



**PENGARUH PENAMBAHAN SENG (Zn) TERHADAP
KEKUATAN *IMPACT* DAN KETAHANAN KOROSI PADA
PADUAN CORAN ALUMINIUM-MAGNESIUM (Al-Mg)**

SKRIPSI

BIDANG KONSENTRASI PRODUKSI

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh :

ERFAN WIDI AGUSTA

0110623028-62

DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

JURUSAN MESIN

MALANG

2008



LEMBAR PERSETUJUAN
PENGARUH PENAMBAHAN SENG (Zn) TERHADAP KEKUATAN
IMPACT DAN KETAHANAN KOROSI PADA PADUAN CORAN

ALUMINIUM – MAGNESIUM (Al-Mg)

SKRIPSI

KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :

ERFAN WIDI AGUSTA

0110623028-62

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. Wahyono Suprpto, MT, Mei

NIP. 131 574 846

Ir. Tjuk Oerbandono, M.Sc.,CSE

NIP. 132 048 453



**PENGARUH PENAMBAHAN SENG (Zn) TERHADAP KEKUATAN
IMPACT DAN KETAHANAN KOROSI PADA PADUAN CORAN
ALUMINIUM-MAGNESIUM (Al-Mg)**

Disusun oleh :

ERFAN WIDLAGUSTA
NIM. 0110623028 - 62

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
tanggal 8 Agustus 2008

DOSEN PENGUJI

Skripsi I

Skripsi II

Sugiarto, ST, MT
NIP. 132 137 966

Ir. Winarno Yahdi Atmodjo, MT
NIP. 131 280 655

KOMPREHENSIF

Dr.Ir. Rudy Sunoko, M.Eng. Sc
NIP. 131 411 121

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Slamet Wahyudi, ST, MT
NIP. 131 159 708



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena hanya dengan limpahan dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul **“Pengaruh Penambahan Seng (Zn) Terhadap Kekuatan *Impact* dan Ketahanan Korosi Pada Paduan Coran Aluminium-Magnesium (Al-Mg)”**.

Skripsi ini dibuat oleh penulis sebagai salah satu persyaratan guna melengkapi persyaratan akademis untuk mencapai gelar Sarjana Teknik di jurusan Mesin fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Dalam kesempatan ini penulis banyak mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Slamet Wahyudi, ST, MT, selaku Ketua Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
2. Bapak Ir. Tjuk Oerbandono M.Sc. CSE selaku Sekretaris Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
3. Bapak Dr. Eng. Yudy Surya Irawan, ST, M.Eng selaku Ketua Kelompok Pengajar Bidang Produksi.
4. Bapak Ir. Wahyono Suprpto, MT.Met selaku dosen pembimbing I.
5. Bapak Ir. Tjuk Oerbandono M.Sc. CSE selaku dosen pembimbing II.
6. Seluruh Staf Pengajar Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
7. Seluruh staf Administrasi Jurusan Mesin serta Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
8. Kedua orang tuaku tercinta bapak Wardjik dan ibu Hartati tercinta yang telah mendukung dengan doa dan harapan yang besar.
9. Rekan-rekan mahasiswa 2001 dan semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung yang ikut membantu penulis dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini.

Penulis sadar bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu saran dan kritik penulis harapkan demi sempurnanya skripsi ini. Semoga skripsi ini bisa bermanfaat bagi kita semua.

Malang, Agustus 2008

Penulis

**DAFTAR ISI**

Halaman

PENGANTAR**DAFTAR ISI****DAFTAR TABEL****DAFTAR GAMBAR****DAFTAR LAMPIRAN****RINGKASAN****BAB I PENDAHULUAN**

1.1 Latar Belakang

1.2 Rumusan Masalah

1.3 Batasan Masalah

1.4 Tujuan Penelitian

1.5 Manfaat Penelitian

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Sebelumnya

2.2. Teori Dasar Pengcoran Logam

2.2.1. Pengertian Pengcoran Logam

2.2.2. Klasifikasi Proses Pengcoran Logam

2.3. Pengcoran Dengan Cetakan Logam

2.4. Aluminium

2.4.1. Sifat-sifat Paduan Aluminium

2.4.2. Klasifikasi Paduan Aluminium Utama

2.4.3. Paduan Aluminium Utama

2.4.4. Pengaruh Unsur-unsur Paduan

2.5. Seng (Zn)

2.5.1. Penggunaan Seng (Zn)

2.6. Mekanisme Penguatan Logam

2.6.1. Penguatan Dengan Penghalusan Butir

2.6.2. Penguatan Larutan Padat

2.6.3. Penguatan Presipitasi dan Dispersi

2.7. Pengujian *Impact*

2.8. Korosi



4.5.1 Hubungan Antara Penambahan Seng (Zn) Pada Paduan Coran Aluminium-Magnesium (Al-Mg) Terhadap Kekuatan <i>Impact</i>	54
4.5.2 Hubungan Antara Penambahan Seng (Zn) Pada Paduan Coran Aluminium-Magnesium (Al-Mg) Terhadap Ketahanan Korosi.....	57

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan.....	59
5.2 Saran.....	59

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

**DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1	Sifat-sifat Fisik Aluminium	8
Tabel 2.2	Sifat-sifat Mekanik Aluminium	9
Tabel 2.3	Klasifikasi Dari Perlakuan Panas Logam	12
Tabel 2.4	Standar Paduan Aluminium	13
Tabel 2.5	Peningkatan Kekuatan Mulur Oleh Konsentrasi Cacat Kisi Dalam Kristal	20
Tabel 3.1	Rancangan Percobaan Uji <i>Impact</i>	36
Tabel 3.2	Rancangan Percobaan Ketahanan Korosi	36
Tabel 3.3	Analisa Varian Satu Arah	39
Tabel 3.4	Data Regresi	40
Tabel 4.1	Data Sudut Simpangan Antara α_0 Dengan α_1	42
Tabel 4.2	Data Hasil Pengujian Kekuatan <i>Impact</i> (kg mm/mm ²)	43
Tabel 4.3	Perubahan Berat Spesimen Saat Pengujian Korosi (gram)	44
Tabel 4.4	Data Hasil Pengujian Ketahanan Korosi (<i>mpy</i>)	45
Tabel 4.5	Interval Penduga Nilai Tengah Data Pengujian Kekuatan <i>Impact</i>	46
Tabel 4.6	Interval Penduga Nilai Tengah Data Pengujian Ketahanan Korosi	47
Tabel 4.7	Analisa Varian Satu Arah Data Pengujian Kekuatan <i>Impact</i>	49
Tabel 4.8	Analisa Varian Satu Arah Data Pengujian Ketahanan Korosi	50
Tabel 4.9	Analisa Regresi Data Kekuatan <i>Impact</i>	51
Tabel 4.10	Analisa Regresi Data Ketahanan Korosi	53



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Aliran proses Pembuatan Coran.....	5
Gambar 2.2. Diagram Fasa Al-Mg-Zn.....	16
Gambar 2.3. Alat Uji <i>Impact</i> dan Posisi Spesimen Pada Mesin Uji <i>Impact</i>	24
Gambar 2.4 <i>Uniform Corrosion</i>	26
Gambar 2.5 <i>Intergranular Corrosion</i>	26
Gambar 2.6 <i>Crevice Corrosion</i>	27
Gambar 2.7 <i>Pitting Corrosion</i>	27
Gambar 3.1. Spesimen Uji <i>Impact</i>	34
Gambar 3.2. Dimensi Spesimen Uji Korosi.....	35
Gambar 3.3 Instalasi Uji Korosi.....	35
Gambar 4.1. Grafik Hubungan Kadar Zn Pada Paduan Coran Al-Mg Terhadap Kekuatan <i>Impact</i>	55
Gambar 4.2 Grafik Hubungan Kadar Zn Pada Paduan Coran Al-Mg Terhadap Ketahanan Korosi.....	55



DAFTAR LAMPIRAN

NO **JUDUL**

- LAMPIRAN 1 Gambar Spesimen Sebelum *Finishing*
- LAMPIRAN 2 Gambar Spesimen Sesudah Proses *Finishing*
- LAMPIRAN 3 Gambar Spesimen Uji *impact* Dengan Variasi Penambahannya
- LAMPIRAN 4 Gambar Spesimen Uji Korosi Dengan Variasi Penambahannya
- LAMPIRAN 5 Alat-alat Yang Digunakan
- LAMPIRAN 6 Gambar Alat Pengujian
- LAMPIRAN 7 Gambar Spesimen Sebelum dan Sesudah Uji *Impact*
- LAMPIRAN 8 Gambar Spesimen Sebelum dan Sesudah Uji Korosi
- LAMPIRAN 9 Hasil Analisa Uji Komposisi
- LAMPIRAN 10 Tabel distribusi Uji T untuk $\alpha = 0,05$
- LAMPIRAN 11 Tabel Distribusi F Untuk $\alpha = 5\%$
- LAMPIRAN 12 *Zinc Properties*

RINGKASAN

Erfan Widi Agusta, Agustus 2008.

Pengaruh Penambahan Seng (Zn) Terhadap Kekuatan Impact Dan Ketahanan Korosi Pada Paduan Coran Aluminium-Magnesium (Al-Mg).

Skripsi Jurusan Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

dosen pembimbing : Ir. Wahyono Suprpto, MT.Met

Ir. Tjuk Oerbandono, M.Sc .CSE

Dalam perkembangan industri saat ini logam masih memegang peranan yang sangat penting. Perkembangan ini dapat kita lihat pada berbagai macam-macam industri seperti otomotif, kereta api, pesawat terbang dan lain-lain yang kesemuanya memanfaatkan logam sebagai komponen utamanya. Komponen utama yang salah satunya digunakan adalah aluminium yang merupakan salah satu jenis logam non *ferrous* yang sangat ringan dan untuk aluminium paduannya memiliki keuletan yang sangat tinggi.

Penelitian ini menggunakan paduan coran Aluminium-Magnesium (Al-Mg) dengan komposisi Mg 5 %. Variabel yang diteliti adalah kekuatan *impact* dan ketahanan korosi, dengan variabel bebas adalah variasi penambahan seng (Zn) dalam prosentase 3%, 5%, 7% dan 9%.

Pada data kekuatan *impact* didapatkan nilai kekuatan *impact* rata-rata pada prosentase penambahan seng (Zn) 3% yaitu 10,228 kg.mm/mm². Kemudian pada prosentase selanjutnya nilai kekuatan *impact* menurun dan pada prosentase penambahan seng (Zn) 9% didapatkan nilai kekuatan *impact* rata-rata paling rendah yaitu 6,487 kg.mm/mm². Untuk ketahanan korosi pada prosentase penambahan seng (Zn) 3% didapatkan nilai laju korosi rata-rata tertinggi yaitu 894,852 mpy dan pada kadar seng (Zn) 9% didapatkan nilai laju korosi rata-rata terendah yaitu 402,180 mpy.

Dari hasil penelitian diatas dapat disimpulkan bahwa penambahan unsur seng (Zn) pada paduan coran Aluminium-Magnesium (Al-Mg) memberikan kontribusi dan pengaruh pada perubahan sifat mekanik terutama kekuatan *impact* dan ketahanan korosi, yakni mengalami penurunan nilai kekuatan *impact* namun ketahanan korosi dari paduan itu mengalami peningkatan seiring dengan adanya penambahan unsur seng (Zn). Penambahan unsur seng (Zn) pada paduan coran Aluminium-Magnesium (Al-Mg) juga akan mempengaruhi sifat fisik dari material tersebut.

Kata kunci : Seng (Zn), Paduan coran Aluminium-Magnesium (Al-Mg), Kekuatan *Impact*, Ketahanan Korosi



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam perkembangan industri saat ini logam masih memegang peranan yang sangat penting. Perkembangan ini dapat kita lihat pada berbagai macam-macam industri seperti otomotif, kereta api, pesawat terbang dan lain-lain yang kesemuanya memanfaatkan logam sebagai komponen utamanya.

Komponen utama yang salah satunya digunakan dalam macam-macam industri seperti otomotif, kereta api, pesawat terbang dan lain-lain adalah aluminium yang merupakan salah satu jenis logam non *ferrous* yang sangat ringan dan untuk aluminium paduannya memiliki keuletan yang sangat tinggi. Aluminium memiliki temperatur peleburan yaitu 660°C . Dalam keadaan murni, aluminium memiliki sifat yang sangat baik, namun untuk meningkatkan kekuatannya dicampur dengan logam lain seperti Mg, Cu, Si, Zn, Mn, dan lain-lain yang menghasilkan berbagai paduan-paduan aluminium yang mana satu demi satu dalam kombinasinya menghasilkan kekuatan logam yang diinginkan dan juga memerlukan perlakuan panas untuk memperoleh sifat-sifat yang maksimum (Sriati Djaprie, 1991:63).

Salah satu pengolahan logam aluminium adalah dengan cara pengecoran. Pengecoran logam merupakan salah satu dari metode pembentukan seperti penempaan, pengerolan, permesinan, dan lain-lain, akan tetapi pembentukan logam dengan cara pengecoran tetap digunakan sampai saat ini. Teknologi pengecoran logam adalah metode yang sering digunakan dalam sektor industri pengolahan logam karena keunggulannya dalam beberapa hal, yaitu dapat dipakai untuk membuat benda dengan bentuk yang rumit, baik bentuk di dalam atau diluar benda sehingga proses pengerjaan yang lain dapat dikurangi, konstruksi objek yang diinginkan dapat lebih sederhana, dapat diproduksi secara massal, sifat-sifat mekanik atau fisik tertentu dapat diperoleh dari bahan yang dicor dan lain sebagainya (R.W Heine, 1990:1).

Dalam proses pengecoran logam aluminium paduan ternyata masih banyak yang belum diketahui tentang pengaruh penambahan paduan terhadap kekuatan teknik dari aluminium paduan tersebut. Dengan adanya penambahan paduan unsur lain pada aluminium dalam prosentase tertentu adalah salah satu cara yang mana diharapkan hasil coran memiliki kekuatan teknik dan ketahanan korosi yang lebih baik.



Salah satu paduan dan unsur paduan yang digunakan pada penelitian ini adalah Aluminium-Magnesium (Al-Mg) dan Seng (Zn), yang mana dalam hal ini Aluminium-Magnesium (Mg) membuat benda menjadi ringan, kekuatannya yang rendah namun mempunyai keuletan yang tinggi, sifat permesinan lebih baik, mudah untuk pengerjaan las, hasil coran lebih halus (Amstead, B.H, 1991 : 72) dan seng (Zn) meningkatkan kekuatan, sebagai konduktor listrik yang baik, mudah dipadukan dengan unsur lain karena melebur pada temperatur 415°C , ketahanan korosinya relatif lebih baik terutama diaplikasikan di udara terbuka dan air laut (Basir, Latief, 1982 : 53).

Dalam aplikasinya produk-produk yang dihasilkan oleh industri logam dihadapkan pada tuntutan bahwa produk yang dihasilkan harus memiliki sifat-sifat tertentu yang bisa menunjukkan kemampuan dari produk-produk tersebut. Sifat tersebut antara lain kekuatan *impact* dan ketahanan korosi. Banyak hal yang mempengaruhi sifat mekanik dari aluminium. Proses pengerjaan, proses pembentukan serta prosentase paduan berpengaruh terhadap kekuatan dari aluminium.

Penambahan unsur logam paduan paduan adalah salah satu cara untuk mendapatkan sifat ketahanan terhadap korosi. Ketahanan terhadap korosi sangat penting apabila suatu produk diaplikasikan di daerah terbuka yang memiliki kelembaban tinggi, diaplikasikan diudara terbuka, dan hal-hal lain yang bisa memicu terjadinya korosi. Penurunan sifat-sifat dan kekuatan material yang disebabkan oleh korosi berakibat pada penyusutan, pengurangan ketebalan atas volume suatu material sehingga kekuatan juga menurun dan juga mempengaruhi nilai dari kekuatan *impact*nya.

Sehubungan dengan pernyataan tersebut diatas maka penelitian ini digunakan untuk mengetahui pengaruh penambahan seng (Zn) terhadap kekuatan mekanik khususnya kekuatan *impact* dan ketahanan korosi pada paduan coran Al-Mg.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang diatas dapat kita buat rumusan masalah dari penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penambahan seng (Zn) pada paduan aluminium-magnesium (Al-Mg) terhadap kekuatan *impact* dan ketahanan korosi?
2. Berapa besar prosentase penambahan seng (Zn) pada paduan aluminium-magnesium (Al-Mg) yang paling sesuai untuk mendapatkan kekuatan *impact* dan ketahanan korosi?



1.3 Batasan Masalah

Agar permasalahan yang timbul lebih mengarah pada permasalahan semula, maka dalam penelitian ini perlu adanya batasan-batasan antara lain :

1. Bahan dasar yang digunakan adalah paduan Al-Mg dengan komposisi Mg sebesar 5%
2. Cetakan yang digunakan adalah cetakan logam
3. Temperatur penuangan 900°C dengan suhu ruang (lingkungan) 27°C
4. Kadar seng (Zn) yang digunakan adalah 3%, 5%, 7%, dan 9%
5. Pengamatan yang dilakukan sebatas pengaruh penambahan seng (Zn) terhadap kekuatan *impact* dan ketahanan korosi

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana pengaruh penambahan seng (Zn) terhadap kekuatan *impact* dan ketahanan korosi pada paduan coran aluminium-magnesium (Al-Mg).

1.5 Manfaat Penelitian

1. Sebagai bahan referensi terutama pada bidang pengecoran logam dalam hal mengetahui kekuatan *impact* dan ketahanan korosi dengan penambahan seng (Zn) pada paduan aluminium-magnesium (Al-Mg).
2. Mampu mengaplikasikan ilmu dan teori yang telah didapatkan selama proses belajar diperguruan tinggi.
3. Sebagai bahan perbandingan dan dasar pendekatan untuk penelitian selanjutnya.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Johnson, Terry. 1997. *Fighting Corrosion with Zinc and Bonding. Metallurgical and Material Transaction.* Meneliti bahwa penggunaan logam seng (Zn) akan memberikan pengaruh terutama pada ketahanan korosi pada logam yaitu setidaknya memperlambat laju korosi terutama pada lingkungan udara terbuka.

R. Ambat, N.N Aung and W. Zhou, 2000. *Influence of variation temperature age hardening and Zinc level on microstructure and impact behaviour with Al-0,3Mg-0,02Zn-0,01Cu Alloy.* Dari hasil penelitian diketahui bahwa dengan penambahan seng (Zn) dengan proses *age hardening* dapat meningkatkan sifat mekanik, yang terendah pada penambahan Zn 0,5% dengan perlakuan 215°C yaitu berturut-turut : UTS = 18,94 Kg/mm², elongasi = 7,8%, kekerasan = 17,56 HRB, *impact test* = 0,3 J/mm², sedang sifat mekanik tertinggi pada kandungan Zn 0,8% pada perlakuan 250°C berturut-turut : UTS = 30,45 kg/mm², elongasi = 4,3%, kekerasan = 25,45 HRB, *impact test* = 0,8 J/mm². Dari hasil tersebut diketahui bahwa penambahan Zn berpengaruh terhadap sifat mekanik bahan.

2.2 Teori Dasar Pengecoran Logam

2.2.1 Pengertian Pengecoran logam

Pengecoran adalah metode pembentukan logam dengan cara menuangkan logam dalam keadaan cair ke dalam cetakan tahan api dengan bentuk sesuai dengan bentuk logam yang akan dibuat, kemudian dibaiarkan membeku, dan setelah membeku dikeluarkan dari cetakan dengan cara merusak cetakan atau dengan mengambil logam tersebut (Rao,1990:55).

Pengecoran logam merupakan salah satu dari metode pembentukan seperti penempaan, pengerolan, permesinan, dan lain-lain. Pengecoran logam mempunyai beberapa keuntungan, diantaranya adalah sebagai berikut (Heine, 1990:1):

1. Dapat dipakai untuk membuat benda dengan bentuk dan geometri yang sulit.
2. Konstruksi obyek yang diinginkan dapat lebih sederhana.
3. Dapat diproduksi secara massal.
4. Beberapa sifat teknik dapat diperoleh dari logam cairan seperti kekuatan dan keringanan pada paduan logam tertentu.

