

## PENGARUH PENAMBAHAN Cu PADA CAIRAN Al Sn TERHADAP KEKERASAN LAPISAN INTERFACE KRUSIBEL BAJA

Andi Priyanto<sup>1,a</sup>, Dody Prayitno<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Sarjana Teknik Mesin, Universitas Trisakti

<sup>a</sup>andi.priyanto\_19@yahoo.com

**Abstrak.** Baja sering digunakan sebagai krusibel dalam dunia pengecoran logam. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efek dari cairan paduan aluminium terhadap kekerasan *interface* baja krusibel tersebut. Metodenya diawali dengan meleburkan aluminium, tembaga, dan timah sesuai varian masing – masing dengan suhu 700°C, lalu dilakukan pengadukan pada cairan tersebut selama 15 menit dan dilakukan penahanan pada suhu tersebut selama 30 menit. Dari penelitian ini disimpulkan bahwa penambahan Cu (10% dan 20%) pada cairan Al-Sn-Cu menyebabkan nilai kekerasan pada daerah lapisan *interface* namun kenaikan tersebut tidak terlalu signifikan.

**Kata kunci.** AlSn, Cu, *interface*, dan Metalografi

**Abstract.** Steel is often used as crucial in the world of metal casting. This study aims to determine the effect of aluminum alloy fluid on the hardness of the crucible steel interface. The method begins with melting aluminum, copper, and tin according to each variant with a temperature of 700°C, then stirring on the liquid for 15 minutes and holding it for 30 minutes. From this research it is concluded that the addition of Cu (10% and 20%) in Al-Sn-Cu fluid causes hardness value at the interface layer area but the increase is not very significant.

**Keywords.** AlSn, Cu, *interface*, and Metallography

### Pendahuluan

Krusibel baja sering digunakan oleh penggemar pengecoran aluminium. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komposisi aluminium paduan terhadap kekerasan lapisan *interface* pada krusibel baja. Sejak berabad lalu aluminium telah memiliki arti penting dalam sejarah perkembangan manusia. Aluminium merupakan unsur yang terdapat melimpah di alam dan berperan membuat kehidupan manusia lebih nyaman dan mudah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efek dari penambahan Cu pada cairan paduan aluminium terhadap kekerasan lapisan *interface* krusibel baja.

### Studi Pustaka

#### Senyawa Intermetalik di daerah Antarmuka (*interface*)

Proses terbentuknya lapisan *interface* FeAl juga terjadi pada proses aluminizing. Walaupun Aluminium memiliki suhu lebur 660 °C, dan ferrous adalah 1539 °C, namun demikian berdasarkan diagram fasa Fe-Al terlihat bahwa ferrous dapat dipadukan dengan aluminium menjadi intermetalik Fe-Al melalui proses aluminizing.

Pada daerah *interface*, senyawa intermetalik adalah hasil dari pembentukan dari dua logam yang berdifusi satu sama lain pada saat proses perlakuan panas. Secara teoritis, pertumbuhan senyawa intermetalik adalah hasil difusi satu material ke material lain yang melalui kekosongan kristal yang disebabkan oleh cacat, kontaminasi, kotoran, batas butir dan tegangan mekanik.

## Aluminium

Aluminium murni merupakan logam yang mempunyai sifat mudah di fabrikasi, lunak, tahan korosi, mempunyai massa jenis yang rendah dengan penampilan luar bervariasi antara keperakan hingga abu-abu, tergantung kekasaran permukaannya. Tipe aluminium yang digunakan pada penelitian ini yaitu tipe 6061 T6.

## Tembaga (Cu)

Tembaga memiliki struktur kristal kubik pemusatan sisi. Berat jenisnya adalah  $8,94 \text{ gram/cm}^3$  dan mempunyai titik lebur  $1085 \text{ }^\circ\text{C}$ . Tembaga sangat mudah dibentuk dan bersifat sangat ulet (*ductile*) serta sangat mudah dicanai (*rolling*). Konduktivitas termal dari Cu yang sangat baik dikombinasikan dengan kemampuan mudah dibentuk dan ketahanan korosi yang baik menjadikannya logam industri utama. Tembaga murni mempunyai permukaan berwarna jingga kemerahan, namun sebagian besar paduan Cu tidak bisa di tingkatkan nilai kekerasannya dengan menggunakan metode *heat treatment* dan harus menggunakan pengerjaan dingin.

