# PENGARUH JUMLAH SALURAN MASUK PADA PENGECORAN PRODUK *IMPELLER* POMPA SENTRIFUGAL TERHADAP DISTRIBUSI KEKERASAN HASIL CORAN

## SKRIPSI

**KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan

memperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun Oleh :

**BAGAS ARDIANTO PAMUNGKAS**

**NIM. 0710623032-62**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**MALANG**

**2011**

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

# 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 Variasi Sudut Divergensi Saluran Ingate Terhadap Porositas Produk Coran Impeller Kuningan Pompa Sentrifugal.*

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 selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberi masukan dan pengetahuan selama penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Sudjito, Prof Ir.,Ph.D selaku dosen wali.
6. Bapak Gatot, Bapak Muji, dan Bapak Hastomo selaku Laboran Pengecoran Logam, Proses Produksi I, dan Pengujian Bahan.
7. Seluruh Dosen pengajar Jurusan Mesin.
8. Abaku (H. Moh.Thoriq), Umiku (Hj. Linda Anik Rosida), Papaku (Achmadi), Mamaku (Anik J), Adikku (Renita Dhika Afriani) yang tercinta, serta Mentariku (Maya Puspasari) yang selalu kusayangi.
9. Teman assisten Laboratorium Pengecoran Logam UNIBRAW : Bayu, Umi, Mas Debi, Mas Rizal, Mas Tanjoong, Mas Faris, Bagas, Dimas A, Dimas E, Febbrieni, Extreme : Bagas A, Bahrudin, Rizal, Riangga, Aditya, Billy, Krisna, dan semua temanku M'07, Anak-anak Poharin Blok D-137 : Somi, Rio, yudhi, Agus.
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 penyusunan yang lebih baik lagi.

Akhirnya penyusun berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat khususnya bagi penyusun dan bagi para pembaca umumnya.

Malang, 29 Juli 2011

Penyusun

# DAFTAR ISI

**KATA PENGANTAR** ..... **i**

**DAFTAR ISI** ..... **ii**

**DAFTAR TABEL** ..... **iv**

**DAFTAR GAMBAR** ..... **v**

**RINGKASAN** ..... **vii**

**BAB I PENDAHULUAN**

1.1 Latar Belakang ..... 1

1.2 Rumusan Masalah ..... 2

1.3 Batasan Masalah ..... 2

1.4 Tujuan Penelitian ..... 2

1.5 Manfaat Penelitian ..... 2

**BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

2.1 Penelitian Sebelumnya ..... 3

2.2 Pengecoran Logam ..... 3

2.3 Pengecoran Cetakan Pasir ..... 4

2.3.1 Pasir Cetak ..... 6

2.3.2 Macam-macam Pasir Cetak ..... 7

2.4 Pola ..... 8

2.5 Bahan-bahan Pola ..... 8

2.6 Sistem Saluran Pengecoran Cetakan Pasir ..... 9

2.7 Standarisasi Ukuran Saluran ..... 13

2.8 Pembekuan Logam ..... 14

2.9 Distribusi Kekerasan ..... 16

2.10 Impeller ..... 17

2.11 Kuningan ..... 19

2.12 Hipotesa ..... 19

**BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1 Metode Penelitian ..... 20

3.2 Tempat Penelitian ..... 20

3.3 Variabel Penelitian ..... 20

3.4 Alat dan Bahan Penelitian ..... 21

3.5 Bahan Penelitian ..... 21

3.6 Prosedur Penelitian ..... 21

3.6.1 Prosedur Percobaan ..... 22

3.6.2 Prosedur Pengambilan dan Pengolahan Data ..... 30

3.7 Diagram Alir Penelitian ..... 31

**BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1 Data dan Perhitungan Hasil Penelitian ..... 33

4.1.1 Data dan Perhitungan Prosentase Porositas ..... 33

4.2 Pembahasan ..... 36

**BAB V PENUTUP**

5.1 Kesimpulan ..... 42

5.2 Saran ..... 42

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL


| No. | Judul | Halaman |
|---|---|---|
| Tabel 2.1 | Temperatur penuangan untuk berbagai coran | 6 |
| Tabel 2.2 | Perbandingan antara berat coran dengan ukuran diameter saluran | 14 |
| Tabel 2.3 | Berat coran dan ukuran saluran turun, pengalir, dan saluran masuk | 14 |
| Tabel 4.1 | Data distribusi kekerasan (VHN) pengulangan 1 | 34 |
| Tabel 4.2 | Data distribusi kekerasan (VHN) pengulangan 2 | 34 |
| Tabel 4.3 | Data distribusi kekerasan (VHN) pengulangan 3 | 35 |
| Tabel 4.4 | Data distribusi kekerasan rata-rata (VHN) dari 3 pengulangan | 35 |


## DAFTAR GAMBAR


| No. | Judul | Halaman |
|---|---|---|
| Gambar 2.1 | Aliran proses pada pembuatan cetakan pasir | 5 |
| Gambar 2.2 | Sistem saluran pada pengecoran | 9 |
| Gambar 2.3 | Sistem saluran pada pengecoran | 9 |
| Gambar 2.4 | Gambar skematik aliran logam pada *sprue* | 10 |
| Gambar 2.5 | Tipe Gating Sistem | 11 |
| Gambar 2.6 | Saluran Masuk | 12 |
| Gambar 2.7 | Daerah pembekuan cepat (*Chill Zone*) | 15 |
| Gambar 2.8 | *Columnar Zone* | 15 |
| Gambar 2.9 | *Equiaxed Zone* | 16 |
| Gambar 2.10 | Skema Uji *Vickers* | 17 |
| Gambar 2.11 | (a), (b) *Impeller* Pompa Air Sentrifugal | 18 |
| Gambar 3.1 | Dimensi Saluran masuk | 21 |
| Gambar 3.2 | Pola *Impeller* | 22 |
| Gambar 3.3 | (a), (b), (c) Perencanaan sistem saluran produk *Impeller* | 23 |

| | | |
|---|---|---|
| Gambar 3.4 | Dimensi saluran turun ( satuan : mm) | 25 |
| Gambar 3.5 | Dimensi *base sprue* ( satuan : mm) | 26 |
| Gambar 3.6 | Dimensi pengalir ( satuan : mm) | 26 |
| Gambar 3.7 | Dimensi saluran masuk (satuan : mm) | 27 |
| Gambar 3.8 | Dimensi *riser* ( satuan : mm) | 28 |
| Gambar 3.9 | Dimensi *cope drug* ( satuan : mm) | 28 |
| Gambar 3.10 | Pola dan sistem saluran dalam cetakan pasir | 29 |
| Gambar 3.11 | Spesimen Uji Kekerasan | 30 |
| Gambar 3.12 | Diagram Alir Penelitian | 31 |
| Gambar 4.1 | Spesimen Uji Kekerasan | 33 |
| Gambar 4.2 | Penampang Saluran Masuk dan Pemotongan Benda Cor | 36 |
| Gambar 4.3 | Grafik Hubungan Antara Jarak Antar Titik pada Pengujian Kekerasan Terhadap Distribusi Kekerasan Rata-Rata Hasil Pengecoran Cetakan Pasir dengan Jumlah 1 Saluran Masuk | 36 |
| Gambar 4.4 | Penampang Pemotongan Benda Cor Untuk Foto Mikro | 37 |
| Gambar 4.5 | (a),(b),(c)Hasil Foto Mikro Tiap Bagian Pada Produk Hasil Coran Dengan Jumlah Saluran Masuk 1 (pembesaran : 400 kali) | 37 |
| Gambar 4.6 | Penampang Saluran Masuk dan Pemotongan Benda Cor | 38 |
| Gambar 4.7 | Grafik Hubungan Antara Jarak Antar Titik pada Pengujian Kekerasan Terhadap Distribusi Kekerasan Rata-Rata Hasil Pengecoran Cetakan Pasir dengan Jumlah 2 Saluran Masuk | 38 |
| Gambar 4.8 | Penampang Pemotongan Benda Cor Untuk Foto Mikro | 39 |
| Gambar 4.9 | (a),(b),(c)Hasil Foto Mikro Tiap Bagian Pada Produk Hasil Coran Dengan Jumlah Saluran Masuk 2 (pembesaran : 400 kali) | 39 |
| Gambar 4.10 | Penampang Saluran Masuk dan Pemotongan Benda Cor | 40 |
| Gambar 4.11 | Grafik Hubungan Antara Jarak Antar Titik pada Pengujian Kekerasan Terhadap Distribusi Kekerasan Rata-Rata Hasil Pengecoran Cetakan Pasir dengan Jumlah 3 Saluran Masuk | 40 |
| Gambar 4.12 | Penampang Pemotongan Benda Cor Untuk Foto Mikro | 41 |
| Gambar 4.13 | (a),(b),(c)Hasil Foto Mikro Tiap Bagian Pada Produk Hasil Coran Dengan Jumlah Saluran Masuk 3 (pembesaran : 400 kali) | 41 |

repository.ub.ac.id

# RINGKASAN

**Bagas Ardianto P,** Jurusan Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Juli 2011**,** *Pengaruh Jumlah Saluran Masuk Pada Pengecoran Produk Impeller Pompa Sentrifugal Terhadap Distribusi Kekerasan Hasil Coran***.** Dosen Pembimbing: Yudy Surya Irawan.

Seiring dengan perkembangan zaman teknologi pengecoran semakin berkembang dan terus dilakukan penyempurnaan untuk mendapatkan coran yang sesuai dengan kebutuhan. Untuk membuat coran kita mengenal berbagai macam cetakan, diantaranya adalah cetakan pasir. Sebagai jalan masuknya cairan logam yang dituangkan kedalam rongga cetakan, sistem saluran, khususnya saluran masuk *(ingate)* sangat penting dalam pengecoran. Karena dalam pembuatan *ingate* ini bila tidak tepat dalam penentuan jumlahnya maka akan menimbulkan sifat mekanik berupa kekerasan yang tidak baik pada hasil coran, sehingga akan berpengaruh pada kualitas dan kurang ekonomisnya hasil coran.

Pada penelitian ini akan melihat pengaruh jumlah pada saluran *ingate* produk *impeller* kuningan terhadap distribusi kekerasan produk cor menggunakan cetakan pasir dengan variasi jumlah *ingate* 1, 2 dan 3. Perencanaan sistem saluran perlu diperhitungkan sebaik mungkin untuk mendapatkan kekerasan yang baik pada hasil coran. Dengan variasi jumlah *ingate* berpengaruh terhadap kecepatan aliran logam cair. Sistem saluran yang tidak bekerja dengan baik akan menyebabkan pendistribusian kekerasan hasil coran yang tidak baik. Material yang digunakan adalah kuningan.

Dari hasil penelitian dapat diketahui bahwa dengan jumlah saluran masuk 2 memiliki nilai kekerasan rata – rata paling baik yaitu 174,1 VHN daripada 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. Hal ini juga dibuktikan dengan hasil foto mikro, dimana pada daerah tengah memiliki butir lebih kecil dari pada bagian luarnya.

Kata Kunci : cetakan pasir, saluran masuk, kuningan, kekerasan

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

# BAB I
# PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan zaman teknologi pengecoran semakin berkembang dan terus dilakukan penyempurnaan untuk mendapatkan hasil coran yang sesuai dengan kebutuhan. Saat ini proses produksi dengan pengecoran terutama ditujukan pada pembuatan benda-benda rumit maupun berukuran relatif besar. Untuk membuat coran kita mengenal berbagai macam cetakan, diantaranya adalah cetakan pasir basah *(Green Sand Mould*). Dalam pembuatan cetakan dibutuhkan suatu sistem saluran untuk mengalirkan logam cair ke dalam rongga cetakan. Sistem saluran ini terdiri dari cawan tuang *(Pouring basin),* saluran turun *(Sprue),* saluran pengalir (*Runner),* saluran masuk *(Ingate)* dan saluran penambah (*Riser)*. Sebagai jalan masuknya cairan logam yang dituangkan kedalam rongga cetakan, sistem saluran, khususnya saluran masuk sangat penting dalam pengecoran. Karena dalam pembuatan saluran masuk ini bila tidak tepat dalam penentuan jumlah salurannya maka akan berdampak pada pendistribusian kekerasan ke seluruh bagian hasil coran, sehingga akan berpengaruh pada kualitas dan kurang ekonomisnya hasil coran. Pendistribusian kekerasan yang kurang baik sering dijumpai dengan akibat dari kesalahan dalam perencanaan saluran masuk adalah mudah mengalami kerusakan / patah pada hasil coran karena kurang meratanya pendistribusian kekerasan.

Salah satu penyebab terjadinya pendistribusian kekerasan yang kurang merata adalah terjadi pendinginan cepat pada saat logam cair dituang. Distribusi kekerasan berkaitan dengan cacat penyusutan. Cacat penyusutan disebabkan karena kecepatan penuangan yang kurang baik, sehingga mengakibatkan pembekuan yang tidak merata pada hasil coran. Kecepatan penuangan dapat dipengaruhi oleh saluran masuk pada cetakan sehingga berpengaruh pada peningkatan kualitas struktur metalurgi dari benda casting dan akan mengurangi gradient temperature

Melihat adanya korelasi berbagai pemaparan di atas, maka akan direncanakan penelitian seputar pengaruh pengaruh jumlah saluran masuk (*ingates)* pada pengecoran produk *impeller* pompa air terhadap distribusi kekerasan hasil coran dengan metode cetakan pasir. Diharapkan penelitian ini dapat menjadi solusi untuk meminimalkan kekurangan produk logam cetakan pasir khususnya produk *impeller* pompa sentrifugal.

## 1.2 Rumusan masalah

Permasalahan yang terdapat pada penelitian ini adalah bagaimana pengaruh jumlah saluran masuk pada pengecoran produk *impeller* pompa sentrifugal terhadap distribusi kekerasan hasil coran.