2.2.2 Klasifikasi Proses Pengecoran Logam

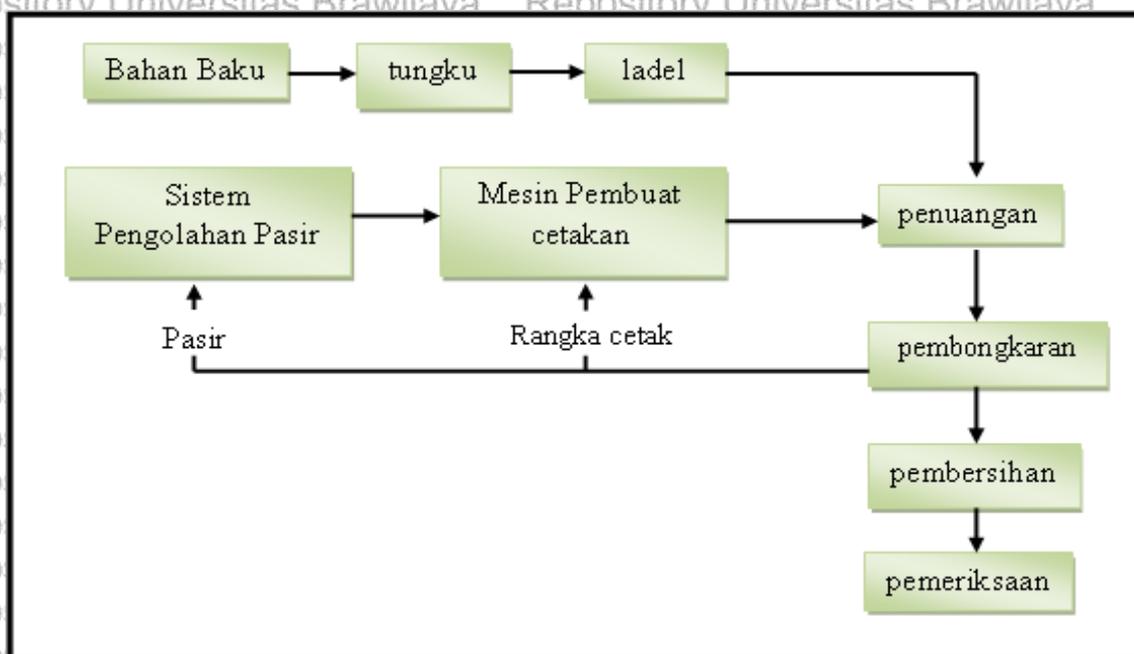
Proses pengecoran logam pada dasarnya terbagi menjadi dua yaitu:

1. *Expendable-mould casting*

Pada *expendable-mould casting*, cetakan yang dipakai harus dihancurkan dengan tujuan untuk mengambil benda cornya. Selain itu proses pengecoran seperti ini sering kali digunakan untuk benda dengan geometri rumit.

2. *Permanent-mould casting*

Pada *permanent mould casting*, cetakan dapat dipakai berulang kali untuk menghasilkan benda cor yang banyak, sehingga dengan proses pengecoran seperti ini dapat lebih ekonomis pada produksi secara massal.



Gambar 2.1 Aliran proses Pembuatan Coran

Sumber : T. Surdia dan K. Chijiwa, 1996:3

Dari definisi maka dalam pengecoran ada dua hal yang berpengaruh terhadap keberhasilan suatu proses pengecoran agar mampu menghasilkan suatu hasil coran yang baik. Pertama dari logam yang dituang, dalam hal ini menyangkut logam cair untuk bisa dituang dengan baik atau dengan kata lain logam harus mempunyai sifat alir yang baik. Yang kedua mengenai cetakan yang digunakan, dalam hal ini cetakan pasir yang merupakan salah satu jenis cetakan yang digunakan dalam teknis pengecoran, dimana cetakan ini dibuat dengan cara memadatkan pasir cetak. Cetakan pasir ini mudah dibuat dan tidak mahal asalkan dipakai pada jenis pasir yang cocok.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam proses penuangan agar diperoleh hasil yang baik meliputi (Tata Surdia, 1986:159):

1. Pengeringan ladel

Pengeringan ladel yang tidak sempurna akan menyebabkan turunnya temperatur logam cair, oksidasi dari cairan, dan cacat coran seperti rongga udara.

2. Pembuangan Terak

Sebelum penuangan, terak diatas cairan harus dibuang. Terak terjadi karena erosi dan lapisan. Untuk memudahkan pembuangan terak, abu jerami atau tepung gelas ditaburkan diatas permukaan logam. Mereka menutupi permukaan cairan dan mencegah penurunan temperatur.

3. Temperatur penuangan yang tepat

Temperatur penuangan banyak mempengaruhi kualitas coran. Jika temperatur rendah akan menyebabkan pembekuan yang pendek, pencairan yang buruk dan akan menyebabkan cacat coran seperti rongga penyusutan, rongga udara, mampat alir dan sebagainya.

4. Waktu penuangan yang baik

Dalam menuang logam, penting dilakukan dengan tepat dan cepat. Selain penuangan cawan tuang perlu terisi dengan logam cair. Waktu penuangan yang cocok perlu ditentukan dengan mempertimbangkan tebal dan berat coran, sifat cetakan dan sebagainya.

Pengecoran logam sebenarnya hanya merupakan salah satu dari metode pembentukan seperti penempaan, pengerolan, permesinan, dan lain-lain, akan tetapi pembentukan logam dengan cara pengecoran tetap digunakan sampai saat ini. Pengecoran logam mempunyai beberapa keuntungan, diantaranya adalah sebagai berikut (Heine, 1990:1):

1. Dapat dipakai untuk membuat benda dengan bentuk dan geometri yang sulit

2. Konstruksi obyek yang diinginkan dapat lebih sederhana.

3. Dapat diproduksi secara massal.

4. Beberapa sifat teknik dapat diperoleh dari logam cairan seperti kekuatan dan keringanan pada paduan logam tertentu.



2.3 Pengecoran dengan Cetakan Logam.

Pengecoran dengan cetakan logam berbeda dengan pengecoran cetak tekan (*die casting*), dimana pengecoran dengan cetakan logam dilakukan dengan menuangkan logam cair ke dalam cetakan logam seperti pada pengecoran dengan cetakan pasir.

Tanpa menggunakan penekanan, karena tekanan sudah terjadi akibat dari berat dari logam cair yang mengalir ke dalam cetakan oleh gaya gravitasi bumi. Bahan cetakan logam dibuat dengan memilih bahan cetakan yang mempunyai titik lebur yang jauh lebih tinggi dari pada logam yang dicor. Biasanya digunakan baja khusus atau besi cor paduan, hal ini dikarenakan agar pada saat cairan logam dituang ke dalam cetakan, cetakan tidak ikut leleh atau lembek karena suhu cairan logam yang masih tinggi.

Keuntungan yang didapat pada pengecoran dengan menggunakan cetakan logam adalah:

1. Ketelitian dimensi hasil coran lebih baik dibandingkan dengan cetakan pasir sehingga tambahan ukuran untuk penyelesaian dapat dikurangi.
2. Struktur yang rapat dapat dihasilkan dengan cara ini, oleh karena itu sifat-sifat mekanik dan sifat tahan tekanan sangat baik bila dibandingkan dengan coran yang dibuat pada cetakan pasir.
3. Luas lantai untuk pengecoran sedikit dan suasana kerja baik.
4. Mekanisasi dari proses lebih mudah dan produktifitas tinggi terutama untuk produksi massal.

Sedangkan beberapa kerugian dari pengecoran dengan menggunakan cetakan logam adalah:

1. Tidak sesuai jika digunakan untuk produksi kecil atau sedikit karena biaya pembuatan cetakan logam mahal.
2. Sulit untuk membuat cetakan dengan pola yang rumit.
3. Pembentukan cetakan logam sulit dan mahal.

2.4 Aluminium

Aluminium merupakan logam ringan yang mempunyai ketahanan korosi yang baik dan hantaran listrik yang baik dan sifat-sifat yang baik lainnya sebagai logam, kekuatan mekaniknya yang sangat meningkat dengan penambahan unsur Cu, Mg, Zn, dan sebagainya, secara satu-persatu atau bersama-sama memberikan sifat baik lainnya seperti ketahanan korosi, ketahanan aus, koefisien pemuaian rendah dan sebagainya (Tata Surdia, 1985 : 129)

logam aluminium tergolong logam yang reaktif, sehingga logam ini dalam udara terbuka akan segera bereaksi dengan oksigen dari udara untuk membentuk oksida aluminium. lapisan oksida yang terbentuk ini sangat keras, namun demikian lapisan oksida yang terbentuk secara alami ini sangat terbatas karena begitu lapisan ini terbentuk, maka reaksi pembentukan lapisan oksida yang lebih lanjut akan terhenti, hal ini disebabkan oleh sifat lapisan oksida itu sendiri mempunyai sifat menghalangi reaksi lanjut antara logam dengan udara.

Beberapa sifat fisik aluminium dapat ditunjukkan pada tabel 2.1, sedangkan untuk sifat-sifat mekanik dari aluminium ditunjukkan pada tabel 2.2.

Tabel 2.1. Sifat-sifat Fisik Aluminium.

Sifat-sifat	Kemurnian Al (%)	
	99,99	>99,99
Massa jenis (Kg / dm ³) (20°C)	2,6989	2,71
Titik cair (°C)	660,2	653 – 657
Panas jenis (Cal/g.°C) (100°C)	0,2226	0,2297
Hantaran listrik (%)	64,91	59 (dianil)
Tahanan listrik koefisien temperatur (/ °C)	0,00429	0,0115
Koefisien pemuaian (M / °C) (20-100°C)	23,86 × 10 ⁻⁶	23,5 × 10 ⁻⁶
Jenis kristal, Konstanta kisi	<i>Fcc</i> , $\alpha = 4,013 \text{ kX}$	<i>Fcc</i> , $\alpha = 4,04 \text{ kX}$

Sumber : T. Surdia dan S. Saito, 1999 : 134

Tabel 2.2. Sifat-sifat Mekanik Aluminium.

Sifat-sifat	Kemurnian Al (%)			
	99,99	>99,0	Dianil	H 18
Kekuatan tarik (Kg/mm ²)	4,6	11,6	9,3	16,9
Kekuatan mulur (0,2%)(Kg/mm ²)	1,3	11,0	3,5	14,8
Perpanjangan (%)	48,8	5,5	35	5
Kekerasan Brinell (Kg/mm ²)	17	27	23	44

Sumber : T. Surdia dan S. Saito, 1999 : 134

2.4.1 Sifat-sifat paduan aluminium

Aluminium mempunyai sifat-sifat yang lebih baik dibandingkan dengan keadaan murninya, terutama peningkatan kekuatannya. Sementara bila dibandingkan dengan logam lainnya aluminium paduan mempunyai berbagai kelebihan seperti ketahanan korosi, kemampuan daya hantar panas dan daya hantar listrik yang baik, sifat mampu bentuk dan sifat-sifat mekanis lainnya.

Hal ini dibuktikan dengan digunakannya aluminium paduan sebagai bahan pembuatan peralatan rumah tangga sampai dengan komponen pesawat terbang. Ini menandakan aluminium paduan sangat kuat dan ringan. Berikut ini dijelaskan lebih rinci tentang sifat-sifat yang dipunyai oleh paduan aluminium paduan antara lain :

1. Kekerasan

Aluminium murni mempunyai kandungan sebesar 99,99% mempunyai kekerasan 17 BHN. Dengan penambahan unsur paduan dan perlakuan panas dapat diperoleh paduan aluminium dengan komposisi unturnya 4,5% Cu, 1,5% Mg, 0,5% Mn yang biasa disebut dengan paduan 2024 mempunyai kekerasan 120 BHN.

2. Kekuatan Tarik

Harga kekuatan Tarik suatu material diperoleh dengan membandingkan antara beban maksimum selama tes dengan luas penampang awal material yang diuji.

Untuk aluminium dengan kemurnian 99,99% kekuatan tariknya adalah 4,9 kg/mm². Dengan memadukan aluminium murni dengan unsur paduan (Cu, Si, Mg, Mn) ditambah dengan melakukan pengerjaan panas atau dingin maka kekuatan tariknya dapat ditingkatkan.

3. Mampu bentuk

kekuatan aluminium yang berkisar antara 83 – 310 Mpa dapat dilipatkan melalui pengerjaan dingin atau pengerjaan panas. Dengan menambahkan unsur Paduan, pengerjaan panas atau dingin dan perlakuan panas dapat diperoleh paduan dengan kekuatan melebihi 700 Mpa. Paduan aluminium dapat ditempa, diekstrusi, dilengkungkan, diregang dan sebagainya.

4. Berat jenis

Aluminium mempunyai berat jenis yang rendah, untuk aluminium dengan kemurnian 99,99% mempunyai berat jenis $2,699 \text{ gr/cm}^3$ pada suhu 20°C , berubah dengan adanya penambahan unsur-unsur pada paduan, contohnya unsur paduan magnesium dan tembaga apabila ditambahkan sebagai paduan aluminium akan turun berat jenisnya.

5. Ketahanan korosi

Daya tahan korosi udara dan air dari aluminium adalah pertimbangan untuk memilih aluminium sebagai bahan yang bekerja di air dan udara. Ketahanan terhadap korosi ini diperoleh karena terbentuknya lapisan tipis namun kuat pada permukaan aluminium yang dikenal dengan aluminium oksida. Lapisan ini terbentuk seketika pada permukaan metal terkontaminasi dengan udara serta sangat stabil.

6. Konduktifitas termal

Aluminium merupakan salah satu logam non ferrous yang diketahui mempunyai daya hantar listrik yang sangat tinggi, biasanya dipakai sebagai bahan untuk konduktifitas listrik, selain tembaga. Konduktifitas listrik berubah menurut kemurnian, pada umumnya untuk 99,0% atau di atasnya dapat dipergunakan di udara tahan dalam waktu bertahun-tahun. Hantaran listrik aluminium, kira-kira 65% dari hantaran listrik tembaga, tetapi massa jenisnya kira-kira sepertiganya sehingga memungkinkan untuk memperluas penampangannya.



2.4.2 Klasifikasi Paduan Aluminium Utama.

Paduan aluminium diklasifikasikan dalam berbagai standar oleh berbagai Negara di dunia. Saat ini klasifikasi yang terkenal dan sempurna adalah standar AA (*Aluminium Association*), di amerika yang didasarkan atas standar terdahulu dari Alcoa (*Aluminum Company of America*). Paduan aluminium dapat diklasifikasikan menjadi 3, yaitu, berdasarkan cara pembuatannya, heat treatment dan unsur-unsur paduannya. Penjelasannya adalah sebagai berikut :

1. Berdasarkan cara pembentukan

Dalam proses pembentukan aluminium dapat diklasifikasikan menjadi dua, yaitu :

a. Paduan tempa (*Wrought-aluminum 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.

b. Paduan aluminium coran (*casting-aluminum alloy*)

Pada paduan ini, bentuk benda yang diinginkan diperoleh dari logam cair yang dituangkan pada cetakan dengan bentuk yang diinginkan dan dibiarkan membeku, sehingga didapatkan produk yang mendekati bentuk aslinya untuk kemudian dilakukan pengerjaan akhir (*finishing*). Paduan aluminium coran, garis besarnya dapat dibagi menjadi beberapa kelompok antara lain :

- Paduan aluminium yang didasarkan pada sistem Al-Si, yang biasa disebut silumin, dapat ditambahkan dengan Mg, Mn, Cu. Paduan ini memiliki sifat-sifat mampu tuang, ketahanan korosi yang baik, duktilitas yang tinggi, dan berat jenis yang rendah.
- Paduan aluminium yang didasarkan pada sistem Al-Mg, memiliki sifat-sifat ketahanan korosi yang baik, sifat-sifat mekanik yang baik, tetapi sifat mampu tuangnya rendah.
- Paduan yang didasarkan pada sistem Al-Cu, memiliki sifat mampu tuang dan mekanik yang rendah, tetapi apabila diberikan perlakuan panas, sifat mekaniknya yang rendah akan dapat diperbaiki.

2. Berdasarkan perlakuan panas (*heat treatment*)

Klasifikasi ini dibagi menjadi dua golongan, yaitu :

- a. Paduan yang tidak lagi memerlukan perlakuan panas, yaitu disebut *non-heat treatable alloy*. Perlakuan ini Paduan ini terdiri dari larutan padat homogen dan memiliki karakteristik kekuatan yang rendah dan *ductility* yang tinggi. Misalnya, Al-Mn dan Al-Mg. Tujuan dari perlakuan ini adalah memperbaiki sifat mekaniknya yaitu hanya dengan pengerjaan biasa tanpa proses perlakuan panas, sehingga bila diberi perlakuan panas maka sifat mekanisnya tidak banyak berubah.
- b. Paduan *heat treatable*, yang mana masih dibutuhkan perlakuan panas untuk mendapatkan sifat-sifat mekanik yang optimum. Paduan ini sangat banyak dijumpai pada aplikasi industri-industri teknik. Yang paling sering dijumpai untuk paduan aluminium *heat-treatable* adalah Al-Mg-Si dan Al-Cu-Mg.

Pada Tabel 2.3 dibawah ini menjelaskan tentang klasifikasi dari perlakuan panas pada logam.

Tabel 2.3 Klasifikasi Dari Perlakuan Panas Logam.

Tanda	Perlakuan
-F	Setelah pembuatan
-O	Dianil penuh
-H	Pengerasan regangan
-H 1n	Pengerasan regangan
-H 2n	Sebagian dianil setelah pengerasan regangan
-H 3n	Dianil untuk penyetabilan setelah pengerasan regangan
	N=2 (1/4 keras), 4 (1/2 keras), 6 (3/4 keras), 8 (keras), 9(sangat keras)
-T	Perlakuan panas
-T2	Penganilan penuh (hanya untuk coran)
-T3	Pengerasan regangan setelah perlakuan pelarutan
-T4	Penuaan alamiah penuh setelah perlakuan pelarutan
-T5	Penuaan tiruan (tanpa perlakuan pelarutan)
-T6	Penuaan tiruan setelah perlakuan pelarutan
-T7	Penyetabilan setelah perlakuan pelarutan
-T8	Perlakuan pelarutan, pengerasan regangan, penuaan tiruan
-T9	Perlakuan pelarutan, penuaan tiruan, pengerasan regangan
-T10	Pengerasan regangan setelah penuaan tiruan.

Sumber : T. Surdia, MS, 1987 : 136

3. Berdasarkan unsur-unsur paduannya

Paduan aluminium diklasifikasikan dalam berbagai standar oleh berbagai negara di dunia. Saat ini klasifikasi yang sangat terkenal dan dianggap sempurna adalah standar *Aluminium Association* (AA) di Amerika Serikat yang didasarkan pada standar terdahulu dari AICOA (*Aluminium Company of America*). Dalam keadaan murni aluminium terlalu lunak terutama kekuatannya sangat rendah untuk dapat dipergunakan diberbagai hal keperluan teknik. Dengan pemaduan, sifat ini dapat diperbaiki.

Paduan aluminium tempa (*wrought-aluminium alloy*) dinyatakan dengan satu huruf atau dua huruf "S", sedangkan paduan coran (*casting-aluminium alloy*) dinyatakan dengan tiga angka. Standar AA menggunakan penandaan dengan empat angka (Tata Surdia, 1999:135) sebagai berikut :

1. Angka pertama menyatakan sistem paduan dengan unsur-unsur yang ditambahkan, yaitu : 1 : Aluminium murni, 2: Al-Cu, 3: Al-Mn, 4: Al-Si, 5: Al-Mg, 6: Al-Mg-Si dan 7 : Al-Mg-Zn
2. Angka kedua menyatakan kemurnian dalam paduan yang dimodifikasi dari aluminium murni.
3. Angka ketiga dan keempat dimaksudkan untuk tanda Alcoa terdahulu kecuali huruf S, sebagai contoh 3S sebagai 3003 dan 63S sebagai 6063.

Penandaan tersebut dapat dilihat seperti pada tabel 2.4 dibawah ini yang menjelaskan penandaan dari standar paduan aluminium.

