang. Dari grafik diatas, dapat dijelaskan bahwa pada temperatur 700°C rata-rata prosentase porositas sebesar 2,753%, pada temperatur 750°C rata-rata prosentase porositas mengalami penurunan menjadi 1,9747% kemudian pada temperatur 800°C - 850°C rata-rata prosentase porositas meningkat menjadi 2,328% dan 3,348%. Dari hasil penelitian, terdapat penyimpangan pada temperatur tuang 700°C, prosentase porositas lebih besar dibanding temperatur tuang 750°C. Hal ini dapat terjadi karena pada temperatur tuang 700°C sebagian besar (sekitar 80%) *styrofoam* terdekomposisi menjadi gas dan ditambah dengan pengaruh kelarutan hidrogen sehingga prosentase porositasnya lebih banyak dibanding temperatur tuang 750°C.

Dari hasil pengujian porositas kualitatif pada Tabel 5- 3 s/d Tabel 5-6, terkait foto makro dari produk cor pada bagian *subsurface*, maka porositas yang terbentuk cenderung lebih banyak didominasi oleh bentuk *round* dibandingkan dengan bentuk *irregular*. Hal ini mengindikasikan bahwa mikroporositas yang

terjadi lebih banyak disebabkan oleh *gas porosity* dari pada *shrinkage porosity*.

## 5.2 Hasil Uji *Impact*

### 5.2.1 Data Hasil Pengujian *Impact* pada Parameter Model Sistem Saluran

Berikut ini merupakan data hasil pengujian *Impact* dari pengecoran *lost foam* pada parameter model sistem saluran.

Tabel 5-7 Data Hasil Pengujian *Impact* Pada Parameter Model Sistem Saluran

Spesimen	Percobaan Ke	Potongan	$\alpha$	$\beta$	E	AD	Harga Impact	Rata-rata
			( $^{\circ}$ )	( $^{\circ}$ )	(J)	( $\text{ton}^2$ )	( $\text{J}/\text{mm}^2$ )	
Saluran Samping	I	1	156	152	4,905	132	0,037	0,027
	II		156	154	3,924	138,46	0,028	
	III		156	153	1,962	118,4	0,016	
	I	2	156	142	20,12	132,8	0,151	0,065
	II		156	154	2,943	130,077	0,022	
	III		156	153	2,943	123,88	0,023	
Saluran Bawah dgn 1 <i>gate</i>	I	1	156	154	3,924	136,559	0,028	0,024
	II		156	153	2,943	124,832	0,023	
	III		156	154	2,943	136,92	0,021	
	I	2	156	154	2,943	129,44	0,022	0,017
	II		156	154	1,962	132	0,014	
	III		156	152	1,962	129,186	0,015	
Saluran Bawah dgn 2 <i>gate</i>	I	1	156	154	2,943	127,466	0,023	0,022
	II		156	153	2,943	132	0,022	
	III		156	153	2,943	132,8	0,022	
	I	2	156	153	2,943	130,4	0,022	0,027
	II		156	152	4,905	128	0,038	
	III		156	153	2,943	130,41	0,022	
Saluran Bawah dgn 3 <i>gate</i>	I	1	156	153	2,943	132	0,022	0,020
	II		156	153	2,943	126,008	0,023	
	III		156	154	1,962	128,59	0,015	
	I	2	156	153	2,943	121,317	0,024	0,021
	II		156	153	2,943	123,2	0,023	
	III		156	154	1,962	120,62	0,016	

Dengan data yang didapat dari pengujian, seperti panjang lengan ( $l$ ), sudut awal ( $\alpha$ ) dan akhir ( $\beta$ ), dimensi spesimen, maka energi yang diserap dan harga *impact* dapat dihitung. Dengan menggunakan fomulasi [2.9] dan [2.10]. Adapun contoh perhitungannya sebagai berikut ;

Diketahui :

Spesimen saluran samping percobaan ke-1 pada potongan 1  
 $l = 0,5447 \text{ m}$  ;  $\alpha = 156^\circ$  ;  $\beta = 152^\circ$  ;  $L = 16 \text{ mm}$  ;  $t = 8 \text{ mm}$

Menghitung Luasan ( $A_0$ )

$$A_0 = L \times t = 16 \text{ mm} \times 8 \text{ mm} = 132 \text{ mm}^2$$

Menghitung Energi yang diserap (E)

$$E = m \times g \times l \times (\cos \beta - \cos \alpha)$$

$$E = 30 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 0,5447 \text{ m} \times (\cos 152^\circ - \cos 156^\circ)$$

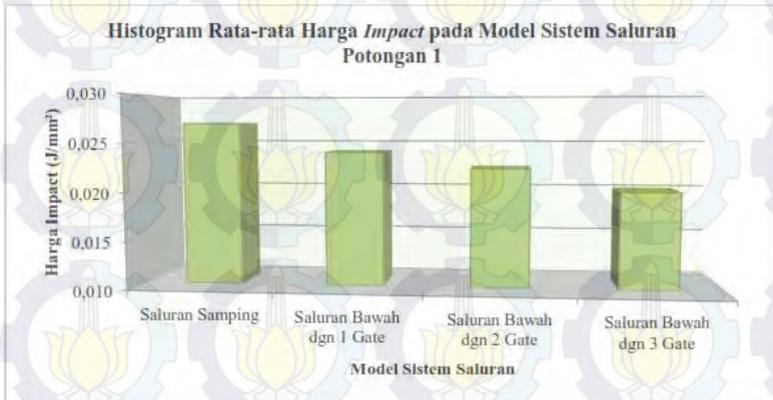
$$E = 4,905 \text{ J}$$

Menghitung Harga *Impact* (HI)

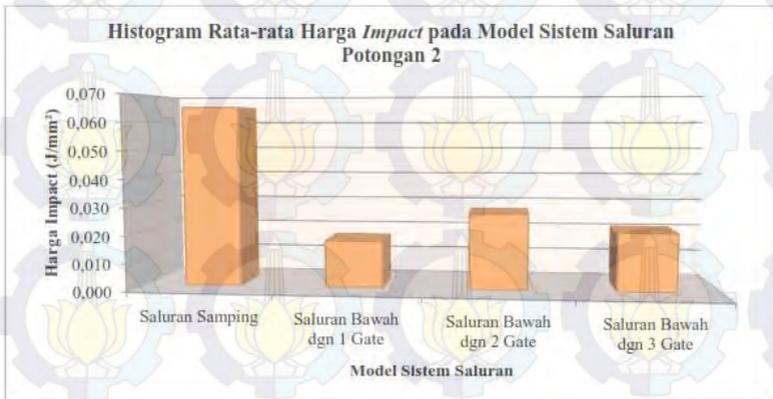
$$HI = \frac{E}{A_0}$$

$$HI = \frac{4,905 \text{ J}}{132 \text{ mm}^2} = 0,0377 \text{ J/mm}^2$$

Berdasarkan perhitungan diatas, maka dapat dibuat histogram perbandingan harga *impact* seperti diperlihatkan pada Gambar 5-3 dan Gambar 5-4.



Gambar 5-3 Histogram Perbandingan Rata-rata Harga *Impact* untuk Model Sistem Saluran pada Potongan 1



Gambar 5-4 Histogram Perbandingan Rata-rata Harga *Impact* untuk Model Sistem Saluran pada Potongan 2

## 5.2.2 Data Hasil Pengujian Impact pada Parameter

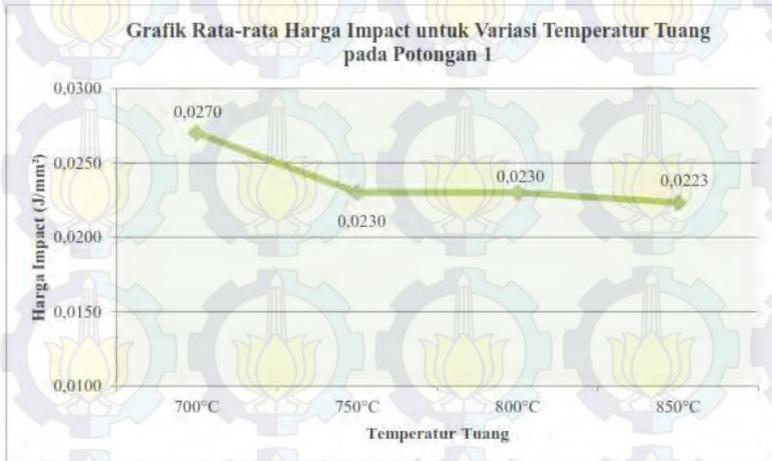
### Variasi Temperatur Tuang

Berikut ini merupakan data hasil pengujian *impact* dari pengecoran *lost foam* pada parameter variasi temperatur tuang.

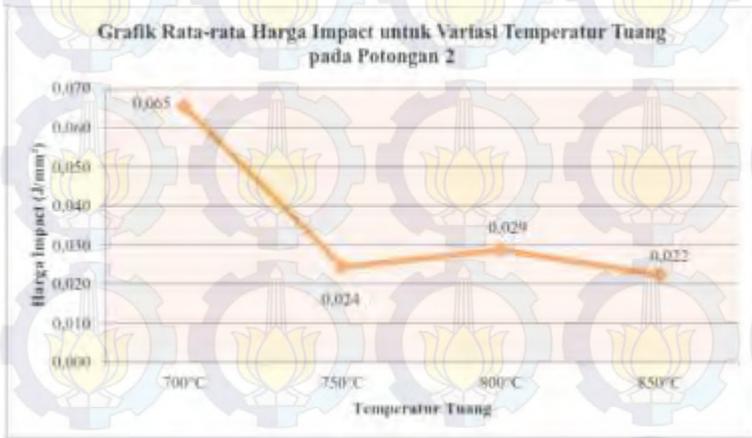
Tabel 5-8 Data Hasil Pengujian *Impact* Pada Parameter Variasi Temperatur Tuang

Spesimen	Percobaan Ke	Potongan	$\alpha$	$\beta$	E	AB	Harga Impact	Rata-rata
			(°)	(°)	(J)	(mm <sup>2</sup> )	(J/mm <sup>2</sup> )	
700°C	I	1	150	152	4,905	132	0,037	0,027
	II		150	154	3,924	138,40	0,028	
	III		150	153	1,962	118,4	0,016	
	I	2	156	142	20,12	132,8	0,151	0,005
	II		150	154	2,943	130,077	0,022	
	III		150	153	2,943	123,88	0,023	
750°C	I	1	150	154	2,943	132	0,022	0,023
	II		150	153	2,943	119,72	0,024	
	III		150	153	2,943	127,98	0,023	
	I	2	150	153	2,943	120,4	0,023	0,024
	II		150	153	2,943	118,4	0,024	
	III		150	153	2,943	112	0,020	
800°C	I	1	150	153	2,943	118,8	0,024	0,023
	II		150	153	2,943	130,35	0,022	
	III		150	153	2,943	126,282	0,023	
	I	2	150	154	3,924	118,50	0,033	0,029
	II		150	152	3,924	132	0,029	
	III		150	153	2,943	122,4	0,024	
850°C	I	1	150	153	2,943	132	0,022	0,022
	II		150	152	3,924	130,4	0,028	
	III		150	153	2,943	108,3	0,017	
	I	2	150	153	2,943	120,45	0,024	0,022
	II		150	153	2,943	128,7	0,022	
	III		150	153	2,943	140,25	0,021	

Dari data hasil pengujian dan perhitungan, maka dibuat grafik perbandingan harga *impact* rata-rata pada variasi temperatur tuang. Grafik tersebut diperlihatkan pada Gambar 5-5 dan Gambar 5-6.



Gambar 5-5 Grafik Rata-rata Harga *Impact* untuk Variasi Temperatur Tuang pada Potongan 1



Gambar 5-6 Grafik Rata-rata Harga *Impact* untuk Variasi Temperatur Tuang pada Potongan 2

### 5.2.3 Analisa Data Hasil Pengujian *Impact*

Sifat mekanik pada logam paduan diantaranya adalah kekerasan, ketangguhan, keuletan dan kekuatan. Ketangguhan adalah kemampuan dari suatu logam untuk mempertahankan bentuknya dengan cara menyerap energi sampai terjadi perpatahan. Kekuatan ditunjukkan dengan ketahanan material terhadap beban yang dikenakan kepadanya, sehingga terjadi perubahan bentuk atau ukuran. Jenis dari kekuatan diantaranya kekuatan tarik dan *impact*.

Pengujian *impact* bertujuan untuk mengetahui berapa besar energi yang diserap oleh spesimen sampai terjadi pepatahan, atau untuk mengetahui kekuatan *impact* (ketangguhan) dari spesimen tersebut. Pengujian ini dilakukan dengan cara memberikan tumbukan secara tiba-tiba pada spesimen. Setelah menumbuk spesimen, bandul berayun kembali dan menggerakkan

*dial gauge* sehingga dapat dilihat sudut hasil ayunan. Makin besar energi yang diserap makin rendah ayunan kembali dari bandul.

