



TUGAS AKHIR TL 141584

**PENGARUH PENAMBAHAN *CHILL* DAN  
KETEBALAN *COPE* CETAKAN PASIR  
TERHADAP TERBENTUKNYA BUTIR  
KOLUMNAR DAN SIFAT KEKERASAN PADA  
PROSES PENGECORAN PADUAN Cu-Zn**

SONI AJI PRADANA  
NRP. 2712100126

Dosen Pembimbing

Dr. Eng. Hosta Ardhyanta, ST, M.Sc  
Alvian Toto Wibisono, S.T.,M.T

JURUSAN TEKNIK MATERIAL DAN METALURGI  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016



FINAL PROJECT TL 141584

# **THE EFFECT OF ADDING CHILL AND COPE SAND MOLD THICKNESS TO THE COLUMNAR GRAIN FORMATION AND HARDNESS ON CASTING PROCESS OF Cu-Zn ALLOY**

SONI AJI PRADANA  
NRP. 2712100126

Advisors

Dr. Eng. Hosta Ardhyananta, ST, M.Sc  
Alvian Toto Wibisono, S.T.,M.T

Department of Materials and Metallurgical Engineering  
Faculty of Industrial Technology  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016

**PENGARUH PENAMBAHAN *CHILL* DAN KETEBALAN  
*COPE* CETAKAN PASIR TERHADAP TERBENTUKNYA  
BUTIR KOLUMNAR DAN SIFAT KEKERASAN PADA  
PROSES PENGEORAN PADUAN Cu-Zn**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Studi Metalurgi Manufaktur  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Material dan Metalurgi  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :  
**SONI AJI PRADANA**  
NRP 2712100126

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Dr. Eng. Hosta Ardhyanta, S.T., M.Sc..... (Pembimbing 1)

2. Alvian Toto Wibisono, S.T., M.T..... (Pembimbing 2)



**PENGARUH PENAMBAHAN *CHILL* DAN  
KETEBALAN *COPE* CETAKAN PASIR TERHADAP  
TERBENTUKNYA BUTIR KOLUMNAR DAN SIFAT  
KEKERASAN PADA PROSES PENGECORAN  
PADUAN Cu-Zn**

**Nama** : Soni Aji Pradana  
**NRP** : 2712100126  
**Jurusan** : Teknik Material dan Metalurgi  
**Dosen** : Dr. Eng. Hosta Ardhyananta, ST, M.Sc  
Alvian Toto, S.T.,M.T

**Abstrak**

Paduan tembaga-seng atau dikenal dengan kuningan memiliki sifat mampu cor yang baik. Penelitian ini menggunakan paduan Cu-17Zn (*red brass*). Paduan ini banyak digunakan sebagai material dalam membuat pipa air tanpa sambungan (*red brass seamless pipe*). Secara umum terdapat tiga daerah struktur butir yang terbentuk dari hasil pengecoran, *chill zone*, *columnar zone*, dan *equi-axed zone*. Terbentuknya ketiga zona tersebut disebabkan oleh komposisi dan laju pendinginan selama proses pembekuan. Penelitian ini memvariasikan ketebalan *cope* cetakan dari 3 cm, 5 cm, 7 cm, dan 9 cm. Setiap cetakan divariasiasi menjadi 2 jenis, cetakan dengan menggunakan *chill* dan cetakan tanpa *chill*. Butir kolumnar yang terbentuk dianalisa dengan menggunakan mikroskop optik (metalografi), *X-Ray Diffraction*, *Optical Emission Spectroscopy*, dan melalui pengujian kekerasan. Studi ini menunjukkan adanya penambahan *chill* pada cetakan pasir akan meningkatkan butir kolumnar yang terbentuk. Sedangkan perbedaan ketebalan *cope* cetakan pasir tidak memberikan pengaruh terhadap terbentuknya butir kolumnar. *Cope* 7 cm dengan *chill* menghasilkan paduan Cu-Zn dengan nilai kekerasan tertinggi sebesar 66.76 BHN.

**Kata kunci** : Paduan Cu-17Zn, Kolumnar, Ketebalan Cope, Chill

# THE EFFECT OF ADDING CHILL AND COPE SAND MOLD THICKNESS TO THE COLUMNAR GRAIN FORMATION AND HARDNESS ON CASTING PROCESS OF Cu-Zn ALLOY

**Name** : Soni Aji Pradana  
**NRP** : 2712100126  
**Departement** : Materials dan Metallurgical Engineer  
**Advisor** : Dr. Eng. Hosta Ardhyananta, ST, M.Sc  
Alvian Toto, S.T.,M.T

## Abstract

Copper-zinc alloy or brass is alloy that has good formability. This study using Cu-17Zn (red brass). This alloy is widely used as water pipes (red brass seamless pipe). There are three regions of the grain structure formed on the metal casting, chill zone, columnar zone, and equi-axed zone. The formation of the three zones are caused by the composition and the cooling rate during the freezing process. This study varying the cope thickness of 3 cm, 5 cm, 7 cm and 9 cm. Each thick of mold varying into two types, using and without the chill. Columnar grains were formed and analyzed using optical microscopy (metallographic), X-Ray Diffraction, Optical Emission Spectroscopy, and through hardness testing. This study shows the adding of chill will increase the columnar grains were formed. While the difference in the thickness of the cope sand mold does not give effect to the formation of columnar grains. Cu-Zn alloy produce by 7 cm cope sand mold with adding *chill* give the highest hardness value of 66.76 BHN.

**Keywords** : *Cu-17Zn, Columnar, Cope Thickness, Chill*

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
ABSTRAK .....	vii
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR TABEL .....	xviii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Sejarah Pengecoran .....	5
2.2 Tembaga (Cu).....	6
2.3 Seng (Zn).....	6
2.4 Paduan Tembaga dan Seng (Kuningan) .....	7
2.5 Proses Pengecoran .....	11
2.6 Bentuk Struktur Kolumnar Hasil Pengecoran .....	12
2.7 Mekanisme Pembekuan Coran.....	15
2.8 Cetakan.....	20
2.9 Chill.....	29
2.10 Toleransi Penyusutan .....	31
2.11 Penelitian Sebelumnya .....	32

**BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1 Diagram Alir Penelitian.....	35
3.2 Bahan dan Peralatan Penelitian .....	36
3.3 Variabel Penelitian .....	42
3.4 Pelaksanaan Penelitian .....	42
3.5 Proses Pengujian.....	48
3.6. Rancangan Penelitian .....	54

**BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN**

4.1 Hasil Pengecoran Paduan Cu-Zn.....	55
4.2 Komposisi Paduan Cu-Zn .....	56
4.3 Pola Pendinginan Paduan Cu-Zn.....	57
4.4 Hasil Pengujian XRD Paduan Cu-Zn.....	63
4.5 Morfologi Makro Paduan Cu-Zn.....	66
4.6 Struktur Mikro Paduan Cu-Zn.....	69
4.7 Hasil Pengujian Kekerasan Paduan Cu-Zn.....	71

**BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan.....	73
5.2 Saran.....	73

DAFTAR PUSTAKA.....	75
---------------------	----

LAMPIRAN .....	77
----------------	----

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Diagram Fasa Cu-Zn (ASM, 2004).....	8
<b>Gambar 2.2</b> Struktur Mikro Paduan Cu-30Zn (ASM, 2004).....	9
<b>Gambar 2.3</b> Struktur Ingot Coran (Smallman, 2000) .....	13
<b>Gambar 2.4</b> Pola Pembekuan Tembaga Murni (AFS, 1965).....	16
<b>Gambar 2.5</b> Tahapan Pembekuan Tembaga Murni (AFS,1965)	17
<b>Gambar 2.6</b> Pembekuan Tembaga dengan Sedikit Elemen Paduan (AFS,1965).....	17
<b>Gambar 2.7</b> Pertumbuhan Kristal pada Paduan Tembaga dengan Banyak Element Paduan (AFS, 1965).....	18
<b>Gambar 2.8</b> Tahapan Pertumbuhan Kristal pada Paduan Tembaga dengan Banyak Element Paduan (AFS, 1965) .....	19
<b>Gambar 2.9</b> Tahapan Pertumbuhan Kristal pada intermediate manner (AFS, 1965).....	19
<b>Gambar 2.10</b> Sistem Saluran (Surdia, 2000) .....	24
<b>Gambar 2.11</b> Cawan Tuang Tanpa Pemisah (Surdia, 2000).....	25
<b>Gambar 2.12</b> Cawan Tuang dengan Pemisah (Surdia, 2000) ...	26
<b>Gambar 2.13</b> Perpanjangan Pengalir (Surdia,2000) .....	27
<b>Gambar 2.14</b> Saluran Masuk (Surdia,2000) .....	28
<b>Gambar 2. 15</b> <i>Chill</i> Dalam.....	30
<b>Gambar 2.16</b> Penggunaan Chill .....	31
<b>Gambar 2.17</b> Pengaruh Kecepatan Pendinginan Terhadap Struktur Mikro Paduan Al-5Si Pada Jarak 32-34mm Dari Pendingin (muhamad, 2013) .....	33
<b>Gambar 2.18</b> Struktur Mikro Paduan Al-10Si dengan Gradien Temperatur Berbeda (muhamad, 2013).....	34
<b>Gambar 3.1</b> Diagram alir penelitian.....	35
<b>Gambar 3.2</b> Tembaga Ingot .....	36
<b>Gambar 3.3</b> Seng Ingot .....	36
<b>Gambar 3.4</b> Baja AISI 1006 .....	37
<b>Gambar 3.5</b> Pasir Silika .....	37
<b>Gambar 3.6</b> Calcium Betonit .....	37
<b>Gambar 3.7</b> LPG .....	38
<b>Gambar 3.8</b> <i>Burner</i> .....	38
<b>Gambar 3.9</b> Krus.....	39

<b>Gambar 3.10</b> Timbangan Digital .....	39
<b>Gambar 3.11</b> Kikir .....	39
<b>Gambar 3.12</b> Gergaji Tangan.....	40
<b>Gambar 3.13</b> Gergaji Mesin.....	40
<b>Gambar 3.14</b> <i>Flash</i> .....	41
<b>Gambar 3.15</b> Gerinda Tangan.....	41
<b>Gambar 3.16</b> Rancangan Cetakan Pasir Tanpa <i>Chill</i> (Tampak Atas).....	42
<b>Gambar 3.17</b> Rancangan Cetakan Tanpa <i>Chill</i> (Tampak Samping) .....	43
<b>Gambar 3.18</b> Rancangan Cetakan Dengan <i>Chill</i> (Tampak Atas) .....	43
<b>Gambar 3.19</b> Rancangan Cetakan Dengan <i>Chill</i> (Tampak Samping) .....	44
<b>Gambar 3.20</b> Variasi Tebal <i>Cope</i> Cetakan Pasir .....	45
<b>Gambar 3.21</b> Cetakan Pasir Bagian Atas ( <i>Cope</i> ).....	45
<b>Gambar 3.22</b> Cetakan Pasir Bagian Bawah ( <i>Drag</i> ).....	46
<b>Gambar 3.23</b> Cetakan Pasir .....	46
<b>Gambar 3.24</b> Skema <i>Burner</i> .....	47
<b>Gambar 3.25</b> Skema OES .....	48
<b>Gambar 3.26</b> Prinsip Kerja XRD.....	49
<b>Gambar 3.27</b> Mesin XRD .....	50
<b>Gambar 3.28</b> Daerah lingkup ukuran mikro struktur.....	51
<b>Gambar 3.29</b> Alur sinar pada pengamatan metalografi .....	51
<b>Gambar 3.30</b> Mikroskop Optik (BX51M-RF).....	52
<b>Gambar 3.31</b> <i>Universal Hardness Tester</i> .....	53
<b>Gambar 4.1</b> Hasil Pengecoran Paduan Cu-Zn pada Setiap Variasi Ketebalan <i>Cope</i> .....	55
<b>Gambar 4.2</b> Hasil Pengecoran Paduan Cu-Zn pada Setiap Variasi Ketebalan <i>Cope</i> Setelah Proses <i>Grinding</i> .....	56
<b>Gambar 4.3</b> Pola Pendinginan Paduan Cu-Zn pada Cetakan Dengan <i>Cope</i> 3 Cm .....	58
<b>Gambar 4.4</b> Pola Pendinginan Paduan Cu-Zn pada Cetakan Dengan <i>Cope</i> 5 Cm .....	59

<b>Gambar 4.5</b> Pola Pendinginan Paduan Cu-Zn pada Cetakan Dengan <i>Cope</i> 7 Cm .....	60
<b>Gambar 4.6</b> Pola Pendinginan Paduan Cu-Zn pada Cetakan Dengan <i>Cope</i> 9 Cm .....	61
<b>Gambar 4.7</b> Pola Pendinginan Paduan Cu-Zn pada Cetakan Tanpa <i>Chill</i> .....	62
<b>Gambar 4.8</b> Pola Pendinginan Paduan Cu-Zn pada Cetakan dengan Penambahan <i>Chill</i> .....	62
<b>Gambar 4.9</b> Hasil Pengujian XRD Paduan Cu-Zn di berbagai Variasi Tebal <i>Cope</i> Tanpa <i>Chill</i> .....	65
<b>Gambar 4.10</b> Hasil Pengujian XRD Paduan Cu-Zn di berbagai Variasi Tebal <i>Cope</i> dengan Penambahan <i>Chill</i> .....	65
<b>Gambar 4.11</b> Struktur Makro Paduan Cu-Zn pada Setiap Variasi Tebal <i>Cope</i> Cetakan .....	67
<b>Gambar 4.12</b> Struktur Mikro Paduan Cu-Zn pada Variasi Cetakan Tanpa <i>Chill</i> di perbesaran 50x .....	70
<b>Gambar 4.13</b> Struktur Mikro Paduan Cu-17Zn pada Variasi Cetakan Dengan <i>Chill</i> di perbesaran 50x .....	70
<b>Gambar 4.14</b> Nilai Kekerasan Paduan Cu-Zn .....	72

**DAFTAR TABEL**

<b>Tabel 2.1</b> Sifat Fisik Tembaga (Hayward, 1929).....	6
<b>Tabel 2.2</b> Sifat Fisik Seng (Hayward, 1929) .....	7
<b>Tabel 2.3</b> Kekuatan Tarik Paduan Tembaga-Seng (Avner, 1974) 9	
<b>Tabel 2.4</b> Temperatur penuangan untuk berbagai coran (Surdia, 2000).....	24
<b>Tabel 2.5</b> Toleransi Penyusutan untuk Logam Cor yang Penting (Banga, 1981) .....	32
<b>Tabel 3.1</b> Rancangan Penelitian .....	54
<b>Tabel 4.1</b> Hasil Pengujian OES .....	57
<b>Tabel 4.2</b> Waktu Penurunan Temperatur Paduan Cu-Zn.....	63
<b>Tabel 4.3</b> Spesifikasi Peak Pada Setiap Sampel .....	64
<b>Tabel 4.4</b> Panjang Butir Kolumnar Paduan Cu-Zn.....	69
<b>Tabel 4.5</b> Nilai Kekerasan Paduan Cu-Zn .....	72

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Tembaga merupakan logam yang sudah digunakan oleh manusia sejak 4000 tahun yang lalu. Secara umum tembaga dan paduannya memiliki sifat mampu bentuk yang baik. Paduan tembaga dapat dibedakan menjadi dua yaitu kuningan dan perunggu. Kuningan adalah paduan tembaga dengan seng sebagai elemen paduan utama sedangkan perunggu merupakan paduan tembaga dengan elemen paduan utama selain seng atau prosentase seng berada dibawah prosentase elemen paduan lain (AFS 1965). Sekarang, tembaga dan paduannya telah banyak diaplikasikan ke dalam berbagai bidang seperti industri (pipa air, silinder pompa, inti radiator, dsb), kelistrikan (kabel), dan beberapa alat-alat kesenian.

Dalam penggunaannya, tembaga banyak dipadukan dengan berbagai elemen paduan untuk meningkatkan kekuatan mekaniknya. Salah satu paduan tembaga yang banyak digunakan ialah paduan Cu-Zn (kuningan). Kuningan memiliki sifat mampu cor yang baik dan harga yang relatif murah, namun kuningan memiliki kekuatan mekanik lebih rendah dibandingkan dengan paduan lain (perunggu) (Surdia, 2000). Selain dengan penambahan elemen paduan, peningkatan kekuatan mekanik juga dapat dipengaruhi oleh bentuk dan ukuran butir.

Salah satu metode dalam pembuatan tembaga dan paduannya ialah dengan metode pengecoran. Secara umum tembaga memiliki tingkat *fluiditas* yang tinggi sehingga mudah untuk dilakukan pengecoran. Pengecoran merupakan metode pembuatan logam dengan mencairkan logam hingga titik leburnya dan mencetaknya kedalam bentuk yang diinginkan (William D. Cllister, 1974). Secara umum terdapat 3 daerah struktur butir yang terbentuk dari hasil pengecoran, *chill zone*, *columnar zone*, dan *equi-axed zone*. Proses pembekuan pada tembaga dan paduannya digolongkan menjadi 2, pembekuan dengan *skin formation* atau

pembekuan dalam *mushy manner*. Pada tembaga dengan tingkat kemurnian yang tinggi dan beberapa paduan tembaga (*low copper alloy*) pembekuan terjadi secara *skin formation* dimana seluruh butir akan berbentuk kolumnar, sedangkan pada paduan tembaga, pembekuan terjadi pada kondisi *mushy* dimana akan terbentuk butir *equi-axed*. Namun dalam kenyataannya proses pembekuan tersebut tidak akan terjadi secara sempurna. Seiring dengan meningkatnya prosentase elemen paduan pada tembaga maka pembekuan yang terjadi akan membentuk baik butir kolumnar dan juga *equiaxed* (pembekuan terjadi secara *skin formation* dan *mushy manner*). Hal ini salah satunya dipengaruhi oleh laju pendinginan yang terjadi selama proses pengecoran. Material cetakan, ketebalan dinding cetakan, dan temperatur penuangan akan memberikan pengaruh terhadap laju pendinginan dalam proses pengecoran (AFS, 1965).

Pembentukan dan pertumbuhan butir yang *homogen* akan memberikan sifat mekanik yang baik, namun hal tersebut tidak terjadi dalam proses pengecoran. Sampai saat ini belum banyak penelitian yang mempelajari mengenai pembentukan butir kolumnar yang terjadi selama proses pembekuan pada proses pengecoran. Maka dari itu penelitian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh penambahan *chill* dan ketebalan *cope* cetakan terhadap pembentukan butir kolumnar dan sifat kekerasan pada proses pengecoran paduan Cu-Zn. Cetakan akan divariasikan dengan memberikan penambahan *chill* dan ketebalan *cope* cetakan yang berbeda-beda.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan dalam penelitian ini adalah

1. Bagaimana pengaruh penambahan *chill* dalam cetakan pasir terhadap terbentuknya butir kolumnar pada proses pengecoran paduan Cu-Zn?
2. Bagaimana pengaruh ketebalan *cope* cetakan pasir terhadap terbentuknya butir kolumnar pada proses pengecoran paduan Cu-Zn?

3. Bagaimana pengaruh penambahan *chill* dan ketebalan *cope* cetakan pasir terhadap sifat kekerasan paduan Cu-Zn?

### 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini sebagai berikut

1. Pemaduan dianggap homogen
2. Reaksi dengan cetakan dan krus diabaikan
3. Pengaruh oksigen dari lingkungan diabaikan
4. Pemaduan pasir silica dan bentonit dianggap homogen
5. Kerapatan pada cetakan pasir diabaikan
6. Kecepatan aliran logam cair dianggap homogen sesuai dengan kontrol saluran masuk.
7. Jenis dan ukuran pasir cetakan dianggap homogen dan diabaikan.

### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah

1. Menganalisa pengaruh penambahan *chill* dalam cetakan pasir terhadap terbentuknya butir kolumnar pada proses pengecoran paduan Cu-Zn
2. Menganalisa pengaruh ketebalan *cope* cetakan pasir terhadap terbentuknya butir kolumnar pada proses pengecoran paduan Cu-Zn
3. Menganalisa pengaruh penambahan *chill* dan ketebalan *cope* cetakan pasir terhadap sifat kekerasan paduan Cu-Zn

### 1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini bermanfaat untuk mengetahui pengaruh penambahan *chill* dan ketebalan *cope* cetakan pasir terhadap terbentuknya butir kolumnar dan sifat kekerasan pada proses pengecoran paduan Cu-Zn sehingga didapatkan data yang dapat digunakan sebagai referensi dalam mengontrol proses pembekuan paduan Cu-Zn pada proses pengecoran.