Tabel 2.4 Standar Paduan Aluminium

Standar AA	Standar Alcoa terdahulu	Keterangan
1001	1S	Al murni 99,5% atau di atasnya
1100	2S	Al murni 99,0% atau di atasnya
2010-2029	10S-29S	Cu merupakan unsur paduan utama
3003-3009	3S-9S	Mn merupakan unsur paduan utama
4030-4039	30S-39S	Si merupakan unsur paduan utama
5050-5086	50 S-69S	Mg merupakan unsur paduan utama
6061-6069	50 S-69S	Mg ₂ Si merupakan unsur paduan utama
7070-7079	70S-79S	Zn merupakan unsur paduan utama

Sumber : Tata Surdia, 1987 : 135

2.4.3 Paduan Aluminium Utama

Aluminium dapat diklasifikasikan menurut paduannya. Klasifikasi paduan aluminium tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Al murni (1XXX)

Aluminium jenis ini kemurniannya 99,0% hingga 99,9%. mempunyai sifat tahan karat, konduksi panas dan konduksi listrik yang baik serta mampu las dan mampu potong yang baik. hal yang kurang menguntungkan adalah kekuatannya relatif rendah, kekakuan yang rendah, kekerasan yang tidak terlalu tinggi.

2. Paduan Al-Cu (2XXX)

Paduan Al-Cu adalah jenis yang dapat di *heat treatment*. sifat mekanik paduan ini dapat menyamai sifat dari baja lunak, tetapi daya tahan korosinya rendah bila dibandingkan dengan paduan yang lainnya. sifat mampu lasnya juga kurang baik, karena itu paduan jenis ini biasanya digunakan pada konstruksi pesawat terbang seperti duralumin (2017) dan super duralumin (2024). mengandung 4,5% Cu, 1,5% Mg, 0,5% Mn dan sisanya Al. nama lain dari paduan ini adalah duralumin super. Paduan ini termasuk jenis natural aged, kekerasannya tinggi sekali. Magnesium memang memperkuat paduan Aluminium ini, tetapi membuatnya menjadi lebih sulit dibentuk. Paduan-paduan diatas banyak digunakan untuk paku keling, sekrup, dan beberapa bagian dari pesawat terbang, juga untuk velg mobil, dan lain-lain.

3. Paduan Al-Mn (seri 3XXX)

Paduan Al-Mn adalah jenis yang tidak dapat di *heat treatment* sehingga untuk menaikkan kekuatannya hanya dapat diusahakan melalui pengerjaan dingin dalam proses pembuatannya. bila dibandingkan dengan jenis Aluminium murni, paduan ini mempunyai daya tahan korosi yang baik, mampu potong dan sifat mampu las yang sama. kekuatan dari paduan jenis ini lebih unggul daripada Aluminium murni. Paduan dalam seri ini tidak dapat dikeraskan dengan *age hardening*. Sebenarnya paduan Al, 12% Mn, 10% Mg dinamakan paduan 3003 dan 3004 yang dipergunakan sebagai paduan tahan korosi tanpa perlakuan panas. Paduan 3003 sangat mudah dibentuk, tahan korosinya baik, dan sifat mampu lasnya (*weldability*) cukup baik. Bahan ini dipasarkan dalam bentuk plat, pipa, dan profil. Banyak digunakan untuk alat dapur, alat pengolah dan penyimpanan makanan (karena tidak berbahaya dan tidak bersifat racun), bahan kimia, pipa, tangki minyak dan bensin, dan sebagainya.

4. Paduan Al-Si (seri 4XXX)

Paduan Al-Si termasuk jenis yang tidak dapat di *heat treatment*. jenis ini dalam keadaan cair mempunyai sifat mampu yang baik dan dalam proses pembekuannya hampir tidak terjadi retak. Sifat-sifat silumin sangat diperbaiki perlakuan panas dan sedikit diperbaiki oleh unsur paduan. Umumnya dipakai paduan dengan 0,15-0,4% Mn dan 0,5% Mg. Koefisien pemuaian thermal dari silikon sangat rendah sehingga paduannya mempunyai koefisien yang rendah apabila ditambahkan silikon lebih banyak. Paduan Al-Si biasa dipakai untuk torak motor, elektroda untuk pengelasan yaitu terutama yang mengandung 5% Si, untuk membuat benda tungan yang rumit, alat pengolah makanan, dan lain-lain.

5. Paduan Al-Mg (seri 5XXX)

Paduan Al-Mg termasuk paduan yang tidak dapat di *heat treatment*. Cu dan Fe sangat berbahaya bagi ketahanan korosi, terutama Cu yang sangat memberikan pengaruhnya. sifat mampu lasnya baik dan kekuatannya yang rendah namun memiliki keuletan yang tinggi, hasil coran halus. Paduan Al-Mg digunakan tidak hanya dalam konstruksi umum, tetapi juga untuk tangki-tangki penyimpanan gas alam cair dan oksigen cair. Paduan 5005 (0,8% Mg) banyak dipakai sebagai batang profil ekstrusi. Paduan 5050 (1,2% Mg) dipakai sebagai pipa saluran minyak dan gas pada kendaraan. Paduan 5052 (2-3% Mg) dapat mudah dirol, ditempa, dan diekstrusi, biasanya dipakai untuk bahan tempaan dan pipa saluran minyak. Paduan 5083 yang dianil adalah paduan (4,5% Mg) kuat dan mampu las, sehingga sekarang dipakai sebagai bahan untuk tangki LNG. Paduan 2140 (3,8% Mg) dan 2180 (8% Mg) digunakan untuk alat pengolah makanan atau hasil peternakan, *fitting*, industri kimia, *brake shoes*, dll. Paduan 2200 (10% Mg) adalah satu-satunya paduan dalam seri ini yang *age hardenable*, dengan sifat mekanik yang paling baik diantara semua paduan, karena itu proses penuangannya memerlukan perhatian khusus.

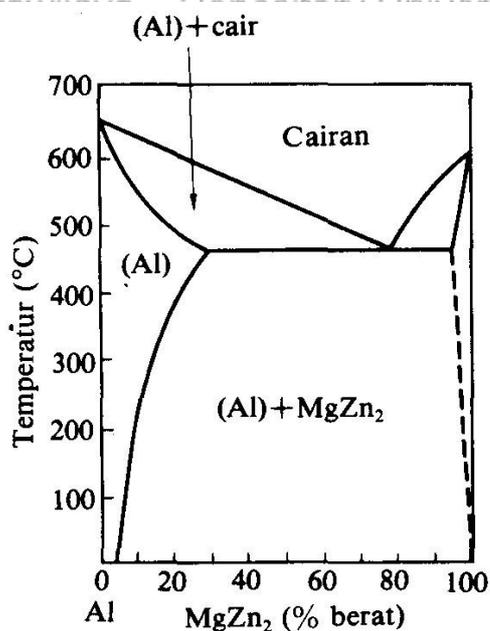
6. Paduan Al-Mg-Si (seri 6XXX)

Paduan Al-Mg-Si termasuk dalam jenis yang tidak dapat di *heat treatment* dan mempunyai sifat mampu potong, mampu las dan daya tahan korosi yang cukup. Sebagai paduan praktis dapat diperoleh paduan 6053, 6063, dan paduan 6061. Paduan dalam sistem ini mempunyai kekuatan kurang sebagai bahan tempaan dibandingkan dengan paduan lainnya, tetapi sangat liat, sangat baik mampu bentuknya untuk penempaan, ekstrusi, dan sangat baik untuk mampu bentuk yang tinggi pada temperatur biasanya. Mempunyai mampu bentuk yang baik pada

ekstrusi dan tahan korosi, dan sebagai tambahan dapat diperkuat dengan perlakuan panas setelah pengerjaan. Paduan 6063 dipergunakan banyak untuk rangka-rangka konstruksi.

7. Paduan Al-Mg-Zn (seri 7xxx)

Paduan Al-Mg-Zn termasuk jenis yang dapat di *heat treatment*. kekuatan tarik yang dapat dicapai lebih dari 50 kg/mm^2 , sehingga paduan ini dinamakan juga ultra duralumin. Di Jepang pada permulaan 1940 *Igarashi* Dkk mengadakan studi dan berhasil dalam pengembangan suatu paduan dengan penambahan kira-kira 0,3% Mn, atau Cr, dimana butir Kristal padat diperhalus, dan mengubah bentuk presipitasi serta retakan korosi tegangan tidak terjadi. Pada saat itu paduan tersebut dinamakan Duralumin Super Ekstra. Selama perang dunia II di Amerika Serikat dengan maksud yang sama telah dikembangkan pula suatu paduan, yaitu paduan yang terdiri dari Al, 5,5% Zn, 2,5% Mg, 1,5% Cu, 0,3% Cr, 0,2% Mn. Sekarang dinamakan paduan 7075. Paduan ini mempunyai kekuatan tertinggi diantara paduan-paduan lainnya. Paduan yang paling besar adalah untuk bahan konstruksi pesawat terbang. Disamping itu penggunaannya menjadi lebih penting sebagai bahan konstruksi. Gambar 2.2 memperlihatkan diagram fasa Al-Mg-Zn.



Gambar 2.2 Diagram Fasa Al-Mg-Zn

Sumber: Tata Surdia, 1987: 146

2.4.4 Pengaruh unsur-unsur paduan

Unsur paduan yang digunakan dalam paduan aluminium sangat berpengaruh pada sifat-sifat yang dimiliki oleh aluminium tersebut. Dibawah ini uraian singkat tentang macam unsur paduan dan pengaruhnya terhadap sifat aluminium. (Sumber : T. Surdia dan S. Saito, 2000:135-142):

1. Silikon

Dengan penambahan silikon pada aluminium maka akan meningkatkan sifat mampu tuang. Paduan Al-Si sangat baik kecairannya, yang mempunyai permukaan bagus sekali dan tanpa kegetasan panas. Sebagai tambahan, ia mempunyai ketahanan korosi yang baik, sangat ringan, koefisien pemuaian yang kecil, dan sebagai penghantar listrik dan panas yang baik. Koefisien pemuaian termal dari Si sangat rendah, sehingga paduannya pun mempunyai koefisien yang rendah apabila ditambah Si lebih banyak. Keuntungan penambahan silikon pada aluminium dimana penambahan silikon berpengaruh pada peningkatan kekuatan tarik dan kekerasan dan penurunan keuletan dari paduan. Selain itu paduan Al-Si ini termasuk salah satu paduan yang tidak mendapatkan keuntungan berarti dari perlakuan panas, seperti meningkatkan kekerasan dan kekuatan tarik. (Heine, 1990 : 299)

2. Magnesium

Diantara sekian banyak jenis dari logam industri, magnesium merupakan bahan logam yang paling ringan dengan massa jenis yaitu 1,8. Aluminium yang dipadu dengan magnesium bersifat ringan serta ketahanan korosi yang sangat baik. Penambahan magnesium tidak mengurangi keuletan paduan sebagaimana dilakukan oleh elemen-elemen pencampur lainnya. Penambahan 2-3% Mg pada aluminium dapat menghasilkan paduan yang mudah ditempa, dirol, dan diekstrusi.

Penambahan unsur paduan dengan titik cair rendah pada aluminium dapat ditambahkan dalam bentuk dasarnya atau tanpa merubah wujud asli dari unsur paduan tersebut. Dimana dalam hal ini, magnesium adalah unsur paduan dengan titik cair yang rendah, yaitu 650°C, sehingga dalam peleburannya dapat dilakukan bersama dengan unsur utamanya, yaitu aluminium (Heine, 1990:268).

3. Silikon dan magnesium

Perpaduan silikon dan magnesium dengan aluminium akan membentuk magnesium silikat (Mg_2Si). Kebanyakan paduan aluminium mengandung Si, sehingga penambahan Mg sangat diperlukan untuk memperoleh efek pengerasan dari Mg_2Si . Tetapi paduan ini menjadi getas, sehingga untuk mengurangi hal tersebut



penambahan magnesium dibatasi dari 0,03 sampai 0,1% (Heine, 1990; 302). Pada umumnya paduan Al-Si-Mg mengandung 0,3% magnesium dan prosentase yang besar dari silikon, yaitu 6-8%, dimana kelebihan dari silikon ini ditampilkan untuk memperbaiki sifat mampu cor dari paduan ini. Paduan Al-Si-Mg ini mempunyai ketahanan korosi yang baik, kekuatan yang tinggi dan mampu alir yang baik saat dicor.

4. Tembaga

Tembaga merupakan unsur paduan yang paling banyak meningkatkan kekuatan tarik dan kekerasan pada paduan aluminium, akan tetapi disisi lain paduan dengan tembaga juga yang paling banyak mengurangi ketahanan korosi. Selain itu penambahan tembaga yang berlebihan dapat mengurangi keuletan paduan aluminium.

5. Nikel

Paduan aluminium dengan nikel akan menghasilkan suatu sistem pengerasan pengendapan. Penambahan Ni dan Mn secara bersama-sama sangat efektif untuk memperbaiki keuletan aluminium.

6. Mangan

Mangan mempunyai sifat memperbaiki ketahanan korosi dan dengan penambahan Mg dipergunakan sebagai paduan korosi tanpa perlakuan panas.

7. Chromium

Penambahan chromium dapat memperbaiki ketahanan korosi, sifat mampu las, tahan panas dan tidak mudah teroksidasi. Namun demikian jumlah chromium terhadap aluminium yang berlebihan akan menurunkan sifat mampu bentuknya.

2.5 Seng (Zn)

Seng termasuk unsur logam. Di alam, seng ditemukan tidak dalam keadaan murni namun terikat dengan unsur lain. Mineral yang utama adalah *sphalerit* (ZnS 67% Seng), *Smithsonite* ($ZnCO_3$ 52% Seng), *Willemite* (Zn_2SiO_4 59% Seng), *hemimorphite* ($Zn_4Si_2O_7(OH)_2 \cdot H_2O$ 54% Seng). Seng sudah digunakan sejak zaman romawi dan china dalam bentuk kuningan (paduan Seng-Tembaga). Dalam pengolahannya, seng dibuat dalam bentuk bijih-bijih seng. Yang terpenting dari bijih-bijih tersebut diantaranya adalah seng karbonat ($ZnCO_3$) dan seng sulfid (ZnS). Pada seng karbonat umumnya tercampur dengan silika ($Zn_2SiO_4 \cdot H_2O$). Banyak metode pengolahan untuk mendapatkan seng murni yang terikat dengan unsur-unsur lain antara lain dengan metode *froth*

flotation dan destilasi dimana dalam metode akan didapatkan seng dengan kemurnian 99,75%. Seng (Zn) memiliki karakteristik putih kebiru-biruan, mengkilat, berat jenis 6,9, titik leburnya $419,53^{\circ}\text{C}$, titik didih 907°C , massa atom relatif 65,39 dan nomor atomnya 30, bentuk kristalnya *hexagonal closed packet* (HCP), dan dapat digunakan sebagai bahan baku untuk pengecoran dan pelapisan. Untuk ketahanan korosi diudara terbuka, seng sangat baik karena adanya lapisan oksida seng yang melindungi dari korosi. (Latief, Basir.1982 : 53). Seng (Zn) pada pengecoran berfungsi memperbaiki kekuatan dan menghaluskan kristal, juga memungkinkan perlakuan panas untuk meningkatkan kekuatan dan memperbaiki sifat-sifat mekanik pada logam.

2.5.1 Penggunaan Seng (Zn)

Dalam kehidupan sehari-hari, seng dan paduannya sudah banyak diaplikasikan yaitu :

1. Seng sebagai logam tersendiri dan karena ketahanan korosinya relatif baik, maka banyak pipa-pipa, talang, pelat, besi, paku, disepuh dengan seng pada proses galvanisasi atau dicelupkan kedalam seng panas untuk melindungi terhadap korosi
2. Seng digunakan sebagai bahan baku untuk proses *die-casting* terutama pada industri otomotif
3. Dalam teknik listrik, seng dalam bentuk silindris tuangan, digunakan sebagai kutub negatif dari elemen galvani.
4. Seng digunakan sebagai paduan untuk kuningan (tembaga-seng)

2.6 Mekanisme Penguatan Logam

2.6.1 Penguatan Dengan Penghalusan Butir

Pada umumnya kekuatan logam dapat ditingkatkan dengan memperkecil unit strukturnya. Bagi logam yang pertama dilakukan dengan memperhalus butiran struktur mikronya. Bagi kebanyakan logam ukuran butir mempunyai hubungan dengan tegangan mulur.

$$\sigma_y = \sigma_i + kd^{-1/2} \quad (2.1)$$

Dimana σ_y adalah tegangan mulur, σ_i dan k adalah konstanta yang tidak tergantung pada butir, dan d adalah diameter butir. Sebagai kekuatan mulur apabila mulur terjadi secara tidak kontinu maka umumnya dipakai kekuatan mulur yang terendah, dan apabila mulur terjadi secara kontinu maka dipakai tegangan uji 0,2%.

Seperti jelas dari persamaan kalau d diperbesar tak terhingga suku ke dua menjadi nol, jadi σ dapat dikatakan kekuatan Kristal tunggal dari bahan yang sama.

2.6.2 Penguatan Larutan Padat

Pada pembahasan Kristal tunggal, jelas bahwa logam murni mempunyai kekuatan rendah. Oleh karena itu untuk memperkuat bahan, dilakukan juga dengan menambahkan unsur paduan, pada besi biasanya dengan penambahan unsur C dan pada aluminium biasa digunakan Si, Mg, Cu, Zn, dan lain-lain. Akan dikemukakan bahwa terdapat fasa padat yang disebut larutan padat, yang dibuat dengan menambahkan berbagai unsur, biasa disebut unsur terlarut. Larutan padat jauh lebih kuat dari larutan murninya. Bagi atom terlarut diketahui banyak faktor seperti : perubahan dimensi dimana atom berbeda dengan diameter atom matriks; sesuai dengan itu modulus kekakuan yang disebabkan medan regangan elastik mendorong peningkatan modulus elastis di medan antar aksi dengan atom terlarut, faktor yang lain adalah factor elektro kimia dan yang lainnya.

Tabel 2.5 menunjukkan contoh yang menyatakan penguatan dalam perbandingan dengan modulus kekuatan dalam perbandingan dengan modulus kekakuan dari matriks per perbandingan atom.

Tabel 2.5 Peningkatan Kekuatan Mulur Oleh Konsentrasi Cacat Kisi Dalam Kristal

Bahan	Cacat	Modulus Kekakuan Per Perbandingan Atom
Al	Atom substitusi	$\mu/10$
Cu	Atom substitusi	$\mu/20$
Fe	Atom substitusi	$\mu/16$
Ni	Karbon intersisi	$\mu/10$
Nb	Atom substitusi	$\mu/10$
KCl	F tengah	$\mu/2,5$
NaCl	Ion substitusi monovalen	$\mu/100$
Al (Dicelup dingin)	Peringan kekosongan atom	2μ
Cu (Diradiasi)	Atom Cu terintersisi	9μ
Fe	Karbon intersisi	3μ
LiF (Diradiasi)	F intersisi	4μ
Nb	N intersisi	2μ
KCl	Cl intersisi	$7 \mu^*$
NaCl	Ion substitusi bivalen	2μ

* harga yang dieksterpolasi dalam 100 ppm

Sumber: Tata Surdia, 1985 : 46

Dari tabel diatas dapat diketahui penguatan ada dua kelompok yang tidak digolongkan oleh keadaan pencampuran dari atom yang ditambahkan tetapi oleh perbedaan cacat terjadi karena penambahan atom yang berbeda, seperti telah dikenal dari kelompok penguatan logam yang lebih tinggi dimana medan regangan dihasilkan oleh cacat tidak *isotropic*. Antar dua kelompok ada perbedaan kira-kira dua tingkat maksimum dan penguatan.

2.6.3 Penguatan Presipitasi dan Dispersi

Perlakuan dimana atom terlarut ditambahkan melampaui kelarutannya, untuk membuat larutan padat temperatur tinggi, perlakuan ini di namakan perlakuan pelarutan. Setelah perlakuan ini, dengan memanaskan pada berbagai temperatur umumnya timbul presipitat. Presipitat berbeda dalam ukuran mulai yang sangat kecil sampai ukuran yang besar. Presipitat bentuknya bermacam-macam, ada yang seperti bola, seperti pelat, atau seperti jarum. Karena tegangan mulur meningkat kalau presipitat terdispersi di dalam larutan padat, maka disebut penguatan dispersi.