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Pembahasan hanya difokuskan pada kekerasan hasil coran setelah *finishing*.
2. Spesifikasi bahan yang digunakan adalah kuningan (CuZn)
3. Cetakan yang digunakan adalah cetakan pasir.
4. Proses pengecoran dianggap standar sesuai dengan prosedur pelaksanaan.
5. Pasir cetak menggunakan 4 % air dan 8 % bentonit.
6. Besar sudut saluran masuk yang digunakan $45^0$
7. Variabel jumlah saluran masuk: 1 saluran, 2 saluran, 3 saluran.
8. Kondisi awal bahan coran dikondisikan sama.
9. Hasil Coran adalah *impeller* kuningan.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh jumlah pada saluran masuk produk *impeller* pompa sentrifugal terhadap distribusi kekerasan produk cor menggunakan cetakan pasir.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. Mampu menerapkan teori-teori yang didapatkan selama perkuliahan terutama berkenaan dengan teknologi pengecoran logam.
2. Penelitian ini menambah pengetahuan tentang pengaruh *ingates* pada pengecoran cetakan pasir terhadap hasil coran.
3. Memberikan hasil penelitian ini dalam bidang pengecoran kuningan, sehingga mendapatkan produk cor dengan kualitas yang lebih baik.
4. Penelitian ini dapat memberikan masukan yang bermanfaat khususnya dalam bidang industri pengecoran.
5. Dapat digunakan sebagai referensi awal untuk pengembangan penelitian lebih lanjut terutama mengenai teknologi pengecoran kuningan.

# BAB II
# TINJAUAN PUSTAKA

## 2.1 Penelitian Sebelumnya

Penelitian yang dilakukan **Gantara (2011) s**emakin besar diameter bawah *sprue* nilai distribusi kekerasannya semakin meningkat, tetapi akan turun pada diameter 20 mm. Hal tersebut disebabkan banyak terjadi porositas yang menyebabkan nilai kekerasan menjadi turun. Pada penelitian ini belum dilakukan penelitian mengenai sistem saluran masuk, sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut.

Penelitian yang dilakukan **Guleyupoglu (2005)** *gate* merupakan saluran masuk menuju rongga cetakan. Maksimum ketebalan *gate* adalah 1/4 sampai 3/8 in dan minimum panjang *gate* adalah 1.9 cm. *Runner* memiliki panjang sekitar 1 sampai 12 in. Pada penelitian ini belum dilakukan penelitian terhadap cacat pada hasil coran, sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut.

Dari hasil penelitian yang dilakukan **Dovi Avidz (2011)** didapatkan bahwa saluran ingate dengan sudut $\alpha$ $45^0$ memiliki prosentase porositas yang sedikit yaitu 2,66% sedangkan prosentase porositas yang banyak terdapat pada saluran ingate dengan sudut $\alpha$ $90^0$ yaitu 4,90 %. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar sudut $\alpha$ saluran ingate maka semakin besar pula cacat porositasnya

## 2.2 Pengecoran Logam

Proses Pengecoran merupakan salah satu teknik pembuatan produk dimana logam dicairkan dalam tungku peleburan kemudian di tuangkan kedalam rongga cetakan serupa dengan bentuk asli dari produk cor melalui sistem saluran dan logam akan membeku sesuai bentuk pola cetakan. Dalam melakukan pengecoran logam terdapat beberapa urutan kegiatan yang harus dilakukan diantaranya adalah pencairan logam, membuat cetakan, penuangan logam, pembongkaran cetakan, pembersihan hasil coran, dan pemeriksaan hasil coran.

Klasifikasi pengecoran didasarkan pada bahan cetakan proses pengecoran dikelompokkan menjadi dua yaitu:

1. *Expandable mold casting*

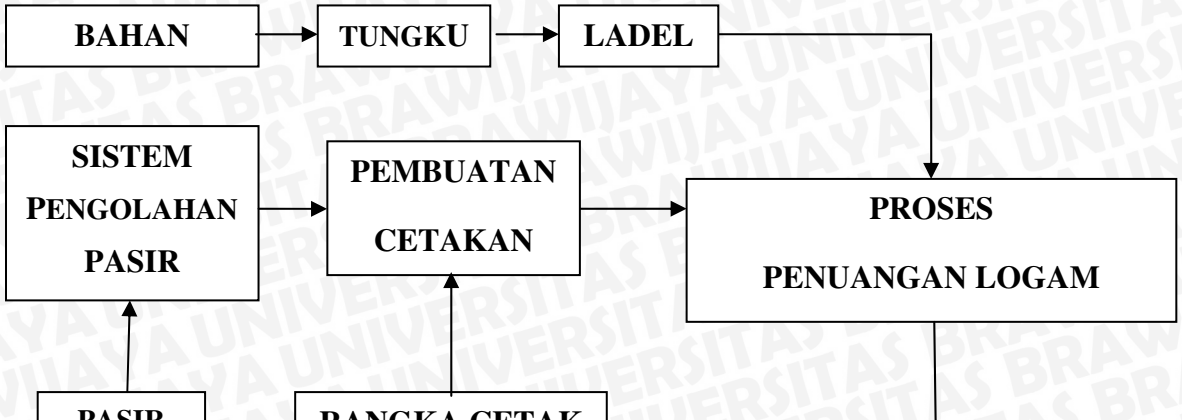
   *Expandable mold casting* adalah cetakan yang hanya bisa dipakai untuk sekali proses pengecoran. Bahan cetakan umumnya adalah pasir, gips, keramik, dan material sejenis yang dicampur bahan pengikat.

2. *Permanent mold casting*

*Permanent mold casting* adalah cetakan yang bisa dipakai berulang kali dan bahannya terbuat dari baja atau logam tahan panas. Dengan cetakan ini dihasilkan permukaan produk cor yang halus.

## 2.3 Pengecoran Cetakan Pasir

Pengecoran cetakan pasir adalah proses pembuatan produk yang dimulai dari penuangan logam cair kedalam rongga cetakan kemudian dibiarkan selama beberapa saat untuk proses pembekuan. Pengecoran ini paling sering digunakan dalam industri pengecoran logam, terutama pengecoran alumunium. Pengecoran ini menggunakan cetakan *expendable mold casting* yaitu cetakan pasir yang hanya digunakan sekali pakai saja. Cetakan jenis ini mudah dibuat dan ekonomis. Urutan proses pengecoran cetakan pasir pada gambar 2.1 meliputi : pembuatan cetakan, persiapan dan peleburan logam, penuangan logam cair kedalam cetakan, pembongkaran hasil coran, pembersihan hasil coran, pemeriksaan hasil coran dan proses daur ulang pasir cetak.



Gambar 2.1 Aliran proses pada pembuatan cetakan pasir
Sumber : Surdia (1996 : 3)

Secara umum klasifikasi pasir terbagi dua, yaitu pasir alam dan pasir buatan. Pasir alam adalah Pasir yang banyak terdapat di alam. Pasir alam ada yang bisa digunakan langsung dan ada pula yang tidak bisa digunakan langsung. Sebagai pasir cetak setelah diambil dari alam. Pasir alam ini bisa langsung digunakan setelah diambil dari alam dan tinggal dicampur dengan air untuk digunakan sebagai pasir. Hal ini karena pasir jenis ini sudah memiliki adhesi yang kuat dan memilki kadar pengikat yang cukup untuk langsung digunakan. Contohnya pasir gunung atau yang lebih sering disebut dengan pasir vulkanik. Pasir ini bisa langsung digunakan sebagai pasir cetak setelah dicampur dengan air. Pasir alam yang tidak bisa langsung digunakan adalah pasir alam memerlukan bahan lain sebagai pengikat, contohnya pasir silika, pasir pantai, dan pasir sungai yang penggunaanya sebagai pasir cetak harus dicampur dengan pengikat terlebih dahulu dan diberi air. Pengikat yang sering digunakan adalah lempung, gula tetes dan lain-lain. Sedangkan pasir buatan adalah pasir yang sengaja dibuat atau diolah untuk memperoleh pasir sesuai dengan yang diinginkan. Pasir buatan ini bisa berasal dari pasir olahan dari pasir alam maupun campuran dari bahan kimia. Contohnya pasir silika buatan, pasir *zircon*, pasir *olivine*, pasir *chamotir*, dan pasir *chrome magnesit*.

### 2.3.1 Pasir Cetak

Temperatur titik lebur peleburan logam mencapai 1200 $^{o}$C, oleh karena itu tidak mudah mendapatkan cetakan pasir yang sanggup menahan panas diatas temperature tersebut. Untuk itu pasir cetak yang baik harus memenuhi persyaratan

cetakan. pasir cetak memerlukan sifat-sifat yang memenuhi persyaratan sebagai berikut ( Surdia, 1996: 109)

- 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 menahan logam cair waktu dituang kedalamnya karena itu kekuatannya pada temperatur kamar dan kekuatan panasnya sangat diperlukan.
- Permeabilitas yang cocok. Dikhawatirkan bahwa hasil coran mempunyai cacat seperti rongga penyusutan , gelembung gas atau kekasaran permukaan, kecuali jika udara atau gas yang terjadi dalam cetakan waktu penuangan disalurkan melalui rongga-rongga diantara butir-butir pasir keluar dari cetakan dengan kecepatan yang cocok.
- Distribusi besar butir yang cocok. Permukaan coran diperhalus kalau coran dibuat di dalam cetakan yang berbutir halus. Tetapi kalau butir pasir terlalu halus gas dicegah keluar dan mmembuat cacat, yaitu gelembung udara. Distribusi besar butir harus cocok mengingat dua syarat tersebut diatas.
- Tahan temperatur logam yang dituang. Temperatur penuangan yang biasa untuk macam-macam coran dinyatakan dalam tabel 2.1.

Tabel 2.1 Temperatur penuangan untuk berbagai coran

| Macam Coran | Temperatur penuangan (ºC) |
|---|---|
| Aluminium | 650-750 |
| Brons | 1100-1250 |
| Kuningan | 950-1100 |
| Besi cor | 1250-1450 |
| Baja cor | 1500-1550 |

Sumber : Surdia (1986 : 109)

Pasir dan pengikat harus mempunyai derajat tahan api tertentu terhadap temperatur tinggi kalau logam cair ini di tuang kedalam cetakan.

- Komposisi yang cocok. Butir-butir bersentuhan dengan logam yang dituang mengalami peristiwa kimia dan fisika karena logam cair mempunyai temperatur yang tinggi. Bahan-bahan yang tercampur yang memungkinkan menghasilkan atau larut dalam logam adalah tidak dikehendaki.
- Mampu dipakai lagi. Pasir harus dapat dipakai secara berulang-ulang supaya ekonomis.

- Pasir harus murah.

### 2.3.2 Macam-macam Pasir Cetak

Ada beberapa macam pasir yang dipakai dalam pengecoran sand casting. Tetapi ada beberapa syarat yang harus dipenuhi agar cetakan tersebut sempurna. Syarat bagi pasir cetak antara lain :

1. Mempunyai sifat mampu bentuk sehingga mudah dalam pembuatan cetakan dengan kekuatan cocok.
2. Cetakan yang dihasilkan harus kuat dan dapat menahan temperatur logam cair yang tinggi sewaktu dituang kedalam cetakan.
3. Permeabilitas yang cocok agar udara yang terjebak didalam cetakan dapat keluar melalui sela-sela butir pasir untuk mencegah terjadinya cacat coran seperti gelembung gas, rongga penyusutan dan lain-lain.
4. Distribusi besar butir yang cocok. mampu dipakai lagi supaya ekonomis.
5. Tahan panas terhadap temperatur logam pada saat dituang kecetakan. Temperatur penuangan logam cair yang biasa digunakan untuk bermacam macam coran.
6. Pasir harus murah

Pasir cetak yang lazim digunakan didalam industri pengecoran adalah sebagai berikut :

1. Pasir silika

   Pasir silika didapat dengan cara menghancurkan batu silika, kemudian disaring untuk mendapatkanukuran butir yang diinginkan.
2. Pasir Zirkon

   Pasir zirkon berasal dari pantai timur australia yang mempunyai daya tahan api yang efektif untuk mencegah sintaer.
3. Pasir Olivin

   Pasir olivin didapat dengan cara menghancurkan batu yagng membentuk *2MgO, SiO2 dan FeO, SiO2*. Pasir olivin mempunyai daya hantar panas yang lebih besar dibanding pasir silika.

   Pasir cetak tersebut dapat dipakai begitu saja, sedangkan jika sifat adhesinya kurang maka dapat ditambahkan lempung

## 2.4 Pola

Pola sangat penting dalam pembuatan produk cor. Pola yang digunakan untuk pembuatan cetakan benda coran, dapat digolongkan menjadi pola logam dan pola kayu (termasuk juga pola plastik). Pola logam digunakan agar dapat menjaga ketelitian

ukuran benda coran, terutama dalam masa produksi, sehingga unsur pola bisa lebih lama dan produktifitas tinggi. Sedangkan pola kayu dipergunakan karena murah, cepat dibuat, dan mudah diolah dibandingkan pola logam. Dan umumnya pola kayu dipakai untuk cetakan pasir.

Faktor penting untuk menetapkan macam pola adalah proses pembuatan cetakan dimana pola tersebut dipakai, dan lebih penting lagi pertimbangan ekonomi yang sesuai dengan jumlah biaya pembuatan cetakan dan biaya pembuatan pola.

## 2.5 Bahan-bahan Pola

Bahan-bahan yang digunakan untuk membuat pola ialah kayu, resin, atau logam.

- Kayu

  Kayu yang dipakai untuk adalah kayu saru, kayu aras, kayu pinus, kayu magoni, kayu jati, dll. Pemilihan kayu menurut macam dan ukuran pola, jumlah produksi, dan lamanya dipakai.

- Resin sintetis

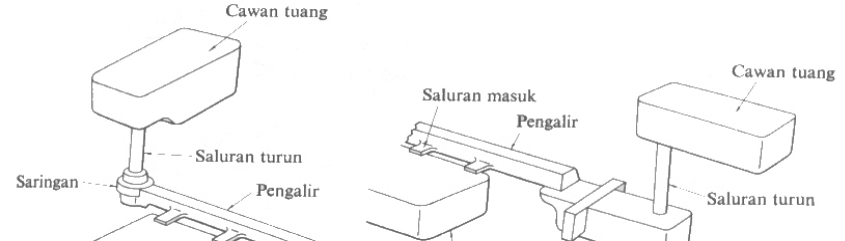
  Resin yang sering digunakan adalah resin epoxy. Karen resin ini memilki sifat penyusutan yang kecil pada waktu mengeras, tahan aus yang tinggi, memberikan pengaruh yang lebih baik dengan menambah pengencer. Resin epoxy ini dipakai untuk coran yang kecil-kecil dari satu masa produksi.

