

**PENGARUH KADAR SEMEN SEBAGAI PENGIKAT  
PASIR CETAK TERHADAP CACAT PERMUKAAN  
HASIL PENGECORAN ALUMINIUM PADUAN**

**SKRIPSI**

**Konsentrasi Teknik Produksi**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :  
**ARIF BUDIANTO**  
NIM. 0210620022

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN MESIN  
MALANG  
2007**

**PENGARUH KADAR SEMEN SEBAGAI PENGIKAT  
PASIR CETAK TERHADAP CACAT PERMUKAAN  
HASIL PENGECORAN ALUMINIUM PADUAN**

**SKRIPSI**

**Konsentrasi Teknik Produksi**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :  
**ARIF BUDIANTO**  
NIM. 0210620022

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

**Ir. Marsoedi Wirohardjo, MMT.**  
NIP. 130 531 861

**Eko Siswanto, ST., MT.**  
NIP. 132 206 463

**PENGARUH KADAR SEMEN SEBAGAI PENGIKAT  
PASIR CETAK TERHADAP CACAT PERMUKAAN  
HASIL PENGECORAN ALUMINIUM PADUAN**

Disusun oleh:  
**ARIF BUDIANTO**  
**NIM. 0210620022**

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada  
tanggal 3 Oktober 2007

**DOSEN PENGUJI**

Skripsi 1

Skripsi 2

**Dr. Ir. Achmad As'ad Sonief, MT.**  
**NIP. 131 756 003**

**Ir. Sentanu**  
**NIP. 130 518 945**

Komprehensif

**Ir. Pratikto, MMT.**  
**NIP. 130 928 864**

Mengetahui  
Ketua Jurusan Teknik Mesin

**Dr. Slamet Wahyudi, ST., MT.**  
**NIP. 132 159 708**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur Alhamdulillah kami panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah senantiasa melimpahkan rahmat, taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Pengaruh Kadar Semen Portland sebagai Pengikat Pasir Cetak terhadap Cacat Permukaan Hasil Pengecoran Aluminium Paduan”** ini dengan baik. Tidak lupa shalawat serta salam kami haturkan kepada Nabi Muhammad SAW.

Penulis sadar bahwa selama dalam penulisan skripsi ini telah dibantu oleh banyak pihak. Oleh sebab itu penulis menyatakan terima kasih yang tulus kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini, yaitu :

- Bapak Dr. Slamet Wahyudi, ST., MT., selaku Ketua Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya,
- Bapak Ir. Tjuk Oerbandono, M.Sc., selaku Sekretaris Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya,
- Bapak Ir. Djarot B. Darmadi, MT., selaku Ketua Konsentrasi Produksi Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya,
- Bapak Ir. Marsoedi Wirohardjo, MMT., selaku dosen pembimbing pertama yang telah banyak meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, arahan, dan masukan dalam penyusunan skripsi ini,
- Bapak Eko Siswanto, ST., MT., selaku dosen pembimbing kedua yang telah bersedia untuk berdiskusi dan memberikan arahan dalam penyusunan skripsi ini,
- Keluargaku yang telah dengan sabar memberikan motivasi dan dukungan,
- Seluruh teman dan pihak yang secara langsung atau tidak langsung telah membantu terselesaikannya skripsi ini dengan baik.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, untuk itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhir kata semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua.

Malang, 3 Oktober 2007

Penyusun

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	i
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	iv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	v
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	vi
<b>RINGKASAN</b> .....	vii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar belakang .....	1
1.2. Rumusan masalah .....	2
1.3. Batasan masalah .....	3
1.4. Tujuan penelitian .....	3
1.5. Manfaat penelitian .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
2.1. Penelitian sebelumnya .....	4
2.2. Dasar pengecoran logam .....	4
2.3. Pasir cetak .....	6
2.3.1. Macam pasir cetak .....	6
2.3.2. Syarat pasir cetak .....	8
2.3.3. Susunan pasir cetak .....	10
2.4. Cetakan pasir .....	13
2.4.1. Cetakan pasir basah .....	14
2.4.2. Cetakan pasir kering .....	14
2.4.3. <i>Skin dried mold</i> .....	14
2.5. Cetakan pasir dengan pengikat khusus .....	15
2.5.1. Cetakan pasir dengan pengikat semen .....	15
2.6. Kekuatan cetakan pasir .....	16
2.7. Permeabilitas cetakan pasir .....	16
2.8. Semen .....	17
2.9. Bahan coran .....	18
2.9.1. Aluminium dan paduannya .....	18
2.9.2. Sifat-sifat aluminium paduan .....	20
2.9.3. Pengaruh unsur-unsur paduan .....	21
2.10. Cacat coran .....	22
2.10.1. Cacat rongga udara ( <i>blow hole</i> ) .....	23
2.10.2. Cacat lubang jarum ( <i>pin hole</i> ) .....	23
2.10.3. Cacat inklusi pasir .....	24
2.11. Pemeriksaan coran .....	24
2.11.1. Pemeriksaan rupa .....	25
2.11.2. Pemeriksaan penetrasi .....	25
2.11.3. Pemeriksaan magnafluks .....	26
2.11.4. Pemeriksaan supersonik .....	26
2.12. Hipotesis .....	27

<b>BAB III</b>	<b>METODE PENELITIAN .....</b>	<b>28</b>
3.1.	Metode penelitian .....	28
3.2.	Variabel penelitian .....	28
3.3.	Peralatan dan bahan yang digunakan .....	29
3.3.1.	Peralatan yang digunakan.....	29
3.3.2.	Bahan yang digunakan .....	30
3.4.	Gambar benda kerja.....	30
3.5.	Tempat dan waktu penelitian .....	30
3.6.	Prosedur penelitian .....	30
3.7.	Rancangan penelitian .....	31
3.7.1.	Analisis statistik .....	31
3.7.2.	Analisis varian satu arah.....	32
3.7.3.	Analisis regresi .....	34
3.8.	Diagram alir penelitian.....	34
<b>BAB IV</b>	<b>ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>36</b>
4.1.	Data hasil pengujian .....	36
4.2.	Pengolahan data.....	36
4.2.1.	Analisis statistik .....	36
4.2.2.	Analisis varian satu arah.....	38
4.2.3.	Analisis regresi .....	40
4.3.	Pembahasan .....	43
4.3.1.	Analisis variasi kadar semen sebagai pengikat pasir cetak terhadap cacat permukaan hasil coran.....	43
<b>BAB V</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>45</b>
5.1.	Kesimpulan.....	45
5.2.	Saran.....	45

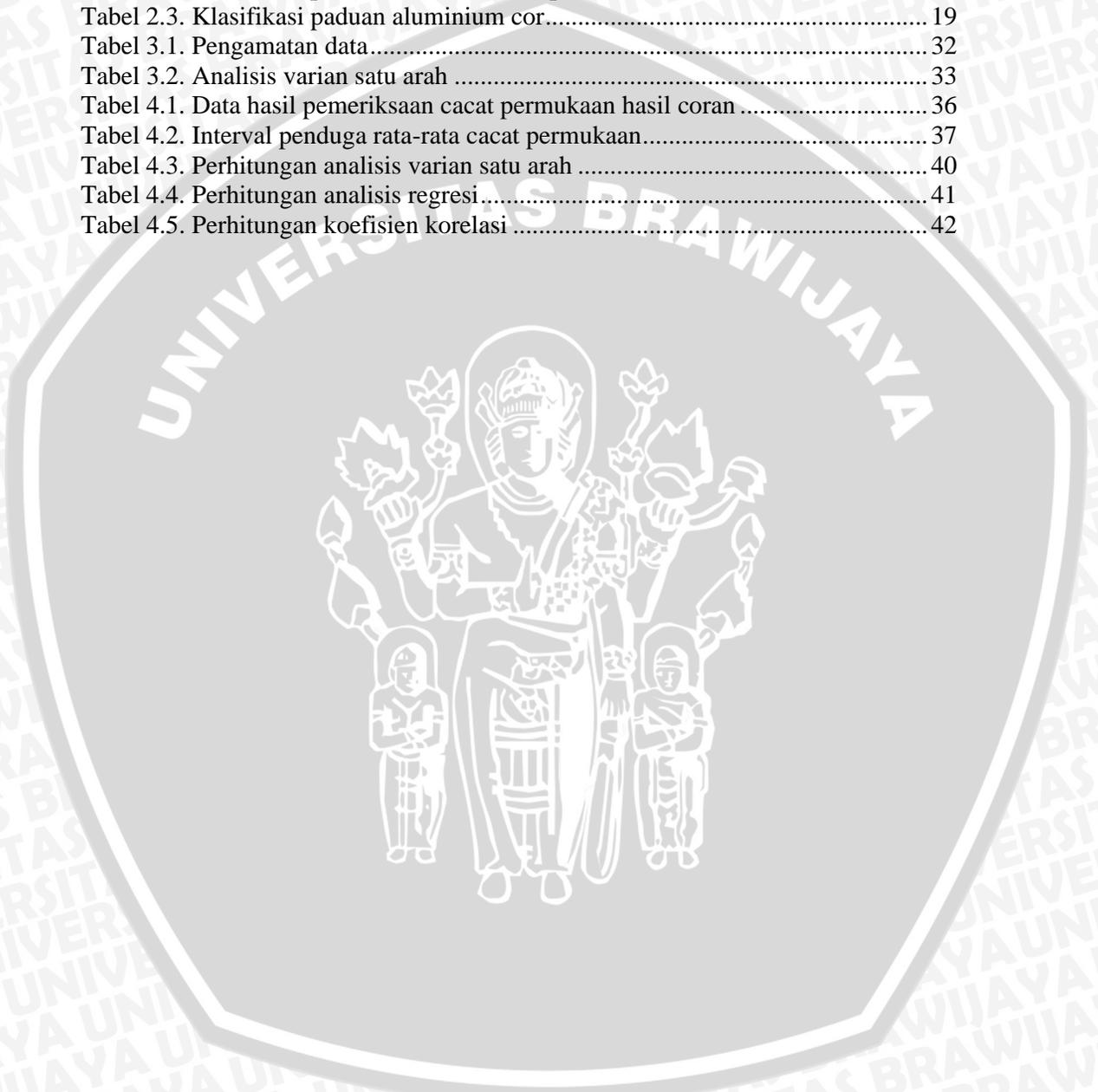
**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**



## DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1.	Temperatur penguangan untuk berbagai coran .....	9
Tabel 2.2.	Klasifikasi paduan aluminium tempa .....	19
Tabel 2.3.	Klasifikasi paduan aluminium cor .....	19
Tabel 3.1.	Pengamatan data .....	32
Tabel 3.2.	Analisis varian satu arah .....	33
Tabel 4.1.	Data hasil pemeriksaan cacat permukaan hasil coran .....	36
Tabel 4.2.	Interval penduga rata-rata cacat permukaan .....	37
Tabel 4.3.	Perhitungan analisis varian satu arah .....	40
Tabel 4.4.	Perhitungan analisis regresi .....	41
Tabel 4.5.	Perhitungan koefisien korelasi .....	42



DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1.	Aliran proses pada pembuatan coran.....	5
Gambar 2.2.	Macam-macam bentuk butir pasir .....	10
Gambar 2.3.	Diagram fase Al-Cu.....	21
Gambar 2.4.	Cacat rongga udara ( <i>blow hole</i> ).....	23
Gambar 2.5.	Cacat lubang jarum ( <i>pin hole</i> ) .....	24
Gambar 2.6.	Cacat inklusi pasir .....	24
Gambar 2.7.	Azas pemeriksaan penetrasi.....	25
Gambar 2.8.	Azas pemeriksaan magnafuks .....	28
Gambar 2.9.	Azas pemeriksaan supersonik.....	27
Gambar 3.1.	Dapur listrik.....	29
Gambar 3.2.	Diagram alir penelitian .....	35
Gambar 4.1.	Grafik hubungan antara variasi prosentase kadar semen portland sebagai pengikat pasir cetak terhadap cacat permukaan hasil coran ...	43



## DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul
Lampiran 1.	Foto benda hasil coran
Lampiran 2.	Gambar benda kerja
Lampiran 3.	Surat keterangan hasil pengujian komposisi bahan coran
Lampiran 4.	Tabel T
Lampiran 5.	Tabel distribusi F



## RINGKASAN

**ARIF BUDIANTO**, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Oktober 2007, *Pengaruh Kadar Semen sebagai Pengikat Pasir Cetak terhadap Cacat Permukaan Hasil Pengecoran Aluminium Paduan*, Dosen Pembimbing : Ir. Marsoedi Wirohardjo, MMT. dan Eko Siswanto, ST., MT.

Kualitas suatu produk cor sangat dipengaruhi oleh metode pengecoran yang dipilih. Satu dari sekian banyak metode pengecoran yang paling sering digunakan adalah pengecoran cetakan pasir (*sand casting*). Banyak faktor yang mempengaruhi kualitas hasil pengecoran cetakan pasir, diantaranya adalah komposisi cetakan pasir. Komposisi cetakan pasir yang sederhana terdiri dari pasir cetak, *clay* dan air. Penggunaan campuran cetakan pasir yang sederhana tersebut sering kali mengakibatkan kurang bagusnya permukaan hasil coran yang diperoleh. Cacat yang seringkali ditemui antara lain adalah *blow holes*, *pin holes* dan inklusi pasir. Cacat tersebut tidak jarang mengakibatkan benda coran harus dicor kembali yang tentunya dapat mengakibatkan biaya produksi bertambah besar. Untuk menghindarkan cacat tersebut dipakai cetakan kering sebagai pengganti cetakan basah, akan tetapi dibutuhkan waktu yang lama untuk mengeringkannya. Maka diambil langkah-langkah usaha untuk mempergunakan cetakan-cetakan yang dapat mengering dalam waktu singkat, dan dicari jenis pengikat yang mempunyai pengaruh tersebut. Sehingga dipakai bahan-bahan seperti air-kaca, resin, semen dan sebagainya yang berfungsi sebagai pengikat.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menyelidiki dan mengetahui pengaruh kadar semen portland sebagai pengikat pasir cetak pada cetakan pasir terhadap cacat permukaan hasil pengecoran aluminium paduan.

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian eksperimental nyata. Penelitian ini memvariasikan kadar semen sebagai pengikat pasir cetak pada cetakan pasir untuk mengurangi cacat permukaan yang terjadi pada hasil coran. Penelitian ini menggunakan 5 variasi cetakan pasir. Komposisi cetakan pasir yang pertama menggunakan kadar semen sebesar 4% sedangkan komposisi cetakan pasir selanjutnya menggunakan kadar semen sebesar 6%, 8%, 10%, 12%.

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat diketahui bahwa variasi kadar semen portland sebagai pengikat pasir cetak pada cetakan pasir berpengaruh nyata terhadap cacat permukaan hasil pengecoran aluminium paduan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposisi cetakan pasir dengan kadar semen 6% dapat mengurangi cacat permukaan yang terjadi pada hasil coran. Prosentase luas cacat permukaan yang terjadi pada hasil coran cetakan pasir dengan kadar semen 6% antara 0,087566183% sampai dengan 0,253553017%.

Kata kunci : semen, cacat permukaan, pasir cetak.

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Pada era industrialisasi sekarang ini, perkembangan teknologi telah berkembang pesat. Salah satu cabang teknologi tersebut adalah teknologi pengolahan logam seperti pengecoran, permesinan dan pembentukan.

Proses pengecoran merupakan salah satu proses yang banyak digunakan, karena dengan proses pengecoran dapat dihasilkan produk atau komponen-komponen yang rumit dan kompleks. Pengecoran merupakan salah satu cara pembentukan logam dimana logam cair dituangkan ke dalam cetakan yang memiliki bentuk tertentu, kemudian dibiarkan mendingin dan membeku, setelah itu baru dilakukan pembongkaran dan pembersihan (Heine, 1985:1).

Dengan berkembangnya teknologi bahan dan teknologi pengolahan logam, aluminium cukup banyak digunakan sebagai bahan baku dalam bidang permesinan. Seringkali aluminium dapat menggantikan logam lain dengan fungsi yang sama. Hal ini terjadi apabila produk harus mempunyai sifat ringan, penghantar panas yang baik dan titik cair yang rendah. Karena memiliki titik cair yang rendah dan sifat-sifat yang menguntungkan, maka aluminium juga banyak digunakan sebagai bahan baku proses pengecoran.

Kualitas suatu produk cor sangat dipengaruhi oleh metode pengecoran yang dipilih. Satu dari sekian banyak metode pengecoran yang paling sering digunakan adalah pengecoran cetakan pasir (*sand casting*). Pada umumnya industri pengecoran logam yang bergerak dalam skala kecil yang memproduksi alat-alat dan perabot rumah tangga mempergunakan metode pengecoran logam memakai cetakan pasir. Penggunaan cetakan pasir sebagai media pengecoran logam yang dilakukan oleh industri-industri kecil masih mempergunakan campuran yang sederhana berupa kombinasi antara pasir silika, *clay* dan air.