Penguatan dispersi telah dikembangkan lanjut untuk menghasilkan beberapa bahan yang diperkuat oleh campuran bubuk buatan, serat dan sebagainya yang menjadi kuat secara efektif. Bahan tersebut dinamakan bahan komposit.

2.7 Pengujian Impact

Kekuatan *impact* (*impact strength*) adalah ketahanan suatu bahan terhadap pukulan (*impact*) yang dinyatakan dengan banyaknya energi yang diperlukan untuk mematahkan bahan tersebut. Jadi kekuatan *impact* juga menyatakan ketangguhan suatu bahan terhadap beban kejut.

Terdapat 3 macam pengujian kekuatan impak berdasarkan cara pembebanan dan posisi spesimen pada mesin uji *impact*, yaitu :

1. *Tension Impact Test* (Tarik Kejut)

Spesimen yang digunakan bisa menggunakan takik (*notch*) atau tanpa menggunakan takik (*notch*) disesuaikan dengan kebutuhan. Spesimen dijepit pada kedua ujungnya dan salah satu jepitan merupakan jepitan tetap. Beban *impact* tidak langsung dipukulkan pada spesimen seperti halnya dalam pengujian Charphy ataupun Izod. Tetapi pada pengujian ini spesimen uji dijepit kemudian spesimen dikenai tarikan secara kejut. Pengujian dengan cara ini biasanya digunakan untuk

material uji yang bersifat ulet. Pada Gambar 2.3 ditunjukkan gambar spesimen dari pengujian *torsion impact test*.

2. Pengujian Pukul

Macam-macam pengujian pukul sebagai berikut :

a. *Charpy Impact Test* (Cara Pembebanan Charpy)

Pengujian dilakukan dengan beban pemukul terletak pada posisi vertikal seperti pada Gambar 2.3. Pada pengujian ini yang terkena beban *impact* adalah bagian belakang dari takik (*notch*). Bentuk takik (*notch*) yang sering digunakan adalah yang mempunyai sudut 45° . Energi yang diperlukan untuk mematahkan merusak spesimen merupakan energi potensial pendulum, karena pendulum diletakkan pada ketinggian tertentu. Energi ini nantinya yang akan diserap sebagian oleh spesimen untuk mematahkan spesimen dan sebagian hilang karena adanya gesekan pada poros pendulum. Percobaan dengan menggunakan metode ini digunakan pada material yang ulet.

b. *Izod Impact Test* (Cara Pembebanan Izod)

Pengujian ini dilakukan dengan cara menjepit spesimen pada salah satu ujungnya secara vertikal seperti pada Gambar 2.3, posisi takik (*notch*) terletak sejajar dengan penjepit dan posisi takik (*notch*) berhadapan dengan pendulum yang memberikan beban impact. Beban impact bekerja secara horizontal pada bagian atas spesimen. Pengujian ini sering digunakan untuk material yang bersifat rapuh.

3. *Torsion Impact Test*

Prinsip kerjanya sama dengan *tension impact test*, perbedaannya terletak pada pemberian beban kejut terhadap spesimen. Pada *torsion impact test* beban kejut berupa torsi dikenakan pada salah satu ujungnya. Seperti yang terlihat pada Gambar 2.3.

Dalam pengujian ini, metode pengujian *impact* yang digunakan adalah *Charpy Impact Test* karena mudah dilakukan, murah dan benda uji kecil. Pada dasarnya *Charpy Impact Test* menggunakan prinsip pendulum (bandul pendulum). Specimen yang digunakan berupa balok segi empat dengan takik (*notch*) di tengahnya. Takik (*notch*) ini mempunyai bentuk dan ukuran standar. Specimen ini diletakkan di bagian bawah mesin dan takikan tepat berada pada bidang lintasan pendulum sehingga bila pendulum dilepaskan akan tepat mengenai bagian punggung takikan.



• Macam-macam patahan dan sifat-sifatnya

Dengan mempelajari sifat permukaan patahan dapat membantu dalam menentukan hubungan sifat patahan terhadap harga kekuatan *impact* suatu material. Patahan dapat terjadi dalam tiga bentuk yaitu:

1. Patahan Getas

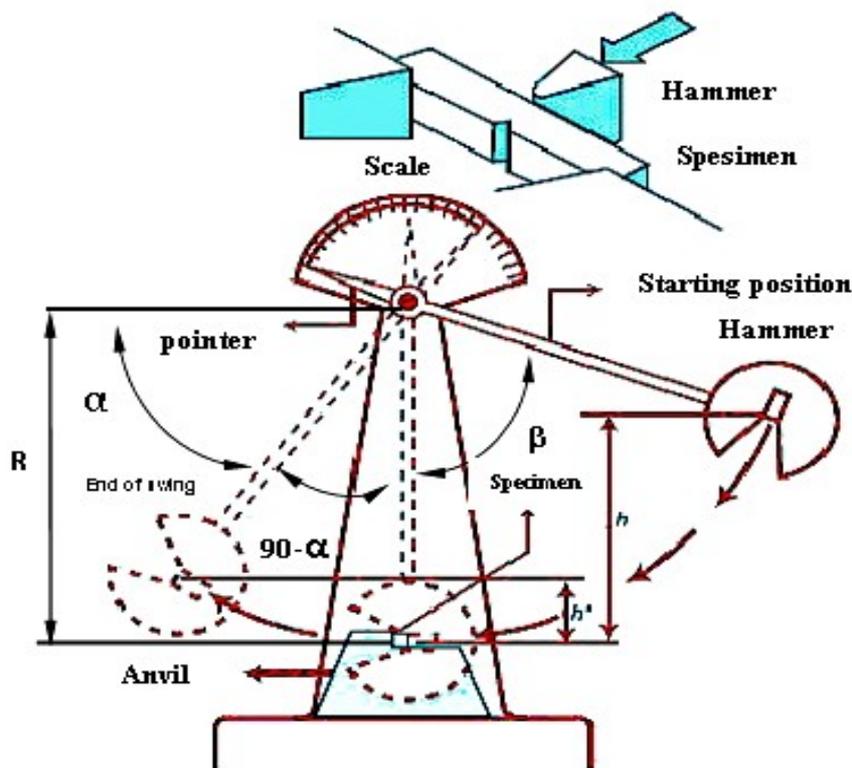
Patahan ini memiliki permukaan yang rata dan mengkilap, bila potongan ini disambung kembali maka sambungannya akan baik dan rapat. Hal ini menunjukkan patahan tidak diikuti deformasi dari bahan tersebut, dan bahan yang memiliki jenis patahan ini memiliki kekuatan impak yang rendah.

2. Patahan Liat

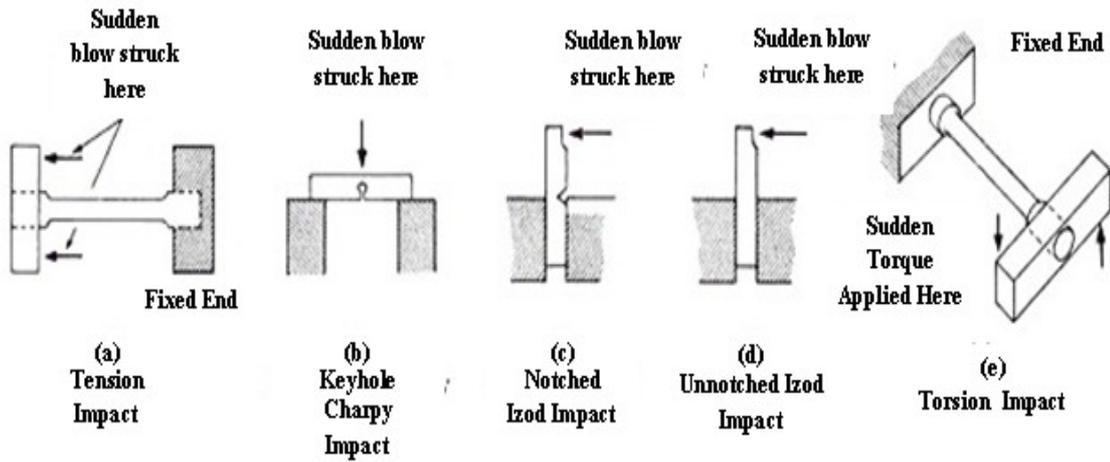
Patahan ini mempunyai permukaan yang tidak rata, nampak seperti beludru, buram dan berserat. Bila potongan ini disambung kembali maka sambungannya tidak akan rapat. Hal ini menunjukkan patahan diikuti deformasi dari bahan tersebut, dan bahan yang memiliki jenis patahan ini memiliki kekuatan impak yang tinggi. Specimen yang mempunyai tipe seperti ini harga kekuatannya tinggi karena sebelum patah mengalami deformasi terlebih dahulu.

3. Patahan Campuran

Mempunyai patahan yang bervariasi, sebagian getas dan sebagian liat.



(a)



(b) Gambar 2.3 Alat uji *impact* (a), Posisi Spesimen Pada Mesin Uji *Impact* (b)
 Sumber: Albert G, Guy, 1959 : 399

Analisis kekuatan *impact* dilakukan dengan menggunakan pengujian *impact* charpy. Besarnya kekuatan *impact* pada spesimen dapat ditentukan dari persamaan – persamaan berikut (E.LC.Verma, 1976 : 86):

Dari Gambar 2.3 (a) dapat diketahui persamaan berikut :

$$h = (R - L \cos \beta^0) \text{ mm}$$

$$h' = \{R - L \cos (90 - \alpha)^0\} \text{ mm}$$

Energi yang digunakan secara ideal (A_0)

$$\begin{aligned} A_0 &= W (h - h') \\ &= W \{ (R - R \cos \beta^0) - \{R - R \cos (90 - \alpha)^0\} \} \\ &= W \cdot R [\cos (90^0 - \alpha_1^0) - \cos \beta^0] \text{ (kg.mm)} \end{aligned} \quad (2.2)$$

Kerugian energi akibat gesekan (f)

$$f = W \cdot R [\cos (90^0 - \alpha_0^0) - \cos \beta^0] \text{ (kg.mm)} \quad (2.3)$$

Energi yang digunakan secara aktual (A)

$$A = A_0 - f \quad (2.4)$$

Kekuatan *impact* (A_k)

$$A_k = \frac{A}{F_0} \text{ (kg.mm/mm}^2\text{)} \quad (2.5)$$

Keterangan :

R : panjang lengan pendulum (600 mm).

W : berat pendulum (24 kg).

α_0 : sudut dry run ($^{\circ}$)

α_1 : sudut akhir ($^{\circ}$)

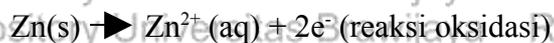
β : sudut awal = 90°

F_0 : luas penampang bawah lintang (80 mm^2)

2.8 Korosi

Korosi merupakan kerusakan atau menurunnya kualitas logam akibat terjadi reaksi kimia atau elektrokimia dengan lingkungannya. Pada reaksi elektrokimia, yaitu pada material yang bersangkutan terjadi perpindahan elektron. Yang mana reaksi tersebut melibatkan adanya pelepasan dan penerimaan elektron yang dikenal dengan reaksi oksidasi dan reduksi. Reaksi oksidasi merupakan reaksi yang disertai dengan pelepasan elektron.

Contoh :



Reaksi reduksi merupakan reaksi yang disertai dengan penerimaan elektron.

Contoh :



Reaksi oksidasi selalu disertai dengan reaksi reduksi. Oleh karena itu reaksi ini sering disebut sebagai reaksi redoks.

Ada 2 macam sel yang berhubungan dengan reaksi elektrokimia yaitu :

1. sel galvanik (*galvanic cell*)

sel galvanik adalah sel elektrokimia yang mana reaksi kimia yang terjadi dalam sel menghasilkan arus listrik. Contoh dari sel galvanik adalah baterai dimana reaksi kimia didalam sel membangkitkan energi kimia yang dapat digunakan sebagai sumber energi untuk perangkat elektronik.

2. sel elektrolitik (*electrolytic cell*)

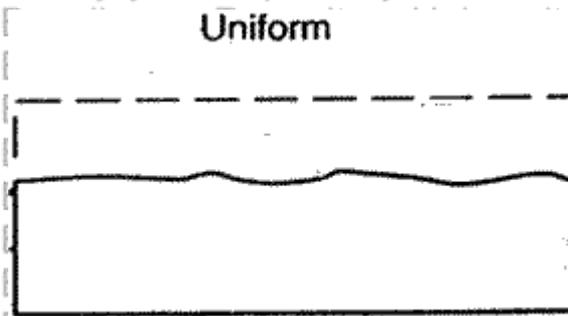
sel elektrolitik adalah sel elektrokimia yang menggunakan energi listrik sebagai sumber energi untuk berlangsungnya reaksi kimia. Proses yang terjadi dalam sel elektrolitik biasa disebut reaksi elektrolisis.

Reaksi elektrolisis dan reaksi galvanis memiliki persamaan, yaitu reaksi selalu terjadi pada bagian anoda. Perbedaannya adalah pada reaksi elektrolisis, beda potensial menyebabkan korosi, sedang pada reaksi galvanis, korosi menyebabkan beda potensial. Selain itu anoda pada reaksi elektrolisis adalah elektroda positif, sedangkan dalam reaksi galvanis adalah sebaliknya. (Bushman, B James, 2001 : 3).

Macam korosi dapat dibedakan menjadi (KR. Trethewey, 1991: 109):

1. *Uniform Corrosion*

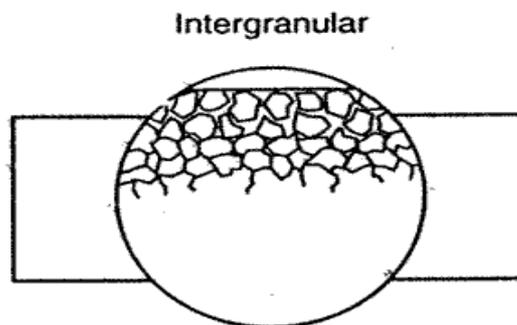
Uniform corrosion terjadi disebabkan rusaknya seluruh atau sebagian *protective layer* pada baja sehingga permukaannya secara merata akan berkurang atau aus (gambar 2.4). Terjadinya korosi ini umumnya disebabkan oleh larutan asam kuat atau alkali.



Gambar 2.4 *Uniform Corrosion*
Sumber : Nugroho Dipo, 2006

2. Korosi batas butir (*intergranular corrosion*)

Korosi batas butir terjadi akibat perbedaan tingkat energi antara atom-atom pada batas dengan atom-atom pada butiran. Salah satu jenis cacat yang nyata adalah pada batas butir yang terbentuk akibat proses pembekuan dan perlakuan panas, atom dalam wujud padat mendapatkan tingkat energi terendahnya hanya bila menempati sesuatu kedudukan dalam kisi Kristal yang sempurna, bila terjadi cacat akan mempunyai energi bebas lebih positif sehingga serangan korosi pada logam lebih mudah terjadi. Gambar 2.5 memperlihatkan terjadinya korosi batas butir.

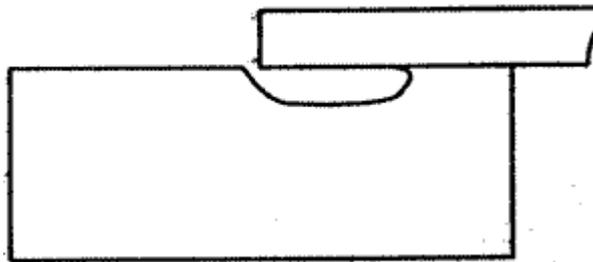


Gambar 2.5 *Intergranular Corrosion*
Sumber : Nugroho Dipo, 2006

3. Korosi celah (*crevice corrosion*)

Korosi ini dibatasi hanya untuk serangan terhadap paduan-paduan yang oksidannya terpasifkan oleh ion-ion agresif seperti klorida dalam celah-celah atau daerah-daerah permukaan logam yang tersembunyi. Gambar 2.6 memperlihatkan terjadinya *crevice corrosion*.

Crevice



Gambar 2.6 *Crevice Corrosion*

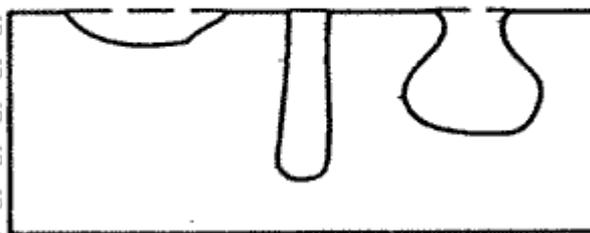
Sumber : Nugroho Dipo, 2006

4. Korosi sumuran (*pitting corrosion*)

Korosi ini adalah korosi lokal yang secara selektif menyerang sebagian permukaan logam yang:

- Selaput pelindungnya tergores atau retak akibat perlakuan mekanik
- Mempunyai tonjolan akibat dislokasi atau slip yang disebabkan oleh tegangan tarik yang dialami atau tersisa. Gambar 2.7 memperlihatkan terjadinya *pitting corrosion*.

Pitting



Gambar 2.7 *Pitting Corrosion*

Sumber : Nugroho Dipo, 2006

5. Korosi erosi

Korosi ini timbul ketika logam terserang akibat gerak relative antara elektrolit dan permukaan logam. Meskipun proses-proses elektrokimia juga berlangsung, banyak contoh bentuk korosi ini yang terutama disebabkan oleh efek mekanik seperti pengausan, abrasi dan gesekan

6. Korosi tegangan (*stress-corrosion cracking*)

Peretakan korosi tegangan adalah peretakan intergranular dan transgranular pada logam akibat gabungan antara tegangan tarik static dan lingkungan khusus. Bentuk korosi ini sering dijumpai di lingkungan industri

7. Korosi lelah (*corrosion fatigue*)

Korosi jenis ini terjadi pada komponen yang menderita beban berulang dalam lingkungan korosif. Lelah mekanik dapat dialami semua logam, yaitu menyebabkan logam gagal pada tegangan jauh dibawah tingkat tegangan statik yang dapat membuatnya rusak di lingkungan basah.

2.8.1 Pengujian korosi

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui laju korosi atau ketahanan korosi dari suatu material. Pengujian korosi ini dibagi menjadi dua kategori yaitu:

2. Pengujian Laboratorium

Pengujian ini dilakukan dengan mengkondisikan lingkungan agar spesimen yang diuji dapat terkorosi, dengan kondisi dan bentuk spesimen yang dibuat mendekati keadaan sebenarnya. Pada pengujian ini biasanya digunakan larutan-larutan yang bersifat korosif atau menggunakan larutan yang dialiri arus listrik atau *elektrokimia*, misal *galvanic cell* sehingga waktunya relatif singkat.

3. Pengujian lapangan atau secara alamiah

Pengujian ini dilakukan dengan menempatkan spesimen sebenarnya langsung pada kondisi lingkungan yang dialami langsung oleh material tanpa adanya kondisi yang dibuat-buat untuk mempercepat terjadinya korosi.

2.8.2 Laju Korosi

Besarnya laju korosi merupakan laju pengurangan berat spesimen karena pengaruh atau reaksi media dengan berbagai tingkat keasaman (pH media perendam) yang diukur dengan rumus yang menunjukkan penipisan spesimen setelah direndam dalam larutan atau media. Laju korosi pada umumnya diekspresikan sebagai *Corrosion Penetration Rate* (CPR) dalam *mills per year (mpy)* dimana 1 mills = 10^{-3} inchi. laju korosi ditunjukkan dalam *mils per year (mpy)* seperti yang ditunjukkan pada persamaan (fontana, 1987:174):

$$CPR = \frac{k \cdot W}{\rho \cdot A \cdot t} \quad mpy \quad (2.6)$$

Dengan : $k = 534$ untuk satuan mpy

W = berat yang hilang (mg)

ρ = massa jenis bahan (gr/cm^3)

A = luas permukaan bahan (in^2)

t = waktu korosi (jam)

2.9 Hipotesis

Penambahan unsur Zn (seng) pada paduan Aluminium-Magnesium (Al-Mg) akan memberikan kontribusi dan pengaruh pada perubahan sifat mekanik terutama kekuatan *impact* dan ketahanan korosi, yakni mengalami peningkatan nilai kekuatan *impact* dan ketahanan korosi dari paduan itu yang juga akan mempengaruhi sifat fisik material.



