

# Pengaruh Penambahan Unsur Cu Pada Al – 7%Si Terhadap Karakteristik Kekerasan Dan Keausan Pada Proses Sand Casting

Yosep Reza Budi Setiawan, I Ketut Gede Sugita, A A I A S Komaladewi  
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

## Abstrak

Penggunaan aluminium di bidang industry sangat luas, hamper semua industry menggunakan logam ringan jenis aluminium. Aluminium adalah logam ringan yang sifatnya tahan terhadap korosi dan penghantar listrik yang baik. Hasil coran paduan Aluminium – Silikon (Al-7%Si) banyak di gunakan secara luas di industry otomotif sebagai blok silinder, piston, kepala silinder, velg, dll. Pada bagian blok silinder terjadi proses kerja engine yang berfungsi untuk mengkompresi bahan bakar. Agar tidak terjadi gesekan antara ring piston dan dinding silinder yang menyebabkan kebocoran, diperlukan nilai kekerasan tertinggi dan nilai keausan terendah dari dinding liner silinder. Penelitian ini diharapkan mampu meningkatkan kekerasan produk pengecoran, menurunkan keausan material, serta diharapkan dapat meningkatkan kualitas hasil coran. Penelitian ini menggunakan variasi komposisi Tembaga (Cu) : 5, 7, 9, 11, 13% dengan temperature tuang 750°C. Penelitian ini dilakukan guna untuk meningkatkan kualitas sproduk, dengan cara menambahkan variasi tembaga pada aluminium silikon pada proses pengecoran dengan metode sand casting dan mengamati karakteristik kekerasan dan keausan menggunakan alat uji kekerasan vikers dan keausan serta pengamatan struktur mikro pada hasil pengecoran penambahan tembaga (Cu) pada aluminium silikon (Al-7%Si) dengan menggunakan mikroskop optik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi komposisi tembaga (Cu) maka semakin besarnya nilai kekerasannya dan semakin kecil nilai laju keausannya. Hasil pengujian kekerasan menunjukkan nilai kekerasan tertinggi diperoleh pada komposisi unsure tembaga (Cu) 13% dengan 110,734 VHN dan nilai laju keausan terendahnya pada komposisi unsure tembaga (Cu) 13% dengan  $30533 \times 10^{-4}$  gr/m.

Kata kunci: cetakan pasir, kekerasan, keausan, aluminium silikon, tembaga

## Abstract

The use of aluminum in industrial field is very wide, almost all of industries use light metallic type aluminum. Aluminum is a light metal that has good corrosion resistance and good conductivity. Aluminium-Silicon Alloy castings (Al-7% Si) are widely used in the automotive industry as cylinder blocks, pistons, cylinder heads, alloy wheels, etc. In the cylinder block is a process engine that serves to compress the fuel. In order to avoid compression leaks caused by friction between piston rings and cylinder liner walls, a cylindrical liner wall is required which has a high hardness value and low wear value. This research is expected to increase the hardness of casting products, reduce wear material, and is expected to improve the quality of castings. This research used the Copper variation (Cu) composition: 5, 7, 9, 11, 13% with the casting temperature 750°C. This research was conducted to improve the quality of the product, by adding copper variation on aluminum in casting process ( sand casting ) and by observing the characteristics of hardness and rate of wear using hardness vikers test and wear test and observe the micro structure on the result of casting copper (Cu) on aluminum silicon (Al-7% Si) by using microscope optics. The result of this study indicates that the higher composition of copper (Cu) make the hardness value is greater and the rate of wear is smaller. The result of hardness test shows that the highest hardness value is obtained from 13% copper (Cu) element composition with 110,734 VHN and its lowest hardness test on 13% copper (Cu) elemental composition with  $30533 \times 10^{-4}$  gr / m.

Keywords: sand casting, hardness, wear, aluminium silicon, copper

## 1. Pendahuluan

Penggunaan aluminium di bidang industri sangat luas, hampir semua industri menggunakan logam ringan jenis aluminium. Aluminium adalah logam ringan yang tahan korosi dan penghantar listrik yang baik. Aluminium memiliki kelebihan dari logam lainnya, tetapi aluminium masih memiliki kelemahan yaitu sifat mekaniknya rendah terutama pada kekerasan dan kekakuannya pada aplikasi di bidang teknik, namun jika aluminium dipadukan dengan unsur lain, maka kekuatan dan kekerasannya akan meningkat [1].