- Logam

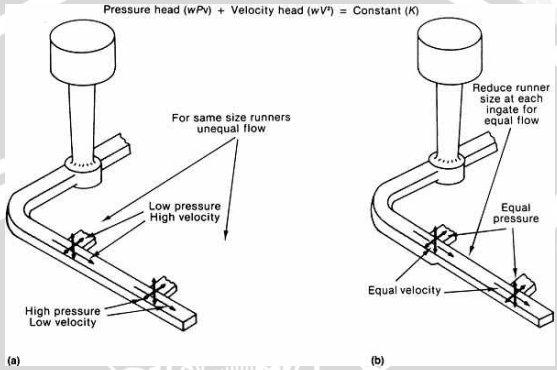
  Bahan yang lazim digunakan untuk pola logam adalah besi cor. Biasanya dipakai besi cor kelabu karena sangat tahan aus, tahan panas dan tidak mahal. Kadang-kadang besi cor liat dipakai agar lebih kuat. Paduan tembaga juga biasa dipakai untuk pola cetakan kulit agar dapat memanaskan bagian yang tebal secara merata.

## 2.6 Sistem Saluran Pengecoran Cetakan Pasir

Sistem saluran *(gating system)* adalah jalan masuk bagi cairan logam yang dituang ke dalam rongga cetakan. Tiap bagian dari sistem saluran diberi nama, dimulai dari cawan tuang dimana logam cair dituangkan dari ladel, sampai saluran masuk kedalam rongga cetakan. Nama-nama bagian sistem saluran adalah cawan tuang *(pouring basin),* saluran turun *(sprue),* pengalir *(runner),* dan saluran masuk *(gates),* seperti terlihat dalam gambar 2.2 dan 2.3.



Gambar 2.2 Sistem Saluran pada Pengecoran
Sumber : Surdia (1986 : 65)




Gambar 2.3 Sistem Saluran Pada Pengecoran
Sumber : ASM (1988 : 1281)

Pengukuran dimensi sistem saluran yang akan digunakan dapat menggunakan cara dibawah ini (Surdia,1986:78):

1. Volume *casting* (V) :

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

2. Luas *casting* (A) :

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

3. *Mass of casting* ( W ) :

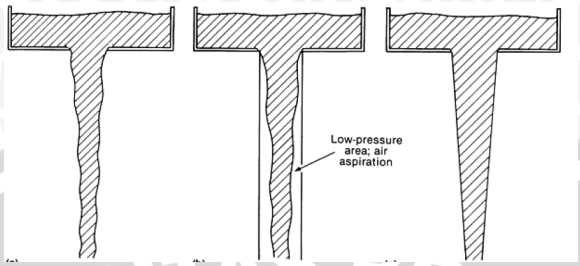
   $W = V_{casting} \times 8{,}4.10^{-6}$ (2.3)

dengan : r = jari – jari (mm)
t = tinggi (mm)

**● Saluran Turun (*sprue*)**

Merupakan saluran vertikal yang melalui *cope* pada cetakan pasir yang berfungsi untuk menyalurkan logam cair dari cawan tempat penuangan logam cair kebagian bawah. Bentuk *sprue* harus tirus kebawah dan dasar sprue lebih besar dan lebih dalam dari pada *runner* dengan tujuan untuk menghindari terjadinya aspirasi gas. *Sprue* berbentuk tirus bertujuan untuk menjaga keseimbangan aliran agar tidak jatuh bebas. Seperti pada gambar 2.4. Ukuran *sprue* harus memenuhi kondisi tertentu, *sprue* harus cukup kecil untuk mempertahankan *sprue* terisi penuh cairan logam selama proses

penuangan. Pada saat yang sama, ukuran sprue harus cukup besar untuk menjamin rongga cetakan terisi penuh tanpa menimbulkan 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.




Gambar 2.4 Gambar skematik aliran logam pada sprue
Sumber : ASM (1988 : 1284)

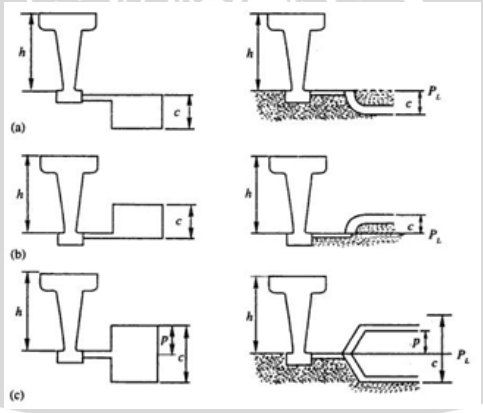
Tinggi efektif sprue H, tergantung pada dimensi cetakan dan jenis gating yang digunakan. Tinggi efektif sprue dapat dihitung dengan menggunakan hubungan berikut (Rao, 1990:142) pada gambar 2.5.

Top gate $H = h$ (2.4)

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

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

Diameter atas $A_t = A_b\sqrt{\frac{H}{C}}$ (2.7)




Gambar 2.5 Tipe *gating system*
Sumber : Rao .P.N (1990:142)

Untuk menentukan dimensi sprue bagian atas pada pouring basin menggunakan perbandingan tinggi sprue dan diameter bawah *sprue* ( Rao .P.N, 1990:146) berat coran yang kurang dari 10 kg standar diameter bawah sprue adalah 13 mm (Surdia, 1986:78). Aliran logam setelah dituang melewati *sprue*

akan memiliki energi yang besar dan akan terjadi turbulensi akibat arah aliran yang berubah. Oleh karena itu perlu tambahan *sprue base* sehingga kecepatan dan turbulensi dapat dikurangi secara efektif.

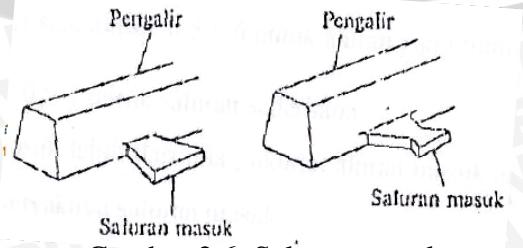
**• Saluran Masuk *(Gates)***

Saluran masuk adalah saluran yang mengisikan logam cair dari pengalir ke dalam rongga cetakan. Saluran masuk dibuat dengan irisan yang lebih kecil dari pada irisan pengalir, agar dapat mencegah kotoran masuk kedalam rongga cetakan. Bentuk irisan saluran masuk biasanya berupa bujur sangkar, trapesium, segi tiga atau setengah lingkaran, yang membesar kearah rongga cetakan atau mencegah terkikisnya cetakan.

Tujuan utama pembuatan gating systems (Surdia, 1996:65) :

1. Logam cair dapat masuk ke cetakan melalui *gating systems* tanpa turbulensi dan penyerapan gas-gas yang minimum.
2. Logam cair dapat mengisi penuh rongga cetakan dalam waktu yang sesingkat-singkatnya.
3. Mencegah/meminimalisasi premature *solidification*
4. Mengatur kecepatan alir logam cair yang akan masuk ke *mold cavity*
5. Logam cair dapat masuk ke dalam cetkan dengan gradien temperatur yang tercipta di *mold surface* dan di dalam logam cair yang selanjutnya akan menghasilkan directional solidification menuju riser.

Lokasi dan ukuran *ingate* direncanakan sebaik mungkin sehingga cairan logam dapat masuk kerongga cetak secepat mungkin dengan bagian yang dibuang seminimum mungkin. *Gates* diletakkan dengan mempertimbangkan tidak ada retak setelah logam cair membeku. *Gates* dibuat dengan irisan yang lebih kecil daripada irisan *runner*, agar dapat mencegah kotoran masuk ke dalam rongga cetakan. Bentuk irisan saluran masuk biasanya berupa bujur sangkar, trapesum, segitiga atau setengah lingkaran, yang membesar kearah rongga cetakan untuk mencegah terkikisnya cetakan. Kadang-kadang irisannya diperkecil di tengah dan diperbesar lagi ke arah rongga. Seperti terlihat pada gambar 2.6.




Gambar 2.6 Saluran masuk
Sumber : Surdia (1986:68)

*Gates* dapat diklasifikasikan menjadi 3 jenis :

- *Top Gates*

  Logam cair dituang ke arah *head* atau *riser* produk cor. Cetakan harus cukup keras dan kuat menahan erosi akibat penjatuhan logam cair. Keuntungannya yaitu semua cairan logam masuk keseluruh bagian rongga cetakan dan cairan logam yang terpanas dipertahankan pada area ini. Karena logam cair dituang langsung ke dalam rongga cetakan, maka cetakan harus cukup keras dan kuat untuk melawan erosi akibat penuangan logam cair.

- *Parting gates*

  Dalam hal ini logam masuk dengan level yang sama dengan garis pemisah *(parting line).* Logam masuk melalui sprue dan mencapai permukaan pemisah dimana *sprue* dihubungkan dengan *gate* ke arah horizontal menuju rongga cetakan.

- *Bottom gates*

  Jenis ini digunakan umumnyauntuk produk coran besar terutama baja, aliran logam yang mengalir turun ke dasar rongga cetakan di rangka cetak bawah *(drag)* kemudian masuk ke rongga cetakan melalui dasar. Metode ini untuk menghindari turbulensi dan mencegah erosi. Kelemahan jenis ini adalah *directional solidification* sulit tercapai dan sulit menempatkan riser di dekat *gate.* Ada dua jenis model *bottom gates* yaitu tipe *horn* dan *bottom gates with dry sand care*.

- **Saluran Penambah (*Riser)***

*Riser* adalah sistem saluran yang berfungsi untuk menampung kelebihan logam air, sebagai cadangan bila terjadi penyusutan dan juga berfungsi sebagai pemberat dan pengumpan untuk menyuplai cairan logam kepada produk cor. *Riser* memberi logam cair yang mengimbangi penyusutan dalam pembekuan dari coran, sehingga logam membeku lebih lambat dari coran. Bentuk *riser* berupa potongan lubang yang berada pada atas (*cope*) dan biasanya berbentuk silinder. ( Surdia, 1986 : 77)

Adapun persyaratan yang harus dipenuhi dari sistem saluran, yaitu:

- Logam mampu mengalir melalui system saluran dengan turbulensi dan aspirasi gas seminim mungkin untuk mencegah erosi pasir dan terperangkapnya gas.
- Gradien temperature logam serendah mungkin serta memungkinkan terjadinya *directional solidification* ke arah *riser.*

- Rongga cetakan harus diisi secara penuh dalam waktu sesingkat mungkin. Sistem saluran harus diatur sehingga kecepatan pemasukan logam cair kedalam rongga cetakan harus cukup.
- Produk seminimum mungkin menghasilkan kelebihan logam pada *gates* dan *riser.*
- Menghindari erosi pada dinding cetakan.

Ada beberapa metode untuk mendapatkan ukuran optimum *riser* diantaranya adalah *modulus method*. 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 (Rao, 1990:146)

$$D = 6\, M_C$$

dengan : D = Diameter (mm)

Mc = Modulus casting

## 2.7 Standarisasi ukuran saluran

Besarnya diameter saluran ditentukan berdasarkan berat coran yang akan digunakan , untuk mengetahui perbandingan antara berat coran dengan ukuran diameter saluran dapat dilihat pada table 2.2 dan 2.3.

Tabel 2.2 Perbandingan antara berat coran dengan ukuran diameter saluran

| Berat Coran (kg) | Ukuran diameter $D_1$ (mm) |
|---|---|
| S/100 | 15 – 20 |
| 100 – 200 | 20 – 23 |
| 200 – 300 | 23 – 26 |
| 300 – 500 | 26 – 28 |
| 400 – 600 | 28 – 30 |
| 600 – 700 | 30 - 31 |
| 700 – 800 | 31- 32 |
| 800 – 900 | 32 – 33 |
| 900 - 1000 | 33 – 34 |

Sumber : Sudjana (2008:208)

Tabel 2.3 Berat coran dan ukuran saluran turun, pengalir, dan saluran masuk

| Berat Coran (kg) | Diameter saluran turun (mm) | Ukuran Pengalir | | Ukuran Saluran Masuk | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Pengalir | | Saluran Masuk | | | |
| | | Tunggal | Berganda | Tunggal | Berganda | Tiga | Empat |
| 50 – 100 | 30 | 20 x 20 | 15 x 15 | 90 x 6 | 45 x 6 | 30 x 6 | 25 x 6 |
| 100 - 200 | 35 | 30 x 30 | 22 x22 | 100 x 7 | 50 x 7 | 35 x 7 | 25 x 7 |
| 200 - 400 | 40 | 35 x 35 | 25 x 25 | — | 60 x 8 | 40 x 8 | 30 x 8 |
| 400 - 800 | 50 | 40 x 40 | 30 x 30 | — | 75 x 10 | 50 x 10 | 40 x 10 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 800 - 1.000 | 60 | 50 x 50 | 35 x 35 | — | 90 x 12 | 60 x 12 | 45 x 12 |
| 1.600 - 3.200 | 70 | 60 x 60 | 45 x 45 | — | — | 70 x 15 | 60 x 15 |

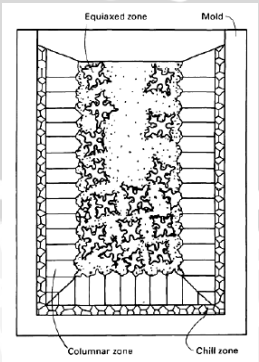
Sumber : Surdia (1986:72)

## 2.8 Pembekuan Logam

Pembekuan logam dimulai dari logam yang bersentuhan dengan cetakan, yaitu ketika panas dari logam cair diambil oleh cetakan sehingga nagian logam yang bersentuhan dengan cetakan itu mendingin sampai titik beku, dimana kemudian inti-inti kristal tumbuh. Bagian dalam dari coran mendingin lebih lambat daripada bagian luar (gambar 2.8). Sehingga kristal-kristal tumbuh dari inti mengarah ke bagian dalam coran dan butir-butir kristal tersebut berbentuk panjang-panjang seperti kolom. Struktur tersebut muncul dengan jelas apabila gradien temperatur yang besar terjadi pada permukaan coran, sebaliknya pada gradien temperatur yang kecil, struktur yang terbentuk tidak jelas. Bagian tengah coran memiliki gradien yang kecil sehingga merupakan susunan dari butir-butir kristal segi banyak dengan orientasi sembarang. Umumnya ada tiga daerah yang bisa ditemui pada pembekuan logam coran, antara lain :

- Daerah Pembekuan Cepat (*Chill Zone*)

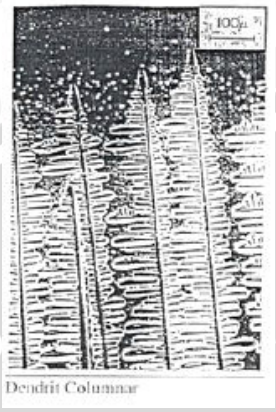
Daerah ini berada paling luar yang mana lebih dipengaruhi oleh heat removal. Struktur ini terbentuk pada kontak pertama antara dinding cetakan dengan *melt* pada saat dituang ke dalam cetakan. Dibawah suhu lebur beberapa inti terbentuk dan tumbuh kedalam cairan. Suhu cetakan yang mulai naik memungkinkan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




Gambar 2.7 Daerah pembekuan cepat (*Chill Zone*)
Sumber : ASM (1988 : 254)

- *Columnar Zone*

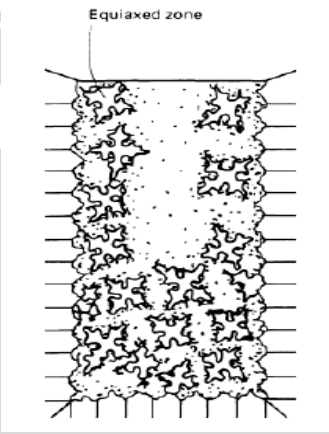
*Columnar zone* merupakan struktur yang tumbuh setelah gradien suhu pada dinding cetakan turun dan kristal pada *chill zone* tumbuh secara dendritik dengan arah yang tegak lurus dengan dinding cetakan. Batas permukaan antara struktur kolumnar dengan cairan dapat berbentuk selular maupun selular dendritik.