Penggunaan campuran pasir cetak yang sederhana tersebut sering kali mengakibatkan kurang bagusnya permukaan hasil coran yang diperoleh. Sering timbul cacat pada permukaan benda hasil coran. Cacat yang seringkali ditemui antara lain adalah *blow holes*, *pin holes* dan inklusi pasir, cacat tersebut tidak jarang mengakibatkan benda coran harus dicor kembali yang tentunya dapat mengakibatkan biaya produksi bertambah besar.

Cetakan pasir basah dengan menggunakan pengikat *clay* merupakan cetakan yang membutuhkan biaya murah, tetapi kekuatannya rendah, sehingga pasir basah tidak dapat dipakai untuk cetakan benda tipis dan untuk inti. Pasir pada permukaan cetakan kadang-kadang jatuh dan terbawa logam cair atau terkikis oleh aliran logam cair. Untuk menghindari cacat tersebut dipakai cetakan kering sebagai pengganti cetakan basah, akan tetapi dibutuhkan waktu yang lama untuk mengeringkannya. Maka diambil langkah-langkah usaha untuk mempergunakan cetakan-cetakan yang dapat mengering dalam waktu singkat, dan dicari jenis pengikat yang mempunyai pengaruh tersebut. Tetapi tentu saja tidak diinginkan jenis pengikat yang menyebabkan terjadinya gas, sifat tahan api yang buruk atau menyebabkan susahnya pembuatan cetakan. Mengingat hal-hal ini, maka dipakai bahan-bahan seperti air-kaca, resin, semen dan sebagainya yang berfungsi sebagai pengikat (Surdia, 1980:123).

Sahlan, (2001) melakukan analisa pasir cetak dengan pengikat semen portland terhadap permeabilitasnya. Penelitian tersebut memvariasikan 5 kadar semen portland sebagai pengikat pasir cetak, yaitu dengan kadar semen portland 4%, 6%, 8%, 10%, dan 12%. Setelah diamati di laboratorium hasilnya tidak kalah dengan bahan pengikat bentonit, yaitu berkisar antara 120-143 cm<sup>3</sup>/menit, sedangkan untuk pengikat bentonit, permeabilitasnya berkisar antara 95-132 cm<sup>3</sup>/menit.

Cetakan pasir dengan pengikat semen mempunyai beberapa keuntungan dibandingkan dengan pengikat *clay* atau bentonit antara lain :

- Memiliki kekuatan yang lebih baik sehingga dapat digunakan untuk cetakan benda tipis atau untuk inti.
- Mampu menahan permukaan cetakan terhadap pengikisan logam cair.
- Cetakan cepat kering tanpa harus dijemur atau dipanaskan.

Dari beberapa hal tersebut, maka perlu dilakukan penelitian tentang pengaruh kadar semen sebagai pengikat pasir cetak terhadap cacat permukaan hasil pengecoran aluminium paduan.

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

Bagaimanakah pengaruh kadar semen sebagai pengikat pasir cetak terhadap cacat permukaan hasil pengecoran aluminium paduan?

### 1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pasir cetak yang digunakan adalah pasir silika dengan ukuran mesh 150.
2. Cacat permukaan yang diamati adalah *blow holes*, *pin holes* dan inklusi pasir.
3. Bahan yang dicor adalah aluminium paduan dengan komposisi 98,3% Al, 0,01% Ca, 0,01% Ti, 0,026% Mn, 0,151% Fe, 0,02% Ga, 1,2% Ag, 0,14% Te, 0,02% Ba, 0,1% Ir.
4. Jenis pengikat yang digunakan adalah semen portland jenis I yang diproduksi oleh PT. Semen Gresik (Persero) Tbk.
5. Kadar pengikat semen adalah 4%, 6%, 8%, 10% dan 12%.
6. Kadar air yang digunakan konstan sebesar 5%.
7. Peleburan dilakukan dengan temperatur tetap 700°C.
8. Tidak membahas estimasi biaya.

### 1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kadar semen sebagai pengikat pasir cetak terhadap cacat permukaan hasil pengecoran aluminium paduan.

### 1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Memberikan informasi ilmiah bagi pabrik pengecoran logam untuk dapat digunakan sebagai pedoman dalam peningkatan kualitas hasil coran.
2. Bagi peneliti lain akan dapat digunakan sebagai data awal untuk meneliti pengaruh yang lain bila mungkin ada.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

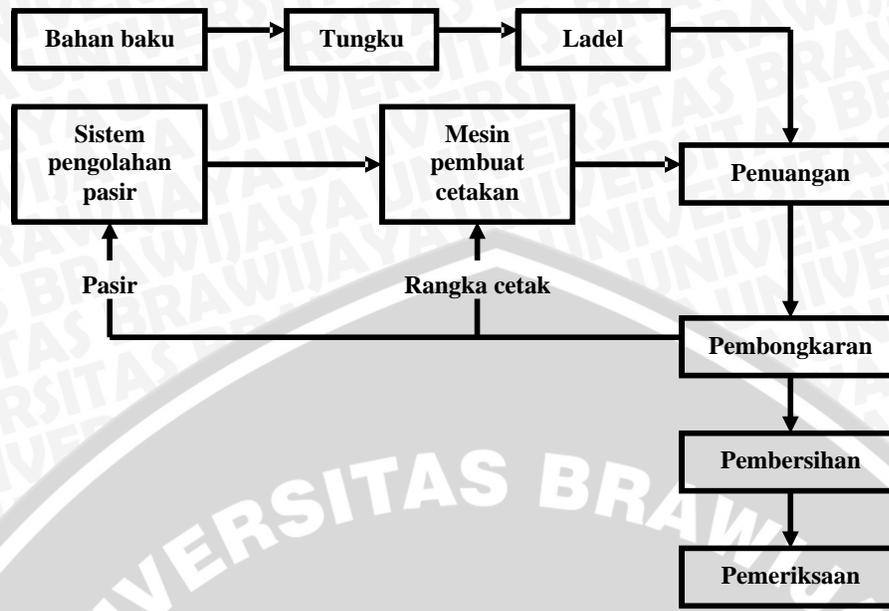
### 2.1. Penelitian Sebelumnya

Beberapa penelitian terdahulu yang membahas tentang permeabilitas dan kekuatan cetakan pasir telah dilakukan, diantaranya adalah:

1. Saelan, (2002) telah melakukan penelitian tentang pengaruh pengikat semen dan ukuran butiran pasir terhadap permeabilitas dan kekuatan cetakan pasir. Hasil dari penelitian tersebut adalah bahwa dengan bertambahnya kadar pengikat semen dan semakin kecilnya ukuran butir pasir maka permeabilitas cetakan pasir semakin kecil dan kekuatan (tekan dan geser) semakin besar. Permeabilitas terbesar yang didapat pada penelitian tersebut adalah 226,82 ml/menit yaitu pada kadar semen 6% dan ukuran butir pasir 0,355 mm, sedangkan permeabilitas terendah pada kadar semen 12% dan ukuran butir pasir 0,160 mm sebesar 59,62 ml/menit. Kekuatan tekan terbesar adalah 49,92 N/cm<sup>2</sup> dan kekuatan geser terbesar adalah 13,84 N/cm<sup>2</sup> pada kadar pengikat 12% dan ukuran butir pasir 0,160 mm, sedangkan kekuatan tekan terendah adalah 28,18 N/cm<sup>2</sup> dan kekuatan geser terendah adalah 5,44 N/cm<sup>2</sup> pada kadar pengikat semen 6% dan ukuran butir pasir 0,355 mm.
2. Sahlan, (2001) melakukan analisa pasir cetak dengan pengikat semen portland terhadap permeabilitasnya, setelah diamati di laboratorium hasilnya tidak kalah dengan bahan pengikat bentonit, yaitu berkisar antara 120-143 cm<sup>3</sup>/menit, sedangkan untuk pengikat bentonit, permeabilitasnya berkisar antara 95-132 cm<sup>3</sup>/menit.

### 2.2. Dasar Pengecoran Logam

Pengecoran merupakan suatu proses dimana logam cair dialirkan ke dalam cetakan dengan gaya berat atau gaya yang lainnya dalam sebuah cetakan dimana ia akan membeku sesuai dengan bentuk pola cetakan. Dalam melakukan pengecoran logam terdapat beberapa urutan kegiatan yang harus dilakukan, diantaranya adalah seperti membuat cetakan, peleburan logam, penuangan logam, pembersihan hasil coran dan pemeriksaan hasil coran. Untuk lebih jelasnya lihat pada gambar 2.1. di bawah ini:



Gambar 2.1. Aliran proses pada pembuatan coran  
Sumber: Surdia, 1980:3

Pada umumnya, untuk meleburkan logam digunakan bermacam-macam tanur. Biasanya kupola atau tanur induksi frekuensi rendah digunakan untuk besi cor, tanur busur listrik atau tanur induksi frekuensi tinggi digunakan untuk baja cor sedangkan tanur krus digunakan untuk paduan tembaga atau coran paduan ringan. Tanur-tanur ini dapat memberikan logam cair yang baik dan sangat ekonomis untuk logam-logam tersebut.

Seiring dengan perkembangan teknologi pengecoran benda-benda hasil coran juga berkembang mulai dari bentuk yang rumit serta sifat-sifat yang dimilikinya. Untuk memenuhi kebutuhan di atas maka dikembangkan berbagai macam proses pengecoran. Klasifikasi proses pengecoran secara umum dikelompokkan menjadi dua yaitu:

- *Expandable Mold Casting*
- *Permanent Mold Casting*

*Expandable mold casting* adalah cetakan yang harus dibuat setiap akan melakukan proses pengecoran. Bahan cetakan umumnya adalah pasir, gips dan material sejenis yang dicampur dengan bahan pengikat.

*Permanent mold casting* adalah pengecoran dengan cetakan tetap, bahan cetakan terbuat dari baja atau logam tahan panas yang lain. Untuk meningkatkan umur pemakaian cetakan, permukaan cetakan dilapisi dengan refraktori contohnya sodium silikat atau disemprot dengan grafit pada setiap saat memulai proses

pengecoran. Dengan cetakan ini dihasilkan produk dengan *surface finish* yang baik dan laju produksi yang tinggi, terutama untuk pengecoran yang kurang dari 25 kg.

### 2.3. Pasir Cetak

Kebanyakan pasir yang digunakan untuk pembuatan pasir cetak adalah pasir silika ( $\text{SiO}_2$ ). Pasir berasal dari bebatuan yang hancur dalam kurun waktu yang lama. Pasir ini tidak mahal dan sangat cocok untuk bahan cetakan karena mudah dibentuk, memiliki permeabilitas dan tahan terhadap temperatur tinggi. Silika murni kurang sesuai untuk cetakan karena kurang memiliki daya rekat. Daya rekat yang baik dapat diperoleh dengan cara menambahkan *clay* yang diaktifkan daya rekatnya dengan menggunakan air.

#### 2.3.1. Macam Pasir Cetak

Pasir cetak dapat diklasifikasikan menjadi dua macam yaitu:

1. Pasir alam (*natural molding sand*)
2. Pasir sintesis (*syntetic sand*)

Beberapa pasir, umumnya pasir silika, terdapat di alam bercampur dengan sejumlah *clay* yang membuat mereka menjadi sesuai untuk dipergunakan sebagai pasir cetak. Pasir yang telah mengandung sejumlah *clay* ketika diperoleh disebut pasir alam (*natural sand*).

Pasir yang lain mengandung sedikit atau tidak sama sekali *clay* ketika ditambang. Sejumlah *clay* dan bahan aditif kemudian ditambahkan oleh industri pengecoran dalam proporsi yang terkontrol. Pasir ini disebut sebagai pasir sintesis (*syntetic sand*).

Pasir alam sering kali digunakan dalam pengecoran aluminium, karena butirannya relatif serupa dan kadar *clay* yang tinggi menghasilkan hasil permukaan benda coran yang halus. Bagaimanapun juga, pasir sintesis sering kali dapat menjadi lebih hemat dan murah untuk penggunaan jangka panjang, karena biaya yang lebih murah dalam pemrosesan ulang dan penggunaannya. Namun karena pasir alam yang dapat diperoleh di banyak tempat memiliki variasi komposisi yang berbeda-beda pula, saat ini telah banyak industri pengecoran logam yang berpindah menggunakan pasir sintesis yang lebih mudah dikontrol dalam penggunaannya.

## 1. Pasir Alam

Karakteristik pasir alam sangat bervariasi, diantaranya adalah memiliki *grain fineness number* 48-275, kandungan *clay* 11,4%-28,2% dan tingkat *green permeability* 5,3 ml/menit-185 ml/menit. Ketika melakukan pengecoran aluminium, karakteristik pasir perlu dikontrol dengan ketat untuk memperoleh hasil akhir yang berkualitas. Oleh karena itu karakteristik pasir alam yang berbeda-beda perlu diperhatikan dengan baik. Tidak ada batasan yang spesifik untuk karakteristik dari pasir alam yang paling baik untuk dipergunakan dalam pengecoran aluminium, namun disesuaikan dengan kebutuhan penggunaan.

Setelah pasir alam digunakan, *clay* yang terkandung dalam pasir alam akan semakin kehilangan daya rekatnya yang berakibat pada penurunan kekuatan. Karena gesekan antar butiran, kehalusan butiran meningkat dan permeabilitasnya menurun. Bila penurunan permeabilitas diperkirakan tidak terlalu besar, maka kondisi pasir cetak dapat diperbaiki dengan penambahan sedikit *clay* untuk meningkatkan kekuatan. *Clay* yang ditambahkan sebaiknya adalah bentonit, karena mampu memberikan peningkatan daya rekat yang terbesar dengan penambahan paling sedikit. Bila penurunan permeabilitas dan kekuatan pasir tersebut sudah terlalu besar, maka langkah yang dapat diambil untuk perbaikan adalah mencampurnya dengan pasir alam yang baru.

Karakteristik pasir alam yang berbeda-beda tidak dapat diterima dalam operasi pengecoran aluminium berkualitas tinggi. Pasir alam memiliki kandungan *clay* yang cukup banyak dan berfungsi sebagai pengikat antara butir pasir satu dengan butir pasir yang lain. Jumlah dan jenis kandungan *clay* berpengaruh terhadap kekuatan, keuletan, ketahanan terhadap temperatur tinggi dari pasir. Jenis *clay* yang dipergunakan dalam pengecoran logam adalah *fireclay (kaolinites)* dan *montmorillonites (bentonites)*.

## 2. Pasir Sintetis

Pasir sintetis adalah pasir yang mengandung kurang dari 2% *clay*, alkali dan mineral. Pasir sintetis pada dasarnya merupakan pasir yang berisi sedikit atau tidak ada sama sekali unsur pengikatnya. Untuk mendapatkan kekuatan maka harus ditambahkan bahan pengikat lagi.

Pasir sintetis mudah dalam pengontrolan untuk mendapatkan sifat kekuatan, permeabilitas dan yang lainnya sesuai dengan kebutuhan. Pasir ini banyak dipakai

dalam industri pengecoran logam karena mempunyai kelebihan yaitu ketahanan panas yang tinggi, ukuran butiran yang seragam dan tersedia cukup banyak di alam.

Kandungan air yang digunakan dalam pasir sintesis lebih rendah daripada pasir alam. Apabila pasir ini digunakan kembali, maka harus ditambahkan *clay* dan pasir baru dalam jumlah besar. Oleh karena itu pasir sintesis lebih hemat penggunaannya daripada pasir alam tetapi pasir sintesis harganya lebih mahal daripada pasir alam.

Kelemahan terbesar dari pasir silika adalah pemuai (*expansion*) yang cukup besar yaitu hingga 1,3% dari ukuran semula. Hal ini terjadi karena pasir silika suhu rendah ( $\alpha$ -quartz) dipanaskan hingga suhu 572°C ia akan berubah dengan cepat menjadi pasir silika suhu tinggi ( $\beta$ -quartz) yang menyebabkan ukurannya membesar hingga 1,3%. Bila cetakan tidak dapat mengakomodasi ekspansi yang terjadi pada pasir silika tersebut, maka perubahan volume yang terjadi menyebabkan tegangan pada cetakan, menyebabkan beberapa macam cacat diantaranya adalah inklusi pasir, *buckless*, cacat ekor tikus dan lain-lain.

### 2.3.2. Syarat Pasir Cetak

Sebelum dipergunakan untuk pembuatan cetakan pasir harus diperiksa terlebih dahulu apakah pasir tersebut memenuhi syarat untuk dijadikan pasir cetak. Syarat-syarat yang harus dipenuhi pasir cetak adalah:

#### 1. Permeabilitas

Pasir yang digunakan untuk pengecoran harus mempunyai rongga diantara butir pasir yang baik agar gas, air, dan uap air dapat keluar seluruhnya ketika logam cair dituang ke dalam cetakan. Apabila rongga diantara butir pasir tidak cukup maka akan terjadi cacat lubang jarum dan rongga udara.