## Timah Putih (Sn)

Timah putih merupakan logam yang lunak, berkilau, dan logam yang mempunyai titik lebur yang rendah. Sn juga mempunyai ketahanan terhadap korosi yang baik. Cairan Sn juga dapat digunakan pada permukaan logam lainnya sebagai pelapis tahan korosi. Meskipun Sn murni mempunyai struktur yang sangat lemah, tetapi Sn dapat digunakan sebagai tambahan paduan untuk mengeraskan logam lainnya, seperti Cu, Pb, Ti, dan Zr. Penambahan unsur Sn ini biasanya digunakan untuk pembuatan *bearing* dan *bushing* yang dimana nilai gesekan, kelelahan material dan ketahanan terhadap korosi menjadi hal yang penting.

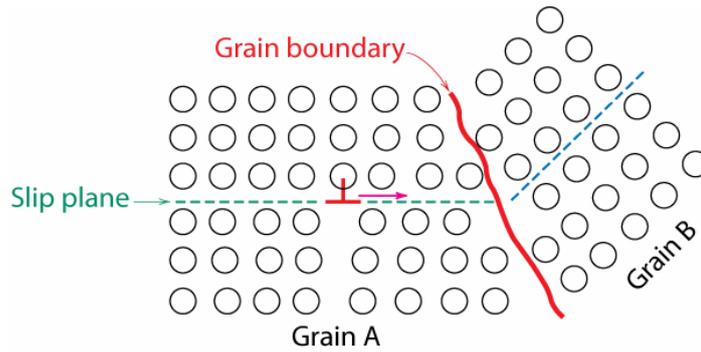
## Mekanisme Penguatan Logam

Kemampuan dari logam untuk mengalami deformasi tergantung pada kemampuan pergerakan dislokasi. Membatasi gerakan dislokasi akan membuat material menjadi lebih kuat. Terdapat 3 metode mekanisme peningkatan kekuatan material yaitu:

1. *Grain Size Reduction*
2. *Solid Solution Alloying*
3. *Precipitation hardening*

### 1. *Grain Size Reduction*

Penghalusan butir adalah salah satu cara yang efektif bagi penguatan yang dihasilkan dengan menghalangi pergerakan dislokasi di sekitar batas butir. Dengan mengecilnya ukuran dari butir akan meningkatkan batas butir per unit volume dan mengurangi garis edar bebas dari slip berkelanjutan. Pergerakan ini membutuhkan tegangan yang tinggi untuk membuka atau menghasilkan suatu dislokasi baru pada butir berikutnya. Gambar 2.6 menunjukkan pengaruh dari batas butir terhadap pergerakan dislokasi.