Gambar 2.8 c*olumnar zone*
Sumber : ASM (1988 : 254)

- *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.



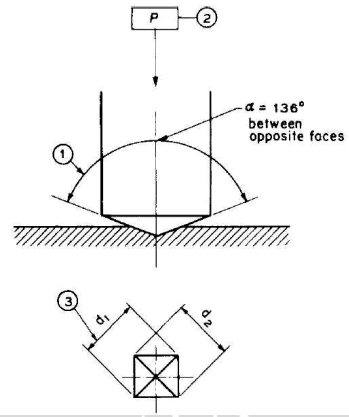

Gambar 2.9 *equiaxed zone*
Sumber : ASM (1988 : 254)

## 2.9 Distribusi Kekerasan

Kekerasan suatu bahan adalah salah satu sifat mekanis yang penting, karena kekerasan menyatakan kemampuan bahan untuk tahan terhadap goresan, pengikisan, lekukan atau penetrasi tanpa mengalami kerusakan. Pengukuran kekerasan indentasi merupakan cara pengukuran kekerasan yang paling banyak digunakan. Pengujian

lekerasan dilakukan untuk mengetahui harga kekerasan benda uji pada beberapa bagian sehingga akan diketahui distribusi kekerasan dari benda uji tersebut. Pengujian kekerasan pada penelitian ini adalah menggunakan uji kekerasan *Vickers*, tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui nilai kekerasan material pada masing-masing bagian. Pengujian ini didasari pada kemampuan permukaan untuk menerima beban dari mesin uji kekerasan. Penyiapan benda uji pada pengujian ini adalah sama dengan penyiapan benda uji struktur mikro, dimana diperlukan permukaan yang halus untuk mempermudah dalam pengambilan titik uji.

Salah satu pengukuran kekerasan indentasi adalah dengan *Vickers Hardness Tester*.Harga numerik dari pengujian ini dinyatakan dalam VHN, biasanya disertai juga dengan keterangan beban yang digunakan atau waktu pembukaan. Skema dan rumus *Vickers hardness tester* (VHN) dalam Gambar 2.10 berikut




Gambar 2.10 : Skema uji *Vickers*
Sumber : ASTM E,1992

Pengujian kekerasan sistem *Vickers* juga berdasarkan atas kedalaman penetrasi, namun dalam perhitungan yang digunakan adalah diameter bekas penetrasi. Penetrator yang digunakan berbentuk piramida bersudut puncak $136^0$ dengan pembebanan 0,3 kg. Bekas injakan penetrator diamati dengan menggunakan mikroskop untuk diukur panjang diagonal rata-rata injakan penetrator.

Angka kekerasan piramida intan (DPH) atau kekerasan *Vickers* (HV) dapat ditentukan sebagai berikut (ASTM, 1992):

$$DPH = HV = \frac{2Psin(\alpha/2)}{L^2} = 1{,}854\ \frac{P}{L^2}$$

dengan : P = beban yang diterapkan (kg)
L = panjang diagonal rata-rata (mm)
θ = sudut piramida intan ($136^0$)

## 2.10 *Impeller*

*Impeller* adalah semacam piringan berongga dengan sudu-sudu melengkung didalamnya. *Impeller* berfungsi untuk menghisap air dan kemudian melemparkan air menuju saluran keluar rumah pompa. Prinsip kerja *Impeller* yaitu pada saat *impeller* berputar, cairan yang ada diantara sudu-sudu juga ikut berputar karena menerima gaya mekanis sudu dan partikel-partikel mendapat kecepatan putar. Selanjutnya kecepatan putar ini mengakibatkan gaya sentrifugal pada fluida diantara sudu-sudu dan mengakibatkan tekanan fluida yang kuat pada *impeller. Impeller* yang digunakan adalah *impeller* pompa air sentrifugal. *Impeller* pompa air sentrifugal yang ada saat ini, terbuat dari bahan besi cor. Besi cor ini termasuk jenis besi tuang kelabu, hal ini dapat dilihat dari warna fisiknya yang kelabu.

Besi tuang kelabu ini memilki tingkat korosi yang tinggi. Oleh sebab itu logam yang digunakan dalam pembuatan *Impeller* pompa air sentrifugal adalah kuningan. logam kuningan ini digunakan sebagai pengganti besi tuang kelabu, yang mana logam ini mempunyai tingkat korosi dan *abrasive yang rendah.* Produk *Impeller* pompa air sentrifugal dibuat dengan proses *sand casting* dan pola yang digunakan adalah pola logam. Digunakan *sand casting* dan pola logam karena biaya yang dikeluarkan lebih murah.

Syarat-syarat yang harus dimliki *impeller* pompa air sentrifugal agar dapat bekerja dengan baik adalah :

- Tahan Korosi

  Sifat tahan korosi harus dimiliki oleh *impeller*. Hal ini disbabkan karena lingkungan yang korosif maupun kondisi kerja dengan media air dapat menyebabkan keduanya mengalami korosi. Akibatnya *impeller* akan timbul kerak yang membuat sirkulasi air pada pompa tidak berjalan dengan baik dan juga mengurangi umur dari *impeller* itu sendiri.

- Tahan *abrasive*

  Sifat tahan aus harus dimiliki *impeller,* karena saat bekerja selalu bergesekan dengan fluida. Apabila terjadi abrasive akan dapat mengurangi kinerja dari *Impeller* dan juga dapat menyebabkan kerusakan pada seluruh bagian pompa.

- Kuat dan ulet

  *Impeller* pada pompa, sirkulasi air harus mempunyai kekuatan dan keuletan yang baik, sehingga diharapkan produk tersebut mampu menahan tekanan dari fluida dan tidak mudah pecah apabila terjadi tumbukan.

(a) Tampak Bawah (b) Tampak Atas

Gambar 2.11 (a), (b) *Impeller* Pompa Air Sentrifugal
Sumber : Dokumentasi Pribadi

## 2.11 Kuningan (*brass*)

Jenis kuningan yang dipakai dalam penelitian ini adalah sebagi berikut:

- *Alpha Plus Beta Brass*

Kuningan ini mengandung 38-46 % Zn, yang memiliki sifat lebih keras dan getas sehingga kuningan ini sulit diberi perlakuan ketika keadaan dingin, tetapi pada temperatur yang agak tinggi berubah menjadi sangat plastik, sehingga mudah diberi perlakuan ketika keadaan panas. Yang banyak digunakan adalah *Munix metal* (60Cu-40Zn), yang mempunyai kekuatan tinggi dan sangat baik untuk diberi perlakuan ketika keadaan panas. Dengan demikian dimungkinkan untuk melakukan *Heat treatment* terhadap kuningan ini. Kuningan ini banyak digunakan untuk *Condenser head and tube, valve* dll. Sifat *machinability* nya dapat diperbaiki dengan menambahkan sedikit timah hitam. *Free cutting brass* (61,5Cu-35,5Zn-3Pb) mempunyai sifat *machinability* yang paling baik. Penambahan timah putih akan menaikkan sifat tahan korosi terhadap air laut. *Naval brass* (60Cu-39,25Zn-0,75Sn) banyak digunakan untuk pelat kondensor, poros propeller, batang katup dll. Penambahan sedikit timah hitam juga akan memperbaiki *machinability*. *Manganase brass* (58,5Cu-39Zn-1,4Fe-1Sn-0,1Mn) memiliki kekuatan yang tinggi dikombinasikan dengan sifat tahan aus yang sangat baik, banyak digunakan untuk pelat kopling, poros, batang katup, pompa, kawat las dan lain - lain.

## 2.12 Hipotesa

Semakin banyaknya saluran masuk pada cetakan maka kecepatan logam untuk memasuki rongga cetakan menjadi cepat dan logam cair yang dituang akan masuk dari segala sisi sehingga terjadi pendinginan yang merata kemudian didapatkan nilai kekerasan yang baik pada bidang coran dan terkikisnya dinding rongga cetakan dapat diminimalisir.

# BAB III
# METODOLOGI PENELITIAN

## 3.1 Metode Penelitian

Tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah untuk mengetahui pengaruh jumlah saluran masuk pada pengecoran produk *impeller* kuningan terhadap distribusi kekerasan hasil coran. Maka 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 control.

## 3.2 Tempat Penelitian

Tempat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- Home Industri Kuningan, Mojokerto
- Laboratorium Pengujian Bahan, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Brawijaya.

## 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 saluran. Saluran masuk berbentuk trapesium.

**2. Variabel Terikat**

Variabel Terikat adalah variabel yang besarnya tergantung dari variabel bebas. Variabel terikatnya adalah:

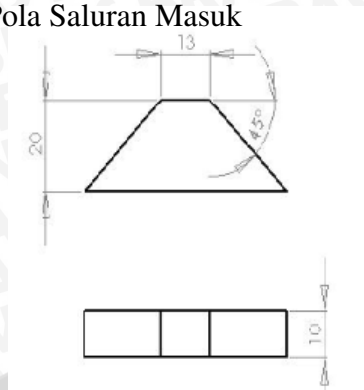
- Distribusi kekerasan Hasil Coran

**3. Variabel Terkontrol**

Variabel Terkontrol adalah variabel yang besar nilainya dibuat konstan. Dalam penelitian ini variabel terikatnya adalah:

- Temperatur Peleburan : $\pm 1200\ ^{0}C$
- Besar sudut saluran masuk : $45^{0}$

- Dimensi Pola Saluran Masuk




Gambar 3.1 Dimensi Pola Saluran Masuk (satuan : mm)

## 3.4 Alat Dan Bahan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapur listrik untuk melebur kuningan.
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

Sesuai pada Bab II mengenai kuningan maka bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuningan dengan jenis *Alpha Plus Beta Brass* (60% Cu – 40% Zn).

## 3.6 Prosedur Penelitian

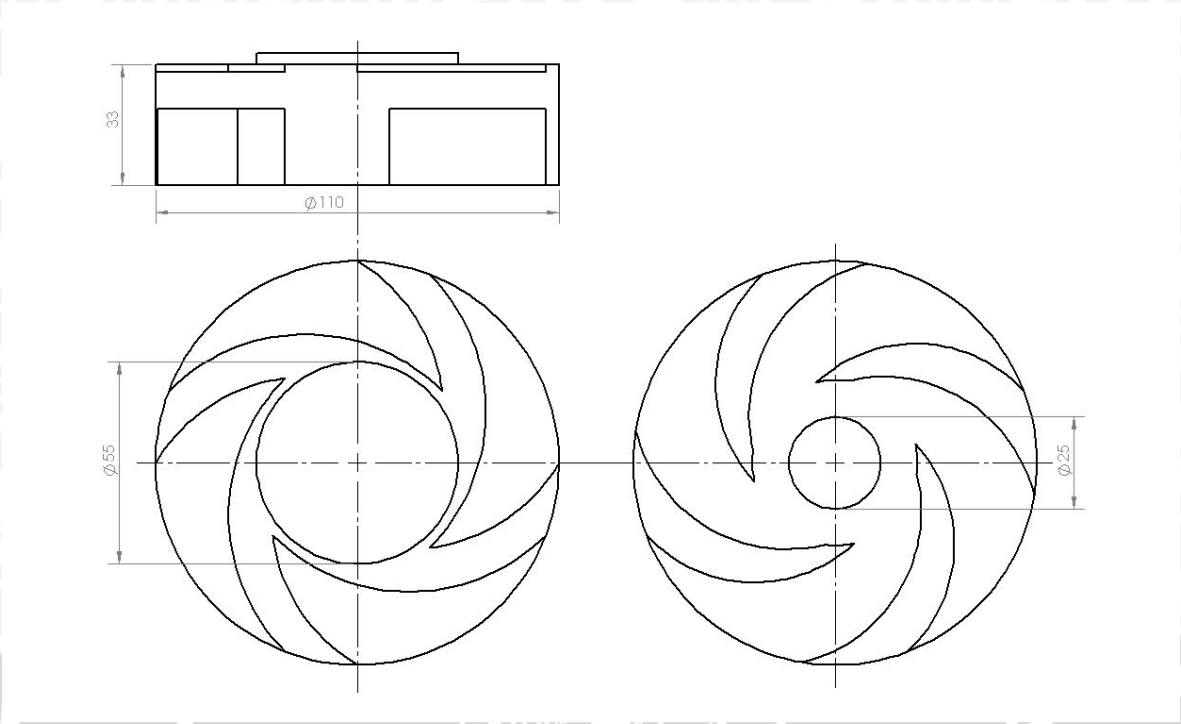
### 3.6.1 Prosedur Percobaan

Langkah- langkah pengerjaan dalam penelitian ini adalah:

1. Persiapan percobaan, yaitu menyiapkan dapur peleburan, menyiapkan cetakan pasir, dan menyiapkan alat-alat yang digunakan.

