

**PENGARUH JUMLAH SALURAN MASUK
PADA PENGECORAN *IMPELLER* TURBIN *CROSSFLOW* TERHADAP
DISTRIBUSI KEKERASAN**

**SKRIPSI
KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Disusun Oleh :

**FENDI SUGIARTO
NIM. 0810620059-62**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2013**

LEMBAR PERSETUJUAN

PENGARUH SALURAN MASUK PADA PENGECORAN *IMPELLER* TURBIN
CROSSFLOW TERHADAP DISTRIBUSI KEKERASAN

SKRIPSI
KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI



Disusun Oleh :

FENDI SUGIARTO
NIM. 0810620059-62

Telah diperiksa dan disetujui oleh

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dr. Eng Yudy Surya Irawan, ST., M. Eng
NIP. 19750710 199903 1 004

Ir. Tjuk Oerbandono, Msc. CSE
NIP. 19750710 199903 1 004

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH JUMLAH SALURAN MASUK PADA PENGECORAN *IMPELLER*
TURBIN *CROSSFLOW* TERHADAP DISTRIBUSI KEKERASAN**

**SKRIPSI
KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh :

**FENDI SUGIARTO
NIM. 0810620059-62**

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
Tanggal 23 Januari 2013

DOSEN PENGUJI

Skripsi I

Skripsi II

Dr. Eng. Lilis Yuliati, ST.,MT
NIP. 19750702 200003 2 001

Dr. Eng. Denny Widhyanuriyawan, ST.,MT
NIP. 19750113 200012 1 001

Komprehensif

Ir. Djoko Sutikno, M.Eng.
NIP. 19541009 198303 1 002

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Slamet Wahyudi, ST., MT.
NIP. 19720903 199702 1 001

KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala limpahan nikmat, rahmat dan karunia yang telah diberikan, sehingga penyusun dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul *Pengaruh Jumlah Saluran Masuk Pada Pengecoran Impeller Turbin Crossflow Terhadap Distribusi Kekerasan* sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan studi di Jurusan Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih dan penghargaan kepada semua pihak yang secara langsung dan tidak langsung turut membantu hingga terselesaikannya skripsi ini dengan baik, terutama kepada:

1. Bapak Dr. Slamet Wahyudi, ST., MT. selaku Ketua Jurusan Mesin.
2. Bapak Dr. Eng. Anindito P, ST, M.Eng. selaku Sekretaris Jurusan Mesin.
3. Bapak Ir. Tjuk Oerbandono, MSc., CSE selaku Ketua Kelompok Dasar Keahlian Konsentrasi Produksi Jurusan Mesin.
4. Bapak Dr. Eng Yudy Surya Irawan, ST., M. Eng dan Bapak Tjuk Oerbandono, MSc., CSE selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberi masukan dan pengetahuan selama penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Dr. Eng Yudy Surya Irawan, ST., M. Eng selaku dosen wali.
6. Bapak Gatot dan Bapak Hastomo selaku Laboran Pengecoran Logam Proses dan Pengujian Bahan.
7. Seluruh Dosen pengajar Jurusan Mesin.
8. Ibunda Siti Fatimah dan Ayahanda Sanusi yang senantiasa memberikan dukungan baik dari segi moril maupun materi.
9. Teman – teman asisten Laboratorium Pengecoran Logam UNIBRAW yang banyak memberikan bantuan selama proses penelitian ini. Terima kasih atas bantuan pemikiran dan tenaga selama penelitian.
10. Semua pihak yang tidak dapat penyusun sebutkan satu - persatu yang telah membantu penyusun selama ini.

Dalam penyusunan skripsi ini, penyusun telah berusaha sebaik mungkin untuk menyelesaikan skripsi ini dengan sebaik - baiknya dan penyusun juga menyadari bahwa

skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh sebab itu, penyusun mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi hasil yang lebih baik lagi. Akhir kata semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Malang, 11 Januari 2013

Penyusun



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR i

DAFTAR ISIiii

DAFTAR TABEL v

DAFTAR GAMBARvi

DAFTAR LAMPIRANviii

RINGKASAN ix

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 2

1.3 Tujuan Penelitian 2

1.4 Batasan Masalah 2

1.5 Manfaat Penelitian 2

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya 4

2.2 Pengecoran Logam 4

2.3 Pengecoran Cetakan Pasir 6

2.4 Sistem Saluran Pengecoran Cetakan Pasir 8

2.5 Riser 10

2.6 Gating Ratio 11

2.7 Alumunium 12

 2.7.1 Sifat Fisik Alumunium..... 12

 2.7.2 Pengaruh Unsur – unsur Paduan 12

2.8 Pembekuan Logam..... 15

2.9 Distribusi Kekerasan 16

2.10 Hipotesis..... 18



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian	19
3.2 Tempat Penelitian	19
3.3 Variabel Penelitian	19
3.4 Alat dan Bahan Penelitian	20
3.5 Bahan Penelitian	21
3.6 Prosedur Penelitian	21
3.6.1 Prosedur Percobaan	21
3.6.2 Prosedur Pengambilan dan Pengolahan Data	26
3.7 Diagram Alir Penelitian	27

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

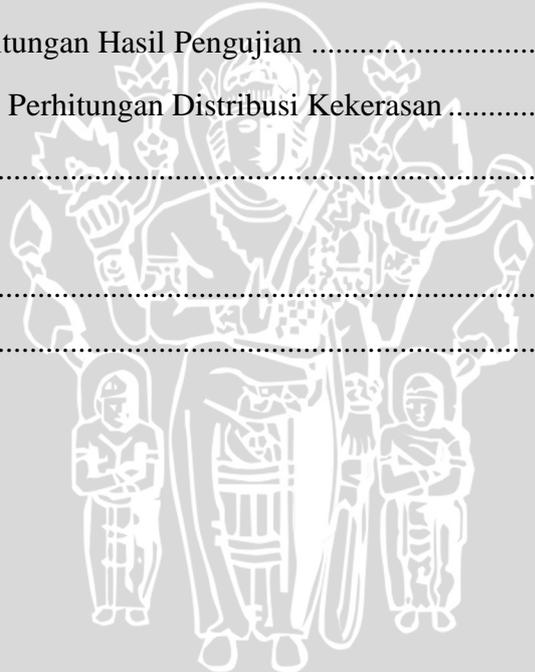
4.1 Data dan Perhitungan Hasil Pengujian	29
4.1.1 Data dan Perhitungan Distribusi Kekerasan	29
4.2 Pembahasan	31

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	41
5.2 Saran	41

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Temperatur penuangan untuk berbagai coran	8
Tabel 2.2	Penggunaan <i>gating ratio</i>	11
Tabel 2.3	Sifat – sifat fisik Alumunium	12
Tabel 2.4	Sifat Alumunium paduan Al – Mg - Si	15
Tabel 4.1	Data distribusi kekerasan (VHN) pengulangan 1	30
Tabel 4.2	Data distribusi kekerasan (VHN) pengulangan 2	30
Tabel 4.3	Data distribusi kekerasan (VHN) pengulangan 3	30
Tabel 4.4	Data distribusi kekerasan rata-rata (VHN) dari 3 pengulangan	31



DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Aliran proses pada pembuatan coran	5
Gambar 2.2	Cetakan Pasir	6
Gambar 2.3	Tipe <i>gating system</i>	9
Gambar 2.4	Sistem saluran pada pengecoran	10
Gambar 2.5	Diagram fasa paduan Al – Mg - Si	14
Gambar 2.6	Daerah pembekuan pada hasil coran	16
Gambar 2.7	Prinsip pengukuran mikro <i>Vickers</i>	17
Gambar 3.1	Titik pengujian kekerasan	20
Gambar 3.2	Pola <i>impeller</i>	21
Gambar 3.3	(a), (b), (c) Perencanaan sistem saluran produk <i>impeller</i>	22
Gambar 3.4	Dimensi saluran turun (satuan : mm)	24
Gambar 3.5	Dimensi <i>pouring basin</i>	25
Gambar 3.6	<i>Cope drag</i>	26
Gambar 3.7	Diagram Alir Penelitian	28
Gambar 4.1	Spesimen Uji Kekerasan	29
Gambar 4.2	Penampang Saluran Masuk dan Pemotongan Benda Cor	32
Gambar 4.3	Grafik Hubungan Antar Titik pada Pengujian Kekerasan Terhadap Distribusi Kekerasan Rata-Rata Hasil Pengecoran Cetakan Pasir dengan 1 Saluran Masuk	32
Gambar 4.4	Penampang Pemotongan Benda Cor Untuk Foto Mikro	33
Gambar 4.5	(a),(b),(c)Hasil Foto Mikro Tiap Bagian Pada Produk Hasil Coran Dengan 1 Saluran Masuk (pembesaran : 100 kali)	33
Gambar 4.6	Penampang Saluran Masuk dan Pemotongan Benda Cor	34
Gambar 4.7	Grafik Hubungan Antar Titik pada Pengujian Kekerasan Terhadap Distribusi Kekerasan Rata-Rata Hasil Pengecoran Cetakan Pasir dengan 2 Saluran Masuk	34
Gambar 4.8	Penampang Pemotongan Benda Cor Untuk Foto Mikro	35
Gambar 4.9	(a),(b),(c)Hasil Foto Mikro Tiap Bagian Pada Produk Hasil Coran	35

	Dengan 2 Saluran Masuk (pembesaran : 100 kali)	
Gambar 4.10	Penampang Saluran Masuk dan Pemotongan Benda Cor	36
Gambar 4.11	Grafik Hubungan Antar Titik pada Pengujian Kekerasan Terhadap Distribusi Kekerasan Rata-Rata Hasil Pengecoran Cetakan Pasir dengan 3 Saluran Masuk	36
Gambar 4.12	Penampang Pemotongan Benda Cor Untuk Foto Mikro	37
Gambar 4.13	(a),(b),(c) Hasil Foto Mikro Tiap Bagian Pada Produk Hasil Coran Dengan 3 Saluran Masuk (pembesaran : 100 kali)	37
Gambar 4.14	Grafik Hubungan Antar Titik pada Pengujian Kekerasan Terhadap Distribusi Kekerasan Rata – rata hasil Pengecoran Cetakan Pasir dengan 1, 2, dan 3 Saluran masuk	38
Gambar 4.15	Grafik Hubungan Antara Jumlah Saluran Masuk Terhadap Nilai Kekerasan Rata – rata Pada Titik 1, 2, dan 3 Hasil Pengecoran Cetakan Pasir	39
Gambar 4.16	Grafik Hubungan Antara Jumlah Saluran Masuk Terhadap Nilai Kekerasan Rata – rata Pada Titik 4, 5, dan 6 Hasil Pengecoran Cetakan Pasir	39
Gambar 4.17	Grafik Hubungan Antara Jumlah Saluran Masuk Terhadap Nilai Kekerasan Rata – rata Pada Titik 7, 8, dan 9 Hasil Pengecoran Cetakan Pasir	40

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Uji Komposisi Paduan Alumunium (6061)
- Lampiran 2 Foto Benda Hasil Coran
- Lampiran 3 Surat Penelitian Mikrostruktur dan Kekerasan



RINGKASAN

Fendi Sugiarto, Jurusan Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Januari 2013, Pengaruh Jumlah Saluran Masuk Pada Pengecoran *Impeller* turbin *Crossflow* Terhadap Distribusi Kekerasan. Dosen Pembimbing: Yudy Surya Irawan dan Tjuk Oerbandono.

Saluran masuk (*ingate*) merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas benda hasil pengecoran cetakan pasir. Penentuan jumlah saluran masuk yang tidak tepat akan menyebabkan terjadinya pendistribusian kekerasan ke seluruh area produk coran sehingga akan berpengaruh pada kualitas produk. Distribusi kekerasan sangat erat hubungannya dengan kecepatan penuangan logam cair ke dalam cetakan. Kecepatan penuangan yang tidak baik dapat menyebabkan pembekuan logam cair yang tidak merata sehingga terjadi distribusi kekerasan. Kecepatan penuangan sangat dipengaruhi oleh jumlah saluran masuk pada cetakan.

Pada penelitian ini menggunakan bahan aluminium paduan (6061) dengan jumlah *ingate* 1, 2, dan 3. Pengujian kekerasan menggunakan metode *vickers* yang dilakukan di laboratorium Pengujian Bahan Teknik Mesin Universitas Brawijaya.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kekerasan terus meningkat seiring bertambahnya jumlah *ingate*. Nilai kekerasan rata – rata dengan jumlah *ingate* 1, 2, dan 3 berturut – turut adalah 62.66 VHN, 67.31 VHN, dan 71.52 VHN. Sedangkan nilai standar deviasi dengan jumlah *ingate* 1, 2, dan 3 berturut – turut adalah 3.44, 2.48, dan 2,25. Semakin kecil nilai standar deviasi menunjukkan bahwa data semakin seragam atau dengan kata lain nilai distribusi kekerasannya semakin baik. Hal ini disebabkan karena dengan semakin bertambahnya jumlah *ingate*, maka logam cair akan semakin cepat mengisi rongga – rongga cetakan sehingga pembekuan akan berlangsung lebih cepat dan merata.

Kata Kunci: alumunium 6061, jumlah *ingate*, distribusi kekerasan, *impeller* dan pengecoran cetakan pasir

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Aluminium merupakan logam *non – ferrous* dan merupakan logam kedua terbesar yang dipergunakan oleh industri komponen setelah baja. Aluminium memiliki berat sepertiga dari berat baja ($\rho : 2,7 \text{ g/cm}^3$), memiliki konduktifitas panas dan listrik yang baik, ratio kekuatan dan berat yang tinggi, tahan terhadap korosi, memiliki sifat *formability* yang baik serta mudah dicetak. Aluminium adalah salah satu material yang sangat banyak dipergunakan dalam bidang teknik, namun sangat jarang dipergunakan dalam kondisi aluminium murni. Aluminium yang dijumpai dalam bidang teknik kebanyakan dalam bentuk *alloy* dengan unsur penambah utama seperti silikon, copper, magnesium, iron, mangan, dan zincum (Nadca, 1997).

Pada umumnya, industri pengecoran aluminium menggunakan metode pengecoran dengan cetakan pasir (*sand casting*). Pengecoran cetakan pasir adalah suatu metode pengecoran yang diawali dengan penuangan logam cair ke dalam sistem saluran (*gating system*) sehingga logam cair akan mengisi seluruh rongga cetakan. Sistem saluran pada cetakan pasir memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap kualitas produk coran.

Perencanaan sistem saluran dalam suatu proses pengecoran memiliki peranan yang sangat penting karena untuk menghasilkan suatu produk coran dengan kualitas baik diperlukan sistem saluran yang baik juga agar terjadinya cacat pada produk coran dapat diminimalisir. Bagian – bagian penting dalam sistem saluran antara lain *riser*, *runner*, *ingate*, dan *pouring basin* (cawan tuang).

Saluran masuk (*ingate*) merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas benda hasil pengecoran cetakan pasir. Penentuan jumlah saluran masuk yang tidak tepat akan menyebabkan terjadinya perbedaan nilai kekerasan pada produk coran sehingga akan berpengaruh pada kualitas produk. Distribusi kekerasan sangat erat hubungannya dengan kecepatan penuangan logam cair ke dalam cetakan. Kecepatan penuangan yang tidak baik dapat menyebabkan pembekuan logam cair yang tidak merata sehingga terjadi distribusi kekerasan. Kecepatan penuangan sangat dipengaruhi oleh jumlah saluran masuk pada cetakan.

Penambahan jumlah saluran masuk bertujuan agar logam cair yang dituang dapat mengisi rongga cetakan secara maksimal khususnya pada pengecoran dengan bentuk yang rumit seperti *impeller* dan roda gigi. Dengan 1 saluran masuk sangat besar kemungkinan logam cair membeku terlebih dahulu sebelum sampai dalam rongga cetakan. Penambahan saluran masuk diharapkan dapat mempercepat masuknya logam cair ke dalam rongga cetakan agar logam cair dapat mengisi penuh rongga cetakan sebelum membeku dan pembekuan logam terjadi secara merata pada seluruh bagian *impeller* sehingga didapatkan distribusi kekerasan yang baik.

Berdasarkan uraian tersebut, maka penulis melakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh jumlah saluran masuk (*ingate*) pada pengecoran *impeller* turbin *crossflow* terhadap distribusi kekerasan hasil coran dengan metode cetakan pasir. Dari penelitian ini diharapkan dapat menambah referensi di bidang pengecoran logam.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang terdapat pada penelitian ini adalah bagaimana pengaruh jumlah saluran masuk (*ingate*) pada pengecoran produk *impeller* turbin *crossflow* terhadap distribusi kekerasan hasil coran dengan menggunakan metode cetakan pasir.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh jumlah saluran masuk (*ingate*) pada pengecoran produk *impeller* turbin *crossflow* terhadap distribusi kekerasan hasil coran dengan menggunakan metode cetakan pasir.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Proses pengecoran dilaksanakan sesuai standar prosedur pelaksanaan.
2. Material yang digunakan adalah Al – Mg – Si (6061).
3. Cetakan yang digunakan adalah cetakan pasir.
4. Komposisi campuran pasir cetak menggunakan 8% air dan 10% bentonit.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Mampu menerapkan teori yang selama ini didapatkan dibangku perkuliahan yaitu tentang pengecoran logam

2. Penelitian ini diharapkan mampu untuk menambah pengetahuan tentang adanya pengaruh jumlah saluran masuk (*ingate*) terhadap kualitas produk coran
3. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat membantu industri pengecoran logam untuk menghasilkan produk coran dengan kualitas yang lebih baik.
4. Dapat membantu memberikan referensi untuk penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan pengecoran logam.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Hidayat dan Slamet (2010) melakukan penelitian yang menjelaskan bahwa untuk membantu meningkatkan kualitas produk cor dapat dilakukan dengan cara yang cukup sederhana yaitu memperbaiki proses produksi melalui penggunaan cawan tuang, yaitu *offset basin* dan *offset stepped basin* yang diharapkan aliran cor akan lebih bersifat laminar sehingga dapat meminimalisir cacat pada hasil coran. Hasil penelitian dengan menggunakan pemeriksaan mikrografi menunjukkan bahwa penggunaan cawan tuang *offset basin* maupun *offset stepped basin* dapat menghasilkan produk coran dengan cacat porositas kecil dibandingkan tanpa menggunakan cawan tuang.

