



**PENGARUH KOMPOSISI KUNINGAN (CuZn)  
TERHADAP KEKUATAN *IMPACT*, KEKERASAN  
DAN STRUKTUR MIKRO HASIL PENGECORAN  
ALUMINIUM (Al) DENGAN MENGGUNAKAN  
TUNGKU LISTRIK**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar  
Sarjana Pendidikan Program Studi Pendidikan Teknik Mesin**

**Oleh**

**Evi Juliati Rahayu**

**NIM.5201414008**

**PENDIDIKAN TEKNIK MESIN  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG  
2018**

## PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Evi Juliati Rahayu


NIM : 5201414008

Program Studi: Pendidikan Teknik Mesin

Judul : Pengaruh komposisi kuningan (CuZn) terhadap kekuatan *impact*, kekerasan dan struktur mikro hasil pengecoran aluminium (Al) dengan menggunakan tungku listrik.

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian Skripsi Program Studi Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang

Semarang, Oktober 2018



Ruslyanto, S.Pd., M.T.  
NIP 197403211999031002

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul Pengaruh komposisi kuningan (CuZn) terhadap kekuatan *impact*, kekerasan dan struktur mikro hasil pengecoran aluminium (Al) dengan menggunakan tungku listrik, telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik UNNES pada tanggal 20 Desember 2018

Oleh

Nama : Evi Juliati Rahayu  
NIM : 5201414008  
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin

### Panel

Ketua



Rasyanto, S.Pd., M.T.  
NIP 197403211999031002

Sekretaris



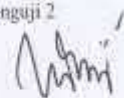
Dr. Ir. Rahmat Dami Widodo, S.T., M.T., IPP.  
NIP 197509272006041002

Penguji 1



Drs. Sunyoto, M.Si.  
NIP 1965110519910121001

Penguji 2



Samsudin Anis, S.T., M.T., Ph.D.  
NIP 197601012003121002

Penguji 3/Pembimbing



Rasyanto, S.Pd., M.T.  
NIP 197403211999031002

Mengetahui  
Dekan Fakultas Teknik UNNES



NIP Qudus, M.T.  
NIP 196911301994031001

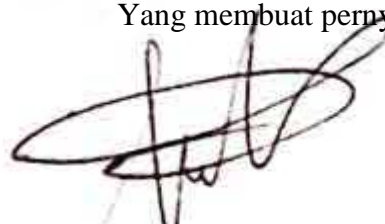
## **PERNYATAAN KEASLIAN**

Dengan ini saya menyatakan:

1. Skripsi ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana di Universitas Negeri Semarang (UNNES)
2. Skripsi ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Pembimbing dan masukan Tim Penguji.
3. Dalam skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Semarang, Oktober 2018

Yang membuat pernyataan,



Evi Juliati Rahayu  
NIM. 5201414008

## **MOTTO**

*Motto:*

1. Keajaiban adalah kata lain dari kerja keras (Choi Minho)
2. Semesta telah memberikan kita dua telinga, dua mata, tetapi dengan satu lidah. Itulah mengapa kita harus lebih banyak mendengar dan melihat daripada berbicara.

## RINGKASAN

**Rahayu, EJ. 2018.** Pengaruh komposisi kuningan (CuZn) terhadap kekuatan *impact*, kekerasan dan struktur mikro hasil pengecoran aluminium (Al) dengan menggunakan tungku listrik. Skripsi. Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang.

Pembimbing Rusiyanto, S.Pd., M.T.

**Kata Kunci:** kuningan, aluminium, pengecoran, kekuatan *impact*, struktur mikro.

Kuningan merupakan logam dari campuran tembaga dan seng dengan lebih 50% tembaga dan seng sebagai logam paduan utama. Warna kekuningan bervariasi dari coklat kemerahan gelap hingga ke cahaya kuning keperakan tergantung pada jumlah kadar seng. Penelitian ini bertujuan untuk menguji adanya pengaruh variasi kuningan terhadap kekerasan dan hasil pengecoran aluminium dengan variasi kuningan yang di gunakan yaitu 10%, 20% dan 30%.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini ialah metode eksperimen yang bertujuan untuk mengetahui akibat yang terjadi setelah perlakuan. Data yang dihasilkan dari proses pengujian selanjutnya dianalisis menggunakan analisis statistik deskriptif dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh dari perlakuan yang diberikan.

Dari hasil yang telah dilakukan terdapat pengaruh variasi penambahan kuningan terhadap kekerasan dan nilai *impact*, dimana kekerasan paling tinggi didapatkan pada penambahan kuningan sebesar 30% dengan pembentukan susunan CuZn yang rapat dan memiliki ukuran yang kecil dan pendek serta menyebar merata keseluruh bagian aluminium. Selain itu pada nilai *impact* terjadi kenaikan dan penurunan namun tidak terlalu signifikan.

## **PRAKATA**

Puji syukur hamba ucapkan dan curahkan kepada Allah SWT yang telah memberikan kemudahan, kelancaran, rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh komposisi kuningan (CuZn) terhadap kekuatan *impact*, kekerasan dan struktur mikro hasil pengecoran aluminium (Al) dengan menggunakan tungku listrik” dengan baik dan tanpa suatu hambatan yang berarti. Shalawat serta salam penulis panjatkan kepada Nabi Muhammad SAW, yang penulis nantikan syafa’atnya di hari akhir nanti.

Dalam perjalanannya penulis menemui banyak hambatan dan kesulitan dalam menyelesaikan skripsi ini namun beberapa pihak yang telah membantu penulis ucapkan terimakasih diantaranya:

1. Dr. Nur Qudus, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik, Rusiyanto S.Pd., M.T., Ketua Jurusan Teknik Mesin sekaligus Koordinator Program Studi Pendidikan Teknik Mesin atas fasilitas yang disediakan bagi mahasiswa.
2. Rusiyanto S.Pd., M.T. selaku dosen pembimbing yang penuh perhatian dan atas perkenaan memberi bimbingan.
3. Drs. Sunyoto, M.Si dan Samsudin Anis, S.T., M.T., P.hD. selaku Penguji I dan II yang telah memberikan masukan yang sangat berharga berupa saran, ralat, perbaikan, pertanyaan, tanggapan, menambah bobot dan kualitas karya tulis ini.
4. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi.

Penulis harap hadirnya skripsi ini di tengah perkembangan intelektualitas di bidang teknik dapat menjadi salah satu penggerak berkembangnya ilmu pengetahuan di bidang teknik mesin.

Semarang, Juli 2018

Penulis



## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING</b> .....	ii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>PERNYATAAN KEASLIAN</b> .....	iv
<b>MOTTO</b> .....	v
<b>RINGKASAN</b> .....	vi
<b>PRAKATA</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ix
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiv
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Identifikasi Masalah .....	4
1.3 Pembatasan Masalah .....	5
1.4 Rumusan Masalah .....	5
1.5 Tujuan Penelitian .....	5
1.6 Manfaat Penelitian .....	6
<b>BAB II. KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI</b> .....	7
2.1 Kajian Pustaka .....	7
2.2 Landasan Teori .....	10

<b>BAB III. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>29</b>
3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan .....	29
3.2 Desain Penelitian .....	30
3.3 Alat dan Bahan Penelitian.....	31
3.4 Parameter Penelitian .....	35
3.5 Teknik Pengumpulan Data.....	37
3.6 Kalibrasi Instrumen.....	42
3.7 Teknik Analisis Data.....	42
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>44</b>
4.1 Deskripsi Data .....	44
4.2 Analisis Data.....	53
4.3 Pembahasan .....	57
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>64</b>
5.1 Kesimpulan .....	64
5.2 Saran .....	65
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>67</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>70</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Sifat- Sifat Fisik Aluminium.....	12
2.2 Titik Cair Standar Kuningan .....	15
2.3 Klasifikasi Paduan Aluminium .....	17
3.1. Parameter Penelitian.....	31
4.1. Komposisi Kimia .....	44
4.2. Data Hasil Pengujian <i>Impact</i> .....	46
4.2. Data Hasil Pengujian Kekerasan <i>Vickers</i> .....	47