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Sejarah Pengecoran**

Sejarah pengecoran dimulai ketika orang mengetahui bagaimana cara mencairkan logam dan bagaimana membuat cetakan. Hal itu terjadi kira-kira tahun 4.000 sebelum Masehi. Penggunaan logam berawal dari perhiasan yang terbuat dari emas atau perak, dan kemudian membuat senjata atau mata bajak dengan menempa tembaga. Hal itu memungkinkan karena logam tersebut terdapat di alam dalam keadaan murni sehingga mudah untuk ditempa.

Kemudian secara kebetulan orang menemukan tembaga mencair, selanjutnya mengetahui cara menuang logam cair ke dalam cetakan, dengan demikian untuk pertama kalinya orang dapat membuat coran yang memiliki bentuk yang rumit. Coran tersebut dibuat dari perunggu yaitu suatu paduan tembaga, timah, dan timbal yang titik cairnya lebih rendah dari titik cair tembaga. Pengecoran perunggu dilakukan pertama kali di Mesopotamia kira-kira 3.000 tahun sebelum masehi, teknik ini diteruskan ke Asia Tengah, India, dan China. Pada zaman itu tangki-tangki besar yang halus dibuat dengan metode pengecoran.

Pada mulanya benda tipis seperti kapak, dicor menggunakan salah satu bagian dari *drag* atau *cup* dan mulai berkembang dengan menggunakan keduanya baik *drag* ataupun *cup* hingga penggunaan inti yang terbuat dari tanah lempung dan bubuk arang batu. Selain itu dikembangkan pula cetakan dengan pola lilin dan pola kayu. Pola lilin ditutup dengan campuran tanah pasir dan tanah liat dan kemudian dipanaskan agar lilin mencair dan terbuang sehingga akan meninggalkan rongga cetakan. Cara tersebut merupakan dasar dari pengecoran pasir dan pengecoran lilin seperti cara yang dikenal sekarang (Tata Surdia, 2000).

## 2.2 Tembaga (Cu)

Tembaga adalah logam non-polymorphous dengan struktur kristal *face centered cubic* (FCC). Tabel 2.1 menunjukkan spesifikasi sifat fisik pada tembaga. Tembaga murni memiliki warna kemerah-merahan, dengan penambahan Zn menghasilkan warna kekuningan dan dengan penambahan nikel memberikan warna silver. Titik lebur pada tembaga berkisar pada temperatur 1083°C dan memiliki massa jenis sebesar 8900 kgm<sup>3</sup> yang mana tiga kali lebih besar dari aluminium. Konduktivitas panas dan konduktivitas elektrik dari tembaga lebih rendah dibandingkan dengan silver tetapi 1.5 kali lebih besar dibandingkan dengan aluminium. Tembaga memiliki beberapa sifat yang menguntungkan diantaranya konduktivitas (*thermal / electric*) yang baik, ketahanan terhadap korosivitas, kekuatan yang baik, dan mudah untuk dibentuk. Selain itu tembaga adalah logam *nonmagnetic*, dan dapat dilakukan *brazing*, *welding*, dan *soldering*. Diantara beberapa sifat tersebut dapat ditingkatkan dengan memberikan elemen paduan yang sesuai. Sebagian besar tembaga (99.9% Cu) digunakan sebagai konduktor dan dikenal sebagai *electrolute tough-pitch copper* (ETP) (R.F. Schmidt & D.G Schmidt, 1997).

**Tabel 2.1** Sifat Fisik Tembaga (Hayward, 1929)

Struktur Kristal	<i>Face Centered Cubic</i>
Titik Lebur	1084°C
Titik Didih	2562°C
Konduktivitas Thermal	401 Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>
Kapasitas Kalor	24.440 Jmol <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>
Massa Jenis	8.94 g cm <sup>-3</sup>
Kekerasan Brinell	874 MPa

## 2.3 Seng (Zn)

Seng merupakan salah satu unsur dengan simbol Zn, memiliki nomor atom 30, massa jenis 7.14 g cm<sup>-3</sup> dan terdapat pada

golongan IIB unsur transisi di dalam tabel periodik. Spesifikasi sifat fisik seng dapat dilihat pada Tabel 2.2. Seng adalah logam yang berwarna putih kebiruan yang sangat mudah ditempa. Seng memiliki sifat getas pada temperatur ruang, namun bersifat ulet pada temperatur 100°C hingga 150°C. pada temperatur 200°C seng menjadi getas kembali dan mudah untuk dijadikan serbuk. Seng mencair pada temperatur 419.53°C dan mendidih pada temperatur 907°C.

**Tabel 2.2** Sifat Fisik Seng (Hayward, 1929)

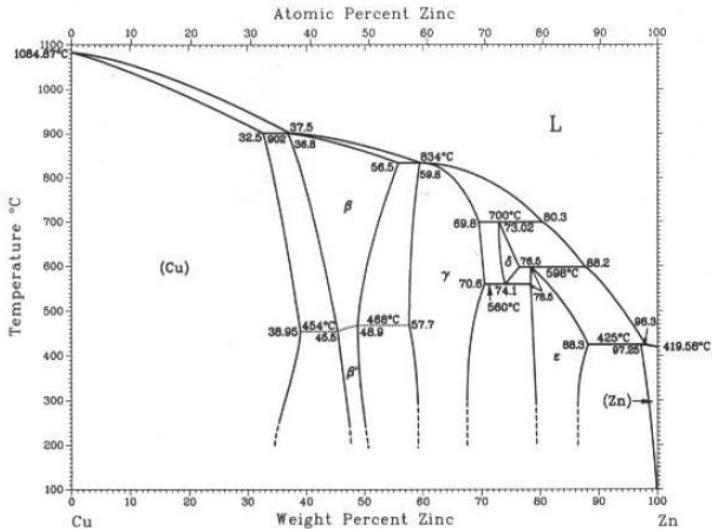
Struktur Kristal	<i>Hexagonal Closed Pack</i>
Titik Lebur	419.53°C
Titik Didih	907°C
Konduktivitas Thermal	116 Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>
Kapasitas Kalor	25.470 Jmol <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>
Massa Jenis	7.14 g cm <sup>-3</sup>
Kekerasan Brinell	412 MPa

Seng juga banyak digunakan sebagai material pelindung untuk melindungi dari kerusakan karena korosi atau disebut dengan galvanisasi (R.B. Gupta, 1989).

## 2.4 Paduan Tembaga dan Seng (Kuningan)

Kuningan adalah paduan tembaga dengan elemen paduan utama seng (Zn). Beberapa tipe dari paduan ini memiliki tambahan unsur paduan lain seperti timbal, timah, dan aluminium. Variasi komposisi paduan akan mempengaruhi warna, kekuatan, kelenturan, dan ketahanan korosi. Diagram fasa dari paduan *copper-zinc* ditunjukkan pada Gambar 2.1. Diagram *equilibrium* Cu-Zn merupakan diagram fasa dasar yang digunakan dalam menentukan fasa yang terbentuk pada paduan Cu-Zn (kuningan). Hal ini tergantung pada kecepatan pendinginan yang dianggap *equilibrium* saat kecepatan pendinginan lambat. Transformasi diagram fasa akan dipengaruhi oleh unsur paduan.

akan menggeser garis dan titik pada diagram fasa sesuai dengan fungsi unsur paduan



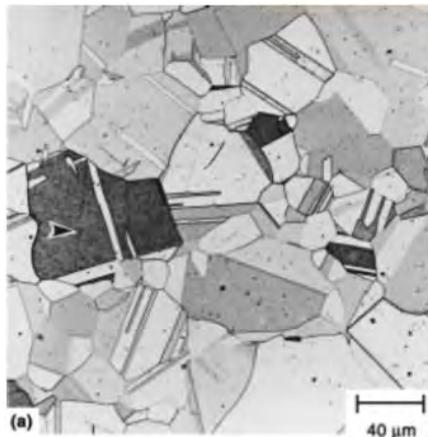
**Gambar 2.1** Diagram Fasa Cu-Zn (ASM, 2004)

Kelarutan seng pada fasa *alpha* ( $\alpha$ ) (larutan padat) meningkat dari 32.5% pada temperatur 1657°F menjadi 35% pada temperatur 850°F. Tembaga memiliki struktur kristal f.c.c (*face-centered cubic*) sehingga pada paduan lauran padat *alpha* akan terlihat struktur kristal f.c.c. Pada fasa *beta* ( $\beta$ ) struktur kristal yang terbentuk adalah b.c.c (*body-centered cubic*). Pada temperatur 850°F hingga 875°F atom tembaga dan seng secara acak akan berpencar pada titik kisi. Hal ini berlanjut hingga terbentuk susunan struktur  $\beta'$  yang mana tetap memiliki struktur kristal b.c.c namun dengan atom tembaga berada pada sudut dan atom seng pada bagian tengah dalam satu unit kubus. Penyusunan atom tersebut berlangsung sangat cepat dan tidak dapat diperlambat ataupun dicegah sekalipun dengan metode pendinginan cepat. Pengaruh seng pada kekuatan tarik dari paduan tembaga ditunjukkan pada Tabel 2.3.

**Tabel 2.3** Kekuatan Tarik Paduan Tembaga-Seng (Avner, 1974)

Zn,%	Tensile Strength, Psi	Elongation, %In 2 In	BHN, 10 mm, 500kg
0	32,000	46	38
5	36,000	49	49
10	41,000	52	54
15	42,000	56	58
20	43,000	59	56
25	45,000	62	54
30	46,000	65	55
35	46,000	60	55
40	54,000	45	75

Sebagian besar, dengan adanya penambahan elemen paduan akan cenderung untuk menurunkan keuletan seiring dengan meningkatnya kekuatan. Penambahan seng yang ditunjukkan oleh Tabel 2.3 menunjukkan bahwa keuletan meningkat seiring dengan meningkatnya kekuatan. Kombinasi terbaik ditunjukkan pada paduan dengan komposisi Cu-30Zn. Struktur mikro paduan Cu-30Zn dapat dilihat pada Gambar 2.2.

**Gambar 2.2** Struktur Mikro Paduan Cu-30Zn (ASM, 2004)

Kuningan dengan komposisi seng hingga 36% atau *alpha brass*, memiliki sifat ketahanan terhadap korosi yang baik dan memiliki kemampuan yang baik untuk dilakukan pengerjaan dingin. Warna dari *alpha brass* bervariasi bergantung pada prosentase tembaga yang terkandung, mulai dari warna merah untuk *high copper alloy* hingga kuning untuk paduan dengan 62% tembaga. *Alpha brass* dibagi menjadi 2, *yellow alpha brass* dan *red brass*.

*Yellow brass* mengandung 20% hingga 36% seng dimana memiliki kekuatan dan keuletan yang tinggi sehingga sesuai untuk dilakukan pengerjaan dingin. Pada umumnya paduan ini membutuhkan *stress-relief annealing* setelah pengerjaan dingin untuk mencegah terjadinya *season cracking*. *Season creaking* atau *stress corrosion cracking* terjadi karena adanya tegangan sisa yang tertinggal akibat dari proses pengerjaan dingin. Hal ini menyebabkan paduan ini menjadi rentan terhadap *intergranular corrosion*, terutama pada atmosfer amonia. Dengan *stress relief annealing* pada temperature diatas 500°F akan meminimalkan bahaya terjadinya *stress-corrosion cracking*.

*Yellow a brass* juga rentan terhadap *pitting corrosion* atau disebut sebagai *dezincification*. Korosi ini terjadi ketika kontak dengan air laut ataupun aliran air yang banyak mengandung oksigen dan karbondioksida. *Dezincification* menyebabkan terpisahnya (*dissolution*) dari paduan tembaga-seng yang mana akan menimbulkan pengendapan dari tembaga yang terpisah. Hal ini jika tidak dihentikan, pada waktu tertentu akan menembus bagian tertentu dalam paduan dan menimbulkan kebocoran. Jika hal tersebut terjadi pada daerah yang sama maka disebut sebagai *plug-type dezincification*. Sejumlah elemen paduan seperti timah akan dapat menurunkan kemungkinan terjadinya *dezincification*.

*Catride brass* (Cu-30zn) dan *yellow brass* (Cu-35Zn) adalah paduan *yellow alpha brass* yang paling banyak digunakan sebagai inti radiator, tangki, bagian pada lampu utama kendaraan, per, paku keling, dan komponen amunisi. Pada penambahan 0.5% hingga 3% timbal akan meningkatkan *machinability* sehingga

---

*leaded brass* banyak digunakan sebagai material dalam membuat kunci, gear, komponen mesin, dan komponen jam tangan.

Dua variasi dari *yellow α brass* dikembangkan untuk penggunaan khusus. *Admiralty metal* (71Cu-28Zn-1Snn), dengan menambahkan 1% timah untuk meningkatkan kekuatan serta ketahanan terhadap korosivitas. Material tersebut digunakan untuk kondesor dan *heat exchanger* pada pembangkit tenaga uap. Dilihat dari ketahanan terhadap korosi, *admiralty metal* lebih unggul dibandingkan dengan *aluminium brass* (76Cu-22Zn-2Al). Paduan ini membentuk lapisan yang kuat dan mempunyai kemampuan *self healing* sehingga akan melindungi dari fluida berkecepatan tinggi yang terdapat pada *plant-plant* pembangkit tenaga.

*Red brass* mengandung 5% hingga 20% seng. Secara umum paduan ini memiliki ketahanan terhadap korosi yang lebih baik dari pada *yellow brass* dan tidak rentan terhadap *season cracking* atau *dezincification*. *Gilding metal* memiliki kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan tembaga murni, sehingga banyak digunakan sebagai material dalam pembuatan koin, medali, token, plakat, emblem, dan juga sekering. *Commercial bronze*, memiliki sifat yang baik untuk dilakukan pemrosesan lanjutan, baik itu pengerjaan dingin atau pengerjaan panas sehingga banyak digunakan sebagai material dalam membuat perhiasan, benda tempa, dan juga paku keling. *Leaded commercial bronze* (dengan tambahan 1.75% timbal) banyak digunakan untuk sekerup (*screw*) dan bagian yang lain untuk mesin. Sedangkan *red brass* banyak digunakan sebagai material dalam pembuatan pipa air, inti radiator, kanal listrik, dan beberapa bagian dalam *heat exchanger* dan kondensator. *Low brass* digunakan sebagai material instrument music, medali, *thermostat* dan *flexible hose* (Avner, 1974).

## 2.5 Proses Pengecoran

Proses pengecoran adalah salah satu proses yang sederhana dan proses langsung untuk mendapatkan bentuk yang diinginkan. proses ini membutuhkan cetakan dengan bentuk yang diinginkan. pengecoran sudah lama digunakan oleh manusia. pengecoran yang

biasa dilakukan adalah penuangan logam cair ke cetakan pasir. Tujuan dari proses pengecoran ini adalah memproduksi produk yang digunakan manusia. Pada zaman modern ini pengecoran sudah banyak digunakan untuk memproduksi bagian-bagian dari mesin (Karl, 2011).

Dalam berbagai hal benda-benda kerja yang dibentuk melalui proses pengecoran memiliki keunggulan baik sifat maupun efisiensinya pembentukannya, bahkan tidak dimiliki oleh bahan yang dibentuk dengan cara lain, misalnya pada besi/baja tempa, dimana benda-benda tuangan (hasil pengecoran) sifat-sifatnya dapat ditentukan oleh formulasi campuran dan dapat diperbaiki menurut kebutuhan kita, bentuk dan dimensinya dapat dibentuk melalui pengecoran ini, misalnya rongga rongga, saluran-saluran dan lain-lain yang mungkin tidak dapat dilakukan dengan cara lain, dengan demikian benda tuangan berkembang sejalan dengan modernisasi teknologi itu sendiri. Hal ini dikarenakan benda tuangan memiliki keunggulan dan dapat diterima diberbagai jenis produk, seperti permesinan, automotif, listrik dan elektronik, konstruksi/ bangunan gedung, assesoris dan lain-lain. Namun demikian jika kita lihat industri manufaktur yang bergerak dibidang pengecoran ini jumlahnya masih kecil dengan kualitas produknya pun masih rendah walaupun ada produk dengan kualitas tinggi tetapi masih dengan teknologi luar negeri. Hal ini menjadi tantangan bagi kita semua agar dapat berkompetisi dengan bangsa lain terutama dalam era globalisasi seperti sekarang ini (Sudjana, 2008).

## **2.6 Bentuk Struktur Kolumnar Hasil Pengecoran**

Karena keterlibatan berbagai sifat fisika dan kimia selama pembekuan, struktur butir coran tidak seragam. Pada awal solidifikasi di permukaan datar cetakan ingot metalik, terdapat pelewat-dinginannya eksternal atau “*chill*” yang menghasilkan nukleasi heterogen berbentuk lapisan tipis kristal cil dengan orientasi acak (Gambar 2.3).



**Gambar 2.3** Struktur Ingot Coran (Smallman, 2000)

Ukuran kristal sama-sumbu ini sangat dipengaruhi oleh tekstur permukaan cetakan. Dengan bertambah tebalnya zona kristal cil, kemiringan gradien temperatur berkurang dan laju pendinginan menurun. Penumbuhan kristal lebih dominan dari pada nukleasi kristal baru, dan pada beragam jenis logam dan paduan, kristal dengan orientasi yang diutamakan mulai tumbuh mengarah ke lelehan pada antarmuka padat/cair. Dendrit dengan orientasi (100) adalah arah pertumbuhan cepat untuk kristal fcc dan bcc dan terletak sepanjang arah aliran panas. Pertumbuhan ke samping secara progresif terhalang sehingga kristal memiliki orientasi yang diutamakan dengan bentuk kristal kolomnar. Oleh karena itu, terjadi penyearahan pada struktur coran. Efek ini akan menonjol apabila kristal sendiri memiliki sifat anisotropi kuat. Bentuk pertumbuhan di antarmuka kristal kolomnar dan cairan bervariasi dari planar hingga dendritik, bergantung pada jenis logam (atau paduan) serta kondisi termal (Smallman, 2000).

Dengan bertambah tebalnya zona kolomnar, temperatur dalam cairan lebih merata, pelewat-dingin lebih menonjol dan kemungkinan pembentukan nuklei yang berasal dari multiplikasi dendritik bertambah. Dengan kondisi ini, nukleasi independen lebih sering terjadi dan terbentuk zona sama-sumbu (equiaxed) di

pusat yang terdiri dari kristal berorientasi acak (Gambar 2.3). Faktor lain seperti temperatur penuangan rendah, cetakan dengan konduktivitas termal rendah serta hadirnya elemen paduan juga menunjang terbentuknya zona sama-sumbu (equiaxed). Ada keterkaitan antara efek ukuran dengan kecenderungan berkurangnya pembekuan kristal kolomnar apabila penampang rongga cetakan berkurang. Namun, bila pengaruh tadi tidak ada, pertumbuhan lebih dominan daripada nukleasi, dan zona kolomnar mencapai pusat ingot (untuk logam murni). Keseimbangan perbandingan relatif antara kristal kolomnar di bagian luar dan kristal sama-sumbu (equiaxed) dibagian dalam, sangat penting dan memerlukan pengendalian yang cermat. Untuk keperluan tertentu, diperlukan struktur butir halus sempurna karena logam lebih kuat dan lebih ulet. Selain itu, logam tidak mengandung bidang lemah, seperti tampak di Gambar 2.3, yang terjadi apabila kristal kolomnar berhimpitan tegak lurus sesamanya. (Namun untuk paduan khusus, seperti paduan tahan creep dipersyaratkan ukuran butir yang kasar) (Smallman, 2000).

Penambahan berbagai bahan nukleasi “asing” yang disebut inokulan, merupakan metode lazim serta efektif untuk membentuk pusat nukleasi heterogen dalam lelehan, mencegah pelewatdinginan dan menghasilkan struktur butir merata. Penghalusan butir berarti menyebarkan elemen pengotor pada permukaan batas butir yang lebih luas dan umumnya sifat mekanik dan mampu cor meningkat (seperti keuletan, ketahanan terhadap retak-panas). Namun kebutuhan akan penghalusan butir pada operasi pengecoran tidak begitu penting apabila struktur coran mengalami pengerjaan lanjut dan/atau perlakuan panas. Bahan nukleasi harus tetap tersebar merata, harus tahan, dan harus dapat dibasahi oleh lelehan superpanas. Contoh beberapa inokulan adalah titanium dan/atau boron (untuk paduan aluminium) zirkonium atau logam-tanah-jarang (untuk paduan magnesium) atau aluminium (untuk baja). Zirkonium merupakan penghalus butir yang sangat efektif bagi magnesium serta paduannya. Kesamaan antara parameter kisi zirkonium dan magnesium menunjukkan bahwa epitaksi

magnesium terhadap zirkonium merupakan faktor penting, namun sebagian besar inoculan dikembangkan berdasarkan pengalaman (Smallman, 2000).