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimental nyata (*true experimental research*). Metode ini digunakan untuk menyelidiki kemungkinan saling hubungan sebab akibat dengan cara mengenakan kepada salah satu atau lebih kelompok eksperimental dengan kondisi perlakuan dan membandingkan hasilnya dengan kelompok kontrol.

3.2 Variabel Penelitian

Variabel-variabel yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang besarnya ditentukan sebelum penelitian, variabel bebas dapat diubah-ubah untuk mendapatkan hubungan antara variabel bebas dengan variabel terikat sehingga tujuan penelitian dapat tercapai.

Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini adalah peningkatan unsur seng (Zn) dengan variasi berat sebesar 3 %, 5%, 7%, dan 9 %.

- Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang besarnya tergantung pada variabel bebas. Dalam penelitian ini variabel terikatnya adalah kekuatan *impact* dan ketahanan korosi hasil coran aluminium paduan.

- Variabel Terkendali

Variabel terkendali adalah variabel yang besarnya tidak berubah dan tetap terkendali. Dalam penelitian ini variabel terkendalinya dibagi menjadi dua yakni :

Variabel terkendali pada proses pengecoran:

Temperatur ruangan = 27 °C

Temperatur penuangan = 900°C

Variabel terkendali pada proses korosi:

Waktu (t) = 2 jam

Larutan elektrolit = H₂SO₄ 5%



3.3. Alat Yang Digunakan

Peralatan yang dipergunakan pada penelitian ini baik peralatan utama maupun peralatan pembantu adalah :

1. Dapur Listrik untuk melebur aluminium paduan yang akan digunakan sebagai

bahan coran. Spesifikasi dapur listrik yang digunakan adalah sebagai berikut :

Merk : *Neycraf*

T_0 : Temperatur *holding*

T_1 : Temperatur Kerja

T_2 : Temperatur Maksimum Dapur

T_0 minimal : 30°C

T_2 maksimal : 1200°C

Negara pembuat : Jerman

2. Cetakan logam

3. Timbangan elektrik

4. Mistar ukur

5. Alat uji *impact*

Berat pendulum : 24 Kg

Panjang lengan (R) : 600 mm

6. Alat uji Korosi

Spesifikasi :

- Arus : 50 A

- Tegangan : 6 V

- Katoda : Timbal (Pb)

3.4. Bahan Yang Digunakan

Pada penelitian ini bahan yang digunakan adalah paduan aluminium (Al-Mg) dan Zn (seng), dengan prosentase magnesium 5 % dan prosentase seng (Zn) dalam aluminium 3%,5%,7% dan 9%.



3.5 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di beberapa tempat diantaranya adalah:

1. Laboratorium Pengecoran Logam, Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
2. Laboratorium Uji Material, Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
3. Laboratorium Proses Produksi, Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
4. Laboratorium lingkungan Jurusan Kimia FMIPA Universitas Brawijaya.
5. Laboratorium $\alpha\beta$ Landungsari

3.6 Prosedur Penelitian

Langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan berat paduan coran Aluminium-Magnesium (Al-Mg) ditambah Seng (Zn) dengan cara melihat prosentase coran Aluminium-Magnesium (Al-Mg) dan Seng (Zn) yang ditambahkan dalam Aluminium berdasarkan berat keseluruhan, misal pada proses peningkatan unsur Zn 3% penghitungannya sebagai berikut : berat Al-Mg = 970 gr (97%), dan Zn = 30 gr (3%). Berarti berat paduan 100% = 1000 gram.
2. Mekanisme pengecoran
 - Memasukkan paduan dasar yaitu Al-Mg = 970 gr (97%), Zn = 30 gr (3%). Pada temperatur 900°C logam cair dituang ke cetakan logam.
 - Memasukkan paduan dasar yaitu Al-Mg = 950 gr (95%), Zn = 50 gr (5%). Pada temperatur 900°C logam cair dituang ke cetakan logam.
 - Memasukkan paduan dasar yaitu Al-Mg = 930 gr (93%), Zn = 70 gr (7%). Pada temperatur 900°C logam cair dituang ke cetakan logam.
 - Memasukkan paduan dasar yaitu Al-Mg = 910 gr (91%), Zn = 90 gr (9%). Pada temperatur 900°C logam cair dituang ke cetakan logam.
3. Proses pengurangan diameter serta pemotongan dengan proses penyekrapan untuk membentuk dimensi spesimen uji *impact* dan pembubutan untuk membentuk dimensi uji korosi.
4. Pengambilan data spesimen dengan pengujian Kekuatan *impact* dan Pengujian ketahanan korosi.



5. Pengolahan data dengan menggunakan uji statistik yaitu dengan menggunakan interval penduga tengah, analisa varian dan regresi.
6. Pembahasan data yaitu membahas data hasil uji *impact* dan ketahanan korosi yang diperoleh terhadap variasi peningkatan prosentase penambahan seng (Zn).
7. Kesimpulan.

3.7 Metode Pengujian Kekuatan *Impact*.

Berikut adalah prosedur pengujian *Impact*, antara lain :

1. Persiapan spesimen

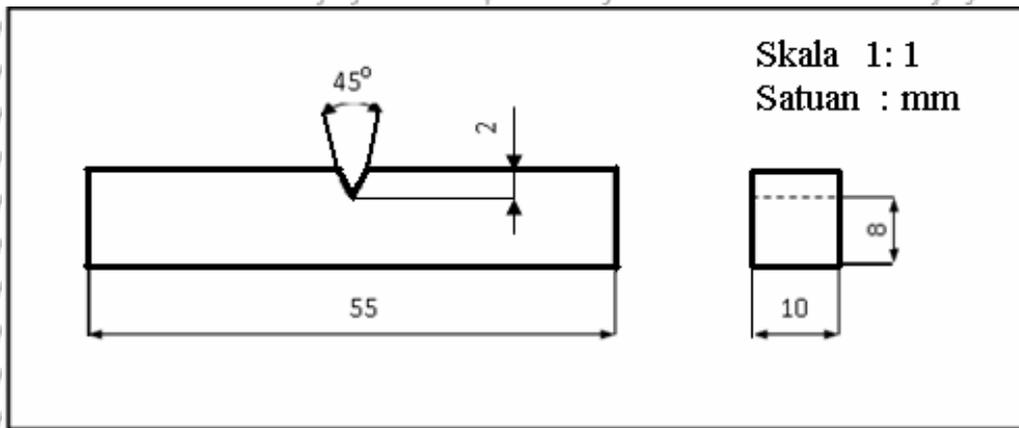
Material yang diuji harus sesuai dengan *American Standart Test of Material* (ASTM) E – 23 seperti gambar 3.1.

2. Dilakukan *dry run test* sebagai berikut :

- Pendulum alat uji Charpy diatur agar benar-benar menggantung bebas dan dalam keadaan diam.
- Lengan pengikat diturunkan dengan roda pemutar.
- Tombol pengunci ditekan selanjutnya jika kedudukan lengan pengikat sudah tepat terhadap pendulum, pengunci dapat dilepas tanpa menggeser kedudukan pendulum.
- Kedua jarum penunjuk diatur pada posisi vertikal.
- Pendulum beserta lengannya diangkat dengan roda pemutar sehingga jarum luar menunjukkan skala yang sesuai dengan kedudukan pendulum dalam posisi horizontal (90°).
- Dilakukan *dry run test* untuk mengetahui energi yang diserap mesin karena kerugian mekanik. Dilakukan pencatatan sudut yang ditunjuk oleh jarum.

3. Dilakukan pengujian sebagai berikut :

- Spesimen diletakkan pada tempatnya sehingga bagian punggung takik tepat pada posisi jatuhnya pendulum.
- Dilakukan pengujian seperti pada *dry run test*.
- Pengambilan data *Impact* berupa selisih sudut simpangan antara α_0 dengan α_1 .

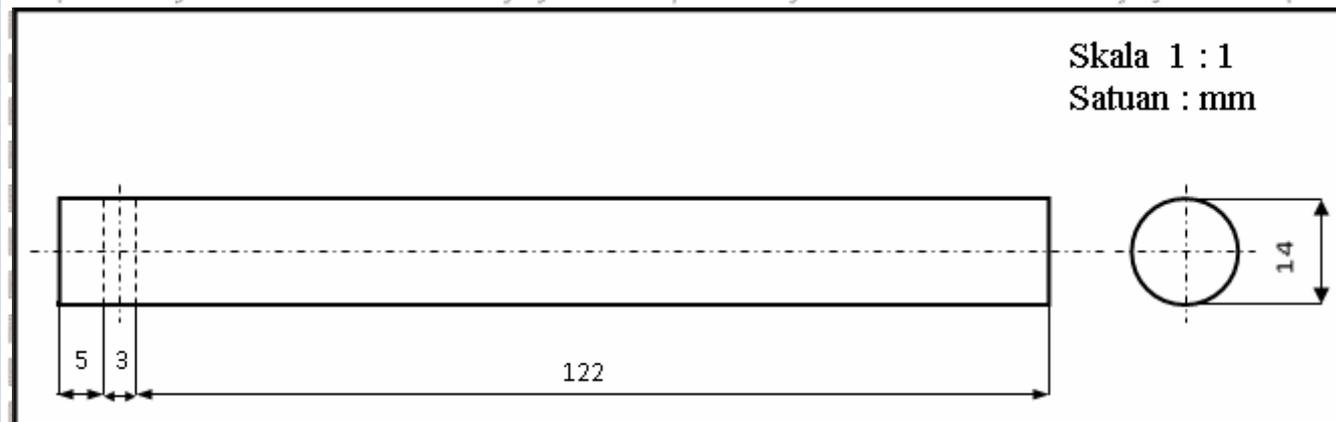


Gambar 3.1 Spesimen Uji *Impact*
Sumber : ASTM *Hand Book*, 291

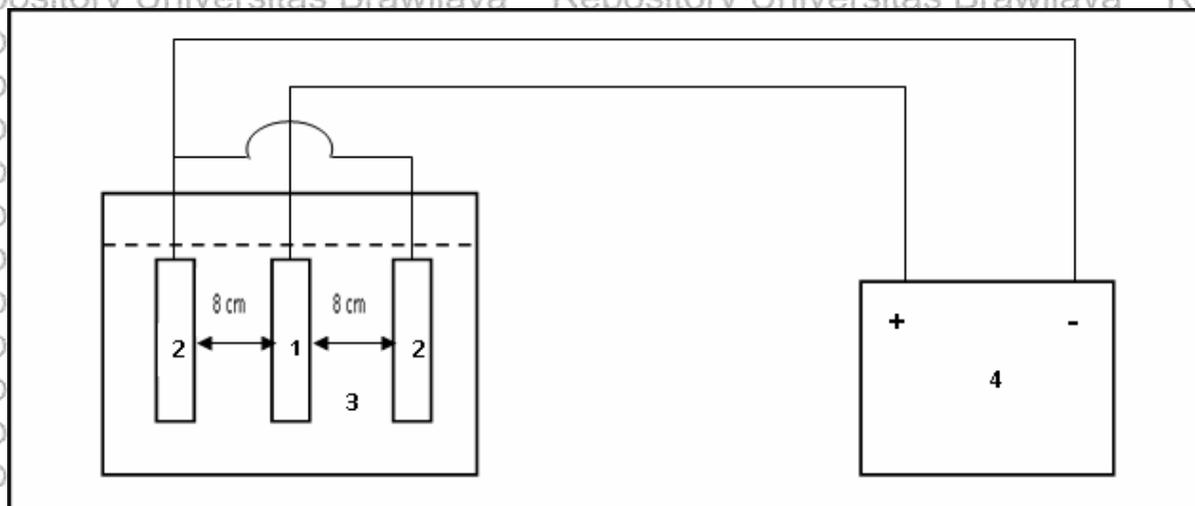
3.8 Metode Pengujian Ketahanan Korosi

Langkah-langkah yang dilakukan pada pengujian ini adalah sebagai berikut :

1. Persiapan alat dan bahan.
2. Menimbang berat awal spesimen yang akan di uji
3. Menempatkan spesimen aluminium padaudukan yang disediakan kemudian dicelupkan ke dalam larutan H_2SO_4 5% dan jarak anoda dengan katoda 8 cm.
4. Memberikan arus DC sebesar 6 V, dengan kutub negatif dipasangkan pada katoda timbal (Pb) dan kutub positif dipasangkan pada spesimen.
5. Pencelupan logam ke dalam larutan H_2SO_4 dilakukan selama 2 jam untuk tiap-tiap spesimen.
6. Setelah dilakukan pengujian korosi, spesimen dibersihkan dengan air untuk menghilangkan sisa-sisa asam, dikeringkan dengan kain, dan dibiarkan selama beberapa menit hingga benar-benar kering. Setelah itu siap dilakukan penimbangan.
7. Data yang diperoleh adalah berat logam yang hilang setelah terkorosi yaitu berat awal sebelum terkorosi dikurangi berat akhir sesudah terkorosi. Gambar spesimen :



Gambar 3.2 Dimensi Spesimen Uji Korosi



Gambar 3.3 Instalasi Uji Korosi
 Sumber : Laboratorium αβ Landungsari

Keterangan :

1. Anoda

Benda kerja yang diposisikan sebagai anoda adalah aluminium paduan Al-Mg-Zn dengan jarak 8 cm dari katoda.

2. Katoda

Untuk katoda yang digunakan dalam penelitian menggunakan timbal (Pb)

3. Larutan elektrolit H_2SO_4 5%

4. Rectifier

Rectifier adalah suatu peralatan yang berfungsi menurunkan tegangan listrik serta mengubah arus listrik AC menjadi DC. Power supply yang digunakan dalam penelitian ini dapat merubah listrik 220 Volt AC menjadi listrik DC 6 V sampai 40 V, dengan daya maksimum yang dapat dikeluarkan sebesar 400 Watt.



3.9 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian dari pengaruh temperatur pengecoran terhadap kekuatan *impact* dan ketahanan korosi adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1. Rancangan Percobaan Uji *Impact*

Ulangan	Kadar Zn (Seng)			
	3%	5%	7%	9%
1	Y ₁₁	Y ₁₂	Y ₁₃	Y ₁₄
2	Y ₂₁	Y ₂₂	Y ₂₃	Y ₂₄
3	Y ₃₁	Y ₃₂	Y ₃₃	Y ₃₄
4	Y ₄₁	Y ₄₂	Y ₄₃	Y ₄₄
Jumlah	∑Y _{i1}	∑Y _{i2}	∑Y _{i3}	∑Y _{i4}
Rata-rata	μ ₁	μ ₂	μ ₃	μ ₄

Tabel 3.2. Rancangan Percobaan Ketahanan Korosi

Ulangan	Kadar Zn (Seng)			
	3%	5%	7%	9%
1	Y ₁₁	Y ₁₂	Y ₁₃	Y ₁₄
2	Y ₂₁	Y ₂₂	Y ₂₃	Y ₂₄
3	Y ₃₁	Y ₃₂	Y ₃₃	Y ₃₄
4	Y ₄₁	Y ₄₂	Y ₄₃	Y ₄₄
Jumlah	∑Y _{i1}	∑Y _{i2}	∑Y _{i3}	∑Y _{i4}
Rata-rata	μ ₁	μ ₂	μ ₃	μ ₄

3.9.1 Data Penduga Nilai Tengah Dengan Distribusi t

Analisis statistik ini bertujuan untuk mendapatkan interval penduga nilai tengah dari data hasil pengujian, dengan tingkat kepercayaan 95% atau tingkat kesalahan 5% ($\alpha = 0,05$).

- **Data rata-rata**

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \tag{3.1}$$

- **Standar deviasi**

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \tag{3.2}$$



- **Standar deviasi rata-rata**

$$\bar{\sigma} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \tag{3.3}$$

- **Interval penduga**

$$\bar{x} - t \left[\frac{\alpha}{2}, db \right] \bar{\sigma} < x < \bar{x} + t \left[\frac{\alpha}{2}, db \right] \bar{\sigma} \tag{3.4}$$

3.9.2 Analisa Varian

Analisis statistik yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis varian satu arah, yaitu analisis yang digunakan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh penambahan seng (Zn) terhadap kekuatan *impact* dan ketahanan korosi.

Model rancangan penelitian yang digunakan adalah rancangan acak lengkap (RAL) klasifikasi satu arah dengan pengulangan sebanyak 4 kali. Untuk penyelesaian rancangan acak lengkap digunakan varian satu arah dan dari analisis tersebut akan diketahui ada tidaknya pengaruh temperatur pengecoran terhadap kekuatan *impact* dan ketahanan korosi.

Dari data pada tabel 3.1 dan tabel 3.2 di atas, maka kekuatan *Impact* rata-rata dan ketahanan korosi rata-rata yang disebut sebagai variabel terikat dianggap sebagai $\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4,$ dan μ_5 . Maka dengan mengambil hipotesis:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 \quad (\text{Tidak ada pengaruh nyata})$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5 \quad (\text{Ada pengaruh nyata})$$

Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima, artinya ada pengaruh nyata akibat dari variasi penambahan prosentase seng (Zn). Berdasarkan tabel di atas dapat dihitung:

- **Jumlah seluruh perlakuan**

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij} \tag{3.5}$$

- **Jumlah kuadrat seluruh perlakuan**

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij}^2 \tag{3.6}$$



- **Faktor koreksi (FK)**

$$FK = \frac{\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij} \right]^2}{n \cdot k} \quad (3.7)$$

- **Jumlah kuadrat total (JK_T)**

$$JK_T = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij}^2 - FK \quad (3.8)$$

- **Jumlah kuadrat perlakuan (JK_P)**

$$JK_P = \frac{\sum_{j=1}^k \left[\sum_{i=1}^n Y_{ij} \right]^2}{n} - FK \quad (3.9)$$

- **Jumlah Kuadrat galat (JK_G)**

$$JK_G = JK_T - JK_P \quad (3.10)$$

- **Kuadrat tengah perlakuan (KT_P)**

$$KT_P = \frac{JK_P}{k-1} \quad (3.11)$$

- **Kuadrat tengah perlakuan (KT_G)**

$$KT_G = \frac{JK_G}{n-k} \quad (3.12)$$

Ada tidaknya pengaruh variasi penambahan prosentase seng (Zn) terhadap Variabel terikat (kekuatan *Impact* dan ketahanan korosi) dapat diuji melalui metode uji F dengan jalan mencari besar F_{hitung} dari rumusan:

$$F_{hitung} = \frac{KT_P}{KT_G} \quad (3.13)$$

Untuk melakukan uji analisa varian, dapat dibuat tabel analisa varian satu arah sebagai berikut:

Tabel 3.3. Analisa Varian Satu Arah

Sumber Varian	db	JK	KT	F_{hitung}	F_{tabel}
Perlakuan	(k-1)	JKP	$KTP = \frac{JKP}{db_{per}}$	$F_{hitung} = \frac{KTP}{KTG}$	
Galat	K(n-1)	JKG	$KTG = \frac{JKG}{db_{galat}}$		
Total	(kn-1)	JKT			

Sumber : Hifni, M, 1991 : 23

3.9.3 Analisa Regresi

Pengujian ada tidaknya pengaruh perlakuan adalah dengan membandingkan F_{hitung} dengan tingkat keberhasilan α

1. Jika $F_{hitung} > F(\alpha, k; db)$ berarti H_0 ditolak.

Ini menyatakan bahwa ada perbedaan yang berarti antara perlakuan ke-1 dengan kontrol rata-rata.

2. Jika $F_{hitung} < F(\alpha, k; db)$ berarti H_0 diterima.

Ini menyatakan bahwa tidak ada perbedaan yang berarti antara perlakuan ke-1 dengan kontrol rata-rata.

Selanjutnya untuk menafsirkan hubungan antara variabel terikat dengan variabel bebas dari data yang ada digunakan analisa regresi.