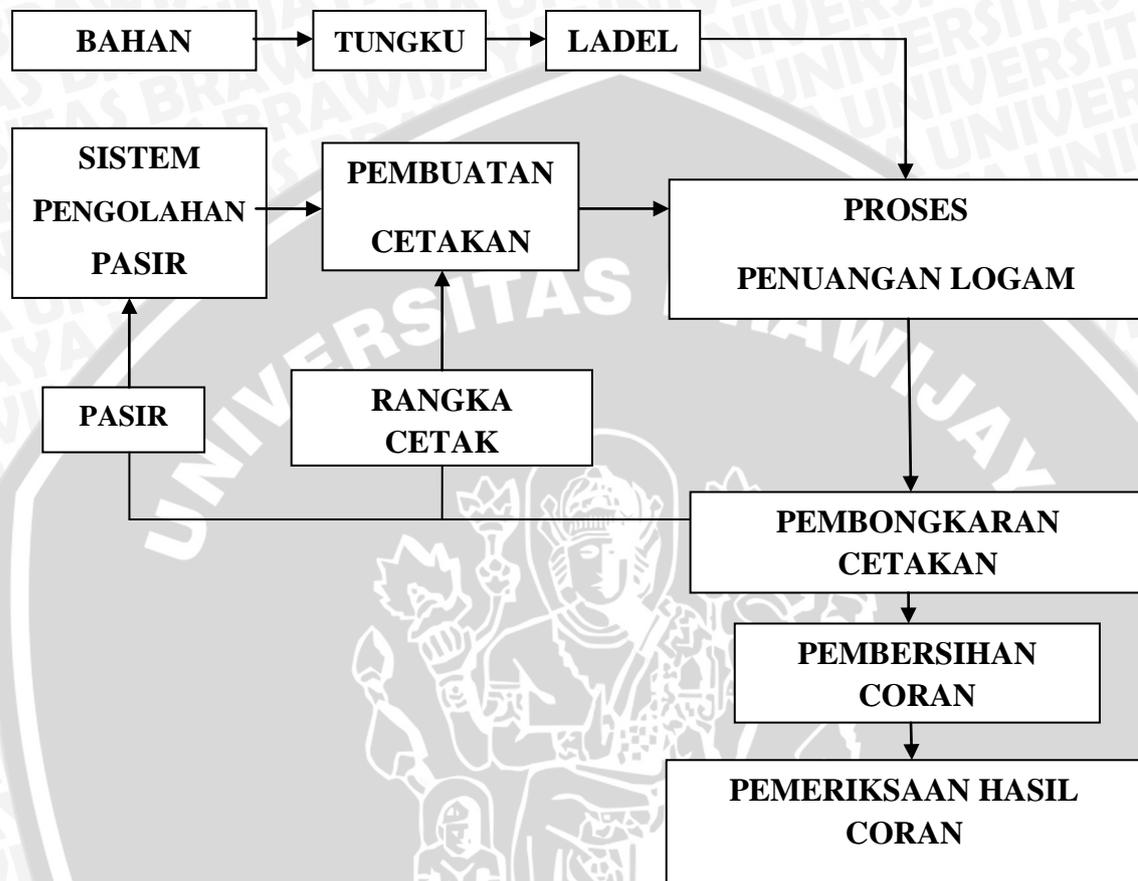
Penelitian yang dilakukan **Gantara (2011)** menunjukkan bahwa dengan semakin besar diameter bawah *sprue*, maka nilai distribusi kekerasan yang dihasilkan juga semakin besar tetapi akan mulai terjadi penurunan pada diameter 20 mm. Hal ini disebabkan banyak terjadinya porositas sehingga nilai kekerasan akan semakin menurun.

Ardianto (2011) melakukan penelitian terhadap pengaruh jumlah saluran masuk terhadap distribusi kekerasan pada pengecoran produk *impeller* dengan bahan kuningan. Dari penelitian didapatkan bahwa dengan jumlah 2 saluran masuk memiliki nilai kekerasan rata – rata paling baik yaitu 174,1 VHN dibandingkan dengan jumlah saluran masuk 1 dan 3 yang memiliki nilai kekerasan rata – rata 154,8 VHN dan 134,6 VHN, karena ketika logam dituang maka cairan logam melalui saluran pengalir dengan cepat menuju saluran masuk kemudian langsung menuju ke daerah tengah coran dan kemungkinan terjadinya pendinginan yang cepat di daerah tengah dan samping coran bisa saja terjadi sehingga dengan pendinginan cepat tersebut menyebabkan nilai kekerasannya tinggi.

2.2 Pengecoran Logam

Proses pengecoran merupakan salah satu metode untuk membuat produk yang diawali dengan proses pencairan logam menggunakan tungku peleburan kemudian logam yang telah mencair tersebut dituang ke dalam rongga cetakan yang bentuknya serupa dengan bentuk dari produk cor yang akan dibuat hingga membeku sesuai dengan

pola cetakannya. Dalam proses pengecoran logam terdapat urutan kegiatan yang dilakukan yaitu pembuatan cetakan, peleburan logam, penuangan logam, pembersihan hasil coran, dan pemeriksaan hasil coran. Secara keseluruhan, proses pembuatan coran dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Aliran proses pada pembuatan coran
Sumber : Surdia (1991 : 3)

Ada beberapa jenis pengecoran logam, yaitu :

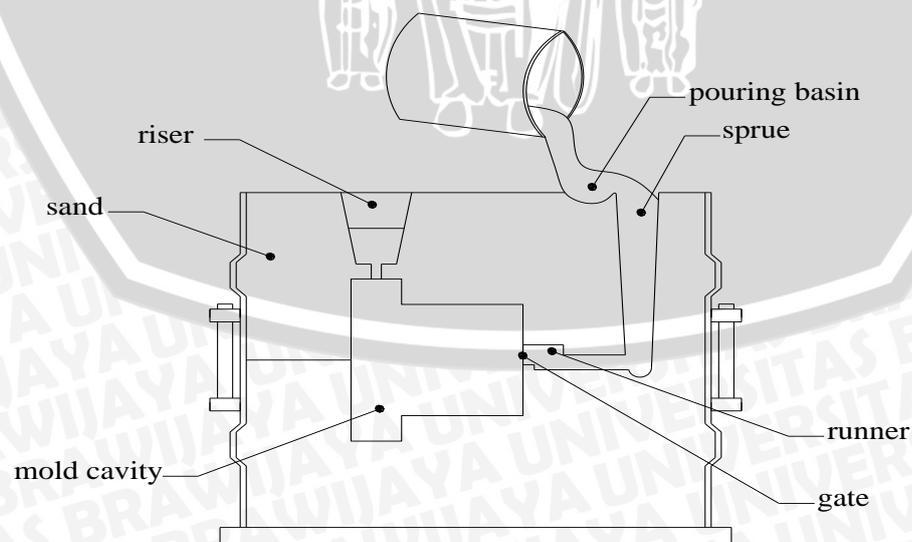
1. *Sand Casting*, yaitu jenis pengecoran dengan menggunakan cetakan pasir. Jenis pengecoran ini paling banyak dipakai karena biaya produksinya murah dan dapat membuat benda coran dengan kapasitas yang besar.
2. *Centrifugal Casting*, yaitu jenis pengecoran dimana cetakan diputar bersamaan dengan penuangan logam cair kedalam cetakan yang bertujuan agar logam cair tersebut terdorong oleh gaya sentrifugal akibat berputarnya cetakan. Contoh benda coran yang biasanya menggunakan jenis pengecoran ini adalah *velg* dan benda coran lain yang berbentuk bulat atau silinder.

3. *Die Casting*, yaitu jenis pengecoran yang cetaknya terbuat dari logam sehingga cetaknya dapat dipakai berulang – ulang. Biasanya logam yang dicor adalah logam *non-ferrous*.
4. *Investment Casting*, yaitu jenis pengecoran yang polanya terbuat dari lilin (*wax*), dan cetaknya terbuat dari keramik. Contoh benda coran yang biasa menggunakan jenis pengecoran ini adalah benda coran yang memiliki kepresisian tinggi misalnya rotor turbin.

Klasifikasi pengecoran berdasarkan umur dari cetakan dikelompokkan menjadi dua yaitu pengecoran dengan sekali pakai (*expendable mold*) dan pengecoran dengan cetakan permanen (*permanent mold*). Pengecoran dengan metode cetakan pasir termasuk dalam *expendable mold* karena hanya bisa digunakan untuk satu kali pengecoran saja, setelah itu cetakan dirusak saat pengambilan benda coran.

2.3 Pengecoran Cetakan Pasir

Pengecoran adalah salah satu metode untuk membuat produk yang diawali dengan proses pencairan logam menggunakan tungku peleburan kemudian logam yang telah mencair tersebut dituang ke dalam rongga cetakan yang bentuknya serupa dengan bentuk dari produk cor yang akan dibuat hingga membeku sesuai dengan pola cetaknya. Cetakan yang digunakan terbuat dari pasir dimana cetakan pasir ini hanya bisa digunakan untuk sekali proses pengecoran setelah itu cetakan akan dibongkar untuk mengeluarkan hasil coran. Bagian – bagian dari cetak pasir dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Cetakan pasir.
Sumber: Gantara (2011:7)

Berdasarkan cara logam cair masuk ke dalam rongga cetakan, pengecoran dibagi menjadi dua, yaitu :

- Sistem gravitasi (*gravity system*)
- Sistem tekanan (*pressure system*)

Pengecoran sistem gravitasi adalah pengecoran dimana logam cair dituangkan ke dalam sistem saluran masuk dengan memanfaatkan gaya gravitasi. Sedangkan pengecoran sistem tekanan, logam cair mengisi ruang dalam rongga cetakan dengan menggunakan bantuan gaya tekan dari luar.

Pasir cetak yang umum digunakan adalah pasir gunung, pasir pantai, pasir sungai, dan pasir silika. Beberapa dari pasir tersebut dipakai begitu saja dan yang lain dipakai setelah dipecah menjadi butir-butir dengan ukuran yang cocok. Jika pasir mempunyai kadar lempung yang cocok dan bersifat adhesi, maka dapat digunakan begitu saja. Sedangkan untuk pasir yang sifat adhesinya kurang, maka perlu ditambahkan lempung didalamnya.

Pasir cetak memerlukan sifat-sifat yang memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- Mempunyai sifat mampu bentuk sehingga mudah dalam pembuatan cetakan dengan kekuatan yang cocok. Cetakan yang dihasilkan harus kuat sehingga tidak rusak karena dipindah – pindah dan dapat menahan logam cair waktu dituang.
- Permeabilitas yang cocok. Ketika logam cair dituang, maka diharapkan udara atau gas dalam cetakan mampu melewati celah – celah diantara butir pasir dengan kecepatan tertentu agar tidak terjadi cacat.
- Distribusi besar butir yang cocok. Permukaan coran bisa halus jika permukaan cetakan mempunyai butir – butir halus. Tetapi jika terlalu halus maka udara akan sulit melewati celah butir – butir tersebut.
- Tahan terhadap temperatur logam yang dituang. Temperatur penuangan untuk berbagai macam coran dinyatakan dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Temperatur penuangan untuk berbagai coran

Macam coran	Temperatur penuangan (°C)
Paduan ringan	650-750
Brons	1100-1250
Kuningan	950-1100
Besi cor	1250-1450
Baja cor	1500-1550

Sumber: Surdia (1986:109)

- Komposisi yang cocok. Ketika logam dituang, butir pasir yang bersentuhan dengan cairan logam bisa menyebabkan terjadinya reaksi kimia yang menghasilkan gas atau ikut larut kedalam logam. Hal ini harus diminimalisir.
- Mampu dipakai lagi. Pasir harus mampu dipakai berulang-ulang untuk menghemat biaya produksi.

2.4 Sistem Saluran Pengecoran Cetakan Pasir

Sistem saluran adalah jalan masuk logam cair menuju ke rongga cetakan. Pengukuran dimensi sistem saluran yang akan digunakan dapat menggunakan cara dibawah ini (Surdia,1986:78):

1. Volume *casting* (V) :

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot t \quad (2.1)$$

2. Luas *casting* (A) :

$$A = 2 \cdot \pi \cdot (r+t) \quad (2.2)$$

3. *Mass of casting* (W) :

$$W = V_{casting} \text{ (kg)} \times \rho \text{ (g/cm}^3\text{)} \quad (2.3)$$

dengan : r = jari – jari (mm)

t = tinggi (mm)

Sistem saluran pada pengecoran terdiri dari:

- Cawan tuang (*pouring basin*)

Cawan tuang (*pouring basin*) merupakan lekukan pada cetakan yang fungsi utamanya adalah untuk mengurangi kecepatan logam cair yang masuk dari *ladle* ke *sprue*. Kecepatan aliran logam yang tinggi dapat menyebabkan terjadinya erosi pada *sprue* dan terbawanya kotoran – kotoran logam cair yang berasal dari tungku menuju rongga cetakan.

- Saluran Turun (*sprue*)

Saluran tuang (*sprue*) adalah suatu saluran vertikal tempat penuangan logam cair yang akan meneruskan logam cair kedalam cetakan. Posisi dan tinggi *sprue* sangat menentukan kecepatan alir logam cair yang akan mengisi rongga cetakan. Bentuk *sprue* harus tirus kebawah dengan dasar lebih besar dan dalam dari pada runner dengan tujuan untuk menghindari terjadinya aspirasi gas. Perubahan penampang pada saluran turun akan menimbulkan daerah yang bertekanan rendah dan menimbulkan turbulen yang dapat mengakibatkan terjadinya cacat. Perubahan pada saluran turun sebaiknya dilakukan bertahap.

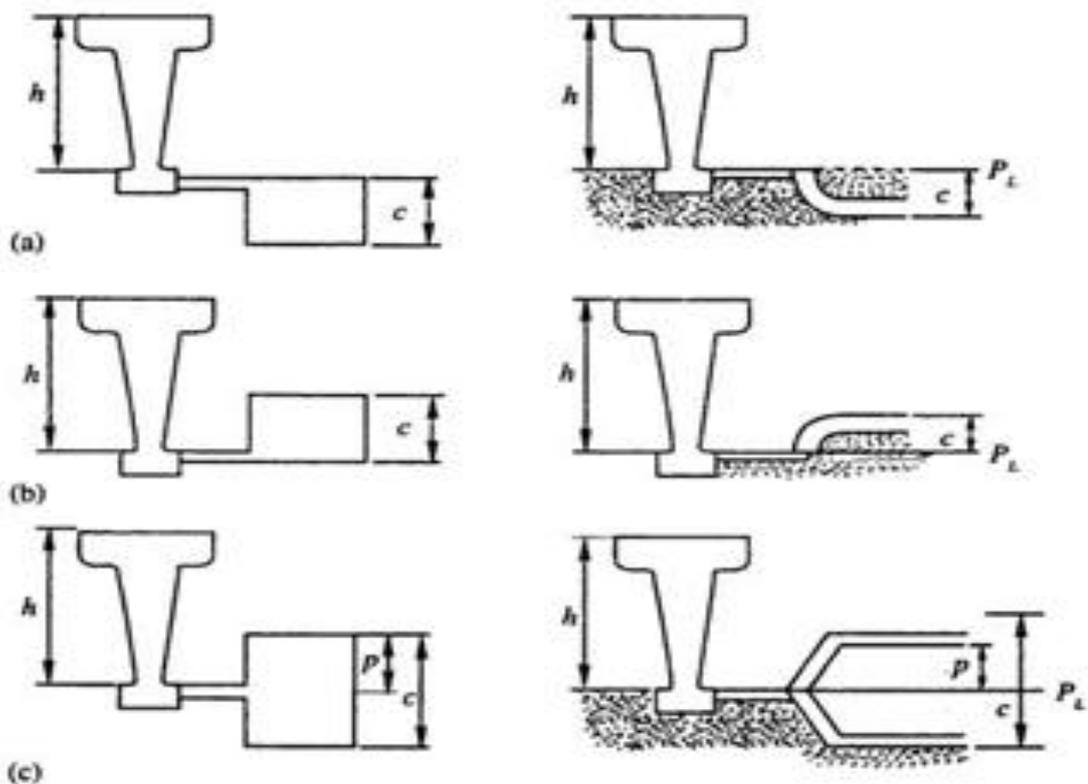
Tinggi efektif *sprue* H , tergantung pada dimensi cetakan dan jenis *gating* yang digunakan. Tinggi efektif *sprue* dapat dihitung dengan menggunakan hubungan berikut (Rao, 1990:142) pada gambar 2.3.

$$\text{Top gate} \quad H = h \quad (2.4)$$

$$\text{Bottom gate} \quad H = h - \frac{c}{2} \quad (2.5)$$

$$\text{Parting gate} \quad H = h - \frac{p^2}{2c} \quad (2.6)$$

$$\text{Diameter atas} \quad A_t = A_b \sqrt{\frac{H}{c}} \quad (2.7)$$



Gambar 2.3 Tipe *gating system*

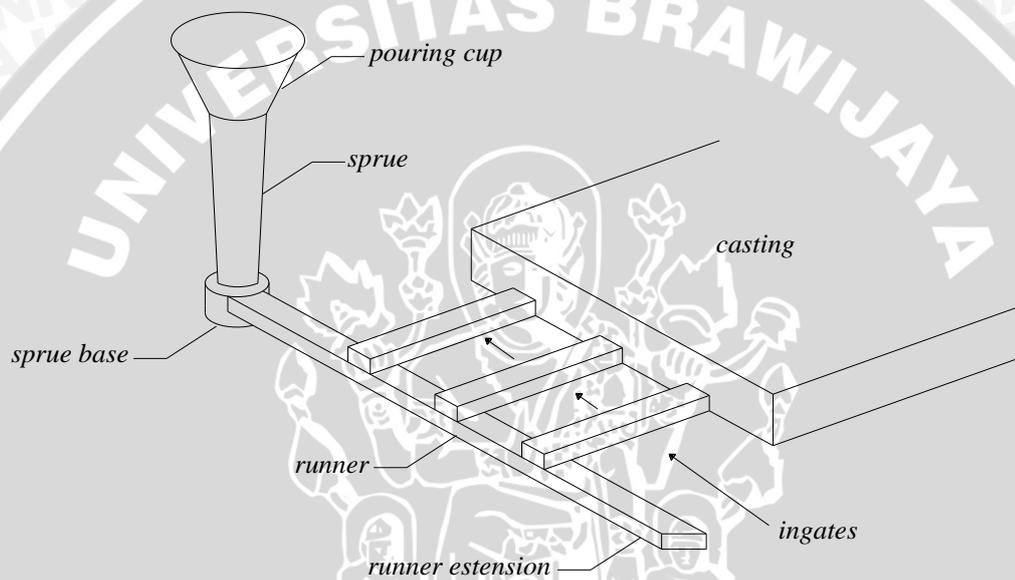
Sumber : Rao (1990:142)

- *Runner*

Runner adalah saluran yang membawa cairan logam dari saluran turun ke rongga cetak. Pengalir dibuat dengan tujuan untuk memberikan pendinginan lambat pada logam cair.