## **2.7 Mekanisme Pembekuan Coran**

Pembekuan coran dimulai dari bagian logam yang bersentuhan dengan cetakan, yaitu ketika panas dari logam cair diambil oleh cetakan sehingga bagian logam yang bersentuhan dengan cetakan temperaturnya akan turun hingga ke titik bekunya dan terbentuk inti-inti kristal. Bagian dalam dari coran mendingin lebih lambat dari bagian luar, sehingga kristal-kristal tumbuh dari inti asal ke bagian dalam coran dan butir-butir kristal tersebut berbentuk panjang-panjang seperti kolom, yang disebut struktur kolumnar. Struktur ini akan muncul dengan jelas apabila gradien temperatur yang besar terjadi pada permukaan coran, seperti halnya dengan pengecoran menggunakan cetakan logam. Sebaliknya pengecoran dengan cetakan pasir memiliki gradien temperatur yang kecil sehingga akan terbentuk struktur kolumnar yang tidak jelas. Bagian tengah coran mempunyai gradien temperatur yang kecil sehingga merupakan susunan dari butir-butir kristal segi banyak dengan orientasi yang sembarang.

Apabila permukaan beku diperhatikan, setelah logam yang belum membeku dituangkan keluar dari cetakan pada waktu pendinginan, maka terdapat dua kasus bahwa permukaan itu bisa halus atau kasar. Permukaan halus adalah kasus dari kasus dari logam dengan daerah pembekuan yang sempit, sedangkan permukaan kasar adalah hasil dari logam dengan daerah pembekuan yang lebar (Surdia, 2000).

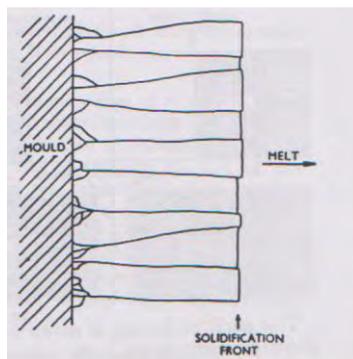
Pada pengecoran tembaga dan paduannya, mekanisme pembekuan dibagi menjadi 2 kelompok, pembekuan dengan *skin formation* dan *mushy manner*.

### **2.7.1 Pembekuan Skin Formation**

Pada kelompok ini terdiri dari tembaga murni dalam berbagai variasi, paduan tembaga rendah seperti *cadmium-copper*, *chromium-copper*, dan *beryllium copper*. Selain itu paduan dengan

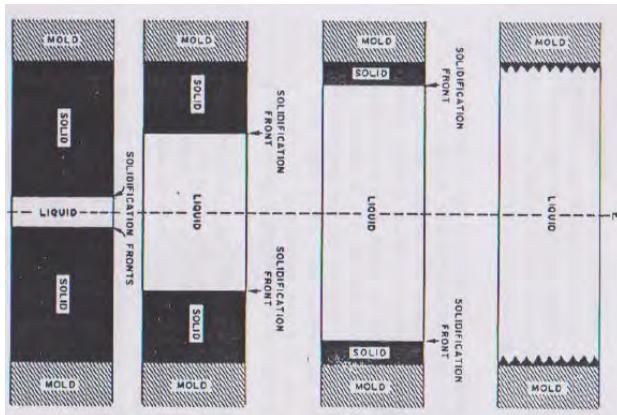
---

komposisi eutectic seperti *aluminium bronze* termasuk dalam kelompok ini. Ketika logam cair dituangkan ke dalam cetakan pasir dan berkontak dengan dinding cetakan maka temperatur logam cair akan turun ke titik bekunya atau temperatur *liquidus* pada paduan (sedikit *super-cooling* dapat terjadi pada prakteknya). Pembekuan ini ditandai dengan terbentuknya sejumlah butir kristal kecil pada bagian dinding cetakan. Kecenderungan pertumbuhan butir ini mengarah ke samping dan ke arah daerah logam yang cair (tengah cetakan), dengan cepat berikatan dengan kristal yang ada disekitarnya dan membentuk *solidification front* (Gambar 2.4). Pembekuan ini terjadi hingga bagian dalam benda coran yang mana arah pertumbuhannya tegak lurus dengan dinding cetakan (AFS, 1965).

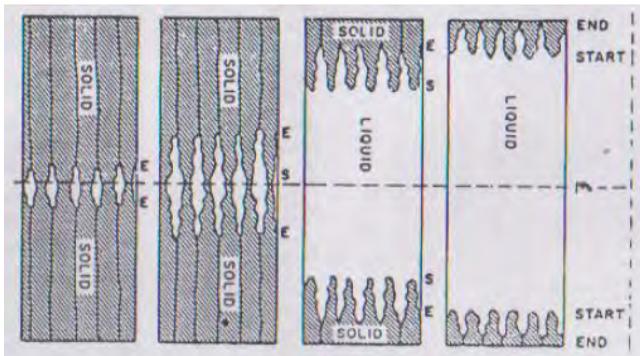


**Gambar 2.4** Pola Pembekuan Tembaga Murni (AFS, 1965)

Pembekuan pada tipe ini diilustrasikan dalam Gambar 2.5 yang memperlihatkan beberapa tahapan dalam pembekuan coran plat. Mode pembekuan tersebut hanya terjadi pada logam murni dan paduan dengan komposisi eutektik. Pembekuan ini terjadi pada temperatur yang konstan. Proses pembekuan tembaga dengan sedikit elemen paduan, akan sedikit lebih kasar dan cenderung terjadi pertumbuhan dendrit pada kristal seperti pada Gambar 2.6.



**Gambar 2.5** Tahapan Pembekuan Tembaga Murni (AFS,1965)



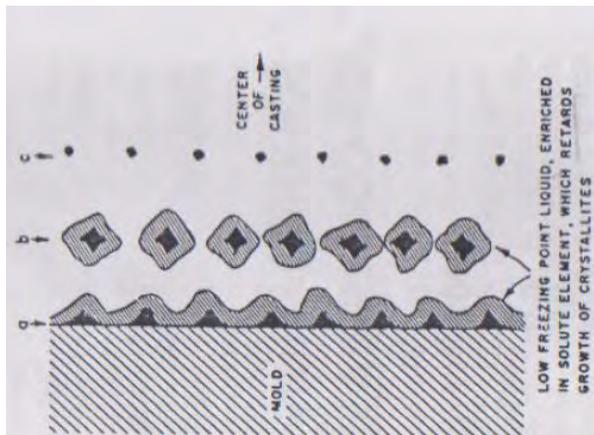
**Gambar 2.6** Pembekuan Tembaga dengan Sedikit Elemen Paduan (AFS,1965)

Pada dasarnya, paduan yang tergolong dalam kelompok ini memiliki rentang pembekuan yang sangat pendek atau bahkan tanpa ada rentang pembekuan. Struktur makro dari paduan ini adalah kristalisasi kolumnar.

### 2.7.2 Pembekuan Dalam *Mushy Manner*

Tipe pembekuan ini terdiri paduan dengan rentang pendinginan yang panjang seperti tin bronze, red brass, nickel silver dan lain sebagainya. Mekanisme pembekuan pada grup ini hampir sangat berbeda dengan tipe pembekuan skin formation. Sama seperti

sebelumnya, pembekuan diawali dengan pengendapan sejumlah kristal pada dinding cetakan. Pertumbuhan kristal pada dinding cetakan tersebut seketika terhambat atau bahkan berhenti sejenak. Hal ini dikarenakan inti kristal yang terbentuk miskin akan elemen paduan dibandingkan dengan logam cairnya. Ketika kristal terbentuk, atom dari elemen paduan tersisihkan ke sekitar logam cair sehingga menyebabkan logam cair kaya akan elemen paduan tersebut. Hal tersebut akan menyebabkan turunnya temperatur beku logam cair sehingga pertumbuhan kristal akan terhenti.

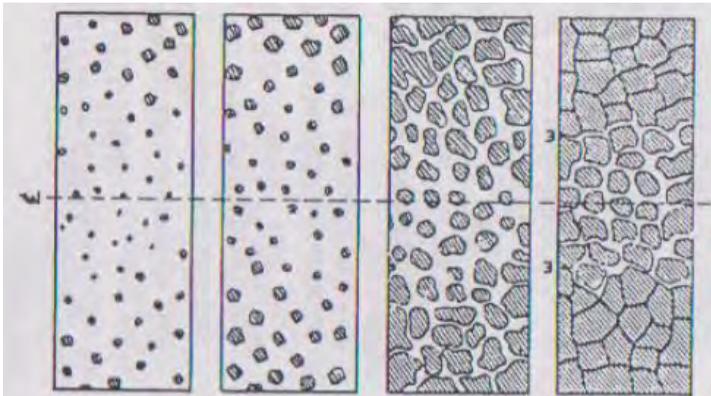


**Gambar 2.7** Pertumbuhan Kristal pada Paduan Tembaga dengan Banyak Element Paduan (AFS, 1965)

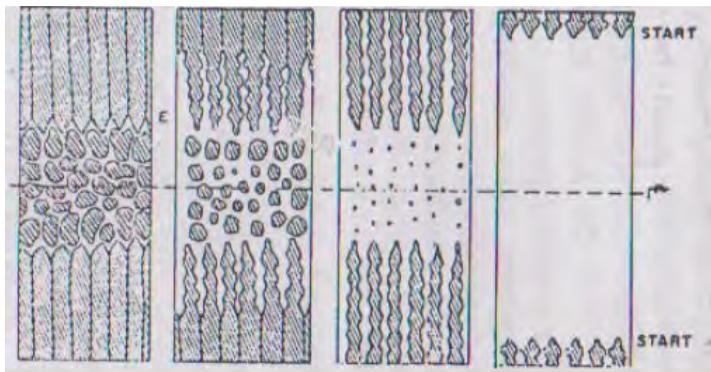
Pengeluaran panas oleh cetakan secara perlahan menurunkan temperatur logam cair, baik logam cair yang dekat dengan dinding cetakan ataupun bagian dalam coran. Turunya temperatur tersebut menyebabkan terjadinya kristalisasi gelombang kedua pada bagian luar yang kaya akan atom elemen paduan seperti pada Gambar 2.7 (AFS, 1965).

Pertumbuhan gelombang kedua sangat terbatas, dan kemudian dilanjutkan dengan pematangan kristal gelombang ketiga yang berlanjut ke arah dalam coran. Pembentukan inti terjadi di luar daerah yang kaya akan elemen paduan. Proses ini berulang

terus menerus hingga inti terbentuk di seluruh volume coran seperti Gambar 2.8. pertumbuhan berlanjut secara bertingkat dan terus membesar secara bersamaan sepanjang coran.



**Gambar 2.8** Tahapan Pertumbuhan Kristal pada Paduan Tembaga dengan Banyak Element Paduan (AFS, 1965)



**Gambar 2.9** Tahapan Pertumbuhan Kristal pada intermediate manner (AFS, 1965)

Pertumbuhan kristal yang terbentuk dekat dengan dinding cetakan akan sedikit lebih cepat, namun perbedaan tersebut tidak dapat ditandai. Proses pembekuan pada paduan ini dapat

dianalogikan seperti semen, diawali dengan material cair, kemudian *mushy* dan akhirnya padat. Dari proses pendinginan tersebut dapat diketahui bahwa makro struktur pada paduan ini akan berbentuk kristal *equi-axed* (AFS, 1965).

Kedua tipe pembekuan yang digambarkan diatas sangatlah berbeda. Dalam kenyataannya tidak ada perpindahan yang signifikan dari *skin formation* ke *mushy manner* seiring dengan meningkatkan kadar paduan. Ini akan menghasilkan kombinasi kedua tipe, baik *skin formation* dan juga *mushy manner* atau disebut dengan *intermediate mode*. Selain dipengaruhi oleh meningkatnya unsur elemen paduan, kondisi solidifikasi juga berpengaruh, seperti laju pendinginan. Paduan dengan komposisi yang sama yang secara normal akan tergolong dalam tipe *skin formation* atau *mushy manner*, dengan adanya laju pendinginan yang sangat cepat akan sama-sama membentuk butir kolumnar dan juga *equi-axed* (AFS, 1965).

Pada pembekuan mode *intermediate*, diawali dengan terbentuknya dendrit yang mengarah ke dalam coran, digambarkan pada Gambar 2.9. Karena logam cair diantara dendrit kaya akan elemen paduan, dendrit tidak akan mampu berhubungan dengan bagian samping hingga seluruh bagian coran hampir membeku. Dendrit tersebut digambarkan pada Gambar 2.9. Terkadang pertumbuhan dendrit mencapai hingga bagian tengah coran sehingga menyebabkan makro struktur seluruhnya berbentuk kolumnar. Butir kolumnar tumbuh hingga tahapan tertentu, yang digambarkan pada Gambar 2.9 dan bagian tengah dari coran akan membeku secara *mushy manner*. Bagian tengah dari coran akan berbentuk *equi-axed* dan bagian luar dari coran akan membentuk kolumnar (AFS, 1965).

## 2.8 Cetakan

Cetakan digunakan untuk membentuk model hasil coran sesuai yang diinginkan. bentuk cetakan biasanya menyesuaikan dengan tujuan pengecoran yang dilakukan. Bahan yang digunakan untuk cetakan disebut "Moulding Material". Rongga cetakan harus bisa

---

mempertahankan bentuknya agar logam cair yang masuk tidak berubah bentuk pada saat dituang. Cetakan dapat dibagi dua , cetakan permanen dan cetakan sementara. contoh cetakan permanen biasa terbuat dari logam *ferrous*, dan besi cor. cetakan yang bersifat sementara biasanya terbuat dari pasir refraktori,plaster,resin,lilin.

Sebagian cetakan menggunakan pasir refraktori karena lebih murah dibanding cetakan permanen yang lebih mahal (banga, 1981).

Sifat Pasir cetakan yang dibutuhkan adalah:

1. Permeabilitas

Logam cair selalu mengandung sejumlah gas yang larut, yang berubah saat logam membeku. Selain itu saat logam cair bersentuhan dengan cetakan akan tercipta uap air. Jika gas dan uap air tersebut tidak dapat keluar dari cetakan maka akan terbentuk lubang gas dan pori pada coran.

Karena itu pasirmya harus cukup berpori agar dapat dilewati oleh gas dan uap air saat logam cair dituang. Pasir yang kasar atau mempunyai butir yang bulat mempunyai permeabilitas yang lebih baik. *Ramming* dan penambahan tanah liat akan menaikkan permeabilitas. Permeabilitas yang tidak memadai akan menyebabkan cacat seperti *surface blows*, *gasholes*, *mould blasting*, dan lain-lain.

2. Plastisitas atau Mampu Alir

Sifat ini mengarah pada kemampuan pasir cetak untuk mendapat bentuk yang ditentukan dibawah tekanan dan mempertahankannya saat tekanan dihilangkan. Untuk mendapat hasil yang baik dari pola yang ada didalam cetakan, plastisitas yang tinggi diperlukan dari pasir cetak.

3. Adhesivitas

Partikel dari pasir cetak harus mampu melekat ke bagian lain. Berarti tepi dari pasir cetak harus dapat saling melekat.

#### 4. Kohesivitas

Kemampuan dari partikel pasir untuk saling melekat disebut “kohesivitas” atau “kekuatan”. Jika tidak mempunyai kemampuan yang cukup, maka akan menyebabkan runtuhnya pasir saat pengangkatan, pembalikan, penutupan, atau penuangan, hal ini dapat hancur atau rusak sebagian.

#### 5. Sifat Refraktori

Kemampuan pasir cetak untuk tahan terhadap temperatur tinggi dari logam cair tanpa terjadi fusi disebut “sifat refraktori”. Pasir cetak yang mempunyai sifat refraktori yang rendah akan terbakar saat pengecoran. Bagaimanapun, pasir silika mempunyai pemuai termal yang tinggi pada 575°C. Jika dibandingkan dengan pengecoran paduan yang mempunyai temperatur lebur yang rendah, sifat refraktori ini lebih esensial untuk pengecoran paduan yang mempunyai temperatur lebur yang tinggi seperti baja.

#### 6. Ketahanan Kimiawi

Pasir cetak tidak boleh bereaksi secara kimiawi dengan logam karena jika pasir bereaksi maka bentuk dari coran akan menyimpang dan rusak.

#### 7. Mampu Hancur

Sifat pasir cetak inilah yang menentukan apakah pasir cetak dapat runtuh secara otomatis saat pemadatan coran dan hancur saat pemukulan dan pembersihan.

#### 8. Kehalusan

Pasir cetak yang lebih halus mencegah terjadinya penetrasi logam, dan memberikan permukaan yang halus pula pada coran. Kehalusan pasir dan permeabilitas pasir saling bertolak belakang. Sehingga keduanya harus seimbang untuk mencapai hasil yang optimal. Kedua sifat ini dapat dijaga dengan menggunakan pelapisan cetakan pada permukaan cetakan yang mempunyai permeabilitas yang tinggi.

9. Koefisien Pemuaian yang Rendah.

Pasir cetak harus mempunyai koefisien pemuaian yang rendah.

10. *Bench Life*

Adalah kemampuan pasir cetak untuk mempertahankan sifatnya selama penyimpanan, penanganan, penggunaan, contohnya pada saat delay.

### **2.8.1 Cetakan Pasir**

Pasir cetak memerlukan sifat-sifat yang memenuhi persyaratan sebagai berikut (Surdia, 2000):

1. Mempunyai sifat mampu bentuk sehingga mudah dalam pembuatan cetakan dengan kekuatan yang cocok. Cetakan yang dihasilkan harus kuat sehingga tidak rusak karena dipindah-pindah dan dapat menahan logam cair waktu dituang kedalamnya. Oleh karena itu kekuatannya pada temperatur kamar dan kekuatan panasnya sangat diperlukan.
2. Permeabilitas yang cocok. Dikuatirkan bahwa hasil coran mempunyai cacat seperti rongga penyusutan, gelembung gas atau kekasaran permukaan, kecuali jika udara atau gas yang terjadi dalam cetakan waktu penuangan disalurkan melalui rongga-rongga diantara butir-butir pasir keluar dari cetakan dengan kecepatan yang cocok.
3. Distribusi besar butir yang cocok. permukaan coran diperhalus kalau coran dibuat dalam cetakan yang berbutir halus. Tetapi kalau butir pasir terlalu halus, gas dicegah keluar dan membuat cacat, yaitu gelembung udara. Distribusi besar butir harus cocok mengingat dua syarat yang disebut diatas.
4. Tahan terhadap temperatur logam yang dituang. Temperatur penuangan yang biasa untuk bermacam-macam coran dinyatakan dalam Tabel 2.4. Butir pasir dan pengikat harus mempunyai derajat tahan api tertentu terhadap temperatur tinggi, kalau logam cair dengan temperatur tinggi ini dituang kedalam cetakan.

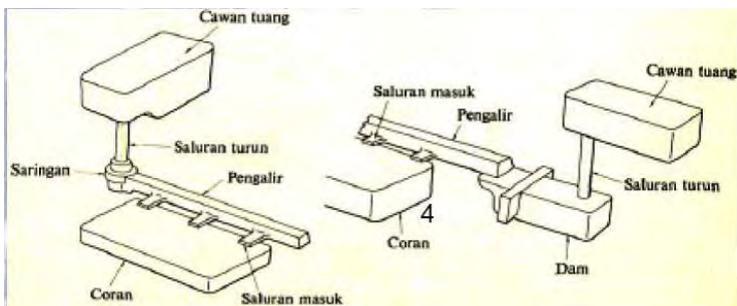
**Tabel 2.4** Temperatur penuangan untuk berbagai coran (Surdia, 2000)

Macam Coran	Temperatur Penuangan (°C)
Paduan Ringan	650 – 750
Brons	1.100 – 1.250
Kuningan	950 – 1.100
Besi Cor	1.250 – 1.450
Baja Cor	1.500 – 1.550

5. komposisi yang cocok. Butir pasir bersentuhan dengan logam yang dituang mengalami peristiwa kimia dan fisika karena logam cair mempunyai temperatur yang tinggi. Bahan-bahan yang tercampur yang mungkin menghasilkan gas atau larut dalam logam adalah tidak dikehendaki.
6. Mampu pakai lagi. Pasir harus dapat dipakai berulang-ulang supaya ekonomis.

### 2.8.2 Sistem Saluran

Sistem saluran adalah jalan masuk bagi cairan logam yang ditungkan ke dalam rongga cetakan. Tiap bagian diberi nama, mulai dari cawan tuang dimana logam cair dituangkan dari ladle, sampai saluran masuk ke dalam rongga cetakan. Bagian tersebut ialah cawan tuang, saluran turun, pengalir, dan saluran masuk seperti dijelaskan pada Gambar 2.10.