Permeabilitas cetakan pasir tergantung faktor-faktor sebagai berikut:

- Ukuran dan bentuk butir pasir.
- Kepadatan cetakan pasir pada waktu dibentuk.
- Kandungan air dalam cetakan pasir.
- Kandungan pengikat.

#### 2. *Cohesiveness*

Daya ikat antar butir pasir harus kuat, sehingga pasir mudah dibentuk menjadi cetakan. Cetakan tersebut harus kuat, sehingga ketika dipindahkan

dalam suhu kamar tidak mengalami kerusakan dan dapat menahan logam cair pada suhu tinggi. Kekuatan atau *cohesiveness* dari cetakan pasir tergantung atas faktor-faktor sebagai berikut:

- Ukuran dan bentuk butir pasir.
- Berbagai macam campuran pada pasir cetak.
- Bahan pengikat dan distribusinya.
- Kandungan air.

### 3. *Refractoriness*

Merupakan kemampuan dari pasir cetak untuk tahan terhadap suhu tinggi tanpa harus mengalami kerusakan atau melebur. Pasir dengan *refractoriness* yang rendah kemungkinan akan terbakar pada temperatur tinggi. Temperatur penguangan yang biasa untuk bermacam-macam coran dinyatakan dalam tabel 2.1.

Tabel 2.1. Temperatur penguangan untuk berbagai coran

Macam coran	Temperatur penguangan (°C)
Paduan Ringan	650-750
Brons	1100-1250
Kuningan	950-1100
Besi Cor	1250-1450
Baja Cor	1500-1550

Sumber : Surdia, 1980:109

### 4. *Collapsibility*

Setelah penguangan selesai cetakan harus mudah dibongkar.

### 5. Plastisitas

Merupakan kondisi dari pasir yang mana mampu dibentuk dengan tekanan tertentu dan tidak akan rusak meskipun tekanan dihilangkan. Agar dihasilkan jejak pola cetakan yang baik maka cetakan pasir harus mempunyai plastisitas yang baik.

### 6. Ketahanan kimia

Cetakan pasir tidak boleh bereaksi secara kimia dan berkombinasi dengan logam cair sehingga dapat digunakan berulang-ulang.

### 7. Pasir harus murah.

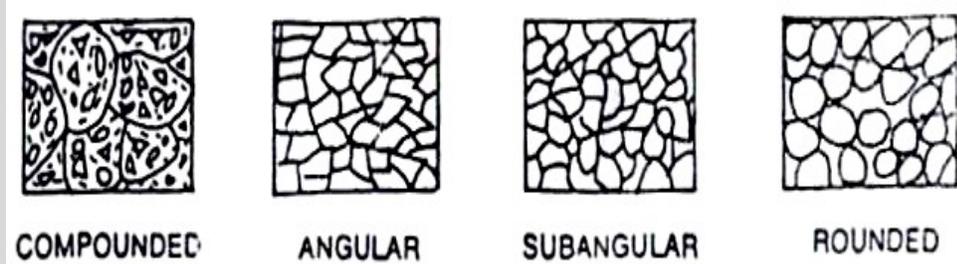
### 2.3.3. Susunan Pasir Cetak

#### 1. Pasir Silika

Butir pasir silika mempunyai sifat-sifat pasir seperti ketahanan panas, permeabilitas dan kekuatan pada pasir. Pasir silika dengan butiran halus akan menata lebih rapat dengan yang lainnya sehingga permeabilitas turun, tetapi butiran halus menghasilkan kekuatan lebih besar dan membuat kecenderungan ruangan pasir untuk berubah bentuk kecil, serta memberikan permukaan yang lebih halus, sedangkan butir kasar memberi permeabilitas yang tinggi namun menurunkan kekuatannya.

Berdasarkan bentuk butir, pasir cetak diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Butir pasir kristal (*compound grains*).
2. Butir pasir bersudut (*angular grains*).
3. Butir pasir bersudut sebagian (*sub angular grains*).
4. Butir pasir bulat (*rounded grains*).



Gambar 2.2. Macam-macam bentuk butir pasir

Sumber : Jain, 1987:49

#### a) Butir pasir kristal

Butir pasir berkrystal dalam beberapa kasus butir ini menggumpal sehingga tidak bisa terpisahkan meskipun dilakukan pengayakan. Pasir dengan bentuk butiran berkrystal dapat terdiri dari pasir dengan butiran berbentuk bulat, sebagian bersudut, bersudut atau merupakan kombinasi dari ketiganya. Butir pasir ini paling tidak disukai karena memiliki kecenderungan untuk hancur pada suhu tinggi. Kecenderungan pasir dengan bentuk butiran berkrystal ini untuk hancur pada suhu tinggi menjadi butiran yang lebih halus menyebabkan terjadinya penurunan permeabilitas.

#### b) Butir pasir bersudut

Terbentuk karena dekomposisi batu-batuan tanpa gerak. Hal ini berhubungan dengan musim dan aksi glasial. Butir ini mempunyai batas bersudut-sudut, permukaannya hampir datar. Butir ini mempunyai kekuatan yang lebih baik lagi tetapi dengan permeabilitas yang lebih buruk.

c) Butir pasir bersudut sebagian

Terbentuk karena *angular grains* saling bergerak dan bertumbukan sehingga sudutnya pecah terbentuk *sub angular grains*. Pasir jenis ini mempunyai permeabilitas yang relatif rendah dibanding dengan jenis pasir bulat tetapi mempunyai kekuatan yang lebih tinggi dibanding dengan jenis pasir bulat.

d) Butir pasir bulat

Pasir dengan butiran berbentuk bulat membutuhkan lempung dan air paling sedikit bila dibandingkan dengan pasir yang memiliki bentuk bersudut maupun yang berbentuk sebagian bersudut, karena pasir dengan bentuk butiran bulat memiliki luasan daerah singgung antar butiran yang lebih kecil. Daerah singgung antar butiran yang kecil menyebabkan pasir dengan bentuk bulat memiliki permeabilitas yang baik namun kekuatan pasir lebih rendah bila dibandingkan dengan butiran pasir bentuk lainnya.

Ukuran butir pasir yang digunakan dalam pengecoran sangat berpengaruh terhadap kualitas hasil coran. Hal ini disebabkan ukuran butir pasir akan mempengaruhi nilai kekuatan dan permeabilitas dari pasir cetak. Distribusi pasir cetak sendiri dapat diartikan sebagai keheterogenan ukuran butir pasir. Standar dari nilai distribusi pasir cetak sendiri dihitung dengan menggunakan nomor kehalusan pasir. Menurut AFS (*American Foundry Society*), nomor kehalusan yang baik digunakan sebagai pasir cetak adalah 40-220 (Heine, 1985:99).

Semakin besar nilai AFS maka ukuran butir pasir akan semakin kecil. Semakin kecil ukuran butir pasir maka permukaan cetakan akan semakin halus tetapi hal ini akan berakibat turunnya nilai permeabilitas cetakan akibat semakin kecilnya ukuran pori-pori cetakan. Sebaliknya bila ukuran butir pasir besar maka permeabilitas cetakan akan meningkat tetapi permukaan cetakan akan menjadi kasar. Untuk itu perlu suatu kombinasi ukuran butir pasir cetak dimana akan menghasilkan suatu cetakan pasir yang memiliki permukaan halus dengan nilai permeabilitas yang memadai sehingga diperlukan pasir dengan ukuran yang heterogen yaitu dua per tiga mesh yang berurutan dan sisanya dari ukuran mesh-mesh berikutnya (Surdia, 1980:111).

2. Clay

Clay didefinisikan sebagai partikel pasir yang mempunyai diameter di bawah  $20 \mu\text{m}$ . Pengikat ini ditambahkan dengan tujuan untuk menghasilkan kekuatan pada

cetakan sehingga tidak mudah berubah bentuk setelah pemadatan. Jenis *clay* yang paling banyak digunakan dalam proses pengecoran adalah:

- Kaolinit ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )
- Bentonit ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ )

Kaolinit mempunyai titik lebur dari temperatur  $1750^\circ\text{C}$ - $1787^\circ\text{C}$  dan bentonit mempunyai titik lebur pada temperatur  $1250^\circ\text{C}$ - $1300^\circ\text{C}$ . Dari keduanya bentonit dapat menyerap lebih banyak air dimana akan meningkatkan kekuatan ikatnya. *Clay* kemungkinan berisi beberapa campuran kapur, alkali dan oksida lainnya dimana cenderung untuk menurunkan ketahanan apinya.

### 3. Air

Pengikat pada cetakan pasir tidak akan berfungsi sebelum ditambahkan air. Pada umumnya kandungan air yang dipergunakan antara 1,5%-8%, sesuai dengan kebutuhan. Air yang ditambahkan dapat pula berfungsi sebagai pelumas sehingga pasir cetak lebih mudah dibentuk. Pada saat air ditambahkan maka air akan membentuk *microfilm* bersama dengan *clay* dan melapisi permukaan butiran-butiran pasir. Terlalu banyak kadar air akan menghasilkan plastisitas dan kekuatan kering yang terlalu besar, sedangkan bila kandungan air terlalu kecil maka plastisitas dan kekuatan yang dibutuhkan akan gagal diperoleh.

Ketika cetakan dipadatkan, butir pasir ditekan secara serempak. Pada masing-masing butir pelapisan *clay* beraksi, dengan demikian *clay* mengenai butir pada posisinya dan sulit berubah bentuk. Aksi pengikatan ini sangat baik bila jumlah air yang ditambahkan hanya sejumlah yang dikehendaki atau diperlukan untuk membentuk *microfilm*. Maka jumlah air yang digunakan harus dikontrol dengan tepat. Hal ini karena sebagian dari air akan diserap oleh *clay* membantu dalam aksi pengikatan sementara sisanya sampai batas tertentu meningkatkan plastisitas. Air yang tidak terserap disebut air bebas dan berfungsi sebagai pelumas yang mana menurunkan kekuatan cetakan.

### 4. Pengikat Lain

Ada dua macam pengikat yaitu pengikat organik dan anorganik. *Dextrin* adalah pengikat organik yang terbuat dari kanji dan dapat meningkatkan kekuatan, mampu retak dan mencegah pasir mengering lebih cepat. Selama penuangan, *dextrin* terbakar dan menciptakan ruang tambahan antar pasir sehingga pasir dapat berekspansi tanpa menyebabkan rontok. Salah satu jenis pengikat organik yang lain adalah *molasses*. *Molasses* merupakan suatu hasil produksi sampingan yang diperoleh dari penguapan

dan kristalisasi sukrosa, secara umum berbagai cairan yang komposisinya lebih dari 43% gula dapat dikatakan sebagai *molasses*. *Molasses* dapat meningkatkan kekuatan tekan kering dan mampu retak cetakan. Dan karena viskositasnya yang tinggi, juga dapat meningkatkan kekuatan tekan basah cetakan pasir.

Pengikat anorganik yang penting adalah natrium silikat (sodium silikat). Pengerasan cetakan dengan proses CO<sub>2</sub> dan *ferro-silicone* menggunakan material ini sebagai pengikat dimana mempunyai sifat adhesif dan material tahan api.

#### 5. Bahan Tambahan

Disamping bahan pokok (pasir silika, *clay* dan air), pada cetakan juga ditambahkan sejumlah kecil bahan lain untuk memudahkan pembongkaran dan dalam beberapa hal untuk mencegah permukaan kasar. Bahan tersebut antara lain bubuk arang, tepung ter, jelaga kokas atau tepung grafit.

### 2.4. Cetakan Pasir

Bahan pokok dari cetakan pasir adalah:

- Pasir silika,
- *Clay* sebagai bahan pengikat,
- Air untuk mengaktifkan *clay*.

Disamping ketiga bahan pokok di atas, beberapa bahan lain juga ditambahkan ke dalam cetakan pasir. Bahan ini sering disebut aditif yang digunakan untuk mempertinggi atau menurunkan sifat yang ada, atau untuk mendapatkan sifat-sifat tertentu dari cetakan pasir tersebut.

Pengecoran dengan menggunakan cetakan pasir sampai saat ini masih digunakan pada industri baik industri kecil maupun besar. Untuk memproduksi cetakan pasir kualitas di dalam pembuatan cetakan merupakan faktor yang sangat diperlukan.

Beberapa karakteristik cetakan pasir adalah sebagai berikut:

1. Cetakan pasir harus cukup kuat untuk menahan berat logam sewaktu dituang.
2. Cetakan pasir harus tahan terhadap gesekan erosi dari logam yang mengalir dengan cepat selama proses penuangan.
3. Cetakan pasir harus menimbulkan gas sesedikit mungkin ketika diisi dengan logam cair.
4. Cetakan pasir harus mempunyai sifat refraktori untuk menahan suhu logam cair yang tinggi.

5. Cetakan pasir harus dibuat sedemikian rupa sehingga tiap-tiap gas yang terbentuk dapat melalui badan cetakan pasir dan tidak masuk ke dalam logam cair.

Cetakan pasir yang digunakan dalam industri pengecoran bermacam-macam. Secara umum cetakan pasir yang sering dipergunakan dalam industri pengecoran logam antara lain adalah:

1. Cetakan pasir basah (*green sand mould*).
2. Cetakan pasir kering (*dry sand mould*).
3. *Skin dried mould*.

#### **2.4.1. Cetakan Pasir Basah**

Cetakan pasir basah adalah cetakan pasir yang pasir cetaknya memiliki kelembaban saat dituangi logam cair. Cetakan jenis ini paling banyak digunakan dalam industri pengecoran karena memiliki kelebihan antara lain cepat dan mudah dalam pembuatannya, biaya pembuatannya lebih murah serta setelah cetakan selesai dibuat dapat langsung dituangi logam cair. Namun cetakan pasir basah juga memiliki kekurangan, diantaranya adalah dapat mengakibatkan cacat coran karena cetakan masih mengandung air, tidak dapat digunakan untuk coran yang rumit, tidak memiliki ketelitian dimensi dan kehalusan hasil coran yang baik serta tidak cukup tahan dan kuat terhadap pengecoran dengan volume yang besar.

#### **2.4.2. Cetakan Pasir Kering**

Cetakan pasir kering adalah cetakan pasir basah yang dikeringkan terlebih dahulu sebelum dituangi logam cair. Pengeringan dapat dilakukan di dalam oven pada temperatur 350°F-650°F sampai kandungan air berkurang (Heine, 1985:120).

Cetakan pasir kering relatif lebih mahal dibandingkan dengan cetakan pasir basah, tetapi mempunyai beberapa kelebihan antara lain lebih kuat, memiliki cetakan yang keras setelah dikeringkan dan mempunyai kandungan air lebih sedikit serta hasil coran mempunyai ketelitian yang lebih tinggi.

#### **2.4.3. Skin Dried Mould**

*Skin dried mould* adalah cetakan yang permukaannya dikeringkan. Pengeringan diperlukan untuk menjamin agar air dan gas-gas lain tidak ada. Pada metode ini permukaan dikeringkan sampai kedalaman 12 mm atau lebih dengan

menyempatkan udara panas yang berasal dari minyak bakar ataupun peralatan listrik. Peralatan listrik menghasilkan permukaan yang lebih memuaskan karena tidak menimbulkan rongga-rongga kecil pada permukaan cetakan.

Permukaan cetakan sebelum dan sesudah proses pengeringan dibersihkan dengan pelapisan bahan tahan api (*refractory coating*). Hal ini dilakukan untuk mencegah penetrasi logam cair ke dalam cetakan serta memberikan bentuk antar muka yang lebih baik.

Cetakan yang telah dikeringkan harus segera ditutup dan dituangi logam cair untuk menghindari masuknya kembali air dari udara ataupun dari bagian lain cetakan yang tidak dikeringkan.

## **2.5. Cetakan Pasir dengan Pengikat Khusus**

Cetakan pasir basah dengan menggunakan *clay* merupakan cetakan yang membutuhkan biaya murah, tetapi kekuatannya rendah dan dapat mengakibatkan cacat, sehingga cetakan pasir basah tidak digunakan untuk benda tipis dan untuk inti. Cetakan pasir kering cenderung lebih menguntungkan bila dibandingkan dengan cetakan pasir basah. Cacat yang terjadi pada pasir basah bisa juga terjadi pada cetakan pasir kering. Untuk mengurangi cacat pada cetakan maka dapat digunakan bahan pengikat khusus seperti *water glass*, resin, semen dan lain-lain.