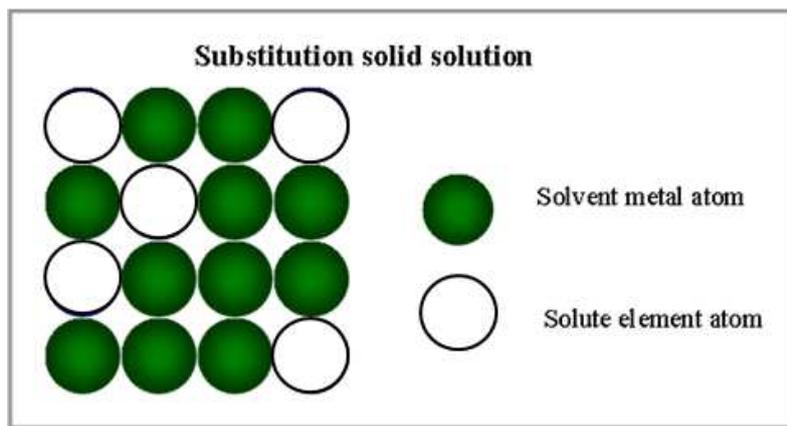


Gambar 1. Batas butir sebagai penghalang dalam menghalangi dislokasi

## 2. Solid Solution Alloying

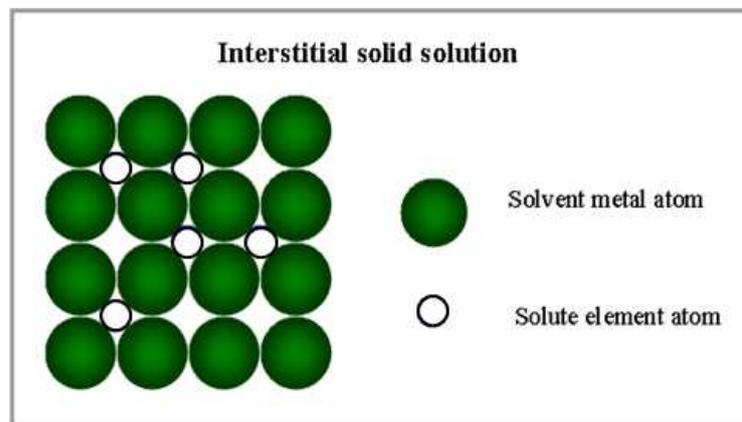
Solid Solution Alloying dibagi menjadi 2 jenis yaitu:

1. *Substitutional Solid Solution* yaitu Atom logam induk dan atom logam paduan yang mempunyai ukuran yang sama akan menggantikan posisi dari atom logam induk pada struktur kristal nya.



Gambar 2. *Substitution Solid Solution*

2. *Interstitial Solids Solution* yaitu Atom logam paduan yang mempunyai ukuran lebih kecil daripada atom logam induk akan menempati ruang ruang diantara atom logam induk.



Gambar 3. *Interstitial Solid Solution*

### 3. *Precipitation Hardening*

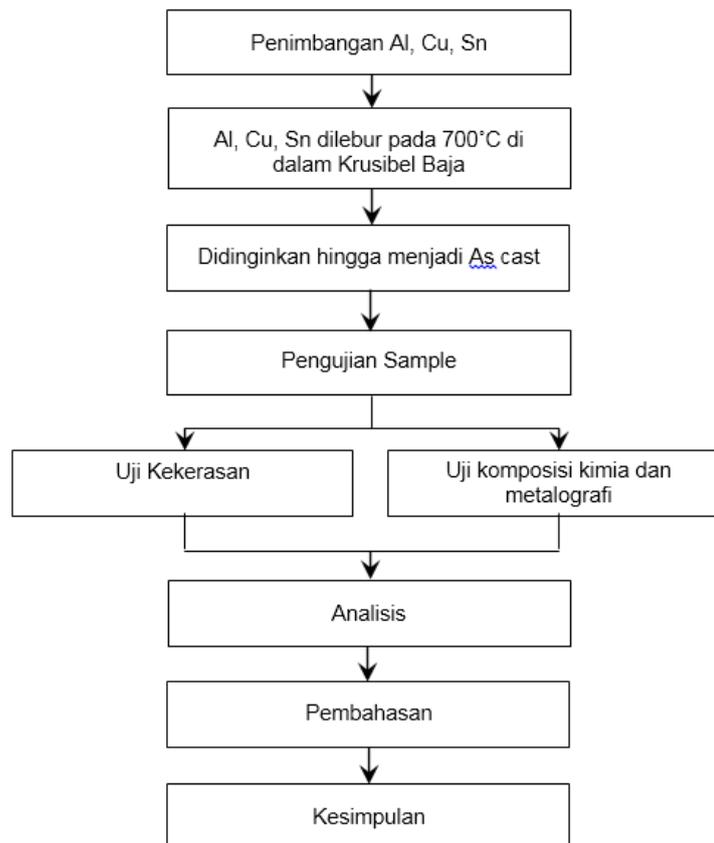
*Precipitation hardening* adalah proses pengerasan paduan logam dengan menyebarkan partikel-partikel halus secara merata, dengan proses penuaan (*aging*) yang sebelumnya telah mengalami proses pelarutan (*solution treatment*) dan pecelupan cepat (*quenching*).