Pada Gambar 5-3 menjelaskan histogram rata-rata harga *impact* dari model sistem saluran pada potongan 1. Potongan 1 merupakan bagian yang dekat dengan saluran masuk. Dari histogram pada gambar 5-3 dijelaskan bahwa saluran samping memiliki rata-rata harga *impact* sebesar  $0,027 \text{ J/mm}^2$ , kemudian rata-rata harga *impact* semakin menurun pada saluran bawah yaitu sebesar  $0,024 \text{ J/mm}^2$ , saluran bawah dengan 2 *gate* sebesar  $0,022 \text{ J/mm}^2$ , dan saluran bawah dengan 3 *gate* sebesar  $0,020 \text{ J/mm}^2$ . Jika melihat pada hasil pengujian porositas secara kualitatif, potongan 1 memiliki porositas mikro lebih banyak dari pada potongan 2 dan saluran samping memiliki rata-rata porositas paling sedikit dari saluran bawah. Hal ini nampaknya berpengaruh terhadap usaha penyerapan energi saat menerima beban kejut dari pendulum. Harga *impact* pada saluran samping lebih besar dibanding saluran yang lain.

Pada Gambar 5-4 menjelaskan histogram rata-rata harga *impact* dari model sistem saluran pada potongan 2. Potongan 2 merupakan bagian ujung dari spesimen. Dari histogram pada Gambar 5-4 dijelaskan bahwa saluran samping memiliki rata-rata harga *impact* sebesar  $0,065 \text{ J/mm}^2$ , kemudian rata-rata harga *impact* pada saluran bawah dengan 1 *gate* menurun yaitu  $0,017 \text{ J/mm}^2$ , tetapi pada saluran bawah dengan 2 *gate* harga *impact* naik menjadi  $0,027 \text{ J/mm}^2$  dan turun kembali pada saluran bawah dengan 3 *gate* menjadi  $0,021 \text{ J/mm}^2$ . Jika membandingkan potongan 1 dengan potongan 2, harga *impact* rata-rata pada potongan 2 lebih besar dibanding potongan 1. Dapat dikatakan bahwa jarak dari saluran masuk berpengaruh terhadap usaha penyerapan energi dan harga *impact*. Pada Gambar 5-4 terdapat penyimpangan, yaitu saluran bawah dengan 2 *gate* memiliki harga *impact* rata-rata lebih tinggi dibanding saluran bawah lainnya. Jika melihat pada hasil pengujian porositas kualitatif, saluran bawah dengan 2 *gate* secara kasat mata memiliki mikroporositas

lebih sedikit dibanding saluran bawah dengan 1 dan 3 *gate*. Hal ini ternyata berpengaruh terhadap kekuatan *impact*-nya.

Pada Gambar 5-5 menjelaskan grafik rata-rata harga *impact* dari variasi temperatur tuang pada potongan 1. Dari grafik pada Gambar 5-5 dijelaskan bahwa harga *impact* rata-rata pada temperatur tuang 700°C sebesar 0,0275 J/mm<sup>2</sup>, pada temperatur tuang 750°C menurun menjadi 0,0233 J/mm<sup>2</sup>, namun pada temperatur 800°C naik menjadi 0,0236 J/mm<sup>2</sup>, dan pada temperatur 850°C menurun menjadi 0,0226 J/mm<sup>2</sup>.

Pada Gambar 5-6 menjelaskan grafik rata-rata harga *impact* dari variasi temperatur tuang pada potongan 2. Dari grafik pada Gambar 5-6 dijelaskan bahwa harga *impact* rata-rata pada temperatur tuang 700°C sebesar 0,065 J/mm<sup>2</sup>, pada temperatur tuang 750°C menurun menjadi 0,024 J/mm<sup>2</sup>, namun pada temperatur 800°C naik menjadi 0,029 J/mm<sup>2</sup>, dan pada temperatur 850°C menurun menjadi 0,022 J/mm<sup>2</sup>.

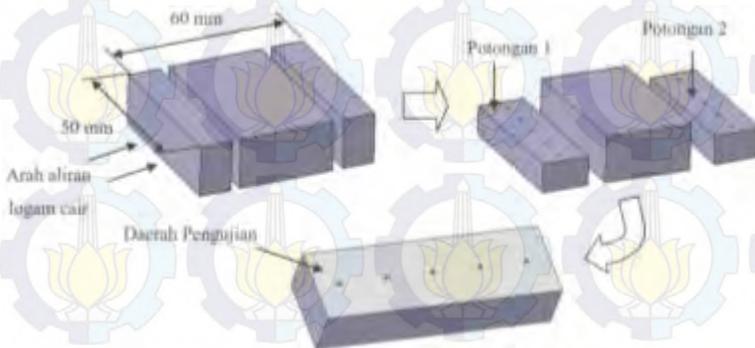
Gambar 5-5 dan Gambar 5-6 memiliki penyimpangan yang sama, temperatur tuang 800°C memiliki harga *impact* rata-rata lebih besar dibanding temperatur tuang 750°C. Jika melihat dari waktu pendinginan, tentu saja semakin besar temperatur tuang semakin lama membekunya dan hal tersebut berpengaruh pada kekuatan produk cor. Kekuatan suatu material berpengaruh pada ketahanan terhadap beban yang dikenakan kepadanya, yaitu kekuatan menahan beban kejut. Apabila melihat dari hasil pengujian porositas kualitatif, secara kasat mata temperatur tuang 800°C memiliki mikroporositas lebih sedikit dibanding temperatur tuang 750°C dan 850°C, hal ini ternyata berpengaruh terhadap kekuatan *impact*-nya.

### 5.3 Hasil Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan dengan metode pengujian *Vickers*. Data pengujian kekerasan diperoleh dari penekanan indentor dengan beban penekanan 1,998981 kg  $\approx$  2 kg.

#### 5.3.1 Pengujian Kekerasan Pada Potongan Vertikal

Pengujian kekerasan pada potongan vertikal sebagaimana dijelaskan pada sub bab 3.3 tahapan penelitian. Bagian yang dianalisa sebagaimana terlihat pada Gambar 5-7 dibawah ini .



Gambar 5-7 Ilustrasi pengujian kekerasan pada potongan vertikal

#### 5.3.1.1 Data Hasil Pengujian Kekerasan Pada Parameter

##### Model Sistem Saluran

Data hasil pengujian kekerasan pada potongan vertikal dari hasil pengecoran *lost foam* pada parameter model sistem saluran terlampir dalam lampiran.

Dari data hasil pengujian kekerasan, nilai kekerasan dapat dicari menggunakan tabel atau dapat dihitung dengan menggunakan persamaan [2.8]. Adapun contoh perhitungannya sebagai berikut :

$$VHN = \frac{1,854 \times P}{\bar{d}^2} \quad (2.8)^{[6]}$$

Diketahui : spesimen saluran samping pada potongan 1

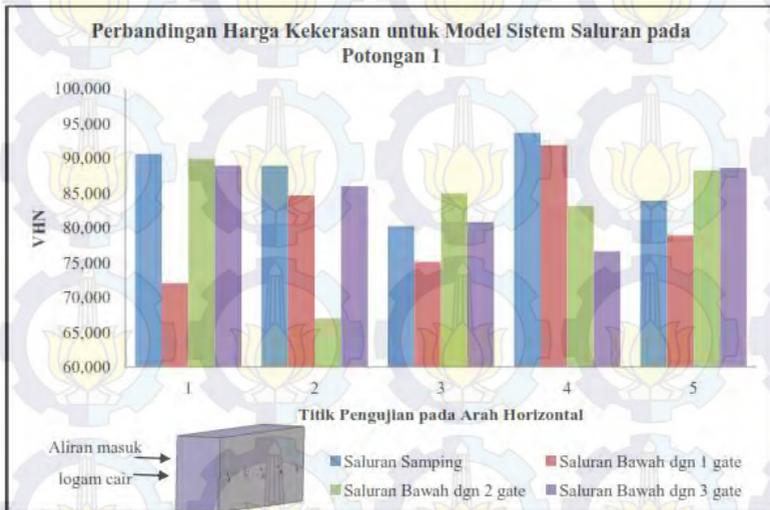
$$d_1 = 0,20 \quad d_2 = 0,20$$

$$\bar{d} = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{0,20 + 0,20}{2} = 0,20$$

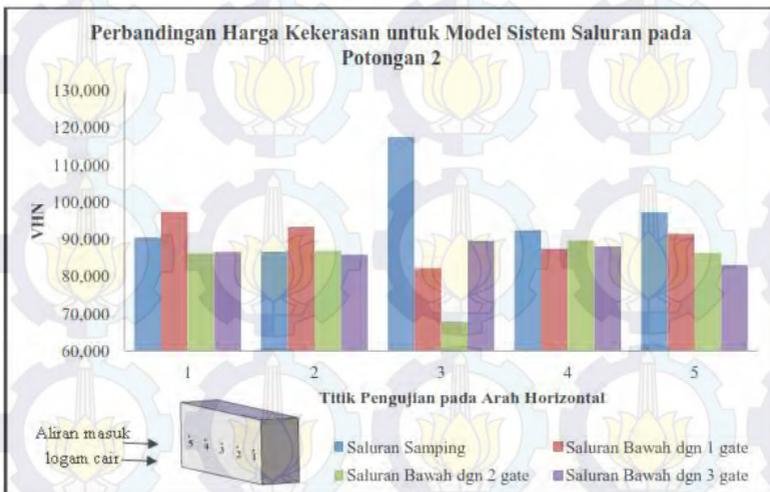
$$P = 19,61 \text{ N} = \frac{19,61 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2}{9,81 \text{ m/s}^2} = 1,998981 \text{ kg}$$

$$VHN = \frac{1,854 \times P}{\bar{d}^2} = \frac{1,854 \times 1,998981 \text{ kg}}{(0,20)^2} = 92,7 \text{ HVN}$$

Berdasarkan data hasil perhitungan diatas, maka dapat dibuat histogram perbandingan harga kekerasan dari spesimen model sistem saluran. Histogram ini menunjukkan harga kekerasan pada arah horizontal. Berikut ini merupakan histogram rata-rata harga kekerasan seperti diperlihatkan pada Gambar 5-8 dan Gambar 5-9.

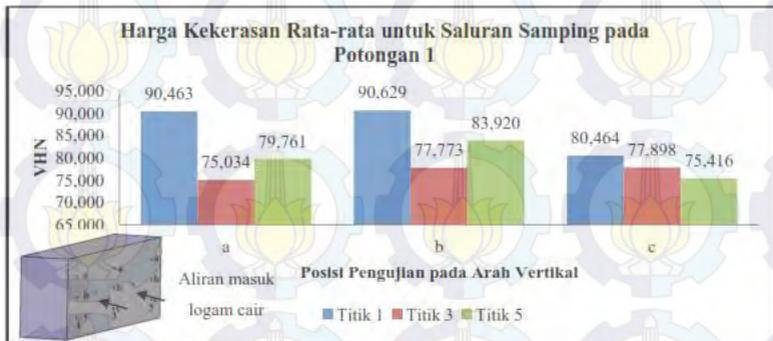


Gambar 5-8 Histogram Perbandingan Harga Kekerasan Rata-rata dari Model Sistem Saluran pada Potongan 1

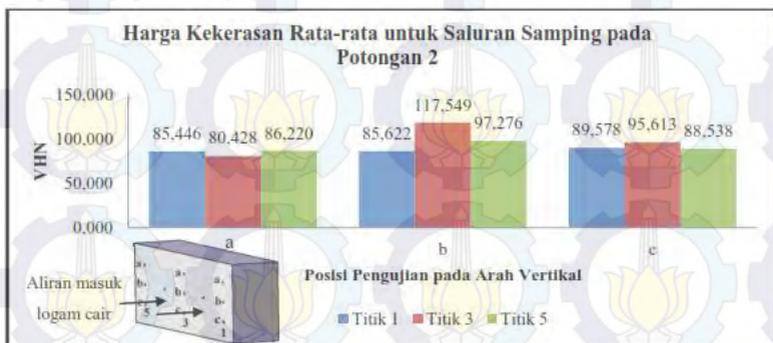


Gambar 5-9 Histogram Perbandingan Harga Kekerasan Rata-rata dari Model Sistem Saluran pada Potongan 2

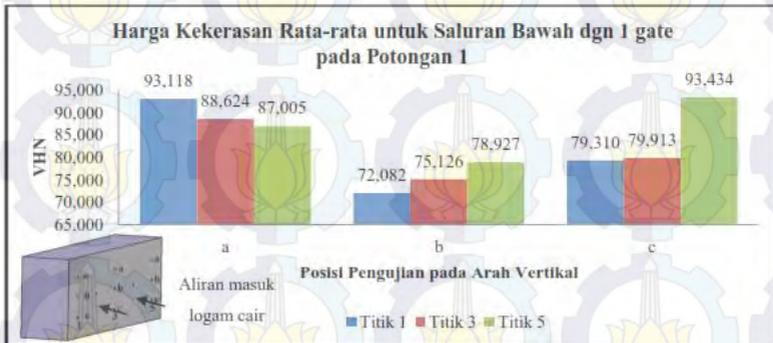
Setelah melakukan pengujian kekerasan pada arah horizontal, selanjutnya melakukan pengujian pada arah vertikal. Adapun titik pengujiannya yaitu : titik 1,3 dan 5. Tiap satu titik pengujian dilakukan tiga kali pengujian pada posisi yang berbeda, yaitu ; posisi atas (a), posisi tengah (b) dan posisi bawah (c). Dari data hasil pengujian dan perhitungan, selanjutnya dibuat suatu histogram rata-rata dari nilai kekerasan pada setiap sistem saluran. Histogram tersebut diperlihatkan pada Gambar 5-10 s/d Gambar 5-17.