2. Membuat pola cetakan pasir, *pouring basin, sprue, pengalir, riser.*

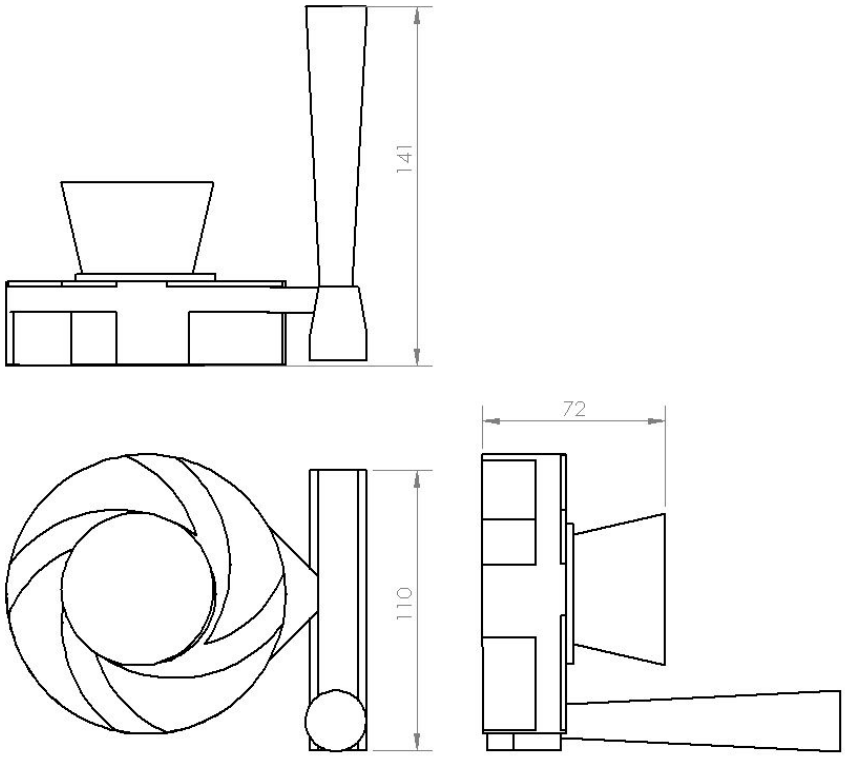
- Pola *impeller*



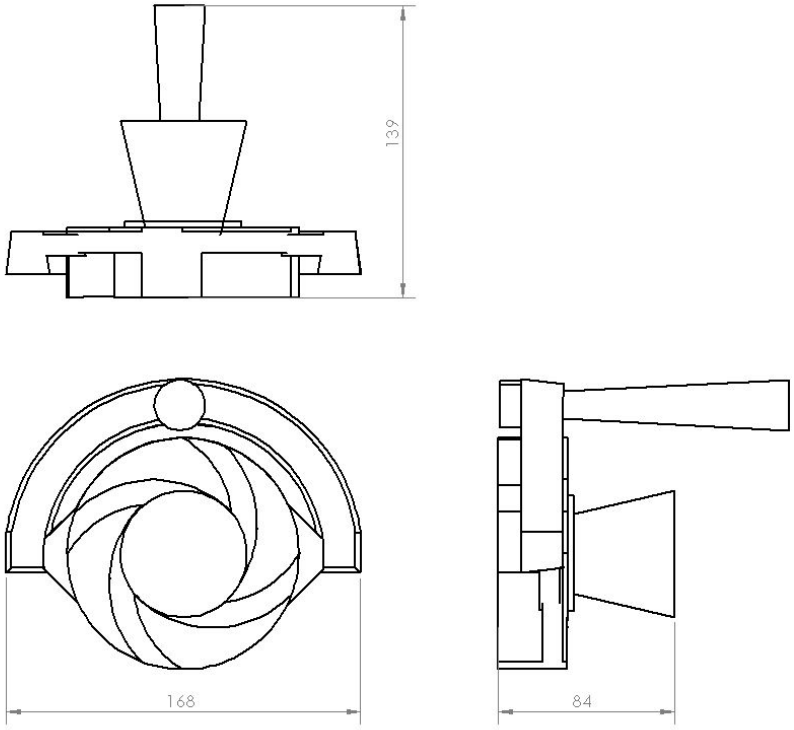

Gambar 3.2 Pola *impeller* (satuan : mm)

\

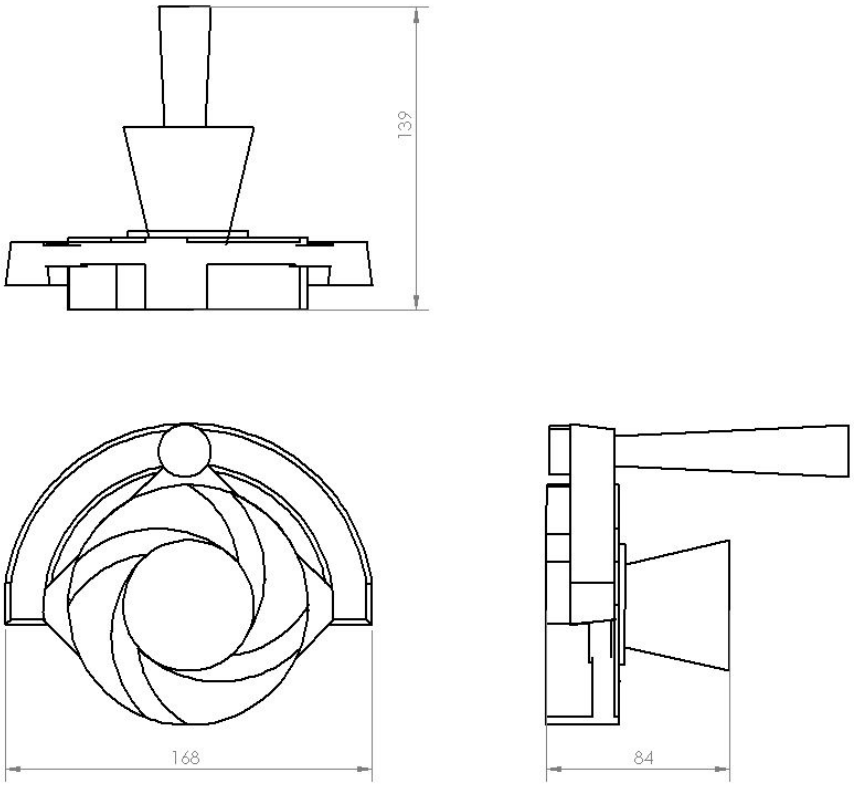
- Pola dan sistem saluran produk *Impeller*




a. 1 Saluran Masuk (satuan : mm)




b. 2 Saluran Masuk (satuan : mm)




c. 3 Saluran Masuk (satuan : mm)

Gambar 3.3 (a), (b), (c) Perencanaan sistem saluran produk *Impeller*

- Dimensi Sistem Saluran

Volume *casting* :

$V = \pi . r^2 . t$.....(3.1)

$= 3{,}14 . 57{,}5^2 . 31$

$V_{casting} = 321830{,}375\ mm^3$

Luas *casting* :

$A = 2 . \pi . r(r + t)$.....(3.2)

$= 2.3{,}14.57{,}5(57{,}5 + 31)$

$A_{casting} = 31957{,}35\ mm^2$

*Mass of casting* ( W ) $= V_{casting} \times 8{,}4.10^{-6}$.....(3.3)

$= 321830{,}375 \times 8{,}4.10^{-6}$

$= 2{,}7$ kg

- *Sprue* (saluran turun)

Tinggi saluran turun (h) : 120 mm

Tinggi cetakan *pulley* (c) : 31 mm

Diameter bawah *sprue* : 13 mm

Tipe *gating system* : Bottom Gate

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

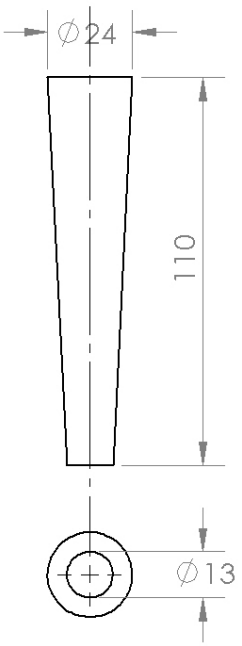
$= 120 - \frac{31}{2}$

$= 104{,}5 \text{ mm} \approx 105 \text{ mm}$

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

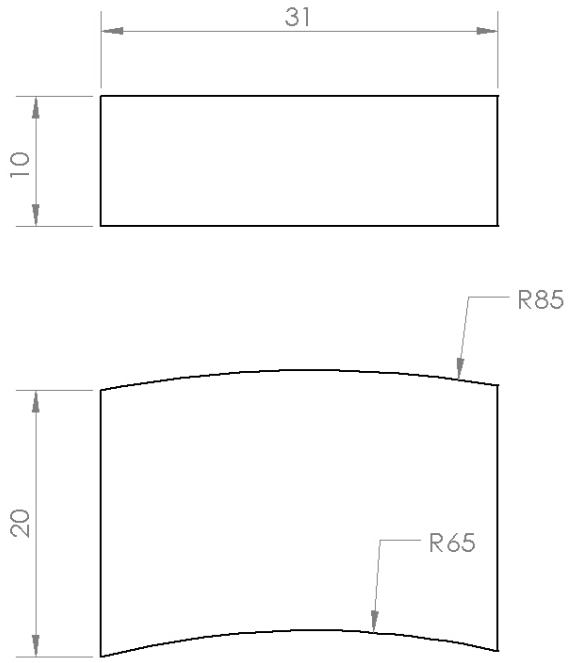
$= 13\sqrt{\frac{105}{31}}$

$= 23{,}9 \text{ mm} \approx 24\text{mm}$



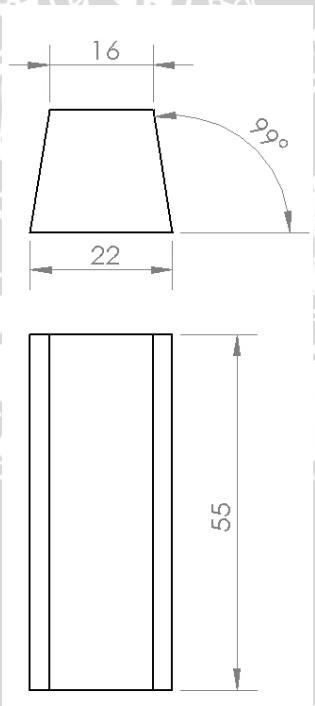

Gambar 3.4 Dimensi Saluran turun (satuan : mm)

- *Base sprue*

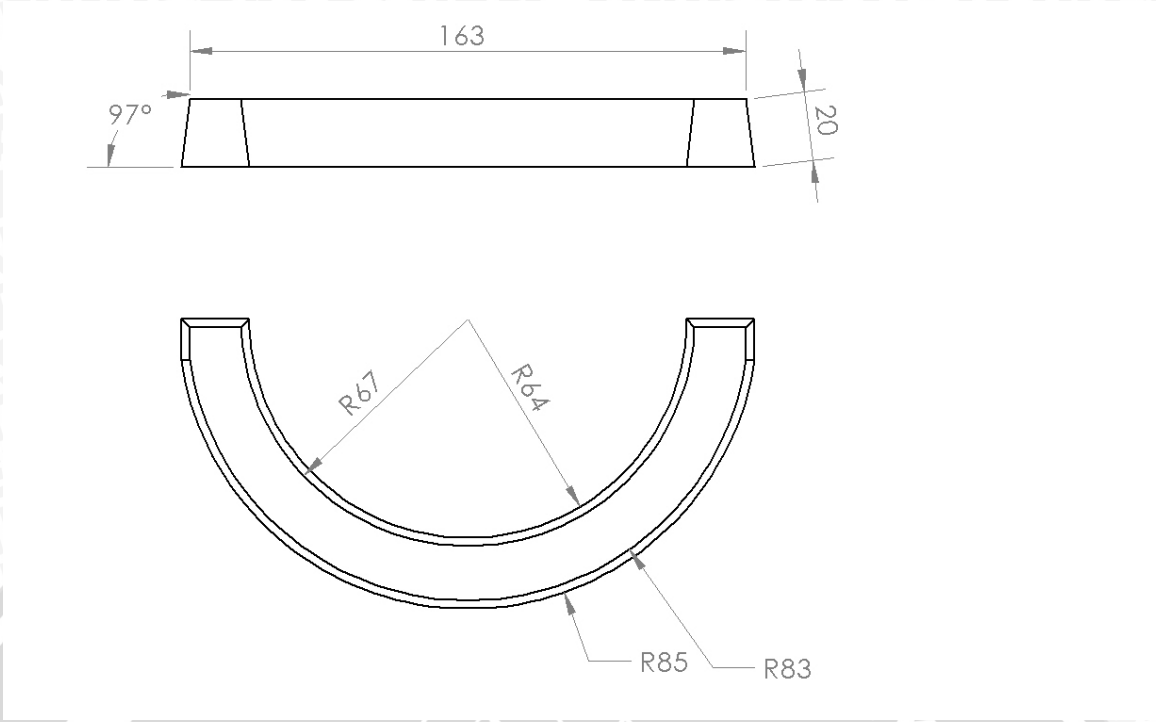



Gambar 3.5 Dimensi *base sprue* (satuan : mm)

- Pengalir



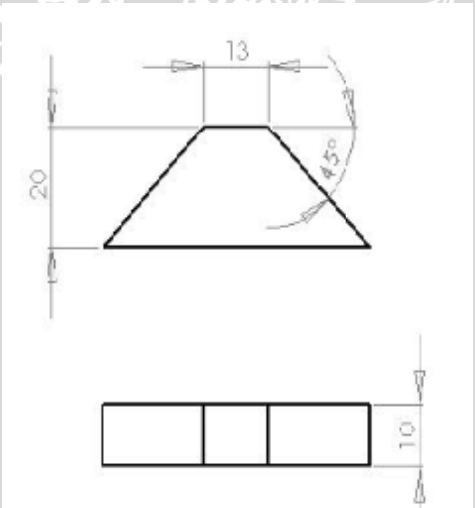

(a) Bentuk Balok (satuan : mm)




(b) Bentuk Setengah Lingkaran (satuan : mm)

Gambar 3.6 (a), (b) Bentuk Saluran Pengalir

- Saluran masuk




Gambar 3.7 Dimensi Pola saluran masuk (satuan : mm)

- *Riser*

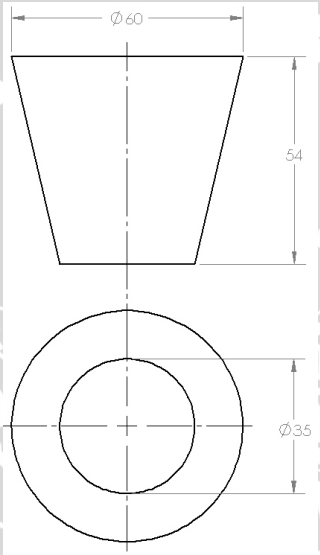
Dengan menggunakan *Modulus Method* (Rao, 1990) maka akan didapat diameter *Riser*

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

$$= \frac{321830,375}{31957,35}$$

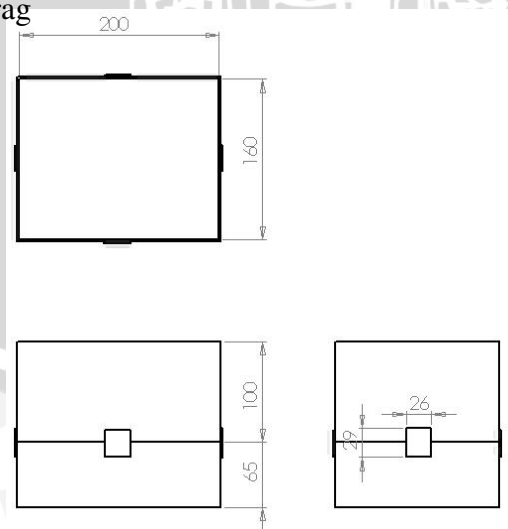
$$= 10,1 \approx 10$$

Syarat *riser* adalah $M_r \geq M_c$ agar memenuhi syarat tersebut *riser* berbentuk tirus dengan diameter atas 40 mm dan diameter bawah 20 mm dan tinggi 110 mm. dengan demikian $10,25 \geq 10$ sehingga *riser* memenuhi syarat.