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Diagram Fasa Kuningan (CuZn).....	16
2.2 Mesin Uji <i>Impact</i> (a) <i>Izod</i> , dan (b) <i>Charpy</i> .....	20
2.3 Pembebanan Metode <i>Charpy</i> dan Metode <i>Izod</i> .....	21
2.4 Kurva Uji <i>Impact</i> .....	23
2.5 Gaya Penekanan Akibat Pengujian Kekerasan .....	24
2.6 Indentor Pengujian Kekerasan <i>Vickers</i> .....	25
2.7 Bentuk Lekukan Atau Jejak Bekas Penekanan Piramida Intan .....	26
2.8 Kandungan kuningan (60%Cu, 40%Zn).....	27
2.9 Kandungan kuningan (65% Cu, 35% Zn) .....	28
3.1 Diagram Alir Penelitian .....	30
3.2 Kowi.....	31
3.3 Gayung Logam.....	31
3.4 <i>Termocouple</i> dan <i>Termocontroller</i> .....	32
3.5 Tungku Listrik.....	32
3.6 Alat Pengujian Struktur Mikro.....	33
3.7 Alat <i>Microhardness Tester</i> FM-800 .....	33
3.8 Alat <i>Spectrometer</i> .....	34
3.9 Alat Pengujian <i>Impact</i> .....	34
3.10 Kuningan.....	35
3.11 Aluminium .....	36
3.12 Dimensi Spesimen Uji <i>Impact</i> .....	38

3.13 Simulasi Uji <i>Impact</i> ASTM D 5942 .....	39
3.14 Mesin Pengujian Mikro.....	41
4.1 Diagram Batang Kekuatan <i>Impact</i> Spesimen Uji .....	46
4.2 Rata-Rata Kekuatan <i>Impact Charpy</i> Spesimen.....	47
4.3 Diagram Batang Nilai Kekerasan <i>Vickers</i> .....	48
4.4 Rata-Rata Nilai Kekerasan <i>Vickers</i> .....	48
4.5 Struktur mikro CuZn (kuningan) 6-4 .....	49
4.6 Struktur mikro AlSiCuZn.....	49
4.7 Struktur Mikro Spesimen I (perbesaran 50x).....	50
4.8 Struktur Mikro Spesimen I (perbesaran 100x).....	50
4.9 Struktur Mikro Spesimen II (perbesaran 50x) .....	51
4.10 Struktur Mikro Spesimen II (perbesaran 100x) .....	51
4.11 Struktur Mikro Spesimen III (perbesaran 50x) .....	52
4.12 Struktur Mikro Spesimen III (perbesaran 100x) .....	52

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran	Halaman
1 Usulan Topik Skripsi .....	65
2 Surat Tugas Dosen Pembimbing .....	66
3 Surat Tugas Dosen Penguji .....	67
4 Persetujuan Seminar Proposal .....	68
5 Presensi Seminar Proposal .....	69
6 Surat Ijin Penelitian di UNNES .....	71
7 Dokumentasi Penelitian .....	72

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang Masalah**

Seiring dengan perkembangan zaman dan teknologi di Indonesia saat ini, penggunaan energi listrik tidak dapat dipisahkan dalam kehidupan manusia. Semua orang berlomba-lomba untuk menciptakan teknologi terbaru dengan menggunakan sumber energi listrik. Di Indonesia sendiri persentase penggunaan energi listrik ini mencapai 55% dari total kebutuhan final. Selama kurun waktu tahun 2000-2011 pemanfaatan energi listrik di Indonesia meningkat cukup tinggi dengan laju pertumbuhan sebesar 8,4 % pertahun (Kusumawati dan Kuswanto, 2014). Penggunaan energi listrik telah menjadi tulang punggung utama dalam pemenuhan kebutuhan akan energi dalam kehidupan sehari-hari. Bukan hanya untuk kebutuhan konsumtif saja tetapi juga kebutuhan yang bersifat produktif. Salah satu pemanfaatan yang bersifat produktif dalam penggunaan energi listrik yaitu dalam industri peleburan dan pengecoran logam. Dalam pengecoran logam terdapat banyak jenis bahan logam yang dapat dilebur.

Pemilihan material tidak hanya berdasarkan pertimbangan teknik semata tetapi dari segi ekonomisnya perlu dipertimbangkan. Penentuan material yang tepat pada dasarnya merupakan kompromi antara berbagai sifat bahan yang dapat memenuhi syarat yang telah ditentukan. Hal ini telah memacu para ahli dibidang metalurgi untuk menciptakan teknologi untuk meningkatkan kemampuan material sesuai manfaat yang diinginkan untuk mencapai hasil yang optimal. Guna

menunjang teknologi tersebut, keberadaan logam sangat penting untuk menunjang sektor industri, terutama logam *non ferrous*.

Salah satu logam *non ferrous* yang digunakan sebagai komponen-komponen mesin maupun kerajinan adalah kuningan. Kuningan merupakan logam dari campuran tembaga dan seng dengan lebih 50% tembaga dan seng sebagai logam paduan utama. Warna kekuningan bervariasi dari coklat kemerahan gelap hingga ke cahaya kuning keperakan tergantung pada jumlah kadar seng. Seng lebih banyak mempengaruhi warna kuningan tersebut. Kuningan lebih kuat dan keras daripada tembaga, tetapi tidak sekuat atau sekeras baja (Surdia dan Chijiwa, 1996).

Banyak industri yang berkembang mengikuti kemajuan teknologi dan kebutuhan yang ada, sehingga banyak teknologi yang digunakan dengan memanfaatkan dan mengkonversi sumber daya mineral, salah satunya yaitu industri logam aluminium. Industri biasanya menggunakan bahan aluminium sebagai bahan utama maupun bahan tambah untuk setiap produknya. Aluminium sendiri banyak digunakan dalam semua sektor utama industri seperti angkutan, konstruksi, listrik, peti kemas dan kemasan, peralatan rumah tangga serta peralatan mekanis. Menurut Pratiwi dan Paramitha (2013) kelebihan aluminium ialah mampu didaur ulang tanpa mengalami penurunan kualitas yang berarti mengalami banyak perubahan struktur mikro, dan proses daur ulang ini dapat dilakukan berkali-kali. Mendaur ulang aluminium hanya mengkonsumsi energi sebesar 5% dari yang digunakan dalam memproduksi aluminium dan bahan tambang. Menurut Majanasastra (2016) aluminium murni memiliki kekuatan tarik



sebesar 90 MPa, sedangkan aluminium paduan memiliki kekuatan tarik hingga 600 MPa. Dalam keadaan murni aluminium terlalu lunak terutama kekuatannya sangat rendah untuk dapat dipergunakan pada berbagai keperluan teknik. Oleh karena itu, aluminium murni bisa diperbaiki dengan menambahkan unsur lain seperti tembaga, silisium, mangan, silikon, dan sebagainya untuk paduannya. Titik cair dari sebuah benda padat adalah suhu dimana benda tersebut akan berubah bentuk menjadi cair, pada logam kuningan memiliki titik cair yang bervariasi tergantung pada jumlah paduan komposisi bahan Cu dan Zn. Paduan kuningan kira-kira 45% mempunyai kekuatan yang paling tinggi akan tetapi tidak dapat dikerjakan sehingga untuk dijadikannya paduan dibawah 45% yang dapat dipergunakan untuk paduan coran (Surdia dan Chijiwa, 1996).

Pada penelitian Nugroho (2015) bahwa aluminium murni memiliki sifat cor yang baik dan sifat mekanik yang jelek sehingga perlu adanya campuran dengan bahan lain. Dengan adanya penambahan aluminium pada kuningan diperoleh data bahwa spesimen kuningan mengalami peningkatan kekerasan setelah dilakukan penambahan unsur aluminium. Pengerasan ini dapat terjadi karena dislokasi mengalami kesulitan untuk bergerak dari satu butir ke butir lainnya.

Proses pengerjaannya pengecoran logam masih didominasi oleh pengecoran konvensional atau biasa disebut tungku konvensional. Tungku konvensional merupakan tungku yang bahan pembakarnya adalah yang utama minyak, bahan bakar padat kemudian gas dimana yang efisiensi energinya rendah (Magga, 2010). Sebagian peneliti diatas merancang sebuah tungku pengecoran

logam yang menggunakan bahan bakar tidak terbarukan. Padahal perlu kita tahu bahan-bakar tersebut merupakan bahan bakar yang tidak dapat diperbarui dimana Dewan Energi Nasional (DEN) menyatakan bahwa dari berbagai macam energi fosil yang ada di Indonesia diasumsikan minyak bumi akan habis dalam kurun waktu 13 tahun, gas bumi 34 tahun dan batubara 72 tahun (Sugiyono, 2015). Sehingga untuk lebih menghemat energi dan lebih ramah lingkungan penggunaan tungku listrik lebih efisien untuk digunakan.