- Saluran masuk (*ingate*)

Merupakan saluran yang membawa logam cair dari pengalir ke dalam rongga cetak. Lokasi dan ukuran *ingate* direncanakan sebaik mungkin sehingga cairan logam dapat masuk kerongga cetak secara maksimal. Secara keseluruhan sistem saluran dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Sistem saluran pada pengecoran.

Sumber: ASM (1988:1281).

2.5 Riser

Riser adalah sistem saluran yang berfungsi untuk menampung kelebihan logam cair sekaligus sebagai cadangan bila terjadi penyusutan. *Riser* memberi logam cair untuk mengimbangi penyusutan dalam pembekuan dari coran, sehingga ia harus membeku lebih lambat dari coran. Bentuk *riser* berupa potongan lubang yang berada pada atas (*cope*) dan biasanya berbentuk silinder (Surdia, 1986).

Ada beberapa metode untuk mendapatkan ukuran optimum *riser* diantaranya adalah *modulus method* (Rao, 1990). Modulus dari *riser* harus melebihi modulus dari *casting* sehingga selama proses pembekuan hasilnya akan baik. Modulus dari *casting* (M_C) dapat dihitung dengan membagi volume *casting* dan luas *casting* sedangkan untuk mendapatkan diameter *riser* digunakan rumus:

$$\text{Modulus Riser } (M_r) = 0.2 \cdot D \quad \dots\dots\dots(2.8)$$

dimana D = diameter riser

$$\text{Modulus Casting } (M_c) = \frac{\text{casting volume}}{\text{casting area}} \quad \dots\dots\dots(2.9)$$

$$\text{karena: } M_r = 1.2 \cdot M_c$$

$$\text{Diameter riser } D = 6 \cdot M_c \quad \dots\dots\dots(2.10)$$

2.6 Gating Ratio

Gating ratio adalah perbandingan luas penampang alir dari *sprue*, *runner* dan *ingate* dan secara umum dapat di tulis sebagai *sprue area* : *runner area* : *ingate area*. Untuk menentukan *gating ratio* yang dipakai harus mempertimbangkan jenis bahan coran yang akan dipakai, karena hal ini sangat berkaitan erat dengan tingkat kemampuan alir logam coran. Dalam menentukan *gating ratio* secara umum dapat dilihat pada Tabel 2.2 yang berisi tentang rekomendasi *gating ratio* berdasarkan jenis logam.

Tabel 2.2 Penggunaan *gating ratio*

Casting	Sprue : Runner : Gate ratio
Steel	1:2:1.5
	1:3:3
	1:1:0.7
	1:2:2
	- Fin-gated 1:1:1
Gray cast iron	1:4:4
	- Pressurized system 1:1.3:1.1
Ductile iron, dry sand molds	10:9:8
	- Shell molded, vertical pouring 1:2:2
	- Pressure system 4:8:3
	- Reverse choke 1.2:1:2
Aluminum	1:2:4
	- Pressurized system 1:2:1
	- Un-pressurized system 1:3:3
Brass	1:1:1 – 1:1:3

Sumber: Heine (1990:224)

2.7 Aluminium

Aluminium adalah logam yang ringan dan cukup penting dalam kehidupan manusia. Aluminium merupakan unsur kimia golongan IIIA dalam sistem periodik unsur dengan nomor atom 13 dan berat atom 26,98 gram per mol (sma). Di dalam udara bebas aluminium mudah teroksidasi membentuk lapisan tipis oksida (Al_2O_3) yang tahan terhadap korosi. Aluminium juga bersifat amfoter yang mampu bereaksi dengan larutan asam maupun basa (Anton, 1992). Aluminium merupakan logam ringan yang mempunyai ketahanan korosi yang baik dan hantaran listrik yang baik dan sifat – sifat baik lainnya sebagai sifat logam (Surdia, 2005).

2.7.1 Sifat Fisik Aluminium

Aluminium memiliki beberapa sifat fisik, diantaranya ditunjukkan pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 Sifat-sifat fisik Aluminium

Sifat-sifat	Kemurnian Al (%)	
	99.99	>99.99
Massa jenis (Kg / dm^3) (20°C)	2.6989	2.71
Titik cair ($^{\circ}\text{C}$)	660.2	653 – 657
Panas jenis ($\text{Cal/g} \cdot ^{\circ}\text{C}$) (100°C)	0.2226	0.2297
Hantaran listrik (%)	64.91	59 (dianil)
Tahanan listrik koefisien temperatur ($/^{\circ}\text{C}$)	0.00429	0.0115
Koefisien pemuaian ($\text{M} / ^{\circ}\text{C}$) ($20\text{-}100^{\circ}\text{C}$)	23.86×10^{-6}	23.5×10^{-6}
Jenis kristal, Konstanta kisi	<i>Fcc</i> , $\alpha = 4.013 \text{ Kx}$	<i>Fcc</i> , $\alpha = 4.04 \text{ Kx}$

Sumber: Surdia dan Saito (1985:134)

2.7.2 Pengaruh Unsur–unsur Paduan

Unsur-unsur pemuatan Aluminium antara lain:

- Magnesium (Mg)

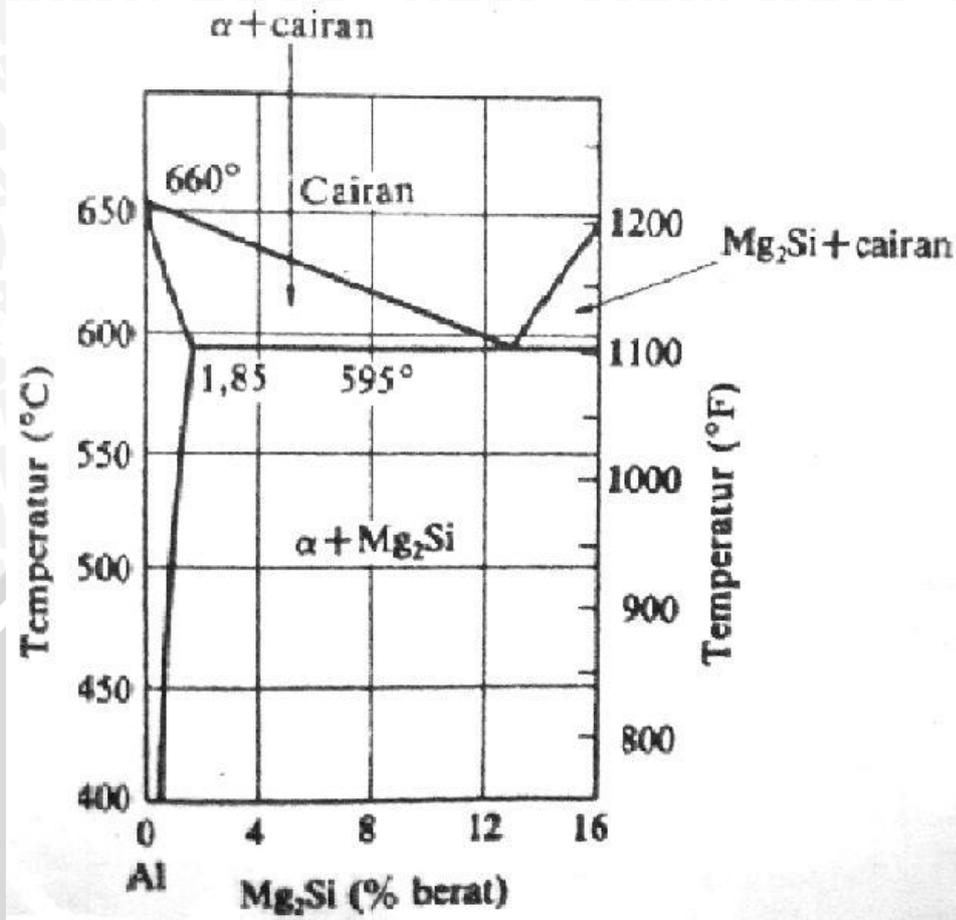
Magnesium adalah unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki simbol Mg. Penambahan unsur Magnesium digunakan untuk meningkatkan ketahanan korosi Aluminium. Akan tetapi penambahan unsur ini dapat mengurangi sifat mampu tuang dari paduan dan mempunyai kecenderungan tinggi untuk teroksidasi pada waktu peleburan.

- Mangan (Mn)

Mangan adalah unsur yang memperkuat aluminium tanpa mengurangi ketahanan korosi. Penambahan unsur mangan dalam paduan logam aluminium juga dapat meningkatkan ketahanan logam terhadap temperatur tinggi.
- Silikon (Si)

Silikon adalah suatu unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang Si dan nomor atom 14. Sebagai bahan tambahan, silikon mempunyai ketahanan korosi yang baik, ringan, koefisien muai kecil dan sebagai penghantar listrik yang baik. Silikon juga mampu meningkatkan sifat mampu cor. Namun penambahan silikon juga mengakibatkan kerugian yaitu menurunkan sifat mampu mesinnya.
- Tembaga (Cu)

Didalam paduan aluminium, tembaga ditambahkan untuk meningkatkan kekuatan. Makin tinggi kadar tembaga, maka fasa yang terbentuk akan semakin banyak sehingga kekerasan dan kekuatan paduan akan meningkat. Namun penambahan tembaga tersebut dibatasi agar tidak mengurangi sifat mampu tuangnya. Sifat lain yang akan meningkat dengan adanya tembaga dalam paduan aluminium adalah sifat ketahanan korosi dan sifat ketahanan aus.
- Paduan Al – Mg – Si
Paduan Aluminium – Magnesium – Silikon termasuk dalam jenis yang dapat diperlakukan dan mempunyai sifat mampu potong, mampu las dan tahan korosi yang cukup (Wirjosumarto dkk, 2000). Jika Aluminium dipadukan dengan Magnesium dan Silikon, maka paduan tersebut akan membentuk Magnesium Silikat (Mg_2Si). Tetapi sifat paduan ini akan menjadi getas, sehingga untuk mengurangi hal tersebut, penambahan dibatasi antara 0,03% - 0,1% (Heine, 1990 : 320).



Gambar 2.5 Diagram fasa paduan Al-Mg₂Si.
Sumber: Surdia dan Saito (1985:139).

Pada gambar 2.5 terlihat bahwa kelarutan Mg₂Si semakin menurun terhadap kelarutan Aluminium yakni dari temperatur tinggi ke temperatur rendah. Kelarutan Mg₂Si dalam Aluminium / fasa α terjadi sampai 16% pada 595°C. Selain itu, titik cair terendah untuk mencairkan Al – Mg – Si pada temperatur 595° dengan komposisi 13% Mg₂Si dan 87% Al. Beberapa sifat yang dimiliki paduan Al – Mg – Si ditunjukkan dalam tabel 2.4.

Tabel 2.4 Sifat Aluminium paduan Al – Mg – Si

Sifat	Nilai
<i>Density</i>	2,71 g/cm ³
<i>Melting Point</i>	600°C
<i>Modulus of Elasticity</i>	67 GPa
<i>Electrical Resistivity</i>	0,035x10 ⁻⁶ Ω.m
<i>Thermal Conductivity</i>	180 W/m.K
<i>Coefficient of Friction</i>	0.36

Sumber : Aalco, 2007

2.8 Pembekuan Logam

Pembekuan logam dimulai ketika logam bersentuhan dengan cetakan. Ketika logam cair mulai bersentuhan dengan cetakan, maka panas dari logam cair akan diserap oleh cetakan. Bagian ini akan mengalami pembekuan lebih cepat daripada bagian dalam dari coran (Gambar 2.6).

Pada umumnya daerah pembekuan logam coran dibagi menjadi tiga, yaitu :

- Daerah Pembekuan Cepat (*Chill Zone*)

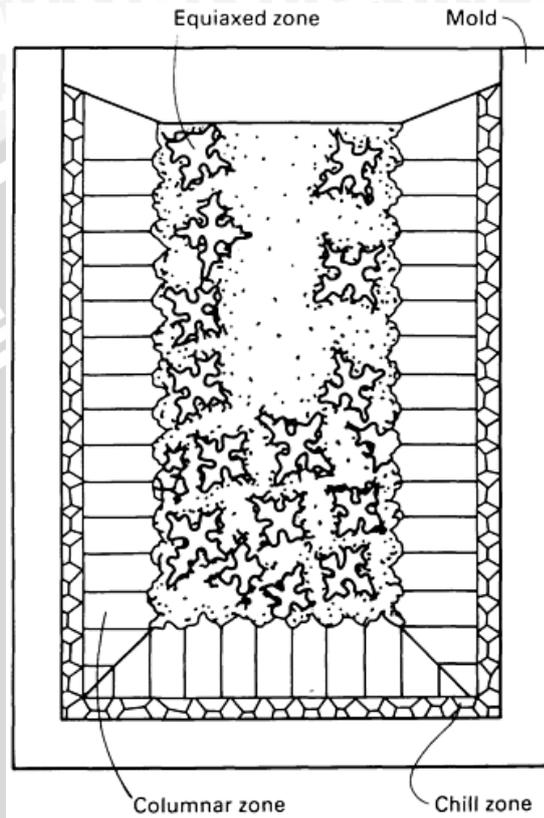
Daerah ini berada paling luar yang mana lebih dipengaruhi oleh *heat removal*. Struktur ini terbentuk pada kontak pertama antara dinding cetakan dengan *melt* pada saat dituang ke dalam cetakan. Dibawah suhu lebur beberapa inti terbentuk dan tumbuh ke dalam cairan. Suhu cetakan yang mulai naik memungkinkan kristal yang membeku menyebar meninggalkan dinding karena pengaruh aliran cairan. Apabila suhu penuangan cukup tinggi dimana cairan yang berada tengah – tengah coran tetap diatas temperatur leburnya, maka kristal yang dekat dengan daerah tersebut akan mencair lagi meninggalkan dinding cetakan. Hanya kristal yang berada pada dinding cetakan yang tumbuh menjadi *chill zone*.

- *Columnar Zone*

Columnar zone merupakan struktur yang tumbuh setelah gradien suhu pada dinding cetakan turun dan kristal pada *chill zone* tumbuh secara dendritik dengan arah yang tegak lurus dengan dinding cetakan. Batas permukaan antara struktur kolumnar dengan cairan dapat berbentuk selular maupun selular dendritik.

- *Equiaxed Zone*

Struktur ini terdiri dari butiran yang bersumbu sama yang arah acak. Asal dari butiran ini adalah mencairnya kembali lengan dendrit. Bila suhu di sekitar masih tinggi, setelah cabang dendrit tersebut terlepas dari induknya dan tumbuh menjadi dendrit yang baru.



Gambar 2.6 Daerah pembekuan pada hasil coran.