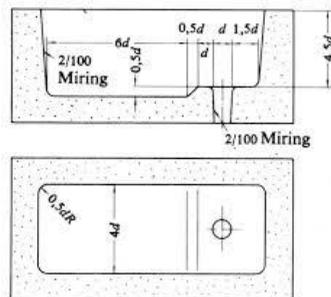


**Gambar 2.10** Sistem Saluran (Surdia, 2000)

Cawan tuang merupakan bagian yang pertama kali menerima cairan logam dari ladle. Saluran turun adalah saluran yang membawa logam cair dari cawan tuang ke pengalir dan saluran masuk. Pengalir adalah saluran yang membawa logam cair dari saluran turun ke bagian-bagian yang sesuai pada cetakan. Saluran masuk adalah saluran yang mengisikan logam cair dari pengalir ke dalam rongga cetakan (Surdia, 2000).

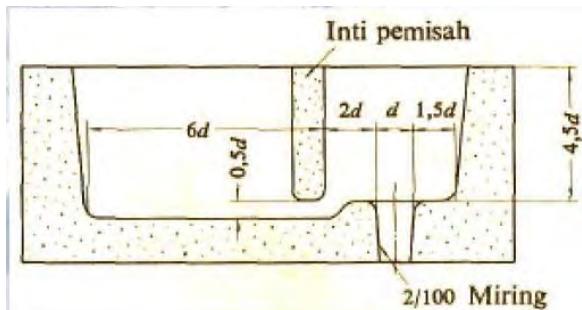
### 2.8.2.1 Cawan Tuang

Cawan tuang biasanya berbentuk corong atau cawan dengan saluran turun di bawahnya. Cawan tuang harus di desain sedemikian rupa agar tidak mengotori logam cair. Oleh sebab itu cawan tuang tidak boleh terlalu dangkal. Jika perbandingan antara tinggi logam cair dalam cawan tuang dan diameter cawan terlalu kecil maka akan terjadi pusaran dan timbulah terak atau kotoran yang terapung dalam permukaan logam cair. Maka dari itu kedalaman cawan tuang dibuat sedalam mungkin seperti Gambar 2.11. Sebaliknya, jika cawan tuang terlalu dalam maka logam cair akan kesulitan untuk masuk dan logam cair yang tersisa dalam cawan tuang terlalu banyak. Maka kedalaman cawan tuang biasanya 5 sampai 6 kali diameternya. Ada cawan tuang yang dilengkapi dengan inti pemisah seperti pada gambar 2.12, dimana logam cair dituangkan disebalah kiri dari saluran turun. Dengan demikian inti pemisah akan menahan terak atau kotoran, sedangkan logam bersih akan lewat dibawahnya kemudian masuk ke dalam saluran turun.



**Gambar 2.11** Cawan Tuang Tanpa Pemisah (Surdia, 2000)

Terkadang penyumbat ditempatkan pada jalan masuk dari saluran turun agar aliran logam cair pada saluran masuk cawan tuang selalu terisi cairan logam (Gambar 2.12). Dengan demikian kotoran atau terak akan terapung ke permukaan dan mencegah untuk masuk ke dalam saluran turun.



**Gambar 2.12** Cawan Tuang dengan Pemisah (Surdia, 2000)

### 2.8.2.2 Saluran Turun

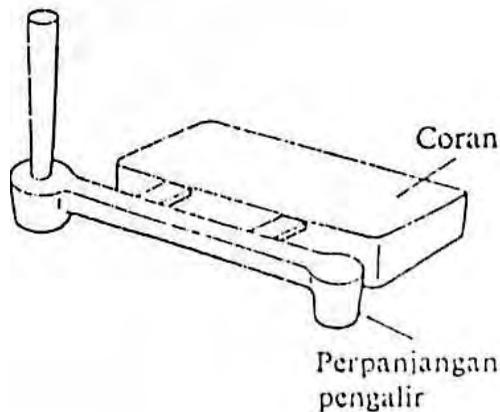
Saluran turun dibuat lurus dan tegak dengan irisan berupa lingkaran. Terkadang irisannya sama dari atas sampai bawah, atau mengecil dari atas ke bawah. Irisan pertama digunakan jika diinginkan pengisian yang cepat dan lancar, sedangkan irisan kedua digunakan jika diinginkan untuk penahanan kotoran sebanyak mungkin. Saluran turun dibuat dengan melubangi cetakan dengan mempergunakan satu batang atau dengan memasang bumbung tahan panas yang dibuat dari samot. Samot ini cocok digunakan untuk membuat saluran turun yang panjang.

### 2.8.2.3 Pengalir

Pengalir biasanya berbentuk seperti trapesium ataupun setengah lingkaran. Besarnya pengalir harus disesuaikan dengan panjangnya untuk mencegah banyaknya logam yang tersisa. Logam cair dalam pengalir masih membawa kotoran yang terapung, sehingga perlu dipertimbangkan untuk membuang

kotoran tersebut. Beberapa cara yang dapat dilakukan untuk menyaring kotoran di dalam pengalir ialah

1. Perpanjangan pemisah dibuat pada ujung saluran pengalir. Logam cair yang pertama masuk akan berkumpul disini bersama kotoran yang terbawa (Gambar 2.13) .



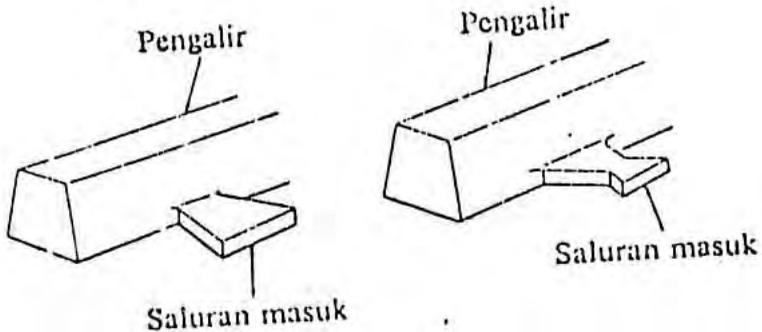
**Gambar 2.13** Perpanjangan Pengalir (Surdia,2000)

2. Membuat kolom putaran pada saluran masuk. Logam cair masuk secara tangensial dan berputar sehingga kotoran berkumpul di tengah.
3. Membuat saluran turun bantu. Logam cair yang pertama masuk bersama kotorannya akan terapung disini. Saluran turun bantu ini ditempatkan ditengah-tengah pengalir.

#### 2.8.2.4 Saluran Masuk

Saluran masuk dibuat dengan irisan yang lebih kecil dari pada irisan pengalir, agar mencegah kotoran masuk kedalam rongga cetakan. Bentuk dari saluran masuk biasanya bujur sangkar,

trapesium ataupun setengah lingkaran yang membesar ke arah rongga cetakan untuk mencegah terkikisnya cetakan (Gambar 2.14).



**Gambar 2.14** Saluran Masuk (Surdia,2000)

### 2.8.3 Pola

Pola perlu dalam pembuatan coran. Pola yang dipergunakan untuk pembuatan cetakan pada benda coran, dapat digolongkan menjadi pola logam dan pola kayu (termasuk pola plastik). Pola logam dipergunakan agar dapat menjaga ketelitian ukuran benda coran, terutama dalam masa produksi, sehingga unsur pola bisa lebih lama dan produktivitasnya lebih tinggi.

Bahan dari pola logam bisa bermacam-macam sesuai dengan penggunaannya. Sebagai contoh, logam tahan panas seperti: besi cor, baja cor, dan paduan tembaga adalah cocok untuk pola pada pembuatan cetakan kulit, sedangkan paduan ringan, adalah mudah diolah dan dipilih untuk pola yang dipergunakan dalam masa produksi dimana pembuatan cetakan dilakukan dengan tangan. Pola kayu dibuat dari kayu, murah, cepat dibuatnya dan mudah diolahnya dibandingkan dengan pola logam. Oleh karena itu pola kayu umumnya dipakai untuk cetakan pasir (Surdia,2000).

#### 2.8.4 Riser

Riser (penambah) merupakan cadangan logam cair pada cetakan yang berfungsi untuk mengimbangi penyusutan (shrinkage) dalam pembekuan coran. Dengan memasang riser, maka daerah yang mengalami solidifikasi awal berada jauh dari sumber logam cair, sehingga shrinkage yang mungkin terjadi berada pada riser itu sendiri. Menurut hukum Chvorinov, riser harus diletakkan pada bagian/daerah yang memiliki rasio volume terhadap luas rendah, karena pada daerah tersebut akan mengalami solidifikasi paling cepat. Dengan menambahkan riser pada daerah tersebut, maka solidifikasi dapat diperlambat sehingga cacat coran akibat terjadinya shrinkage pada benda cor dapat dihindarkan.

#### 2.9 Chill

Pada proses pengecoran, dimungkinkan terdapat 2 bagian yang memiliki ketebalan yang berbeda. Pada bagian yang lebih tipis, cenderung untuk membeku lebih awal dibandingkan dengan yang lainnya. Perbedaan laju pendinginan ini menimbulkan penyusutan yang tidak merata yang mana dapat menyebabkan *internal strain* dalam logam. Jika laju pendinginan yang terjadi pada bagian tertipis berlangsung sangat cepat, dapat menyebabkan *crack*. Untuk mencegah hal tersebut maka dibutuhkan *chill* dalam proses pengecoran

*Chill* adalah benda (terutama logam) yang diletakkan pada bagian cetakan untuk mencegah shrinkage dengan mempercepat pendinginan dan pembekuan dari bagian yang mendapatkan panas paling tinggi sehingga bagian tersebut akan membeku pada waktu yang sama dengan bagian lainnya. Panas tertinggi dapat terjadi pada bagian tebal atau pada bagian-bagian yang mengalami konsentrasi aliran panas yang paling tinggi. Dalam Gambar 2.16 (a) ditunjukkan contoh pemasangan *chill* pada daerah yang mengalami konsentrasi panas tertinggi, sehingga terjadinya cacat akibat shrinkage dapat dihindarkan, sedang dalam Gambar 2.16 (b) dapat dilihat adanya cacat (rongga) akibat pengecoran dilakukan

tanpa pemasangan *chill*. *Chill* secara umum dibagi menjadi 2 tipe, *chill* luar dan *chill* dalam.

### 2.9.1 *Chill* Dalam

Beberapa bentuk dari *chill* dalam ditunjukkan pada Gambar 2.15. *Chill* dalam digunakan seperti pada Gambar 2.15, dimana digunakan untuk mempercepat laju pendinginan pada bagian yang tidak terjangkau oleh *riser*. *Chill* dalam biasanya menggunakan material yang sama dengan logam corannya dan beberapa bagian permukaan akan ikut melebur dan bergabung dengan logam hasil coran. Penggunaan *chill* dalam harus diperhatikan bentuk dan ukurannya, agar *chill* tidak melebur lebih awal. *Chill* dalam biasanya dilapisi dengan timah untuk mencegah terjadinya korosi. Idealnya material *chill* dipanaskan pada temperatur 425°C untuk menghilangkan gas dan dijaga teteap kering. *Chill* dalam jarang digunakan untuk pengecoran logam *nonferrous* karena *chill* akan sulit untuk menyatu dengan logam corannya.



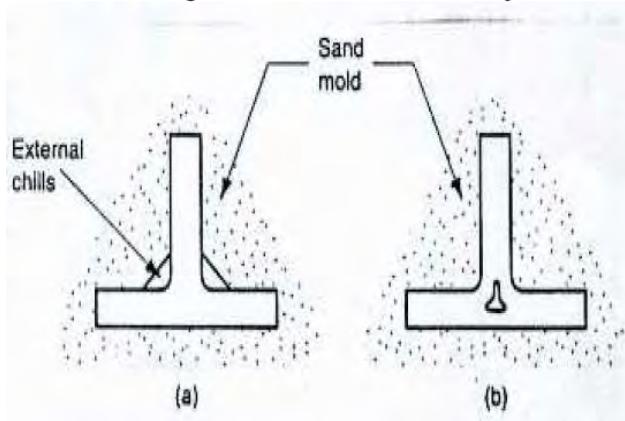
**Gambar 2. 15** *Chill* Dalam

### 2.9.2 *Chill* Luar

*Chill* luar menggunakan material yang berbeda dengan logam corannya karena tidak terjadi reaksi penggabungan antara *chill* dengan coran seperti pada *chill* dalam. *Chill* yang terbuat dari besi dan baja digunakan untuk pengecoran logam berbasis besi sedangkan *chill* yang terbuat dari tembaga dan grafit digunakan untuk pengecoran logam *nonferrous*.

*Chill* luar digunakan untuk mengontrol laju pendinginan dalam daerah kritis. Gambar 2.16 menunjukkan salah satu penempatan *chill* luar. Untuk mencapai performa yang terbaik dari penggunaan *chill* luar, disarankan untuk memiliki teknisi *chill* yang mana bekerja untuk menentukan bentuk, ukuran, dan material *chill*

yang sesuai. Sama halnya dengan *chill* dalam, *chill* luar haruslah bersih dan kering. Grafit merupakan material *chill* yang baik karena konduktivitas grafit 3x lebih besar dari baja.



**Gambar 2.16** Penggunaan Chill

## 2.10 Toleransi Penyusutan

Semua logam yang digunakan dalam pengecoran ukurannya akan mengecil dan menyusut setelah pematatan dan pendinginan di dalam cetakan. Untuk mengimbangi hal ini maka pola dari cetakan harus dibuat lebih besar dari ukuran coran yang sebenarnya, sesuai dengan jumlah yang disebut dengan “pengecilan pembuatan pola”. Pembuatan pola dilengkapi dengan aturan khusus dan skala yang disebut dengan “prinsip pengecilan pembuatan pola”. Dalam menyusun pengukuran dari pola, pembuat pola memperkenankan pengecilan ini dengan menggunakan aturan ini yang sedikit lebih panjang dari aturan yang sama dalam panjang yang sama. Untuk pengecoran logam yang berbeda maka mungkin akan berbeda juga prinsip pengecilannya namun pada umumnya prinsip tersebut digunakan pada setiap sisi, dimana ada 2 skala, jumlah total skalanya adalah 4 untuk logam coran umum, seperti baja, besi cor, kuningan, dan Aluminium. Pembagian pada setiap skala ini ukurannya diletakkan dengan jumlah yang proporsional, contohnya saat membuat pola

untuk besi cor, pembuat pola menggunakan pengukuran prinsip pengecilan sekitar 10 mm tiap 1 meter lebih panjang dari ukuran konvensional karena besi cor menyusut 10 mm tiap 1 meter. Pola asal yang digunakan untuk membuat pola logam memerlukan penghitungan toleransi penyusutan yang ganda (Banga, 1981).

**Tabel 2.5** Toleransi Penyusutan untuk Logam Cor yang Penting  
(Banga, 1981)

No	Logam	Pengechillan (persen)	Pengechillan (mm per meter)
1	Besi Cor Kelabu	0,7 hingga 1,05	7 hingga 10,5
2	Besi Cor Putih	2,1	21
3	Besi Cor Mampu Tempa	1,5	15
4	Baja	2,0	20
5	Kuningan	1,4	14
6	Aluminium	1,8	18
7	Paduan Aluminium	1,3 hingga 1,6	13 hingga 16
8	Tembaga	1,05 hingga 2,1	10,5 hingga 21
9	Magnesium	1,8	18
10	Seng	2,5	24
11	Baja Mangan	2,6	26,5

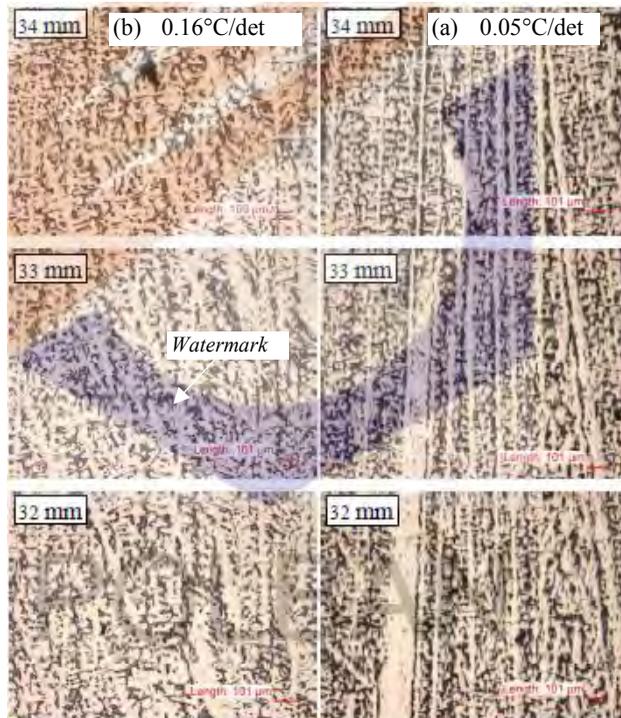
Tabel 2.5 menunjukkan rata-rata jumlah penyusutan yang terjadi pada pengecoran beberapa material. Pengecilan yang sebenarnya pada pengecoran tergantung dari faktor-faktor berikut:

1. Ketebalan dan dimensi pengukuran lain dari coran.
2. Desain dan seluk-beluk dari coran.
3. Ketahanan cetakan untuk menyusut.
4. Bahan cetakan yang dipakai dan kekerasannya.
5. Metode pencetakan yang digunakan
6. Temperatur penuangan logam cair.

## 2.11 Penelitian Sebelumnya

Muhammad (2013) melakukan penelitian mengenai pengaruh gradien temperatur dan laju pendinginan terhadap pembentukan

butir kolumnar pada paduan Al-Si. Gambar 2.17 menunjukkan struktur mikro dari paduan Al-5Si setelah melalui proses pembekuan searah dengan tebal dinding 1mm pada kecepatan pendinginan yang berbeda.



**Gambar 2.17** Pengaruh Kecepatan Pendinginan Terhadap Struktur Mikro Paduan Al-5Si Pada Jarak 32-34mm Dari Pedingin (muhamad, 2013)

Perbedaan kecepatan pendinginan berpengaruh terhadap pertumbuhan lengan dendrit. Pada kecepatan pendinginan 0.05°C/det. kerapatan pertumbuhan dendrit berkurang jika dibandingkan dengan struktur mikro pada kecepatan pendinginan 0.16°C/det yang menunjukkan pertumbuhan dendrit yang lebih

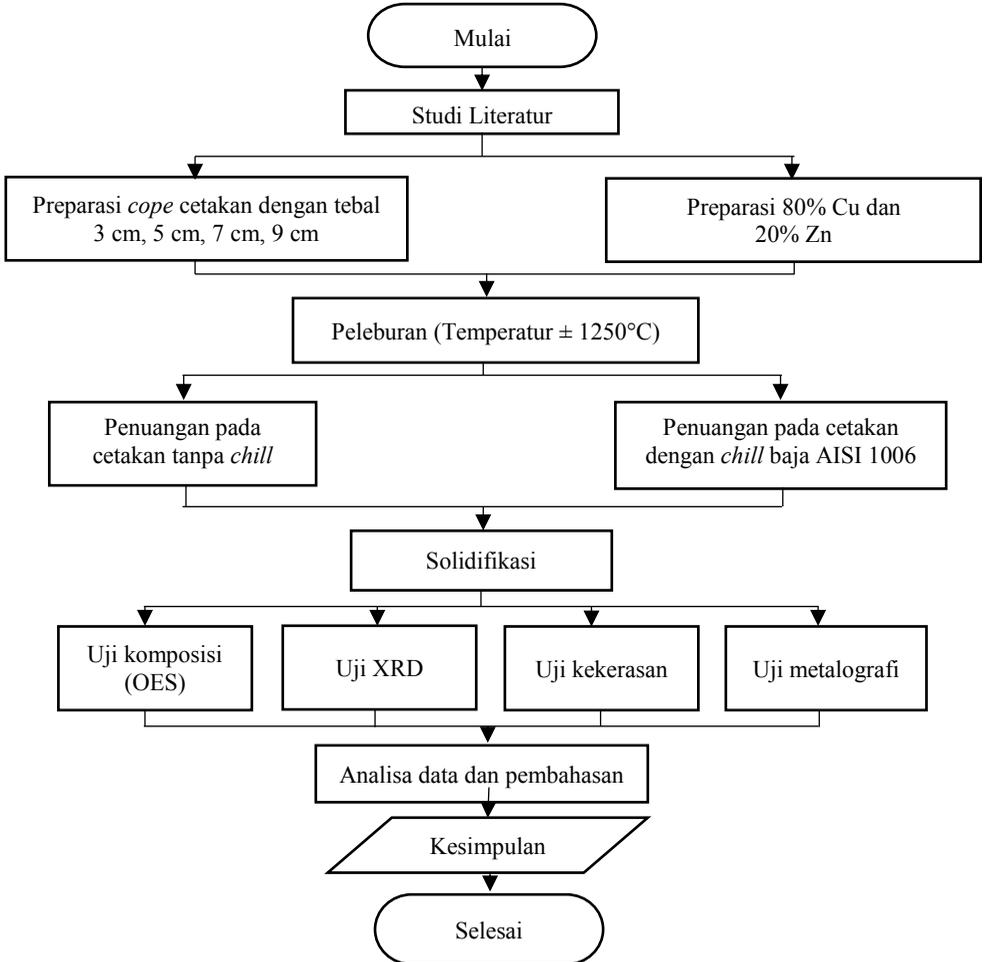
banyak sehingga jarak antara dendrit akan semakin rapat dan semakin terlihat butir bentuk lajur dendrit kolumnar yang memanjang searah dengan laju pendinginan. Gambar 2.18 menunjukkan struktur mikro dari paduan Al-10Si pada posisi yang berbeda dari permukaan kontak antara sampel dengan pendingin. Struktur mikro memperlihatkan perubahan pertumbuhan dendrit dengan adanya perubahan gradien temperatur. Pada gradien temperatur yang rendah dendrit kolumnar yang terbentuk kecil (a) dan halus dengan pertumbuhan dendrit yang rapat. Sementara pada gradien temperatur yang lebih tinggi (b) dan (c) pertumbuhan dendrit terlihat lebih sedikit. Dari penelitian ini menunjukkan bahwa pembentukan butir kolumnar dipengaruhi oleh laju pendinginan selama proses pembekuan. (muhamad, 2013)