## **1.2 Identifikasi Masalah**

Setelah disampaikan latar belakang yang sudah diuraikan peneliti menemukan beberapa masalah di antaranya

- 1 Tungku peleburan logam berbahan bakar fosil mempunyai tingkat pencemaran lingkungan yang tinggi.
- 2 Tungku peleburan logam berbahan dasar bakar fosil menghasilkan partikel-partikel sisa asap yang mengontaminasi logam cair.
- 3 Aluminium murni memiliki kekuatan tensil yang rendah daripada aluminium paduan.
- 4 Penambahan kuningan tidak melebihi batas konsentrasi di atas 45% menjadikan paduan mempunyai sifat cor yang kurang baik.
- 5 Penggunaan beberapa jenis tungku dapat mempengaruhi dari sifat mekanik yaitu struktur mikro, kekerasan dan keuletannya.
- 6 Pencampuran jenis material paduan dapat mempengaruhi sifat mekanik dari material utama.

- 7 Komposisi kuningan untuk campuran aluminium dapat mempengaruhi sifat mekanik.
- 8 Suhu tuang dalam pengecoran mempengaruhi hasil akhir dari produk.
- 9 Sifat mekanik paduan terdiri dari pengujian tarik, *impact charpy* atau *izod*, kekerasan *vickers* atau *brinell*, struktur mikro, struktur makro, dan sebagainya.

### 1.3 Pembatasan Masalah

Penelitian ini akan lebih jelas dan tidak menyimpang dari tujuan yang telah ditetapkan, maka penelitian perlu dibatasi, pembatasan masalah dalam peneliti adalah sebagai berikut:

- a. Pengujian yang dilakukan adalah uji *impact*, kekerasan dan struktur mikro.
- b. Komposisi kuningan disiapkan 9 spesimen dengan persentase paduan 10%, 20%, dan 30% untuk campuran aluminium.
- c. Suhu tuang yang digunakan 700°C, 750°C, dan 800°C.

### 1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah, identifikasi masalah, dan batasan masalah di atas, rumusan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana pengaruh variasi komposisi kuningan terhadap nilai *impact* pada hasil pengecoran aluminium?
- b. Bagaimana pengaruh variasi komposisi kuningan terhadap nilai kekerasan pada hasil pengecoran aluminium?
- c. Bagaimana pengaruh variasi komposisi kuningan terhadap struktur mikro pada hasil pengecoran aluminium?

### **1.5 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan permasalahan di atas, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Untuk menganalisis variasi komposisi kuningan pada pengecoran aluminium terhadap nilai *impact*.
- b. Untuk menganalisis variasi komposisi kuningan pada pengecoran aluminium terhadap nilai kekerasannya.
- c. Untuk mengetahui struktur mikro dari aluminium paduan kuningan.

### **1.6 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

- a. Data hasil penelitian dapat disumbangkan terhadap perkembangan ilmu dan pengetahuan khususnya di pengecoran logam.
- b. Memberikan wawasan dan untuk memperkaya khasanah ilmu pengetahuan dan teknologi.
- c. Bagi penulis agar dapat menerapkan ilmu yang diperoleh selama kuliah, khususnya dalam mata kuliah bahan teknik, pengecoran logam, dan mengetahui karakteristik bahan yang digunakan dengan benar.

## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### 2.1 Kajian Pustaka

Menurut penelitian Nugroho (2015) dengan judul, “Pengaruh Unsur Aluminium Dalam Kuningan Terhadap Kekerasan, Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro” menyatakan bahwa penambahan unsur aluminium terhadap kekerasan dan kekuatan kuningan mengalami peningkatan kekerasan setelah dilakukan penambahan unsur aluminium. Nilai kekerasan menjadi meningkat dari 91,152 VHN sampai 95,693 VHN. Untuk nilai keuletannya sendiri terjadi dikarenakan terhambatnya gerak dislokasi oleh batas butir yang menimbulkan konsentrasi tegangan pada ujung kelompok penumpukan dislokasi. Dari hasil penelitian didapat kekuatan tarik kuningan menjadi meningkat dari 26,274 kgf/mm<sup>2</sup> sampai 27,229 kgf/mm<sup>2</sup>.

Menurut Nugroho, dkk., (2017) dengan judul, “Optimalisasi Sifat Mekanik Penambahan Aluminium Pada Logam Kuningan Pada Prototype Baling-Baling” bahwa perbandingan antara kuningan yang sudah dicampurkan aluminium (Al) sebesar 15% lebih baik dari kuningan yang belum dicampurkan dengan aluminium (Al) 0% dapat dilihat dari nilai kekerasan sebesar 38,02 kgf/mm<sup>2</sup> itu berarti dalam pengecoran logam kuningan bila pencampuran antara kuningan dengan aluminium sesuai maka akan diperoleh hasil yang maksimal.

Menurut penelitian Siswanto (2015) dengan judul, “Analisis Struktur Mikro Paduan Al-19,6Si-2,5Cu2,3Zn (*Scrap*) Hasil Pengecoran Evaporative” pada struktur mikro dengan temperatur tuang 650°C terlihat bahwa matrik

*hypereutectic* Si hadir membentuk serpihan kecil, tipis, pendek dan rapat (sedikit memanjang, tidak merata, membentuk gerombolan), diantara dominasi Al dendrite, sedikit Cu dan Zn. Pada temperatur 660°C terlihat bahwa matrik *hypereutectic* Si hadir masih membentuk serpihan kecil, agak tebal, pendek dan kurang rapat (sedikit memanjang, tidak merata, kurang membentuk gerombolan), diantara dominasi sedikit Cu dan Zn. Pada temperatur 670°C terlihat bahwa matrik *hypereutectic* Si hadir membentuk serpihan membesar, tebal, panjang dan tidak rapat (merata, tidak bergerombol), diantara dominasi Al dendrite, sedikit Cu dan Zn. Pada temperatur 680°C terlihat bahwa matrik *hypereutectic* Si hadir membentuk serpihan lebih besar, tebal, panjang dan tidak rapat (merata, tidak bergerombol), diantara dominasi Al dendrite, sedikit Cu dan Zn. Perubahan temperatur tuang dari temperatur rendah menuju temperatur tinggi pada paduan Al-19,6Si-2,5Cu-2,3Zn menyebabkan terjadinya perubahan struktur mikro.

Menurut Odusote, dkk., (2015) dengan judul, "Mechanical Properties and Microstructure of Precipitation Hardened AlCuZn Alloys" terdapat dua sampel yang digunakan yaitu A2 dengan komposisi paduan 81,2Al; 1,56Cu; 8,33Zn dan B2 dengan komposisi paduan 81,7Al; 3,25Cu; 6,16Zn. Dari kedua sampel tersebut A2 mempunyai nilai *impact* sebesar 6,392 J sedangkan B2 sebesar 6,256 J. Kedua sampel paduan setelah mengalami *heat treatment* menyebabkan nilai *impact* pada aluminium mengalami proses dislokasi.

Menurut Sreejith dan Hangovan (2017) dengan judul, "An Experimental Investigation of AlCuZn Alloy on Hardness Microstructure and Wear Parameter Optimization Using Design of Experiments" bahwa paduan Al-25Zn-3Cu

memiliki kekerasan dan mikro struktur pada saat dileburkan memiliki spesimen yang homogen. Dari mikro struktur yang diteliti memiliki struktur dendrit yang bersih setelah mengalami peleburan yang homogen.

Menurut Djiwo dan Purkuncoro (2014) dengan judul, "Analisis Kekerasan Al-Cu Dengan Variasi Prosentase Paduan Cu Pada Proses Pengecoran Dengan Penambahan Serbuk *Degasser*" menyatakan dari variasi paduan Cu 1%, 3% dan 5% pada aluminium mengalami perubahan struktur mikro seiring dengan penambahan Cu dari 1% ke 5%. Untuk nilai kekerasan terjadi peningkatan, akan tetapi tidak terlalu drastis.

Menurut penelitian Supriyanto (2010) dengan judul, "Analisis Coran Kuningan dari Limbah Rosokan dan Gram-Gram Sisa Permesinan untuk Komponen Permesinan", bahwa dari hasil pengujian kekerasan didapatkan hasil 110,44 kg/mm<sup>2</sup> dimana untuk coran kuningan termasuk logam yang memiliki keuletan yang kurang baik (getas), namun hal ini dapat diperbaiki dengan penambahan unsur aluminium (Al) untuk memperbaiki keuletannya dan unsur seng (Zn) untuk memperbaiki kekuatan serta meningkatkan mampu bentuk.

Menurut Suherman dan Syahputra (2014) dalam judul, " Pengaruh Penambahan Cu dan *Solution Treatment* Terhadap Sifat Mekanis dan Struktur Mikro Pada Aluminium Paduan A356" menyatakan bahwa penambahan Cu kedalam paduan Al-7Si tidak mempengaruhi hasil akhir dari benda cor prototipe kepala silinder sepeda motor 2 tak dengan metode LFC. Secara umum penambahan Cu sebesar 3% sedikit mempengaruhi mikrostruktur dari morfologi partikel autektik silikon dimana terjadi perubahan terlihat lebih tumpul.