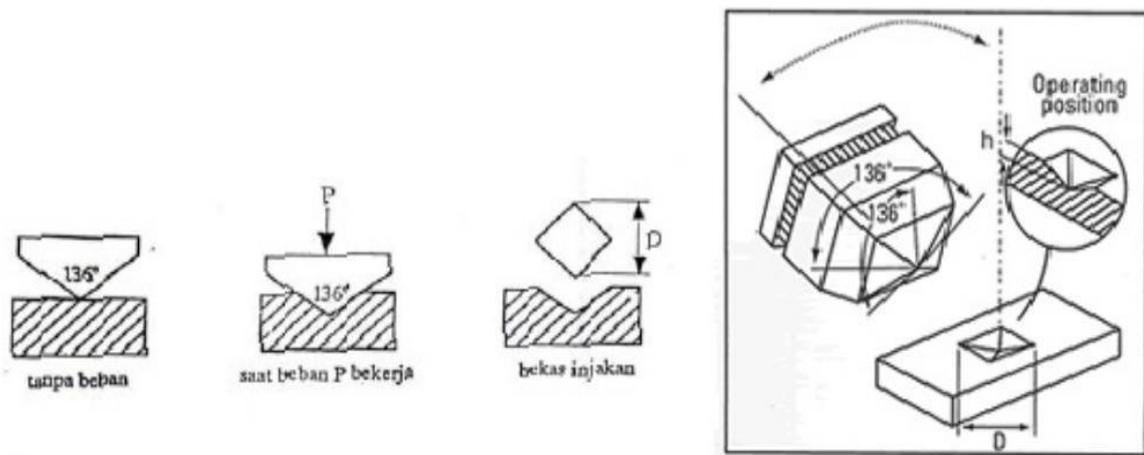
Sumber: ASM (1988:254).

2.9 Distribusi Kekerasan

Kekerasan (*hardness*) adalah salah satu sifat mekanik dari suatu material yang menunjukkan kemampuan untuk tahan terhadap goresan, pengikisan, lekukan atau penetrasi tanpa mengalami kerusakan. Pengukuran kekerasan dengan metode indentasi merupakan cara untuk menguji kekerasan yang paling umum digunakan. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui nilai kekerasan benda uji pada berbagai titik yang berbeda untuk mengetahui distribusinya.

Pengujian kekerasan yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *vickers*. Pengukuran kekerasan dengan metode *vickers* menggunakan sebuah intan yang berbentuk limas (pyramid), kemudian intan tersebut ditekan pada benda uji dengan besar gaya yang tertentu sehingga meninggalkan bekas injakan dari intan tersebut.

Bekas injakan ini akan semakin besar jika benda yang diuji memiliki tingkat kekerasan yang lebih rendah atau pembebanan yang semakin besar. Prinsip pengukuran mikro *vickers* dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Prinsip pengukuran mikro *Vickers* (Supardi, 1999:58)

Perhitungan kekerasan didasarkan pada panjang diagonal segi empat bekas injakan dan beban yang digunakan. Nilai kekerasan hasil pengujian metode *Vickers* disebut dengan kekerasan HV atau VHN (*Vickers Hardness Numbers*) yang besarnya :

$$\text{VHN} = \frac{2 \sin\left(\frac{\theta}{2}\right) P}{d^2} \quad \dots\dots\dots(2.11)$$

$$\text{VHN} = \frac{2 \sin\left(\frac{136^\circ}{2}\right) P}{d^2} \quad \dots\dots\dots(2.12)$$

$$\text{VHN} = \frac{1,854P}{d^2} \quad \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana :

P = Beban yang diberikan (kgf)

d = Panjang diagonal bekas injakan (mm)

θ = Sudut puncak penetrator (136°)

Pengujian dengan metode *micro vickers* merupakan pengujian dengan pembebanan yang relatif kecil yang sulit dideteksi oleh metode *macro vickers*, yaitu antara 10 sampai 1000 gf.

2.10 Hipotesis

Jumlah saluran masuk (*ingate*) yang semakin banyak menyebabkan aliran logam cair yang mengisi rongga cetakan akan masuk dari segala sisi dengan lebih cepat. Masuknya logam cair secara merata akan menyeragamkan pembekuan yang terjadi sehingga akan didapatkan nilai kekerasan yang seragam.



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah untuk mengetahui pengaruh jumlah saluran masuk pada pengecoran produk *impeller* aluminium terhadap distribusi kekerasan hasil coran. Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimental nyata (*true experimental research*), yaitu untuk menyelidiki kemungkinan hubungan sebab akibat dengan cara mengenakan kepada salah satu atau lebih kelompok eksperimental dengan kondisi perlakuan dan membandingkan hasilnya dengan kelompok kontrol.

3.2 Tempat Penelitian

Tempat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- Laboratorium Pengecoran Logam, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Brawijaya (13 September – 23 November)
- Laboratorium Metalurgi Fisik, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Brawijaya (27 November – 7 Desember)

3.3 Variabel Penelitian

Variabel - variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang besarnya ditentukan sebelum penelitian.

Variabel bebas yang digunakan adalah:

- Saluran masuk dengan jumlah 1, 2, dan 3.

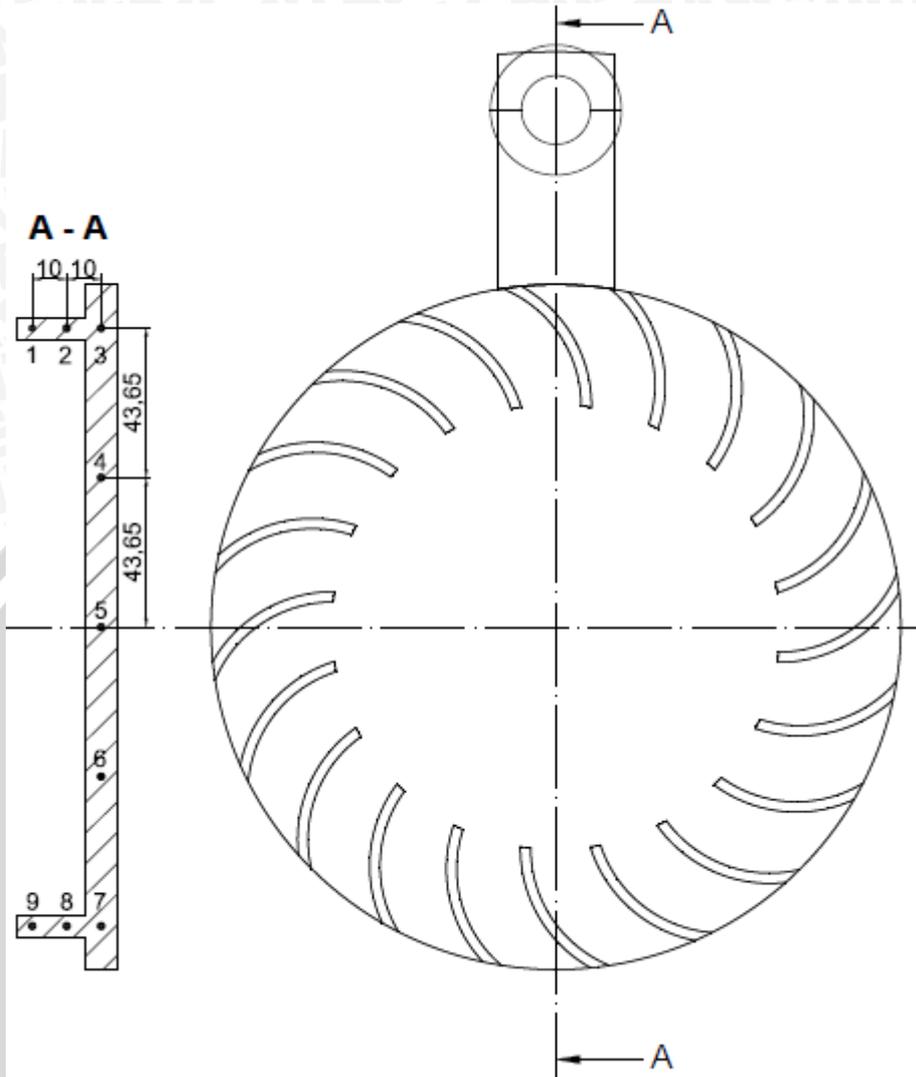
2. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang besarnya tergantung dari variabel bebas.

Variabel terikatnya adalah :

- Distribusi kekerasan hasil coran

Titik pengujian kekerasan dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Titik Pengujian Kekerasan

3. Variabel Terkontrol

Variabel terkontrol adalah variabel yang nilainya dibuat konstan. Dalam penelitian ini variabel terkontrolnya adalah :

- Temperatur peleburan : 850 °C
- Gating ratio : 1: 3: 3 (*sprue : runner : ingate*)

3.4 Alat Dan Bahan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dapur listrik
2. Cetakan pasir
3. Pasir cetak

4. Sarung tangan
5. Jangka sorong
6. Gelas ukur
7. Amplas
8. *Vickers Hardness Tester*
9. Kamera digital
10. *Centrifugal Sand Paper*

3.5 Bahan Penelitian

Bahan coran yang digunakan dalam penelitian ini adalah Al – Mg – Si (6061), sedangkan pasir silika, air, dan bentonit digunakan sebagai komposisi dari pasir cetak.

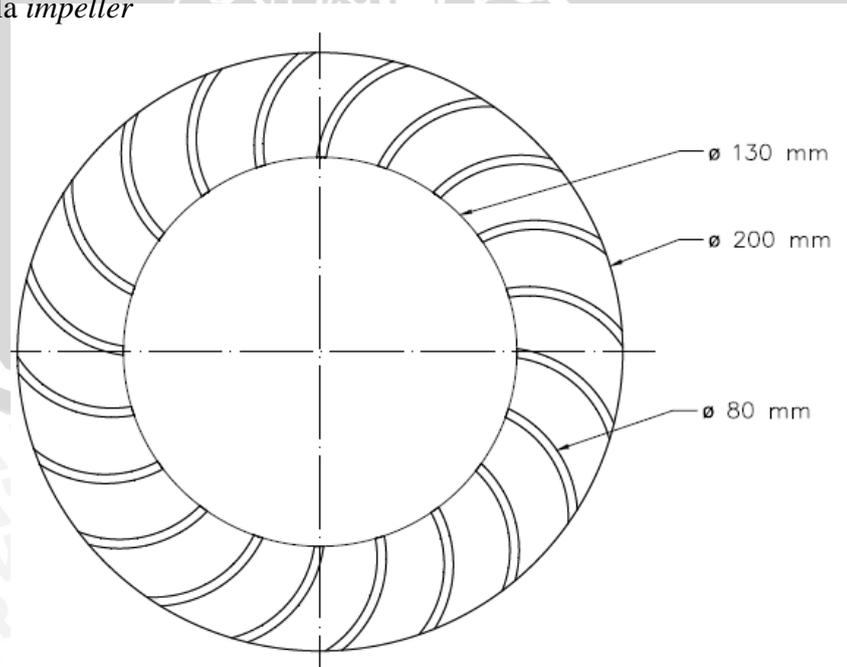
3.6 Prosedur Penelitian

3.6.1 Prosedur Percobaan

Langkah- langkah pengerjaan dalam penelitian ini adalah:

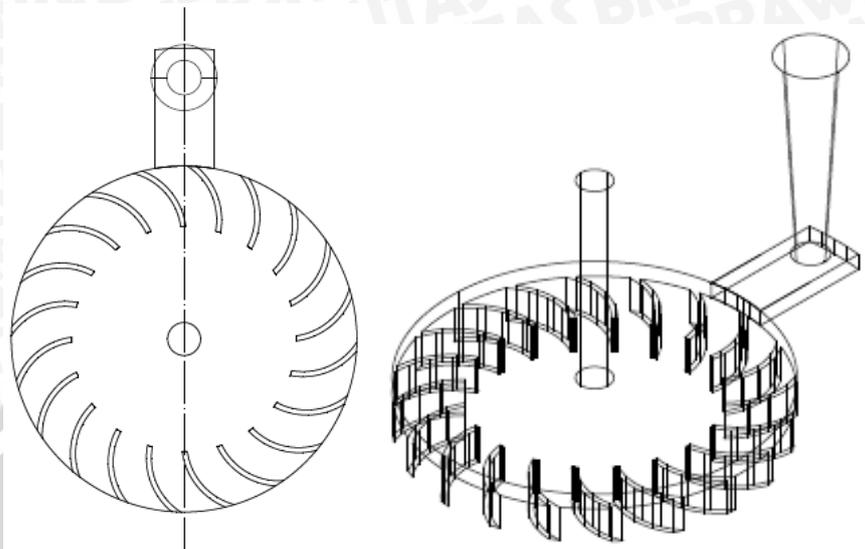
1. Persiapan percobaan, yaitu menyiapkan dapur peleburan, cetakan pasir, dan alat – alat yang akan digunakan.
2. Membuat pola cetakan pasir untuk produk *impeller*, *pouring basin*, *sprue*, *ingate*, dan *riser*.

➤ Pola *impeller*

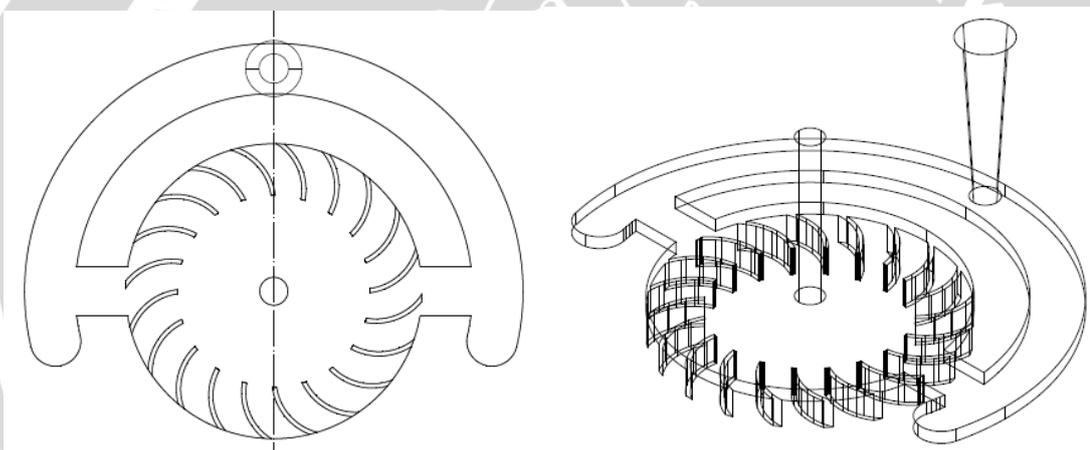


Gambar 3.2 Pola *impeller* (satuan : mm)

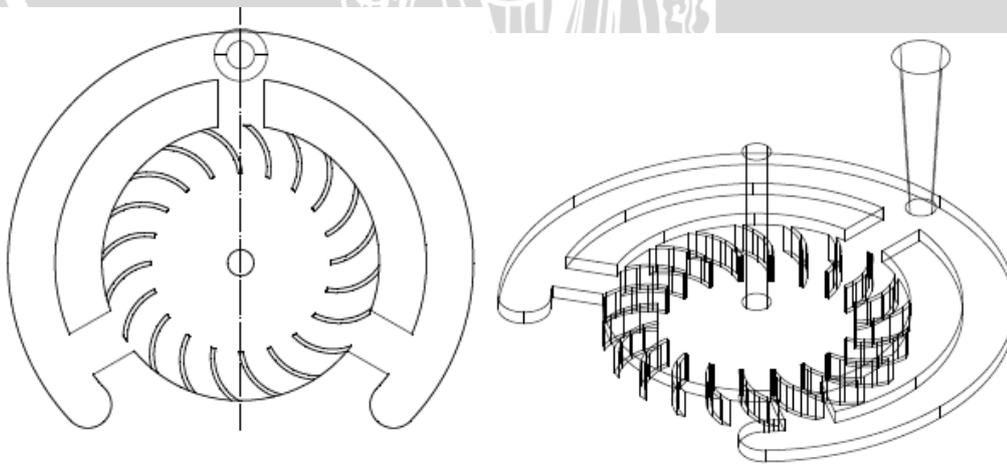
➤ Pola dan sistem saluran



a. Satu saluran masuk



b. Dua saluran masuk



c. Tiga saluran masuk

Gambar 3.3 a, b, c Perencanaan sistem saluran produk *impeller*

➤ Volume casting

Dengan menggunakan bantuan *AutoCad*, maka didapatkan volume casting 318481.8051 mm³

➤ Luas casting

Dengan menggunakan bantuan *AutoCad*, maka didapatkan luas casting 105739,1122 mm²

➤ *Mass of casting* (W) = $V_{casting} \times \rho_{aluminium}$(3.3)

$$= 318481.8051 \text{ mm}^3 \times 2,7 \cdot 10^{-6} \text{ kg/ mm}^3$$

$$= 0,859 \text{ kg}$$

➤ *Sprue* (saluran turun)