### **2.5.1. Cetakan Pasir dengan Pengikat Semen**

Salah satu semen yang digunakan sebagai bahan pengikat pasir cetak adalah semen portland. Semen portland 6 sampai 12% ditambahkan pada pasir silika, selain itu juga ditambahkan zat pengeras lain seperti gula tetes atau kalsium klorida dan air sebanyak 50 sampai 100% dalam perbandingan pada semen yang kemudian diaduk. Pasir dan semen dicampur selama 2 menit oleh pengaduk pasir, kemudian air ditambahkan dan diaduk selama 3 atau 5 menit. Kadang-kadang bubuk kayu atau bubuk arang dicampurkan ke dalamnya untuk memperbaiki sifat mampu ambruknya.

Dalam pembuatan cetakan, pasir campuran semen dimasukkan ke dalam rangka cetakan sewaktu belum kehilangan fluiditasnya, dan pola dikeluarkan sebelum kekuatan pasir semen meningkat, di mana harus diperhatikan agar tidak boleh terjadi retak. Apabila disangsikan akan terjadi kerusakan pada cetakan sewaktu penarikan pola, maka penarikan lebih baik dilakukan setelah cetakan keras. Tentu saja penarikan menjadi lebih sukar. Oleh karena itu permukaan pola lebih baik dibuat

halus dan diberi kemiringan yang cukup serta dilapisi dengan minyak encer atau minyak tanah supaya mudah ditarik.

Cetakan berukuran kecil dari pasir campuran semen dipakai sewaktu basah, sedangkan berukuran besar lebih baik dikeringkan dulu pada temperatur 200°C selama 2 atau 3 jam.

## 2.6. Kekuatan Cetakan Pasir

Pada cetakan, kekuatan tekan terjadi pada seluruh permukaan cetakan bagian dalam akibat gaya tekan dari logam cair. Bila kekuatan tekan cetakan pasir terlalu rendah akan mengakibatkan cetakan akan pecah saat dituang logam cair. *Green compressive strength* cetakan pasir lembab umumnya 5 psi sampai 22 psi, tergantung dari campuran pasir cetak yang dipergunakan.

Kekuatan geser dari cetakan terjadi pada seluruh daerah permukaan cetakan dan telapak inti. Pada permukaan cetakan terjadi gaya geser yang disebabkan logam cair yang mengalir memenuhi cetakan. *Green shear strength* cetakan pasir lembab umumnya 1,5 psi sampai 7 psi tergantung dari campuran pasir cetak yang dipergunakan.

Kekuatan tarik terjadi saat logam cair mengalami pembekuan. Saat pembekuan, logam cair akan menyusut, hal ini akan mengakibatkan cetakan akan tertarik ke arah penyusutan cetakan tersebut. *Green tensile strength* cetakan pasir lembab umumnya 1 psi sampai 6 psi tergantung dari campuran pasir cetak yang dipergunakan (Heine, 1985:95).

## 2.7. Permeabilitas Cetakan Pasir

Salah satu keuntungan dari cetakan pasir adalah cetakan ini memiliki permeabilitas yang dapat diatur. Permeabilitas adalah kemampuan pasir cetak untuk mengalirkan udara gas melalui pori-pori cetakan.

Pada saat dilakukan penuangan maka air yang terkandung di dalam cetakan akan menguap dan akan mengalir keluar bersama dengan udara di dalam rongga cetakan. Jika permeabilitas cetakan buruk maka udara akan terjebak di dalam rongga dan dapat mengakibatkan cacat pada hasil coran. Selain mempertimbangkan permeabilitas, untuk menghindari terjebaknya udara di dalam rongga cetakan maka terkadang dibuat saluran khusus untuk mengalirkan udara keluar dari rongga cetakan. Tetapi dengan menambah jumlah saluran akan mengakibatkan jumlah material yang

dibuang dalam proses *finishing* semakin banyak. Permeabilitas yang cocok untuk pengecoran aluminium paduan berkisar antara 7–13 cm<sup>3</sup>/menit (Rao, 1987:98).

## 2.8. Semen

Secara umum semen dapat dideskripsikan sebagai material yang mempunyai sifat adhesif dan kohesif yang memungkinkan untuk mengikat kepingan mineral menjadi satu kesatuan utuh (Neville, 1981:1). Semen dibagi atas dua kelompok :

- Semen hidrolis adalah semen yang dapat mengeras dalam air, menghasilkan padatan yang stabil dalam air.
- Semen non hidrolis adalah semen yang tidak dapat mengeras dalam air atau tidak stabil dalam air.

Semen tersusun dari 4 senyawa utama yaitu: oksida kapur (CaO), oksida silika (SiO<sub>2</sub>), oksida besi (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dan oksida alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Kandungan dari keempat oksida utama tersebut kurang lebih 90% dari berat semen dan biasanya disebut *major oxide*, sedangkan sisanya 10% disebut *minor oxide*. Keempat oksida tersebut dibakar dengan perbandingan tertentu akan menghasilkan senyawa-senyawa penyusun semen yaitu :

- a. Trikalsium silikat : 3CaO.SiO<sub>2</sub> atau C<sub>3</sub>S
- b. Dikalsium silikat : 2CaO.SiO<sub>2</sub> atau C<sub>2</sub>S
- c. Trikalsium aluminat : 3CaO.Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> atau C<sub>3</sub>A
- d. Tetrakalsium aluminat ferrit : 4CaO.Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> atau C<sub>4</sub>AF

Semen portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak yang terutama terdiri dari atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis yang digiling bersama dengan satu atau lebih bahan tambahan biasanya *gypsum*.

Menurut ASTM, semen portland dibagi menjadi 5 jenis yaitu :

- a. Semen portland jenis I  
Yaitu semen portland dengan kadar C<sub>3</sub>S tinggi (55%). Lebih dikenal dengan semen abu-abu dan dipakai untuk keperluan umum, seperti konstruksi bangunan yang tidak memerlukan persyaratan khusus, misalnya panas hidrasi, ketahanan sulfat dan sebagainya.
- b. Semen portland jenis II  
Yaitu semen portland dengan kadar C<sub>3</sub>S tinggi (51%), C<sub>3</sub>A (6%) dan alkali rendah. Digunakan dalam situasi yang memerlukan kalor hidrasi yang tidak

terlalu tinggi atau untuk bangunan beton yang dapat terkena aksi sulfat yang sedang.

c. Semen portland jenis III

Yaitu semen portland dengan kadar kandungan  $C_3S$  yang tinggi (56%),  $C_3A$  rendah dan butirannya sangat halus. Banyak digunakan untuk konstruksi beton yang membutuhkan kekuatan awal dan kekuatan tekan tinggi seperti ; jembatan dan pondasi berat.

d. Semen portland jenis IV

Yaitu semen portland dengan kadar  $C_3S$  dan  $C_3A$  rendah. Karena kandungan  $C_3S$ -nya rendah (28%), maka kekuatan awalnya sangat rendah. Semen ini digunakan untuk konstruksi karena ketahanan sulfatnya rendah, panas hidrasi rendah dan pengerutannya juga rendah.

e. Semen portland jenis V

Yaitu semen portland dengan kadar  $C_3A$  rendah. Semen ini dipakai dalam lingkungan asam atau lingkungan yang tahan terhadap pengaruh sulfat, seperti bangunan pengolahan limbah industri kimia dan bangunan di tepi laut.

## 2.9. Bahan Coran

Pada industri pengecoran logam dikenal berbagai macam bahan yang digunakan sebagai bahan pengecoran logam. Bahan-bahan tersebut antara lain besi cor, baja cor, paduan tembaga, paduan aluminium dan lain-lain (Surdia, 1980:4).

### 2.9.1. Aluminium dan Paduannya

Paduan aluminium diklasifikasikan dalam berbagai standar oleh berbagai negara di dunia. Saat ini klasifikasi yang terkenal dan sempurna adalah standar AA (*Aluminum Association*) di Amerika yang didasarkan atas standar yang terdahulu dari Alcoa (*Aluminum Company of America*). Paduan aluminium dapat digolongkan menjadi dua kelompok utama, yaitu:

1. Paduan Aluminium Tempa (*Aluminum Wrought Alloy*)

Paduan ini dibuat untuk dikerjakan dengan proses *rolling*, *extruding*, *drawing*, *forming*, *forging* dan sebagainya untuk menghasilkan bentuk yang diinginkan seperti pelat, lembaran atau kawat. Menurut standar AA, paduan aluminium tempa dinyatakan dalam 4 angka. Angka pertama menyatakan unsur utama paduan. Angka kedua menyatakan adanya modifikasi dari

paduan, sedangkan angka ketiga dan keempat menyatakan jumlah minimum aluminium dalam paduan. Tabel 2.2. menunjukkan penggolongan paduan aluminium tempa dan serinya.

Tabel 2.2. Klasifikasi paduan aluminium tempa

UNSUR UTAMA PADUAN	SERI
Aluminium dengan kemurnian minimum 99% atau lebih	1XXX
Tembaga	2XXX
Mangan	3XXX
Silikon	4XXX
Magnesium	5XXX
Magnesium dan Silikon	6XXX
Seng	7XXX
Unsur-unsur yang lain	8XXX

Sumber : DeGarmo, 1988:159

## 2. Paduan Aluminium Cor (*Aluminum Casting Alloy*)

Pada paduan ini, bentuk benda yang diinginkan diperoleh dari logam cair yang dituang pada cetakan dengan bentuk yang diinginkan dan dibiarkan membeku, sehingga didapatkan produk yang mendekati bentuk aslinya untuk kemudian di-*finishing*. Penandaan pada paduan ini juga menggunakan standar AA dengan 4 angka penandaan. Angka pertama menyatakan unsur utama paduan, angka kedua dan ketiga menyatakan jumlah minimum aluminium dalam paduan. Sedangkan angka terakhir yang dipisahkan dengan tanda pecahan desimal menyatakan bentuk produk, untuk bentuk akhir coran (*final shape*) dinyatakan dengan angka 0, sedangkan untuk bentuk *ingot* dinyatakan dengan angka 1 atau 2. Tabel 2.3. menunjukkan penggolongan paduan aluminium cor dan serinya.

Tabel 2.3. Klasifikasi paduan aluminium cor

UNSUR UTAMA PADUAN	SERI
Aluminium dengan kemurnian minimum 99% atau lebih	1XX.X
Tembaga	2XX.X
Silikon dengan Tembaga dan/atau Magnesium	3XX.X
Silikon	4XX.X
Magnesium	5XX.X
Seng	7XX.X
Tin	8XX.X
Unsur-unsur yang lain	9XX.X

Sumber : DeGarmo, 1988:164

### 2.9.2. Sifat-sifat Aluminium Paduan

Aluminium mempunyai sifat-sifat yang lebih baik dibandingkan dengan keadaan normalnya, terutama peningkatan kekuatannya. Sementara apabila dibandingkan dengan logam lainnya, aluminium paduan mempunyai beberapa kelebihan seperti ketahanan korosi, kemampuan daya hantar panas yang baik, sifat mampu bentuk serta sifat-sifat mekanis yang lainnya. Beberapa sifat aluminium paduan antara lain:

a. Berat jenis

Umumnya berat jenis aluminium dengan kandungan 99,99% aluminium adalah  $0,0975 \text{ lb.in}^{-3}$  pada temperatur  $25^{\circ}\text{C}$ .

b. Kekerasan

Aluminium murni mempunyai kekerasan yang rendah yaitu 17 BHN. Dengan penambahan paduan, kekerasannya meningkat. Kekerasan ini juga biasa digunakan dengan perlakuan panas, meskipun lebih rendah dari logam lain.

c. Tegangan tarik maksimum

Tegangan tarik aluminium dengan kandungan 99,99% aluminium mendekati 7000 psi. Harga ini dapat meningkat dengan penambahan unsur paduan tertentu.

d. Konduktivitas termal

Aluminium merupakan suatu bahan yang memiliki konduktivitas panas yang baik, sehingga aluminium menjadi alternatif yang baik untuk berbagai keperluan yang berhubungan dengan perpindahan panas.

e. Mampu bentuk

Dengan meningkatnya kekuatan aluminium akibat dari penambahan unsur paduan maka sifat mampu bentuknya akan menurun.

f. Ketahanan korosi

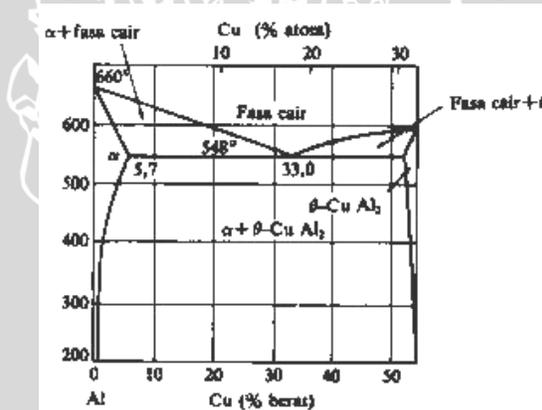
Sifat tahan korosi dari aluminium paduan yang disebabkan oleh udara bahkan air dikarenakan adanya lapisan tipis yang dikenal sebagai aluminium oksida. Lapisan ini terbentuk secara spontan pada permukaan ketika kontak dengan udara. Dengan sifat tahan korosi ini memungkinkan penggunaan yang luas bagi aluminium paduan dari elemen konstruksi pesawat terbang, komponen-komponen kendaraan bermotor sampai kepada peralatan rumah tangga.

### 2.9.3. Pengaruh Unsur-unsur Paduan

Unsur-unsur paduan yang digunakan dalam paduan aluminium sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat yang dimiliki oleh aluminium tersebut. Di bawah ini uraian singkat tentang macam-macam unsur paduan dan pengaruhnya terhadap sifat aluminium (Surdia, 1999:142). Unsur-unsur pemuad aluminium tersebut antara lain:

#### a. Tembaga (Cu)

Penambahan Cu akan memperbaiki sifat mampu mesin aluminium paduan. Tembaga merupakan salah satu unsur paduan penting yang digunakan pada Al karena dengan paduan ini akan membentuk *solid-solution strengthening* dan dengan *heat treatment* yang sesuai dapat meningkatkan kekuatannya dengan membentuk *precipitate*. Kelarutan maksimum Cu di dalam Al adalah pada kandungan 5,7% Cu dengan temperatur sekitar 550°C. Kelarutan Cu akan turun sesuai dengan penurunan temperatur. Pada temperatur ruang, batas kelarutan Cu di dalam Al adalah kurang dari 0,1%. Gambar 2.3. menunjukkan diagram fase Al-Cu



Gambar 2.3. Diagram fase Al-Cu  
Sumber : Surdia, 1980:129

#### b. Silikon (Si)

Silikon mampu meningkatkan sifat mampu cor. Dalam hal ini yang mampu diperbaiki adalah cara mengurangi penyusutan coran sampai 1,5 kali aluminium murni, mengurangi penyerapan gas dalam pengecoran dan meningkatkan mampu alirnya. Selain itu dapat meningkatkan ketahanan korosi. Namun, silikon mempunyai pengaruh buruk yaitu menurunkan sifat mampu mesinnya.

c. Titanium (Ti)

Penambahan titanium pada aluminium bertujuan untuk mendapatkan struktur yang halus. Biasanya penambahan ini diberikan bersama dengan karbon (C) dengan prosentase 0,1% agar didapatkan struktur butiran yang halus selama proses rekristalisasi.

d. Magnesium (Mg)

Digunakan untuk meningkatkan daya tahan aluminium. Apabila dipadukan dengan silikon maka daya tahannya akan meningkat, selain itu Mg juga akan meningkatkan sifat mampu bentuk dan mampu mesin aluminium tanpa menurunkan keuletannya.

e. *Ferrous* (Fe)

Penambahan Fe dimaksudkan untuk mengurangi penyusutan, tetapi apabila kandungan Fe terlalu besar akan menyebabkan struktur butiran yang kasar. Hal ini dapat diperbaiki dengan menambahkan sejumlah kecil Mn dan C.

f. Mangan (Mn)

Penambahan Mn akan meningkatkan ketahanan karat aluminium dan apabila dipadu dengan Mg akan memperbaiki kekuatannya.

g. *Zinc* (Zn)

Umumnya ditambahkan dengan tembaga dalam prosentase yang kecil. Dengan penambahan ini akan meningkatkan sifat-sifat mekanis tanpa perlakuan panas serta memperbaiki sifat mampu mesin.

## 2.10. Cacat Coran

Banyak faktor yang dapat menyebabkan terjadinya cacat. Terdapat 3 tipe dasar cacat dalam pengecoran (Jain, 1987:195).

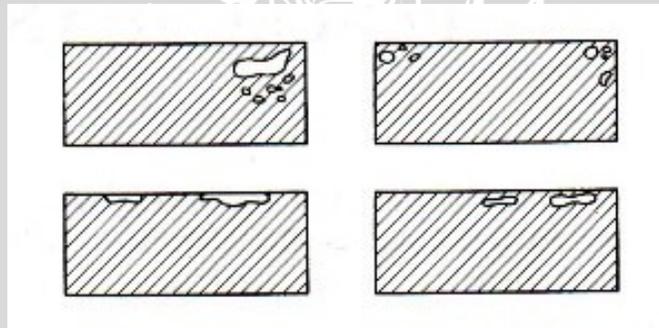
1. Cacat mayor yaitu cacat yang tidak dapat diperbaiki dan menyebabkan penolakan hasil coran.
2. Cacat yang dapat diperbaiki tetapi biaya perbaikan terlalu tinggi.
3. Cacat minor yaitu cacat yang dapat diperbaiki dan biaya perbaikan tidak terlalu tinggi.