Rzychoń, dkk., (2010) dalam penelitian yang berjudul “Effects of the casting temperature on microstructure and mechanical properties of the squeeze-cast Al–Zn–Mg–Cu alloy”, yang menyatakan bahwa penelitian ini meneliti pengaruh suhu tuang pengecoran *squeeze* pada struktur mikro dan sifat mekanik dari paduan Al-Zn-Mg-Cu *alloy*. Suhu tuang pengecoran yang dipilih adalah 660, 680, 700 dan 720°C. Suhu tuang pengecoran yang optimum untuk pengecoran *squeeze* adalah 720 dan 680°C.

## **2.2 Landasan Teori**

### **1. Aluminium**

Aluminium ditemukan oleh Sir Humphrey Davy dalam tahun 1809 sebagai suatu unsur, dan pertama kali direduksi sebagai logam oleh H. C. Oersted tahun 1825. Secara industri tahun 1886, Paul Heroult di Perancis dan C. M. Hall di Amerika Serikat secara terpisah telah memperoleh logam aluminium dari alumina dengan cara elektrolisa dari garamnya yang terdifusi. Sampai sekarang proses Heroult Hall masih dipakai untuk memproduksi aluminium. Penggunaan aluminium sebagai logam setiap tahunnya adalah pada urutan kedua setelah besi dan baja, yang tertinggi diantara logam *non ferro*. Produksi aluminium tahunan di dunia mencapai 15 juta ton per tahun pada tahun 1981 (Surdia dan Saito, 1999).

Paduan aluminium ialah paduan dari aluminium dengan satu atau lebih unsur yang lain. Unsur paduan yang terpenting ialah silisium, magnesium dan tembaga (Beumer, 1972). Paduan aluminium mempunyai konduktivitas listrik dan panas yang tinggi, dan tahan korosi pada lingkungan umum termasuk atmosfer. Paduan tersebut mudah dibentuk dengan keuletan tinggi, dan oleh karenanya lembaran



aluminium murni yang tipis dapat dirol. Aluminium mempunyai sel satuan *FCC*, keuletannya masih tetap meski pada temperatur rendah. Keterbatasan utama aluminium adalah rendahnya temperatur cairnya ( $660^{\circ}\text{C}$ ) yang membatasi penggunaan temperatur maksimumnya. Kekuatan mekanis aluminium dapat ditingkatkan dengan pekerjaan dingin dan pepaduan, kedua proses tersebut dapat mengurangi ketahanan korosinya. Kekerasan aluminium murni sangatlah kecil yaitu sekitar 65 skala Brinnel sehingga dengan sedikit gaya saja dapat mengubah bentuk logam. Paduan utama untuk aluminium adalah Cu, Mg, Si, Mn dan Zn. Beberapa penggunaan yang umum paduan aluminium termasuk untuk komponen struktur pesawat, kaleng minuman, badan bus, dan komponen-komponen mobil (Hadi, 2016).

Aluminium banyak digunakan dalam sektor utama industri seperti angkutan, konstruksi, listrik, peti kemas, alat rumah tangga serta peralatan mekanis. Aluminium memiliki sifat ringan, tahan korosi, dan merupakan konduktor panas yang baik, mudah didaur ulang dan lain-lain. Pada aluminium cor dengan cetakan permanen butir yang terjadi umumnya lebih halus, Pendinginan yang cepat mengakibatkan tidak sempat terjadinya pertumbuhan butir (Pratiwi dan Paramitha, 2013).

Ketahanan korosi berubah menurut kemurnian, pada umumnya untuk kemurnian 99,0% atau di atasnya dapat dipergunakan di udara tahan dalam waktu bertahun-tahun. Hantaran listrik Al, kira-kira 65% dari hantaran listrik tembaga, tetapi masa jenisnya kira-kira sepertiga sehingga memungkinkan untuk memperluas penampangnya. Oleh karena itu dapat dipergunakan untuk kabel dan

tenaga dan dalam berbagai bentuk umpamanya sebagai lembaran tipis (*foil*). Dalam hal ini dapat dipergunakan Al dengan kemurnian 99,0%. Untuk reflektor yang memerlukan refleksifitas yang tinggi juga untuk kondensor elektrolitik dipergunakan Al dengan angka Sembilan empat (Surdia dan Saito, 1999).

Tabel 2.1. Sifat-sifat Fisik Aluminium

No	Sifat-Sifat	Kemurnian Al (%)	
		99,996	>99,0
1	Massa jenis (20°C) kg/m <sup>3</sup>	2698,9	2710
2	Titik cair (°C)	660,2	653-657
3	Panas jenis (cal/g°C) (100°C)	0,2226	0,2297
4	Hantaran listrik (%)	64,94	59 (dianil)
5	Tahan listrik koefisien temperature (°C)	0,00429	0,0115
6	Koefisien pemuaian (20-100°C)	23,8x10 <sup>-6</sup>	23,5x10 <sup>-6</sup>
7	Jenis kristal, konstanta kisi	Fcc, $\alpha=4,013$ kX	Fcc, $\alpha=4,04$ kX

Sumber: Surdia dan Shinroku (1999:134)

Catatan: *fcc*: *face centered cubic* = kubus berpusat muka

## 2. Kuningan

Menurut Supriyanto (2010:50) kuningan pada dasarnya adalah paduan tembaga dengan seng sebagai paduan utama. Biasanya kandungan seng yang terkandung mencapai 40% (Surdia dan Chijiwa, 1987). Tembaga merupakan komponen utama dari kuningan dan biasanya diklasifikasikan sebagai paduan tembaga. Warna kuningan bervariasi dari coklat kemerahan gelap hingga ke cahaya kuning keperakan tergantung pada jumlah kadar seng. Seng lebih banyak mempengaruhi warna kuningan tersebut. Salah satu sifat yang dihargai seng ialah ketahanan korosinya terhadap udara luar.

Titik lebur kuningan merupakan paduan tembaga dan seng adalah 900°C sampai dengan 1200°C dimana titik lebur tersebut tergantung dari paduan tembaga dan seng. Kuningan lebih kuat dan lebih keras daripada tembaga, tetapi tidak sekuat atau sekeras baja. Kuningan sangat mudah dibentuk kedalam berbagai bentuk, sebuah konduktor panas yang baik dan umumnya tahan terhadap korosi dari air dan garam. Karena sifat tersebut kuningan digunakan untuk membuat komponen kapal, komponen mesin, benda seni dan alat-alat rumah tangga

Adapun beberapa jenis kuningan antara lain:

- a. Kuningan Alpha-Betha (Muntz) disebut dengan kuningan dupleks mengandung 35% sampai dengan 45% seng dan bekerja baik pada suhu panas.
- b. Kuningan Alpha memiliki kandungan seng kurang dari 35% dan bekerja baik pada suhu dingin.
- c. Kuningan Cartridge mengandung 30% seng memiliki sifat kerja yang baik pada suhu dingin.
- d. Kuningan Nikel terdiri dari 70% tembaga, 24,5% seng dan 5,5% nikel digunakan untuk membuat koin mata uang.
- e. Kuningan Aich memiliki sifat yang tahan korosi, keras dan tangguh.
- f. Kuningan Aluminium mengandung aluminium yang menghasilkan sifat peningkatan ketahanan korosi.
- g. Kuningan umum (paku keling) mengandung 37% seng memiliki sifat kerja baik pada suhu dingin dan harganya murah.

- h. Kuningan tinggi mengandung 65% tembaga dan 35% seng memiliki kekuatan tarik tinggi banyak digunakan untuk pegas dan sekrup.
- i. Kuningan rendah paduan mengandung 20% seng memiliki sifat warna keemasan.
- j. Kuningan mangan yang digunakan dalam pembuatan koin dolar di Amerika Serikat yang mengandung 70% tembaga, 29% seng dan 13% mangan.
- k. Kuningan merah mengandung 85% tembaga, 5% timah, 5% timbal dan 5% seng.