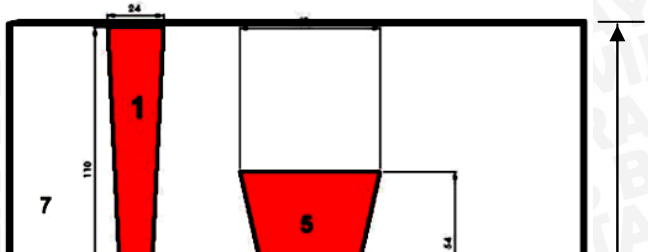

Gambar 3.8 Dimensi *riser* (satuan : mm)

- Cope drag




Gambar 3.9 Cope drag (satuan : mm)

- Pola dan sistem saluran dalam cetakan pasir



Gambar 3.10 Pola dan Sistem saluran cetakan pasir

Keterangan gambar 3.10:

1. Saluran turun (gambar 3.4)
2. Pengalir (gambar 3.6)
3. *Base sprue* (gambar 3.5)
4. Saluran masuk (gambar 3.7)
5. Saluran penambah (gambar 3.8)
6. Pola (gambar 3.2)
7. Cope (gambar 3.9)
8. Drag (gambar 3.9)

a. Peleburan kuningan sampai temperatur ±1200 $^{0}$C (logam mencair).

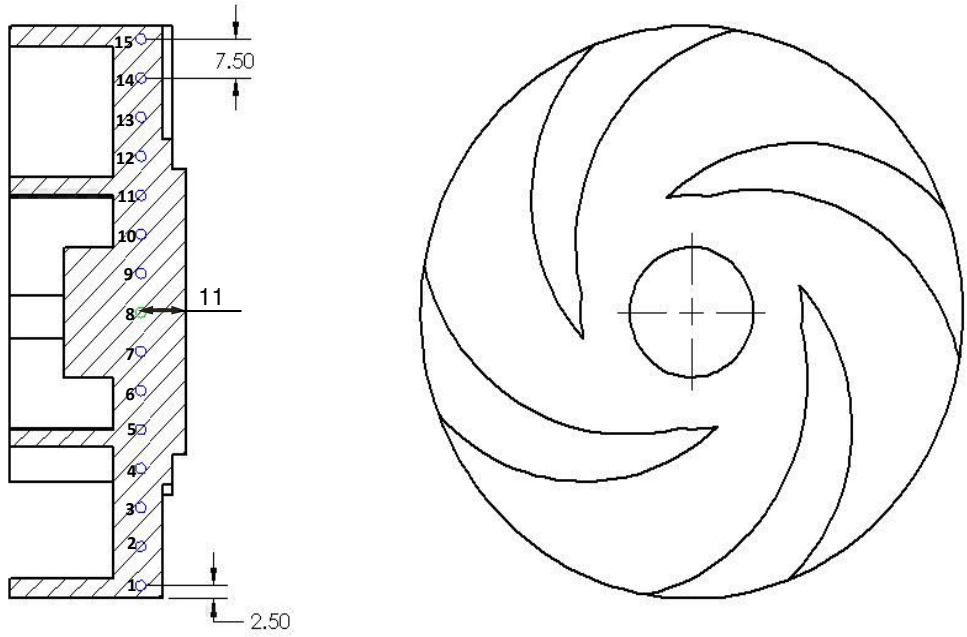
b. Penuangan logam cair ke dalam cetakan pasir yaitu sebagai berikut:

- Pengecoran pertama dilakukan dengan menuangkan logam cair ke dalam cetakan pasir dengan jumlah saluran masuk 1 dan selanjutnya dilakukan pembongkaran cetakan.
- Pengecoran pertama dilakukan dengan menuangkan logam cair ke dalam cetakan pasir dengan jumlah saluran masuk 2 dan selanjutnya dilakukan pembongkaran cetakan.
- Pengecoran pertama dilakukan dengan menuangkan logam cair ke dalam cetakan pasir dengan jumlah saluran masuk 3 dan selanjutnya dilakukan pembongkaran cetakan.

### 3.6.2 Prosedur Pengambilan dan Pengolahan Data

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

1. Mengambil benda kerja hasil coran yang telah membeku.
2. Pengamatan hasil coran .
3. Pembuatan spesimen untuk uji kekerasan.




Gambar 3.11 Spesimen Uji Kekerasan

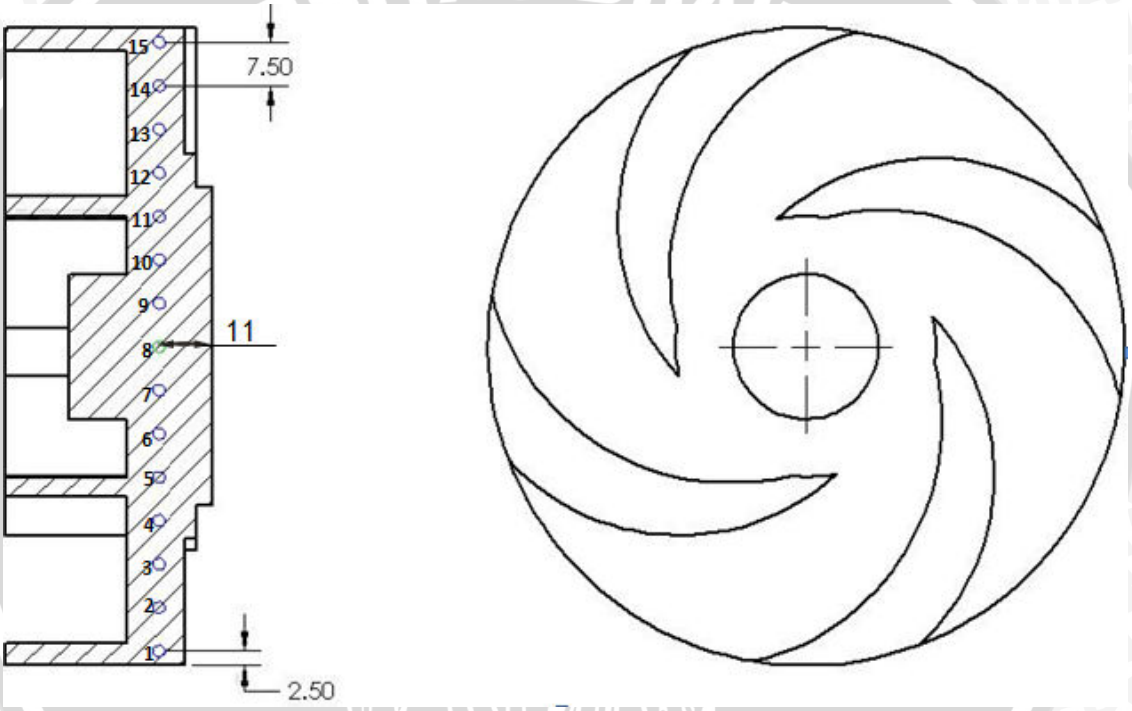
4. Pengambilan data uji kekerasan.
5. Pengolahan data hasil pengujian .
   Melakukan pengulangan langkah 1 sampai 4 untuk spesimen dengan variasi jumlah saluran masuk 1, 2, dan 3 saluran masuk.
6. Mengambil gambar struktur mikro dengan mengetsa spesimen menggunakan larutan *Nital* (1- 5ml $HNO_3$ dan 100ml *Etanol* 95%).
7. Melakukan analisa dan pembahasan dari data-data yang diperoleh.
8. Mengambil kesimpulan.
9. Selesai.

# BAB IV
# HASIL DAN PEMBAHASAN

## 4.1 Data dan Perhitungan Hasil Pengujian

### 4.1.1 Data dan Perhitungan Distribusi Kekerasan

Setelah dilakukan pengujian distribusi kekerasan specimen *Impeller* kuningan hasil pengecoran cetakan pasir dengan menggunakan *Digital Microhardness Tester* didapat hasil berupa nilai data distribusi kekerasan dengan satuan *Vickers Hardness Number* (VHN). Titik uji kekerasan dapat dilihat pada gambar berikut ini




Gambar 4.1 Spesimen Uji Kekerasan

Tabel 4.1 Data distribusi kekerasan (VHN) pengulangan 1

| No | 1 SALURAN | 2 SALURAN | 3 SALURAN |
|---|---|---|---|
| 1 | 183.3 | 132.4 | 138.8 |
| 2 | 166.5 | 165.9 | 137.8 |
| 3 | 131.8 | 133.7 | 139.2 |
| 4 | 128.9 | 159.9 | 102.1 |
| 5 | 147.7 | 187.7 | 128.9 |
| 6 | 166.5 | 169 | 97.16 |
| 7 | 148.2 | 177.7 | 125.2 |
| 8 | 136.9 | 134.6 | 124.7 |
| 9 | 131.9 | 231.4 | 148.8 |
| 10 | 138.8 | 220.5 | 140.2 |
| 11 | 136.4 | 250.9 | 143.1 |
| 12 | 162.8 | 209.6 | 128 |
| 13 | 183.3 | 181.1 | 127.2 |
| 14 | 177 | 145.6 | 159.3 |
| 15 | 179 | 135.5 | 136 |
| **Σ** | **154.6** | **175.7** | **131.8** |

Tabel 4.2. Data distribusi kekerasan (VHN) pengulangan 2

| No | 1 SALURAN | 2 SALURAN | 3 SALURAN |
|---|---|---|---|
| 1 | 186.2 | 137.4 | 189.2 |
| 2 | 150.9 | 154.2 | 183.3 |
| 3 | 170.3 | 142.1 | 189.9 |
| 4 | 180.4 | 139.8 | 155.8 |
| 5 | 162.8 | 151.6 | 123.1 |
| 6 | 161 | 149.3 | 131 |
| 7 | 143.6 | 179.7 | 125.6 |
| 8 | 188.4 | 138.7 | 113.8 |
| 9 | 128 | 225.9 | 111.4 |
| 10 | 153.6 | 219.2 | 107.1 |
| 11 | 145.6 | 236.8 | 153.6 |
| 12 | 134.6 | 201.2 | 105.8 |
| 13 | 141.2 | 177.2 | 126 |
| 14 | 155.8 | 197 | 125.2 |
| 15 | 141.2 | 169.7 | 121.6 |
| **Σ** | **156.2** | **174.7** | **137.5** |

Tabel 4.3 Data distribusi kekerasan (VHN) pengulangan 3

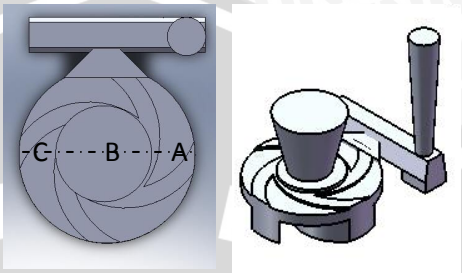
| No | 1 SALURAN | 2 SALURAN | 3 SALURAN |
|---|---|---|---|
| 1 | 184.2 | 134.9 | 150.3 |
| 2 | 160.6 | 162.7 | 145.9 |
| 3 | 162.9 | 138.8 | 152.9 |
| 4 | 170.3 | 136.3 | 139.2 |
| 5 | 156.7 | 159.7 | 130 |
| 6 | 153.9 | 150.8 | 135.9 |
| 7 | 140.7 | 180.9 | 133.8 |
| 8 | 160.2 | 139 | 125.4 |
| 9 | 134.5 | 221.8 | 124.9 |
| 10 | 153 | 226.1 | 122.2 |
| 11 | 142.8 | 205.6 | 131.7 |
| 12 | 140.1 | 198.9 | 128.4 |
| 13 | 138 | 193.2 | 125.9 |
| 14 | 158.4 | 188.2 | 136.7 |
| 15 | 145.3 | 142.7 | 134.9 |
| **Σ** | **153.4** | **171.9** | **134.5** |

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

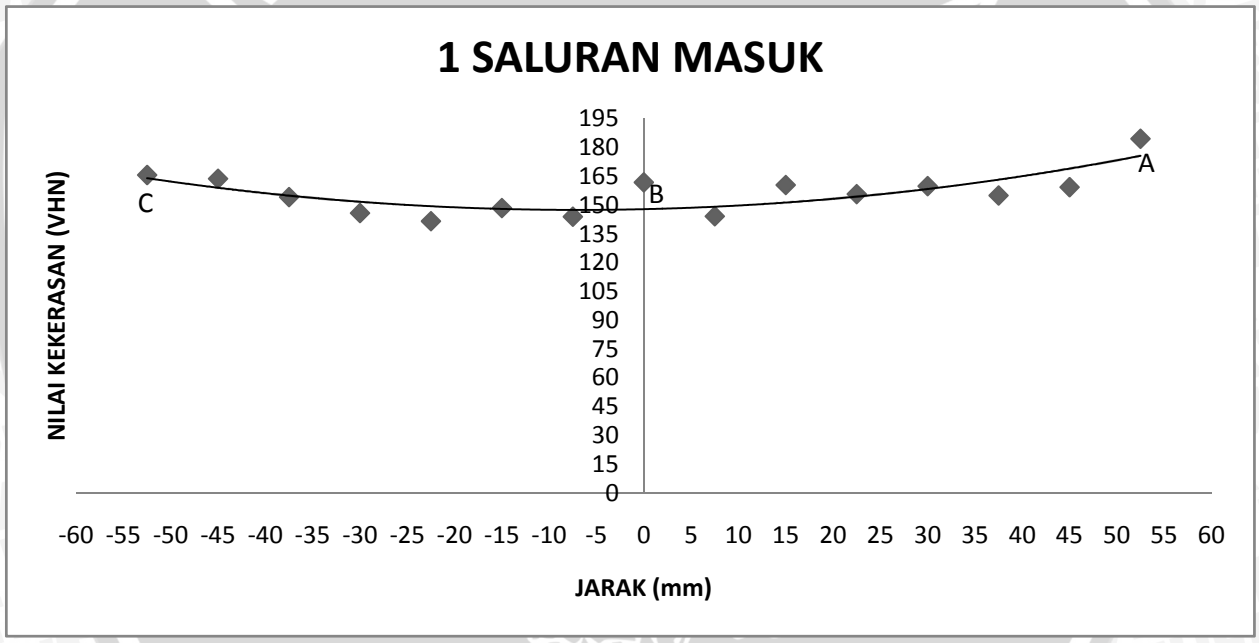
| NO | JUMLAH SALURAN | | |
|---|---|---|---|
| | 1 SALURAN | 2 SALURAN | 3 SALURAN |
| 1 | 154.6 | 175.7 | 131.8 |
| 2 | 156.2 | 174.7 | 137.5 |
| 3 | 153.4 | 171.9 | 134.5 |
| **Σ** | **154.8** | **174.1** | **134.6** |

## 4.2 Pembahasan

Setelah dilakukan penelitian dan pengolahan data, maka didapatkan data-data yaitu prosentase distribusi kekeasan benda kuningan hasil pengecoran cetakan pasir. Data-data hasil penelitian ditunjukkan pada grafik dibawah ini.