Dari data yang diperoleh dari variabel bebas dan variabel terikatnya dapat dilakukan perhitungan secara matematik, yaitu dengan persamaan umum sebagai berikut:

$$Y = b_0 + b_1X + b_2X^2 \quad (3.14)$$

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



Tabel 3.4. Data Regresi

No.	X	Y	X ²	Y ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y
1								
2								
3								
4								
Σ								

Untuk memperoleh koefesien regresi dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$\sum Y = n \cdot b_0 + b_1 \cdot \sum X + b_2 \cdot \sum X^2 \tag{3.11}$$

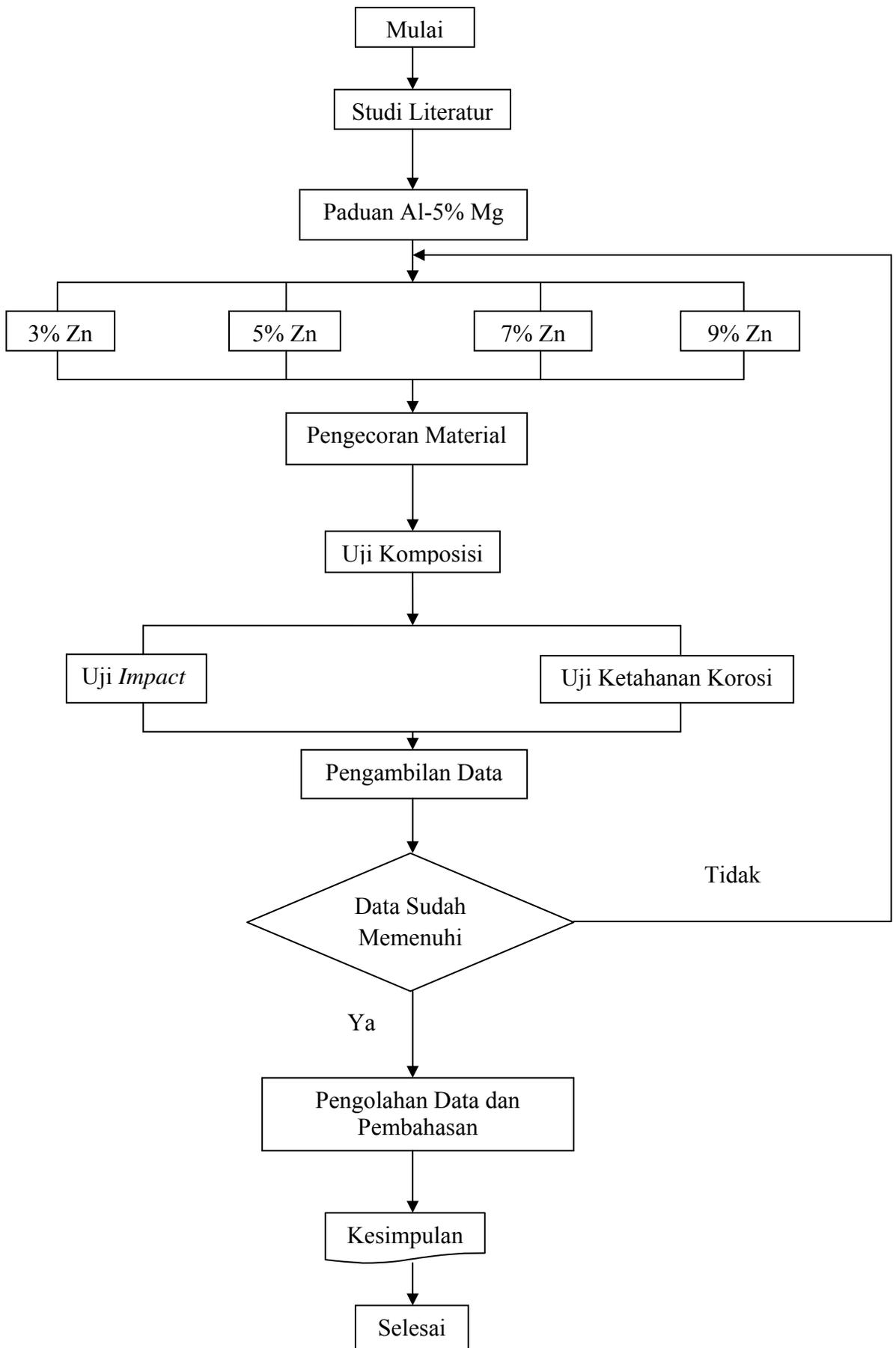
$$\sum XY = b_0 \cdot \sum X + b_1 \cdot \sum X^2 + b_2 \cdot \sum X^3 \tag{3.12}$$

$$\sum X^2Y = b_0 \cdot \sum X^2 + b_1 \cdot \sum X^3 + b_2 \cdot \sum X^4 \tag{3.13}$$

Kemudian dihitung nilai R² dengan persamaan sebagai berikut:

$$R^2 = \frac{JK_R}{JK_T} \tag{3.14}$$

3.10 Diagram Alir Penelitian





BAB IV

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengujian

4.1.1 Data Hasil Pengujian Kekuatan *Impact*

Dari pengujian yang telah dilakukan didapatkan data sudut simpangan antara α_0 dengan α_1 pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Data Sudut Simpangan Antara α_0 Dengan α_1

Ulangan	Variasi Zn (%)							
	3		5		7		9	
	α_0	α_1	α_0	α_1	α_0	α_1	α_0	α_1
1	4,5	7,6	4,5	7,3	4,5	6,9	4,5	6,5
2	4,5	7,8	4,5	7,2	4,5	6,8	4,5	6,5
3	4,5	7,8	4,5	7,3	4,5	6,8	4,5	6,6
4	4,5	7,9	4,5	7,4	4,5	6,9	4,5	6,7

Kemudian dihitung kekuatan *impact* sesuai dengan rumus pengujian *impact* yang mana pada pengujian ini diambil 4 sampel untuk tiap-tiap variasi penambahan seng (Zn), dan tiap sampel dilakukan pengujian sesuai dengan metode pengujian *impact*. Dari data diatas kemudian diolah sesuai dengan rumus kita ambil contoh untuk variasi 3% ulangan 1 :

$$W = 24 \text{ kg}$$

$$R = 600 \text{ mm}$$

$$F_0 = 80 \text{ mm}^2$$

$$A\alpha = W \times R \times (\cos(90^\circ - \alpha_1) - \cos \beta)$$

$$= 24 \times 600 \times (\cos(90^\circ - 7,6^\circ) - \cos 90^\circ)$$

$$= 14400 \times (\cos 82,4)$$

$$= 14400 \times 0.132$$

$$= 1904,492 \quad (\text{kg} \cdot \text{mm})$$

$$f = W \times R (\cos(90^\circ - \alpha_0) - \cos \beta)$$

$$= 24 \times 600 (\cos(90^\circ - 4,5^\circ) - \cos 90^\circ)$$

$$= 14400 \times (\cos 85,5)$$

$$= 14400 \times 0.078$$

$$\begin{aligned}
 &= 1129,810 \quad (\text{kg.mm}) \\
 A &= A_o - f \\
 &= 1904,492 - 1129,810 \\
 &= 774,682 \quad (\text{kg.mm}) \\
 A_k &= \frac{A}{F_o} \\
 &= \frac{774,682}{80} \\
 &= 9,683 \quad (\text{kg.mm/mm}^2)
 \end{aligned}$$

Nilai kekuatan *impact* rata-rata dari tiap spesimen dapat ditabelkan sebagai berikut:

Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian Kekuatan *Impact* (kg.mm/mm²)

Ulangan	Variasi Zn (%)			
	3	5	7	9
1	9,683	8,749	7,502	6,253
2	10,306	8,437	7,190	6,253
3	10,306	8,749	7,190	6,566
4	10,617	9,060	7,502	6,878
Jumlah	40,912	34,995	29,384	25,956
Rata-rata	10,228	8,748	7,346	6,487

4.1.2 Data Hasil Pengujian Ketahanan Korosi

Dari pengujian yang telah dilakukan, didapatkan perubahan berat spesimen saat pengujian korosi yang ditunjukkan pada tabel 4.3 dan data ketahanan korosi yang ditunjukkan pada tabel 4.4 berikut ini :

Tabel 4.3 Perubahan Berat Spesimen Saat Pengujian Korosi (gram)

Ulangan	Variasi Zn (%)							
	3		5		7		9	
	Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir
	Yang hilang		Yang hilang		Yang hilang		Yang hilang	
1	53,91	53,70	58,08	57,90	56,38	56,24	54,68	54,57
	0,21		0,18		0,14		0,11	
2	55,34	55,11	55,12	54,96	57,29	57,14	53,49	53,39
	0,23		0,16		0,15		0,10	
3	56,14	55,90	52,25	52,08	56,77	56,64	53,09	52,98
	0,24		0,17		0,13		0,11	
4	54,70	54,49	54,06	53,88	52,21	52,08	54,21	53,41
	0,21		0,18		0,13		0,8	

Setelah didapatkan perubahan berat spesimen saat pengujian, dihitung laju ketahanan korosi berdasarkan rumus seperti dibawah ini :

Kita ambil contoh , variasi Zn 3% pada ulangan 1

Diketahui :

$$K = 534$$

$$W = 0,21 \text{ gr} \rightarrow 210 \text{ mg}$$

$$\rho = 2,8 \text{ gr/cm}^3$$

$$A = (2 \cdot \pi \cdot (r^2)) + (2 \cdot \pi \cdot r \cdot h)$$

$$= (2 \times 3,14 \times (0,7^2)) + (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 13)$$

$$= (2 \times 3,14 \times 0,49) + (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 13)$$

$$= 3,0772 + 57,148$$

$$= 60,2252 \text{ cm}^2 \rightarrow 23,710 \text{ inch}^2$$

Ditanya : CPR ?

Jawab :

$$\text{CPR} = \frac{K \cdot W}{\rho \cdot A \cdot t}$$

$$= \frac{534 \cdot 210}{2,8 \cdot 23,710 \cdot 2} = 844,580 \text{ mpy}$$

Tabel 4.4 Data Hasil Pengujian Ketahanan Korosi (*mpy*)

Ulangan	Variasi Zn (%)			
	3	5	7	9
1	844,580	723,926	563,053	442,399
2	925,016	643,489	603,271	402,181
3	965,234	683,707	522,835	442,399
4	844,580	723,926	522,835	321,744
Jumlah	3579,418	2775,048	2211,994	1608,723
Rata-rata	894,852	693,762	552,998	402,180

4.2 Data Penduga Nilai Tengah Dengan Distribusi t

4.2.1 Interval Penduga Nilai Tengah Data Pengujian Kekuatan *Impact*

Dari data yang diperoleh selama pengujian, maka dapat diketahui interval penduga nilai tengah data pengujian kekuatan *impact* pada variasi 3% sebagai berikut :

$$\text{Jumlah sampel } (n) = 4$$

$$\text{Derajat bebas (db)} = n - 1 = 3$$

$$\text{Tingkat kesalahan } (\alpha) = 0,05$$

$$\text{Nilai kritik sebaran } t = t\left(\frac{\alpha}{2}; 3\right) = t\left(\frac{0,05}{2}; 3\right) = 3,182$$

- **Data rata-rata**

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = \frac{10,288}{4} = 2,572$$

- **Standar deviasi**

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{0,460}{4 - 1}} = 0,391$$

- **Standar deviasi rata-rata**

$$\bar{\sigma} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \frac{0,391}{2} = 0,195$$

• **Interval penduga**

$$\bar{x} - t \left[\frac{\alpha}{2}, db \right] \sigma < x < \bar{x} + t \left[\frac{\alpha}{2}, db \right] \sigma$$

$$2,572 - (3,182,0,195) < x < 2,572 + (3,182,0,195)$$

$$9,607 < x < 10,848$$

Sehingga dari perhitungan diatas, dengan tingkat kepercayaan 95% didapatkan nilai kekuatan *impact* sebenarnya pada variasi Zn 3% terletak diantara 9,607 sampai dengan 10,848 selanjutnya dengan menggunakan cara perhitungan yang sama, dapat diperoleh interval penduga nilai tengah untuk variasi 3%, 5%, 7%, 9% seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut ini :

Tabel 4.5 Interval Penduga Nilai Tengah Data Pengujian Kekuatan *Impact*

Variasi Zn (%)	Rata-rata (x)	Standar deviasi rata-rata (σ)	Interval Penduga Nilai Tengah
3	10,228	0,195	$9,607 < x < 10,848$
5	8,748	0,127	$8,343 < x < 9,152$
7	7,346	0,090	$7,059 < x < 7,632$
9	6,487	0,149	$6,871 < x < 7,820$

4.2.2 Interval Penduga Nilai Tengah Data Pengujian Ketahanan Korosi

Dari data yang diperoleh selama pengujian, maka dapat diketahui interval penduga nilai tengah data pengujian ketahanan korosi pada variasi 3% sebagai berikut :

$$\text{Jumlah sampel } (n) = 4$$

$$\text{Derajat bebas } (db) = n - 1 = 3$$

$$\text{Tingkat kesalahan } (\alpha) = 0,05$$

$$\text{Nilai kritik sebaran } t = t \left(\frac{\alpha}{2}; 3 \right) = t \left(\frac{0,05}{2}; 3 \right) = 3,182$$

• **Data rata-rata**

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = \frac{3579,418}{4} = 894,854$$



Standar deviasi

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{32654,986}{4-1}} = 104,331$$

• **Standar deviasi rata-rata**

$$\frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \frac{104,331}{2} = 52,165$$

• **Interval penduga**

$$x - t \left[\frac{\alpha}{2}, db \right] \frac{\sigma}{\sigma} < x < x + t \left[\frac{\alpha}{2}, db \right] \frac{\sigma}{\sigma}$$

$$894,854 - (3,182, 52,165) < x < 894,854 + (3,182, 52,165)$$

$$728,864 < x < 1060,843$$

Sehingga dari perhitungan diatas, dengan tingkat kepercayaan 95% didapatkan nilai kekuatan *impact* sebenarnya pada variasi Zn 3% terletak diantara 728,864 sampai dengan 1060,843 selanjutnya dengan menggunakan cara perhitungan yang sama, dapat diperoleh interval penduga nilai tengah untuk variasi 3%, 5%, 7%, 9% seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.6 berikut ini :

Tabel 4.6 Interval Penduga Nilai Tengah Data Pengujian Ketahanan Korosi

Variasi Zn (%)	Rata-rata (x)	Standar deviasi rata-rata (s)	Interval Penduga Nilai Tengah
3	894,852	52,165	728,864 < x < 1060,843
5	693,762	23,765	618,141 < x < 769,382
7	552,998	25,874	470,666 < x < 635,329
9	402,180	48,993	246,284 < x < 558,075

4.3 Analisis Varian

4.3.1 Analisis Varian Data Pengujian Kekuatan *Impact*

- **Jumlah Seluruh Perlakuan**

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij} = 6,253 + 6,253 + 6,566 + \dots + 10,306 + 10,617 = 131,247$$

- **Jumlah Kuadrat Seluruh Perlakuan**

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij}^2 = 6,253^2 + 6,253^2 + 6,566^2 + \dots + 10,306^2 + 10,617^2 = 1109,836$$

- **Faktor Koreksi (fk)**

$$fk = \frac{\left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij} \right)^2}{\sum ni} = \frac{131,247^2}{4 \times 4} = 1076,610$$

- **Jumlah Kuadrat Total (JK_T)**

$$JK_T = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij}^2 - fk = 1109,836 - 1076,610 = 33,226$$

- **Jumlah Kuadrat Perlakuan (JK_P)**

$$JK_P = \frac{\sum_{j=1}^k \left[\sum_{i=1}^n Y_{ij} \right]^2}{ni} - fk = \frac{25,956^2 + 29,384^2 + 34,995^2 + 40,912^2}{4} - 1076,610 = 32,283$$

- **Jumlah Kuadrat galat (JK_G)**

$$JK_G = JK_T - JK_P = 33,226 - 32,283 = 0,943$$

- **Kuadrat Tengah Perlakuan (KT_P)**

$$KT_P = \frac{JK_P}{k-1} = \frac{32,283}{4-1} = 10,761$$

- **Kuadrat Tengah Perlakuan (KT_G)**

$$KT_G = \frac{JK_G}{n-k} = \frac{0,943}{16-4} = 0,078$$



$$F_{hitung} = \frac{KT_p}{KT_G} = \frac{10,761}{0,078} = 137,961$$

- **F tabel**

$$F_{tabel} = F(\alpha, k, db) \\ = F(0,05; 4, 3) = 3,74$$

Dari hasil perhitungan di atas, dihasilkan oleh tabel analisis varian satu arah data pengujian ketahanan korosi seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.7 berikut ini :

Tabel 4.7 Analisa Varian Satu Arah Data Pengujian Kekuatan *Impact*

Sumber Varian	Db	JK	KT	F _{hitung}	F _{tabel}
Perlakuan	3	32,283	10,761	137,961	3,74
Galat	12	0,943	0,078		
Total	15	33,226			

4.3.2 Analisa Varian Data Pengujian Ketahanan Korosi

- **Jumlah Seluruh Perlakuan**

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij} = 844,580 + 925,016 + 965,234 + \dots + 321,744 = 10175,183$$

- **Jumlah Kuadrat Seluruh Perlakuan**

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij}^2 = 844,580^2 + 925,016^2 + 965,234^2 + \dots + 321,744^2 \\ = 7028013,048$$

- **Faktor Koreksi (FK)**

$$fk = \frac{\left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij} \right)^2}{\sum ni} = \frac{10175,183^2}{4 \times 4} = 6470896,818$$

- **Jumlah Kuadrat Total (JK_T)**

$$JK_T = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij}^2 - fk = 7028013,048 - 6470896,818 = 557116,230$$



• **Jumlah Kuadrat Perlakuan (JK_P)**

$$JK_P = \sum_{j=1}^k \left[\sum_{i=1}^n Y_{ij}^2 \right] - \frac{f_k^2}{ni} = \frac{3579,418^2 + 2775,048^2 + 2211,994^2 + 1608,723^2}{4} - \frac{6470896,818}{6998507,942} = 527611,124$$

• **Jumlah Kuadrat galat (JK_G)**

$$JK_G = JK_T - JK_P = 557116,230 - 527611,124 = 29505,106$$

• **Kuadrat Tengah Perlakuan (KT_P)**

$$KT_P = \frac{JK_P}{k-1} = \frac{527611,124}{4-1} = 175870,374$$

• **Kuadrat Tengah Galat (KT_G)**

$$KT_G = \frac{JK_G}{n-k} = \frac{29505,106}{16-4} = 2458,758$$

• $F_{hitung} = \frac{KT_P}{KT_G} = \frac{175870,374}{2458,758} = 71,528$

• **F tabel**

$$F_{tabel} = F(\alpha; k; db) = F(0,05; 4; 3) = 3,74$$

Dari hasil perhitungan di atas, dihasilkan oleh tabel analisis varian satu arah data pengujian ketahanan korosi seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut ini :

Tabel 4.8 Analisa Varian Satu Arah Data Pengujian Ketahanan Korosi

Sumber Varian	Db	JK	KT	F _{hitung}	F _{tabel}
Perlakuan	3	527611,124	175870,374	71,528	3,74
Galat	12	29505,106	2458,758		
Total	15	557116,230			

Dari tabel analisis varian satu arah diatas diperoleh hasil $F_{hitung} > F_{tabel}$ sehingga diketahui bahwa penambahan seng (Zn) mempunyai pengaruh yang nyata terhadap ketahanan korosi dari aluminium paduan coran Aluminium-Magnesium (Al-Mg).