Cacat-cacat pada aluminium paduan pada dasarnya sama dengan cacat yang terjadi pada besi cor, tetapi pada aluminium paduan sering terjadi cacat berupa *gas defect* (cacat yang terjadi akibat gas-gas yang terjebak atau terlarut pada logam cair)

terutama yang mempergunakan cetakan pasir. Secara umum cacat yang terjadi pada aluminium paduan antara lain cacat rongga udara (*blow hole*), cacat lubang jarum (*pin hole*), inklusi pasir dan lain-lain.

### 2.10.1. Cacat Rongga Udara (*Blow Hole*)

Merupakan cacat yang terjadi pada berbagai bentuk, rongga udara dapat muncul sebagai lubang pada permukaan atau di dalam coran, terutama sedikit di bawah permukaan yang merupakan rongga-rongga bulat. Cacat-cacat ini mempunyai warna yang berbeda-beda sesuai dengan sebab terjadinya cacat, yaitu warna karena oksidasi atau karena tidak teroksidasi. Cacat ini terjadi karena terjebaknya udara dan uap air pada dinding cetakan bagian dalam sebagai akibat dari logam cair yang dioksidasi (Jain, 1987:197). Penetrasi dari cacat jenis ini bervariasi sehingga untuk cacat dengan kedalaman yang besar akan memerlukan *finishing* yang cukup banyak membuang material.



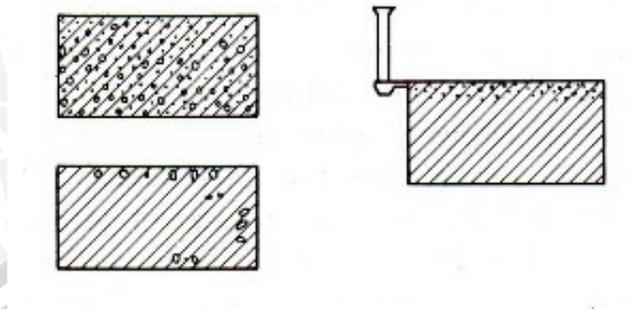
Gambar 2.4. Cacat rongga udara (*blow hole*)

Sumber : Surdia, 1980:212

### 2.10.2. Cacat Lubang Jarum (*Pin Hole*)

Cacat lubang jarum merupakan cacat yang mana permukaannya halus dan berbentuk bola, ukuran cacat lubang jarum adalah di bawah 1-2 mm (sangat kecil) dan penetrasi yang sangat dalam seperti tusukan jarum. Dalam banyak hal, lubang jarum tersebar pada permukaan, sedangkan permukaannya berwarna perak atau berwarna biru karena oksidasi. Pada prinsipnya cacat ini disebabkan oleh hal yang sama dengan cacat rongga udara akan tetapi cacat ini disebabkan oleh gas  $H_2$  yang terkandung dalam air pada cetakan, dimana karena temperatur tinggi maka  $H_2O$  akan terpecah dan gas  $H_2$  akan terlarut pada logam cair. Hal ini akan menimbulkan cacat berupa rongga kecil yang berwarna kebiruan pudar. Intinya karena adanya gas yang terbawa dalam logam cair selama pencairan dan terserap

selama penuangan. Karena penetrasi yang cukup dalam maka terkadang *finishing* sampai kedalaman 0,25 mm belum mampu menghilangkan cacat ini.

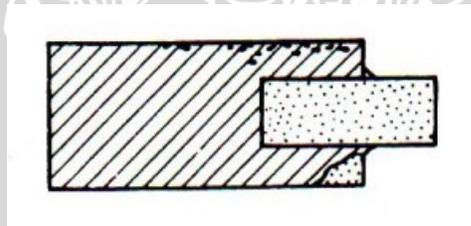


Gambar 2.5. Cacat lubang jarum (*pin hole*)

Sumber : Surdia, 1980:212

### 2.10.3. Cacat Inklusi Pasir

Inklusi pasir adalah cacat di mana pasir terbawa dalam coran dan cacat yang terjadi pada permukaan atau di dalam coran (Surdia, 1980:230). Cacat ini terjadi akibat melekatnya pasir dari cetakan pada permukaan coran. Hal ini dikarenakan ikatan antar butiran pasir kurang baik sehingga kekuatan cetakan pasir rendah.



Gambar 2.6. Cacat inklusi pasir

Sumber : Surdia, 1980:215

### 2.11. Pemeriksaan Coran

Pemeriksaan coran merupakan salah satu cara untuk melihat kualitas hasil coran. Untuk mengetahui apakah coran tersebut layak untuk dipasarkan atau tidak. Pemeriksaan dapat dilakukan dengan metode yang tidak merusak coran dan dapat juga dengan metode yang merusak coran. Secara umum pemeriksaan coran digolongkan sebagai berikut:

1. Pemeriksaan Rupa.
2. Pemeriksaan Penetrasi.
3. Pemeriksaan Magnafluks.
4. Pemeriksaan Supersonik.

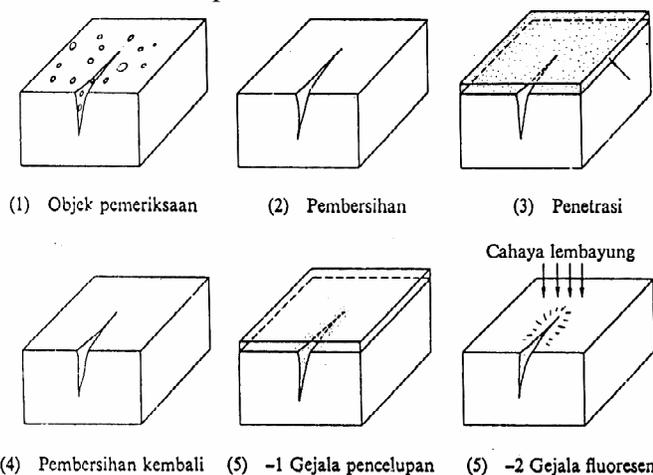
### 2.11.1. Pemeriksaan Rupa

Pemeriksaan rupa ini dimaksudkan terutama untuk meneliti cacat yang terjadi pada permukaan benda cor dimana kebanyakan cacat coran dapat diteliti oleh pemeriksaan ini. Pemeriksaan rupa terutama dilakukan dengan penglihatan (Surdia, 1980:218). Dalam pemeriksaan ini yang diteliti adalah ketidakteraturan, inklusi retakan, rongga udara, lubang jarum dan sebagainya yang terdapat di permukaan. Untuk pemeriksaan ukuran digunakan alat ukur yang sudah biasa dipakai yaitu jangka sorong dan mikrometer.

### 2.11.2. Pemeriksaan Penetrasi

Pemeriksaan ini dipergunakan untuk meneliti cacat seperti retak, rongga udara, rongga penyusutan dan lubang jarum yang memberikan lubang kecil pada permukaan produk. Pemeriksaan ini dibagi menjadi penetrasi pencelup warna dan penetrasi fluoresen yang menggunakan cairan fluoresen. Kedua cara ini menggunakan azas yang sama. Pada gambar 2.7. ditunjukkan azas pemeriksaan tersebut, yaitu:

- Benda coran dibersihkan.
- Cairan penetran disebar ke atas permukaan yang akan diperiksa.
- Setelah beberapa saat, cairan yang ada di permukaan dibersihkan dan tersisa cairan penetran yang merembes di dalam cacat benda coran.
- Cairan yang tersisa di dalam cacat tersebut kemudian diberi warna sesuai dengan larutan atau dibuat fluoresen di bawah cahaya terang. Dengan demikian cacat tersebut dapat terlihat.

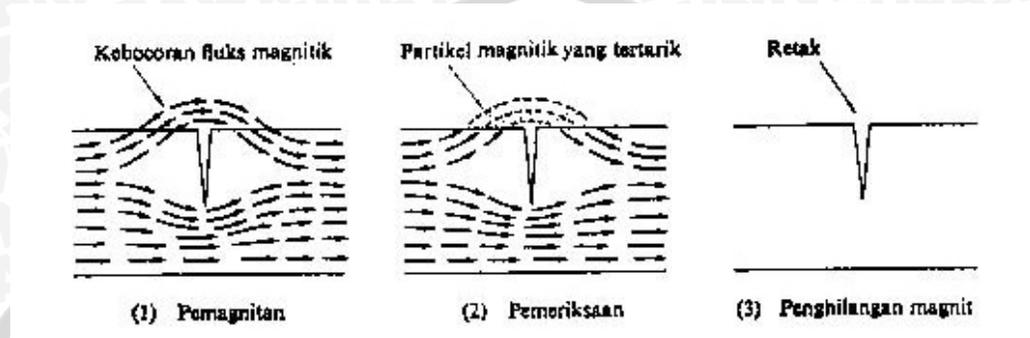


Gambar 2.7. Azas pemeriksaan penetrasi

Sumber : Surdia, 1980:200

### 2.11.3. Pemeriksaan Magnafluks

Pemeriksaan ini digunakan untuk mengetahui cacat dalam yang dimiliki oleh suatu produk pengecoran yang bersifat magnetis. Pemeriksaan ini dilakukan dengan memberi produk magnet dengan sebuah alat pemagnet sehingga dihasilkan fluks seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.8.



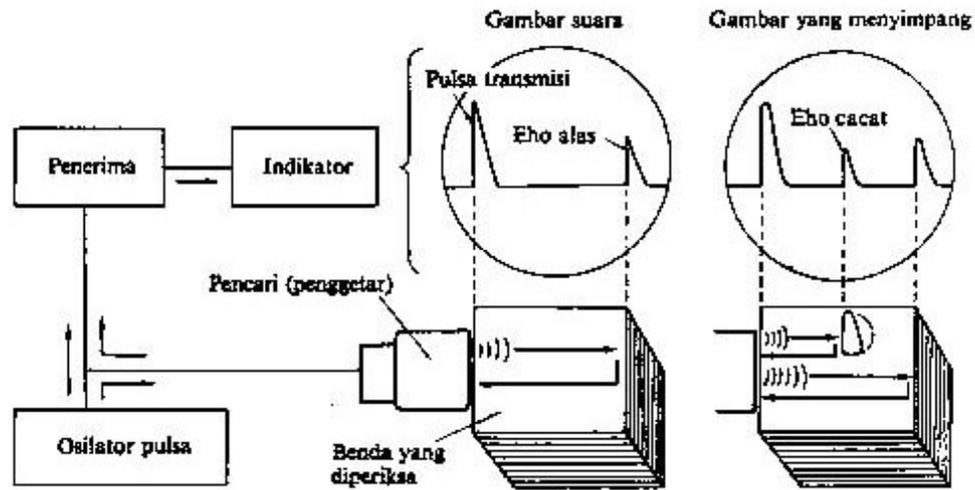
Gambar 2.8. Azas pemeriksaan magnafluks

Sumber : Surdia, 1980:200

Kutub magnetis terjadi pada cacat sehingga menyebabkan serbuk besi yang tersebar tertarik di sekitar cacat. Dalam hal ini serbuk besi yang terkumpul jauh lebih besar dari ukuran cacat yang sebenarnya, hal ini menyebabkan cacat kecil yang sukar dilihat oleh mata dapat dengan mudah dideteksi.

### 2.11.4. Pemeriksaan Supersonik

Dalam pemeriksaan ini pengamatan dilakukan dengan mengarahkan gelombang supersonik pada bagian produk yang akan diuji dan menangkap ketidaknormalan gelombang yang dipantulkan. Jika gelombang supersonik menjalar di dalam benda maka akan dipantulkan oleh cacat yang ada di dalam coran. Pulsa supersonik dihasilkan oleh osilator pulsa dan penggetar dalam pencari kemudian diteruskan ke dalam benda yang akan diuji dengan jalan menempelkan pencari pada produk. Jika terdapat cacat maka sebagian gelombang akan dipantulkan kembali kepada pencari, sebagian lain akan melewati cacat dan dipantulkan oleh bidang sisi sehingga pulsa pantulan yang biasa lebih lambat ditangkap pencari seperti pada gambar 2.9.



Gambar 2.9. Azas pemeriksaan Supersonik  
Sumber: Surdia, 1980:202

## 2.12. Hipotesis

Dari teori dan penelitian sebelumnya diketahui bahwa kadar pengikat semen portland pada pasir cetak berpengaruh terhadap cacat permukaan hasil coran paduan aluminium paduan. Apabila kadar semen semakin sedikit pada cetakan pasir, maka permeabilitas cetakan pasir besar tetapi kekuatannya kecil, sehingga dapat menyebabkan terjadinya cacat coran inklusi pasir. Sedangkan apabila kadar semen semakin besar pada cetakan pasir, maka permeabilitas cetakan pasir menjadi kecil tetapi kekuatannya besar, maka hal ini dapat mengakibatkan terjadinya cacat *blow hole* dan *pin hole*. Sehingga dapat diduga bahwa penggunaan semen portland dengan kadar tertentu sebagai pengikat pasir cetak dapat meminimalkan cacat permukaan hasil pengecoran aluminium paduan yang terjadi.

## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian eksperimental nyata (*true experimental research*), dalam hal ini penelitian yang bertujuan untuk menyelidiki dan mengetahui pengaruh kadar semen portland terhadap cacat permukaan hasil pengecoran aluminium paduan. Kajian literatur dari berbagai sumber baik dari buku ataupun jurnal yang ada di perpustakaan dan internet juga dilakukan untuk menambah informasi yang diperlukan.

### 3.2. Variabel Penelitian

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

#### 1. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang besarnya ditentukan oleh peneliti dan ditetapkan sebelum melakukan penelitian. Besar variabel ini dapat diubah-ubah untuk mendapatkan hubungan antara variabel bebas dengan variabel terikatnya. Dalam penelitian ini, variabel bebas yang digunakan adalah kadar semen portland pada pasir cetak yaitu sebesar 4%, 6%, 8%, 10%, 12%.

#### 2. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang besarnya tergantung pada variabel bebas dan diketahui setelah penelitian itu dilakukan. Besar variabel terikat dapat berubah-ubah sesuai dengan variabel bebas jika terdapat hubungan antara keduanya. Dalam penelitian ini variabel terikatnya adalah prosentase luas cacat permukaan yang terjadi pada benda hasil coran.

#### 3. Variabel Terkontrol

Variabel terkontrol adalah variabel yang besarnya dikendalikan selama penelitian. Dalam penelitian ini variabel terkontrolnya adalah sebagai berikut:

- Kadar air yang digunakan sebesar 5%,
- Temperatur peleburan bahan coran 700°C,
- Pasir cetak yang digunakan dengan ukuran mesh 150.

### 3.3. Peralatan dan Bahan yang digunakan

#### 3.3.1. Peralatan yang digunakan

##### 1. Dapur listrik

Dapur listrik digunakan untuk proses peleburan aluminium yang akan digunakan sebagai bahan coran. Spesifikasi dapur listrik yang digunakan adalah sebagai berikut:

Jenis	: Crucible furnace
Tipe	: C 18
T <sub>o</sub>	: Temperatur <i>holding</i>
T <sub>1</sub>	: Temperatur kerja
T <sub>2</sub>	: Temperatur maksimum dapur
T <sub>o min</sub>	: 30°C
T <sub>2 maks</sub>	: 1300°C
Negara pembuat	: Jerman



Gambar 3.1. Dapur listrik

Sumber : Laboratorium Pengecoran Logam Jurusan Mesin  
Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

2. Timbangan elektrik,
3. Mistar ukur,
4. Pola cetakan,
5. Gelas ukur,
6. Rangka cetakan,
7. Tempat pasir,
8. Mesin bubut,
9. Berbagai alat untuk keselamatan kerja.

### 3.3.2. Bahan yang digunakan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pasir silika

Pasir silika yang digunakan memiliki ukuran mesh 150. Untuk menghindari hasil coran yang menyimpang maka digunakan pasir yang sama dalam penelitian.

2. Air.

3. Semen portland jenis I.

4. Aluminium paduan dengan komposisi 98,3% Al, 0,01% Ca, 0,01% Ti, 0,026% Mn, 0,151% Fe, 0,02% Ga, 1,2% Ag, 0,14% Te, 0,02% Ba, 0,1% Ir.

### 3.4. Gambar Benda Kerja

Terlampir.