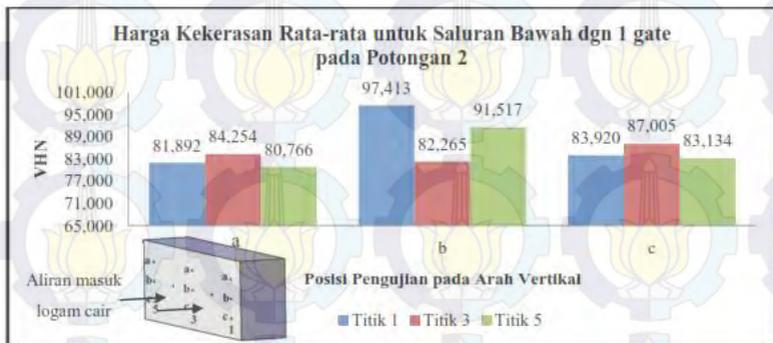
Gambar 5-10 Harga Kekerasan Rata-rata untuk Saluran Samping pada Potongan 1



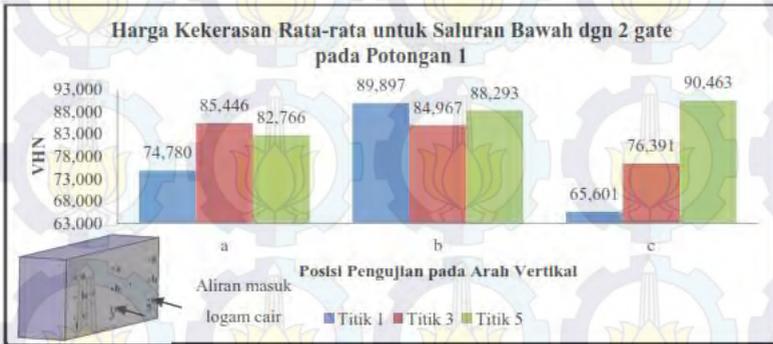
Gambar 5-11 Harga Kekerasan Rata-rata untuk Saluran Samping pada Potongan 2



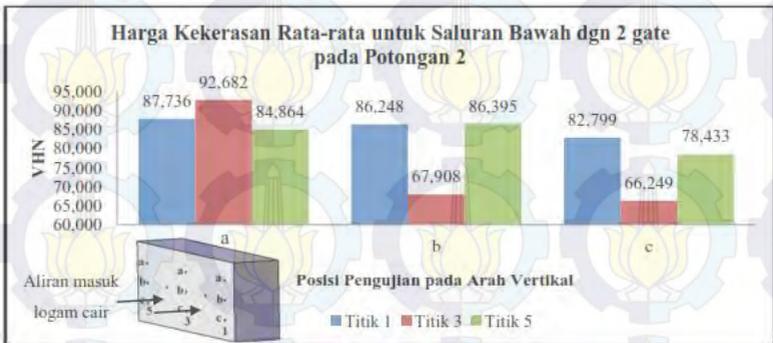
Gambar 5-12 Harga Kekerasan Rata-rata untuk Saluran Bawah dengan 1 gate pada Potongan 1



Gambar 5-13 Harga Kekerasan Rata-rata untuk Saluran Bawah dengan 1 gate pada Potongan 2



Gambar 5-14 Harga Kekerasan Rata-rata Saluran Bawah dengan 2 Gate pada Potongan 1



Gambar 5-15 Harga Kekerasan Rata-rata untuk Saluran Bawah dengan 2 Gate pada Potongan 2



Gambar 5-16 Harga Kekerasan Rata-rata untuk Saluran Bawah dengan 3 Gate pada Potongan 1



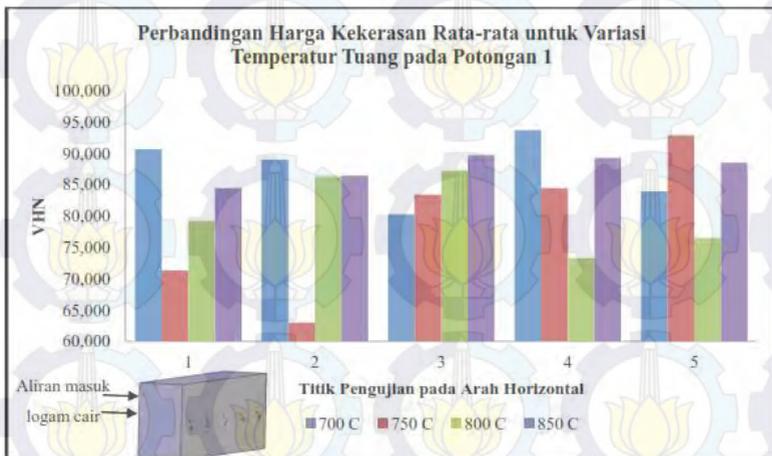
Gambar 5-17 Harga Kekerasan Rata-rata untuk Saluran Bawah dengan 3 Gate pada Potongan 2

### 5.3.1.2 Data Hasil Pengujian Kekerasan Pada Parameter

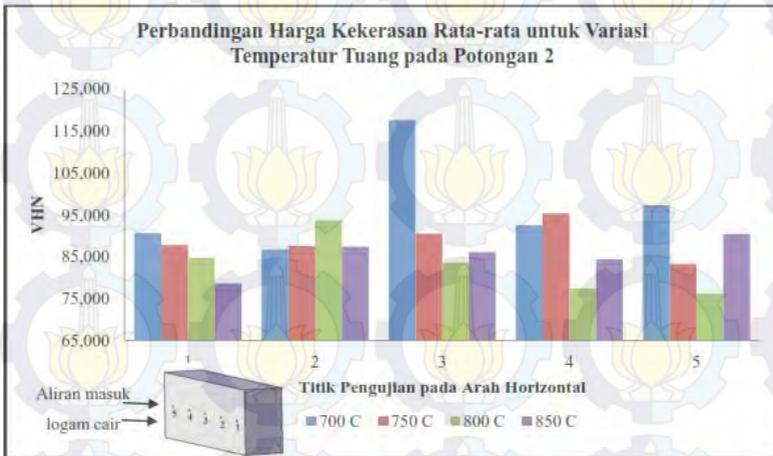
#### Variasi Temperatur Tuang

Data hasil pengujian kekerasan dari hasil pengecoran *lost foam* pada parameter variasi temperatur tuang terlampir dalam lampiran.

Berdasarkan data hasil perhitungan diatas, maka dapat dibuat histogram perbandingan harga kekerasan dari spesimen model sistem saluran. Histogram ini menunjukkan harga kekerasan pada arah horizontal. Berikut ini merupakan histogram rata-rata harga kekerasan seperti diperlihatkan pada Gambar 5-18 dan Gambar 5-19.



Gambar 5-18 Histogram Perbandingan Harga Kekerasan Rata-rata dari Variasi Temp Tuang pada Potongan 1

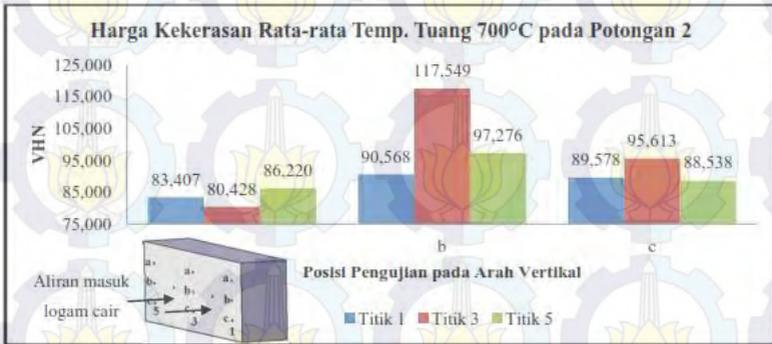


Gambar 5-19 Histogram Perbandingan Harga Kekerasan Rata-rata dari Variasi Temp Tuang pada Potongan 2

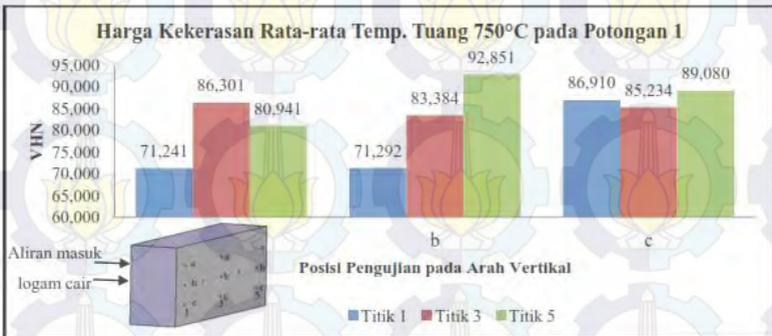
Selanjutnya pengujian kekerasan pada arah vertikal. Data pengujian serta perhitungan terlampir dalam lampiran. Berikut ini merupakan histogram kekerasan rata-rata pada arah vertikal, diperlihatkan pada Gambar 5-20 s/d Gambar 5-27.



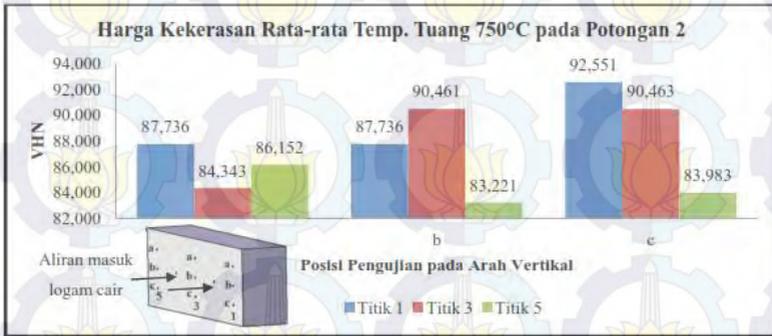
Gambar 5-20 Harga Kekerasan Rata-rata untuk Temp Tuang 700°C pada Potongan 1



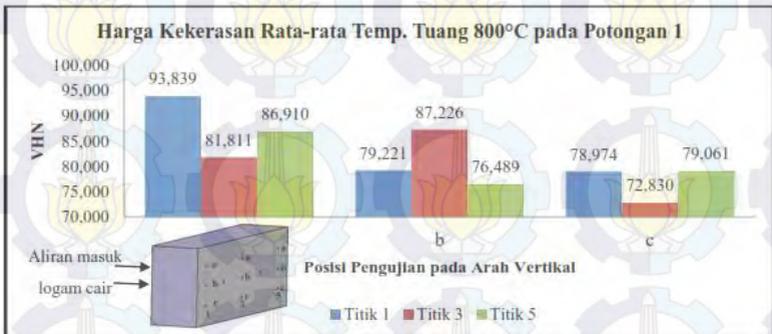
Gambar 5-21 Harga Kekerasan Rata-rata untuk Temp Tuang 700°C pada Potongan 2



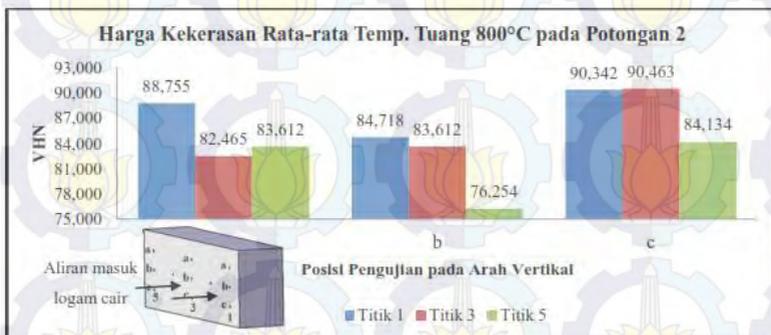
Gambar 5-22 Harga Kekerasan Rata-rata untuk Temp Tuang 750°C pada Potongan 1



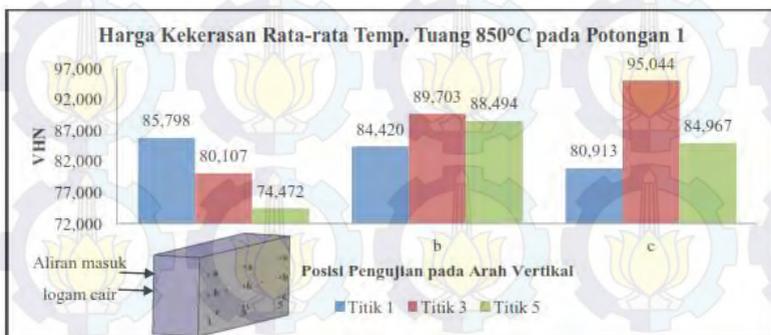
Gambar 5-23 Harga Kekerasan Rata-rata untuk Temp Tuang 750°C pada Potongan 2



Gambar 5-24 Harga Kekerasan Rata-rata untuk Temp Tuang 800°C pada Potongan 1



Gambar 5-25 Harga Kekerasan Rata-rata untuk Temp Tuang 800°C pada Potongan 2



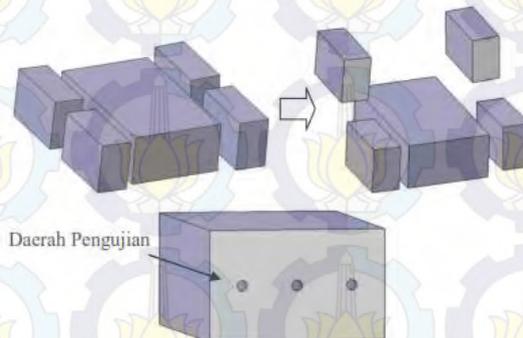
Gambar 5-26 Harga Kekerasan Rata-rata untuk Temp Tuang 850°C pada Potongan 1



Gambar 5-27 Harga Kekerasan Rata-rata untuk Temp Tuang 850°C pada Potongan 2

### 5.3.2 Pengujian Kekerasan Pada Potongan Horizontal

Pengujian kekerasan pada potongan horizontal sebagaimana dijelaskan pada sub bab 3.3 tahapan penelitian. Bagian yang dianalisa sebagaimana terlihat pada Gambar 5-28 dibawah ini.