4.4 Analisa Regresi

4.4.1 Analisa Regresi Data Kekuatan *Impact*

Dari data hasil pengujian didapatkan suatu hasil yang dapat ditampilkan dalam bentuk suatu variabel, dimana :

X = Variabel bebas penambahan seng (Zn)

Y = kekuatan *impact* rata-rata

Dan didapatkan hasil seperti yang ditunjukkan pada di bawah ini :

Tabel 4.9 Analisa Regresi Data Kekuatan *Impact*

No	X	Y	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y	Y ²
1	3	6,487	9	27	81	19,461	58,383	42,081
2	5	7,346	25	125	625	36,73	183,65	53,963
3	7	8,748	49	343	2401	61,236	428,652	76,527
4	9	10,228	81	729	6561	92,052	828,468	104,611
Σ	24	32,809	164	1224	9668	209,479	1499,153	277,182

Dengan memasukkan nilai-nilai jumlah dari tabel 4.6 ke dalam persamaan-persamaan berikut :

$$\Sigma Y = n \cdot b_0 + b_1 \cdot \Sigma X + b_2 \cdot \Sigma X^2$$

$$\Sigma XY = b_0 \cdot \Sigma X + b_1 \cdot \Sigma X^2 + b_2 \cdot \Sigma X^3$$

$$\Sigma X^2 Y = b_0 \cdot \Sigma X^2 + b_1 \cdot \Sigma X^3 + b_2 \cdot \Sigma X^4$$

Maka diperoleh :

$$32,809 = 4 \cdot b_0 + 24 \cdot b_1 + 164 \cdot b_2$$

$$209,479 = 24 \cdot b_0 + 164 \cdot b_1 + 1224 \cdot b_2$$

$$1499,153 = 164 \cdot b_1 + 1224 \cdot b_2 + 9668 \cdot b_2$$

Selanjutnya dengan menyelesaikan persamaan-persamaan diatas dapat diperoleh nilai b_0 , b_1 dan b_2 adalah sebagai berikut :



$$b_0 = 7,3970$$

$$b_1 = -0,6073$$

$$b_2 = 0,0195$$

Setelah didapatkan nilai b_0 , b_1 dan b_2 dapat disusun persamaan regresi polinomial untuk

kekuatan *impact* sebagai berikut :

$$Y = b_2 X^2 + b_1 X + b_0$$

$$Y = 0,0195X^2 + (-0,6073)X + 7,3970$$

Adapun untuk koefisien korelasinya adalah :

$$JK_R = b_1 \left[\sum XY - \left(\frac{\sum X \sum Y}{n} \right) \right] + b_2 \left[\sum X^2 Y - \left(\frac{\sum X^2 \sum Y}{n} \right) \right]$$

$$JK_R = -0,6073 \left[209,479 - \left(\frac{24 \times 32,809}{4} \right) \right] + 0,0195 \left[1499,153 - \left(\frac{164 \times 32,809}{4} \right) \right]$$

$$= 8,062$$

$$JK_T = \sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n}$$

$$= 277,182 - \frac{(32,809)^2}{4}$$

$$JK_T = 8,074$$

$$R^2 = \frac{JK_R}{JK_T}$$

$$= \frac{8,062}{8,074}$$

$$= 0,998$$

Jadi diperoleh hubungan secara matematik dari variasi penambahan seng (Zn), (X) dengan kuat *impact* (Y), yaitu : $0,0195X^2 + (-0,6073)X + 7,3970$. Dengan $R^2 = 0,998$

4.4.2 Analisa Regresi Data Ketahanan Korosi

Dari data hasil pengujian didapatkan suatu hasil yang dapat ditampilkan dalam bentuk suatu variabel, dimana :

X = Variabel bebas penambahan seng (Zn)

Y = Laju ketahanan korosi rata-rata

Dan didapatkan hasil seperti yang ditunjukkan pada di bawah ini :

Tabel 4.10 Analisa Regresi Data Ketahanan Korosi

No	X	Y	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y	Y ²
1	3	894,852	9	27	81	2684,556	8053,668	800760,101
2	5	693,762	25	125	625	3468,81	17344,05	481305,712
3	7	552,998	49	343	2401	3870,986	27096,902	305806,788
4	9	402,180	81	729	6561	3619,62	32576,58	161748,724
Σ	24	2543,792	164	1224	9668	13643,972	85071,200	1749621,353

Dengan memasukkan nilai-nilai jumlah dari tabel 4.7 ke dalam persamaan-persamaan berikut:

$$\sum Y = n \cdot b_0 + b_1 \cdot \sum X + b_2 \cdot \sum X^2$$

$$\sum XY = b_0 \cdot \sum X + b_1 \cdot \sum X^2 + b_2 \cdot \sum X^3$$

$$\sum X^2Y = b_0 \cdot \sum X^2 + b_1 \cdot \sum X^3 + b_2 \cdot \sum X^4$$

Maka diperoleh:

$$2543,792 = 4 \cdot b_0 + 24 \cdot b_1 + 164 \cdot b_2$$

$$13643,972 = 24 \cdot b_0 + 164 \cdot b_1 + 1224 \cdot b_2$$

$$85071,200 = 164 \cdot b_1 + 1224 \cdot b_2 + 9668 \cdot b_2$$

Selanjutnya dengan menyelesaikan persamaan-persamaan diatas dapat diperoleh nilai b_0 , b_1 dan b_2 adalah sebagai berikut:

$$b_0 = 12876,77$$

$$b_1 = -0,1943,33$$

$$b_2 = 95,885$$

Setelah didapatkan nilai b_0 , b_1 dan b_2 dapat disusun persamaan regresi polinomial untuk ketahanan korosi sebagai berikut:

$$Y = b_2 X^2 + b_1 X + b_0$$

$$Y = 95,885 X^2 + (-0,1943,33) X + 12876,77$$

Adapun koefisien korelasinya adalah:

$$\begin{aligned} JK_r &= b_1 \left[\sum XY - \left(\frac{\sum X \sum Y}{n} \right) \right] + b_2 \left[\sum X^2 Y - \left(\frac{\sum X^2 \sum Y}{n} \right) \right] \\ &= 0,943,33 \left[13643,972 - \left(\frac{24 \times 2543,792}{4} \right) \right] + 95,885 \left[85071,200 - \left(\frac{164 \times 2543,792}{4} \right) \right] \\ &= 131750,652 \end{aligned}$$



$$JK_T = \sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n}$$

$$= 1749621,353 - \frac{(2543,72)^2}{4}$$

$$JK_T = 1749621,353 - 1617627,86$$

$$= 131993,493$$

$$R^2 = \frac{JK_R}{JK_T}$$

$$= \frac{131750,652}{131993,493}$$

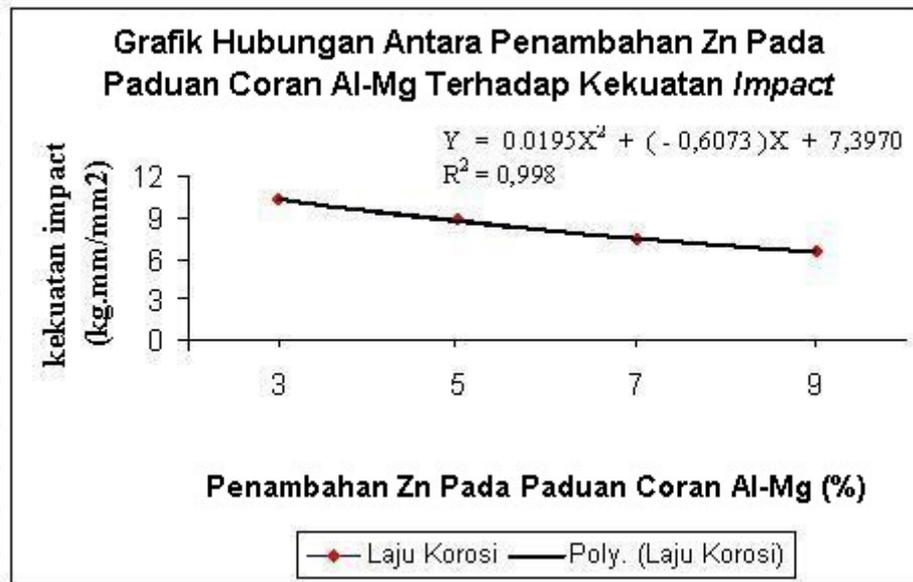
$$= 0,998$$

Jadi diperoleh hubungan secara matematik dari variasi penambahan seng (Zn) (X) dengan tingkat ketahanan korosi (Y), yaitu: $95,885X^2 + (-0,1943,33)X + 12876,77$. Dengan $R^2 = 0,998$

4.5 Pembahasan

4.5.1 Hubungan Antara Penambahan Seng (Zn) Pada Paduan Coran Aluminium-Magnesium (Al-Mg) Terhadap Kekuatan *Impact*

Dari data hasil analisis varian satu arah pada tabel 4.6 dapat diketahui bahwa variasi penambahan seng (Zn) berpengaruh nyata terhadap kekuatan *impact* aluminium paduan, hal ini dapat dilihat dari nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$ ($137,961 > 3,74$). Pengaruh nyata penambahan unsur seng (Zn) adalah berupa menurunnya nilai kekuatan *impact* aluminium paduan seiring dengan meningkatnya penambahan seng (Zn) seperti ditunjukkan pada gambar grafik 4.1 di bawah ini.



Gambar 4.1 Grafik Hubungan Kadar Zn Pada Paduan Coran Al-Mg Terhadap Kekuatan Impact

Dari gambar grafik diatas dapat diketahui bahwa kekuatan *impact* rata-rata, yaitu 894,852 kg.mm/mm² terjadi pada penambahan seng (Zn) 3%. Kemudian kekuatan *impact*nya menurun seiring dengan peningkatan kadar seng (Zn) hingga pada grafik didapatkan nilai kekuatan *impact* rata-rata terendah 6,487 kg.mm/mm² yaitu pada penambahan seng (Zn) tertinggi 9%. Penurunan nilai kekuatan *impact* pada grafik diatas disebabkan pada temperatur peleburan yang semakin tinggi menyebabkan aluminium paduan menjadi sangat reaktif, sehingga muncul gelembung-gelembung udara yang tidak hilang sampai proses penuangan aluminium cair tersebut kedalam cetakan yang akhirnya menyebabkan terjadinya cacat pada benda hasil coran. Cacat inilah yang menyebabkan nilai kekuatan *impact* dari aluminium paduan menurun.

Pada gambar grafik diatas pengujian *impact* juga menunjukkan nilai yang menurun dengan semakin bertambahnya variasi penambahan unsur seng (Zn) pada paduan Al-Mg. hal ini disebabkan karena pada struktur seng (Zn) yang berbentuk *hexagonal-closed packed* (HCP) pada temperatur lebih dari 200°C menjadi tidak stabil karena adanya perbedaan tingkat energi antara batas atom dengan atom-atom pada butiran. Atom dalam wujud padat, mendapatkan tingkat energi terendahnya hanya bila menempati sesuatu kedudukan dalam kisi kristal namun karena timbulnya cacat yang terjadi pada atom akibat dari temperatur yang melebihi batasnya, maka akan menimbulkan energi bebas yang positif pada atom yang menyebabkan ketidakstabilan pada atom dan perubahan dimensi pada atom. Pada temperatur lebih

dari 200°C, seng (Zn) menjadi *brittle* (rapuh) sehingga apabila dipadukan dengan unsur lain melebihi batas dari temperatur tersebut yang akan mengurangi kekuatan dan keuletan dari paduan tersebut. Oleh karena seng (Zn) sebagai unsur penambah pada paduan sebaiknya tidak melebihi dari 0,01%. (Hendry, R. Clauser, 1975: 184)

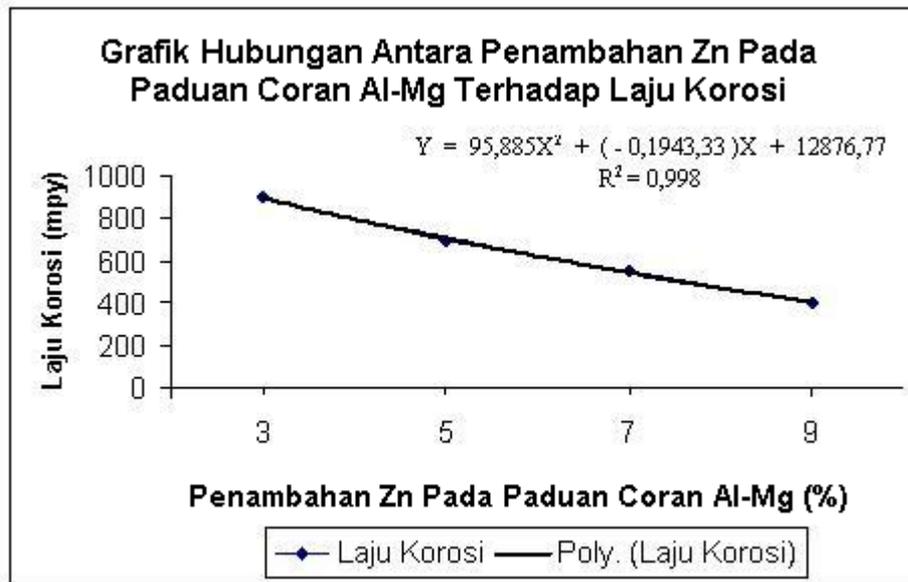
Menurut teori yang ditulis oleh R.E. Smallman menyatakan bahwa kecenderungan terjadinya patah getas akan bertambah besar bila temperatur turun, laju regangan bertambah, dan tegangan yang bekerja adalah tegangan tiga sumbu (biasanya dihasilkan oleh adanya takik). Pada spesimen pengujian *impact* diberikan takik yang bertujuan untuk mendapatkan pusat patahan dan akan menimbulkan puncak tegangan lokal pada pangkal takik. Aliran plastik mulai pada pangkal aliran takik bila tegangan lokal tersebut mencapai kekuatan luluh bahan. Aliran plastik mengurangi tegangan elastik yang tinggi dan tegangan puncak akan menyamai tegangan luluh bahan. Namun pada pokoknya tujuan dari pemberian takik adalah bukan menimbulkan konsentrasi tegangan akan tetapi menghasilkan keadaan tegangan triaksial pada takik.

Apabila dianalisa lebih dalam dihubungkan dengan proses pembentukan butir, maka dengan semakin besarnya temperatur logam hasil coran berkesempatan membentuk butir logam yang berbentuk kolom dan kasar. Demikian juga sebaliknya, semakin rendahnya temperatur penuangan maka butir-butir logam yang terbentuk akan mempunyai ukuran yang kecil-kecil. Sedangkan besarnya ukuran butir yang terbentuk dalam suatu logam berpengaruh terhadap harga kekerasannya. Semakin besarnya ukuran butir akan menyebabkan ikatan butir semakin lemah.

Disamping itu, hal lain yang juga perlu untuk dijadikan bahan tinjauan adalah semakin tingginya temperatur penuangan, gas-gas yang terlarut dalam logam cair juga akan semakin tinggi. Salah satunya adalah gas hidrogen apabila gas hidrogen ini terperangkap maka akan menyebabkan terjadinya kekeroposan yang akan mengakibatkan turunnya nilai *impact*. Turunnya nilai *impact* pada paduan aluminium dapat juga terjadi akibatkan logam cair tidak lancar memasuki sistem saluran cetakan dan menyebabkan cacat seperti rongga penyusutan, penyumbatan akibat logam cair membeku lebih awal sebelum memenuhi rongga cetakan dengan sempurna. Namun disisi lain bahwa kekuatan *impact* material berbanding terbalik dengan kekerasan material. Dalam artian bahwa semakin banyak penambahan kadar seng (Zn) pada paduan akan mengakibatkan turunnya ketangguhan material atau turunnya kekuatan *impact* yang berarti semakin meningkatkan kekerasan dari material uji.

4.5.2 Hubungan Antara Penambahan Seng (Zn) Pada Paduan Coran Aluminium-Magnesium (Al-Mg) Dengan Ketahanan Korosi

Dari data hasil analisis varian satu arah pada tabel 4.2 dapat diketahui variasi penambahan seng (Zn) berpengaruh nyata terhadap ketahanan korosi aluminium paduan coran aluminium-magnesium (Al-Mg), hal ini dapat dilihat dari nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$ ($71,528 > 3,74$). Pengaruh nyata penambahan unsur seng (Zn) adalah berupa menurunnya laju korosi aluminium paduan seiring dengan meningkatnya penambahan seperti ditunjukkan pada grafik 4.2 di bawah ini.



Gambar 4.2. Grafik Hubungan Penambahan Zn Pada Paduan Al-Mg Terhadap Laju Korosi

Berdasarkan gambar 4.2 diatas dapat diketahui bahwa pada penambahan seng (Zn) 3% didapatkan nilai laju korosi rata-rata paling tinggi yaitu 894,852 mpy dan semakin menurun seiring dengan penambahan seng (Zn) hingga akhirnya pada penambahan seng (Zn) 9% didapatkan nilai laju korosi rata-rata terendah yaitu 402,180 mpy. Pada paduan tersebut terdapat magnesium yang sama-sama memiliki sifat ketahanan korosi juga sehingga apabila dipadukan dengan seng (Zn) akan memperbaiki ketahanan korosi pada material menjadi lebih baik.

Seperti yang kita ketahui bahwa salah satu cara untuk mengurangi laju korosi adalah dengan menggunakan penambahan paduan, dimana pada penelitian ini menggunakan seng (Zn) yang ditambahkan pada paduan coran aluminium-magnesium (Al-Mg). Seng (Zn) tahan korosi karena memiliki lapisan oksida yang *nonporous* pada permukaan. Lapisan oksida ini terbentuk yang apabila material terkoyak atau tergores

akan membentuk lapisan untuk melindungi logam induk. Karena oksida logam merupakan konduktor listrik yang jelek, sehingga dapat mengisolir logam dari larutan yang dapat menyebabkan terjadinya korosi lebih lanjut. Laju korosi akan berkurang dengan adanya pembentukan selaput pelindung

Adanya molekul oksigen pertama yang terserap oleh permukaan logam berdisosiasi menjadi komponen atom sebelum membentuk ikatan kimia dengan atom pada permukaan logam. Setelah terbentuk lapisan adsorpsi oksida bernukleasi secara epitaksi pada butir logam induk pada lokasi yang memungkinkan seperti dislokasi. Tiap daerah nukleasi tumbuh, saling menerjang hingga akhirnya terbentuk lapisan oksida pada permukaan. Oleh karena itu, semakin tinggi kadar seng (Zn) yang ditambahkan maka laju korosi semakin rendah.





BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan pengolahan data secara statistik pada penelitian skripsi yang berjudul “Pengaruh Seng (Zn) Sebagai Unsur Penambah Pada Proses Pengecoran Logam Aluminium-Magnesium (Al-Mg) Terhadap kekuatan *Impact* dan Ketahanan Korosi” maka dapat ditarik kesimpulan dari data diatas bahwa :

1. Seng (Zn) pada paduan Aluminium-Magnesium (Al-Mg) memberikan kontribusi pada kekuatan *impact* dan peningkatan ketahanan korosi pada material uji.
2. Semakin tinggi kadar seng (Zn) yang dipadukan pada Al-Mg maka terjadi penurunan kekuatan *impact* dan ketahanan korosi meningkat. Pada kadar seng (Zn) 9% didapatkan nilai kekuatan *impact* rata-rata paling rendah yaitu 6,487 kg.mm/mm² hingga pada akhirnya pada kadar 3% didapatkan nilai kekuatan *impact* rata-rata tertinggi yaitu 10,228 kg.mm/mm², dan terjadi penurunan pada nilai laju korosi sehingga mengakibatkan ketahanan korosi meningkat pada kadar seng (Zn) 3% didapatkan nilai laju korosi rata-rata paling tinggi yaitu 894,852 mpy hingga pada kadar seng (Zn) 9% didapatkan nilai laju korosi rata-rata rendah yaitu 402,180 mpy.

5.2 Saran

1. Dalam penelitian selanjutnya kadar seng (Zn) bisa ditingkatkan, agar diperoleh hasil yang mungkin bervariasi.
2. dalam penelitian selanjutnya bias ditinjau dari sifat mekanik yang lain dan sifat-sifat yang lain.
3. Perlu perhatian yang khusus terutama dalam penambahan unsur yang akan dipadukan agar diperoleh hasil yang maksimal.

**DAFTAR PUSTAKA**

Avner, H. Sydney, 1988. *Introduction to Physical Metallurgy*. Second Edition. New York: McGraw Hill International Edition.

Albert G, Guy.1959. *Element of Phisical Metallurgy*, USA : Addison Wesley Pub, Co

Clouser, Hendry R. 1975. *Industrial and Engineering Material*. New York : McGraw Hill. Kogakusha, LTD.

Djaprie, Sriati. 1993. *Teknologi Mekanik*. Jakarta: Erlangga

De Garmo, E. Paul. 1988. *Material and Process in Manufacturing*. New York: McMillan Publishing.

Nugroho, Dipo, 2006. *Korosi Pada Stainless Steel*: [http://www.tasteel.com/ is-korosistainless.htm](http://www.tasteel.com/is-korosistainless.htm).

Fontana, Mars G. 1987. *Corrosion Engineering*. Singapura: McGraw Hill.

Heine, Richard W. 1990. *Principles of Metal Casting*. New Delhi: Publishing Company.