### 3.5. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Mei sampai dengan Juli 2007 dan dilakukan di tempat-tempat sebagai berikut:

1. Laboratorium Pengecoran Logam Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

2. Laboratorium Otomasi Manufaktur (NC/CNC) Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

### 3.6. Prosedur Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah:

1. Menyiapkan alat dan bahan yang digunakan untuk penelitian.

2. Pembuatan cetakan pasir dengan salurannya.

3. Peleburan aluminium paduan dalam dapur listrik.

4. Aluminium yang telah mencapai titik cair yang telah ditentukan, dituangkan ke dalam rongga cetakan.

5. Setelah dibiarkan beberapa saat, cetakan dibuka, kemudian hasil coran di-*finishing*.

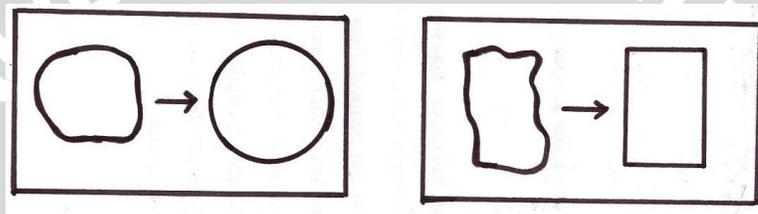
6. Pengulangan langkah no. 2-5 dengan penambahan kadar semen portland sebesar 6%, 8%, 10%, 12%.

7. Pengambilan data dan menganalisa data yang diperoleh. Pengambilan data dilakukan dengan cara menghitung prosentase cacat permukaan yang terjadi pada hasil coran, jadi metode pemeriksaan yang dipakai adalah pemeriksaan rupa.

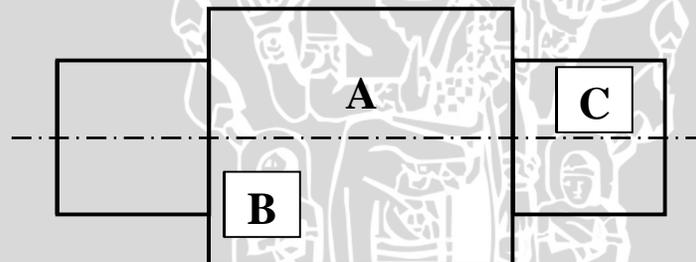
8. Pengambilan kesimpulan.

Langkah-langkah dalam menghitung prosentase cacat permukaan yang terjadi adalah sebagai berikut:

1. Menandai cacat yang ada.
2. Menghitung luasan setiap cacat yang terjadi. Dalam menghitung luasan dilakukan pendekatan-pendekatan. Contoh pendekatan dalam menentukan luasan cacat sebagai berikut:



Contoh perhitungan prosentase cacat:



$$\% \text{ Cacat permukaan} = \frac{\text{Luas B} + \text{Luas C}}{\text{Luas A}} \times 100\%$$

dimana ; Luas A adalah luas seluruh permukaan coran,

Luas B adalah luas cacat coran,

Luas C adalah luas cacat coran.

### 3.7. Rancangan Penelitian

#### 3.7.1. Analisis Statistik

Analisis statistik di sini bertujuan untuk menduga perubahan rata-rata yang terjadi dalam hal prosentase cacat permukaan yang terjadi sebagai akibat pengaruh variasi kadar semen portland sebagai pengikat dalam cetakan pasir. Analisis tersebut adalah sebagai berikut:

1. Prosentase luas cacat permukaan rata-rata ( $\bar{x}$ ).

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} \tag{3-1}$$

2. Standar deviasi ( $\sigma$ ).

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}} \tag{3-2}$$

3. Standar deviasi rata-rata ( $\bar{\sigma}$ ).

$$\bar{\sigma} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \tag{3-3}$$

4. Interval penduga rata-rata prosentase luas cacat permukaan.

$$\bar{x} - t\left(\frac{\alpha}{2}, db\right)\sigma < \mu < \bar{x} + t\left(\frac{\alpha}{2}, db\right)\sigma \tag{3-4}$$

### 3.7.2. Analisis Varian Satu Arah

Analisis varian satu arah digunakan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh variasi kadar semen portland sebagai pengikat pasir cetak pada cetakan pasir terhadap luas cacat permukaan hasil pengecoran aluminium paduan. Harga variabel terikat dianggap sebagai  $\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4$  dan  $\mu_5$  maka hipotesis dapat dituliskan sebagai berikut:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$$

(Tidak ada pengaruh nyata dari variasi kadar semen portland sebagai pengikat pada cetakan pasir terhadap cacat permukaan)

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$$

(Ada pengaruh nyata dari variasi kadar semen portland sebagai pengikat pada cetakan pasir terhadap cacat permukaan)

Pengamatan dapat ditabelkan sebagai berikut:

Tabel 3.1. Tabel pengamatan data

Perlakuan	Prosentase luas cacat permukaan				
	Kadar semen portland 4%	Kadar semen portland 6%	Kadar semen portland 8%	Kadar semen portland 10%	Kadar semen portland 12%
1	$Y_{11}$	$Y_{12}$	$Y_{13}$	$Y_{14}$	$Y_{15}$
2	$Y_{21}$	$Y_{22}$	$Y_{23}$	$Y_{24}$	$Y_{25}$
3	$Y_{31}$	$Y_{32}$	$Y_{33}$	$Y_{34}$	$Y_{35}$
4	$Y_{41}$	$Y_{42}$	$Y_{43}$	$Y_{44}$	$Y_{45}$
Jumlah	$SY_{i1}$	$SY_{i2}$	$SY_{i3}$	$SY_{i4}$	$SY_{i5}$
Nilai rata-rata	$\bar{Y}_{i1}$	$\bar{Y}_{i2}$	$\bar{Y}_{i3}$	$\bar{Y}_{i4}$	$\bar{Y}_{i5}$

Berdasarkan data pada tabel tersebut di atas dapat dihitung antara lain:

$$1. \text{ Jumlah seluruh perlakuan} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij} \quad (3-5)$$

$$2. \text{ Jumlah kuadrat seluruh perlakuan} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij}^2 \quad (3-6)$$

$$3. \text{ Faktor koreksi (fk)} = \frac{\left( \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij} \right)^2}{\sum ni} \quad (3-7)$$

$$4. \text{ Jumlah kuadrat total (JKT)} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij}^2 - fk \quad (3-8)$$

$$5. \text{ Jumlah kuadrat perlakuan (JKP)} = \frac{\sum_{j=1}^k \left( \sum_{i=1}^n Y_{ij} \right)^2}{ni} - fk \quad (3-9)$$

$$6. \text{ Jumlah kuadrat galat (JKG)} = \text{JKT} - \text{JKP} \quad (3-10)$$

$$7. \text{ Kuadrat tengah perlakuan (KTP)} = \frac{\text{JKP}}{k-1} \quad (3-11)$$

$$8. \text{ Kuadrat tengah galat (KTG)} = \frac{\text{JKG}}{n-k} \quad (3-12)$$

Dari data perhitungan di atas dapat dicari  $F_{hitung}$  dengan rumus:

$$F_{hitung} = \frac{\text{KTP}}{\text{KTG}} \quad (3-13)$$

Untuk membuat uji analisis variabel analisis varian dibuat tabel analisis varian satu arah sebagai berikut:

Tabel 3.2. Analisis varian satu arah

Jumlah varian	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat total	$F_{hitung}$	$F_{tabel}$
Pengujian	k-1	JKP	KTP		
Galat	k(n-1)	JKG	KTG		
Total	nk-1	JKT			

Pengujian ada tidaknya pengaruh perlakuan adalah dengan membandingkan  $F_{hitung}$  dengan  $F_{tabel}$  :

1. Jika  $F_{hitung} > F(a, k, db)$ , berarti  $H_0$  ditolak. Hal ini menyatakan bahwa ada perbedaan yang berarti antara variasi kadar semen portland sebagai pengikat pada cetakan pasir terhadap luas cacat permukaan hasil coran aluminium paduan.

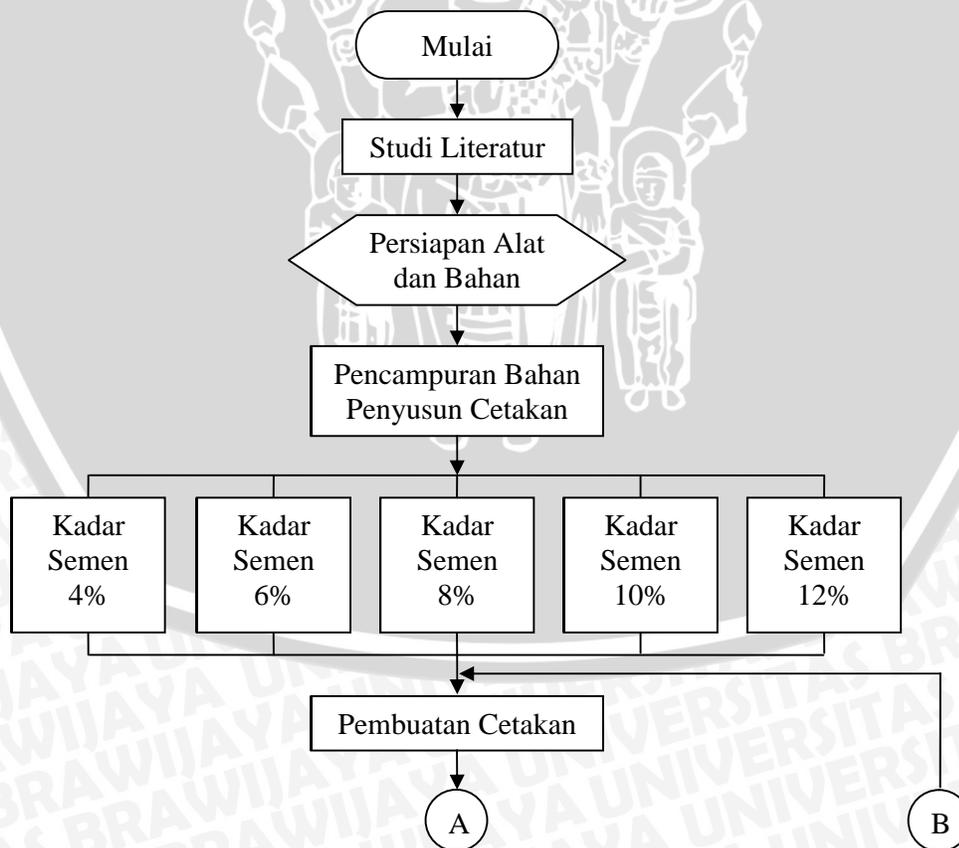
2. Jika  $F_{hitung} < F(a, k, db)$ , berarti  $H_0$  diterima. Hal ini menyatakan bahwa tidak ada perbedaan yang berarti antara variasi kadar semen portland sebagai pengikat pada cetakan pasir terhadap luas cacat permukaan hasil coran aluminium paduan.

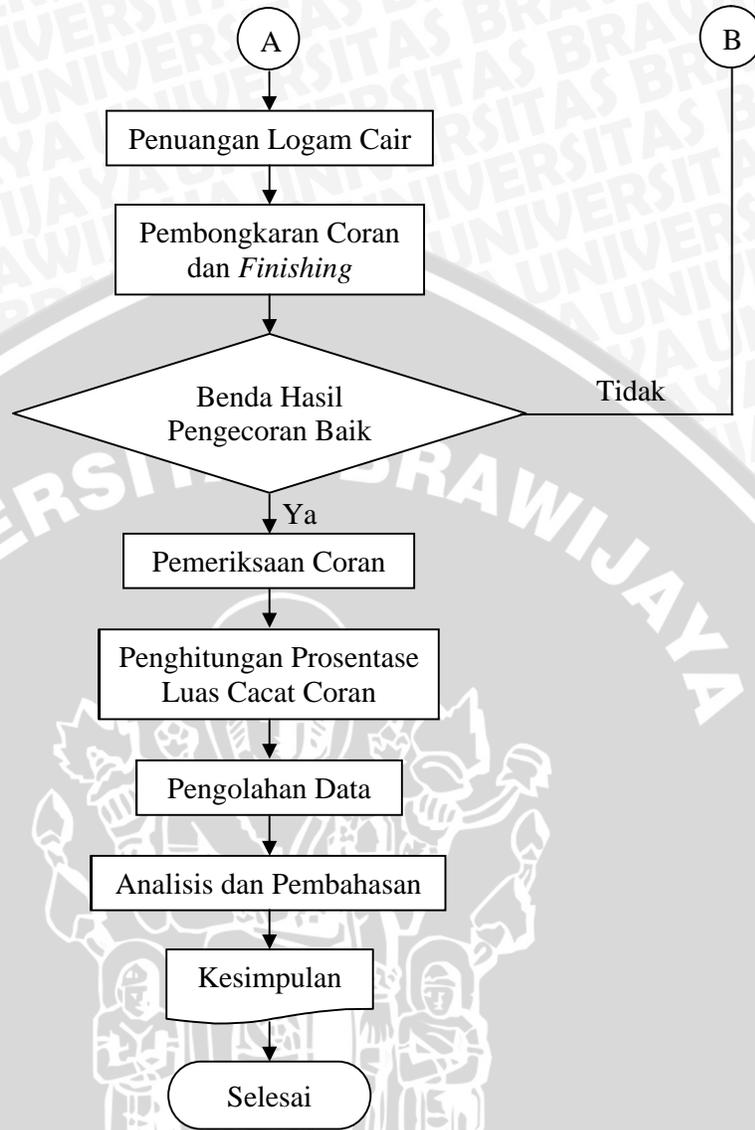
### 3.7.3. Analisis Regresi

Analisis regresi digunakan untuk memprediksi hubungan antara variabel bebas dengan variabel terikat dari data yang didapat. Pada analisis regresi digunakan persamaan-persamaan regresi yang memiliki jenis yang bermacam-macam tergantung pada data yang diperoleh. Persamaan regresi yang digunakan bisa linier, polinomial ataupun eksponensial tergantung dari model yang paling mendekati kecenderungan dari data yang diperoleh.

### 3.8. Diagram Alir Penelitian

Untuk memudahkan penelitian, dapat dipakai diagram alir seperti tampak pada gambar di bawah ini.





Gambar 3.2. Diagram alir penelitian



**BAB IV**  
**ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN**

**4.1. Data Hasil Pengujian**

Berdasarkan pengujian yang dilakukan, didapatkan data hasil pemeriksaan hasil coran yang ditabelkan sebagai berikut :

Tabel 4.1. Data hasil pemeriksaan cacat permukaan hasil coran

Perlakuan	Prosentase Cacat Permukaan (%)				
	Kadar Semen Portland 4%	Kadar Semen Portland 6%	Kadar Semen Portland 8%	Kadar Semen Portland 10%	Kadar Semen Portland 12%
1	0,28231	0,23525	0,56461	0,75281	1,97614
2	0,1882	0,1882	0,23525	0,61166	1,17627
3	0,23525	0,11763	0,70576	0,70576	0,91749
4	0,32936	0,14115	0,35288	0,75281	1,76441
S	<b>1,03512</b>	<b>0,68224</b>	<b>1,85851</b>	<b>2,82305</b>	<b>5,83431</b>
Nilai rata-rata	<b>0,25878</b>	<b>0,1705596</b>	<b>0,46462779</b>	<b>0,705763737</b>	<b>1,45857839</b>

**4.2. Pengolahan Data**

**4.2.1. Analisis Statistik**

Analisis statistik untuk kadar semen portland 4% terhadap cacat permukaan hasil coran.

- Cacat permukaan rata-rata

$$\begin{aligned} \bar{x} &= \frac{\sum x}{n} \\ &= \frac{1,03512}{4} \\ &= 0,25878 \end{aligned}$$

- Standar deviasi

$$\begin{aligned} \sigma &= \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}} \\ &= \sqrt{\frac{0,011068943}{3}} \\ &= 0,060742 \end{aligned}$$

- Standar deviasi rata-rata

$$\begin{aligned} \bar{\sigma} &= \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \\ &= \frac{0,060742}{\sqrt{4}} \\ &= 0,030371 \end{aligned}$$

- Interval penduga rata-rata

$$\begin{aligned} \text{Derajat bebas (db)} &= n - 1 \\ &= 4 - 1 \\ &= 3 \end{aligned}$$

Dari tabel-T dengan  $\alpha = 5\%$  maka  $t(\alpha/2; db) = (0,025; 3) = 3,182$

$$\bar{x} - t(\alpha/2, db) \bar{\sigma} < \mu < \bar{x} + t(\alpha/2, db) \bar{\sigma}$$

$$0,25878 - (3,182 \times 0,030371) < \mu < 0,25878 + (3,182 \times 0,030371)$$

$$0,1621395 < \mu < 0,355420522$$

Jadi jumlah cacat permukaan hasil coran dengan penambahan kadar semen portland 4% berkisar antara 0,1621395 sampai dengan 0,355420522 dengan tingkat keyakinan 95%.