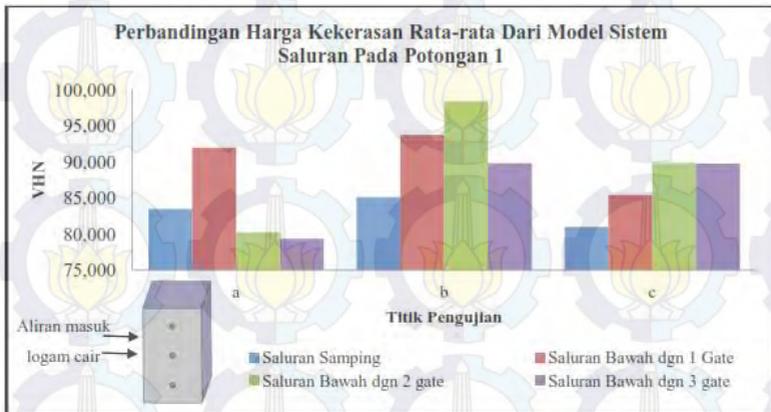
Gambar 5-28 Ilustrasi Pengujian Kekerasan Pada Potongan Horizontal

### 5.3.2.1 Data Hasil Pengujian Kekerasan Pada Parameter

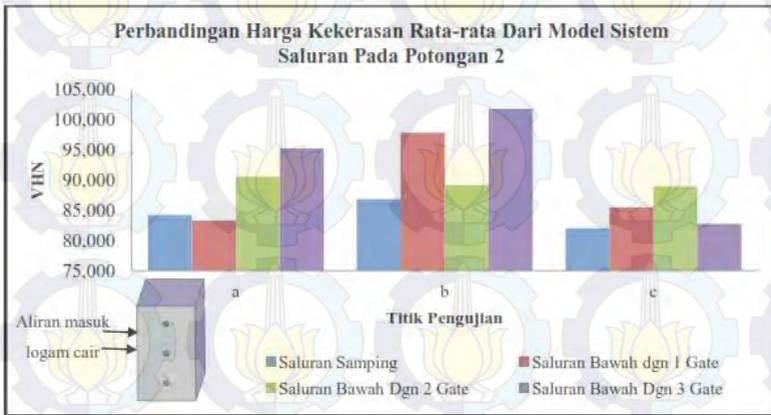
#### Model Sistem Saluran

Data hasil pengujian kekerasan pada potongan horizontal dari hasil pengecoran *lost foam* pada parameter model sistem saluran terlampir dalam lampiran.

Dari data hasil pengujian dan perhitungan, maka dapat dibuat histogram perbandingan harga kekerasan dari spesimen model sistem saluran. Histogram ini menunjukkan harga kekerasan pada potongan horizontal. Berikut ini merupakan histogram rata-rata harga kekerasan seperti diperlihatkan pada Gambar 5-29 dan Gambar 5-30.



Gambar 5-29 Histogram Perbandingan Harga Kekerasan Dari Model Sistem Saluran Pada Potongan 1



Gambar 5-30 Histogram Perbandingan Harga Kekerasan Dari Model Sistem Saluran Pada Potongan 2

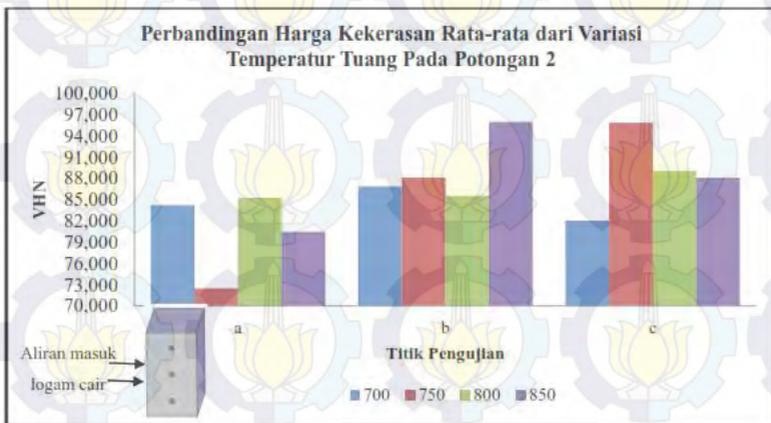
### 5.3.2.2 Data Hasil Pengujian Kekerasan Pada Parameter Variasi Temperatur Tuang

Data hasil pengujian kekerasan pada potongan horizontal dari hasil pengecoran *lost foam* pada parameter variasi temperatur tuang terlampir dalam lampiran.

Dari data hasil pengujian dan perhitungan, maka dapat dibuat histogram perbandingan harga kekerasan dari spesimen variasi temperatur tuang. Histogram ini menunjukkan harga kekerasan pada potongan horizontal. Berikut ini merupakan histogram rata-rata harga kekerasan seperti diperlihatkan pada Gambar 5-31 dan Gambar 5-32.



Gambar 5-31 Histogram Perbandingan Harga Kekerasan Rata-rata dari Variasi Temp Tuang Pada Potongan 1.



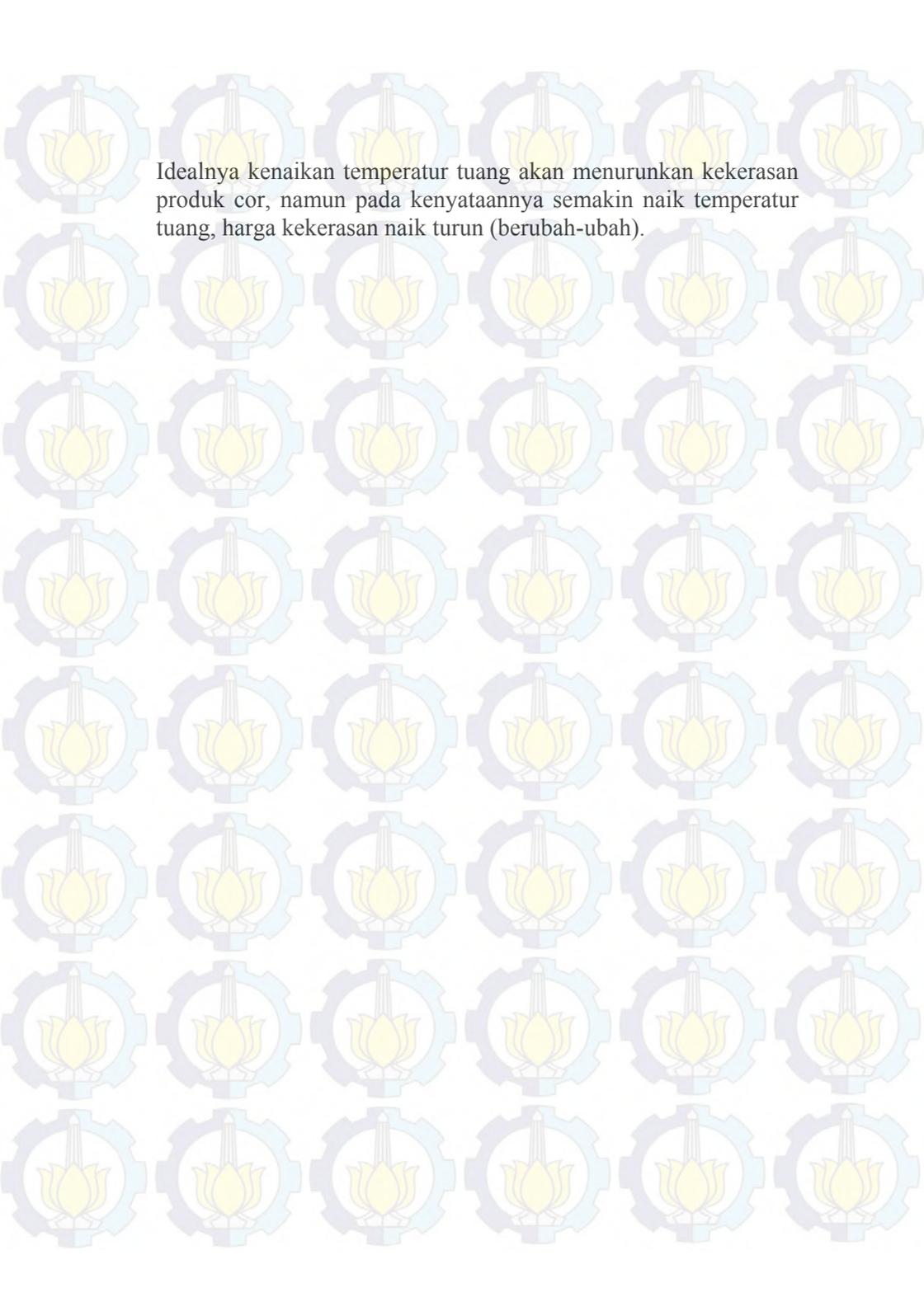
Gambar 5-32 Histogram Perbandingan Harga Kekerasan Rata-rata dari Variasi Temp Tuang Pada Potongan 2.

### 5.3.3 Analisa Data Hasil Pengujian Kekerasan

Kekerasan merupakan ketahanan material terhadap defomasi plastis karena pembebanan setempat pada permukaan spesimen. Dari hasil pengujian kekerasan pada potongan vertikal maupun horizontal, pengaruh perbedaan model sistem saluran terhadap harga kekerasan pada penelitian ini tidak dapat diambil suatu hubungan tertentu secara jelas. Pada semua model sistem saluran, benda cor memiliki harga kekerasan yang berubah-ubah disetiap titiknya, baik pada potongan 1 maupun potongan 2. Namun pada pengujian kekerasan arah vertikal, seperti diperlihatkan pada Gambar 5-10 (saluran samping), 5-12 (saluran bawah dengan 1 gate), 5-14 (saluran bawah dengan 2 gate), dan 5-16 (saluran bawah dengan 3 gate) jika melihat dari *trend line* pada masing-masing histogram diatas, posisi tengah (b) pada semua titik (1,2, dan 3) memiliki harga kekerasan rata-rata paling tinggi dibanding posisi (a) dan (c).

Jika melihat pada harga kekerasan rata-rata dari semua pengujian (potongan vertikal dan horizontal) pada posisi tengah, saluran samping memiliki harga kekerasan rata-rata paling kecil dibanding dengan saluran lainnya. Hal ini dikarenakan saluran samping memiliki harga *impact* paling besar dibanding saluran lainnya sehingga kekerasannya kecil. Secara teori, kekuatan *impact* berbanding terbalik dengan kekerasan. Semakin keras suatu material maka tegangan dalamnya akan meningkat. Tegangan dalam sangat berpengaruh dalam pengujian *impact*, karena pada pengujian *impact* beban yang bekerja adalah beban geser dalam satu arah, maka tegangan dalam akan mengurangi kekuatan *impact*.

Sama halnya dengan parameter model sistem saluran, dari hasil pengujian kekerasan pada potongan vertikal maupun horizontal, pengaruh perbedaan variasi temperatur tuang terhadap harga kekerasan pada penelitian ini tidak dapat diambil suatu hubungan tertentu secara jelas. Pada semua variasi temperatur tuang, benda cor memiliki harga kekerasan yang berubah-ubah disetiap titiknya, baik pada potongan 1 maupun potongan 2.



Idealnya kenaikan temperatur tuang akan menurunkan kekerasan produk cor, namun pada kenyataannya semakin naik temperatur tuang, harga kekerasan naik turun (berubah-ubah).