**Gambar 2.18** Struktur Mikro Paduan Al-10Si dengan Gradien Temperatur Berbeda (muhamad, 2013)

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Diagram Alir Penelitian



**Gambar 3.1** Diagram alir penelitian

Penelitian ini dilakukan mengikuti diagram alir sesuai Gambar 3.1. Penelitian ini dimulai dengan persiapan alat dan bahan. Setelah itu dilanjutkan dengan merancang cetakan dengan variasi ketebalan *cope* 3 cm, 5 cm, 7 cm, dan 9 cm. Selanjutnya, logam dilebur pada temperatur 1250 °C. Logam cair dituang kedalam cetakan dengan penambahan *chill* dan tanpa penambahan *chill*. *Chill* menggunakan baja AISI 1006. *Thermocouple* digunakan untuk membaca turunnya temperatur. Setelah dingin coran dibongkar dan dilakukan pengujian OES, XRD, kekerasan, dan metalografi. Setelah itu hasil pengujian dianalisa dan ditarik kesimpulan

### **3.2 Bahan dan Peralatan Penelitian**

#### **3.2.1 Bahan Penelitian**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Tembaga ingot dengan kadar 99.9%



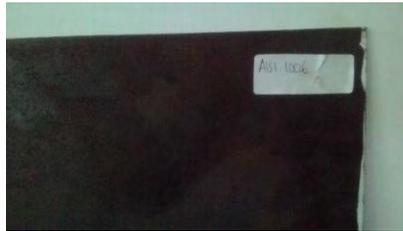
**Gambar 3.2** Tembaga Ingot

2. Seng ingot 99,7 %.



**Gambar 3.3** Seng Ingot

### 3. Baja AISI 1006



**Gambar 3.4** Baja AISI 1006

### 4. Pasir Silika ( $\text{SiO}_2$ )

Ukuran butir :  $100\ \mu\text{m} - 200\ \mu\text{m}$  (140 - 70 mesh)



**Gambar 3.5** Pasir Silika

### 5. Calcium Bentonit

Ukuran butir :  $20\ \mu\text{m} - 100\ \mu\text{m}$  (400 - 200 mesh)



**Gambar 3.6** Calcium Betonit

## 6. LPG



**Gambar 3.7** LPG

### 3.2.2 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

#### 1. *Burner*

Digunakan untuk melebur paduan Cu-Zn yang memanfaatkan LPG sebagai bahan pembakaran. Temperatur pemanasan *burner* dapat mencapai 1500°C.



**Gambar 3.8** *Burner*

#### 2. *Krus*

*Krus* digunakan sebagai wadah tembaga dan seng dalam proses peleburan, ditunjukkan pada Gambar 3.9



**Gambar 3.9** Krus

3. Timbangan

Digunakan untuk menimbang massa bahan, ditunjukkan pada Gambar 3.10



**Gambar 3.10** Timbangan Digital

4. Kikir

Digunakan untuk meratakan permukaan spesimen, ditunjukkan pada gambar 3.11



**Gambar 3.11** Kikir

#### 5. Kertas Amplas

Digunakan untuk grinding spesimen. Grade yang digunakan yaitu dari 80, 100, 150, 320, 500, 800, 1000, 1200, 1500, 2000.

#### 6. Gergaji Tangan

Digunakan untuk memotong bahan, ditunjukkan pada Gambar 3.12



**Gambar 3.12** Gergaji Tangan

#### 7. Gergaji Mesin

Gergaji mesin digunakan untuk memotong bahan, ditunjukkan pada Gambar 3.13



**Gambar 3.13** Gergaji Mesin

#### 8. Pengaduk

Digunakan untuk mengaduk paduan cair. Dibuat dengan baja tulangan.

#### 9. *Flash*

Digunakan untuk mempertahankan bentuk cetakan pasir, ditunjukkan pada Gambar 3.14



**Gambar 3.14** *Flash*

11. *Thermocouple* tipe K

Digunakan untuk mengukur temperatur hingga 1200°C.

12. Mesin Uji Kekerasan

Digunakan untuk menguji kekerasan spesimen. Metode yang digunakan adalah uji kekerasan brinell.

13. Mikroskop Optik

Digunakan untuk melihat struktur spesimen dalam skala mikro.

14. Mesin *Grinding & Polishing*

Digunakan untuk mengikis permukaan spesimen agar rata dan halus.



**Gambar 3.15** Gerinda Tangan

### 15. Mesin OES

Digunakan untuk mengetahui komposisi kimia spesimen.

### 16. Mesin XRD

Digunakan untuk mengetahui senyawa dan fasa.

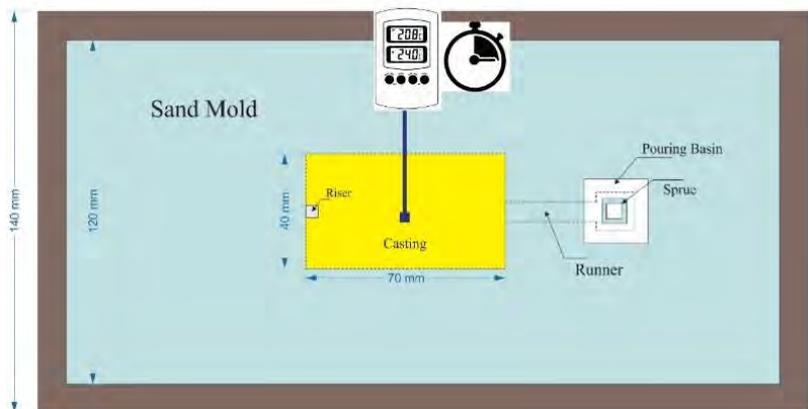
## 3.3 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah variasi ketebalan dinding cetakan (3 cm, 5 cm, 7 cm, dan 9 cm) dan penambahan *chill* baja AISI 1006.

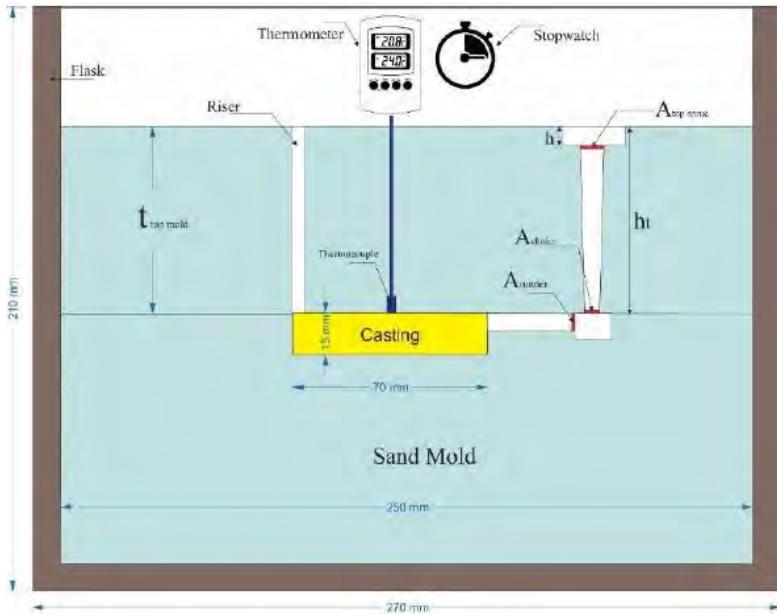
## 3.4 Pelaksanaan Penelitian

### 3.4.1 Rancangan Cetakan Pasir

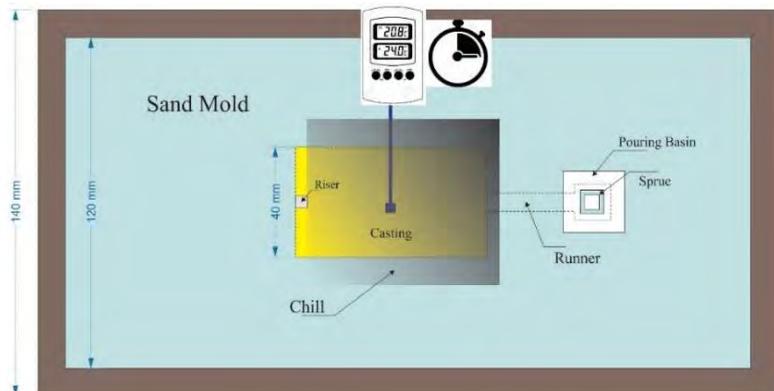
Pada penelitian ini jenis saluran yang digunakan ialah *Top Gating System*. Berikut merupakan rancangan pasir yang digunakan :



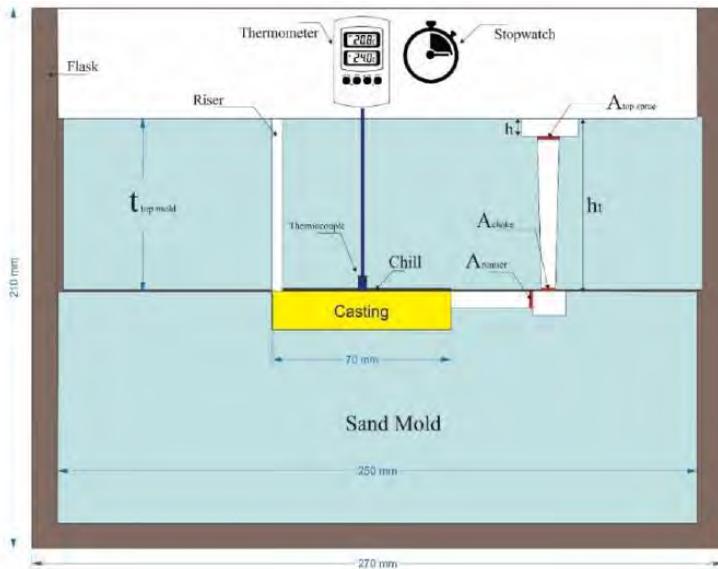
**Gambar 3.16** Rancangan Cetakan Pasir Tanpa *Chill* (Tampak Atas)



**Gambar 3.17** Rancangan Cetakan Tanpa *Chill* (Tampak Samping)



**Gambar 3.18** Rancangan Cetakan Dengan *Chill* (Tampak Atas)

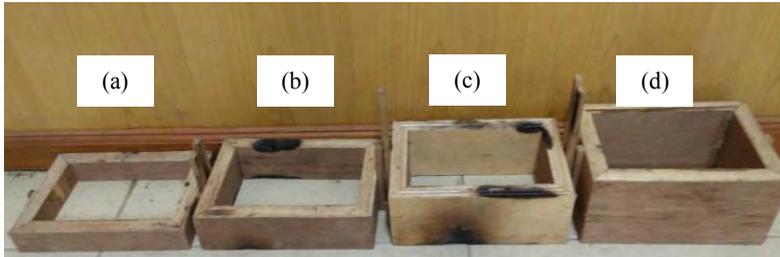


**Gambar 3.19** Rancangan Cetakan Dengan *Chill* (Tampak Samping)

### 3.4.2 Preparasi Cetakan

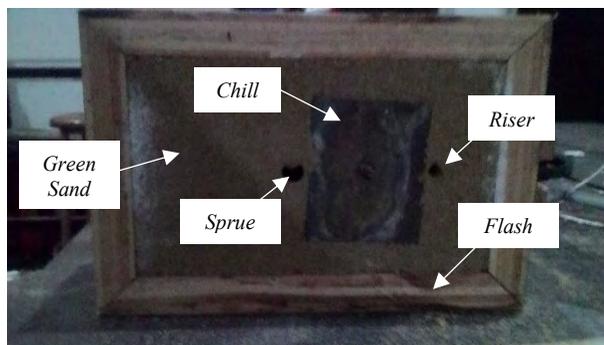
Cetakan yang digunakan dalam penelitian terbuat dari pasir silika dan *bentonite* sebagai perekat.

1. Menyiapkan pasir silika, *bentonite*, dan air
2. Menimbang pasir silika dan *bentonite* dengan komposisi 91% pasir silika dan 9% *bentonite*
3. Memasukan pasir silika dan *bentonite* ke dalam wadah dan mengaduknya secara merata dengan menambahkan air secara bertahap
4. Menyiapkan *flash*, pola saluran masuk, pola benda, dan pola *riser*.
5. Membuat cetakan sesuai dengan Gambar 3.16 dan 3.17 untuk cetakan tanpa *chill*.
6. Membuat cetakan sesuai Gambar 3.18 dan 3.19 untuk cetakan dengan *chill*.



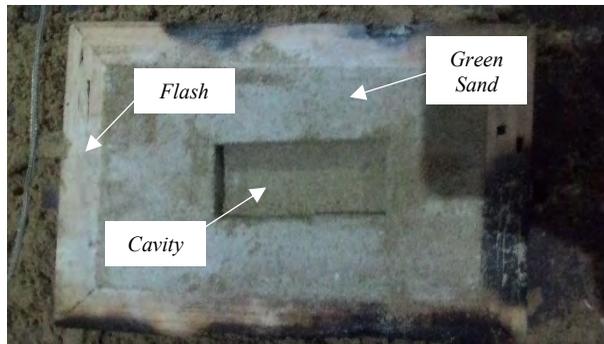
**Gambar 3.20** Variasi Tebal *Cope* Cetakan Pasir (a) 3 cm; (b) 5 cm; (c) 7 cm; (d) 9cm

Gambar 3.20 menunjukkan cetakan bagian atas (*cope*) yang akan digunakan dalam pengecoran paduan Cu-Zn. Variasi tebal *cope* yang digunakan ialah 3 cm, 5 cm, 7 cm, dan 9 cm. Setiap variasi ketebalan dibagi menjadi 2, cetakan dengan *chill* dan tanpa *chill*.

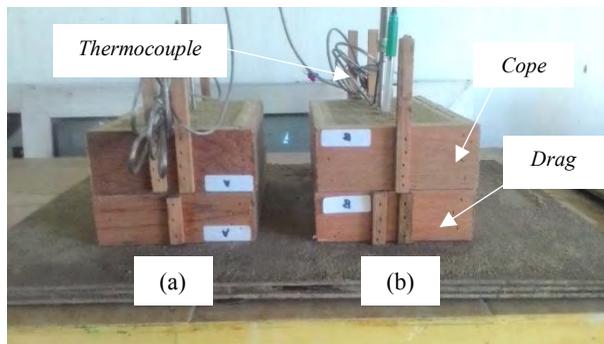


**Gambar 3.21** Cetakan Pasir Bagian Atas (*Cope*)

Gambar 3.21 menunjukkan bagian *cope* dari cetakan. Pada bagian *cope* terdapat saluran masuk (*sprue*), *chill*, dan *riser*. Cetakan menggunakan *top gating system* sehingga rongga cetak (*cavity*) terletak pada cetakan bagian bawah (*drag*) ditunjukkan pada Gambar 3.22.



**Gambar 3.22** Cetakan Pasir Bagian Bawah (*Drag*)



**Gambar 3.23** Cetakan Pasir (a) Tanpa *Chill*; (b) Dengan *Chill*

Gambar 3.23 menunjukkan cetakan pasir yang telah siap digunakan. Setiap cetakan pasir ditenamkan sebuah *thermocouple* K sebagai sensor dalam membaca pola pendinginan selama proses pengecoran. Data akan diamati dengan menggunakan perangkat (*compact rio*) dan *software viewlab*.

### 3.4.3 Preparasi *Burner*

*Burner* digunakan untuk meleburkan tembaga dan seng. *Burner* terbuat dari tabung yang dikelilingi oleh batu tahan api. Berikut merupakan preparasi *burner* sebelum proses peleburan :

1. Menyiapkan tabung *burner*, LPG, *blower* udara, dan pipa stainless steel
2. Membersihkan *burner* dari pengotor
3. Merakit alat dan bahan tersebut seperti pada Gambar 3.24



**Gambar 3.24** Skema *Burner*

#### **3.4.4 Pengecoran Spesimen**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah 80% tembaga yang kemudian ditambahkan dengan 20% seng. Berikut merupakan langkah dalam pengecoran spesimen :

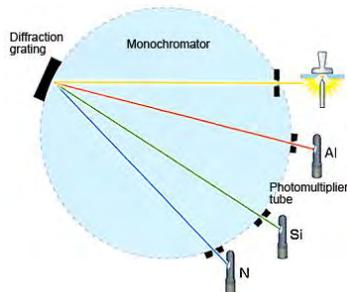
1. Menimbang tembaga dan seng dengan menggunakan neraca digital. Dengan komposisi 80% tembaga dan 20% seng.
2. Memasukan bahan kedalam krusibel

3. Memasukkan krusibel ke dalam furnace dan memanaskan hingga temperatur 1250 °C selama 25-30 menit
4. Membuka *furnace* dan mengaduk paduan cair dengan menggunakan pengaduk selama beberapa saat.
5. Menuangkan logam cair ke dalam cetakan.
6. Mengeluarkan paduan yang telah padat dari dalam cetakan.
7. Memotong spesimen untuk dilakukan pengujian

### 3.5 Proses Pengujian

#### 3.5.1 Pengujian Komposisi (OES)

Pengujian komposisi paduan Cu-Zn dilakukan dengan menggunakan *Optical Emission Spectroscopy* (OES). OES adalah pengujian yang melibatkan dan menerapkan energy listrik dalam bentuk percikan yang dihasilkan antara elektroda dan sampel logam, dimana atom menguap dibawa ke keadaan energy tinggi yang disebut *discharge plasma*. Atom-atom yang tereksitasi dan *discharge* plasma membuat spektrum emisi yang unik dan khusus untuk setiap elemen. Dengan demikian satu elemen menghasilkan banyak emisi karakteristik garis spektrum.



**Gambar 3.25** Skema OES

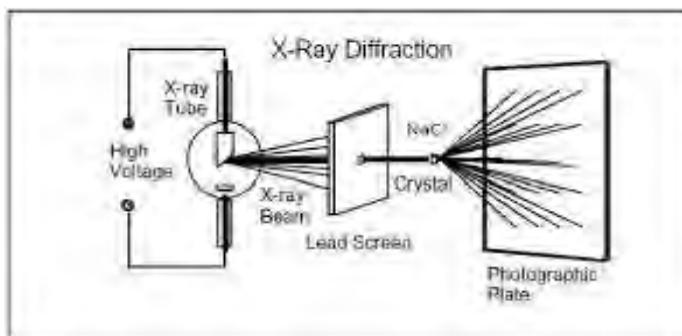
Oleh karena itu, cahaya yang dihasilkan oleh pancaran elektron dapat dikatakan koleksi dari garis spektrum yang dihasilkan oleh unsur-unsur dalam sampel. Cahaya ini dibagi oleh 35 kisi difraksi untuk mendapatkan spektrum emisi dari target

sampel. Intensitas dari setiap spektrum emisi bergantung pada konsentrasi elemen di dalam sampel. Detektor menghitung seberapa banyak spektrum yang didapatkan dari setiap elemen dan intensitas dari setiap spektrum untuk melakukan analisis kualitatif dan kuantitatif elemen.

Sampel diambil dari hasil coran paduan Cu-Zn. Dari hasil pengujian ini akan didapatkan komposisi tiap unsur yang terkandung dalam hasil coran paduan Cu-Zn. Komposisi yang didapatkan dianalisa untuk melihat besar prosentase Cu dan Zn yang terkandung di dalam hasil pengecoran paduan Cu-Zn.