Dengan cara yang sama maka hasil interval penduga rata-rata jumlah cacat permukaan hasil coran untuk prosentase kadar semen portland yang lain dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.2. Interval penduga rata-rata cacat permukaan

Kadar Semen Portland	Luas cacat permukaan rata-rata (%)	Standar deviasi	Standar deviasi rata-rata	Interval penduga rata-rata cacat
4%	0,25878	0,060742	0,030371	0,1621395 < $\mu$ < 0,355420522
6%	0,1705596	0,05216431	0,026082155	0,087566183 < $\mu$ < 0,253553017
8%	0,46462779	0,210746614	0,105373307	0,129329927 < $\mu$ < 0,799925653
10%	0,705763737	0,066540043	0,033270022	0,599898527 < $\mu$ < 0,811628947
12%	1,45857839	0,494594429	0,247297214	0,671678655 < $\mu$ < 2,245478125

#### 4.2.2. Analisis Varian Satu Arah

Dari data hasil perhitungan jumlah cacat permukaan hasil coran di atas dapat dilakukan analisis varian satu arah untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh peningkatan prosentase penambahan kadar semen sebagai pengikat pasir cetak terhadap cacat permukaan yang terjadi pada hasil coran, yang mana hasil perhitungannya adalah sebagai berikut:

- Jumlah seluruh perlakuan

$$\begin{aligned}
 &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij} \\
 &= 0,28231 + 0,1882 + 0,23525 + \dots + 0,91749 + 1,76441 \\
 &= 12,23323811
 \end{aligned}$$

- Jumlah kuadrat seluruh perlakuan

$$\begin{aligned}
 &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij}^2 \\
 &= (0,28231)^2 + (0,1882)^2 + (0,23525)^2 + \dots + (0,91749)^2 + (1,76441)^2 \\
 &= 12,64958851
 \end{aligned}$$

- Faktor koreksi ( $fk$ )

$$\begin{aligned}
 fk &= \frac{\left( \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij} \right)^2}{\sum ni} \\
 &= \frac{(12,23323811)^2}{20} \\
 &= 8,000604472
 \end{aligned}$$

- Jumlah kuadrat total (JKT)

$$\begin{aligned}
 JKT &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij}^2 - fk \\
 &= 12,64958851 - 8,000604472 \\
 &= 4,648984037
 \end{aligned}$$

- Jumlah kuadrat perlakuan (JKP)

$$\begin{aligned} \text{JKP} &= \frac{\sum_{j=1}^k \left[ \sum_{i=1}^n Y_{ij} \right]^2}{n_i} - fk \\ &= \frac{46,99984054}{4} - 8,000604472 \\ &= 3,749355662 \end{aligned}$$

- Jumlah kuadrat galat (JKG)

$$\begin{aligned} \text{JKG} &= \text{JKT} - \text{JKP} \\ &= 4,648984037 - 3,749355662 \\ &= 0,899628374 \end{aligned}$$

- Kuadrat tengah perlakuan (KTP)

$$\begin{aligned} \text{KTP} &= \frac{\text{JKP}}{k-1} \\ &= \frac{3,749355662}{4} \\ &= 0,937338916 \end{aligned}$$

- Kuadrat tengah galat (KTG)

$$\begin{aligned} \text{KTG} &= \frac{\text{JKG}}{n-k} \\ &= \frac{0,899628374}{15} \\ &= 0,059975225 \end{aligned}$$

- Nilai  $F_{hitung}$

$$F_{hitung} = \frac{KTP}{KTG}$$

$$= \frac{0,937338916}{0,059975225}$$

$$= 15,62876865$$

- Nilai  $F_{tabel}$

Dari tabel-F dengan  $\alpha = 5\%$  maka  $F_{tabel} = F(4;15;0,05) = 3,06$

Tabel 4.3. Perhitungan analisis varian satu arah

Sumber varian	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat total	$F_{hitung}$	$F_{tabel}$
Perlakuan	4	3,749355662	0,937338916	15,62876865	3,06
Galat	15	0,899628374	0,059975225		
Total	19	4,648984037	-	-	-

Ternyata dari hasil perhitungan terlihat bahwa  $F_{hitung} > F_{tabel}$ , sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang berarti antara variasi kadar semen portland sebagai pengikat pasir cetak terhadap cacat permukaan yang terjadi pada hasil coran aluminium paduan.

#### 4.2.3. Analisis Regresi

Analisis regresi digunakan untuk memprediksi hubungan antara variabel bebas dengan variabel terikat dari data yang didapat. Pada analisis regresi digunakan persamaan-persamaan regresi yang memiliki jenis yang bermacam-macam tergantung pada data yang diperoleh. Persamaan regresi yang digunakan bisa linier, polinomial ataupun eksponensial tergantung dari model yang paling mendekati kecenderungan dari data yang diperoleh.

Dari data di atas dengan variabel bebas dan terikatnya, dapat dilakukan perhitungan secara matematik yaitu dengan persamaan regresi polinomial, dengan persamaan umum sebagai berikut:

$$Y = b_0 + b_1x + b_2x^2 \quad (4-1)$$

Untuk memudahkan dalam mencari persamaan regresi polinomial, data jumlah cacat permukaan dapat ditabelkan sebagai berikut:

Tabel 4.4. Perhitungan analisis regresi

NO	X	Y	X <sup>2</sup>	X <sup>3</sup>	X <sup>4</sup>	XY	X <sup>2</sup> Y
1	4	0,28231	16	64	256	1,129221979	4,516887918
2	4	0,1882	16	64	256	0,752814653	3,011258612
3	4	0,23525	16	64	256	0,941018316	3,764073265
4	4	0,32936	16	64	256	1,317425643	5,269702571
5	6	0,23525	36	216	1296	1,411527474	8,469164846
6	6	0,1882	36	216	1296	1,129221979	6,775331877
7	6	0,11763	36	216	1296	0,705763737	4,234582423
8	6	0,14115	36	216	1296	0,846916485	5,081498907
9	8	0,56461	64	512	4096	4,516887918	36,13510334
10	8	0,23525	64	512	4096	1,882036632	15,05629306
11	8	0,70576	64	512	4096	5,646109897	45,16887918
12	8	0,35288	64	512	4096	2,823054949	22,58443959
13	10	0,75281	100	1000	10000	7,528146529	75,28146529
14	10	0,61166	100	1000	10000	6,116619055	61,16619055
15	10	0,70576	100	1000	10000	7,057637371	70,57637371
16	10	0,75281	100	1000	10000	7,528146529	75,28146529
17	12	1,97614	144	1728	20736	23,71366157	284,5639388
18	12	1,17627	144	1728	20736	14,11527474	169,3832969
19	12	0,91749	144	1728	20736	11,0099143	132,1189716
20	12	1,76441	144	1728	20736	21,17291211	254,0749454
S	160	12,23323811	1440	14080	145536	121,3443119	1282,513863

Untuk memperoleh koefisien regresi dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$\sum_{i=1}^n Y_i = \sum_{i=1}^n (b_0 + b_1 X_i + b_2 X_i^2) = \sum_{i=1}^n Y_i$$

$$\sum_{i=1}^n X_i Y_i = \sum_{i=1}^n (b_0 X_i + b_1 X_i^2 + b_2 X_i^3) = \sum_{i=1}^n X_i Y_i$$

$$\sum_{i=1}^n X_i^2 Y_i = \sum_{i=1}^n (b_0 X_i^2 + b_1 X_i^3 + b_2 X_i^4) = \sum_{i=1}^n X_i^2 Y_i$$

$$20 b_0 + 160 b_1 + 1440 b_2 = 12,23323811$$

$$160 b_0 + 1440 b_1 + 14080 b_2 = 121,3443119$$

$$1440 b_0 + 14080 b_1 + 145536 b_2 = 1282,513863$$

Dengan menyelesaikan persamaan-persamaan di atas, maka bisa diperoleh harga koefisien regresi yaitu;  $b_0 = 1,066879479$ ;  $b_1 = -0,318727934$ ;  $b_2 = 0,029091749$ . Sehingga diperoleh persamaan regresi untuk luas cacat permukaan sebagai berikut:

$$Y_p = 1,066879479 - 0,318727934 x + 0,029091749 x^2$$

Dengan  $Y_p$  = cacat permukaan;  $x$  = prosentase kadar semen portland;  $Y$  = cacat permukaan tiap spesimen.

Untuk perhitungan koefisien korelasi dapat ditabelkan sebagai berikut:

Tabel 4.5. Perhitungan koefisien korelasi

x	Y	(Y - $\bar{Y}$ ) <sup>2</sup>	Y <sub>p</sub>	(Y <sub>p</sub> - $\bar{Y}$ ) <sup>2</sup>
4	0,28231	0,108472678	0,25743572	0,12547619
4	0,1882	0,179319985	0,25743572	0,12547619
4	0,23525	0,141685923	0,25743572	0,12547619
4	0,32936	0,079694366	0,25743572	0,12547619
6	0,23525	0,141685923	0,201814824	0,16797463
6	0,1882	0,179319985	0,201814824	0,16797463
6	0,11763	0,244067524	0,201814824	0,16797463
6	0,14115	0,221381453	0,201814824	0,16797463
8	0,56461	0,002213882	0,378927918	0,054165109
8	0,23525	0,141685923	0,378927918	0,054165109
8	0,70576	0,008854451	0,378927918	0,054165109
8	0,35288	0,066968075	0,378927918	0,054165109
10	0,75281	0,019922785	0,788775	0,031369048
10	0,61166	3,63093E-12	0,788775	0,031369048
10	0,70576	0,008854451	0,788775	0,031369048
10	0,75281	0,019922785	0,788775	0,031369048
12	1,97614	1,86180047	1,431356072	0,671898527
12	1,17627	0,3187823	1,431356072	0,671898527
12	0,91749	0,093530823	1,431356072	0,671898527
12	1,76441	1,328828169	1,431356072	0,671898527
160	12,23323811	5,166991951	12,23323814	4,203534018

Dengan data di atas diperoleh koefisien korelasi sebagai berikut:

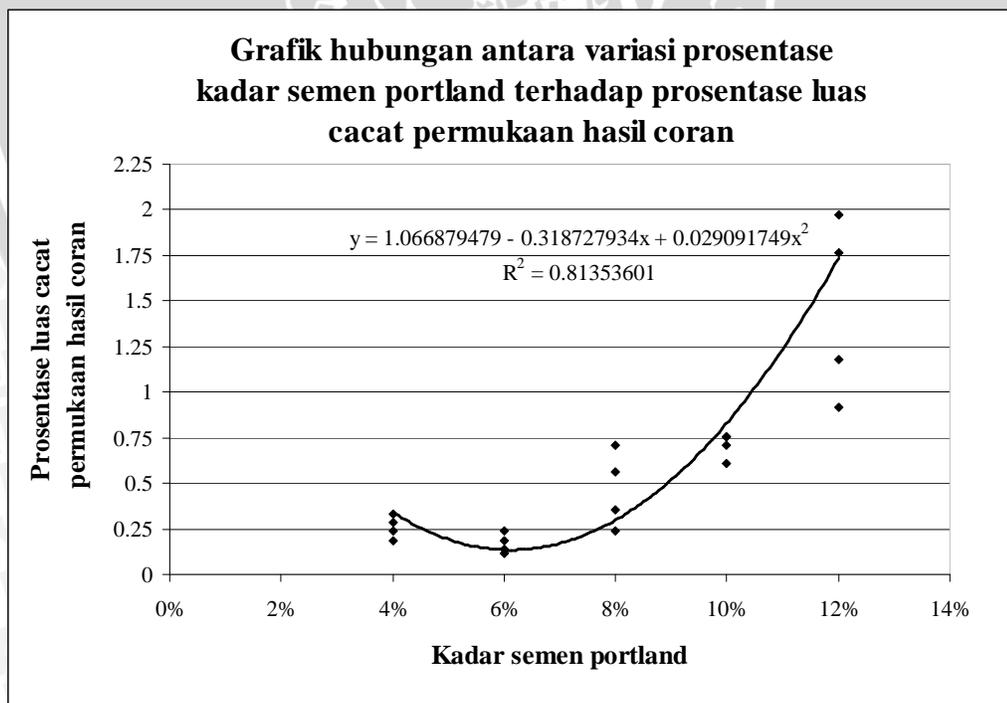
$$R^2 = \frac{(Y_p - \bar{Y})^2}{(Y - \bar{Y})^2} = \frac{4,203534018}{5,166991951} = 0,81353601$$

### 4.3. Pembahasan

#### 4.3.1. Analisis variasi kadar semen portland sebagai pengikat pasir cetak terhadap cacat permukaan hasil coran.

Berdasarkan data yang telah diperoleh dari penelitian di laboratorium Pengecoran Logam Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, dan setelah diolah menggunakan perhitungan statistik, diperoleh interval penduga rata-rata cacat permukaan dari masing-masing prosentase variasi kadar semen portland sebagai pengikat pasir cetak adalah sebagai berikut:

- Cetakan pasir dengan kadar semen portland 4%, jumlah cacat permukaan yang terjadi antara 0,1621395 s/d 0,355420522,
- Cetakan pasir dengan kadar semen portland 6%, jumlah cacat permukaan yang terjadi antara 0,087566183 s/d 0,253553017,
- Cetakan pasir dengan kadar semen portland 8%, jumlah cacat permukaan yang terjadi antara 0,129329927 s/d 0,799925653,
- Cetakan pasir dengan kadar semen portland 10%, jumlah cacat permukaan yang terjadi antara 0,599898527 s/d 0,811628947,
- Cetakan pasir dengan kadar semen portland 12%, jumlah cacat permukaan yang terjadi antara 0,671678655 s/d 2,245478125.



Gambar 4.1. Grafik hubungan antara variasi prosentase kadar semen portland sebagai pengikat pasir cetak terhadap cacat permukaan hasil coran

Berdasarkan gambar 4.1. dapat diketahui bahwa dengan kadar semen portland dengan kadar berturut-turut dari 4% hingga 6%, cacat permukaan yang terjadi semakin sedikit. Tetapi jika penambahan kadar semen portland terus dilakukan hingga mencapai 12%, yang terjadi justru sebaliknya, cacat permukaan hasil coran yang terjadi kembali semakin besar.

Cacat permukaan yang terjadi pada penambahan kadar semen portland 4% dikarenakan semen portland yang berfungsi sebagai pengikat pasir cetak menyelimuti tipis permukaan butiran pasir cetak. Hal tersebut mengakibatkan kekuatan tekan cetakan pasir menjadi rendah. Kekuatan tekan yang rendah mempunyai kecenderungan terjadinya cacat coran inklusi pasir yang lebih besar. Sewaktu logam cair dituang ke dalam cetakan, cetakan harus mampu menahan tekanan dari logam cair. Apabila kekuatan cetakan pasir rendah, maka pasir cetak dapat rontok dan ikut dalam aliran logam cair sehingga menyebabkan terjadinya cacat pada benda hasil coran.

Pada kadar semen portland 6%, cacat permukaan yang terjadi paling sedikit, hal ini disebabkan semen portland yang berfungsi sebagai pengikat pasir cetak, menjadikan cetakan pasir memiliki hubungan antara kekuatan dan permeabilitas yang baik. Sehingga pada kadar semen portland 6%, cetakan pasir memiliki kekuatan cetakan yang cukup untuk menahan tekanan logam cair serta mampu mengalirkan gas-gas dan uap air keluar dari rongga antar butir pasir pada cetakan sewaktu logam cair dituangkan.

Pada penambahan kadar semen lebih dari 6%, cacat permukaan yang terjadi (*blow hole* dan *pin hole*) yang terjadi kembali meningkat. Hal ini berhubungan permeabilitas cetakan. Permeabilitas merupakan kemampuan cetakan untuk mengalirkan gas-gas dan uap air keluar dari rongga antar butir pasir pada cetakan sewaktu logam cair dituangkan. Maka apabila kadar semen portland terlalu tinggi, rongga antar butir pasir tersebut tertutupi oleh semen portland sehingga permeabilitas cetakan menurun. Hal ini menyebabkan gas-gas maupun uap air tidak dapat keluar akan tertahan dan terjebak di dalam cetakan sehingga membentuk cacat coran.

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa variasi kadar semen portland sebagai pengikat pasir cetak berpengaruh nyata terhadap cacat permukaan hasil pengecoran aluminium paduan.

Dengan meningkatnya prosentase kadar semen portland sebagai pengikat pasir cetak, maka prosentase luas cacat permukaan yang terbentuk mengikuti suatu pola kurva parabolik, dimana terdapat titik minimum yang terjadi pada kadar semen portland 6% dengan prosentase luas cacat permukaan antara 0,087566183% s/d 0,253553017%. Jadi kadar semen portland maksimum untuk hasil coran yang terbaik dari variasi kadar semen portland sebagai pengikat pasir cetak adalah 6%.