Kuningan dapat dicairkan dengan berbagai cara salah satunya dengan menggunakan tungku atau tanur. Tanur sendiri mempunyai sifat dari muatan tungku yang sangat berpengaruh terhadap jenis tungku yang akan digunakan dalam proses pencairan logam. Pergerakan dari logam cair dan temperatur yang terlalu tinggi dapat mengakibatkan peningkatan gas hidrogen, oksidasi dan hilangnya unsur penting di dalam logam cair selain porositas. Untuk menghemat peleburan dan mengurangi kehilangan unsur paduan karena oksidasi lebih baik memotong logam menjadi potongan kecil (*scrap*) yang kemudian dipanaskan, ketika bahan sudah mencair fluks harus ditaburkan untuk mencegah oksidasi dan absorpsi gas selama pencairan permukaan harus ditutup dengan fluks dan cairan diaduk pada jangka waktu tertentu untuk mencegah agresi. Titik cair dari sebuah benda padat adalah suhu dimana benda tersebut akan berubah bentuk menjadi cair, pada logam kuningan memiliki titik cair yang bervariasi tergantung pada

jumlah paduan komposisi bahan Cu dan Zn. Dibawah ini merupakan tabel titik cair dari kuningan.

Tabel 2.2. Titik Cair Standar Kuningan

Komposisi Bahan	Titik Cair (°C)
85% Cu - 15% Zn	1.150 - 1.200
70% Cu - 30% Zn	1.080 - 1.130
60% Cu - 40% Zn	1.030 - 1.080

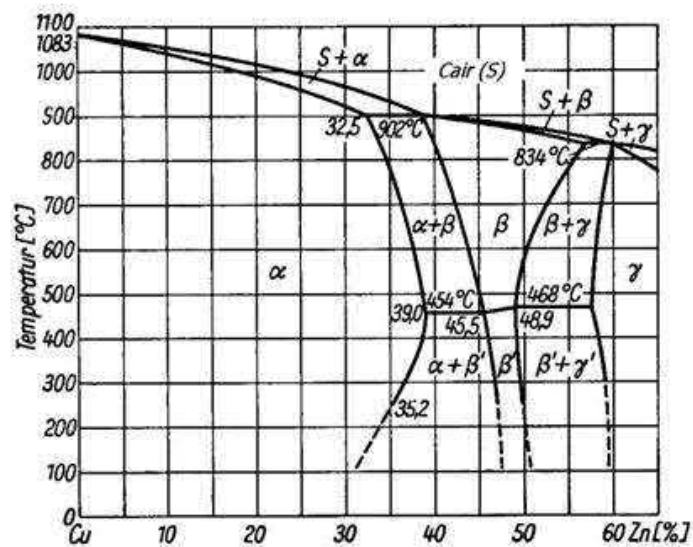
Sumber: Surdia dan Chijiwa, 1991

### 3. Paduan Cu-Zn

Menurut Setiawan (2013) paduan CuZn dengan kandungan 70% dan 30% merupakan fasa yang mudah dikerjakan. Fasa  $\alpha$  yang lunak dan mudah dikerjakan, dimana fasa terdiri dari fasa  $\alpha$  saja bukan pada temperatur biasa tetapi juga pada temperatur tinggi sehingga pelunakan untuk menguraikan struktur coran mempunyai pengaruh tertentu tetapi pengerasan bisa terjadi pada perubahan sifat-sifat yang terkandung dalam paduan itu sendiri. Sedangkan kuningan 60% dan 40% merupakan fasa  $\alpha + \beta$  yang mempunyai kekuatan tinggi dan banyak paduan dari ini yang mempunyai kekuatan tarik yang tinggi.

Unsur-unsur paduan lainnya yang bisa ditambahkan ke dalam paduan kuningan antara lain: Al, Fe, Mn, Ni, Pb dan Si yang berpengaruh pada penambahan kadar seng. Kuningan berasal dari zaman Romawi, gambar 2.1 menunjukkan diagram fasa Cu-Zn. Dalam sistem ini terdapat 6 fasa yaitu  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ ,  $\epsilon$ , dan  $\eta$  dari semua fasa itu yang penting secara industri adalah dua yaitu  $\alpha$  dan  $\beta$ .  $\alpha$  mempunyai struktur *fcc* dan  $\beta$  mempunyai struktur *bcc*. Ada juga fasa  $\beta'$  dengan kisi super. Dari diagram fasa untuk kuningan 70-30, fasa  $\alpha$  merupakan fasa yang lunak dan mudah dikerjakan, sedangkan kuningan 60-40 adalah fasa

$\alpha + \beta$  yang mempunyai kekuatan tinggi dan banyak paduan dari ini yang mempunyai kekuatan tarik yang tinggi. Paduan dengan kira-kira 45% Zn mempunyai kekuatan yang paling tinggi akan tetapi tidak dapat dikerjakan, jadi hanya dipergunakan untuk paduan coran.



Gambar 2.1 Diagram Fasa Kuningan (CuZn)  
Sumber: (Surdia dan Saito, 1999)

Dilihat pada gambar 2.1 bahwa sampai pada titik 30% kandungan seng di dalam 70% kandungan tembaga termasuk kategori fasa  $\alpha$ . Dimana titik lebur mencapai 900°C sudah mengalami pencairan.

#### 4. Komposisi Paduan

Menurut Surdia dan Saito (1999:135) paduan Al diklasifikasikan dalam berbagai standar oleh berbagai negara di dunia. Saat ini klasifikasi yang sangat terkenal dan sempurna adalah standar *Aluminium Association* (AA) di Amerika yang didasarkan atas standar terdahulu dari Alcoa (*Aluminium Company of America*). Paduan tempaan dinyatakan dengan satu atau dua angka “S”, sedangkan paduan coran dinyatakan dengan 3 angka. Standar AA menggunakan

penandaan dengan 4 angka sbb: angka pertama menyatakan sistim paduan dengan unsur-unsur yang ditambahkan, yaitu:

1: Al murni, 2: Al-Cu, 3: Al-Mn, 4: Al-Si, 5: Al-Mg, 6: Al-Mg-Si dan 7: Al-Zn, sebagai contoh paduan Al-Cu, dinyatakan dengan angka 2000. Angka pada tempat kedua menyatakan kemurnian dalam paduan yang dimodifikasi dan Al murni, sedangkan angka ketiga dan keempat dimaksudkan untuk tanda Alcoa terdahulu kecuali S, sebagai contoh 3S sebagai 3003 dan 63S sebagai 6063. Al dengan kemurnian 99,0% atau di atasnya dengan ketakmurnian terbatas (2S) dinyatakan sebagai 1100. Tabel 2.4 menunjukkan hubungan tersebut.

Tabel 2.3 Klasifikasi 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
4030-4039	30S-39S	Si
5050-5086		Mg
6061-6069	50S-69S	Mg <sub>2</sub> Si
7070-7079	70S-79S	Zn

Sumber: Surdia dan Saito (1999:136)

Menurut Tjiroso, dkk., (2015) aluminium paduan yang dilebur pada dapur krusibel terdiri dari tiga jenis paduan yaitu aluminium murni dengan kandungan aluminium *base* 98,93%, ADC12, dan Al 2024. Ketiga paduan ini dilebur dengan persentase berat berbeda sesuai dengan komposisi paduan target yang diinginkan dan mengacuh pada hasil perhitungan komposisi paduan sehingga didapatkan

komposisi paduan dengan empat variasi. Formula yang dipakai untuk menentukan persentase berat komposisi dalam material adalah sebagai berikut:

$$\text{Target Al\%} \left( \frac{\text{Berat total Al}}{\text{Berat material 98,93\%+ADC12+2014}} \right) \times 100\% \dots \dots \dots (2.1)$$

$$\text{Target Cu\%} \left( \frac{\text{Berat total Cu}}{\text{Berat material 98,93\%+ADC12+2014}} \right) \times 100\% \dots \dots \dots (2.2)$$

$$\text{Target Si\%} \left( \frac{\text{Berat total Si}}{\text{Berat material 98,93\%+ADC12+2014}} \right) \times 100\% \dots \dots \dots (2.3)$$

Komposisi terner mengandung silikon dan tembaga sebagai elemen paduan. Pada konsentrasi 3% berat, tembaga membentuk partikel  $\text{Al}_2\text{Cu}$  selama pembekuan (maks. kelarutan padat tembaga dalam aluminium pada  $20^\circ\text{C}$  adalah 0,1 %berat). Partikel-partikel tersebut berbentuk tidak beraturan dengan ukuran hingga  $20\mu\text{m}$  atau dengan ukuran kebanyakan 3 dan  $6\mu\text{m}$ . Partikel tersebut sering ditemukan dekat dengan partikel silikon sepanjang lengan dendrit.