Hifni, M. 1990. *Analisis Varian dan Penerapannya*. Malang: UPT Penerbitan FT Unibraw.

Heine, Richard W., 1985. *Principle of Metal Casting*. New Delhi: Publishing Company.

Jain, P.L. 1976. *Principle of Foundary Technology*. New Delhi: Tata McGraw-Hill.

Surdia, Tata, M.S, Chinjiwa, Kenji. 2000. *Teknik Pengecoran Logam*. Jakarta: Pradnya Paramita.

Surdia, Tata, M.S, Saito, Shinroku. 1999. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta : Pradnya Paramita

Trethewey, Kenneth R. 1991. *Korosi untuk Mahasiswa Sains dan Rekayasa*. Jakarta: Erlangga.

Van Vlack, Lawrence, Djaprie, Sriati. 1991. *Ilmu dan Teknologi Bahan*. Jakarta: Erlangga



LAMPIRAN 1

- Gambar Spesimen Sebelum *Finishing* :



Gambar : Hasil Coran Spesimen Uji Korosi Sebelum *Finishing*

Sumber : Peneliti, 2008



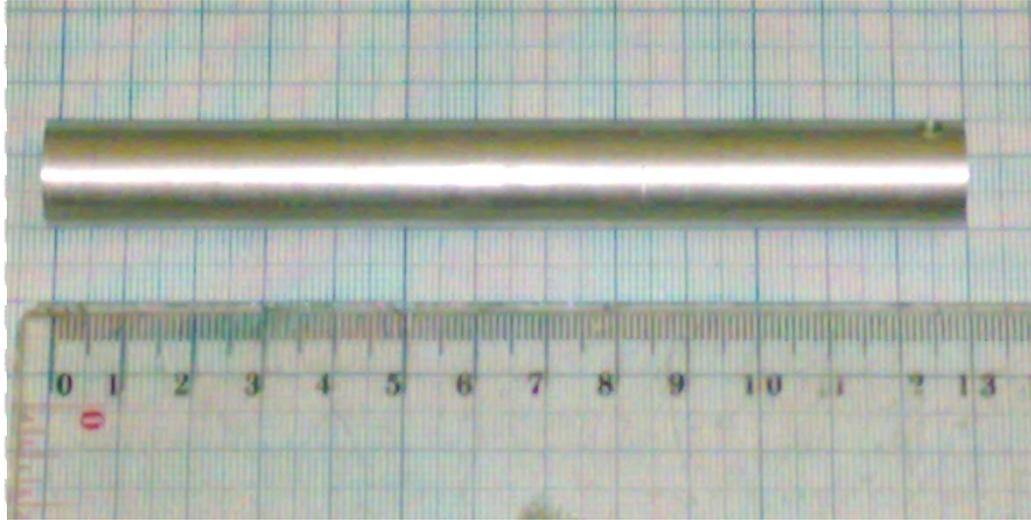
Gambar : Hasil Coran Spesimen Uji *Impact* Sebelum *Finishing*

Sumber : Peneliti, 2008



LAMPIRAN 2

- Gambar Spesimen Sesudah Proses *Finishing* :



Gambar : Spesimen Uji Korosi sesudah *Finishing*

Sumber : Peneliti, 2008



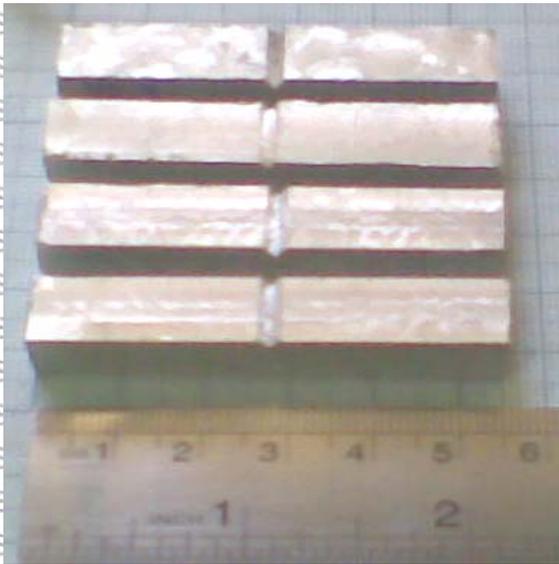
Gambar : Spesimen Uji *Impact* sesudah *Finishing*

Sumber : Peneliti, 2008

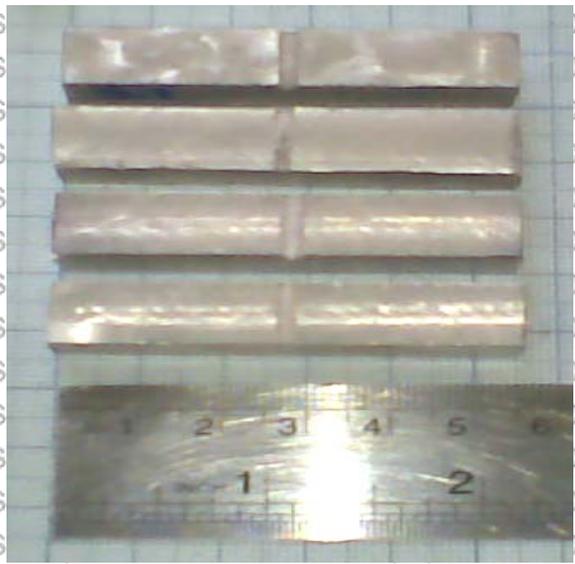


LAMPIRAN 3

- Gambar Spesimen Uji *Impact* Dengan Variasi Penambahannya :



(a)



(c)



(b)



(d)

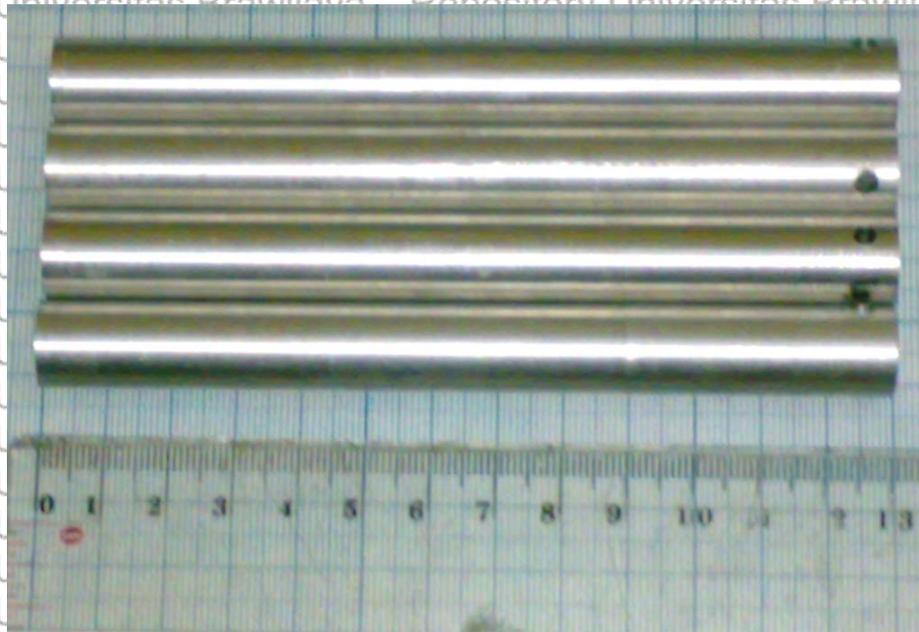
Gambar : Spesimen Uji *Impact* Fraksi Berat (a) 3% Zn, (b) 5% Zn, (c) 7% Zn, (d) 9% Zn

Sumber : Peneliti, 2008



LAMPIRAN 4

- Gambar Spesimen Uji Korosi Dengan Variasi Penambahannya :



Gambar : Spesimen Uji korosi Fraksi Berat 3% Zn
Sumber : Peneliti, 2008



Gambar : Spesimen Uji Korosi Fraksi Berat 5% Zn
Sumber : Peneliti, 2008



Gambar : Spesimen Uji Korosi Fraksi Berat 7% Zn
Sumber : Peneliti, 2008



Gambar : Spesimen Uji Korosi Fraksi Berat 9% Zn
Sumber : Peneliti, 2008



LAMPIRAN 5

- Alat-alat Yang Digunakan:



Gambar : Timbangan

Sumber : Laboratorium Pengecoran Logam, Fakultas Teknik Jurusan Mesin Universitas Brawijaya



Gambar : Dapur Listrik

Sumber : Laboratorium Pengecoran Logam, Fakultas Teknik Jurusan Mesin Universitas Brawijaya



(a)



(b)

Gambar : (a) Cetakan Logam Uji Korosi, (b) Cetakan Logam Uji *Impact*

Sumber : Laboratorium Pengecoran Logam, Fakultas Teknik Jurusan Mesin Universitas Brawijaya



(a)



(b)

Gambar : (a) Cetakan Logam Uji Korosi (tampak atas) , (b) Cetakan Logam Uji *Impact* (tampak atas)

Sumber : Laboratorium Pengecoran Logam, Fakultas Teknik Jurusan Mesin Universitas Brawijaya



Gambar : Mesin Bubut

Sumber : Laboratorium Proses Produksi, Fakultas Teknik Jurusan Mesin Universitas Brawijaya



Gambar : Mesin *Frais*

Sumber : Laboratorium Proses Produksi, Fakultas Teknik Jurusan Mesin Universitas Brawijaya



Gambar : Gergaji Listrik

Sumber : Laboratorium Proses Produksi, Fakultas Teknik Jurusan Mesin Universitas Brawijaya



LAMPIRAN 6

- Gambar Alat Pengujian :



Gambar : *Charpy Impact Test*

Sumber : Laboratorium Uji Material, Fakultas Teknik Jurusan Mesin Universitas Brawijaya



Gambar : Instalasi Uji Korosi

Sumber : Laboratorium αβ Landungsari



Gambar : Asam Sulfat (H_2SO_4) konsentrasi larutan 5%
Sumber : Laboratorium α y Landungsari

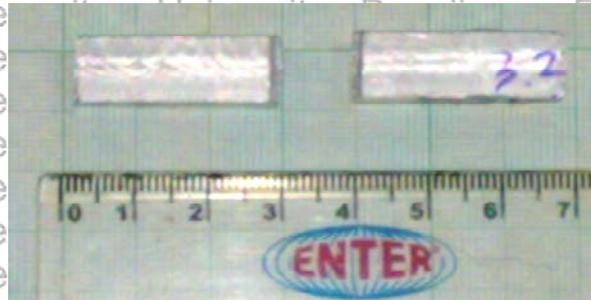


Gambar : Proses Korosi
Sumber : Peneliti, 2008

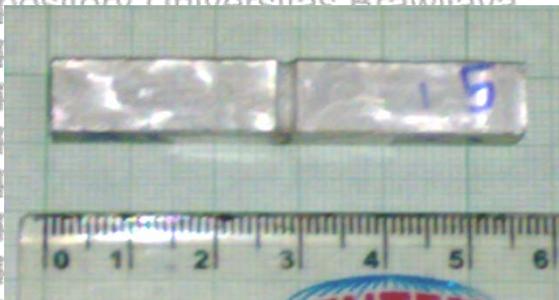


LAMPIRAN 7

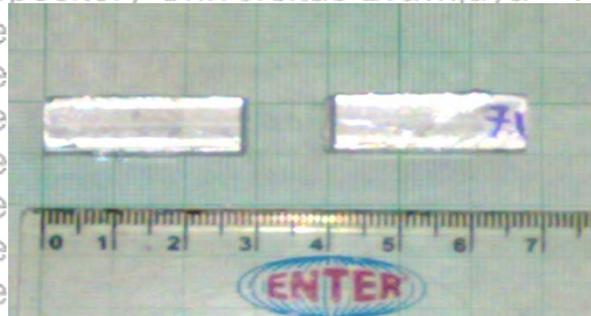
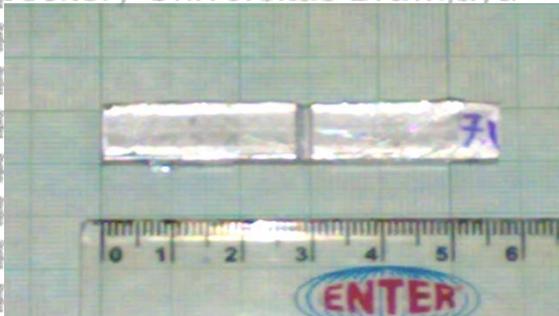
- Gambar Spesimen Sebelum dan Sesudah Uji Impact :



Gambar : Fraksi berat 3% Zn



Gambar : Fraksi berat 5% Zn



Gambar : Fraksi berat 7% Zn



Gambar : Fraksi berat 9% Zn

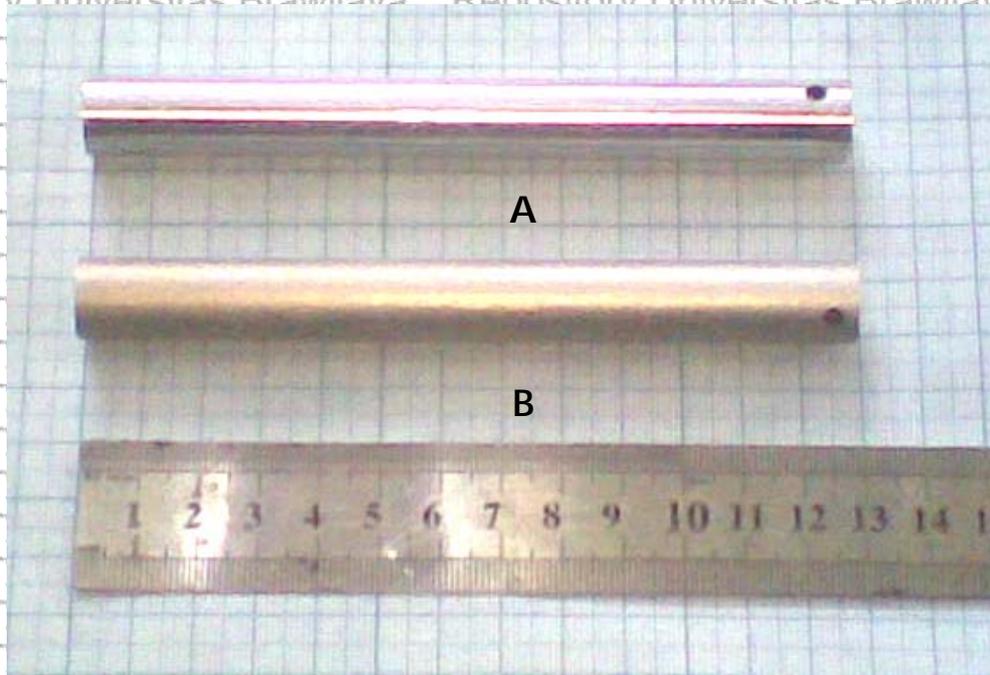
Gambar : Spesimen Sebelum dan Sesudah perlakuan Uji Impact

Sumber : peneliti, 2008



LAMPIRAN 8

- Gambar Spesimen Sebelum dan Sesudah Uji Korosi :



Gambar : (A) Sebelum dan (B) Sesudah Proses Korosi
Sumber : Peneliti, 2008

LAMPIRAN 9

- Hasil Analisa Uji Komposisi :



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG
FAKULTAS MIPA JURUSAN KIMIA
 JL. VETERAN TELP . (0341) 575838 MALANG 65145

LAPORAN HASIL ANALISA

NO : LG.006/RT.5 / T.1 / R.0 / TT. 150803 / 2008

- Data konsumen :
 - Nama konsumen : Erfan Widi Agusta
 - Instansi : Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Unibraw.
 - Alamat : Jl. Danau Laut Tawar G. 3E/26 Sawojajar – Malang.
 - Telepon : (0341) 712190 / 085649326196
 - Status : Mahasiswa
 - Keperluan analisis : Penelitian
- Sampling : Oleh Konsumen
- Identifikasi sampel : *Serbuk Aluminium*
 - Nama sampel : *Serbuk Aluminium*
 - Wujud : Padatan
 - Warna : Abu - abu silver
 - Bentuk : Serbuk
- Prosedur analisa : Dari Lab. Lingkungan Jurusan Kimia Unibraw Malang.
- Penyampaian laporan hasil analisis : Diambil sendiri
- Tanggal terima sampel : 26 Juni 2008
- Data Hasil Analisa :

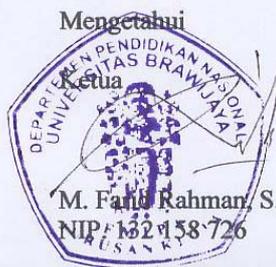
Parameter	No	Hasil Analisa		Metode Analisa`	
		Kadar	Satuan	Pereaksi	Metode
Mg	1	5,01 ± 0,05	%	HNO3	AAS
Zn		3,2597 ± 0,02	%	HNO3	AAS
Mg	2	5,01 ± 0,05	%	HNO3	AAS
Zn		5,3254 ± 0,02	%	HNO3	AAS
Mg	3	5,01 ± 0,05	%	HNO3	AAS
Zn		7,1432 ± 0,02	%	HNO3	AAS
Mg	4	5,01 ± 0,05	%	HNO3	AAS
Zn		9,1287 ± 0,02	%	HNO3	AAS

Catatan :

- Hasil analisa ini adalah nilai rata – rata pengerjaan analisis secara duplo
- Hasil analisa ini hanya berlaku untuk sampel yang kami terima dengan kondisi sampel saat itu.

Malang, 09 Juli 2008

Kalab Lingkungan,



M. Fandi Rahman, S.Si, M.Si
 NIP. 132 158 726

Ir.Bambang Ismuyanto, MS
 NIP. 131 616 317



LAMPIRAN 10

Tabel distribusi Uji T untuk $\alpha = 0,05$:

df	α	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	1.886
3		5.841	4.541	3.192	2.353	1.636
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	1.363
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		3.0122	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		2.876	2.552	2.101	1.734	1.330
19		2.861	2.539	2.093	1.729	1.328
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	1.318
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	1.698	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
-		2.576	2.326	1.960	1.645	1.282

Sumber : Hifni, H.M,1993

LAMPIRAN 11

Tabel Distribusi F Untuk $\alpha = 5\%$:



TABEL F UNTUK $\alpha = 5\%$

V1 \ V2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	30	40	60	120	
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
∞	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, H.M. 1993

ZINC PROPERTIES

MECHANICAL PROPERTIES	Zinc	CHARACTERISTICS	Zinc
Tensile strength, psi x 1000	41	Dimensional stability	Good
Yield strength, psi x 100 (0.2 pct offset)	45	Corrosion resistance	Fair
Shear strength, psi x 1000	31	Casting ease	Excellent
Fatigue strength, psi x 1000	7	Part complexity	Excellent
Elongation, pct in 2 in.	10	Dimensional accuracy	Excellent
Hardness, Vickers	30	Die cost	Low
Hardness, Brinell	82	Machining cost	Low
Specific gravity	6.60	Finishing cost	Low
Weight, lb/cu. in.	0,24		
Melting point (liquid), °F	728		
Melting point (liquid), °C	420		
Boiling point, °C	419		
Thermal conductivity, CG5	0.27		
Thermal expansion, in./in./°F x 106	15.2		
Electrical conductivity, pct of copper standard	27		
Modulus of elasticity (Gpa)	96.5		
Impact strength (Charpy), ft/lb	43, 0		
Modulus of Young (Gpa)	108		
Modulus of rigidity (Gpa)	43		
Poisson Ratio	0,25		
Mohr hardness scale	2,5		
ELECTRICAL PROPERTIES	Zinc		
Electrical Resistivity, ohm-cm	0.000005916		
Magnetic Susceptibility	-1.74e-7		
Critical Magnetic Field Strength, Oersted	53.97 - 54.03		
Critical Superconducting Temperature, °K	0.840 - 0.860		
THERMAL PROPERTIES	Zinc		
Heat of Fusion, J/g	110		
CTE, linear, $\mu\text{m/m}\cdot^\circ\text{C}$ @Temperature 20.0 - 100 °C	31,2		
Specific Heat Capacity, J/g·°C	0.3898		
Thermal Conductivity, W/m·K	112, 2		
OPTICAL PROPERTIES	Zinc		
Emissivity (0-1)	0, 0500		