Tinggi saluran turun (h) : 55 mm

Tinggi cetakan (c) : 28 mm

Diameter bawah *sprue* : 14 mm

Tipe *gating system* : Bottom Gate

Effective sprue height (H) = $h - \frac{c}{2}$ (3.4)

$$= 55 - \frac{28}{2}$$

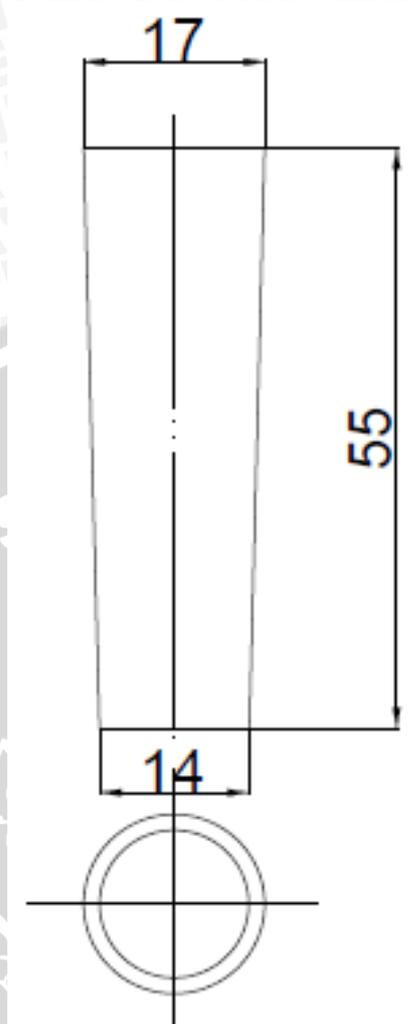
$$= 41 \text{ mm}$$

Diameter atas *sprue* A_t = $A_b \sqrt{\frac{H}{c}}$ (3.5)

$$= 14 \sqrt{\frac{41}{28}}$$

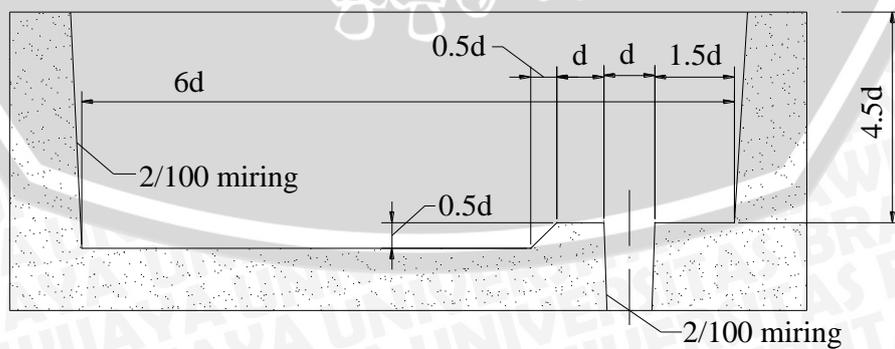
$$= 16,941 \text{ mm} \approx 17 \text{ mm}$$

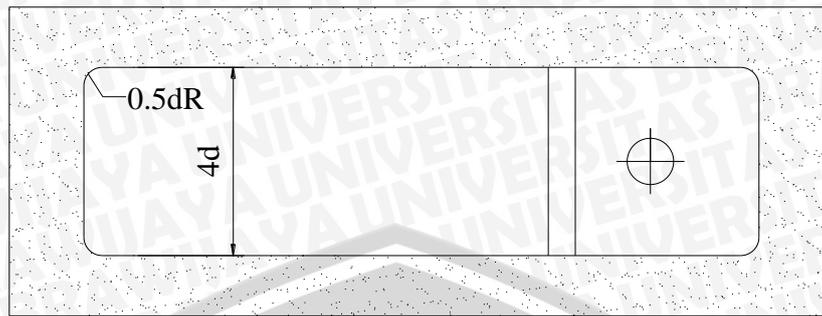




Gambar 3.4 Dimensi saluran turun (satuan : mm)

➤ *Pouring Basin*





Gambar 3.5 Dimensi pouring basin.

- d = 10 mm
- 1.5d = 15 mm
- 0.5d = 5 mm
- 6d = 60 mm
- 4.5d = 45 mm
- 4d = 40 mm

➤ *Riser*

Dengan menggunakan *Modulus Method* (Rao, 1990) maka akan didapat diameter *Riser*.

Modulus *Riser* (M_r) = 0,2.D

Modulus *Casting* (M_c) = $\frac{\text{casting volume}}{\text{casting area}}$ (3.6)

$$= \frac{318481,8051}{105739,1122}$$

$$= 3,1 \text{ mm}$$

Karena $M_r = 1,2 \cdot M_c$

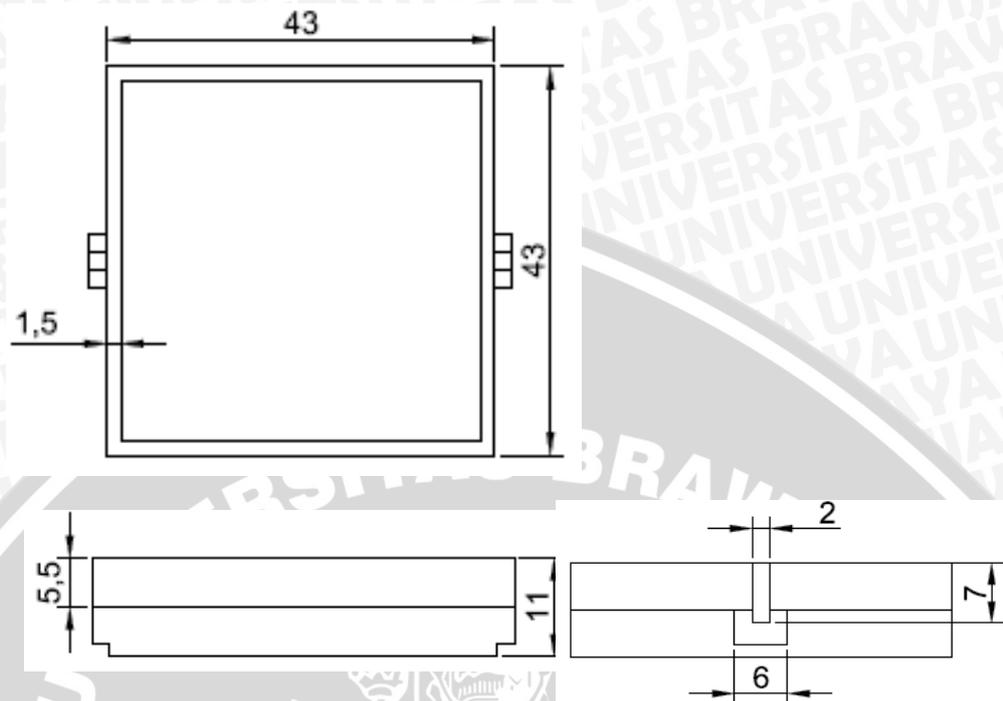
Diameter *riser* $D = 6 M_c$

$$= 6 \times 3,1$$

$$= 18,6 \approx 19 \text{ mm}$$



➤ *Cope drag*



Gambar 3.6 *Cope drag* (satuan : mm)

3. Peleburan aluminium sampai temperatur $\pm 850^{\circ}\text{C}$ (logam mencair).
4. Penuangan logam cair ke dalam cetakan pasir yaitu sebagai berikut:
 - Pengecoran pertama dilakukan dengan menuangkan logam cair ke dalam cetakan pasir dengan 1 saluran masuk dan selanjutnya dilakukan pembongkaran cetakan.
 - Pengecoran kedua dilakukan dengan menuangkan logam cair ke dalam cetakan pasir dengan 2 saluran masuk dan selanjutnya dilakukan pembongkaran cetakan.
 - Pengecoran ketiga dilakukan dengan menuangkan logam cair ke dalam cetakan pasir dengan 3 saluran masuk dan selanjutnya dilakukan pembongkaran cetakan.

3.6.2 Prosedur Pengambilan dan Pengolahan Data

Dari benda uji yang dihasilkan dilakukan pengujian untuk mengetahui nilai kekerasan hasil coran sebagai berikut:

1. Mengambil benda kerja hasil coran yang telah membeku.
2. Pengamatan hasil coran .

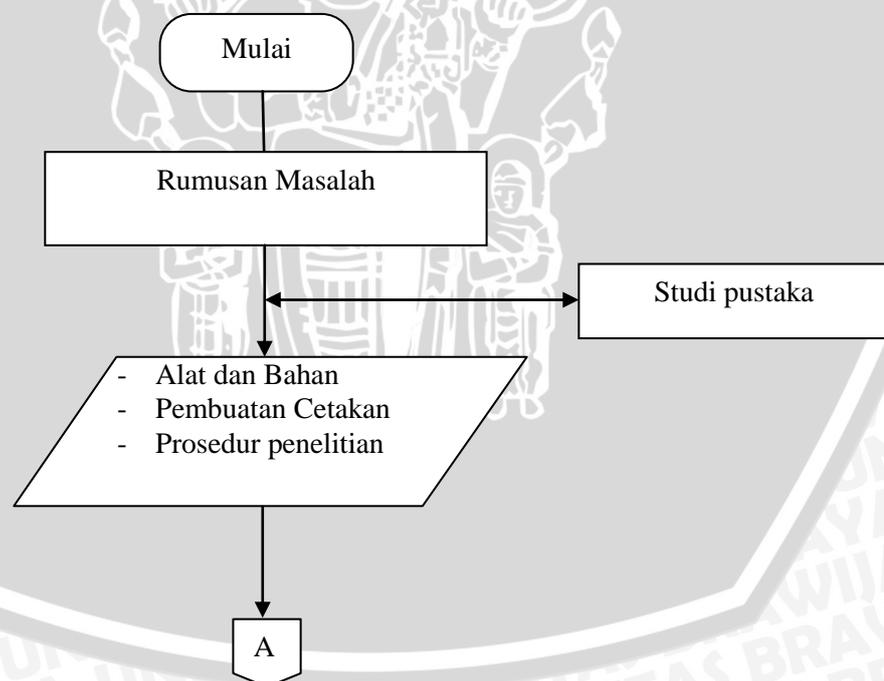
3. Pembuatan spesimen untuk uji kekerasan.
4. Pengambilan data uji kekerasan.
5. Pengolahan data hasil pengujian .

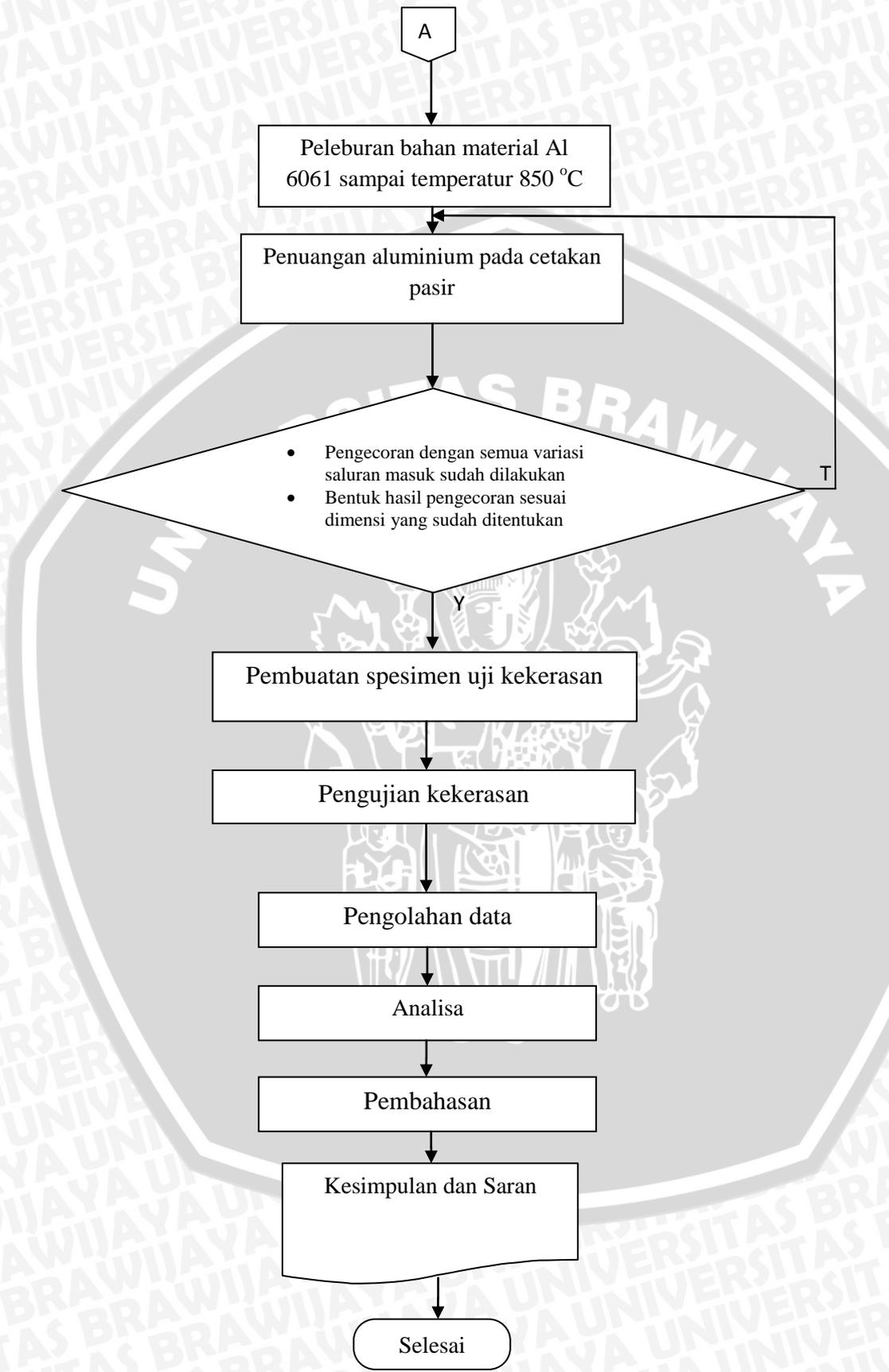
Melakukan pengulangan langkah 1 sampai 4 untuk spesimen dengan variasi 1, 2, dan 3 saluran masuk.

6. Mengambil gambar struktur mikro dengan mengetsa spesimen menggunakan larutan *Nital* (1- 5ml HNO_3 dan 100ml *Etanol* 95%).
7. Melakukan analisa dan pembahasan dari data-data yang diperoleh.
8. Mengambil kesimpulan.
9. Selesai.

3.7 Diagram Alir Penelitian

Berikut ini adalah flowchart penelitian mulai dari persiapan hingga akhir penelitian.





Gambar 3.7 Diagram alir penelitian.

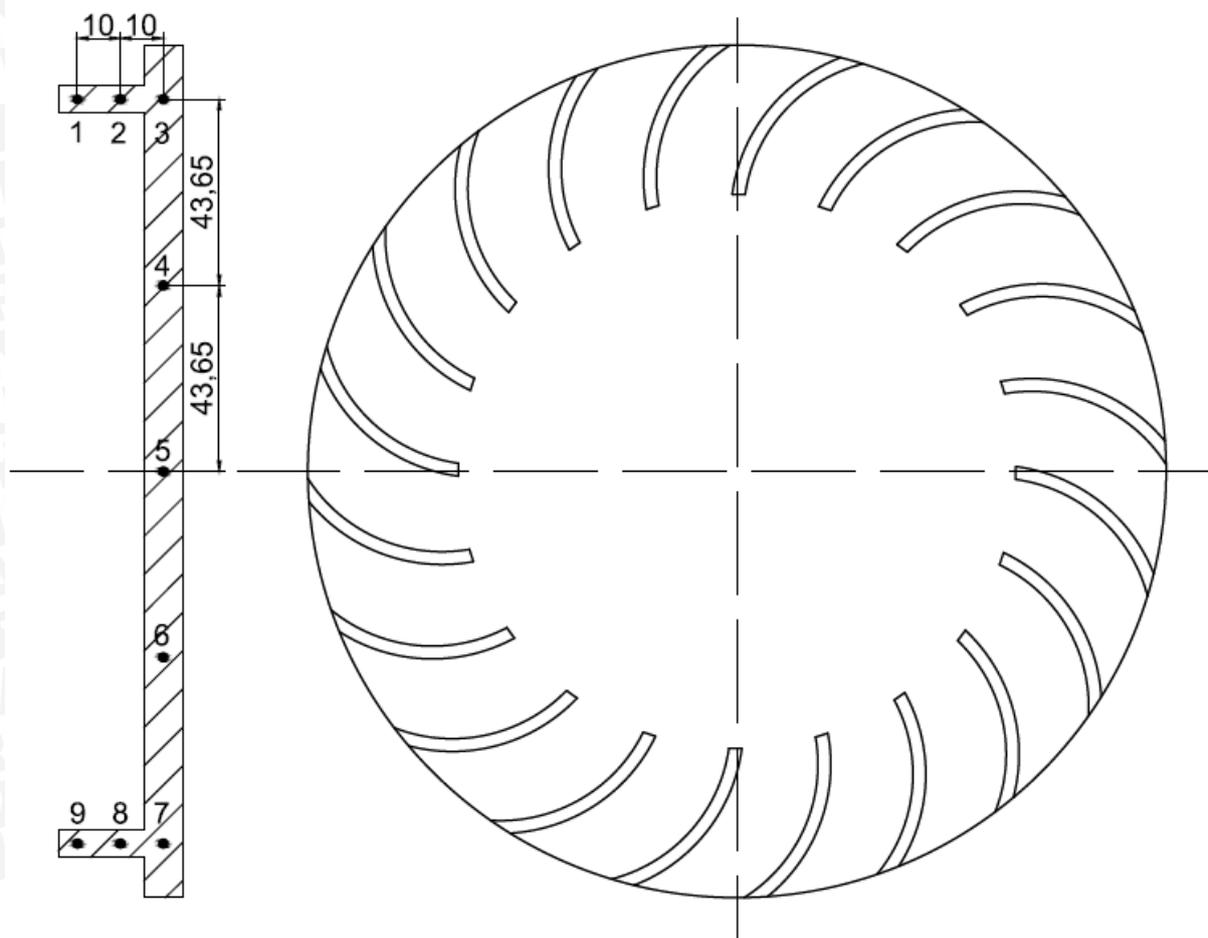
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data dan Perhitungan Hasil Pengujian

4.1.1 Data dan Perhitungan Distribusi Kekerasan

Setelah dilakukan pengujian kekerasan pada spesimen *impeller* berbahan alumunium (6061) menggunakan *Digital Microhardness Tester*, didapatkan data distribusi kekerasan dengan satuan *Vickers Hardness Number (VHN)*. Dari 9 titik yang diuji kekerasannya seperti ditunjukkan pada gambar pada gambar 4.1. Titik 1 merupakan titik terdekat dengan saluran turun, sedangkan titik 9 merupakan titik terjauhnya.