## 5. Pengecoran

Pengecoran merupakan penuangan logam cair ke dalam suatu cetakan sehingga logam cair tersebut menyesuaikan terhadap bentuk cetakan dan dibiarkan membeku (Hadi, 2016). Ada beberapa hal penting yang harus terpenuhi ketika akan membuat suatu produk coran yaitu pembuatan pola, pembuatan cetakan, pengecoran dan pemeriksaan coran. Dalam proses pengecoran terdapat beberapa hal yang harus dilakukan seperti peleburan logam, penuangan logam dan pengkristalan logam atau pembekuan cairan logam.

Proses pengecoran adalah proses pembuatan benda kerja dengan cara menuangkan logam cair kedalam cetakan pasir tanpa disertai tekanan pada saat logam cair mengisi rongga cetakan dan kemudian dibiarkan hingga membeku selain itu proses pengecoran merupakan proses yang mudah dikerjakan dan

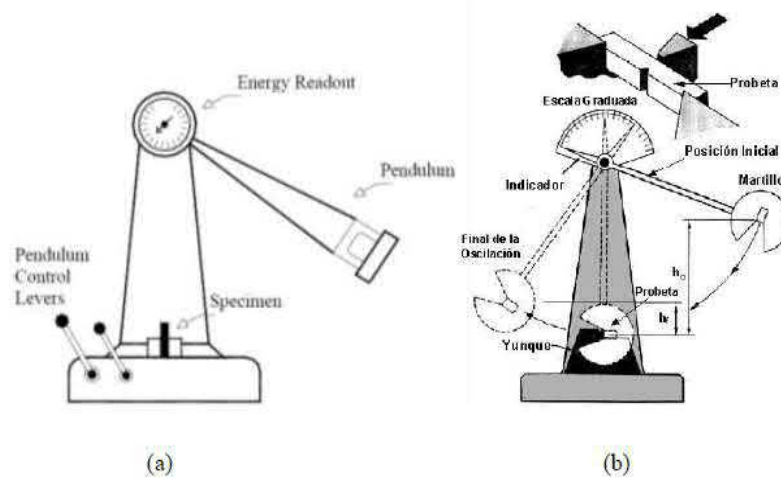


berkemampuan tinggi. Untuk saat ini penelitian khususnya dibidang pengecoran dapat menghasilkan teknik pengecoran baru atau adaptasi teknik pengecoran yang ada sehingga mendorong industry pengecoran bertahan sampai saat ini. Secara garis besar pengecoran logam dibedakan menjadi dua yaitu:

- a. Proses pengecoran gravitasi, pengecoran ini tidak menggunakan tekanan sewaktu mengisi rongga cetakan tetapi memanfaatkan berat logam cair dalam memasukkannya ke rongga cetakan.
- b. Proses pengecoran bertekanan, pengecoran ini logam yang dicairkan ditekan supaya mengisi pada rongga cetakan.

## **6. Uji *Impact Charpy***

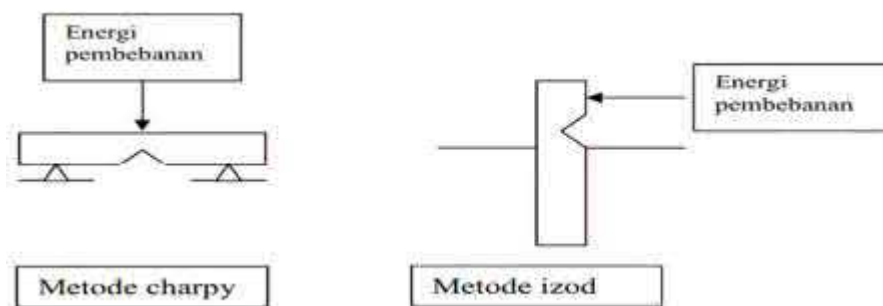
Uji *impact* adalah pembebanan yang sangat cepat. Dilaksanakan pada bahan yang mengalami pukulan atau benturan, seperti kecelakaan kendaraan seperti motor maupun mobil atau terbenturnya helm. Uji *impact* untuk mengukur ketangguhan suatu bahan atas pembebanan pukul atau kejut. Uji *impact* telah distandartkan oleh *Charpy* dan *Izod*. Dalam uji tersebut sepotong spesimen ditabrak suatu ayunan bandul dan energi yang dibutuhkan untuk merusaknya adalah yang diukur. Kedua uji *impact* melibatkan pengukuran yang sama, tetapi berbeda bentuk spesimennya (Hadi, 2016).



Gambar 2.2. Mesin Uji Impact (a) Izod, dan (b) Charpy  
Sumber: (Hadi, 2016)

Menurut Dieter (1996) uji *impact* digunakan dalam menentukan kecenderungan material untuk rapuh atau ulet berdasarkan sifat ketangguhannya. Hasil uji *impact* juga tidak dapat dibaca secara langsung kondisi perpatahan batang uji, sebab tidak dapat mengukur komponen gaya-gaya tegangan tiga dimensi yang terjadi pada batang uji. Hasil yang diperoleh dari pengujian *impact* ini, juga tidak ada persetujuan secara umum mengenai interpretasi atau pemanfaatannya. Sejumlah uji *impact* batang uji bertakik dengan berbagai desain telah dilakukan dalam menentukan perpatahan rapuh pada logam. Metode yang telah menjadi standar untuk uji *impact* ini ada dua, yaitu uji *impact* metode *Charpy* dan metode *Izod*. Metode *charpy* banyak digunakan di Amerika Serikat, sedangkan metode *izod* lebih sering digunakan disebagian besar dataran Eropa. Batang uji metode *charpy* memiliki spesifikasi luas penampang 10 mm x 10 mm dengan takik berbentuk v. Proses pembebanan uji *impact* pada metode *charpy* dan metode *izod* dengan sudut  $45^\circ$ , kedalaman takik 2 mm dengan radius pusat 0,25 mm. Batang uji *charpy* kemudian diletakkan horizontal pada batang penumpu dan

diberi beban secara tiba-tiba dibelakang sisi takik oleh pendulum berat berayun (kecepatan pembebanan  $\pm 5$  m/s). Batang uji diberi energi untuk melengkung sampai kemudian patah pada laju regangan yang tinggi hingga orde  $10^3$ s. Batang uji *izod* lebih banyak dipergunakan saat ini, dimana memiliki luas penampang berbeda dan takik berbentuk v yang lebih dekat pada ujung batang. Dua metode ini juga memiliki perbedaan pada proses pembebanan.



Gambar 2.3. Pembebanan Metode Charpy dan Metode Izod  
Sumber: (Dieter, 1996)

Untuk besarnya energi *impact* dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$E_0 = W \cdot h_0 \dots \dots \dots (2.4)$$

$$E_1 = W \cdot h_1 \dots \dots \dots (2.5)$$

$$\Delta E = E_0 - E_1 = W (h_0 - h_1) \dots \dots \dots (2.6)$$

$$h_0 = \ell - \ell \cos \alpha = \ell (1 - \cos \alpha) \dots \dots \dots (2.7)$$

$$h_1 = \ell - \ell \cos \beta = \ell (1 - \cos \beta) \dots \dots \dots (2.8)$$

$$\Delta E = W \ell (\cos \beta - \cos \alpha) \dots \dots \dots (2.9)$$

Keterangan:

$E_0$  = energi awal (J)

$E_1$  = energi akhir (J)

$W$  = berat bandul (N)

$h_0$  = ketinggian bandul sebelum dilepas (m)

$h_1$  = ketinggian bandul setelah dilepas (m)

$\ell$  = panjang lengan bandul (m)

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

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

Untuk mengetahui kekuatan *impact* ( $I_s$ ) maka energi tersebut harus dibagi dengan luas penampang efektif spesimen ( $A$ ) sehingga:

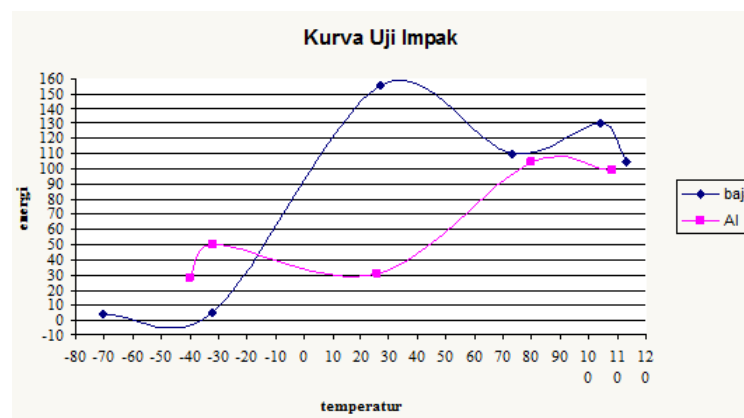
$$I_s = \Delta E/A = W \ell (\cos \beta - \cos \alpha )/A \dots \dots \dots (2.10)$$