Paduan Aluminium – Silikon (Al-7%Si) banyak di gunakan secara luas di industry otomotif sebagai

blok silinder, piston, kepala silinder, velg, dll. Pada bagian blok silinder terjadi proses kerja yaitu proses kerja hisap, kompresi, ekspansi dan buang. Agar tidak terjadi gesekan antara dinding liner silinder dan ring piston yang menyebabkan kebocoran kompresi diperlukan dinding liner silinder dengan nilai kekerasan yang tinggi dan nilai keausan yang rendah [2]. Biasanya aluminium dipadukan dengan unsure lainnya seperti Cu, Mg, Si, Mn, Ni Untuk mendapatkan peningkatan di sifat mekaniknya [3]. Salah satu proses yang sering digunakan dalam produksi aluminium paduan adalah proses pengecoran, salah satunya menggunakan cetakan pasir [4]. Cetakan pasir yaitu jenis cetakan yang

memakai pasir sebagai bahan cetakan. Cetakan ini dibuat dengan cara memadatkan pasir alam maupun buatan seperti pasir tanah lempung. Tidak semua hasil pengecoran logam dapat digunakan karena masih ada cacat yang sering dijumpai seperti cacat permukaan kasar, porositas dan juga rongga udara (*blow hole*). Peneliti akan meneliti tentang pengaruh perubahan komposisi tembaga (Cu) dan temperature tuang, terhadap karakteristik kekerasan dan keausan hasil coran. Penelitian ini diharapkan mampu meningkatkan kekerasan produk pengecoran, menurunkan keausan material, serta diharapkan dapat meningkatkan kualitas hasil coran.

## 2. Dasar Teori

### 2.1 Tembaga (Cu)

Tembaga merupakan logam yang dapat di bentuk dalam keadaan murni, dalam berbagai campuran sebagai elemen tambahan untuk merubah sifat dari logam yang lain. Tembaga adalah logam yang mempunyai sifat penghantar listrik dan panas yang baik dan lunak, dapat dikerjakan dalam keadaan dingin maupun panas.

#### 2.1.1 Sifat Mekanik dan Fisik Tembaga (Cu)

Tembaga merupakan penghantar listrik dan panas yang tinggi, sifat tahan korosi yang baik serta keuletan yang tinggi. Sehingga tembaga sebagian besar dipergunakan sebagai kawat atau bahan untuk penukar panas dalam memanfaatkan hantaran panasnya yang baik. Tembaga juga memiliki sebesar titik leleh 1084,62°C.

**Tabel. 1 Sifat Fisik Tembaga (Cu)**

Sifat fisik	Satuan
Fase	Solid
Densitas	8920 kg/m <sup>3</sup>
Ekspansi Thermal	16.5 × 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>
Konduktivitas Panas	400 Mk

**Tabel 2. Sifat Mekanik Tembaga (Cu)**

Sifat Mekanik	Satuan
Kekuatan tarik	200 N/mm <sup>2</sup>
Modulus elastisitas	130 Gpa
Kekerasan Vickers	59.47 VHN

### 2.2 Aluminium

Aluminium memiliki hantaran listrik kira-kira 65% dari hantaran listrik tembaga dan Aluminium merupakan salah satu penghantar listrik terbaik. Menurut tingkat kemurniannya ketahanan korosi aluminium, pada umumnya untuk kemurnian 99% atau di atasnya dapat dipergunakan di ruang terbuka dan tahan dalam bertahun tahun. Adapun sifat fisik aluminium bias dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3. Sifat Fisik Aluminium**

Wujud	Padat
Massa jenis	2,70 g/cm <sup>3</sup>
Massa jenis wujud cair	2,373 g/cm <sup>3</sup>
Titik lebur	933,47 <sup>0</sup> K, 660,32 <sup>0</sup> C
Titik didih	2792 <sup>0</sup> K, 2519 <sup>0</sup> C, 4566 <sup>0</sup> F
Kalor jenis (25 <sup>0</sup> C)	24,2 J/mol K
Resistansi listrik	28,2 n m
Konduktivitas Termal (300K)	237 W/m K
Pemuaian termal (25 <sup>0</sup> C)	23,1 μm/m K
Modulus young	70 Gpa
Modulus Geser	26 Gpa
Poisson ratio	0 35

(Sumber: Surdiadanshinroku, 1992)

#### 2.2.2 Sifat Mekanik Aluminium

Sifat mekanik aluminium dapat dilihat dari beberapa besar kemurnian aluminium sendiri, dengan menamahkan unsur logam lain seperti Cu, Mg, Zn, Si, Mn, Nidapaatmenambahkekuatansifat mekanikaluminium. Berikut adalah tabel sifat mekanik Aluminium.