Gambar 4.1 Spesimen Uji Kekerasan (satuan : mm)

Tabel 4.1 Data distribusi kekerasan (VHN) pengulangan 1

No.	Jumlah Saluran Masuk		
	1	2	3
1.	63,17	72,04	62,96
2.	54,83	73,31	72,30
3.	67,50	66,60	71,05
4.	73,84	65,07	69,84
5.	55,67	61,95	72,21
6.	61,16	59,24	74,36
7.	62,15	64,21	69,36
8.	65,07	66,16	72,80
9.	74,62	69,60	79,04
Σ	578,01	598,18	649,33

Tabel 4.2 Data distribusi kekerasan (VHN) pengulangan 2

No.	Jumlah Saluran Masuk		
	1	2	3
1.	61,36	67,50	73,06
2.	64,21	63,17	69,60
3.	57,41	67,73	63,38
4.	73,84	76,51	70,56
5.	64,00	55,67	73,23
6.	64,64	66,60	72,80
7.	69,12	64,00	69,12
8.	60,96	77,06	78,76
9.	72,80	68,42	69,36
Σ	588,34	606,66	644,54

Tabel 4.3 Data distribusi kekerasan (VHN) pengulangan 3

No.	Jumlah Saluran Masuk		
	1	2	3
1.	60,38	66,82	74,89
2.	54,99	61,61	75,69
3.	58,87	64,42	69,12
4.	50,30	69,12	74,36
5.	59,62	70,80	74,89
6.	59,24	70,32	69,60
7.	56,18	73,31	63,58
8.	64,42	62,76	62,76
9.	61,55	73,37	72,30
Σ	525,55	612,53	637,19

Tabel 4.4 Data distribusi kekerasan rata-rata (VHN) dari 3 pengulangan

No.	Jumlah Saluran Masuk		
	1	2	3
1.	61,64	68,79	70,30
2.	58,01	66,03	72,53
3.	61,26	66,25	67,85
4.	65,99	70,23	71,59
5.	59,76	62,81	73,44
6.	61,68	65,39	72,25
7.	62,48	67,17	67,35
8.	63,48	68,66	71,44
9.	69,66	70,46	73,57
Rata-rata	62,66	67,31	71,52
Standar Deviasi	3,44	2,48	2,25

Standar deviasi merupakan salah satu teknik dalam ilmu statistik yang digunakan untuk mengetahui keseragam suatu data. Semakin kecil nilai standar deviasi, maka dapat dikatakan bahwa data tersebut semakin seragam. Standar deviasi disimbolkan dengan s dan didefinisikan dengan rumus :

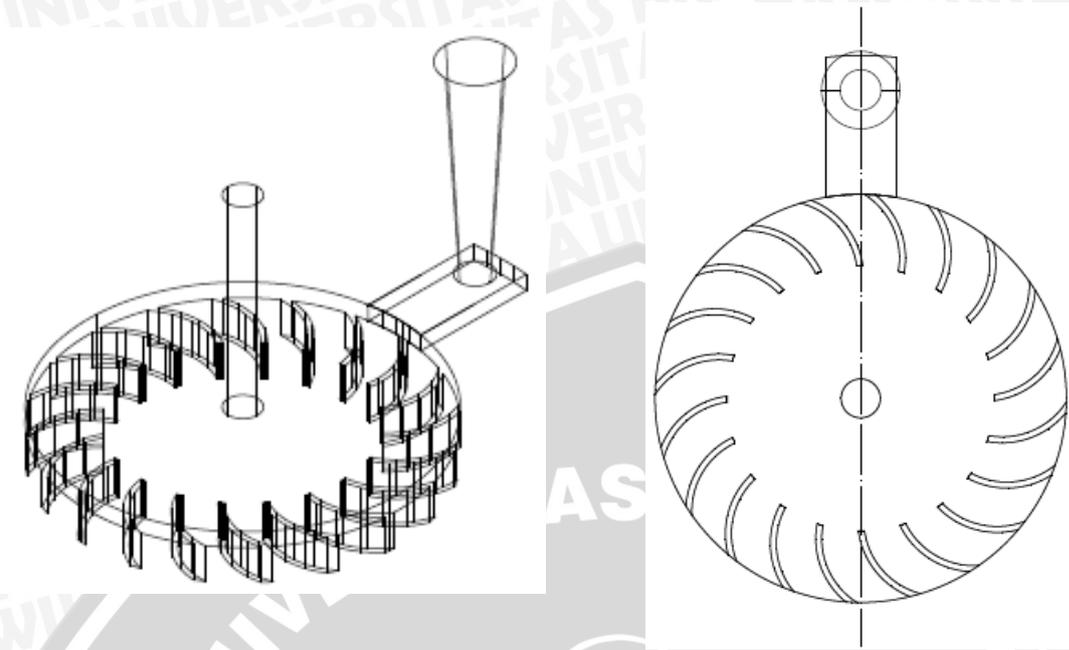
$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

dengan :

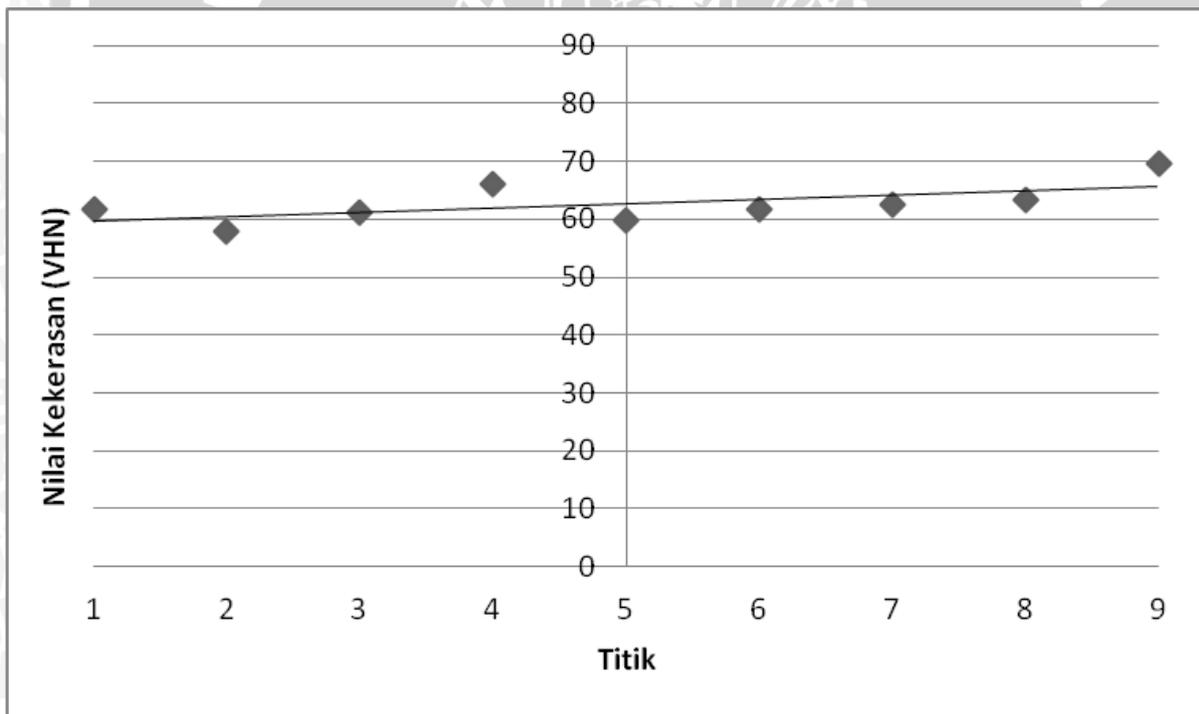
- x_i = data ke i
- \bar{x} = x rata-rata
- n = banyaknya data

4.2 Pembahasan

Setelah dilakukan penelitian dan pengolahan data, maka didapatkan data - data yaitu prosentase distribusi kekerasan produk *impeller* aluminium (6061) hasil pengecoran menggunakan metode cetakan pasir.



Gambar 4.2 Penampang Saluran Masuk dan Pemotongan Benda Cor

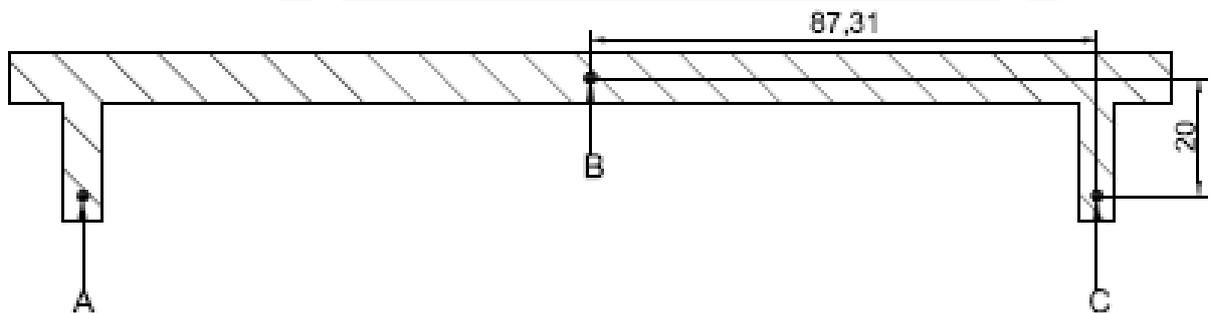


Gambar 4.3 Distribusi Kekerasan Rata-Rata Hasil Pengecoran Cetakan Pasir dengan 1 Saluran Masuk Pada 9 Titik Pengujian

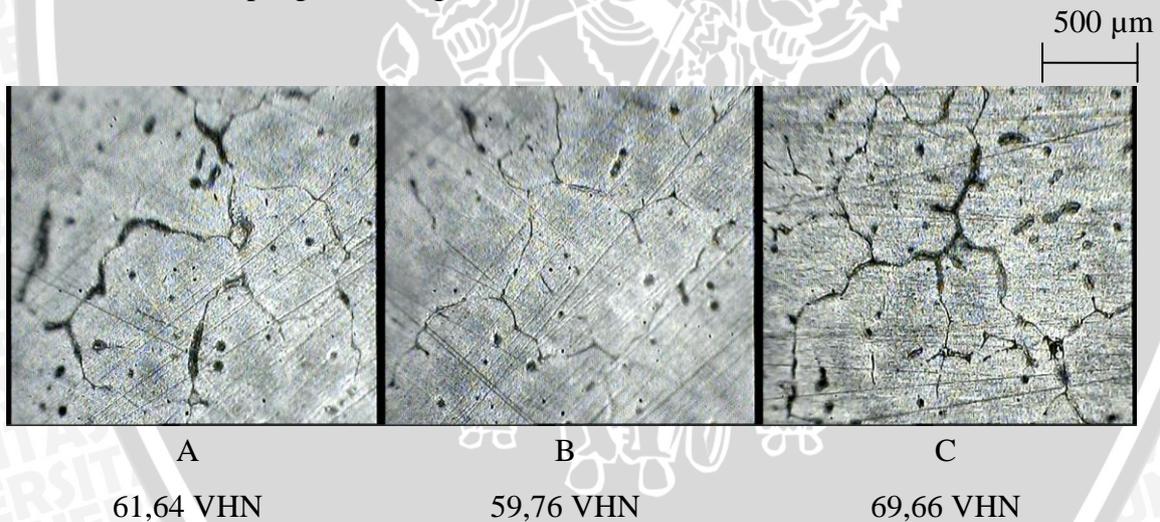
Titik 1 merupakan titik terdekat dengan saluran turun, sedangkan titik 9 merupakan titik terjauhnya. Dari gambar 4.3 dapat kita lihat bahwa nilai kekerasan coran berada diantara 58.01 VHN – 69.66 VHN. Nilai kekerasan pada coran dengan 1 saluran masuk ini memiliki kisaran angka yang paling besar. Hal ini disebabkan karena jumlah saluran masuk adalah 1

sehingga ketika logam dituang, maka logam cair akan turun menuju saluran masuk dan langsung mengisi rongga cetakan hanya dari satu sisi saja sehingga pembekuan logam yang terjadi tidak seragam. Pembekuan logam yang tidak seragam inilah yang menyebabkan perbedaan nilai kekerasan menjadi sangat besar.

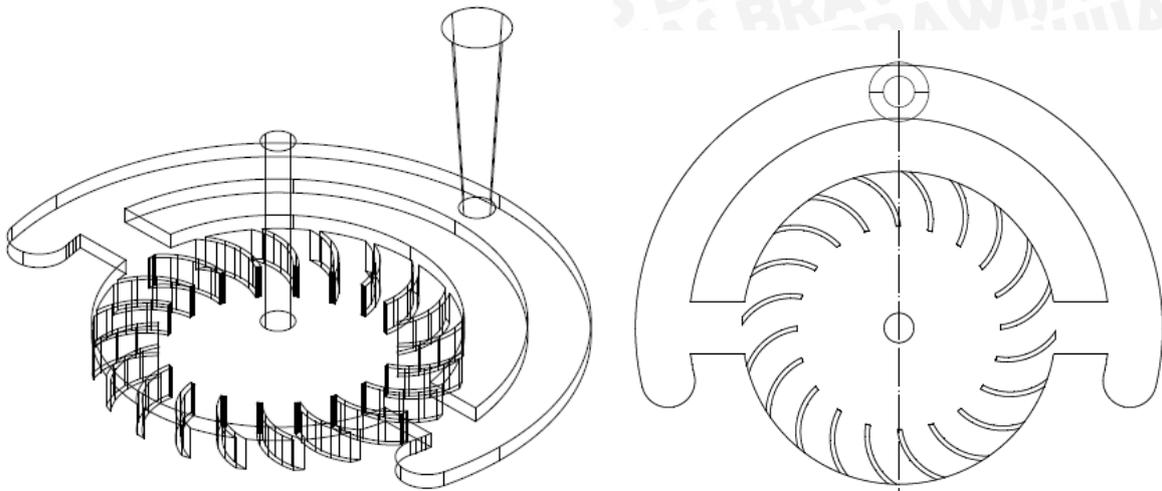
Hal ini sesuai dengan hasil foto mikrostruktur pada gambar 4.5 yang menunjukkan bahwa titik C memiliki ukuran butir yang paling besar dengan nilai kekerasan 69,66 VHN, kemudian semakin kecil pada titik A dengan nilai kekerasan 61,64 VHN, dan titik B dengan ukuran butir terkecil dengan nilai kekerasan 59,76 VHN.



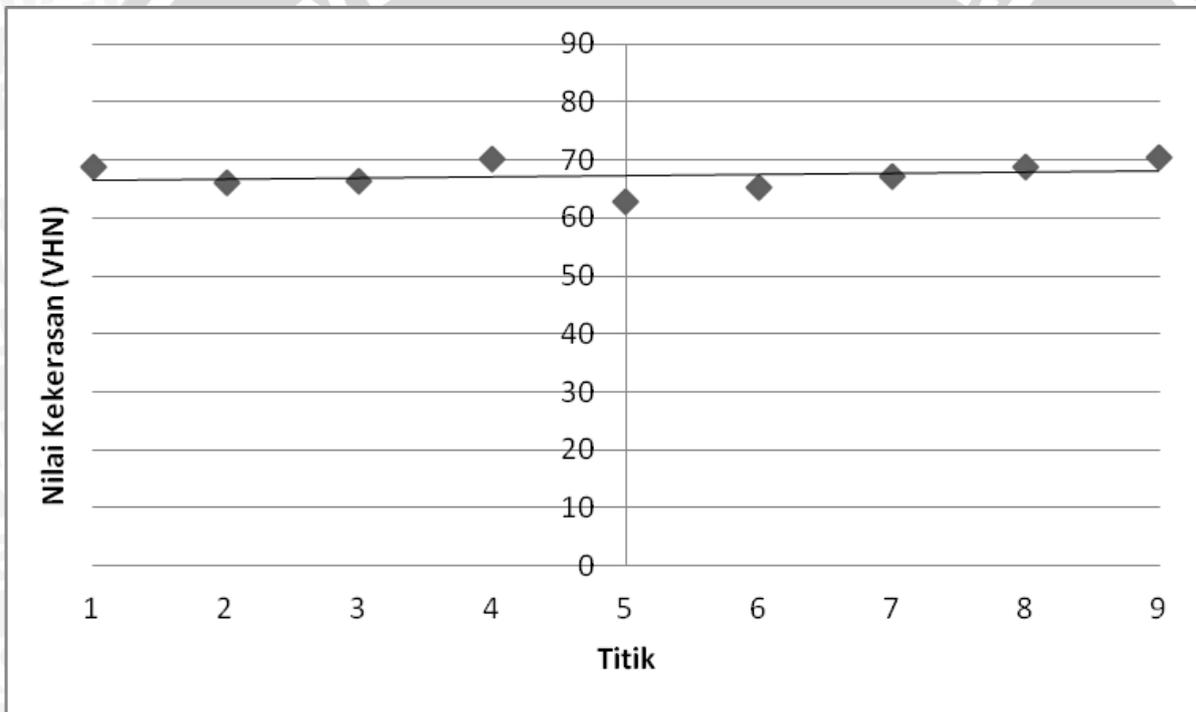
Gambar 4.4 Penampang Pematangan Benda Cor Untuk Foto Mikro (satuan : mm)