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan pengujian dan analisa terhadap produk hasil pengecoran *lost foam* dengan parameter model sistem saluran dan variasi temperatur tuang, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut ;

1. Dari hasil pengujian porositas, model sistem saluran samping memiliki prosentase porositas paling sedikit dibanding sistem saluran lainnya. Variasi temperatur tuang berpengaruh terhadap banyaknya cacat porositas, semakin tinggi temperatur tuang semakin banyak cacat porositasnya.
2. Cacat yang dihasilkan dari pengecoran *lost foam* didominasi oleh cacat porositas. Porositas yang terbentuk cenderung lebih banyak didominasi oleh bentuk *round*, mengindikasikan bahwa mikroporositas yang terjadi lebih banyak disebabkan oleh *gas porosity* dari pada *shrinkage porosity*.
3. Dari hasil pengujian *impact*, model sistem saluran samping memiliki harga *impact* rata-rata paling besar dibanding dengan sistem saluran lainnya, yaitu  $0.0275 \text{ J/mm}^2$  pada potongan 1 dan  $0,0660 \text{ J/mm}^2$  pada potongan 2. Temperatur tuang secara keseluruhan berpengaruh terhadap harga *impact*, semakin tinggi temperatur tuang semakin rendah harga *impact*-nya. Temperatur tuang  $700^\circ\text{C}$  memiliki harga *impact* rata-rata sebesar  $0,0275 \text{ J/mm}^2$  pada potongan 1 dan  $0,0660 \text{ J/mm}^2$  pada potongan 2. Sedangkan temperatur

850°C harga impact rata-ratanya 0,0226 J/mm<sup>2</sup> pada potongan 1 dan 0,0228 J/mm<sup>2</sup> pada potongan 2.

4. Prosentase porositas berpengaruh terhadap besarnya harga *impact*, semakin banyak prosentase porositas semakin kecil harga *impact*-nya.
5. Dari hasil pengujian kekerasan baik pada parameter model sistem saluran dan variasi temperatur tuang, beberapa hasil penelitian tidak menunjukkan perbedaan yang jelas.

## 6.2 Saran

Untuk pengembangan penelitian ini lebih lanjut agar diperoleh hasil yang maksimal, maka diperlukan saran sebagai berikut ;

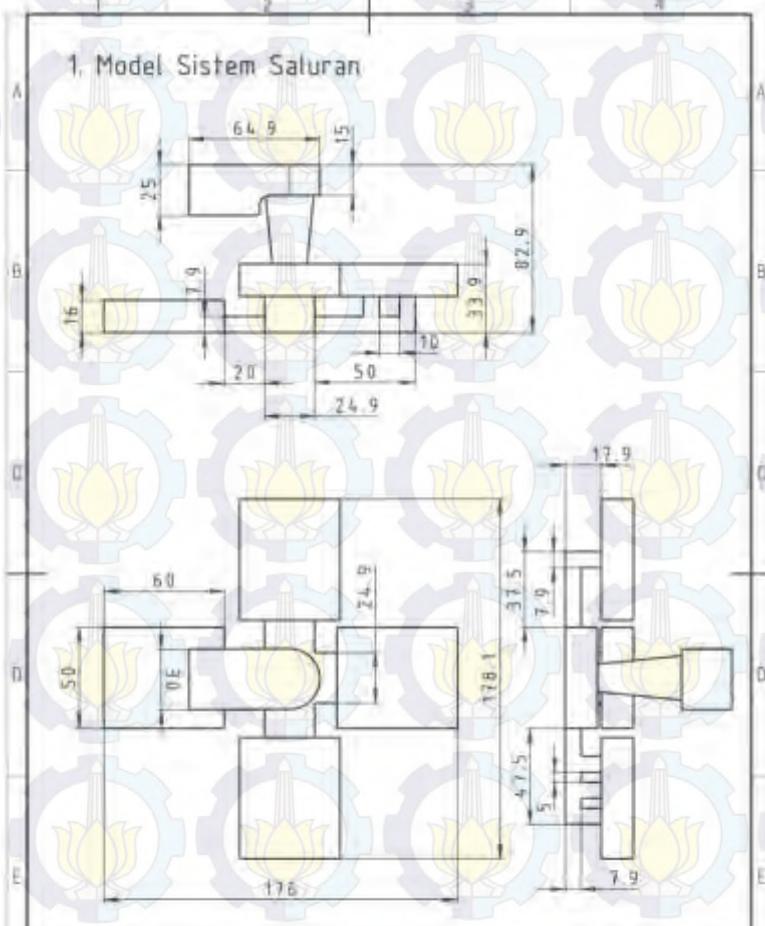
1. Agar menghasilkan bentuk dan ukuran spesimen yang seragam dan menghasilkan permukaan hasil coran halus dan merata, proses pembuatan pola harus teliti dan menggunakan alat bantu yang dapat memudahkan proses pemotongan.
2. Perawatan dan kalibrasi pada alat uji perlu dilakukan, agar dalam penelitian mendapatkan data dan hasil yang baik.
3. Untuk mendapatkan hasil data yang lebih valid pada pengujian kekerasan, sebaiknya dilakukan replikasi pada masing-masing spesimen.



**LAMPIRAN A**



### 1. Model Sistem Saluran



III | II | I Perubahan



### MODEL SISTEM SALURAN

Skala/Digambar 1:2  
Diperiksa 20/01/15

Restu  
1/1



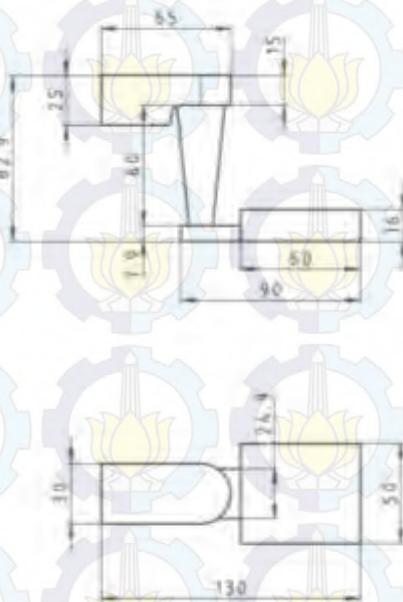
INSTITUTE TEKNOLOGI SEPULUH  
NOVEMBER SURABAYA

ME/01

Hal  
1 / 1  
A4



## 2. Variasi Temperatur Tuang



Revisi / Perubahan



### VARIASI TEMPERATUR TUANG

INSTITUTE TEKNOLOGI SEPULUH  
NOVEMBER SURABAYA

Siswa / Disambar / Restu  
12 / Diperiksa / 17

ME/02

hal  
1 / 1  
AL









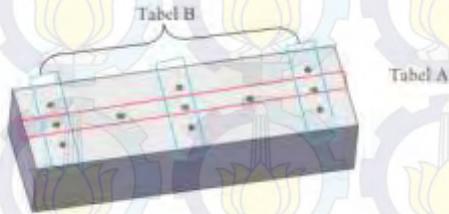


**LAMPIRAN B**



## Pengujian Kekerasan

### Pengujian Kekerasan pada Potongan Vertikal



Gambar. Ilustrasi Pengujian Kekerasan Potongan Vertikal

### Parameter Model Sistem Saluran

Tabel –A. Data Hasil Pengujian Kekerasan Parameter Model Sistem Saluran Pada Potongan Vertikal

Jenis Saluran	Percobaan Ke	Potongan	Kekerasan Arah Horizontal				
			Titik	d1	d2	D rata-rata	HVN
Saluran Samping	I	I	1	0,2	0,2	0,2	92,7
			2	0,21	0,21	0,21	84,0
			3	0,22	0,22	0,22	76,6
			4	0,21	0,205	0,2075	86,1
			5	0,215	0,215	0,215	80,2
	II	I	1	0,22	0,22	0,22	76,6
			2	0,19	0,19	0,19	102,7
			3	0,21	0,21	0,21	84,0
			4	0,19	0,2	0,195	97,5
			5	0,195	0,2	0,1975	95,0
	III	I	1	0,19	0,19	0,19	102,7
			2	0,21	0,22	0,215	80,2
			3	0,21	0,22	0,215	80,2
			4	0,2	0,19	0,195	97,5
			5	0,22	0,22	0,22	76,6

Saluran Samping	I	2	1	0,21	0,21	0,21	84,0
			2	0,225	0,235	0,23	70,1
			3	0,22	0,19	0,205	88,2
			4	0,2	0,2	0,2	92,7
			5	0,21	0,205	0,2075	86,1
	II	2	1	0,205	0,195	0,2	92,7
			2	0,18	0,21	0,195	97,5
			3	0,19	0,1	0,145	176,3
			4	0,18	0,2	0,19	102,7
			5	0,19	0,18	0,185	108,3
	III	2	1	0,195	0,2	0,1975	95,0
			2	0,2	0,2	0,2	92,7
			3	0,21	0,2	0,205	88,2
			4	0,21	0,215	0,2125	82,1
			5	0,2	0,19	0,195	97,5
Saluran Bawah	I	1	1	0,21	0,22	0,215	80,2
			2	0,19	0,21	0,2	92,7
			3	0,22	0,21	0,215	80,2
			4	0,2	0,2	0,2	92,7
			5	0,23	0,22	0,225	73,2
	II	1	1	0,25	0,265	0,2575	55,9
			2	0,2	0,21	0,205	88,2
			3	0,26	0,26	0,26	54,8
			4	0,2	0,205	0,2025	90,4
			5	0,24	0,225	0,2325	68,6
	III	1	1	0,21	0,22	0,215	80,2
			2	0,22	0,23	0,225	73,2
			3	0,205	0,2	0,2025	90,4
			4	0,2	0,2	0,2	92,7
			5	0,2	0,195	0,1975	95,0

Saluran Bawah	I	2	1	0,23	0,235	0,2325	68,6
			2	0,21	0,19	0,2	92,7
			3	0,225	0,23	0,2275	71,6
			4	0,21	0,2	0,205	88,2
			5	0,21	0,215	0,2125	82,1
	II	2	1	0,18	0,17	0,175	121,0
			2	0,195	0,2	0,1975	95,0
			3	0,205	0,19	0,1975	95,0
			4	0,205	0,21	0,2075	86,1
			5	0,2	0,19	0,195	97,5
	III	2	1	0,19	0,19	0,19	102,7
			2	0,2	0,2	0,2	92,7
			3	0,22	0,21	0,215	80,2
			4	0,2	0,21	0,205	88,2
			5	0,2	0,195	0,1975	95,0
Saluran Bawah dengan 2 gate	I	1	1	0,2	0,21	0,205	88,2
			2	0,34	0,3	0,32	36,2
			3	0,2	0,2	0,2	92,7
			4	0,23	0,235	0,2325	68,6
			5	0,2	0,2	0,2	92,7
	II	1	1	0,22	0,2	0,21	84,0
			2	0,21	0,2	0,205	88,2
			3	0,22	0,205	0,2125	82,1
			4	0,2	0,2	0,2	92,7
			5	0,205	0,205	0,205	88,2
	III	1	1	0,195	0,195	0,195	97,5
			2	0,22	0,22	0,22	76,6
			3	0,23	0,2	0,215	80,2
			4	0,22	0,19	0,205	88,2
			5	0,2	0,22	0,21	84,0

Saluran Bawah dengan 2 gate	I	3	1	0,21	0,195	0,2025	90,4
			2	0,205	0,2	0,2025	90,4
			3	0,2	0,2	0,2	92,7
			4	0,21	0,205	0,2075	86,1
			5	0,2	0,2	0,2	92,7
	II	3	1	0,22	0,21	0,215	80,2
			2	0,205	0,2	0,2025	90,4
			3	0,495	0,22	0,3575	29,0
			4	0,2	0,2	0,2	92,7
			5	0,2	0,21	0,205	88,2
	III	3	1	0,2	0,21	0,205	88,2
			2	0,215	0,215	0,215	80,2
			3	0,2	0,225	0,2125	82,1
			4	0,2	0,205	0,2025	90,4
			5	0,22	0,215	0,2175	78,3
Saluran Bawah dengan 3 gate	I	1	1	0,2	0,215	0,2075	86,1
			2	0,19	0,18	0,185	108,3
			3	0,2	0,2	0,2	92,7
			4	0,21	0,22	0,215	80,2
			5	0,19	0,195	0,1925	100,0
	II	1	1	0,2	0,2	0,2	92,7
			2	0,22	0,23	0,225	73,2
			3	0,22	0,23	0,225	73,2
			4	0,24	0,235	0,2375	65,7
			5	0,2	0,2	0,2	92,7
	III	1	1	0,2	0,21	0,205	88,2
			2	0,22	0,22	0,22	76,6
			3	0,22	0,22	0,22	76,6
			4	0,21	0,21	0,21	84,0
			5	0,23	0,22	0,225	73,2