Syarat *precipitation hardening*:

1. Merupakan logam paduan
2. Batas kelarutan padat harus berkurang dengan turunnya temperatur

### Metode Penelitian

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1. Sampel aluminium (Al), tembaga (Cu) dan timah putih (Sn) ditimbang sesuai dengan variasi penelitian. Sampel dilebur didalam dapur peleburan. Paduan aluminium cair kemudian dituang kedalam cetakan baja yang didalamnya sudah terdapat batang baja. Batangan baja akan terlapsi paduan aluminium cair, setelah campuran membeku kemudian dipotong untuk dijadikan sampel pengujian kekerasan dan metalografi. Hasil pengujian kemudian dianalisis untuk kemudian dibuat kesimpulan.



Gambar 4. Diagram alir penelitian

## Proses Kerja Setiap Tahapan

1. Sampel aluminium, tembaga, dan timah disiapkan dalam bentuk padatan
2. Sampel tersebut ditimbang dengan variasi komposisi kimia penelitian
3. Setelah sesuai dengan spesifikasi penelitian, padatan tersebut diletakkan di dalam crucibel baja dan dilebur dengan suhu 700°C bersama dengan cetakan baja tersebut. Setelah suhu mencapai 700°C proses tersebut ditahan selama 30menit dan pada saat itu dilakukan pengadukkan.
4. Apabila sampel tersebut sudah larut sempurna, sampel tersebut didiamkan di dalam cetakan baja dengan suhu ruangan hingga sampel tersebut mengeras.
5. Setelah sampel tersebut mengeras, sampel tersebut dipotong sebesar 5mm untuk diuji.
6. Dalam pengujian, pengujian pertama yaitu kekerasan. Pengujian kekerasan yang digunakan yaitu dengan pengujian *microhardness Vickers* yang menggunakan indentor piramida intan dengan beban tertentu.
7. Pengujian kedua yaitu metalografi dimana pengujian tersebut bertujuan untuk melihat struktur mikro dan mengenali fasa-fasa dalam struktur mikro tersebut. Tahapan-tahapan untuk melakukan pengujian metalografi adalah *cutting* (pemotongan), *grinding* yaitu proses meratakan sampel dengan kertas amplas anti air mulai dari kekerasan 200 sampai 1500, selama proses *grinding* diberi air untuk mencegah terjadinya oksidasi pada permukaan sampel, selanjutnya dilakukan *polishing* yaitu menghilangkan goresan pada permukaan sampel dengan kain bludru (*polishing cloth*) dan pasta diamond, selanjutnya dilakukan *etching* yaitu memberikan cairan etsa yaitu 78atal pada permukaan sampel, lalu sampel disiram menggunakan air sehingga dapat memunculkan gambar struktur mikro dengan jelas, dan yang terakhir yaitu *viewing* atau pengamatan pada sampel menggunakan mikroskop optic dan mikroskop electron.
8. Data-data yang didapat pada proses pengujian dianalisa dan dibuat simpulan dari hasil pengujian tersebut.

## Hasil dan Pembahasan

### Hasil uji kekerasan Base Metal

Pada komposisi Al 90%, Sn 10% dan Cu 0%, diperoleh kekerasan Base Metal rata-rata sebesar 173 Hv. Pada komposisi Al 80%, Sn 10% dan Cu 10%,diperoleh kekerasan Base Metal sebesar 190 Hv. Sedangkan pada komposisi Al 70%, Sn 10% dan Cu 20%,diperoleh kekerasan Base Metal sebesar 176 Hv.