Gambar 4 2 Penampang Saluran Masuk dan Pemotongan Benda Cor

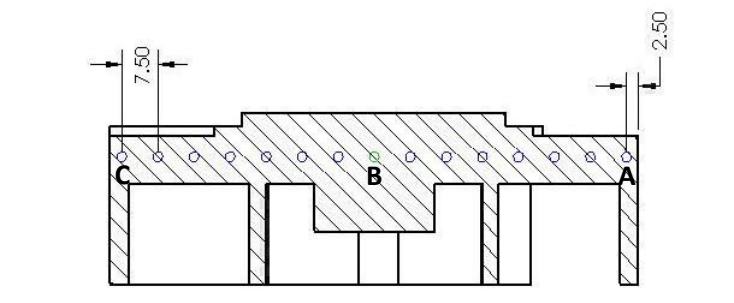



Gambar 4.3 Grafik Hubungan Antara Jarak Antar Titik pada Pengujian Kekerasan Terhadap Distribusi Kekerasan Rata-Rata Hasil Pengecoran Cetakan Pasir dengan Jumlah 1 Saluran Masuk

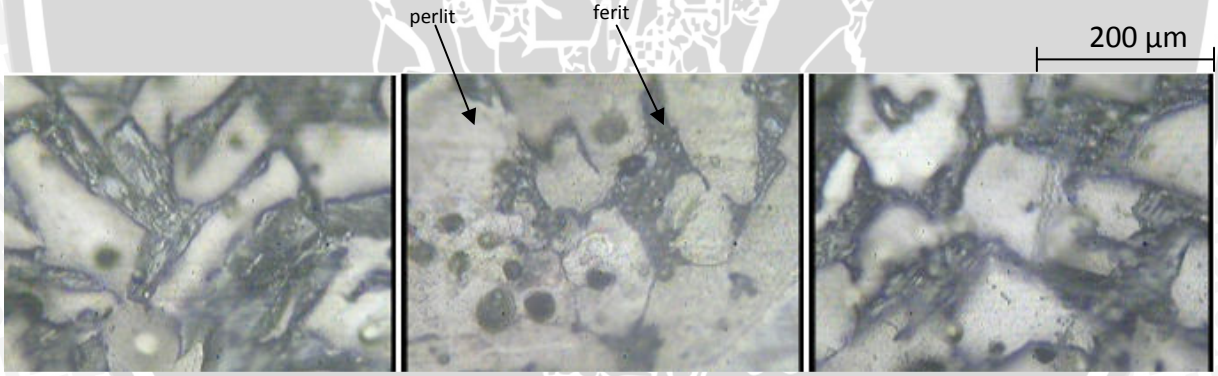
Berdasarkan dari grafik rata-rata diatas diambil dari 3 kali pengulangan dapat dilihat bahwa semakin jauh dari titik pusat nilainya cenderung naik dibandingkan nilai kekerasan pada titik pusat. Hal ini disebabkan karena jumlah saluran adalah 1 sehingga ketika logam dituang maka cairan logam melalui saluran pengalir dengan cepat menuju saluran masuk langsung ke daerah tengah coran kemudian menyebar kesamping coran dan kemungkinan terjadi pendinginan yang cepat di daerah samping coran. Peningkatan nilai kekerasan disebabkan oleh semakin cepatnya laju pendinginan pada logam cair.

Nilai kekerasan akan semakin kecil pada daerah tengah dikarenakan daerah tengah merupakan pembekuan paling akhir. Sedangkan kekerasan yang paling tinggi terdapat pada daerah pinggir atau daerah yang membeku paling cepat.

Hal ini dibuktikan juga dengan hasil foto mikrostrukstur pada gambar 4.5 dibawah yang menunjukkan bahwa ukuran butir terbesar berada pada bagian B yang menyebabkan nilai kekerasannya lebih rendah dibandingkan A dan C yang memiliki ukuran butir yang lebih kecil. Hal ini disebabkan karena pendinginan yang terjadi pada daerah B berlangsung lebih lambat daripada sisi terluarnya. Jadi sesuai dengan grafik yang menunjukkan kecenderungannya yaitu nilai kekerasan pada A dan C memiliki nilai lebih besar darip

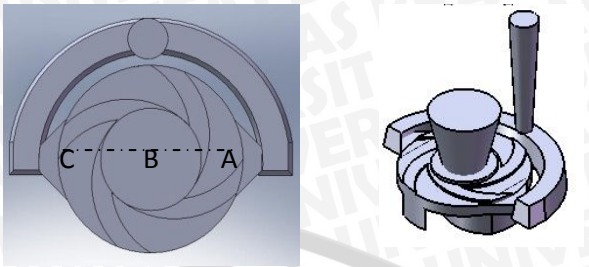



Gambar 4.4 Penampang Pemotongan Benda Cor Untuk Foto Mikro

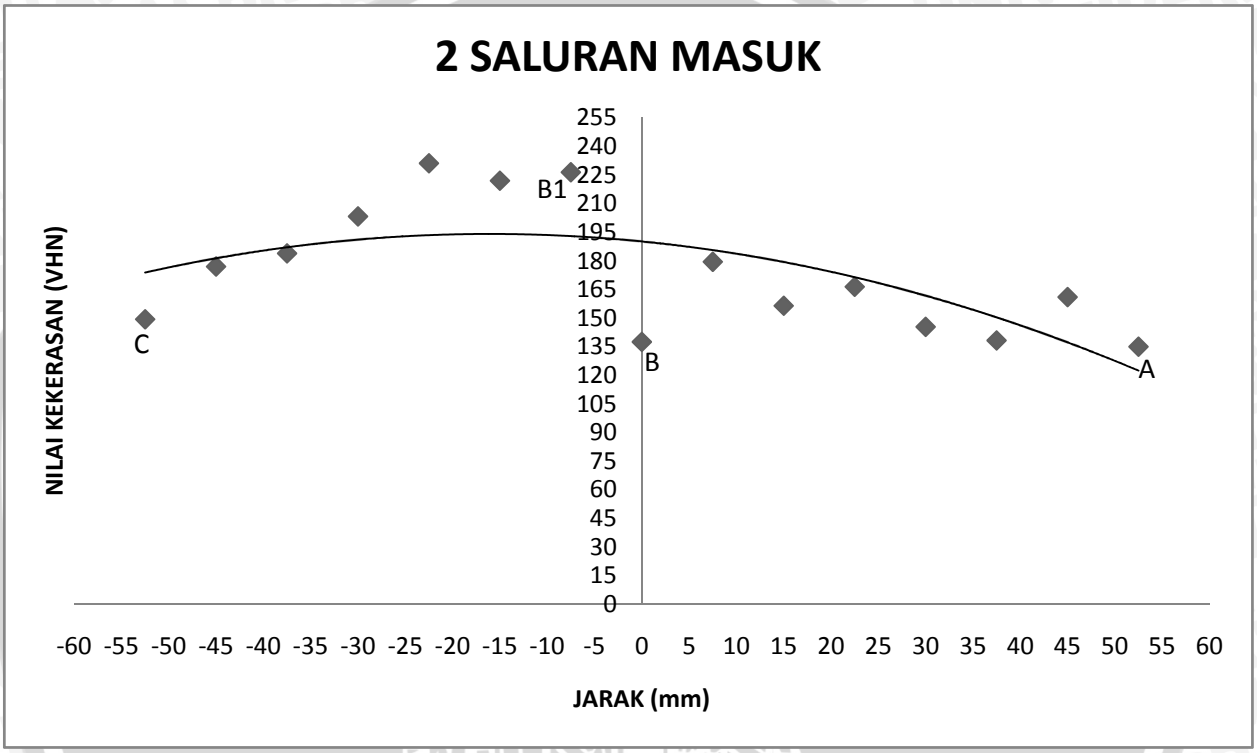



A B C

Gambar 4.5 (a),(b),(c) Hasil Foto Mikro Tiap Bagian Pada Produk Hasil Coran Dengan Jumlah Saluran Masuk 1
(pembesaran : 400 kali)




Gambar 4.6 Penampang Saluran Masuk dan Pemotongan Benda Cor



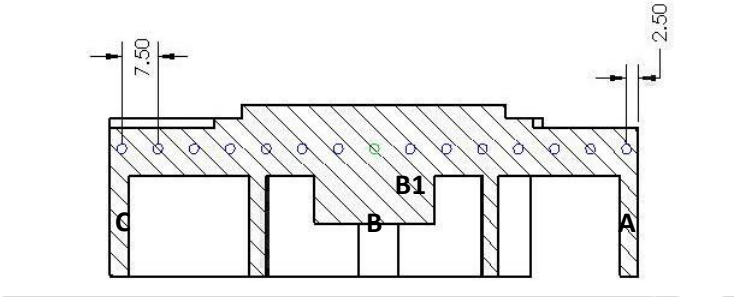

Gambar 4.7 Grafik Hubungan Antara Jarak Antar Titik pada Pengujian Kekerasan Terhadap Distribusi Kekerasan Rata-Rata Hasil Pengecoran Cetakan Pasir dengan Jumlah 2 Saluran Masuk

Berdasarkan dari grafik diatas dengan 3 kali pengulangan dapat dilihat bahwa semakin jauh dari titik pusat nilainya cenderung turun dibandingkan nilai kekerasan pada titik pusat. Hal ini disebabkan karena jumlah saluran adalah 2 sehingga ketika logam dituang maka cairan logam yang terlebih dahulu memenuhi saluran pengalir menyebabkan peningkatan suhu pada daerah tengah coran, dimana daerah coran merupakan tempat bertemunya logam cair dari 2 saluran yang letaknya berlawanan, sehingga suhu yang panas tetap terjaga saat logam cair memasuki bagian coran. Oleh karena itu nilai kekerasan pada jumlah saluran masuk 2 ini memiliki nilai dengan kecenderungan yang menurun didaerah sisi luar coran.

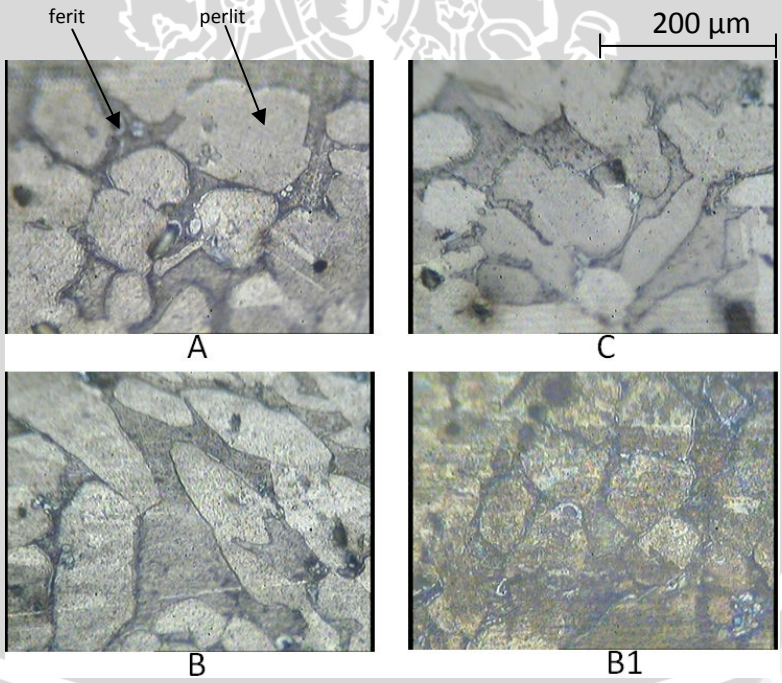
Hasil foto mikrostruktur pada gambar 4.9 dibawah ini menunjukkan bahwa ukuran butir terbesar berada pada A dan C yang memiliki nilai kekerasan yang rendah

dibandingkan B yang memiliki ukuran butir yang lebih kecil. Hal ini disebabkan karena pendinginan yang terjadi pada daerah B terjadi lebih cepat daripada A dan C. Hal yang menyebabkan besarnya nilai pada daerah B ditunjukkan pada gambar B1 dengan ukuran butiran yang lebih kecil darpada A dan C yang mana butiran tersebut berada disekitar daerah B yang menyebabkan nilai didaerah B memiliki nilai kekerasan yang lebih besar.

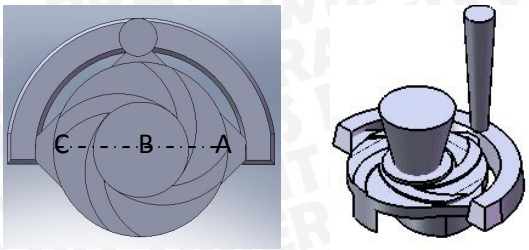
Jadi sesuai dengan grafik yang menunjukkan kecenderungannya yaitu nilai kekerasan pada Daerah B memiliki nilai lebih besar daripada daerah A dan C pada produk hasil coran.