Saluran Bawah dengan 3 gate	I	2	1	0,2	0,18	0,19	102,7
			2	0,25	0,25	0,25	59,3
			3	0,21	0,21	0,21	84,0
			4	0,21	0,2	0,205	88,2
			5	0,195	0,2	0,1975	95,0
	II	2	1	0,21	0,21	0,21	84,0
			2	0,18	0,18	0,18	114,4
			3	0,18	0,19	0,185	108,3
			4	0,21	0,2	0,205	88,2
			5	0,2	0,2	0,2	92,7
	III	2	1	0,23	0,22	0,225	73,2
			2	0,21	0,21	0,21	84,0
			3	0,22	0,22	0,22	76,6
			4	0,2	0,21	0,205	88,2
			5	0,25	0,24	0,245	61,7

Tabel-B. Data Hasil Pengujian Kekerasan Parameter Model Sistem Saluran Pada Potongan Vertikal

Jenis Saluran	Pembukaan Ke	Potongan	Titik	Kekerasan Arah Vertikal					
				Posisi	d1	d2	D rata-rata	HVN	
Saluran Satupling	1	1	1	a	0,2	0,195	0,1975	95	
				b	0,2	0,2	0,2	92,7	
				c	0,22	0,225	0,2225	74,9	
			3	a	0,205	0,21	0,2075	86,1	
				b	0,22	0,22	0,22	76,6	
				c	0,22	0,23	0,225	73,2	
			5	a	0,22	0,24	0,23	70,1	
				b	0,215	0,215	0,215	80,2	
				c	0,21	0,195	0,2025	90,4	
			2	1	a	0,21	0,215	0,2125	82,1
					b	0,21	0,21	0,21	84
					c	0,19	0,195	0,1925	100
		3		a	0,235	0,215	0,225	73,2	
				b	0,22	0,19	0,205	88,2	
				c	0,21	0,215	0,2125	82,1	
		5		a	0,21	0,215	0,2125	82,1	
				b	0,21	0,205	0,2075	86,1	
				c	0,22	0,205	0,2125	82,1	

Saluran Sampling	II	1	a	0,205	0,205	0,205	88,2
			b	0,22	0,22	0,22	76,0
			c	0,21	0,2	0,205	88,2
		3	a	0,28	0,26	0,27	50,8
			b	0,21	0,21	0,22	76,0
			c	0,24	0,245	0,2425	63
	5	a	0,22	0,22	0,22	76,0	
		b	0,195	0,2	0,1975	95	
		c	0,22	0,22	0,22	76,0	
	2	1	a	0,205	0,21	0,2075	86,1
			b	0,205	0,195	0,2	92,7
			c	0,22	0,215	0,2175	78,3
		3	a	0,205	0,215	0,21	84
			b	0,19	0,1	0,145	176,3
			c	0,205	0,2	0,2025	90,4
5		a	0,23	0,21	0,22	76,0	
		b	0,19	0,18	0,185	108,3	
		c	0,205	0,21	0,2075	86,1	
Saluran Sampling	III	1	a	0,21	0,2	0,205	88,2
			b	0,19	0,19	0,19	102,7
			c	0,22	0,215	0,2175	78,3
		3	a	0,21	0,2	0,205	88,2
			b	0,21	0,22	0,215	80,2
			c	0,19	0,2	0,195	97,5
		5	a	0,2	0,2	0,2	92,7
			b	0,22	0,22	0,22	76,0
			c	0,25	0,25	0,25	59,3
	2	1	a	0,21	0,215	0,2125	82,1
			b	0,195	0,2	0,1975	95
			c	0,205	0,2	0,2025	90,4
		3	a	0,21	0,21	0,21	84
			b	0,21	0,2	0,205	88,2
			c	0,18	0,18	0,18	114,4
5	a	0,19	0,195	0,1925	100		
	b	0,2	0,19	0,195	97,5		
	c	0,19	0,2	0,195	97,5		

Saluran Bawah	I	1	a	0,19	0,19	0,19	102,7
			b	0,21	0,22	0,215	80,2
			c	0,2	0,22	0,21	84
		3	a	0,21	0,19	0,2	92,7
			b	0,22	0,21	0,215	80,2
	5	a	0,2	0,21	0,205	88,2	
		b	0,21	0,2	0,205	88,2	
		c	0,23	0,22	0,225	73,2	
	II	1	a	0,19	0,2	0,195	97,5
			b	0,23	0,24	0,235	67,1
			c	0,23	0,235	0,2325	68,6
		3	a	0,22	0,22	0,22	76,6
			b	0,25	0,22	0,235	67,1
	5	a	0,225	0,23	0,2275	71,6	
		b	0,22	0,21	0,215	80,2	
c		0,23	0,24	0,235	67,1		
Saluran Bawah II	I	1	a	0,21	0,21	0,21	84
			b	0,25	0,265	0,2575	55,9
			c	0,24	0,235	0,2375	65,7
		3	a	0,23	0,22	0,225	73,2
			b	0,26	0,26	0,26	54,8
	5	a	0,23	0,22	0,225	73,2	
		b	0,22	0,21	0,215	80,2	
		c	0,24	0,225	0,2325	68,6	
	II	1	a	0,21	0,22	0,215	80,2
			b	0,2	0,205	0,2025	90,4
			c	0,18	0,17	0,175	121
		3	a	0,22	0,21	0,215	80,2
			b	0,21	0,2	0,205	88,2
	5	a	0,205	0,19	0,1975	95	
		b	0,2	0,21	0,205	88,2	
c		0,22	0,21	0,215	80,2		
II	1	a	0,2	0,19	0,195	97,5	
		b	0,21	0,22	0,215	80,2	
		c	0,21	0,22	0,215	80,2	



Saluran Bawah III	1	1	a	0,21	0,19	0,2	92,7
			b	0,21	0,22	0,215	80,2
			c	0,18	0,23	0,205	88,2
		3	a	0,19	0,195	0,1925	100
			b	0,205	0,2	0,2025	90,4
			c	0,22	0,215	0,2175	78,3
	5	a	0,2	0,2	0,2	92,7	
		b	0,2	0,195	0,1975	95	
		c	0,19	0,19	0,19	102,7	
	2	1	a	0,21	0,2	0,205	88,2
			b	0,19	0,19	0,19	102,7
			c	0,2	0,195	0,1975	95
		3	a	0,19	0,2	0,195	97,5
			b	0,22	0,21	0,215	80,2
			c	0,21	0,19	0,2	92,7
5		a	0,195	0,2	0,1975	95	
		b	0,2	0,195	0,1975	95	
		c	0,2	0,2	0,2	92,7	
Saluran Bawah gate 2 I	1	1	a	0,19	0,215	0,2025	90,4
			b	0,2	0,21	0,205	88,2
			c	0,21	0,21	0,21	84
		3	a	0,2	0,21	0,205	88,2
			b	0,2	0,2	0,2	92,7
			c	0,2	0,195	0,1975	95
	5	a	0,21	0,21	0,21	84	
		b	0,2	0,2	0,2	92,7	
		c	0,205	0,19	0,1975	95	
	2	1	a	0,2	0,2	0,2	92,7
			b	0,21	0,195	0,2025	90,4
			c	0,22	0,21	0,215	80,2
		3	a	0,2	0,2	0,2	92,7
			b	0,2	0,2	0,2	92,7
			c	0,22	0,24	0,23	70,1
5		a	0,205	0,2	0,2025	90,4	
		b	0,2	0,2	0,2	92,7	
		c	0,22	0,225	0,2225	74,9	



Saluran Bawah gate 2	I	1	a	0,22	0,21	0,215	80,2
			b	0,22	0,2	0,21	84
			c	0,22	0,22	0,22	76,6
		3	a	0,205	0,21	0,2075	86,1
			b	0,22	0,205	0,2125	82,1
			c	0,225	0,22	0,2225	74,9
	5	a	0,235	0,22	0,2275	71,6	
		b	0,205	0,205	0,205	88,2	
		c	0,205	0,205	0,205	88,2	
	2	1	a	0,21	0,195	0,2025	90,4
			b	0,22	0,21	0,215	80,2
			c	0,22	0,23	0,225	73,2
3		a	0,2	0,205	0,2025	90,4	
		b	0,495	0,22	0,3575	29	
		c	0,21	0,2	0,205	88,2	
5	a	0,21	0,21	0,21	84		
	b	0,2	0,21	0,205	88,2		
	c	0,24	0,22	0,23	70,1		
Saluran Bawah gate 2	I	1	a	0,265	0,26	0,2625	53,8
			b	0,195	0,195	0,195	97,5
			c	0,32	0,32	0,32	36,2
		3	a	0,22	0,205	0,2125	82,1
			b	0,23	0,2	0,215	80,2
			c	0,24	0,26	0,25	59,3
		5	a	0,2	0,2	0,2	92,7
			b	0,2	0,22	0,21	84
			c	0,22	0,19	0,205	88,2
	2	1	a	0,22	0,21	0,215	80,2
			b	0,2	0,21	0,205	88,2
			c	0,2	0,195	0,1975	95
		3	a	0,2	0,195	0,1975	95
			b	0,2	0,225	0,2125	82,1
			c	0,31	0,295	0,3025	40,5
		5	a	0,21	0,22	0,215	80,2
			b	0,22	0,215	0,2175	78,1
			c	0,205	0,2	0,2025	90,4



Saluran Bawah gate 3	I	1	a	0,195	0,21	0,2025	90,4
			b	0,2	0,215	0,2075	86,1
			c	0,21	0,215	0,2125	82,1
		3	a	0,205	0,21	0,2075	86,1
			b	0,2	0,2	0,2	92,7
			c	0,21	0,2	0,205	88,2
		5	a	0,22	0,215	0,2175	78,3
			b	0,19	0,195	0,1925	100
			c	0,25	0,23	0,24	64,3
	2	1	a	0,2	0,235	0,2175	78,3
			b	0,2	0,18	0,19	102,7
			c	0,2	0,21	0,205	88,2
		3	a	0,205	0,2	0,2025	90,4
			b	0,21	0,21	0,21	84
			c	0,21	0,215	0,2125	82,1
5	a	0,195	0,19	0,1925	100		
	b	0,195	0,2	0,1975	95		
	c	0,205	0,195	0,2	92,7		
Saluran Bawah gate 3	I	1	a	0,22	0,21	0,215	80,2
			b	0,2	0,2	0,2	92,7
			c	0,22	0,22	0,22	76,6
		3	a	0,205	0,21	0,2075	86,1
			b	0,22	0,23	0,225	73,2
			c	0,225	0,22	0,2225	74,9
		5	a	0,235	0,22	0,2275	71,6
			b	0,2	0,2	0,2	92,7
			c	0,205	0,205	0,205	88,2
	2	1	a	0,21	0,195	0,2025	90,4
			b	0,21	0,21	0,21	84
			c	0,22	0,23	0,225	73,2
		3	a	0,205	0,2	0,2025	90,4
			b	0,18	0,19	0,185	108,3
			c	0,21	0,2	0,205	88,2
5	a	0,21	0,21	0,21	84		
	b	0,2	0,2	0,2	92,7		
	c	0,24	0,22	0,23	70,1		



Saluran Bawah golf 3	I	1	a	0,2	0,21	0,205	88,2	
			b	0,2	0,21	0,205	88,2	
			c	0,22	0,225	0,2225	74,9	
		3	a	0,27	0,28	0,275	49	
			b	0,22	0,22	0,22	76,0	
			c	0,22	0,22	0,22	76,0	
	5	a	0,2	0,21	0,205	88,2		
		b	0,23	0,22	0,225	73,2		
		c	0,21	0,2	0,205	88,2		
	II	1	1	a	0,2	0,19	0,195	97,5
				b	0,23	0,22	0,225	73,2
				c	0,24	0,2	0,22	76,0
			3	a	0,26	0,26	0,26	54,8
				b	0,22	0,22	0,22	76,0
				c	0,2	0,21	0,205	88,2
		5	a	0,2	0,21	0,205	88,2	
			b	0,25	0,24	0,245	61,7	
			c	0,22	0,23	0,225	73,2	



## Parameter Variasi Temperatur Tuang

Tabel-A. Data Hasil Pengujian Kekerasan Parameter Variasi Temperatur Tuang Pada Potongan Vertikal

700°C	I	I	1	0,2	0,2	0,2	92,7
			2	0,21	0,21	0,21	84,0
			3	0,22	0,22	0,22	76,6
			4	0,21	0,205	0,2075	86,1
			5	0,215	0,215	0,215	80,2
	II	I	1	0,22	0,22	0,22	76,6
			2	0,19	0,19	0,19	102,7
			3	0,21	0,21	0,21	84,0
			4	0,19	0,2	0,195	97,5
			5	0,195	0,2	0,1975	95,0
	III	I	1	0,19	0,19	0,19	102,7
			2	0,21	0,22	0,215	80,2
			3	0,21	0,22	0,215	80,2
			4	0,2	0,19	0,195	97,5
			5	0,22	0,22	0,22	76,6
	I	I	1	0,21	0,21	0,21	84,0
			2	0,225	0,235	0,23	70,1
			3	0,22	0,19	0,205	88,2
			4	0,2	0,2	0,2	92,7
			5	0,21	0,205	0,2075	86,1
	II	2	1	0,205	0,195	0,2	92,7
			2	0,18	0,21	0,195	97,5
			3	0,19	0,1	0,145	176,3
			4	0,18	0,2	0,19	102,7
			5	0,19	0,18	0,185	108,3
III	I	1	0,195	0,2	0,1975	95,0	
		2	0,2	0,2	0,2	92,7	
		3	0,21	0,2	0,205	88,2	
		4	0,21	0,215	0,2125	82,1	
		5	0,2	0,19	0,195	97,5	