### 3.5.2 Pengujian XRD

Difraksi sinar X (X-ray Diffractometer), atau yang sering dikenal dengan XRD, adalah merupakan instrumen yang digunakan untuk mengidentifikasi material kristalit maupun non-kristalit, sebagai contoh identifikasi struktur kristali (kualitatif) dan fasa (kuantitatif) dalam suatu bahan dengan memanfaatkan radiasi gelombang elektromagnetik sinar X. Dengan kata lain, teknik ini digunakan untuk mengidentifikasi fasa kristalin dalam material dengan cara menentukan parameter struktur kisi serta untuk mendapatkan ukuran partikel



**Gambar 3.26** Prinsip Kerja XRD

Prinsip kerja XRD adalah Sinar-X dihasilkan di suatu tabung sinar katode dengan pemanasan kawat pijar untuk menghasilkan elektron-elektron, kemudian elektron-elektron tersebut dipercepat terhadap suatu target dengan memberikan suatu voltase, dan menembak target dengan elektron. Ketika elektron-elektron mempunyai energi yang cukup untuk mengeluarkan elektron-elektron dalam target, karakteristik spektrum sinar-X dihasilkan. Spektrum ini terdiri atas beberapa komponen-komponen, yang paling umum adalah  $K\alpha$  dan  $K\beta$ .  $K\alpha$  berisi, pada sebagian, dari  $K\alpha_1$  dan  $K\alpha_2$ .  $K\alpha_1$  mempunyai panjang gelombang sedikit lebih pendek dan dua kali lebih besar intensitasnya dari  $K\alpha_2$ . Panjang gelombang yang spesifik merupakan karakteristik dari bahan target (Cu, Fe, Mo, Cr). Disaring, oleh kertas perak atau kristal monochrometers, yang akan menghasilkan sinar X monokromatik yang diperlukan untuk difraksi.

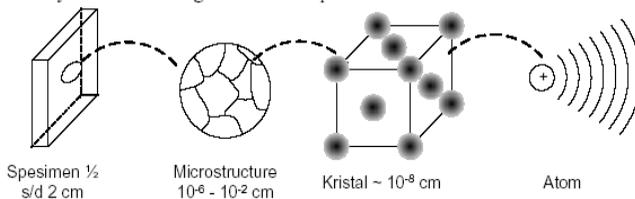


**Gambar 3.27** Mesin XRD

Pengujian XRD ini dilakukan untuk mengetahui fasa yang terbentuk pada hasil pengecoran paduan Cu-Zn. Pengujian XRD dilakukan pada rentang  $2\theta$  sebesar  $10^\circ$  hingga  $80^\circ$ . Rentang tersebut didasarkan pada peak Cu- $\alpha$  yang berada pada  $2\theta$  43.298, 50.434, dan 74.133 (PDF 01-085-1326)

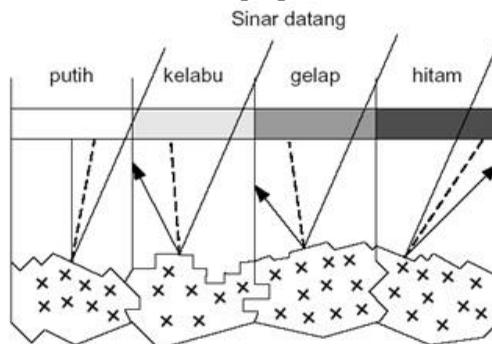
### 3.5.3 Pengujian Metalografi

Metalografi adalah suatu metode untuk menyelidiki struktur logam dengan menggunakan mikroskop optik dan mikroskop elektron. Struktur atau gambar logam yang terlihat melalui pengamatan dengan mikroskop disebut mikrostruktur. Pada gambar ini terlihat daerah lingkup ukuran mikro struktur logam yang umumnya diamati dengan mikroskop.



**Gambar 3.28** Daerah lingkup ukuran mikro struktur

Penyelidikan mikro struktur tersebut berkisar antara  $10^{-6}$  cm (batas kemampuan elektron mikroskop hingga  $10^{-2}$  cm batas atas kemampuan mata manusia). Meskipun daerah lingkup pengamatan metallography ini mencakup suatu daerah yang luas ( $10^{-6} - 10^{-2}$  cm) namun demikian obyek pengamatan yang biasanya digunakan yaitu  $10^{-5}$  cm atau order pembesaran 5.000 – 30.000 kali untuk mikroskop elektron dan  $10^{-3}$  cm atau order pembesaran 100 – 1000 kali untuk mikroskop optis.



**Gambar 3.29** Alur sinar pada pengamatan metalografi

Pengamatan Metalografi didasarkan pada perbedaan intensitas sinar pantul permukaan logam yang masuk kedalam mikroskop sehingga terjadi gambar yang berbeda (gelap, agak terang, terang). Apabila terhadap permukaan logam yang telah dihaluskan (polish) kemudian di etsa dengan larutan kimia, maka permukaan logam tersebut akan dilarutkan.

Struktur mikro yang berbeda akan dilarutkan dengan kecepatan yang berbeda sehingga meninggalkan bekas permukaan dengan orientasi sudut yang berbeda pula. Dengan demikian apabila seberkas sinar dikenakan pada permukaan logam yang telah di uji maka sinar tersebut akan dipantulkan sesuai dengan orientasi sudut permukaan bidang yang terkena.



**Gambar 3.30** Mikroskop Optik (BX51M-RF)

Pengujian metalografi dilakukan kepada delapan spesimen hasil pengecoran dengan variasi cetakan yang berbeda. Preparasi sampel dilakukan dengan memotong logam hasil pengecoran yang mencakup bagian atas hingga bawah, kemudian dihaluskan dengan menggunakan kertas amplas hingga mencapai *grade* 2000. Larutan etsa yang digunakan berupa 0.5 gram  $\text{Fe}_3\text{Cl}$ ,

1 ml HCl, dan 10 ml H<sub>2</sub>O. Waktu yang dibutuhkan untuk proses etsa selama 6 menit. Pengujian metalografi ini bertujuan untuk melihat butir yang terbentuk dari hasil pengecoran paduan Cu-Zn. Selain itu dari hasil pengujian metalografi dapat diidentifikasi fasa Cu- $\alpha$  yang terbentuk pada paduan Cu-Zn.

### 3.5.4 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan yang dilakukan adalah pengujian kekerasan dengan metode Brinell. Pengujian kekerasan Brinell mempunyai cakupan yang luas sehingga dapat digunakan untuk material yang sangat lunak maupun material yang sangat keras. Pengujian kekerasan brinell dilakukan sesuai dengan standar ASTM E10. Diameter indenter yang digunakan sebesar 2,5 mm. Dengan pembebanan sebesar 62,5 kgf. Indentasi dilakukan selama 10 detik.



**Gambar 3.31** *Universal Hardness Tester*

Pengambilan data dilakukan sebanyak 5 kali. Pengambilan data dilakukan secara merata pada bagian spesimen. Dari hasil

pengujian akan didapatkan nilai kekerasan dari hasil pengecoran paduan Cu-Zn pada variasi cetakan yang berbeda.

### 3.6. Rancangan Penelitian

Untuk memperoleh data yang sistematis, maka dari penelitian ini akan dibuat rancangan seperti pada Tabel 3.2.

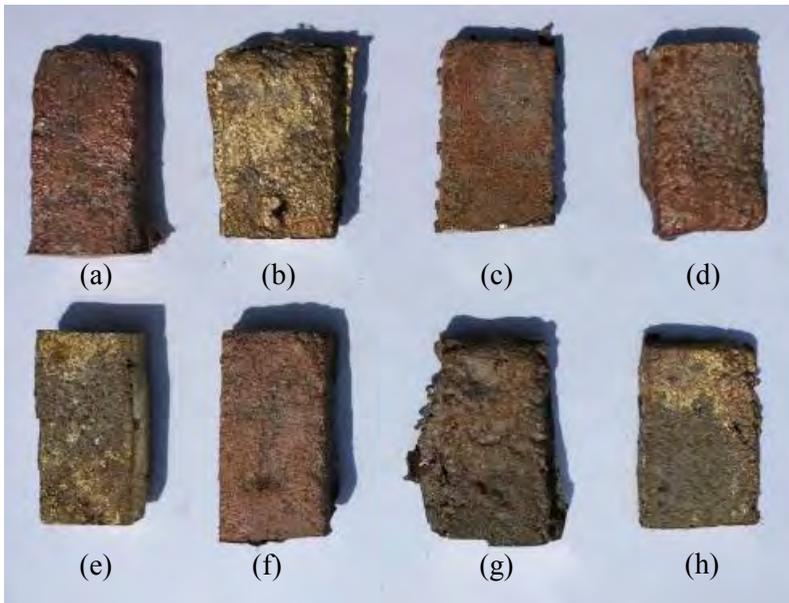
**Tabel 3.1 Rancangan Penelitian**

Cetakan Tanpa <i>Chill</i>		Pengujian			
Tebal Dinding Cetakan	Material	Uji OES	Uji XRD	Uji Kekerasan	Uji Metalografi
3 Cm	Cu-Zn	v	v	v	v
5 Cm	Cu-Zn		v	v	v
7 Cm	Cu-Zn		v	v	v
9 Cm	Cu-Zn		v	v	v
Cetakan Dengan <i>Chill</i> AISI 1006		Pengujian			
Tebal Dinding Cetakan	Material	Uji OES	Uji XRD	Uji Kekerasan	Uji Metalografi
3 Cm	Cu-Zn		v	v	v
5 Cm	Cu-Zn		v	v	v
7 Cm	Cu-Zn		v	v	v
9 Cm	Cu-Zn		v	v	v

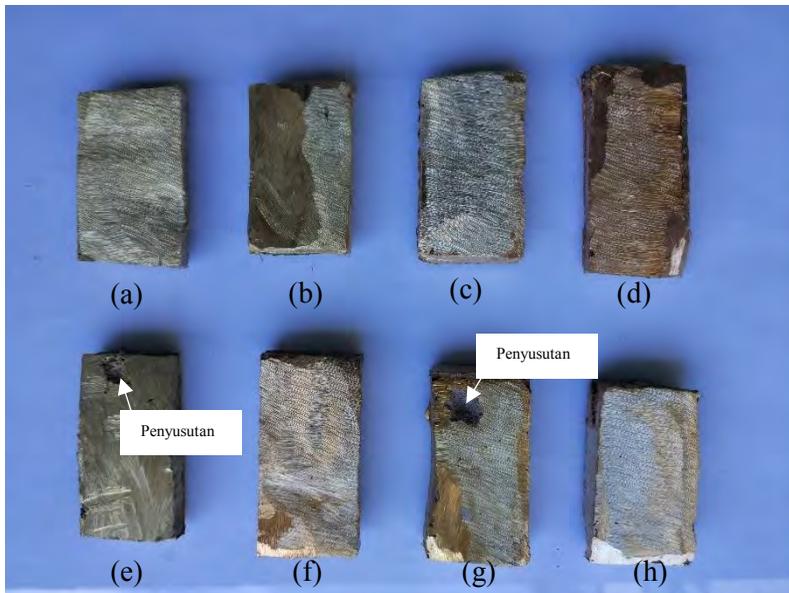
## BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Pengecoran Paduan Cu-Zn

Gambar 4.1 menunjukkan hasil pengecoran paduan Cu-Zn yang berbentuk balok dengan ukuran 1 cm x 3 cm x 5 cm. Pada permukaan hasil pengecoran terdapat pengotor berupa pasir yang berasal dari cetakan. Pasir yang terdapat pada permukaan coran dihilangkan dengan gerinda sehingga terlihat bersih seperti pada Gambar 4.2.



**Gambar 4.1** Hasil Pengecoran Paduan Cu-Zn pada Setiap Variasi Ketebalan Cope (a) 3 Cm Tanpa *Chill*; (b) 5 Cm Tanpa *Chill*; (c) 7 Cm Tanpa *Chill*; (d) 9 Cm Tanpa *Chill*; (e) 3 Cm Dengan *Chill*; (f) 5 Cm Dengan *Chill*; (g) 7 Cm Dengan *Chill*; (h) 9 Cm Dengan *Chill*.



**Gambar 4.2** Hasil Pengecoran Paduan Cu-Zn pada Setiap Variasi Ketebalan *Cope* Setelah Proses *Grinding* (a) 3 Cm Tanpa *Chill*; (b) 5 Cm Tanpa *Chill*; (c) 7 Cm Tanpa *Chill*; (d) 9 Cm Tanpa *Chill*; (e) 3 Cm Dengan *Chill*; (f) 5 Cm Dengan *Chill*; (g) 7 Cm Dengan *Chill*; (h) 9 Cm Dengan *Chill*.

Gambar 4.2 menunjukkan paduan Cu-Zn yang terbentuk secara sempurna. Hal ini diindikasikan dengan terbentuknya warna kuning yang merata. Terdapat penyusutan pada hasil pengecoran dalam *cope* cetakan 3 cm dan 7 cm dengan *chill*.

#### 4.2 Komposisi Paduan Cu-Zn

Komposisi material bahan yang akan dilebur ditentukan dari beberapa percobaan awal (*trial*). Dari hasil percobaan awal, untuk mendapatkan komposisi 17% Zn membutuhkan komposisi material bahan sebesar 80% Cu dan 20%Zn. Waktu peleburan yang

dibutuhkan selama 25-30 menit pada temperatur penuangan 1.250°C.

Setiap 8 sampel yang dilebur dengan menggunakan komposisi yang sama. Salah satu sampel kemudian dilakukan pengujian komposisi dengan menggunakan *Optical Emission Spectroscopy*. Hasil pengujian komposisi ditunjukkan pada Tabel 4.1.

**Tabel 4.1** Hasil Pengujian OES

<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>Pb</b>	<b>Sn</b>	<b>P</b>	<b>Mn</b>	<b>Fe</b>	<b>Ni</b>
82.3	17.4	0.0075	0.0069	0.0011	0.0004	0.0262	0.0185
<b>Si</b>	<b>Mg</b>	<b>Cr</b>	<b>Al</b>	<b>S</b>	<b>As</b>	<b>Be</b>	<b>Ag</b>
0.0002	0.0009	0.0043	0.0453	0.0001	0.0015	0.0001	0.0018
<b>Co</b>	<b>Bi</b>	<b>Cd</b>	<b>Sb</b>	<b>Zr</b>	<b>B</b>	<b>Se</b>	<b>Te</b>
0.001	0.0002	0.0013	0.0064	0.0007	0.0009	0.0004	0.0063
<b>Ti</b>	<b>C</b>	<b>Nb</b>					
0.0001	0.05	0.0039					

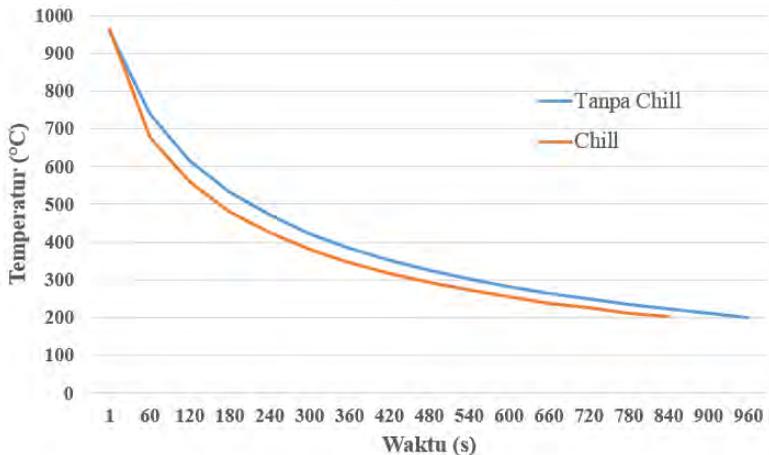
Tabel 4.1 menunjukkan terdapat 82.3% unsur Cu, 17.4 % unsur Zn dan 0.3% sisanya adalah pengotor. Prosentase Cu dan Zn hasil coran berbeda dengan prosentase pada awal material bahan dimasukan. Penurunan kadar Zn ini dikarenakan titik didih Zn (910°C) yang berada di bawah titik lebur Cu (1050°C) sehingga dimungkinkan terjadinya proses penguapan pada Zn sebelum paduan Cu-Zn larut sempurna. Temperatur penuangan dibuat 200°C lebih tinggi dari titik lebur Cu untuk meningkatkan kemampuan alir logam cair saat akan dituangkan kedalam cetakan.

### 4.3 Pola Pendinginan Paduan Cu-Zn

Proses pengecoran pada penelitian ini, menggunakan 8 cetakan yang berbeda. Tebal *cope* divariasikan mulai dari 3 cm, 5

cm, 7cm, dan 9 cm. Setiap variasi ketebalan dibedakan menjadi 2 , cetakan dengan menggunakan *chill* dan tanpa menggunakan *chill*. Total terdapat 8 cetakan yang berbeda. Setiap cetakan dipasang *thermocouple*. *Thermocouple* disambungkan ke dalam perangkat (*Compact Rio*) yang berfungsi untuk mengamati penurunan temperatur selama proses pendinginan.

#### 4.2.1 Pola Pendinginan Pada *Cope* 3 Cm

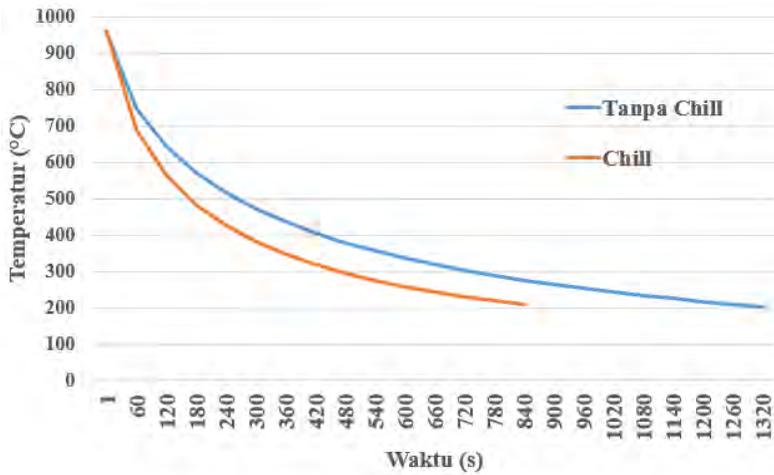


**Gambar 4.3** Pola Pendinginan Paduan Cu-Zn pada Cetakan Dengan *Cope* 3 Cm

Gambar 4.3 menunjukkan perbandingan pola pendinginan hasil pengecoran pada *cope* 3 cm dengan *chill* dan tanpa *chill*. Kurva berwarna biru menunjukkan pola pendinginan paduan Cu-Zn tanpa menggunakan *chill*. Waktu pendinginan untuk mencapai temperatur 200°C adalah 16 menit dan 5 detik. Kurva berwarna merah menunjukkan pola pendinginan paduan Cu-Zn dengan menggunakan *chill*. Waktu pendinginan untuk mencapai temperatur 200°C adalah 14 menit dan 12 detik. Perbandingan kedua kurva pada Gambar 4.3 menunjukkan pola pendinginan pada

*cope* 3 cm dengan penambahan *chill* memiliki waktu yang lebih cepat.

#### 4.2.2 Pola Pendinginan Pada *Cope* 5 Cm



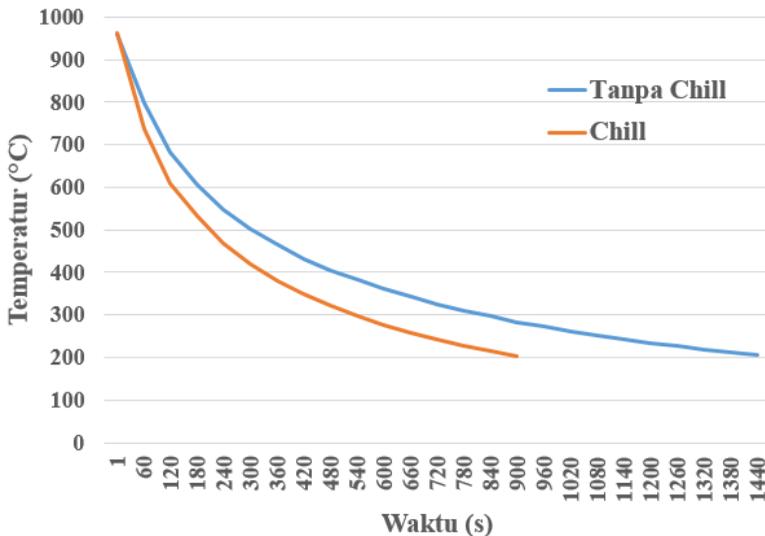
**Gambar 4.4** Pola Pendinginan Paduan Cu-Zn pada Cetakan Dengan *Cope* 5 Cm

Gambar 4.4 menunjukkan perbandingan pola pendinginan hasil pengecoran pada tebal *cope* 5 cm dengan *chill* dan tanpa *chill*. Kurva berwarna biru menunjukkan pola pendinginan paduan Cu-Zn tanpa menggunakan *chill*. Waktu pendinginan untuk mencapai temperatur 200°C adalah 22 menit dan 27 detik. Kurva berwarna merah menunjukkan pola pendinginan paduan Cu-Zn dengan menggunakan *chill*. Waktu pendinginan untuk mencapai temperatur 200°C adalah 14 menit dan 48 detik. Perbandingan kedua kurva pada Gambar 4.4 menunjukkan pola pendinginan pada *cope* 5 cm dengan penambahan *chill* memiliki waktu yang lebih cepat.