Penambahan 10% Cu mengakibatkan terjadi kenaikan kekerasan dari 173 Hv menjadi 190 Hv atau naik sebesar 9.8%, sedangkan penambahan 20% Cu mengakibatkan terjadi kenaikan kekerasan dari 173 Hv menjadi 176 Hv, atau naik sebesar 1.7%. Karena kedua penambahan tersebut diatas mengalami kenaikan kekerasan dibawah 10% maka penambahan Cu pada cairan Aluminium tidak berdampak pada peningkatan kekerasan Base Metal Baja.

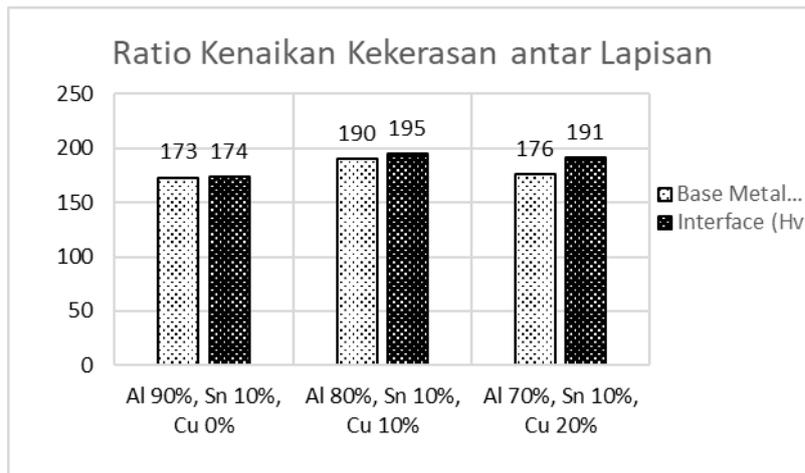
### Hasil uji kekerasan Base Metal

Pada komposisi Al 90%, Sn 10% dan Cu 0%, diperoleh kekerasan pada lapisan Interface rata-rata sebesar 174 Hv. Pada komposisi Al 80%, Sn 10% dan Cu 10%, diperoleh kekerasan pada lapisan Interface rata-rata sebesar 195 Hv. Sedangkan pada komposisi Al 70%, Sn 10% dan Cu 20%,diperoleh kekerasan pada lapisan Interface rata-rata sebesar 191 Hv.

Penambahan 10% Cu mengakibatkan terjadi kenaikan kekerasan dari 174 Hv menjadi 195 Hv atau naik sebesar 12.1%, sedangkan penambahan 20% Cu mengakibatkan terjadi kenaikan kekerasan dari 174 Hv menjadi 191 Hv, atau naik sebesar 9.8%.

Terjadi kenaikan kekerasan Lapisan Interface diatas 10%, namun kekerasan tersebut hanya terjadi pada pada komposisi Al 80%, Sn 10% dan Cu 10%, sedangkan pada komposisi Al 90%, Sn 10% dan Cu 0% dan Al 70%, Sn 10% dan Cu 20% mengalami kenaikan kekerasan masih dibawah 10%.

Ratio perbedaan kekerasan antar sampe tidak terlalu signifikan, hasil perbandingannya dapat dilihat pada grafik berikut ini



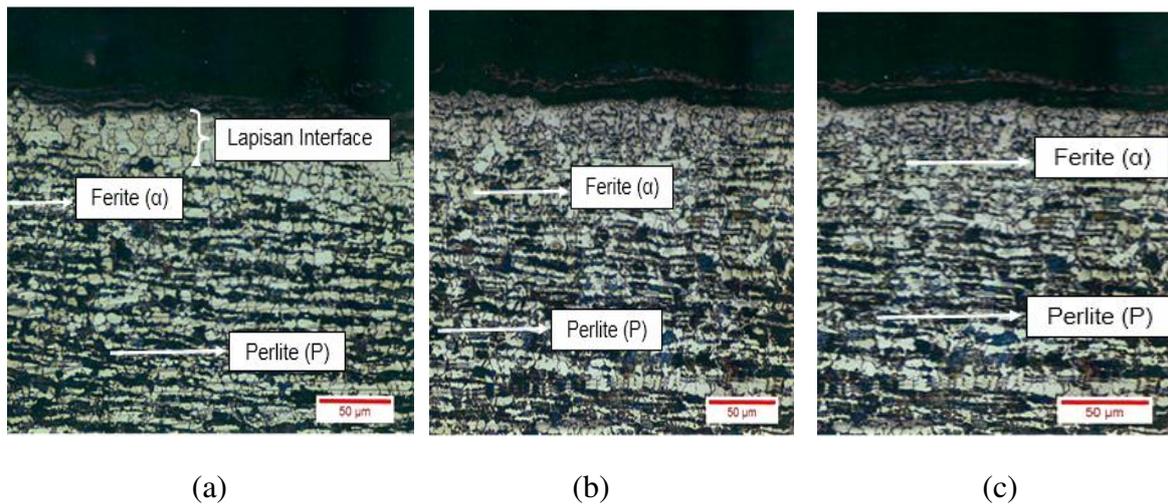
Gambar 1. Grafik ratio kenaikan kekerasan lapisan