### 5.2. Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh ukuran butir pasir cetak pada cetakan pasir yang diikat semen terhadap cacat permukaan hasil coran.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh penambahan bahan aditif pada cetakan pasir yang diikat semen terhadap cacat permukaan hasil coran.
3. Sebaiknya melakukan penelitian dengan menciptakan kondisi lingkungan tempat penelitian yang baik sesuai dengan teori yang ada.

## DAFTAR PUSTAKA

- American Society for Testing and Material. 1982. *Standard Specification for Portland Cement C150-81*. Philadelphia: ASTM.
- DeGarmo, E. Paul. 1988. *Materials and Processes in Manufacturing 7<sup>th</sup> edition*. New York: Macmillan Publishing Company.
- Heine, Richard W. 1985. *Principles of Metal Casting*. New Delhi: Tata McGraw-Hill Publishing Company Ltd.
- Hifni, M. 1992. *Analisa Varian dan Penerapannya*. Malang: Kopma Press Universitas Brawijaya.
- Jain, P.L. 1979. *Principles of Foundry Technology*. New Delhi: Tata McGraw-Hill Publishing Company Ltd.
- Neville, A.M. 1981. *Properties of Concrete 3<sup>th</sup> edition*. Singapore: ELBS with Longman Singapore Publishers Pte Ltd.
- Rao, P.N. 1987. *Manufacturing Technology*. New Delhi: Tata McGraw-Hill Publishing Company Ltd.
- Saelan. 2002. "Pengaruh Pengikat Semen dan Ukuran Butir Pasir Terhadap Permeabilitas dan Kekuatan Cetakan Pasir". *Skripsi* Tidak Diterbitkan. Malang: Jurusan Mesin FT Unibraw, 2002.
- Sahlan. 2001. "Analisa Pasir Cetak dengan Pengikat Semen Portland Terhadap Permeabilitasnya". Jakarta: Jurnal Teknologi dan Energi Vol. 1 No. 3 STT-YPLN hal. 336-355.
- Surdia, Tata dan Kenji Chijiwa. 1980. *Teknik Pengecoran Logam*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Surdia, Tata dan Shinroku Saito. 1999. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.

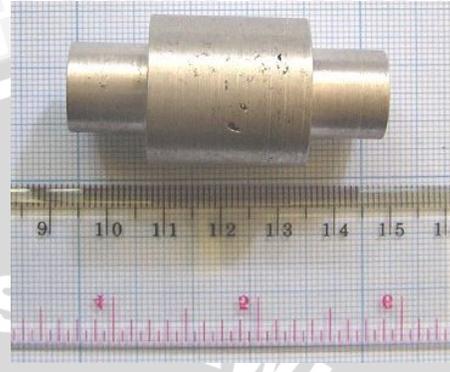
**Lampiran 1. Foto benda hasil coran**

**1. Foto benda hasil coran dengan kadar semen pada cetakan pasir 4%**

Sebelum proses *finishing*



Sesudah proses *finishing*

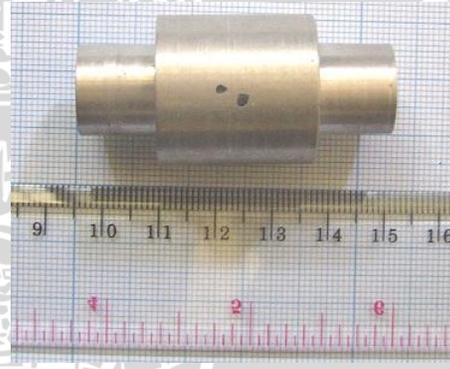


**2. Foto benda hasil coran dengan kadar semen pada cetakan pasir 6%**

Sebelum proses *finishing*



Sesudah proses *finishing*

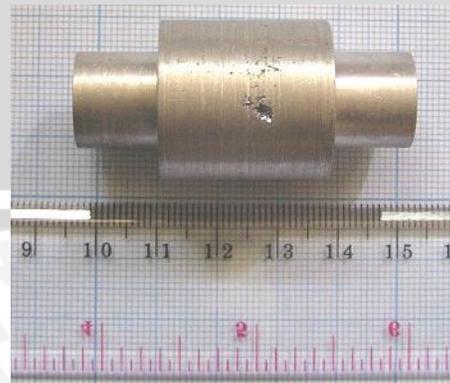


**3. Foto benda hasil coran dengan kadar semen pada cetakan pasir 8%**

Sebelum proses *finishing*



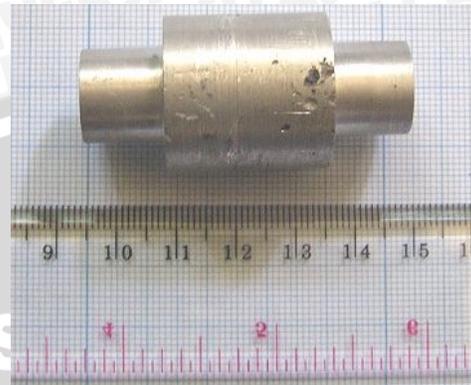
Sesudah proses *finishing*



**4. Foto benda hasil coran dengan kadar semen pada cetakan pasir 10%**

Sebelum proses *finishing*

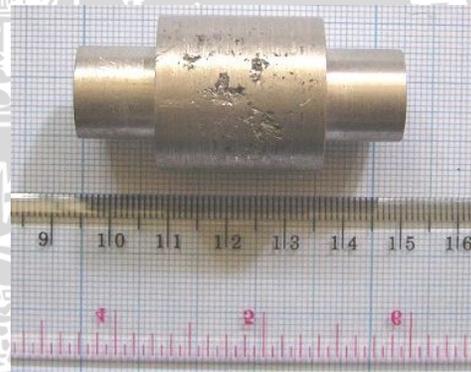
Sesudah proses *finishing*



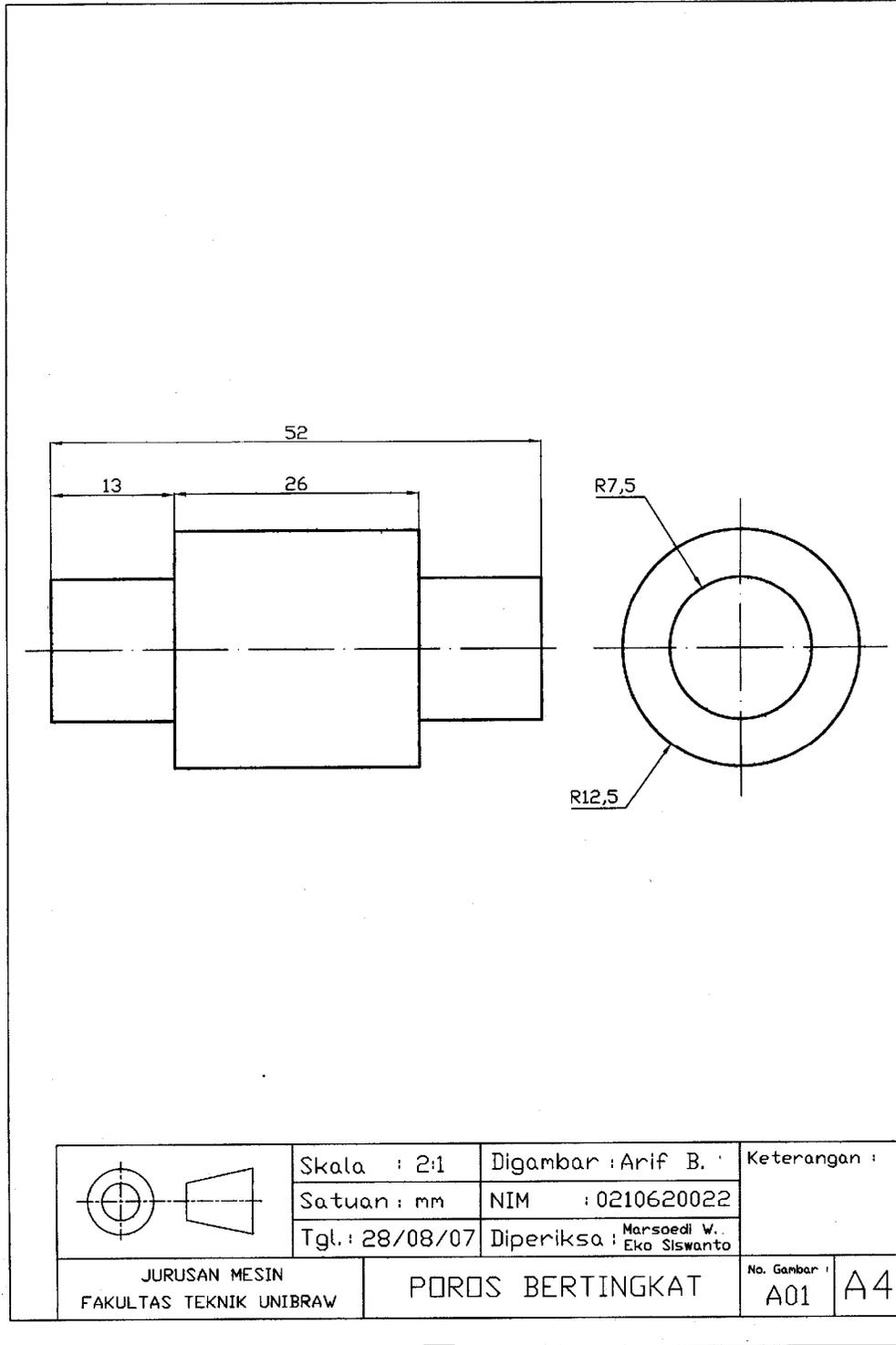
**5. Foto benda hasil coran dengan kadar semen pada cetakan pasir 12%**

Sebelum proses *finishing*

Sesudah proses *finishing*



Lampiran 2. Gambar benda kerja



Lampiran 3. Surat keterangan pengujian komposisi bahan coran



PHYSICS LABORATORY  
STATE UNIVERSITY OF MALANG

REPORT OF ANALYSIS

<b>Principal</b>	: ARIF BUDIANTO
<b>Pemberi Order</b>	Jl. Bendungan Sutami 43, Malang
<b>Subject</b>	: ALUMINIUM PADUAN
<b>Hal</b>	
<b>Tested for</b>	: X-Ray Fluorescence (XRF)
<b>Analisa/Uji</b>	
<b>Description of Sample</b>	: SILINDER
<b>Keterangan Contoh</b>	1 (one) sample received on : 21, Mei, 2007
<b>Sample Mark</b>	: ALUMINIUM PANDUAN
<b>Tanda Contoh</b>	
<b>Your Reference</b>	: -
<b>Referensi</b>	
<b>Order Number</b>	: LFUM.0008.2007
<b>Nomor Order</b>	
<b>Weight of sample</b>	: -
<b>Berat contoh</b>	
<b>Size</b>	: 20 X 20 mm
<b>Ukuran</b>	

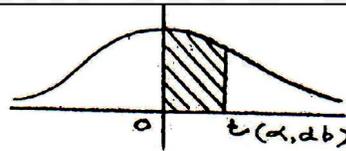
SAMPLE RESULTS

<b>Application</b>	: <Standardless>																														
<b>Measurement Time</b>	: 21-Mei-2007, 11:34:03																														
<b>Compound Concentration Unit</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Al</th> <th>Ca</th> <th>Ti</th> <th>Mn</th> <th>Fe</th> <th>Ga</th> <th>Ag</th> <th>Te</th> <th>Ba</th> <th>Ir</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>98.3</td> <td>0.01</td> <td>0.01</td> <td>0.026</td> <td>0.151</td> <td>0.02</td> <td>1.2</td> <td>0.14</td> <td>0.02</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td>%</td> </tr> </tbody> </table>	Al	Ca	Ti	Mn	Fe	Ga	Ag	Te	Ba	Ir	98.3	0.01	0.01	0.026	0.151	0.02	1.2	0.14	0.02	0.1	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Al	Ca	Ti	Mn	Fe	Ga	Ag	Te	Ba	Ir																						
98.3	0.01	0.01	0.026	0.151	0.02	1.2	0.14	0.02	0.1																						
%	%	%	%	%	%	%	%	%	%																						

Malang, 21 Mei 2007  
 PHYSICS LABORATORY  
 STATE UNIVERSITY OF MALANG  
 FISIKA  
 DRS. ABDULLOH FUAD, M.Si  
 NIP. 131 808 404

Lampiran 4. Tabel distribusi t

TABEL - T



db	$\alpha$	0,05	0,01	0,025	0,05	0,10
1		63,657	31,821	12,706	6,314	3,078
2		9,925	6,965	4,303	2,920	1,686
3		5,841	4,541	3,182	2,353	1,638
4		4,604	3,747	2,776	2,132	1,533
5		4,032	3,365	2,571	2,015	1,476
6		3,707	3,143	2,447	1,943	1,440
7		3,499	2,998	2,365	1,895	1,415
8		3,355	2,896	2,306	1,860	1,397
9		3,250	2,821	2,262	1,833	1,383
10		3,169	2,764	2,228	1,812	1,372
11		3,106	2,718	2,201	1,796	1,363
12		3,055	2,681	2,179	1,796	1,363
13		3,012	2,650	2,160	1,771	1,350
14		2,977	2,624	2,145	1,761	1,341
15		2,947	2,602	2,131	1,753	1,341
16		2,921	2,583	2,120	1,746	1,337
17		2,898	2,567	2,110	1,740	1,333
18		2,878	2,552	2,101	1,734	1,330
19		2,861	2,539	2,093	1,729	1,325
20		2,845	2,528	2,086	1,725	1,325
21		2,831	2,518	2,080	1,721	1,323
22		2,819	2,508	2,074	1,717	1,321
23		2,807	2,500	2,069	1,714	1,319
24		2,797	2,492	2,064	1,711	1,315
25		2,787	2,485	2,060	1,708	1,316
26		2,779	2,479	2,056	1,706	1,315
27		2,771	2,473	2,052	1,703	1,314
28		2,763	2,467	2,048	1,701	1,313
29		2,756	2,462	2,045	1,699	1,311
30		2,750	2,457	2,042	1,696	1,310
40		2,704	2,423	2,021	1,684	1,303
60		2,660	2,390	2,000	1,671	1,296
100		2,617	2,358	1,980	1,658	1,289
$\infty$		2,576	2,326	1,960	1,645	1,282

Sumber : Hifni, 1992

Lampiran 5. Tabel distribusi F ( $\alpha$ ;  $v_1$ ;  $v_2$ ) untuk  $\alpha = 5\%$

TABEL F UNTUK  $\alpha = 5\%$



$v_2 \backslash v_1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	30	40	60	120	$\infty$
1	161	200	216	225	230	234	237	239	241	242	244	246	248	250	251	252	253	254
2	18.5	19.0	19.2	19.2	19.3	19.3	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5
3	10.1	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.74	8.70	8.66	8.62	8.59	8.57	8.55	8.53
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.91	5.85	5.80	5.75	5.72	5.69	5.66	5.63
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.68	4.62	4.56	4.50	4.46	4.43	4.40	4.36
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.00	3.94	3.87	3.81	3.77	3.74	3.70	3.67
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.57	3.51	3.44	3.38	3.34	3.30	3.27	3.23
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.28	3.22	3.15	3.08	3.04	3.01	2.97	2.93
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.07	3.01	2.94	2.86	2.83	2.79	2.75	2.71
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.91	2.84	2.77	2.70	2.66	2.62	2.58	2.54
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.79	2.72	2.65	2.57	2.53	2.49	2.45	2.40
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.69	2.62	2.54	2.47	2.43	2.38	2.34	2.30
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.60	2.53	2.46	2.38	2.34	2.30	2.25	2.21
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.53	2.46	2.39	2.31	2.27	2.22	2.18	2.13
15	4.45	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.48	2.40	2.33	2.25	2.20	2.16	2.11	2.07
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.42	2.35	2.28	2.19	2.15	2.11	2.06	2.01
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.38	2.31	2.23	2.15	2.10	2.06	2.01	1.96
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.34	2.27	2.19	2.11	2.06	2.02	1.97	1.92
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.31	2.23	2.16	2.07	2.03	1.98	1.93	1.88
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.28	2.20	2.12	2.04	1.99	1.95	1.90	1.84
25	4.24	3.39	2.99	2.75	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.16	2.09	2.01	1.92	1.87	1.82	1.77	1.71
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.09	2.01	1.93	1.84	1.79	1.74	1.68	1.62
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.00	1.92	1.84	1.74	1.69	1.64	1.58	1.51
60	4.00	3.15	2.75	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.92	1.84	1.75	1.65	1.59	1.53	1.47	1.39
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.18	2.09	2.02	1.96	1.91	1.83	1.75	1.66	1.55	1.50	1.43	1.35	1.25
$\infty$	3.84	3.00	2.60	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88	1.83	1.75	1.67	1.57	1.45	1.39	1.32	1.22	1.00

Sumber : Hifni, 1992



This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.  
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.  
This page will not be added after purchasing Win2PDF.