#### 4.2.3 Pola Pendinginan Pada *Cope* 7 Cm

Gambar 4.5 menunjukkan perbandingan pola pendinginan hasil pengecoran pada tebal *cope* 7 cm dengan *chill* dan tanpa *chill*.

Kurva berwarna biru menunjukkan pola pendinginan paduan Cu-Zn tanpa menggunakan *chill*. Waktu pendinginan untuk mencapai temperatur 200°C adalah 24 menit dan 49 detik.



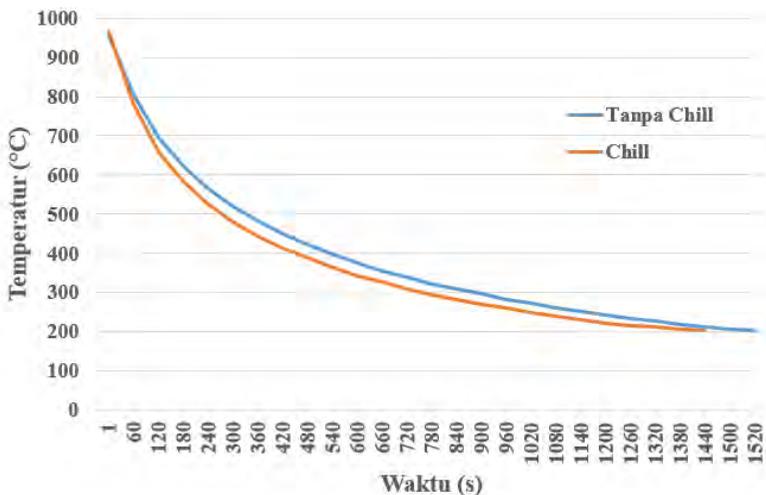
**Gambar 4.5** Pola Pendinginan Paduan Cu-Zn pada Cetakan Dengan *Cope* 7 Cm

Kurva berwarna merah menunjukkan pola pendinginan paduan Cu-Zn dengan menggunakan *chill*. Waktu pendinginan untuk mencapai temperatur 200°C adalah 15 menit dan 13 detik. Perbandingan kedua kurva pada Gambar 4.5 menunjukkan pola pendinginan pada *cope* 7 cm dengan penambahan *chill* memiliki waktu yang lebih cepat.

#### 4.2.4 Pola Pendinginan Pada *Cope* 9 Cm

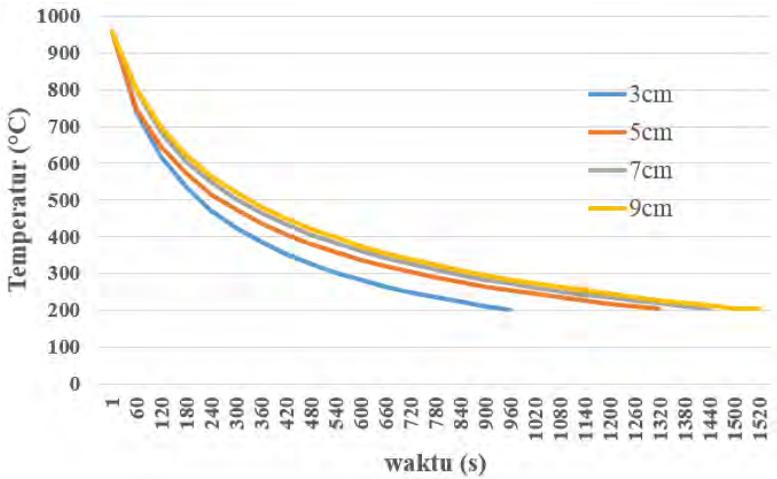
Gambar 4.6 menunjukkan perbandingan pola pendinginan hasil pengecoran pada *cope* 9 cm dengan *chill* dan tanpa *chill*. Kurva berwarna biru menunjukkan pola pendinginan paduan Cu-Zn tanpa menggunakan *chill*. Waktu pendinginan untuk mencapai

temperatur 200°C adalah 26 menit. Kurva berwarna merah menunjukkan pola pendinginan paduan Cu-Zn dengan menggunakan *chill*. Waktu pendinginan untuk mencapai temperatur 200°C adalah 23 menit dan 16 detik. Perbandingan kedua kurva pada Gambar 4.6 menunjukkan pola pendinginan pada *cope* 9 cm dengan penambahan *chill* memiliki waktu yang lebih cepat.

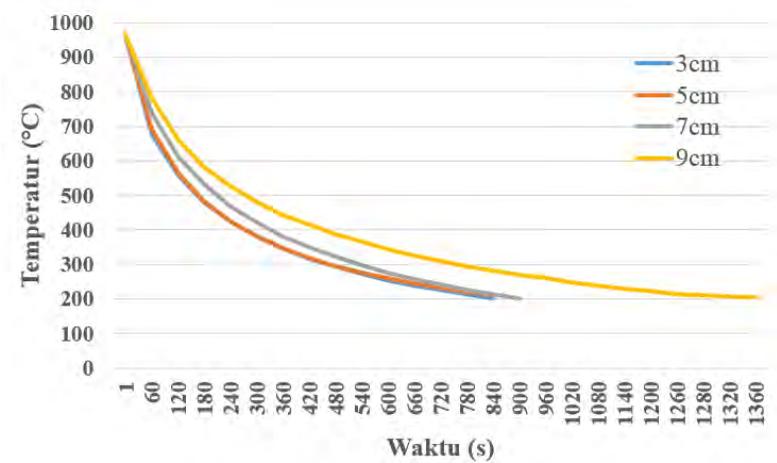


**Gambar 4.6** Pola Pendinginan Paduan Cu-Zn pada Cetakan Dengan *Cope* 9 Cm

Pola pendinginan pada keempat variasi tebal *cope* menunjukkan hasil yang sama. Cetakan dengan penambahan *chill* akan menunjukkan kurva pendinginan yang lebih curam dibandingkan dengan cetakan tanpa menggunakan *chill*. Perbandingan pola pendinginan sesuai berdasarkan dengan tebal *cope* ditunjukkan pada Gambar 4.7 dan 4.8 .



**Gambar 4.7** Pola Pendinginan Paduan Cu-Zn pada Cetakan Tanpa *Chill*



**Gambar 4.8** Pola Pendinginan Paduan Cu-Zn pada Cetakan dengan Penambahan *Chill*

Gambar 4.7 dan 4.8 menunjukkan bahwa pola pendinginan pada beberapa variasi tebal *cope* yang berbeda juga memperlihatkan perbedaan pola penurunan temperatur. Tabel 4.2 menunjukkan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai temperatur 200°C.

**Tabel 4.2** Waktu Penurunan Temperatur Paduan Cu-Zn

Cetakan Pasir	Tebal <i>Cope</i>			
	3 Cm	5 Cm	7 Cm	9 Cm
Tanpa <i>Chill</i>	16 menit 5 detik	22 menit 27 detik	24 menit 49 detik	26 menit
<i>Chill</i>	14 menit 12 detik	14 menit 48 detik	15 menit 13 detik	23 menit 16 detik

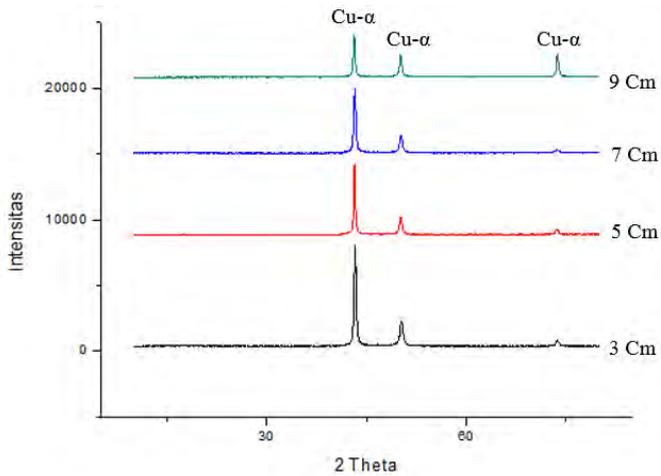
Dengan semakin tebalnya *cope* pada cetakan pasir maka waktu yang dibutuhkan untuk mencapai temperatur 200°C pun akan semakin lama, walaupun tidak signifikan jika dibandingkan waktu pendinginan pada cetakan pasir dengan penambahan *chill*.

#### 4.4 Hasil Pengujian XRD Paduan Cu-Zn

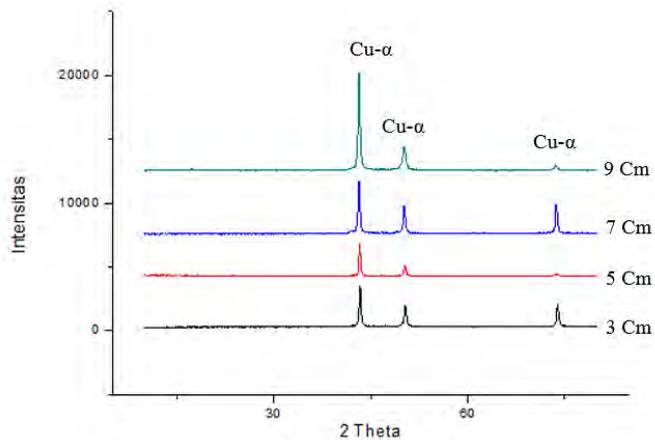
Gambar 4.9 dan 4.10 menunjukkan hasil pengujian XRD dari 8 sampel. Sampel berupa hasil pengecoran paduan Cu-Zn dalam variasi tebal *cope* yang berbeda. Dari kedelapan sampel tersebut, menunjukkan fasa berupa Cu- $\alpha$ . Fasa tersebut ditunjukkan oleh 3 *peak* pada kisaran 2 $\theta$ ; 43.298, 50.434, dan 74.133 (PDF 01-085-1326). Ketiga *peak* tersebut mengidentifikasi bahwa fasa Cu- $\alpha$  memiliki struktur kristal FCC. Posisi *peak* dan intensitas dari setiap sampel dapat dilihat pada Tabel 4.3. Tabel 4.3 menunjukkan posisi *peak* serta intensitas pada hasil pengujian paduan Cu-Zn di setiap variasi cetakan.

**Tabel 4.3** Spesifikasi Peak Pada Setiap Sampel

Material	Cope Cetakan	Posisi 2 $\theta$	Intensitas	h	k	l
Paduan Cu-17 Zn	3 Cm Tanpa <i>Chill</i>	43.2972	8035	1	1	1
		50.24909	2294	2	0	0
		73.67829	859	2	2	0
	3 Cm dengan <i>Chill</i>	43.33063	3503	1	1	1
		50.33265	2005	2	0	0
		73.89554	2089	2	2	0
	5 Cm Tanpa <i>Chill</i>	43.19694	5645	1	1	1
		50.16553	1601	2	0	0
		73.59473	723	2	2	0
	5 Cm dengan <i>Chill</i>	43.28049	2593	1	1	1
		50.28251	956	2	0	0
		73.81198	294	2	2	0
	7 Cm Tanpa <i>Chill</i>	43.24707	5213	1	1	1
		50.21567	1705	2	0	0
		73.59473	610	2	2	0
	7 Cm dengan <i>Chill</i>	43.16351	4397	1	1	1
		50.16553	2493	2	0	0
		73.67829	2579	2	2	0
	9 Cm Tanpa <i>Chill</i>	43.13009	3503	1	1	1
		50.13211	2005	2	0	0
		73.66158	2103	2	2	0
	9 Cm dengan <i>Chill</i>	43.18022	8036	1	1	1
		50.14882	2294	2	0	0
		73.57802	859	2	2	0



**Gambar 4.9** Hasil Pengujian XRD Paduan Cu-Zn di berbagai Variasi Tebal *Cope* Tanpa *Chill*



**Gambar 4.10** Hasil Pengujian XRD Paduan Cu-Zn di berbagai Variasi Tebal *Cope* dengan Penambahan *Chill*

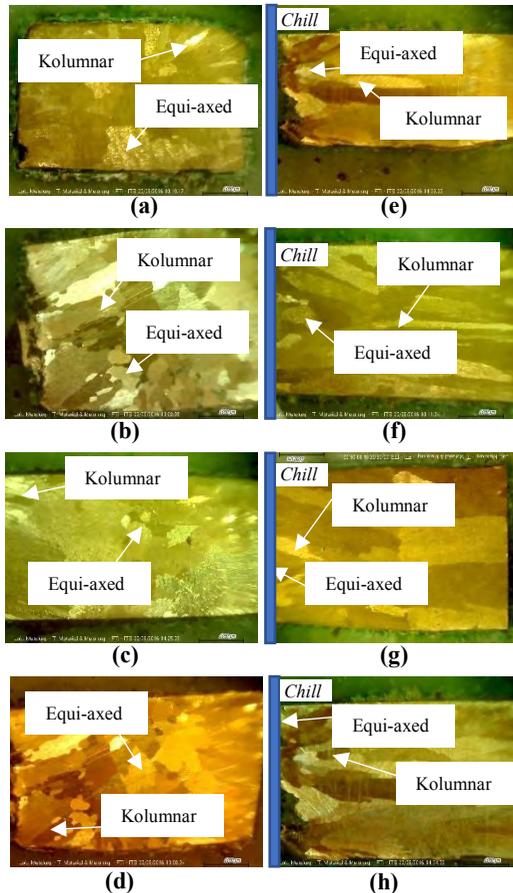
Gambar 4.9 menunjukkan peak dari hasil pengecoran paduan Cu-Zn dalam *cope* tanpa *chill*. Pada tebal *cope* 3 cm peak muncul pada 2 $\theta$ ; 43.2972, 50.24909, dan 73.6782. Pada tebal *cope* 5 cm peak muncul pada 2 $\theta$ ; 43.19694, 50.16553, dan 73.59473. Pada tebal *cope* 7 cm peak muncul pada 2 $\theta$ ; 43.24707, 50.21567, dan 73.59473. Pada tebal *cope* 9 cm peak muncul pada 2 $\theta$ ; 43.13009, 50.13211, dan 73.66158.

Gambar 4.10 menunjukkan peak dari hasil pengecoran paduan Cu-Zn dalam cetakan dengan penambahan *chill*. Pada tebal *cope* 3 cm peak muncul pada 2 $\theta$ ; 43.33063, 50.33265, dan 73.89554. Pada tebal *cope* 5 cm peak muncul pada 2 $\theta$ ; 43.28049, 50.28251, dan 73.81198. Pada tebal *cope* 7 cm peak muncul pada 2 $\theta$ ; 43.16351, 50.16553, dan 73.67829. Pada tebal *cope* 9 cm peak muncul pada 2 $\theta$ ; 43.18022, 50.14882, dan 73.57802.

Gambar 4.9 dan 4.10 menunjukkan tidak terdapat perbedaan peak yang signifikan pada paduan Cu-Zn. Seluruh sampel yang diuji memiliki fasa Cu- $\alpha$  dan struktur kristal FCC. Komposisi 17% Zn tidak menghasilkan fasa baru. Hal tersebut menunjukkan bahwa Zn telah larut sempurna dalam Cu.

#### **4.5 Morfologi Makro Paduan Cu-Zn**

Gambar 4.11 menunjukkan struktur makro hasil pengecoran paduan Cu-Zn pada variasi tebal *cope* yang berbeda. Delapan cetakan yang digunakan dibagi menjadi 4 dengan tebal *cope* mulai dari 3 cm, 5 cm, 7 cm, dan 9 cm. Setiap variasi tebal *cope* dibagi menjadi 2, dengan *chill* dan tanpa *chill*. Pengecoran paduan Cu-Zn dilakukan secara bergantian dengan temperature lebur  $\pm 1250^{\circ}\text{C}$  selama 25-30 menit.



**Gambar 4.11** Struktur Makro Paduan Cu-Zn pada Setiap Variasi Tebal *Cope* Cetakan (a) 3 Cm Tanpa *Chill*; (b) 5 Cm Tanpa *Chill*; (c) 7 Cm Tanpa *Chill*; (d) 9 Cm Tanpa *Chill*; (e) 3 Cm Dengan *Chill*; (f) 5 Cm Dengan *Chill*; (g) 7 Cm Dengan *Chill*; (h) 9 Cm Dengan *Chill*.

Gambar 4.11 memperlihatkan struktur makro hasil pengecoran pada variasi cetakan yang berbeda. Paduan hasil pengecoran dengan cetakan tanpa *chill* memiliki struktur makro

yang didominasi oleh bentuk kristal *equi-axed* dan terdapat sedikit bentuk kristal kolumnar. Sedangkan hasil pengecoran pada cetakan yang ditambahkan *chill* memiliki struktur makro yang didominasi oleh bentuk kristal kolumnar yang memanjang. Namun jika diamati berdasarkan tebal *cope*, butir kristal kolumnar yang terbentuk tidaklah jauh berbeda baik *cope* dengan tebal 3 cm, 5 cm, 7 cm, dan 9 cm.

Berdasarkan AFS (*American Foundrymen's Society*), 1965, menyebutkan bahwa paduan Cu-17Zn (*red brass*) yang memiliki *freezing range* yang panjang, secara makro struktur akan memiliki bentuk kristal *equi-axed*. Hal ini dikarenakan pada pendinginan yang sangat lambat akan terdapat perbedaan titik beku antara kedua unsur paduan. Ketika kristal terbentuk, atom dari elemen paduan yang titik bekunya lebih rendah akan tersisih ke sekitar logam cair yang mengakibatkan turunnya temperatur beku logam cair karena meningkatnya komposisi paduan di dalam logam cair. Dengan turunnya temperatur logam cair maka pertumbuhan kristal akan terhenti yang menjadikan kristal akan berebentuk *equi-axed*.

Namun dalam proses pengecoran, laju pendinginan tidak akan berjalan dengan lambat karena cetakan pasir berada pada temperatur ruangan sehingga laju pendinginan akan berjalan cepat. Dari laju pendinginan yang cepat ini akan mulai terbentuk dendrit yang berlawanan arah dengan laju aliran kalor, dimana sisi samping pada dendrit akan banyak mengandung elemen paduan sehingga menyebabkan dendrit akan tumbuh ke arah dalam coran dan membentuk butir kristal kolumnar.

Dengan adanya penambahan *chill* kedalam cetakan maka butir kristal kolumnar yang terbentuk akan semakin banyak. Adanya penambahan *chill* pada salah satu sisi cetakan akan memberikan kecenderungan kepada arah terbentuknya butir kolumnar. *Chill* pada cetakan akan mempercepat laju aliran panas

yang menyebabkan arah butir kolumnar menjadi seragam berlawanan arah dengan laju aliran panas, atau dapat dikatakan sebagai pembekuan terarah.

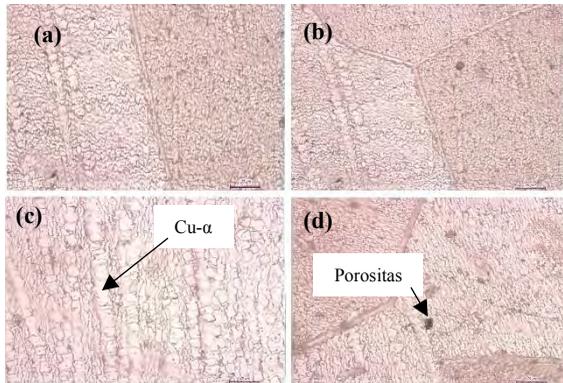
Jika dibandingkan cetakan dengan tebal *cope* yang berbeda, tidak terdapat perbedaan yang jelas antar butir kolumnar yang terbentuk pada coran hasil dari *cope* dengan tebal 3 cm, 5 cm, 7 cm, dan 9 cm. Hal tersebut disebabkan oleh tebal *drag* cetakan yang sama antara variasi tebal *cope* cetakan 3 cm, 5 cm, 7 cm, dan 9 cm. Tebal *drag* cetakan yang digunakan setinggi 5 cm. Ketika logam cair pertama kali masuk kedalam rongga cetakan dan bersentuhan dengan bagian dari cetakan maka seketika logam yang pertama kali membeku ialah logam yang dekat dengan *drag* cetakan. *Drag* dengan tebal yang sama menyebabkan pola pembekuan dan pembentukan butir yang sama. Pengukuran panjang butir kolumnar terdapat pada Tabel 4.4.