### Hasil Uji Metalografi

Pada komposisi Al 90%, Sn 10% dan Cu 0% terlihat pada Gambar 4.6 dimana grain size nya lebih besar dan mempunyai beberapa komposisi penyusun nya seperti Lapisan Interface, Base Metal, sedangkan pada Gambar 4.7 dengan pembesaran 500x dapat terlihat unsur penyusunnya seperti Perlite (P) dan Ferite ( $\alpha$ ) dan lapisan interface nya.

Pada komposisi Al 80%, Sn 10% dan Cu 10% terlihat pada Gambar 4.8 dimana grain size nya lebih kecil dan hanya terlihat komposisi Base Metal sedangkan Lapisan Interface nya tidak terlihat secara jelas. Pada Gambar 4.9 dengan pembesaran 500x dapat terlihat unsur penyusunnya seperti Perlite (P) dan Ferite ( $\alpha$ ) tetapi Lapisan Interface nya tidak tampak secara jelas.

Pada komposisi Al 80%, Sn 10% dan Cu 10% terlihat pada Gambar 4.10 dimana grain size nya lebih kecil dan hanya terlihat komposisi Base Metal sedangkan Lapisan Interface nya tidak terlihat. Pada Gambar 4.11 dengan pembesaran 500x dapat terlihat unsur penyusunnya seperti Perlite (P) dan Ferite ( $\alpha$ ) tetapi Lapisan Interface nya tidak tampak.



Gambar 5 (a) Struktur mikro pada Cu 0%, (b) Struktur mikro pada Cu 10%, (c) Struktur mikro pada Cu 20%

### Kesimpulan

Bedasarkan hasil penelitian, dapat diambil kesimpulan mengenai pengaruh Cu terhadap paduan Al-10%Sn yang bersentuhan dengan krusibel baja di daerah *interface* adalah

- Penambahan Cu sampai dengan 20% terhadap nilai kekerasan pada daerah *interface* baja yang bersentuhan dengan paduan aluminium tidak terlalu signifikan yaitu sekitar 1%.
- Pada daerah *base metal* dan *interface* memiliki peningkatan nilai kekerasan yaitu pada paduan Al-10%Sn kenaikan sebesar 0,5%. Pada paduan Al-10%Sn-10%Cu kenaikan sebesar 2,7%, dan pada paduan Al-10%Sn-20%Cu kenaikan sebesar 2,8%.
- Pada penelitian ini metode pelapisan yang dilakukan tidak memunculkan senyawa intermetalik pada krusibel baja di daerah antarmuka (*interface*).

### Daftar Pustaka

- [1] I Made Pasek Kimiartha, “ Pengaruh Penambahan tembagan (Cu) terhadap sifat mekanik dan struktur miko pada paduan aluminium silikon (Al-Si) melalui proses pengecoran”. Laporan Tugas Akhir, ITS, Surabaya, 2015.
- [2] J. G. Kaufman, E. L. Rooy, Aluminum Alloy Castings - Properties, Processes And Applications, 2004.
- [3] Dody Prayitno, Jurnal Penelitian dan Karya Ilmiah Lemlit USAKTI 01 (01), 2016.