Tabel 2.5. Kekuatan Pukul Beberapa Logam pada Temperatur Ruang

<i>Material</i>	<i>Charpy V Impact Strength J</i>
<i>Aluminium, Comercially pure, annealed</i>	205
<i>Aluminium-1,5%Mn alloy, annealed</i>	80
<i>Hard</i>	34
<i>Copper, oxygen-free HC, annealed</i>	70
<i>Cartridge brass (70%Cu,30%Zn), annealed</i>	88
<i><sup>3</sup>/<sub>4</sub> hard</i>	21
<i>Cupronickel(70%Cu,30%Ni), annealed</i>	157
<i>Magnesium-3%Al,1%Zn alloy, annealed</i>	8
<i>Nickel alloy, Monel, annealed</i>	290
<i>Titanium-5%Al,2,5%Sn, annealed</i>	24
<i>Grey cast iron</i>	3
<i>Malleable cast iron, blackheart, annealed</i>	15
<i>Austenitic stainlees steel, annealed</i>	217
<i>Carbon steel, 0,2% carbon, as rolled</i>	50

Sumber: Hadi (2016:84)

Untuk menyempurnakan atau menyesuaikan alat uji *impact* dengan bahan yang akan diuji maka perlu adanya perubahan rancangan seperti yang dilakukan mencoba merancang alat uji *impact charpy* khusus untuk material komposit berpenguat serat alam, “hasil pengujian terhadap rancangan alat uji *impact* menunjukkan bahwa alat uji telah memenuhi aspek keterulangan dalam pengujian. Alat uji *impact* selalu konsisten dalam menguji meskipun dengan ketebalan spesimen yang berbeda-beda dengan jenis bahan yang sama”.



Gambar 2.4. Kurva Uji Impact  
Sumber: (Handoyo, 2013)

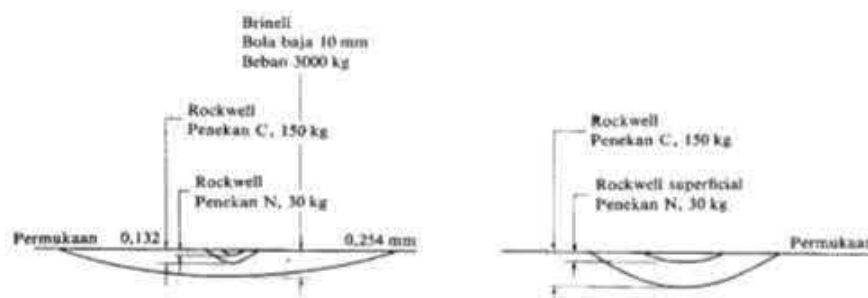
## 7. Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan adalah salah satu pengujian yang bertujuan untuk mencari nilai kekerasan pada suatu material yang telah diberikan perlakuan maupun belum diberikan perlakuan. Menurut Surdia dan Saito (1999), “pengujian kekerasan adalah satu dari sekian banyak pengujian yang dipakai, karena dapat dilaksanakan pada benda uji yang kecil tanpa kesukaran mengenai spesifikasi.” Hasil dari pengujian kekerasan ini akan dimasukkan dalam spesifikasi atau sifat dari material tersebut. Banyak metode pengujian kekerasan, ada yang menggunakan metode menekankan benda penguji ke benda uji kemudian

mengukur luas bidang hasil penekanan, dan ada metode lain dengan menjatuhkan benda pengujian dengan ketinggian tertentu dan hasil kekerasan berdasarkan pantulan yang dihasilkan.

Ada tiga macam pengujian kekerasan yaitu:

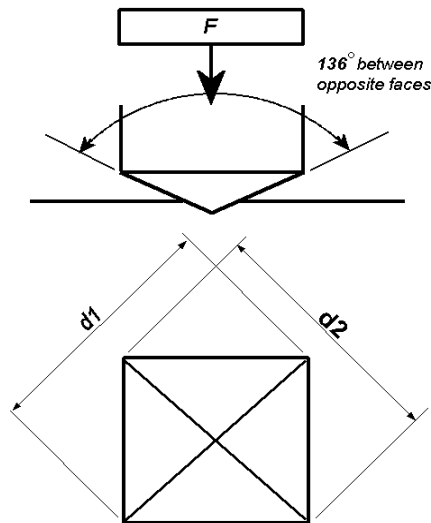
- a) Pengujian penekanan
- b) Pengujian goresan
- c) Pengujian *resilience* yang pada umumnya ditentukan dengan cara tidak merusak.



Gambar 2.5. Gaya penekanan akibat pengujian kekerasan  
Sumber: (Surdia dan Saito, 1999)

#### Uji kekerasan *Vickers*

Pengujian *Vickers* adalah pengujian nilai kekerasan dengan penekannya berupa intan piramida dengan sudut piramida sebesar  $136^\circ$ . “Prinsip pengujian vickers adalah beban dari 5 Kg hingga 100 Kg yang ditekan pada indenter berbentuk piramida berbentuk  $136^\circ$ .”(Suharto, 1995).



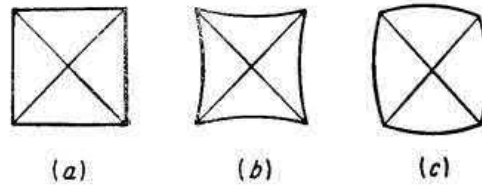
Gambar 2.6. Indentor pengujian kekerasan *Vickers*

Sumber: (Suharto, 1995)

Standar pengujian *Vickers* ada berbagai macam yaitu

- a. ASTM E92 : Standar pengujian untuk berbahan logam
- b. ASTM E384 : Standar pengujian untuk kekerasan mikro material
- c. ISO 6507-1 : Standar pengujian untuk bahan logam (Metode pengujian).
- d. ISO 6507-2 : Standar pengujian untuk bahan logam (Verifikasi dan kalibrasi mesin uji)
- ISO 6507-3 : Standar pengujian untuk bahan logam (Kalibrasi balok referensi.)
- e. ISO 6507-4 : Standar pengujian untuk bahan logam (Tabel nilai kekerasan.

Jejak yang dihasilkan oleh penekanan pada pengujian kekerasan *Vickers* piramida intan harus berbentuk persegi atau lebih tepatnya bujur sangkar. Pernyataan tersebut ditegaskan oleh pendapat Dieter (1996), “Lakukan yang benar yang dibuat oleh penumbuk piramida intan harus berbentuk bujur sangkar.”



Gambar 2.7. Bentuk lekukkan atau jejak bekas penekanan piramida intan  
(Sumber: Dieter, 1996:335)

Keuntungan dari pengujian kekerasan *Vickers* antara lain:

- ◆ Berbeda dengan pengujian *rockwell*, pengujian kekerasan *Vickers* menggunakan hanya satu jenis indenter baik untuk benda uji yang lunak maupun benda uji yang keras.
- ◆ Tingkat kepresisian pembacaan jejak bekas penekanan lebih akurat dan presisi
- ◆ Metode pengujian kekerasan *Vickers* dapat digunakan untuk menguji semua jenis logam

Adapun kekurangan dari pengujian kekerasan *Vickers* itu sendiri adalah:

- ◆ Hampir sama dengan pengujian kekerasan *brinell* dan *rockwell*, keseluruhan waktu yang diperlukan pengujian *Vickers* ini cukup lama.
- ◆ Pengukuran jejak berupa diagonal harus dengan cara optik.
- ◆ Permukaan spesimen harus dalam kondisi baik dan halus.

## 8. Uji Struktur Mikro

Dalam pengujian ini, kualitas bahan ditentukan dengan mengamati struktur dibawah mikroskop. Menurut Setiawan (2013) yang dimaksud dengan struktur mikro adalah struktur kristal yang dapat dilihat dalam suatu logam. Struktur mikro dapat didefinisikan sebagai bahan dalam orde kecil (mikro). Sifat-sifat mekanik dan fisik suatu logam akan ditentukan oleh gambar bentuk struktur mikronya. Ada

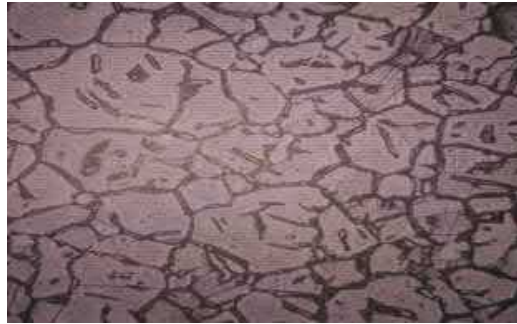


beberapa alat yang digunakan untuk mengamati struktur mikro dari bahan yaitu mikroskop cahaya, mikroskop elektron dan pirometri. Hasil pengamatan struktur mikro akan diperlihatkan berbagai fase yang dapat dipelajari dan jika sifatnya diketahui dapat digunakan untuk mengetahui informasi-informasi tentang sifat spesimen.