Gambar 4.5 A,B,C Hasil Foto Mikro Tiap Bagian Pada Produk Hasil Coran Dengan 1 Saluran Masuk (pembesaran : 100 kali)



Gambar 4.6 Penampang Saluran Masuk dan Pemotongan Benda Cor

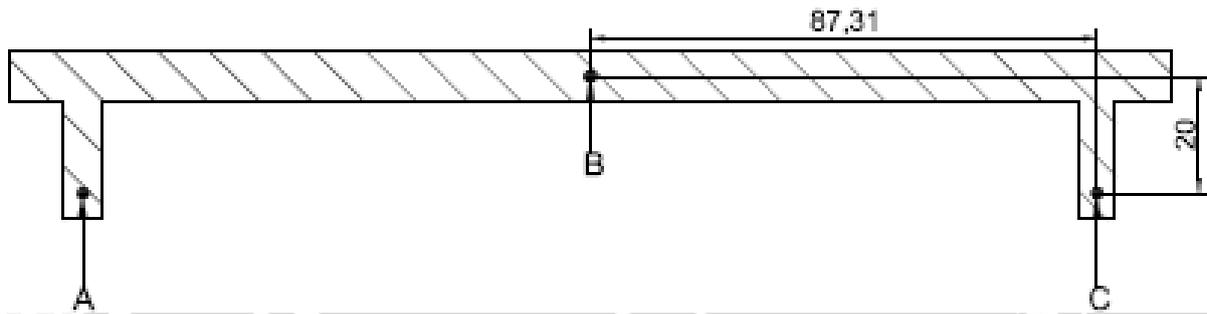


Gambar 4.7 Distribusi Kekerasan Rata-Rata Hasil Pengecoran Cetakan Pasir dengan 2 Saluran Masuk Pada 9 Titik Pengujian

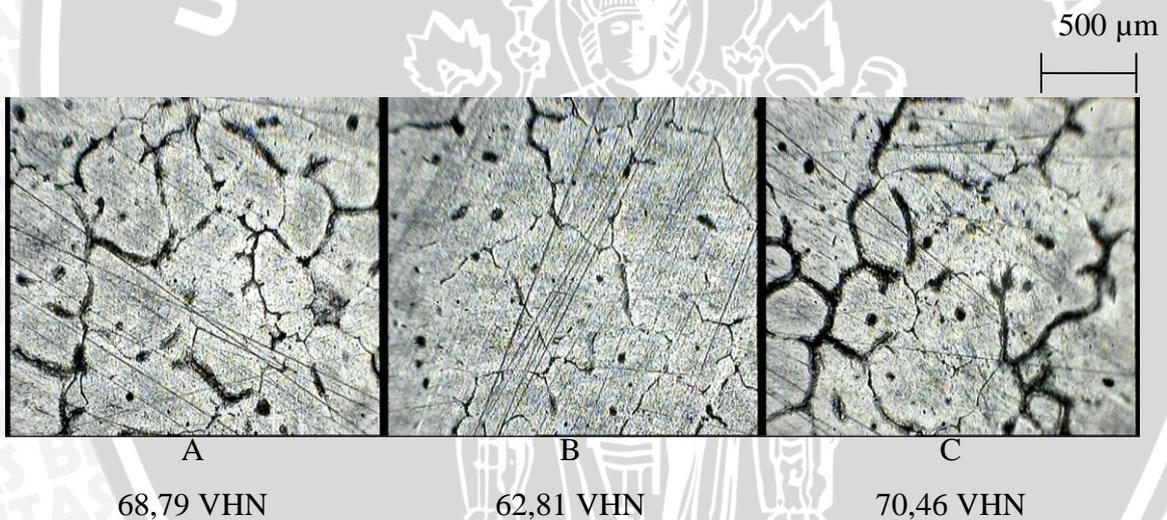
Titik 1 merupakan titik terdekat dengan saluran turun, sedangkan titik 9 merupakan titik terjauhnya. Dari gambar 4.7 dapat kita lihat bahwa nilai kekerasan coran berada diantara 62.81 VHN – 70.46 VHN. Nilai kekerasan pada coran dengan 2 saluran masuk ini memiliki kisaran angka yang lebih kecil dibandingkan coran dengan 1 saluran masuk. Hal ini disebabkan karena jumlah saluran masuk adalah 2 sehingga ketika logam dituang, maka logam cair akan turun menuju saluran masuk dan mengisi rongga cetakan melalui 2 sisi

sehingga pembekuan logam terjadi lebih seragam. Dengan semakin seragamnya pembekuan logam, maka distribusi kekerasannya akan semakin baik.

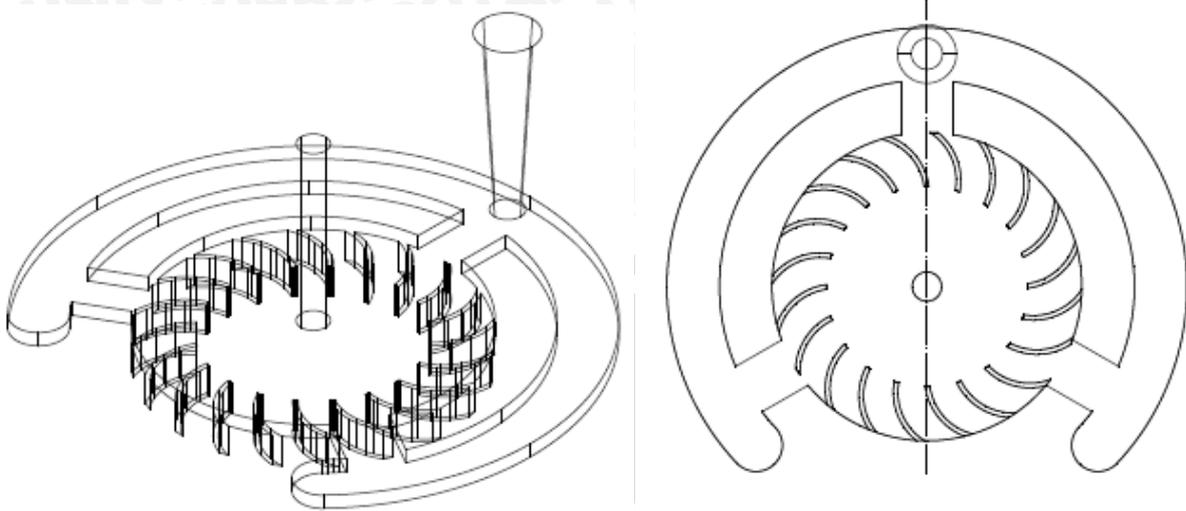
Hal ini sesuai dengan hasil foto mikrostruktur pada gambar 4.9 yang menunjukkan bahwa titik C memiliki ukuran butir yang paling besar dengan nilai kekerasan 70,46 VHN, kemudian semakin kecil pada titik A dengan nilai kekerasan 68,79 VHN, dan titik B dengan ukuran butir terkecil dengan nilai kekerasan 62,81 VHN.



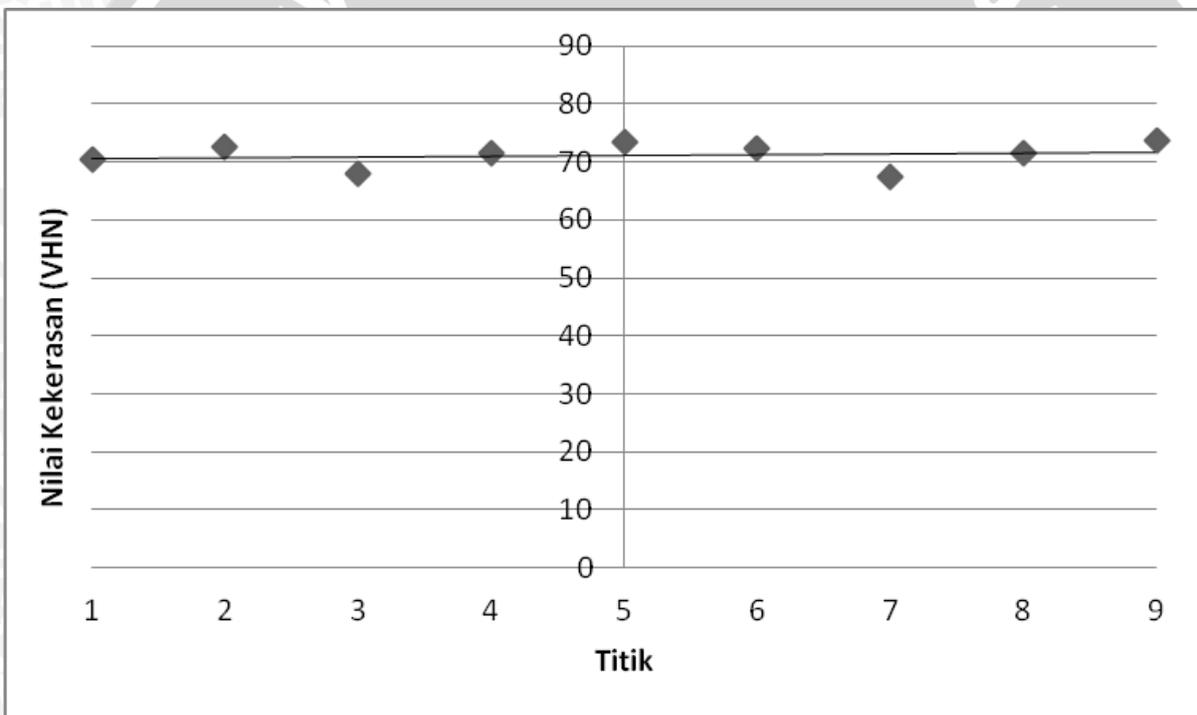
Gambar 4.8 Penampang Pemotongan Benda Cor Untuk Foto Mikro (satuan : mm)



Gambar 4.9 A,B,C Hasil Foto Mikro Tiap Bagian Pada Produk Hasil Coran Dengan 2 Saluran Masuk (pembesaran : 100 kali)



Gambar 4.10 Penampang Saluran Masuk dan Pemotongan Benda Cor

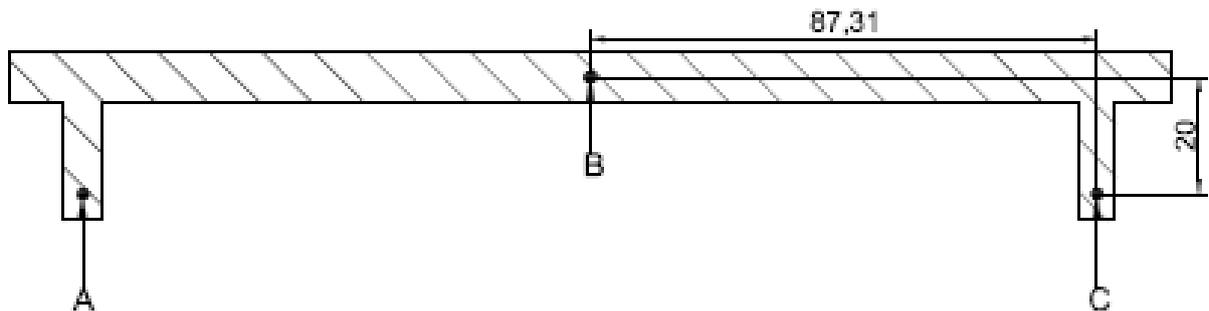


Gambar 4.11 Distribusi Kekerasan Rata-Rata Hasil Pengecoran Cetakan Pasir dengan 3 Saluran Masuk Pada 9 Titik Pengujian

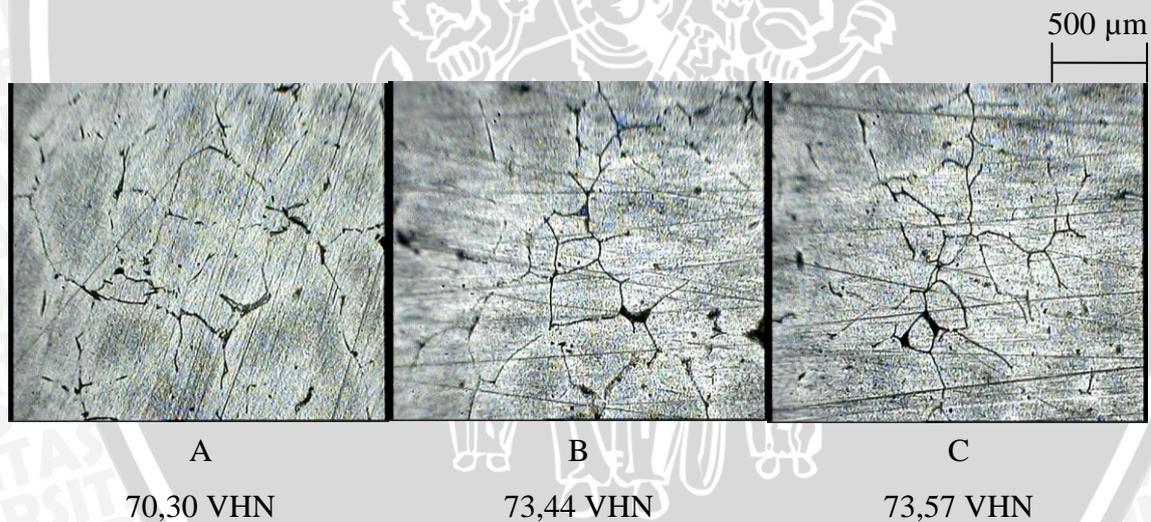
Titik 1 merupakan titik terdekat dengan saluran turun, sedangkan titik 9 merupakan titik terjauhnya. Dari gambar 4.11 dapat kita lihat bahwa nilai kekerasan coran berada diantara 67.35 VHN – 73.57 VHN. Nilai kekerasan pada coran dengan 3 saluran masuk ini memiliki kisaran angka yang paling kecil dibandingkan coran dengan 1 dan 2 saluran masuk. Hal ini disebabkan karena jumlah saluran masuk adalah 3 sehingga ketika logam dituang, maka logam cair akan turun menuju saluran masuk dan mengisi rongga cetakan melalui 3 sisi

sehingga pembekuan logamnya seragam pada seluruh bagian coran. Dengan seragamnya pembekuan logam yang terjadi, maka dapat disimpulkan bahwa coran dengan 3 saluran masuk memiliki distribusi kekerasan yang paling baik.

Hal ini dibuktikan pada hasil foto mikrostruktur pada gambar 4.13 yang menunjukkan bahwa titik B memiliki ukuran butir yang paling besar dengan nilai kekerasan 73,44 VHN, kemudian semakin kecil pada titik C dengan nilai kekerasan 73,57 VHN, dan titik A dengan ukuran butir terkecil dengan nilai kekerasan 70,30 VHN.

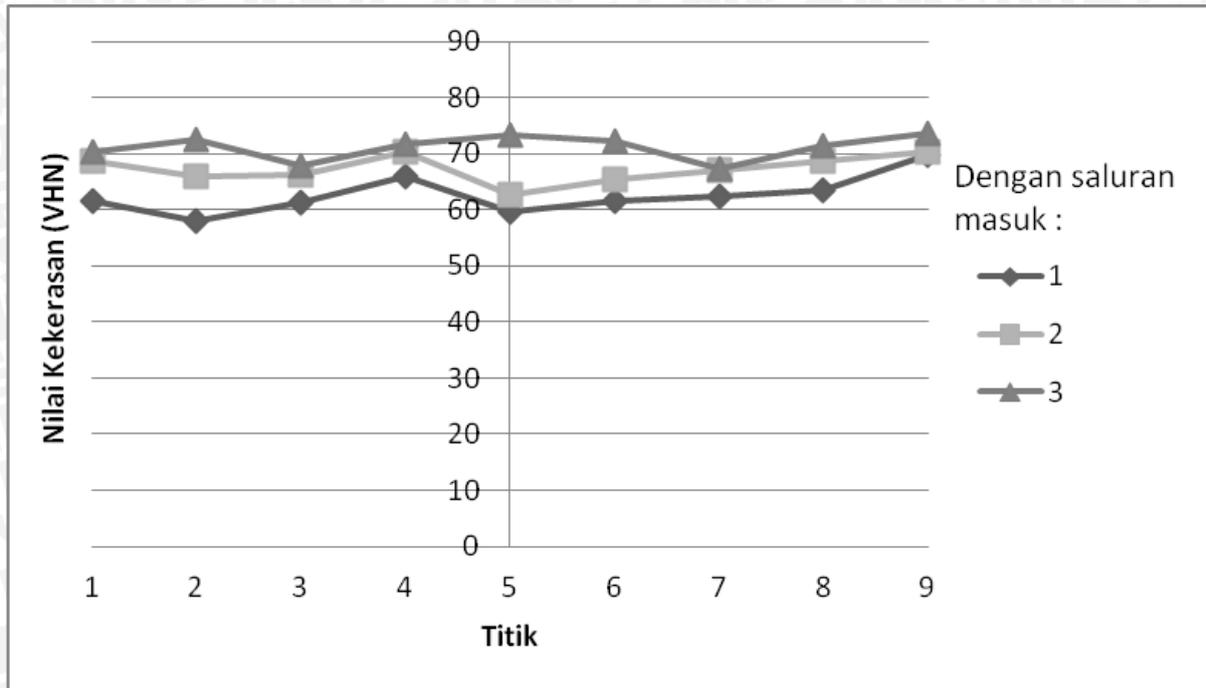


Gambar 4.12 Penampang Pemotongan Benda Cor Untuk Foto Mikro (satuan : mm)