750°C	I	1	1	0,2	0,225	0,2125	82,1
			2	0,24	0,225	0,2325	68,6
			3	0,215	0,205	0,21	84,0
			4	0,23	0,21	0,22	76,6
			5	0,205	0,21	0,2075	86,1
	II	1	1	0,24	0,25	0,245	61,7
			2	0,23	0,235	0,2325	68,6
			3	0,215	0,21	0,2125	82,1
			4	0,2	0,2	0,2	92,7
			5	0,195	0,195	0,195	97,5
	III	1	1	0,235	0,225	0,23	70,1
			2	0,265	0,27	0,2675	51,8
			3	0,215	0,205	0,21	84,0
			4	0,215	0,205	0,21	84,0
			5	0,195	0,2	0,1975	95,0
	I	1	1	0,2	0,2	0,2	92,7
			2	0,205	0,205	0,205	88,2
			3	0,215	0,2	0,2075	86,1
			4	0,19	0,19	0,19	102,7
			5	0,23	0,22	0,225	73,2
II	2	1	0,22	0,21	0,215	80,2	
		2	0,195	0,21	0,2025	90,4	
		3	0,205	0,195	0,2	92,7	
		4	0,2	0,21	0,205	88,2	
		5	0,205	0,21	0,2075	86,1	
III	2	1	0,21	0,195	0,2025	90,4	
		2	0,215	0,205	0,21	84,0	
		3	0,205	0,195	0,2	92,7	
		4	0,19	0,205	0,1975	95,0	
		5	0,195	0,21	0,2025	90,4	



800°C	I	1	1	0,22	0,21	0,215	80,2
			2	0,205	0,21	0,2075	86,1
			3	0,2	0,19	0,195	97,5
			4	0,205	0,21	0,2075	86,1
			5	0,28	0,25	0,265	52,8
	II	1	1	0,24	0,23	0,235	67,1
			2	0,21	0,22	0,215	80,2
			3	0,21	0,22	0,215	80,2
			4	0,255	0,24	0,2475	60,5
			5	0,21	0,21	0,21	84,0
	III	1	1	0,195	0,21	0,2025	90,4
			2	0,2	0,2	0,2	92,7
			3	0,22	0,2	0,21	84,0
			4	0,22	0,23	0,225	73,2
			5	0,2	0,2	0,2	92,7
I	1	1	0,21	0,205	0,2075	86,1	
		2	0,2	0,185	0,1925	100,0	
		3	0,22	0,22	0,22	76,6	
		4	0,24	0,245	0,2425	63,0	
		5	0,24	0,24	0,24	64,3	
II	2	1	0,21	0,21	0,21	84,0	
		2	0,2	0,2	0,2	92,7	
		3	0,205	0,21	0,2075	86,1	
		4	0,22	0,22	0,22	76,6	
		5	0,21	0,205	0,2075	86,1	
III	2	1	0,21	0,21	0,21	84,0	
		2	0,21	0,2	0,205	88,2	
		3	0,21	0,2	0,205	88,2	
		4	0,2	0,2	0,2	92,7	
		5	0,215	0,22	0,2175	78,3	

850°C	I	1	1	0,195	0,2	0,1975	95,0	
			2	0,195	0,205	0,2	92,7	
			3	0,21	0,195	0,2025	90,4	
			4	0,195	0,2	0,1975	95,0	
			5	0,195	0,205	0,2	92,7	
	II	1	1	0,24	0,22	0,23	70,1	
			2	0,215	0,22	0,2175	78,3	
			3	0,2	0,2	0,2	92,7	
			4	0,195	0,205	0,2	92,7	
			5	0,2	0,2	0,2	92,7	
	III	1	1	0,195	0,215	0,205	88,2	
			2	0,21	0,2	0,205	88,2	
			3	0,205	0,21	0,2075	86,1	
			4	0,22	0,21	0,215	80,2	
			5	0,215	0,215	0,215	80,2	
	I	1	1	0,225	0,21	0,2175	78,3	
			2	0,215	0,215	0,215	80,2	
			3	0,195	0,185	0,19	102,7	
			4	0,225	0,235	0,23	70,1	
			5	0,195	0,21	0,2025	90,4	
		II	2	1	0,235	0,235	0,235	67,1
				2	0,215	0,21	0,2125	82,1
				3	0,225	0,23	0,2275	71,6
				4	0,205	0,195	0,2	92,7
				5	0,2	0,2	0,2	92,7
III		2	1	0,205	0,2	0,2025	90,4	
			2	0,195	0,19	0,1925	100,0	
			3	0,205	0,215	0,21	84,0	
			4	0,2	0,205	0,2025	90,4	
			5	0,21	0,2	0,205	88,2	

Tabel 1 Data Hasil Pengujian Kekerasan Parameter Variasi Temperatur Tuang Pada Potongan Vertikal

Suhu	Percobaan	Ks	Potongan	Kekerasan Arah Vertikal					
				Titik	Posisi	d1	d2	D rata-rata	HVN
700°C	1		1	1	a	0,2	0,195	0,1975	95
					b	0,2	0,2	0,2	92,7
					c	0,22	0,225	0,2225	74,9
				3	a	0,205	0,21	0,2075	86,1
					b	0,22	0,22	0,22	76,6
					c	0,22	0,23	0,225	73,2
				5	a	0,22	0,24	0,23	76,1
					b	0,215	0,215	0,215	80,2
					c	0,21	0,195	0,2025	90,4
			2	1	a	0,21	0,215	0,2125	82,1
					b	0,21	0,21	0,21	84
					c	0,19	0,195	0,1925	100
				3	a	0,235	0,215	0,225	73,2
					b	0,22	0,19	0,205	88,2
					c	0,21	0,215	0,2125	82,1
				5	a	0,21	0,215	0,2125	82,1
					b	0,21	0,205	0,2075	80,1
					c	0,22	0,205	0,2125	82,1

700°c	II	1	1	a	0,205	0,205	0,205	88,2
			1	b	0,22	0,22	0,22	76,6
			1	c	0,21	0,2	0,205	88,2
		1	3	a	0,28	0,26	0,27	50,8
		1	3	b	0,21	0,21	0,22	76,6
		1	3	c	0,24	0,245	0,2425	63
		1	5	a	0,22	0,22	0,22	76,6
		1	5	b	0,195	0,2	0,1975	95
		1	5	c	0,22	0,22	0,22	76,6
	2	1	a	0,205	0,21	0,2075	86,1	
	2	1	b	0,205	0,195	0,2	92,7	
	2	1	c	0,22	0,215	0,2175	78,3	
	2	3	a	0,205	0,215	0,21	84	
	2	3	b	0,19	0,1	0,145	176,3	
	2	3	c	0,205	0,2	0,2025	90,4	
2	5	a	0,23	0,21	0,22	76,6		
2	5	b	0,19	0,18	0,185	108,3		
2	5	c	0,205	0,21	0,2075	86,1		
700°c	III	1	1	a	0,21	0,2	0,205	88,2
			1	b	0,19	0,19	0,19	102,7
			1	c	0,22	0,215	0,2175	78,3
		1	3	a	0,21	0,2	0,205	88,2
		1	3	b	0,21	0,22	0,215	80,2
		1	3	c	0,19	0,2	0,195	97,5
		1	5	a	0,2	0,2	0,2	92,7
		1	5	b	0,22	0,22	0,22	76,6
		1	5	c	0,25	0,25	0,25	59,3
	2	1	a	0,21	0,215	0,2125	82,1	
	2	1	b	0,195	0,2	0,1975	95	
	2	1	c	0,205	0,2	0,2025	90,4	
	2	3	a	0,21	0,21	0,21	84	
	2	3	b	0,21	0,2	0,205	88,2	
	2	3	c	0,18	0,18	0,18	114,4	
2	5	a	0,19	0,195	0,1925	100		
2	5	b	0,2	0,19	0,195	97,5		
2	5	c	0,19	0,2	0,195	97,5		

750°c	I	1	1	a	0,215	0,205	0,21	84
				b	0,2	0,225	0,2125	82,1
				c	0,21	0,21	0,21	84
			3	a	0,2	0,2	0,2	92,7
				b	0,215	0,205	0,21	84
				c	0,22	0,225	0,2225	74,9
			5	a	0,215	0,2	0,2075	86,1
				b	0,205	0,21	0,2075	86,1
				c	0,2	0,21	0,205	88,2
		2	1	a	0,195	0,21	0,2025	90,4
				b	0,2	0,2	0,2	92,7
				c	0,2	0,19	0,195	97,5
			3	a	0,22	0,22	0,22	76,6
				b	0,215	0,2	0,2075	86,1
				c	0,2	0,195	0,1975	95
5	a	0,21	0,21	0,21	84			
	b	0,23	0,22	0,225	73,2			
	c	0,2	0,195	0,1975	95			

750°c	II	1	1	a	0,22	0,225	0,2225	74,9
				b	0,24	0,25	0,245	61,7
				c	0,2	0,2	0,2	92,7
			3	a	0,2	0,215	0,2075	86,1
				b	0,215	0,21	0,2125	82,1
				c	0,2	0,2	0,2	92,7
			5	a	0,21	0,22	0,215	80,2
				b	0,195	0,195	0,195	97,5
				c	0,2	0,22	0,21	84
		2	1	a	0,19	0,21	0,2	92,7
				b	0,22	0,21	0,215	80,2
				c	0,18	0,205	0,1925	100
			3	a	0,205	0,2	0,2025	90,4
				b	0,205	0,195	0,2	92,7
				c	0,19	0,22	0,205	88,2
			5	a	0,205	0,215	0,21	84
				b	0,205	0,21	0,2075	86,1
				c	0,22	0,225	0,2225	74,9

750°C	III	1	1	a	0,275	0,245	0,26	54,8
				b	0,235	0,225	0,23	70,1
				c	0,195	0,225	0,21	84
			3	a	0,225	0,205	0,215	80,2
				b	0,215	0,205	0,21	84
				c	0,21	0,2	0,205	88,2
			5	a	0,215	0,225	0,22	76,6
				b	0,195	0,2	0,1975	95
				c	0,2	0,195	0,1975	95
	2	I	1	a	0,21	0,22	0,215	80,2
				b	0,21	0,195	0,2025	90,4
				c	0,22	0,21	0,215	80,2
			3	a	0,2	0,215	0,2075	86,1
				b	0,205	0,195	0,2	92,7
				c	0,205	0,205	0,205	88,2
			5	a	0,195	0,21	0,2025	90,4
				b	0,195	0,21	0,2025	90,4
				c	0,21	0,215	0,2125	82,1
800°C	I	1	1	a	0,2	0,19	0,195	97,5
				b	0,22	0,21	0,215	80,2
				c	0,22	0,21	0,215	80,2
			3	a	0,22	0,23	0,225	73,2
				b	0,2	0,19	0,195	97,5
				c	0,25	0,24	0,245	61,7
			5	a	0,21	0,19	0,2	92,7
				b	0,28	0,25	0,265	52,8
				c	0,22	0,22	0,22	76,6
	2	I	1	a	0,195	0,19	0,1925	100
				b	0,21	0,205	0,2075	86,1
				c	0,21	0,2	0,205	88,2
			3	a	0,24	0,25	0,245	61,7
				b	0,22	0,22	0,22	76,6
				c	0,2	0,21	0,205	88,2
			5	a	0,21	0,2	0,205	88,2
				b	0,24	0,24	0,24	64,3
				c	0,21	0,22	0,215	80,2

800°C	II	1	1	a	0,21	0,21	0,21	84
			1	b	0,24	0,23	0,235	67,1
			1	c	0,22	0,22	0,22	76,6
		1	3	a	0,21	0,21	0,21	84
				b	0,21	0,22	0,215	80,2
				c	0,21	0,23	0,22	76,6
		1	5	a	0,21	0,21	0,21	84
				b	0,21	0,21	0,21	84
				c	0,22	0,2	0,21	84
	2	1	a	0,22	0,21	0,215	80,2	
			b	0,21	0,21	0,21	84	
			c	0,19	0,19	0,19	102,7	
		2	3	a	0,2	0,21	0,205	88,2
				b	0,205	0,21	0,2075	86,1
				c	0,2	0,21	0,205	88,2
		2	5	a	0,22	0,22	0,22	76,6
				b	0,21	0,205	0,2075	86,1
				c	0,21	0,21	0,21	84
800°C	III	1	1	a	0,195	0,19	0,1925	100
			1	b	0,195	0,21	0,2025	90,4
			1	c	0,22	0,21	0,215	80,2
		1	3	a	0,2	0,21	0,205	88,2
				b	0,22	0,2	0,21	84
				c	0,22	0,21	0,215	80,2
		1	5	a	0,21	0,21	0,21	84
				b	0,2	0,2	0,2	92,7
				c	0,22	0,22	0,22	76,6
	2	1	a	0,22	0,195	0,2075	86,1	
			b	0,21	0,21	0,21	84	
			c	0,22	0,21	0,215	80,2	
		2	3	a	0,19	0,2	0,195	97,5
				b	0,21	0,2	0,205	88,2
				c	0,2	0,195	0,1975	95
		2	5	a	0,215	0,2	0,2075	86,1
				b	0,215	0,22	0,2175	78,3
				c	0,2	0,21	0,205	88,2