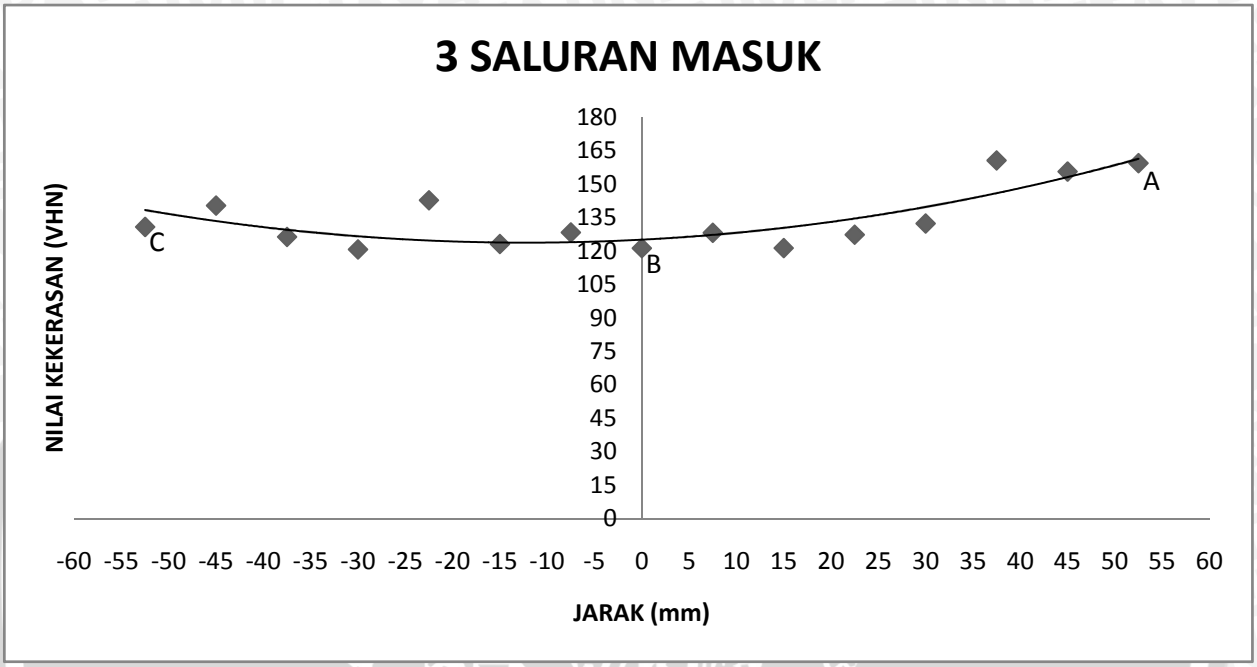

Gambar 4.8 Penampang Pemotongan Benda Cor Untuk Foto Mikro




Gambar 4.9 (a),(b),(c) Hasil Foto Mikro Tiap Bagian Pada Produk Hasil Coran Dengan Jumlah Saluran Masuk 2
(pembesaran : 400 kali)




Gambar 4.10 Penampang Saluran Masuk dan Pemotongan Benda Cor

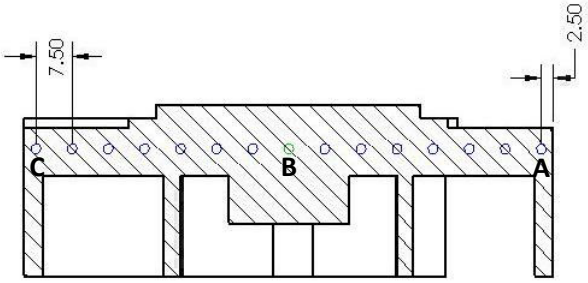



Gambar 4.11 Grafik Hubungan Antara Jarak Antar Titik pada Pengujian Kekerasan Terhadap Distribusi Kekerasan Rata-Rata Hasil Pengecoran Cetakan Pasir dengan Jumlah 3 Saluran Masuk

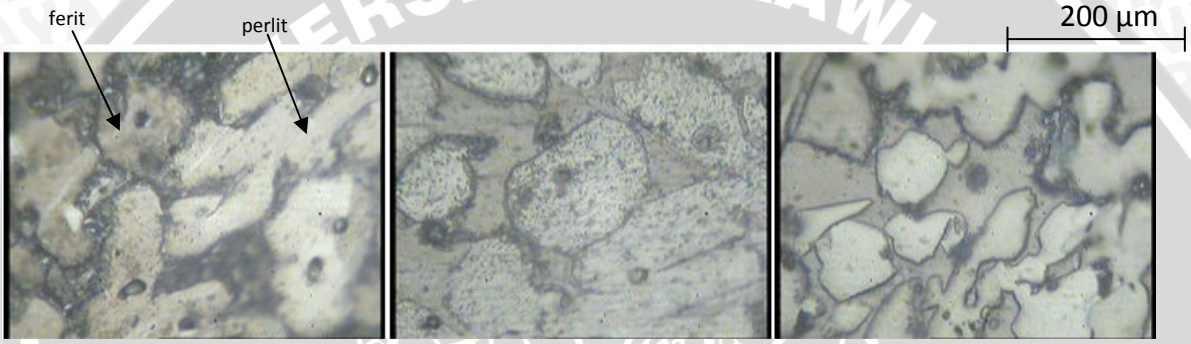
Berdasar dari grafik diatas dengan 3 kali pengulangan dapat dilihat bahwa kecenderungannya naik dibandingkan nilai kekerasan pada titik pusat tetapi nilai kekerasannya lebih kecil daripada jumlah saluran 1 dan 2. Hal ini disebabkan oleh jumlah saluran masuknya adalah 3, yang seharusnya semakin banyak saluran masuk distribusi kekerasannya semakin baik karena aliran logam masuk secara cepat dari ketiga sisi, hal ini bisa saja terjadi karena saat logam cair memenuhi saluran pengalir menyebabkan peningkatan suhu pada bagian coran sehingga pendinginan yang terjadi lebih lambat yang menyebabkan nilai kekerasannya rendah

Dengan hasil foto mikrostrukstur pada gambar 4.13 menunjukkan bahwa ukuran butir terbesar berada pada daerah B sehingga menyebabkan nilai kekerasan yang rendah dibandingkan A dan C yang memiliki ukuran butir yang lebih kecil. Hal ini disebabkan karena pendinginan yang terjadi pada daerah B berlangsung lebih lambat daripada A dan C.

Jadi sesuai dengan grafik yang menunjukkan kecenderungannya yaitu nilai kekerasan pada daerah A dan C memiliki nilai lebih besar daripada daerah B pada produk hasil coran.




Gambar 4.12 Penampang Pemotongan Benda Cor Untuk Foto Mikro




Gambar 4.13 (a),(b),(c) Hasil Foto Mikro Tiap Bagian Pada Produk Hasil Coran Dengan Jumlah Saluran Masuk 3
(pembesaran : 400 kali)

Pada tabel 4.4 didapatkan jumlah nilai rata-rata distribusi kekerasan pada tiap jumlah saluran. Dapat diketahui pada jumlah 1, 2 dan 3 saluran masuk memiliki jumlah nilai rata-rata yang berbeda. Pada 2 saluran masuk memiliki nilai yang paling besar. Hal ini disebabkan pada jumlah 2 saluran masuk, logam cair dengan cepat memasuki bagian coran sehingga terjadi pendinginan yang cepat pada beberapa bagian dan hal ini menyebabkan jumlah nilai kekerasan rata – ratanya pada setiap bagian memiliki nilai yang lebih tinggi dari pada jumlah saluran masuk 1 dan 3.

# BAB V
# PENUTUP

## 5.1 Kesimpulan

Dapat disimpulkan bahwa dengan semakin banyaknya jumlah saluran masuk maka akan berpengaruh pada nilai kekerasan hasil coran. Didapatkan hasil dari penelitian ini 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.

## 5.2 Saran

1. Dapat dilakukan pengembangan penelitian mengenai pengaruh saluran turun, dimensi pengalir dan letak saluran masuk terhadap distribusi cacat porositas dan distribusi kekerasannya dengan menggunakan bahan kuningan.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh jumlah saluran masuk terhadap distribusi kekerasan dengan menggunakan bahan kuningan.

**DAFTAR PUSTAKA**


ASM Handbook. 1988. *Metals Handbook Ninth Edition Volume 15 Casting*. The University of Alabama.

Black, J. T.1997. *Materials And Processes In Manufacturing*. America: Prentice-Hall International, Inc.

De Garmo, E. P. 1996. *Materials and Processes In Manufacturing*. John Wiley and Sons, Inc.

Djaprie, Sriati. 1991. *Ilmu dan Teknologi Bahan*. Jakarta : Penerbit Erlangga.

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.

Jain. P. L. 1979. *Principles Of Foundry Technology*. National Institute Of Foundry and Forge Technology, Ranchi.

Rao. P.N. 1990. *Manufacturing Technology Foundry, Forming, and Welding*. New Delhi: Tata McGraw Hill, Publishing Company Ltd.

Salim, Agus. 2003. *Pengecoran Sudu Turbin Air Aksial Kapasitas Daya 102 kW dengan Bahan Paduan Tembaga Alloy 8A*. Bandung: Puslit Telimek LIPI.

Surdia, Tata. & Chijiiwa Kenji. 1996. *Teknik Pengecoran Logam*. Jakarta: Pradnya Paramita.

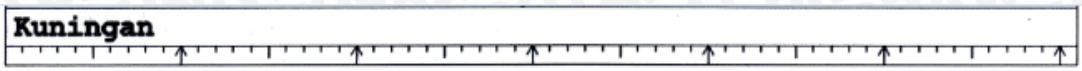
Walpole, E. Ronald. 1992. *Pengantar Statistika*. Jakarta : PT Gramedia Pustaka Utama.

Lyman, T. (1972). *Metals Handbook Vol. 7 Atlas of Microstructures of Industrial Alloys 8th Edition*

Guleyupoglu. (2005). *Casting Process Design Guidlines*

Avidz, Dovi. (2011). *Pengaruh Variasi Sudut Divergensi Saluran Ingate Terhadap Porositas Produk Coran Impeller Kuningan Pompa Sentrifugal*

**Lampiran 1. Uji Komposisi Kuningan**




| | |
|---|---|
| **Application** | <Standardless> |
| **Sequence** | 1 of 1 |
| **Measurement time** | 20-Jul-2011 10:48:02 |
| **Position** | 1 |

| Compound | Ca | Sc | Cr | Fe | Ni | Cu | Zn | As | Nb | Sn | Er | Yb | Pb |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Conc | 0,18 | 0,095 | 0,055 | 0,439 | 0,30 | 52,9 | 38,1 | 0,03 | 5 | 0,32 | 0,1 | 0,4 | 2,1 |
| Unit | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % |

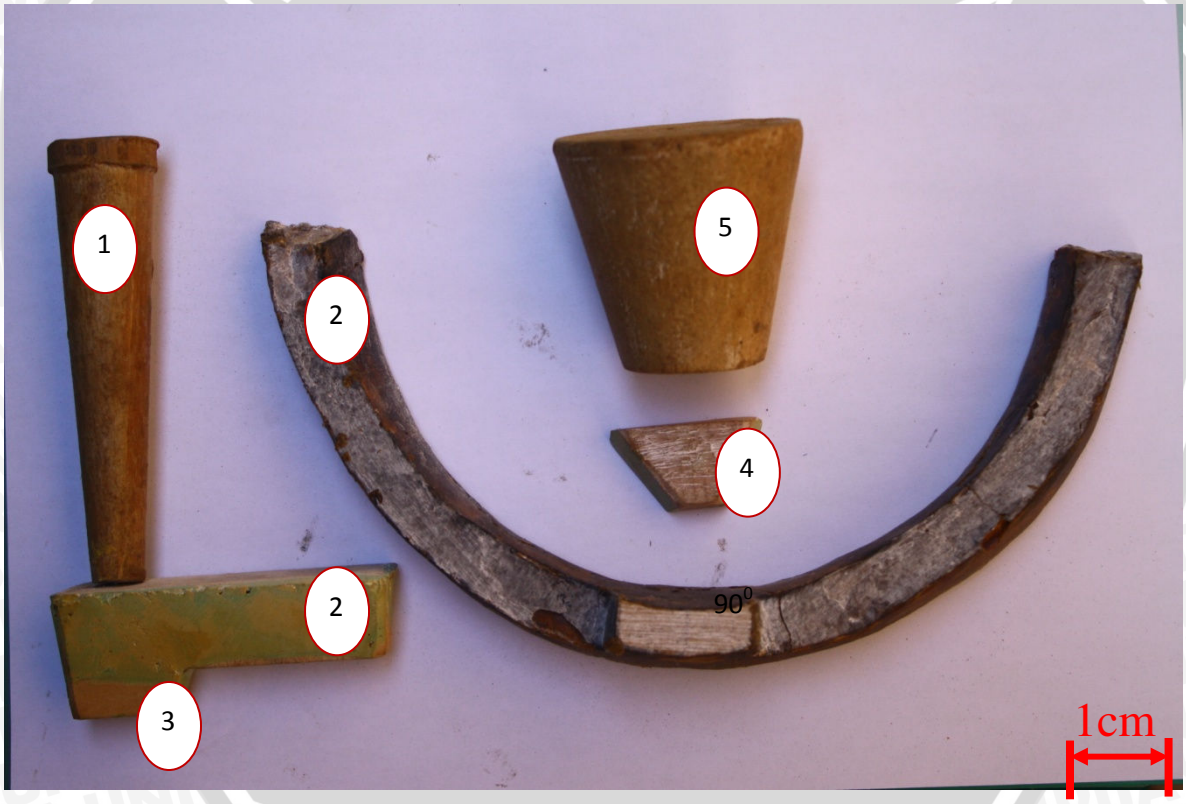
Malang, 27 Juli 2011
Kepala Lab. Sentral FMIPA UM,

Drs. H. Abdulloh Fuad, M. Si
NIP. 196302221988121002

**Lampiran 2. Sistem Saluran**

Pola Tampak Bawah

Pola Tampak Atas




Keterangan : 1. Saluran Turun *(Sprue)* 2. Pengalir *(Runner)* 3. *Base Sprue*

4. Saluran Masuk *(Ingates)* 5. Saluran Penambah *(Riser)*

**Lampiran 4. Dokumentasi Penelitian**

Cetakan Pasir

Cetakan Pasir

Dapur Peleburan

Hasil Coran

Hasil Coran

Hasil *Finishing (Impeller)*

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Uji Kekerasan

Proses *Finishing*

Proses Pembuatan Cetakan Pasir

Kuningan

Proses Penuangan Logam

Proses Pemotongan Hasil Coran