Pada umumnya pengamatan struktur mikro yang perlu diamati adalah ukuran butiran, bentuk butiran dan larutan padat yang terbentuk dimana larutan mekanis akan bertambah baik. Larutan padat yang tersebar merata maka kekuatan tariknya akan bertambah baik. Pengukuran besar kecilnya struktur mikro dilakukan dengan cara menghitung jumlah butir pada garis, lingkaran atau daerah tertentu. Gambar dibawah merupakan gambar struktur mikro dari paduan tembaga dan seng (CuZn).



Gambar 2.8. Kandungan kuningan (60% Cu, 40% Zn)  
Sumber: (Surdia dan Saito, 1999)



Gambar 2.9. Kandungan kuningan (65% Cu, 35% Zn)  
Sumber: (Surdia dan Saito, 1999)

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian tentang pengaruh variasi komposisi kuningan terhadap kekuatan *impact*, kekerasan dan struktur mikro hasil pengecoran aluminium dengan menggunakan tungku listrik yang telah dilaksanakan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. Ada pengaruh penambahan kuningan pada aluminium dilihat dari perbedaan kekuatan *impact* pada tiap-tiap komposisi variasi. Pada hasil yang telah diteliti dimana tertera energi *impact* paling rendah yaitu sebesar 0,91 Joule dan yang tertinggi sebesar 2,08 Joule.
- b. Ada pengaruh penambahan kuningan pada aluminium dilihat dari perbedaan nilai kekerasan pada tiap-tiap komposisi variasi. Pada hasil yang telah diteliti bahwa semakin keras tiap spesimen dikarenakan adanya perbedaan suhu tuang pada saat pengecoran.
- c. Ada pengaruh variasi komposisi kuningan pada aluminium dilihat dari uji struktur mikro bahwa CuZn lebih besar dan merata di dalam aluminium. Dan terlihat dalam bahwa spesimen berwarna agak kekuning-kuningan disetiap variasi komposisi kuningan.

## 5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan pada penelitian pengaruh variasi penambahan kuningan terhadap kekuatan impact dan struktur mikro hasil pengecoran aluminium dengan menggunakan tungku listrik adalah sebagai berikut:

- a. Apabila kandungan kuningan (CuZn) lebih banyak maka untuk meningkatkan kekuatannya dilakukan dengan melakukan perlakuan panas pendinginan cepat (*quenching*) lalu dipanaskan lagi ditemperatur dibawah suhu rekristalisasi dan didinginkan dalam udara (*tempering*).
- b. Untuk mengurangi cacat coran pasir cetak dipastikan padat dan komposisi antara pasir dengan air diperhatikan untuk takarannya.
- c. Untuk mengurangi kadar Fe yang terkandung pada komposisi peleburan, maka lebih baik menggunakan kowi yang terbuat dari tanah liat atau yang lainnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Beumer, B.J.M. 1972. *Ilmu Bahan Logam Jilid II*. Translated by Anwir, B.S. 1979. Jakarta: Bhratara Karya Aksara.
- Dieter, G.E., 1987, *Engineering design: a materials and processing approach.*, terj. Sriati D., Jakarta: Erlangga.
- Djiwo, S dan A.E, Purkuncoro. 2014. Analisis Kekerasan Al-Cu Dengan Variasi Prosentase Paduan Cu Pada Proses Pengecoran Dengan Penambahan Serbuk *Degasser*. *Jurnal Flywheel* 9 (1): 38-47.
- Fratila, L.E dan J, Duszczyk. 2006. Characterization of cast AlSi ( Cu ) alloys by scanning Kelvin probe force microscopy. *Journal of Materials Science*, 51(03): 5892–5896.
- Handoyo, Y. 2016. Perancangan Alat Uji Impak Metode Charpy Kapasitas 100 Joule. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin* 1&2(08): 45-53.
- Hadi, S. 2016. *Teknologi Bahan*. Yogyakarta: Andi.
- Haryanto dan Suyitno. 2008. Pengaruh Temperatur Tuang Dan Temperatur Cetakkan Pada High Pressure Die Casting (HPDC) Berbentuk Piston Paduan Aluminium-Silikon. *Jurnal Proceeding Seminar Nasional Aplikasi Sains Dan Teknologi* 12 (1): 86–90.
- Kusumawati, F. A., dan H. Kuswanto. 2014. Pemodelan Beban Sistem Listrik Jawa-Bali dengan Menggunakan Pendekatan Flexible Seasonality Forecasting ( Electricity Demand Modeling In Java-Bali Using Flexible Seasonality Forecasting Approach ) (11): 121–131. (*online*), (<https://jurnal.unej.ac.id>), diakses 07 Juli 2018.
- Magga, R. 2010. Analisis Perancangan Tungku Pengeciran Logam (Non-Ferro) Sebagai Saran Pembelajaran Teknik Pengecoran. *JIMT* 7(1): 54-60
- Majanasastra, R.B.S. 2016. Analisis Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Hasil Proses Hydroforming Pada Material Tembaga (Cu) C84800 dan Aluminium Al 6063. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin* 4(2): 25-30.
- Nugroho, E. 2015. Pengaruh Unsur Aluminium Dalam Kuningan Terhadap Kekerasan, Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro. (*online*), (<https://scholar.google.com>), diakses 03 Agustus 2018.
- Nugroho, B. A., Rusnoto, dan Wibowo, H. 2017. Optimalisasi Sifat Mekanik Penambahan Aluminium Pada Logam Kuningan Pada Prototype Baling-Baling. 14 (04): 15-20 (*online*), (<https://scholar.google.com>), diakses 10 Agustus 2018.

- Oduosote, J.K., A.A. Adeleke, dan P.A. Ajayi. 2015. Mechanical Properties and Microstructure of Precipitation Hardened AlCuZn Alloys. *Journal of Automotive and Mechanical Engineering (IJAME)* 12(06): 3033-3042.
- Pratiwi, D. K., dan N, Paramitha. 2013. Mikro Dan Sifat Mekanik Produk Cor Aluminium. *Jurnal Rekayasa Mesin* 13(3): 9–14.
- Siswanto, R. 2015. Analisis Struktur Mikro Paduan Al-19,6Si-2,5Cu<sub>2</sub>,3Zn (Scrap) Hasil Pengecoran Evaporative. *Jurnal Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (XIV)* (10): 1-6.
- Setiawan, H. 2013. Pengujian Kekuatan Tarik, Kekerasan, dan Struktur Mikro Produk Cor Propeler Kuningan. *Jurnal Simestris* 3(4): 71-79.
- Sudjana. 2005. *Metode Statistika*. Bandung: Tarsito.
- Sugiyono, A. 2015. *Outlook Energi Indonesia*. Jakarta: PTPSE.
- Sundari, E., 2011. Rancang Bangun Dapur Peleburan Aluminium Bahan Bakar Gas 3. *Jurnal Austenit* 3(4): 17-26.
- Supriyanto. 2010. Analisis Coran Kuningan Dari Limbah Rosokan dan Gram-Gram Sisa Permesinan Untuk Komponen Permesinan. *Jurnal Kompetensi Teknik* 1(2): 49-56.
- Sugiyono. 2012. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Suharto. 1995. *Teori Bahan dan Pengaturan Teknik*. Jakarta: PT Rineka Cipta.
- Suherman dan Syahputra. 2014. Pengaruh Penambahan Cu dan Solution Treatment Terhadap Sifat Mekanis dan Struktur Mikro Pada Aluminium Paduan A356. *Jurnal Dinamis* 2(14): 39-45.
- Surdia, T. dan S, Saito. 1999. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Surdia, T. dan K, Chijiiwa. 1987. *Teknologi Pengecoran Logam*. Jakarta Timur: Balai Pustaka.
- Sreejith, J dan S. Hangovan. 2017. An Experimental Investigation of AlCuZn Alloy on Hardness Microstructure and Wear Parameter Optimization Using Design of Experiments. *Journal of Material Engineering* 10(04): 375-384.

Tjiroso, Suyitno dan Bahtiar. 2015. Pengaruh Variasi Komposisi Kimia dan Kecepatan Kemiringan Cetakan Tilt Casting Terhadap Struktur Mikro Paduan Al-Si-Cu. *Jurnal Prospiding SNST*. (*online*), (<https://scholar.google.com>), diakses 07 Juli 2018.