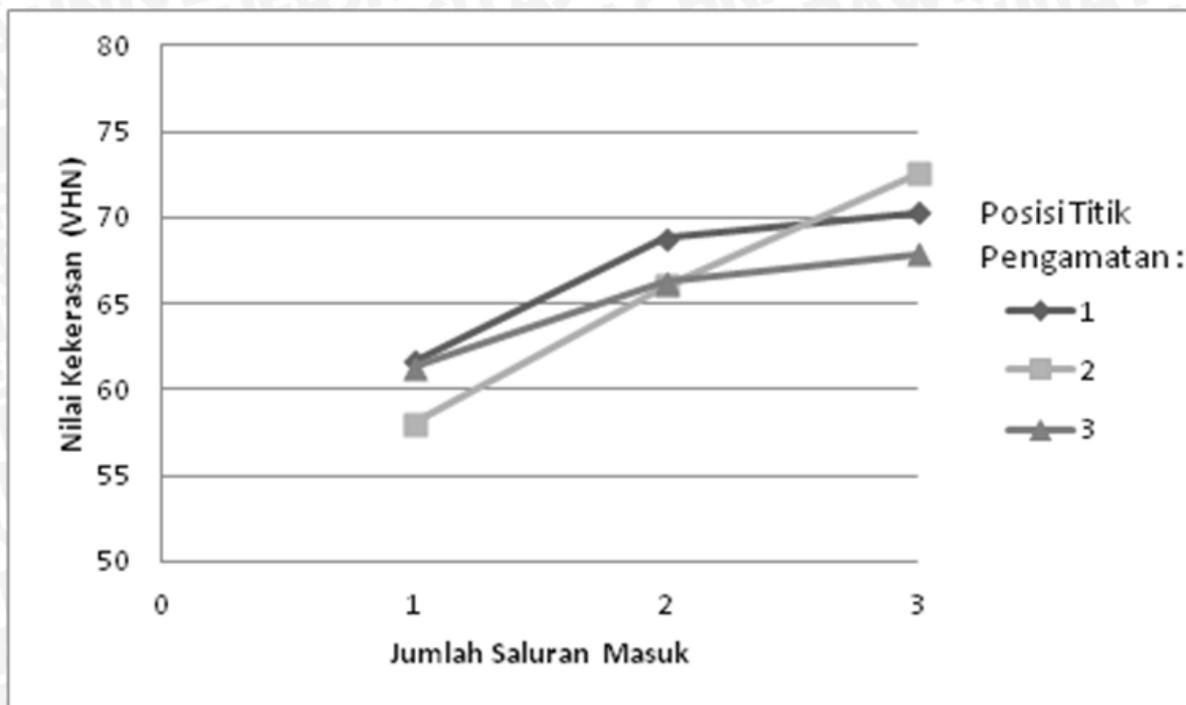
Gambar 4.13 A,B,C Hasil Foto Mikro Tiap Bagian Pada Produk Hasil Coran Dengan 3 Saluran Masuk (pembesaran : 100 kali)

Nilai distribusi kekerasan yang semakin baik dengan bertambahnya jumlah saluran masuk dapat dibuktikan dengan melihat nilai standar deviasi. Nilai standar deviasi yang semakin kecil menunjukkan bahwa nilai kekerasan pada tiap titik benda coran semakin seragam atau nilai distribusi kekerasannya semakin baik.

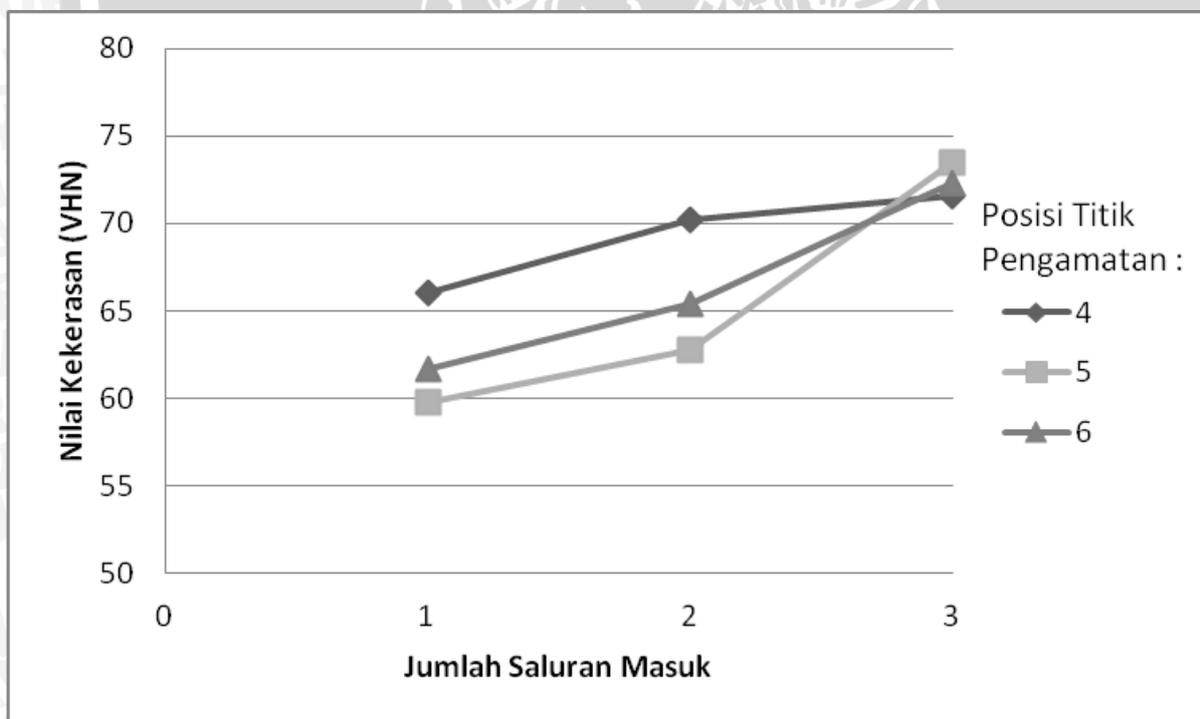


Gambar 4.14 Grafik Hubungan Antar Titik pada Pengujian Kekerasan Terhadap Distribusi Kekerasan Rata-Rata Hasil Pengecoran Cetakan Pasir dengan 1, 2, dan 3 Saluran Masuk

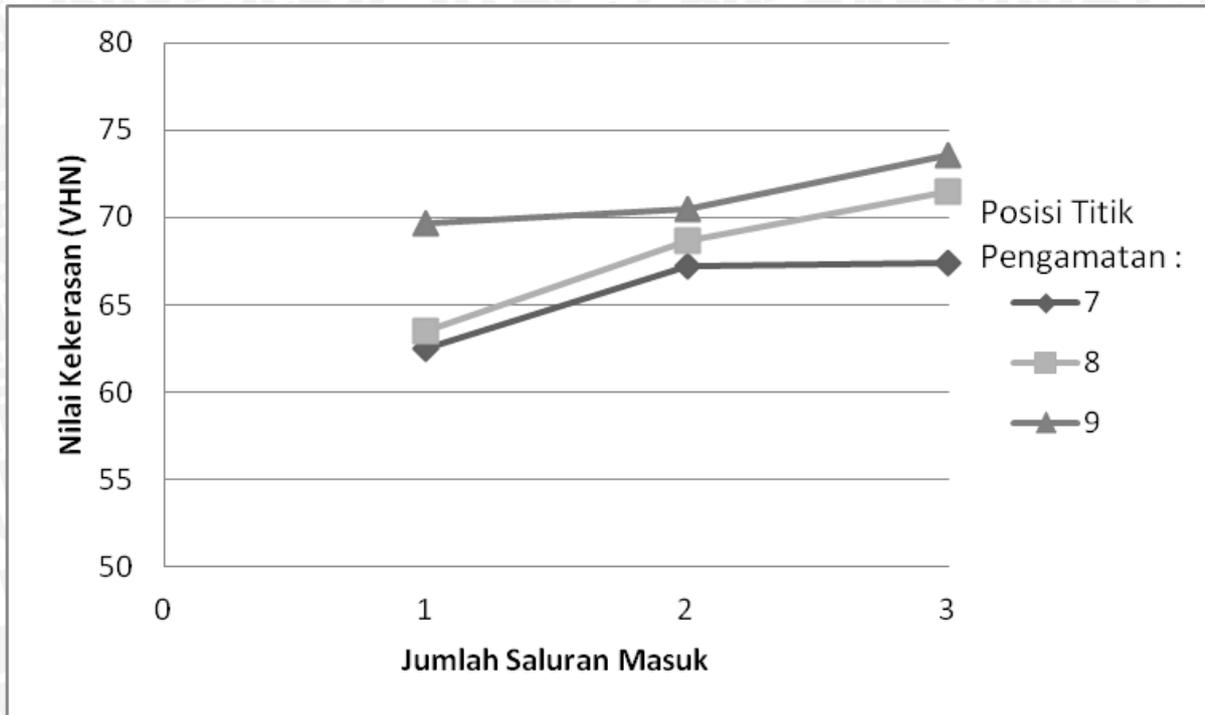
Gambar 4.14 merupakan grafik hubungan antar titik pada pengujian kekerasan terhadap distribusi kekerasan rata – rata hasil pengecoran cetakan pasir dengan 1, 2, dan 3 saluran masuk. Berdasarkan grafik dengan 3 kali pengulangan dapat kita lihat bahwa nilai kekerasan semakin tinggi dengan penambahan jumlah saluran masuk. Dengan jumlah saluran masuk yang semakin banyak akan menyebabkan logam cair mengisi rongga – rongga cetakan semakin cepat sehingga nilai kekerasannya juga semakin tinggi.



Gambar 4.15 Grafik Hubungan Antara Jumlah Saluran Masuk Terhadap Nilai Kekerasan Rata - rata Pada Titik 1, 2, dan 3 Hasil Pengecoran Cetakan Pasir



Gambar 4.16 Grafik Hubungan Antara Jumlah Saluran Masuk Terhadap Nilai Kekerasan Rata - rata Pada Titik 4, 5, dan 6 Hasil Pengecoran Cetakan Pasir



Gambar 4.17 Grafik Hubungan Antara Jumlah Saluran Masuk Terhadap Nilai Kekerasan Rata - rata Pada Titik 7, 8, dan 9 Hasil Pengecoran Cetakan Pasir

Gambar 4.15, 4.16, dan 4.17 merupakan grafik hubungan antara jumlah saluran masuk terhadap nilai kekerasan rata-rata pada tiap titik di atas, dapat kita lihat bahwa nilai kekerasan pada tiap titik semakin tinggi seiring dengan semakin bertambahnya jumlah saluran masuk. Hal ini dikarenakan dengan semakin bertambahnya saluran masuk, maka logam cair akan semakin cepat mengisi rongga cetakan sehingga pembekuan yang terjadi akan semakin cepat sehingga nilai kekerasannya tinggi.

Berdasarkan foto coran (lampiran 2) dapat dilihat bahwa coran dengan 3 saluran masuk memiliki kualitas yang paling baik. Dari perhitungan secara manual dapat diketahui bahwa jumlah cacat lubang jarum (*pin holes*) semakin menurun seiring dengan bertambahnya saluran masuk. Nilai rata-rata cacat lubang jarum pada 1, 2, dan 3 saluran masuk berturut-turut adalah 41, 33, dan 18 lubang. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan saluran masuk dapat meminimalisir terjadinya cacat pada permukaan coran.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Nilai kekerasan rata - rata pada 1, 2, dan 3 saluran masuk berturut-turut adalah sebesar 62.66 VHN, 67.31 VHN, dan 71.52 VHN.
2. Perubahan jumlah saluran masuk pada pengecoran produk *impeller* mempengaruhi nilai kekerasan produk.
3. Hasil pengecoran dengan 3 saluran masuk mempunyai nilai distribusi kekerasan paling baik daripada hasil pengecoran dengan 1 dan 2 saluran masuk karena pembekuan terjadi lebih cepat dan merata.
4. Nilai standar deviasi pada 1, 2, dan 3 saluran masuk berturut-turut adalah 3.44, 2.48, dan 2.25. Nilai standar deviasi yang semakin kecil menunjukkan bahwa distribusi kekerasannya semakin baik.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang variabel yang tidak terkontrol dalam penelitian ini, misalnya kecepatan penuangan, kandungan air dalam cetakan pasir, dan temperatur penuangan.
2. Dapat dilakukan pengembangan penelitian mengenai pengaruh saluran turun, dimensi pengalir dan letak saluran masuk terhadap distribusi kekerasan dengan menggunakan bahan Aluminium 6061 pada pengembangan produk *impeller*.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh jumlah saluran masuk terhadap sifat mekanis yang lain dengan menggunakan bahan Aluminium 6061 pada produk *impeller*.



DAFTAR PUSTAKA

- Aalcao Metals, Ltd. 2007. Cobham.
- Afidz, Dovi. 2011. “*Pengaruh Variasi Sudut Divergensi Saluran Ingate Terhadap Porositas Produk Coran Impeller Kuningan Pompa Sentrifugal*” Skripsi Tidak Diterbitkan. Malang, Jurusan Mesin FT Unibraw, 2011.
- Anton J. Hartomo. 1992, *Memahami Polimer Perekat*. Andi Off set, Yogyakarta
- Ardianto, Bagas. 2011. “*Pengaruh Jumlah Saluran Masuk Pada Pengecoran Produk Impeller Pompa Sentrifugal Terhadap Distribusi Kekerasan*” Skripsi Tidak Diterbitkan. Malang, Jurusan Mesin FT Unibraw, 2011.
- ASM Handbook. 1988. *Metals Handbook Ninth Edition Volume 15 Casting*. The University of Alabama.
- Gantara, Arya. 2011. “*Pengaruh Diameter Bawah Sprue pada Pengecoran Produk Pulley Terhadap Distribusi Kekerasan dan Porositas Hasil Coran*”. Skripsi Tidak Diterbitkan. Malang Jurusan Mesin FT Unibraw, 2011.
- Heine, R. W. 1990. *Principles of Metal Casting*. New Delhi: Tata McGraw -Hill, Publishing Company Ltd.
- Hidayat, Taufiq & Sugeng Slamet. 2010. *Pengaruh Model Saluran Tuang pada Cetakan Pasir terhadap Hasil Cetakan*. Kudus: Universitas Muria Kudus.
- Jain. P.L. 1979. *Principles Of Foundry Technology*. National Institute Of Foundry and Forge Technology, Ranchi.
- Nadca. 1997. “*Alloy data ; Alumunium Die Casting Alloys*“, NADCA Product Specification Standards for Die Casting, Sec. 3.
- Neil Salkind. 2007. *Encyclopedia Of Measurement And Statistics Volume 1*. Sage Publications, Inc.
- Rao, P.N. 1990. *Manufacturing Technology Foundry, Forming, and Welding*. New Delhi: Tata McGraw Hill, Publishing Company Ltd.
- Supardi, Edih. 1999. *Ilmu Logam*. Solo : PT Tiga Serangkai Pustaka Mandiri.
- Surdia, Tata. 2005. *Pengetahuan Bahan teknik (edisi ke – 6)*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Surdia, T. & Saito, S. 1985. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Surdia, Tata. & Chijiiwa Kenji. 1986. *Teknik Pengecoran Logam*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Surdia, Tata. & Chijiiwa Kenji. 1991. *Teknik Pengecoran Logam Cetakan 8*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Wiryosumarto, Harsono dan Okumura, T. 2000. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: Pradnya Paramita.

Lampiran 1

Uji Komposisi Paduan Aluminium (6061)



LEMBAGA ILMU PENGETAHUAN INDONESIA
PUSAT PENELITIAN METALURGI

Kawasan PUSPIPEK - Serpong, Tangerang Selatan 15314
Telp 021- 7560911, 7560562-psw.3211 Faks- 021 - 7560553
E-mail : p2m@metalurgi.lipi.go.id Web : http://www.metalurgi.lipi.go.id

LAPORAN ANALISIS
Report of Analysis

Laporan No : 278PK.4.06/KS/VI/2010
Report Nr
Dibuat Untuk : PRADITYA
Executed for
Metode Uji : SPARK OES
Test Method
Komoditi : AL 6061
Material
Hasil Pengujian :
Test Result

Unsur Element	Kadar% Content%	Unsur Element	Kadar% Content%
Si	0.661	Cr	0.107
Fe	0.248	Ni	0.017
Cu	0.187	Pb	0.008
Mn	0.034	Sn	0.004
Mg	1.023	V	0.010
Zn	0.055	Cd	0.002
Ti	0.010	Al	97.63

Serpong, 21 Juni 2010
Pusat Penelitian Metalurgi - LIPI
Kepala Bagian Tata Usaha,



[Signature]
Ir. Toni Bambang Romijarro, MT
NIP 19590828 198602 1 003

* Laporan ini hanya berlaku untuk sampel yang diuji
This report refers to the tested sample only

* Laporan ini tidak boleh disalin sebagian maupun seluruhnya tanpa izin dari Pusat Metalurgi
This report may not be reproduced in whole or in part, without permission from Research Center for Metallurgy



Lampiran 2

Foto coran dengan 1 saluran masuk



Pengulangan 1



Pengulangan 2



Pengulangan 3

Foto coran dengan 2 saluran masuk



Pengulangan 1



Pengulangan 2



Pengulangan 3

Foto coran dengan 3 saluran masuk



Pengulangan 1



Pengulangan 2



Pengulangan 3