**Tabel 4.4** Panjang Butir Kolumnar Paduan Cu-Zn

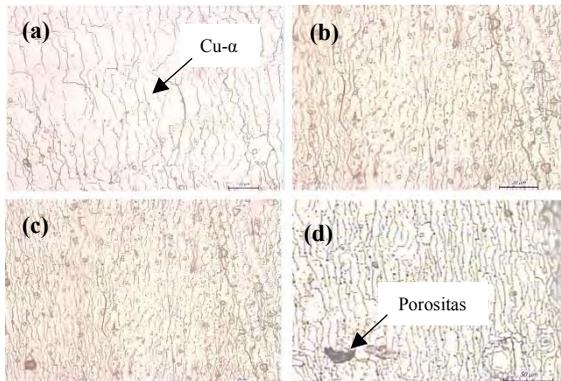
	3 Cm		5 Cm		7 Cm		9 Cm	
	Tanpa chill ( $\mu\text{m}$ )	Chill ( $\mu\text{m}$ )	Tanpa chill ( $\mu\text{m}$ )	Chill ( $\mu\text{m}$ )	Tanpa chill ( $\mu\text{m}$ )	Chill ( $\mu\text{m}$ )	Tanpa chill ( $\mu\text{m}$ )	Chill ( $\mu\text{m}$ )
Pengukuran 1	2275.82	3192.63	2880	2083.46	1334.15	2458.81	1972.16	2935.75
Pengukuran 2	1278.47	2120.08	2291.27	3716.79	3465.28	3603,55	916.16	3011.94
Pengukuran 3	2252.52	2862.56	3153.24	4305.27	1654.17	4716.27	2578.86	3596.15

#### 4.6 Struktur Mikro Paduan Cu-Zn

Paduan Cu-17Zn memiliki fasa Cu- $\alpha$ . Menurut hasil pengujian XRD, paduan Cu-17Zn pada variasi cetakan yang berbeda tidak menunjukkan fasa baru selain Cu- $\alpha$ . Gambar 4.12 dan 4.13 menunjukkan hasil pengamatan struktur mikro pada perbesaran 50X.



**Gambar 4.12** Struktur Mikro Paduan Cu-Zn pada Variasi Cetakan Tanpa Chill di perbesaran 50x (a) Tebal 3 Cm; (b) Tebal 5 Cm; (c) Tebal 7 Cm; (d) Tebal 9 Cm.



**Gambar 4.13** Struktur Mikro Paduan Cu-17Zn pada Variasi Cetakan Dengan Chill di perbesaran 50x(a) Tebal 3 Cm; (b) Tebal 5 Cm; (c) Tebal 7 Cm; (d) Tebal 9 Cm.

Gambar 4.12 dan 4.13 menunjukkan hasil struktur mikro paduan Cu-17Zn pada variasi ketebalan *cope* tanpa penambahan *chill* dan dengan penambahan *Chill*. Struktur mikro hasil cetakan

---

tanpa *chill* menunjukkan bentuk butir yang membulat. Sedangkan struktur mikro hasil cetakan dengan *chill* terlihat lebih memanjang. Hal tersebut dikarenakan adanya perbedaan laju aliran kalor antara cetakan tanpa menggunakan *chill* dengan cetakan dengan penambahan *chill*. Perbedaan ketebalan *cope* cetakan tidak memberikan pengaruh terhadap struktur mikro yang terbentuk. Gambar 4.12 dan 4.13 menunjukkan bintik hitam di beberapa bagian. Bintik hitam tersebut merupakan porositas hasil dari proses pengecoran paduan Cu-17Zn.

#### **4.7 Hasil Pengujian Kekerasan Paduan Cu-Zn**

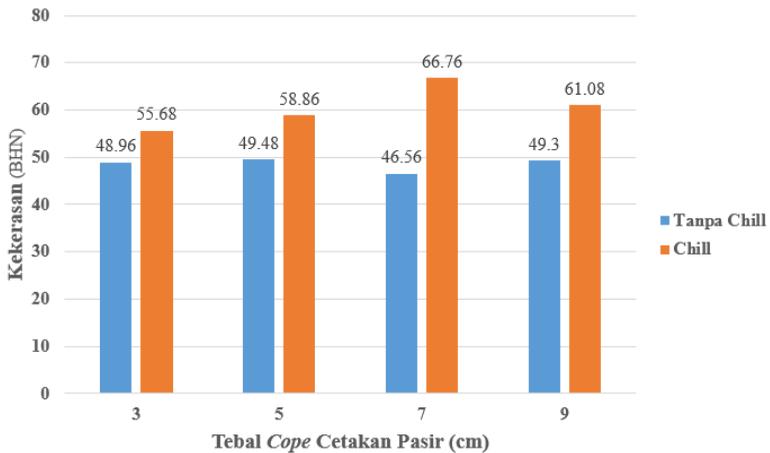
Pengujian kekerasan dilakukan dengan menggunakan metode uji kekerasan brinell dengan standar ASTM E10. Indentor menggunakan bola baja yang dikeraskan dengan diameter 2.5mm dan beban 62.5 kg selama 10 detik. Pengujian dilakukan dengan memberikan indentasi sebanyak lima kali di permukaan spesimen yang telah dihaluskan menggunakan gerinda. Perhitungan nilai kekerasan diperoleh dari rata-rata nilai kekerasan *Brinell* untuk setiap spesimen.

Tabel 4.5 menunjukkan bahwa nilai kekerasan paduan Cu-17Zn hasil dari pengecoran dengan cetakan tanpa menggunakan *chill* berkisar dari 46.56 BHN hingga 49.48 BHN. Nilai kekerasan meningkat pada paduan Cu-17Zn hasil dari pengecoran pada cetakan dengan penambahan *chill*. Nilai kekerasannya berkisar mulai dari 55.68 BHN hingga 66.76 BHN.

Gambar 4.14 menunjukkan bahwa pada perbedaan ketebalan *cope*, nilai kekerasan yang didapatkan hampir sama. Paduan Cu-Zn hasil pengecoran cetakan dengan menggunakan *chill* memiliki nilai kekerasan yang lebih tinggi. Meningkatnya nilai kekerasan hasil pengecoran pada cetakan dengan menggunakan *chill* dikarenakan banyaknya butir kolumnar yang terbentuk selama proses pendinginan.

**Tabel 4.5** Nilai Kekerasan Paduan Cu-Zn

3cm		5cm		7cm		9cm	
Tanpa Chill	Chill						
46.3	62.7	44.5	63.2	47.5	63.4	52.6	60.2
49.6	57.1	47.5	53.9	46.3	65.4	49.4	59.2
46.6	53.5	51.5	55.9	45.7	63.2	50.1	62.1
51.4	53.9	54.1	55.7	47.9	70.9	46.2	60.2
50.9	51.2	49.8	65.6	45.4	70.9	48.2	63.7
Rata-rata							
48.96	55.68	49.48	58.86	46.56	66.76	49.3	61.08

**Gambar 4.14** Nilai Kekerasan Paduan Cu-Zn

## LAMPIRAN

### Dokumentasi Kegiatan



## Hasil Pengujian OES

OES Chemical Results								
Sample ID :	1			Material :	-			
Customer :	Sdr. Soni Aji Pradana (T.Material)			Dimension :	-			
Lab-no. :	Uji Bahan			Heat-no. :	-			
Operator :	Elham			Ka. Laboratorium :	M. THORIQ WAHYUDI			
Date:	11/05/16							
Spektralanalyse Foundry-MASTER				Grade :				
	Cu	Zn	Pb	Sn	P	Mn	Fe	Ni
1	82.1	17.5	0.0086	0.0077	0.0011	< 0.0002	0.0340	0.0198
2	82.3	17.3	0.0069	0.0076	0.0011	0.0008	0.0218	0.0183
3	82.3	17.3	0.0072	0.0054	0.0011	0.0005	0.0229	0.0176
Ave	82.3	17.4	0.0075	0.0069	0.0011	0.0004	0.0262	0.0185
	Si	Mg	Cr	Al	S	As	Be	Ag
1	< 0.0002	0.0009	0.0057	0.0458	< 0.0001	0.0013	< 0.0001	0.0018
2	< 0.0002	0.0009	0.0037	0.0459	< 0.0001	0.0019	< 0.0001	0.0018
3	< 0.0002	0.0009	0.0035	0.0441	< 0.0001	0.0012	< 0.0001	0.0017
Ave	< 0.0002	0.0009	0.0043	0.0453	< 0.0001	0.0015	< 0.0001	0.0018
	Co	Bi	Cd	Sb	Zr	B	Se	Te
1	< 0.0010	< 0.0002	0.0013	0.0068	0.0006	0.0010	0.0001	0.0065
2	< 0.0010	< 0.0002	0.0013	0.0062	0.0011	0.0012	0.0006	0.0060
3	< 0.0010	< 0.0002	0.0013	0.0060	0.0004	0.0005	0.0005	0.0063
Ave	< 0.0010	< 0.0002	0.0013	0.0064	0.0007	0.0009	0.0004	0.0063
	Ti	C	Nb					
1	< 0.0001	> 0.0500	0.0046					
2	< 0.0001	> 0.0500	0.0042					
3	< 0.0001	> 0.0500	0.0028					
Ave	< 0.0001	> 0.0500	0.0039					

Spesifikasi Material *Chill*POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA  
LABORATORIUM DT NDT

## OES Chemical Results

Sample ID :	1	Material :	CARBON STEEL
Customer :	ADHA ISORI HARTATA	Dimension :	-
Lab-no. :	UJI BAHAN	Heat-no. :	-
Operator :	ELHAM	Ka. Laboratorium :	M.THORIQ WAHYUDI
Date:	3/31/2015		

## Spektralanalyse Foundry-MASTER Grade :

	Fe	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
1	99.5	0.0376	0.0205	0.211	0.0094	0.0089	0.0304	< 0.0050
2	99.5	0.0373	0.0199	0.208	0.0082	0.0079	0.0253	< 0.0050
3	99.5	0.0324	0.0195	0.211	0.0088	0.0072	0.0270	< 0.0050
Ave	99.5	0.0358	0.0200	0.210	0.0091	0.0080	0.0276	< 0.0050
	Ni	Al	Co	Cu	Nb	Ti	V	W
1	0.0305	0.0464	< 0.0050	0.0363	0.0103	0.0066	< 0.0050	< 0.0050
2	0.0306	0.0449	< 0.0050	0.0377	0.0122	< 0.0050	< 0.0050	< 0.0050
3	0.0264	0.0450	< 0.0050	0.0384	0.0198	< 0.0050	< 0.0050	< 0.0050
Ave	0.0292	0.0454	< 0.0050	0.0375	0.0140	< 0.0050	< 0.0050	< 0.0050
	Pb							
1	< 0.0050							
2	< 0.0050							
3	< 0.0050							
Ave	< 0.0050							

**PDF Card**Name and formula

Reference code: 00-004-0836

**Mineral name:** Copper, syn**Compound name:** Copper**Common name:**  $\alpha$ -brass

Empirical formula: Cu

Chemical formula: Cu

Crystallographic parameters

Crystal system: Cubic

Space group: Fm-3m

Space group number: 225

a (Å): 3.6150

b (Å): 3.6150

c (Å): 3.6150

Alpha (°): 90.0000

Beta (°): 90.0000

Gamma (°): 90.0000

Calculated density (g/cm<sup>3</sup>): 8.94Measured density (g/cm<sup>3</sup>): 8.95Volume of cell (10<sup>6</sup> pm<sup>3</sup>): 47.24

Z: 4.00

RIR: -

Subfiles and quality

Subfiles: Alloy, metal or intermetallic  
 Common Phase  
 Educational pattern  
 Forensic  
 Inorganic  
 Mineral  
 NBS pattern

Quality: Star (S)

### Comments

Color: Red  
 Creation Date: 1/1/1970  
 Modification Date: 1/11/2011  
 Additional Patterns: See PDF 01-085-1326  
 Analysis: Impurities from 0.001-0.01%,  
 Ag, Al, Bi, Fe, Si, Zn

Color: Red  
 Melting Point: 1356 K  
 Sample Preparation: It had been heated in an "H2"  
 atmosphere at 300 C

Reflectance: Opaque mineral optical data on  
 specimen from unspecified  
 locality, R3R%=60.65,  
 Disp.=Std

Sample Source or Locality: Sample from metallurgical  
 laboratory of NBS, Gaithersburg,  
 Maryland, USA

Temperature of Data Collection: Pattern taken at 299 K  
 Vickers Hardness Number: VHN100=96-104,  
 Unit Cell Data Source: Powder Diffraction.

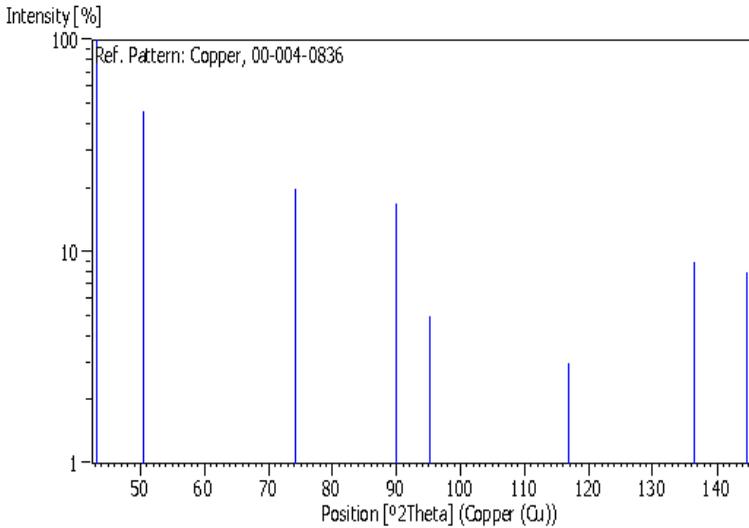
### References

Primary reference: Swanson, Tatge., *Natl. Bur.  
 Stand. (U. S. ), Circ. 539, I, 15,*

(1953)

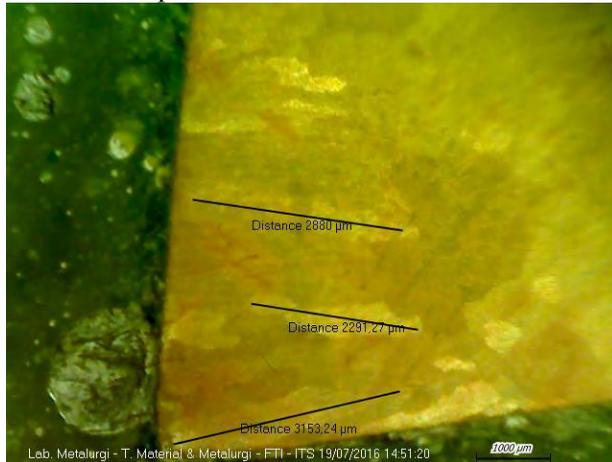
Peak list

No.	h	k	l	d [Å]	2Theta[deg]	I [%]
1	1	1	1	2.08800	43.298	100.0
2	2	0	0	1.80800	50.434	46.0
3	2	2	0	1.27800	74.133	20.0
4	3	1	1	1.09000	89.934	17.0
5	2	2	2	1.04360	95.143	5.0
6	4	0	0	0.90380	116.923	3.0
7	3	3	1	0.82930	136.514	9.0
8	4	2	0	0.80830	144.723	8.0

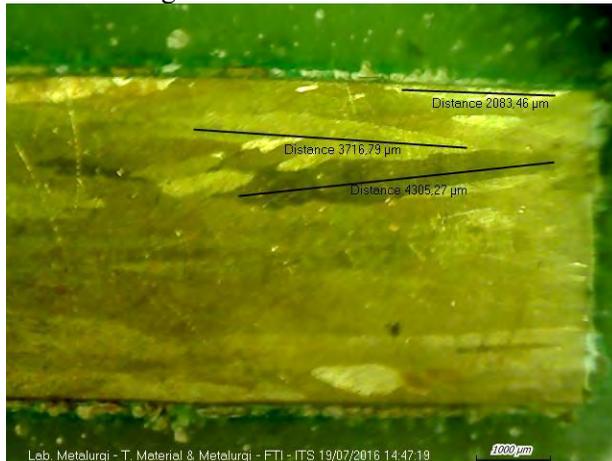
Stick Pattern

## Pengukuran Panjang Butir Kolumnar

Pengukuran Butir Kolumnar Pada Hasil Pengecoran Paduan Cu-Zn Dalam Cetakan Tanpa *Chill*



Pengukuran Butir Kolumnar Pada Hasil Pengecoran Paduan Cu-Zn Dalam Cetakan Dengan *Chill*



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Kesimpulan dari penelitian ini adalah

1. Penambahan *chill* pada cetakan pasir meningkatkan terbentuknya butir kolumnar pada hasil pengecoran paduan Cu-Zn
2. Semakin tebal *cope* cetakan pasir waktu pendinginan yang dibutuhkan semakin lama. Perbedaan ketebalan *cope* cetakan tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap terbentuknya butir kolumnar pada paduan Cu-Zn.
3. Penambahan *chill* pada cetakan pasir meningkatkan kekerasan dari hasil pengecoran paduan Cu-Zn.

#### **5.2 Saran**

Penelitian selanjutnya disarankan :

1. Penggunaan *burner* tidak disarankan karena kenaikan pemanasan pada saat peleburan tidak dapat terkontrol dengan baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- \_ . 1965. **Copper-Base Alloys Foundry Practice**. Des Plaines: AFS Training & Research Institute.
- \_ . 1973. **Basic Principle of Gating & Riser**. Des Plaines: AFS Training & Research Institute.
- \_ . 1990. **ASM Metals Handbook, Vol 02 Properties and Selection Nonferrous Alloys and Special Purpose Materials**. The Materials Information Company.
- \_ . 1992. **ASM Metals Handbook, Vol 03 - alloy phase diagram**. The Materials Information Society
- \_ . 2004. **ASM Metal Handbook, Vol 06 – Metallography**. The Materials Information Society
- Avner, S. H. 1974. **Introduction to Physical Metallurgy**. New York: McGraw-Hill International Book Company
- Banga, T. 1981. **Foundry Engineering**. New Delhi: Khanna Publisher
- Callister, W. D. 1940. **Material Science and Engineering and Introduction**. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- D. M. Moore and R. C. Reynolds, J. 1997. **X-Ray Diffraction and The Identification and Analysis of Clay Minerals 2<sup>nd</sup>** : New York: Oxford University Press.
- Flemings, MC. 1974. **Solidification Processing**. New York: McGraw-Hill International book Company
- Gupta, R.B. 1989. **Foundry Engineering**. New Delhi : Satya Prakashan.
- Mo, Y., Jiang, Y., June 2015. “Effects of tensile loading direction on the mechanical properties and deformation behavior of columnar-grained HA177-2 aluminum brass”, **Laboratory For Advance Materials Processing**, 122-131

- Popovich, A., Sufiiarov, V., May 2014. “Microstructure and mechanical properties of additive manufactured copper alloy”, **Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University**, 38-41
- Rao, P.N. 1998. **Manufacturing Technology Foundry, Forming, and Welding**. New Delhi : McGraw-Hill Company
- Wang, Y.H, Xiao, L.R., April 2015. “Microstructure and Mechanical Properties of Columnar-Grained Copper Produced by The Ohno Continuous Casting Technique”, **School of Materials Science and Engineering**, 122-130

## BIOGRAFI PENULIS



Soni Aji Pradana, dilahirkan di Purworejo pada 25 Maret 1994. Penulis merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal di SDN 1 Purworejo, SMPN 2 Purworejo, SMAN 1 Purworejo, dan Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Penulis mengambil jurusan Teknik Material dan Metalurgi pada tahun 2012.

Penulis aktif di berbagai organisasi mulai dari sekolah dasar hingga ke perguruan tinggi. Mulai dari kegiatan kepramukaan, kesiswaan, hingga sosial. pada tahun 2010 penulis menjadi ketua kepramukaan merangkap wakil ketua OSIS di SMAN1 Purworejo, sedangkan di perguruan tinggi penulis berkesempatan menjadi sekretaris umum Himpunan Mahasiswa Teknik Material dan Metalurgi.

Selain aktif dalam bidang organisasi, penulis juga memiliki berbagai prestasi. Tahun 2004 penulis berhasil menjadi mendapatkan medali perak atas kejuaraan lomba lukis internasional, tahun 2010 berhasil menjadi juara ke-3 dalam LCT kepramukaan tingkat provinsi, tahun 2011 menjadi wakil 3 duta wisata kabupaten purworejo dan berbagai prestasi lain. Segala kritik dan saran silahkan kirim melalui email ke [sonipradana@outlook.com](mailto:sonipradana@outlook.com).