850°c	I	1	1	a	0,19	0,205	0,1975	95
				b	0,195	0,2	0,1975	95
				c	0,21	0,21	0,21	84
			3	a	0,215	0,195	0,205	88,2
				b	0,21	0,195	0,2025	90,4
				c	0,2	0,19	0,195	97,5
			5	a	0,215	0,19	0,2025	90,4
				b	0,195	0,205	0,2	92,7
				c	0,21	0,215	0,2125	82,1
		2	1	a	0,22	0,23	0,225	73,2
				b	0,225	0,21	0,2175	78,3
				c	0,195	0,205	0,2	92,7
			3	a	0,215	0,2	0,2075	86,1
				b	0,195	0,185	0,19	102,7
				c	0,195	0,215	0,205	88,2
5	a	0,215	0,225	0,22	76,6			
	b	0,195	0,21	0,2025	90,4			
	c	0,21	0,215	0,2125	82,1			

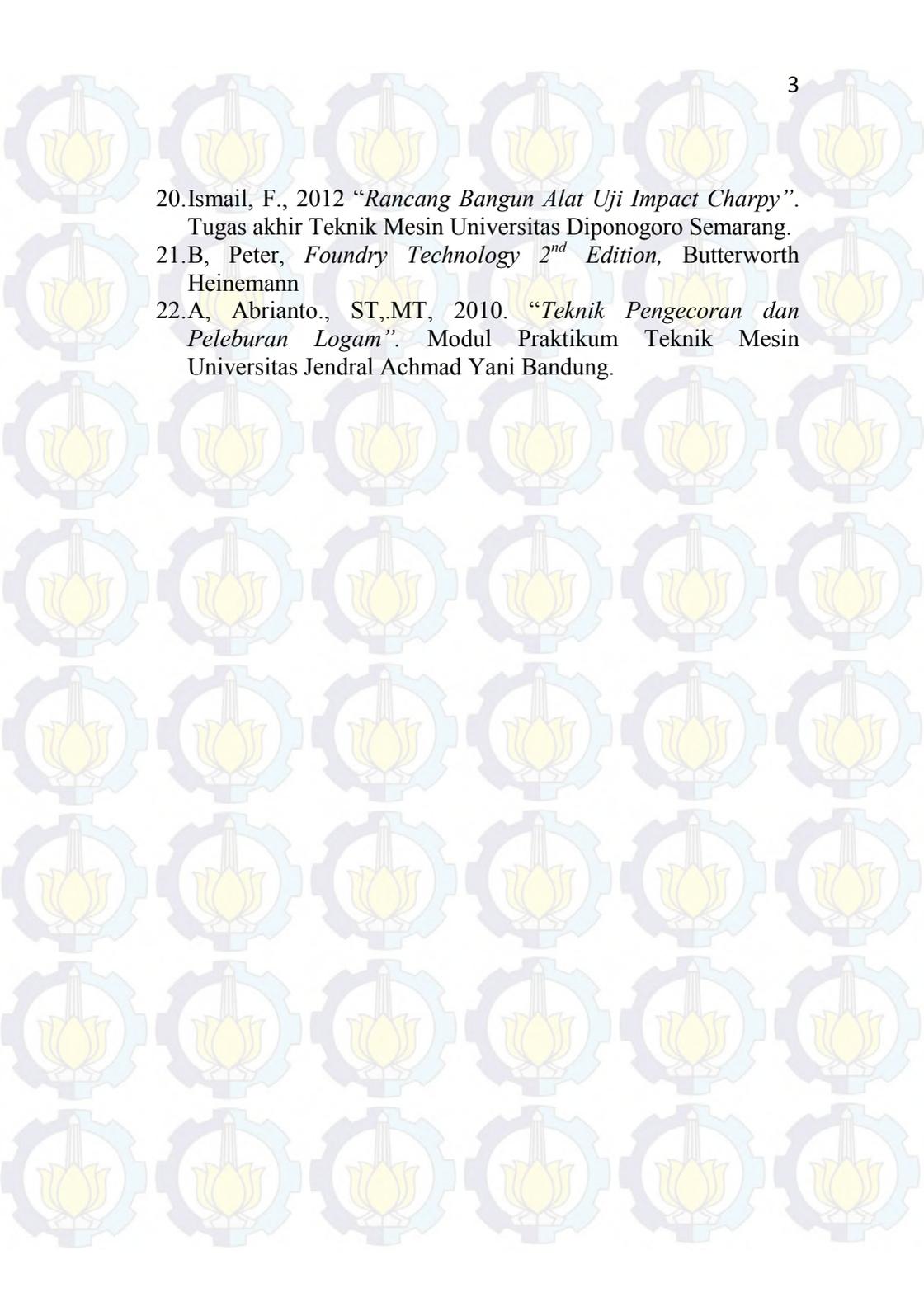
850°c	II	1	1	a	0,22	0,215	0,2175	78,3
				b	0,24	0,22	0,23	70,1
				c	0,22	0,225	0,2225	74,9
			3	a	0,21	0,215	0,2125	82,1
				b	0,2	0,2	0,2	92,7
				c	0,2	0,2	0,2	92,7
			5	a	0,18	0,205	0,1925	100
				b	0,2	0,2	0,2	92,7
				c	0,2	0,2	0,2	92,7
		2	1	a	0,22	0,21	0,215	80,2
				b	0,235	0,235	0,235	67,1
				c	0,2	0,22	0,21	84
			3	a	0,2	0,2	0,2	92,7
				b	0,225	0,23	0,2275	71,6
				c	0,205	0,21	0,2075	86,1
			5	a	0,21	0,21	0,21	84
				b	0,2	0,2	0,2	92,7
				c	0,22	0,215	0,2175	78,3

850°c	III	1	a	0,21	0,21	0,21	84
			b	0,195	0,215	0,205	88,2
			c	0,2105	0,21	0,21025	83,8
		3	a	0,245	0,215	0,23	70,1
			b	0,205	0,21	0,2075	86,1
			c	0,195	0,2	0,1975	95
		5	a	0,35	0,32	0,335	33
			b	0,215	0,215	0,215	80,2
			c	0,22	0,21	0,215	80,2
	2	1	a	0,21	0,2	0,205	88,2
			b	0,205	0,2	0,2025	90,4
			c	0,22	0,21	0,215	80,2
		3	a	0,21	0,21	0,21	84
			b	0,205	0,215	0,21	84
			c	0,215	0,22	0,2175	78,3
		5	a	0,205	0,22	0,2125	82,1
			b	0,21	0,2	0,205	88,2
			c	0,21	0,22	0,215	80,2

## DAFTAR PUSTAKA

1. Sutiyo. 2013. *Metode Pengecoran Lost foam Menjawab Tantangan Dunia Industri Pengecoran Logam (PDF) Jurnal Foundry*. Klaten. Politeknik Manufaktur Ceper.
2. Sutiyo dan Suyitno. 2012 *Riser Dalam Pengecoran Besi Cor Kelabu Dengan Metode Lost foam Casting*. Politeknosains Edisi Khusus Dies Natalis.
3. Sutiyo dan Suyitno. *Karakteristik Pengecoran Lost Foam Casting Pada Besi Cor Kelabu Dengan Variasi Ketebalan Benda*. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi ke-2 Tahun 2011. Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang.
4. Basuki, Lulus. 2008. *Fading Penghalus Butir Pada Aluminium Paduan AC4B*. Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
5. Surdia, Tata., Chijiwa, Kenji. 2006. *Teknik Pengecoran Logam*. PT Pradnya Paramita. Jakarta.
6. Solechan 2010. *Studi Pembuatan Prototipe Material Piston Menggunakan Limbah Piston Bekas Dan ADC 12 Yang Diperkuat Dengan Insert ST 60 Dan Besi Cor*. Tesis Teknik Mesin Universitas Diponegoro Semarang.
7. Data sheet PT. Global Metalindo Asia
8. NADCA A3103 Standart, 2003, “*Alloy data: Aluminium Die Casting Alloy Composition*”
9. Sutiyo., Suyitno., 2011. *Pengaruh Temperatur Tuang dan Ketebalan Benda Terhadap Kekerasan Besi Cor Kelabu Dengan Pengecoran Lost foam*, Jurnal Teknik Mesin Universitas Gajah Mada.

10. Ashar, L.H., 2011, *Analisa Pengaruh Model Sistem Saluran Dengan Pola Styrofoam Terhadap Sifat Fisis Dan Kekerasan Produk Puli Pada Proses Pengecoran Aluminium Daur Ulang*. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang.
11. Purwanto, H., 2009, *Pengaruh Jarak Dari Tepi Cetakan Terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasan Pada Coran Aluminium*, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang.
12. Fleemings, M.C., 1974, "Solidification Processing", Mc. Graw-Hill Book Company, pp. 134-135.
13. Surdia, T. dan Saito, S., 1992, "Pengetahuan Bahan Teknik", P.T. Pradnya Paramita, Jakarta, pp. 129-142. ",
14. Safutra, Rio., Rahmat K, Agus., 2014. *Pengecoran Kaliper Rem Cakram Dengan Metode Lost foam Casting Menggunakan Aluminium Paduan*. Tugas Akhir Teknik Mesin Politeknik Negeri Bandung.
15. Abdillah, F., 2010 *Perlakuan Panas Paduan AL-Si Prototipe Piston Berbasis Material Piston Bekas*. Thesis S-2 Teknik Mesin Universitas Diponegoro Semarang.
16. CSIRO Light Metals Flagship Nasional Research, "Technical data Sheet for Heat Treated Alluminium High Pressure Die Castings", Private bag 33 clayton South MDC, Victoria 3169, Australia, Roger.Lumley@csiro.au.
17. ASM Handbook, 1992, *Casting*, Volume 15, ASM International.
18. ASM Handbook, 1992, *Sifates and Selection: Nonferrous Alloys and Special Purpose Materials*, Volume 2, ASM International.
19. Borelli, E. 1999. "Conservation of Architectural Heritage, Historic Structures and Materials: Porosity". Roma: World Heritage Fund.

- 
20. Ismail, F., 2012 “*Rancang Bangun Alat Uji Impact Charpy*”. Tugas akhir Teknik Mesin Universitas Diponegoro Semarang.
21. B, Peter, *Foundry Technology 2<sup>nd</sup> Edition*, Butterworth Heinemann
22. A, Abrianto., ST, MT, 2010. “*Teknik Pengecoran dan Peleburan Logam*”. Modul Praktikum Teknik Mesin Universitas Jendral Achmad Yani Bandung.



*( Halaman ini sengaja dikosongkan )*

## RIWAYAT PENULIS



Penulis dilahirkan di Bandung, 14 Januari 1991, merupakan anak ke-1 dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Pajagalan-Banjaran (1995-1996), SDN Waas 1 (1996 - 2002), MTs Persis (2002 - 2005), SMA BPPI Bale Endah Bandung (2005 - 2008) dan Politeknik Negeri Bandung (POLBAN) (2008 - 2011). Setelah lulus studi politeknik pada tahun 2011, penulis bekerja di perusahaan swasta, yaitu kontraktor batu bara PT. Bukit Makmur Mandiri

Utama (BUMA). Penulis bekerja dibagaian SHE selama 1 tahun, kemudian penulis *resign* untuk melanjutkan studi ke tahap sarjana melalui program Lintas Jalur di Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Dan diterima pada bulan Januari tahun 2013 dengan NRP 2112106052 dan menyelesaikan pada bulan Januari 2015. Penulis memiliki hobi berpetualang, hiking, climbing dan futsal. Keinginan untuk mendalami kembali ilmu pengecoran logam, mendorong penulis untuk mengambil Tugas Akhir dengan judul “Studi Eksperimental Pengaruh Model Sistem Saluran dan Variasi Temperatur Tuang Terhadap Prosentase Porositas, Kekerasan dan Harga *Impact* pada Pengecoran ADC 12 dengan Metode *Lost Foam Casting*”. Penulis memiliki harapan agar ilmu yang telah didapatkan dapat berguna untuk agama dan negara. Penulis dapat dihubungi melalui email

[restuynuarsalam@yahoo.com](mailto:restuynuarsalam@yahoo.com) atau [restuynuars@gmail.com](mailto:restuynuars@gmail.com)



*halaman ini sengaja dikosongkan*