**Tabel. 4 Sifat Mekanik Aluminium**

Sifat-sifat	Kemurnian Al (%)			
	99,996		> 99,0	
	Dianil	75% dirol dingin	Dianil	H18
Kekuatan Tarik (kg/mm <sup>2</sup> )	4,9	11,6	9,3	16,9
Kekuatan luluh (0,2%)(kg/mm <sup>2</sup> )	1,3	11,0	3,5	14,8
Perpanjangan (%)	48,8	5,5	35	5
Kekerasan Brinell	17	27	23	44

### 2.3 Silikon

Silikon adalah unsur kimia yang memiliki nomor atom 14 dan memiliki lambing Si pada table periodik. Senyawa yang di bentuk bersifat paramagnetik. Silikon merupakan elemen terbanyak kedelapan di alam semesta, tapi sangat jarang di temukan dalam bentuk murni di alam.

#### 2.3.1 Sifat Fisik Silikon

Silikon memiliki bentuk padat pada suhu ruang, dengan titik lebur 1400 dan titik didih 2800°C. Silikon mempunyai massa jenis yang lebih besar ketika dalam bentuk cair di bandingkan dalam bentuk padatnya. Silikon memiliki konduktivitas thermal yang tinggi yaitu 149 W/m K.

## 2.4 Pengecoran (Casting)

Pengecoran dapat didefinisikan proses manufaktur di mana bahan cair dituangkan ke dalam cetakan yang berisi rongga-rongga dari bentuk yang diinginkan. Pengecoran adalah pencairan logam yang tahap selanjutnya di tuangkan ke dalam rongga cetakan dan di biarkan membeku, sehingga terbentuk sesuai dengan bentuk pola cetakan.

## 3. Metode Penelitian

### 3.1 Proses Pembuatan Spesimen

Proses pengecoran ini bertujuan untuk memadukan Aluminium dengan silikon menjadi spesimen yang siap untuk diuji, berikut langkah-langkahnya :

1. Persiapkan alat dan bahan
2. Pembuatan cetakan
3. Pengukuran Permeabilitas
4. Peleburan logam
5. Penuangan ke cetakan
6. Pendinginan
7. Pembongkaran cetakan
8. Pemeriksaan hasil coran

### 3.2 Proses Pengujian Spesimen

Proses pembuatan spesimen untuk pengujian, setelah spesimen hasil pengecoran dilakukan pemeriksaan dan dilakukan proses pengujian. Untuk itu dipersiapkan beberapa langkah untuk menyiapkan spesimen uji seperti :

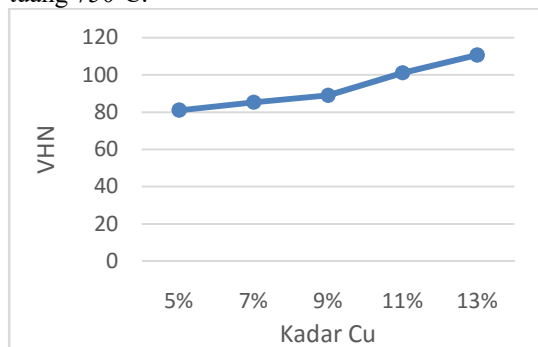
1. Pemotongan spesimen sesuai spesimen uji
2. Pengujian uji vickers
3. Pengujian struktur mikro
4. Pengujian uji keausan

## 4. Hasil dan Pembahasan

### 4.1 Data Hasil Uji Kekerasan (Vickers)

Untuk mengetahui kekerasan pada setiap spesimen maka dilakukan pengujian vickers (kekerasan) dan dilakukan sesuai prosedur penelitian.

Hasil analisis data uji kekerasan pada temperatur tuang  $750^{\circ}\text{C}$ .

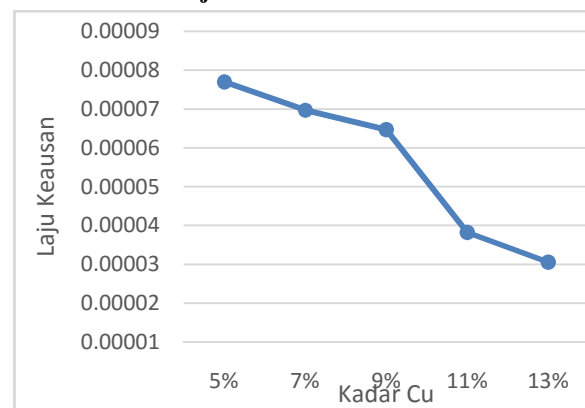


Gambar. 1 Hasil Uji Kekerasan

Data gambar di atas dapat disimpulkan bahwa kekerasan vickers paling tinggi didapatkan dari

paduan aluminium silikon (Al-7%Si) dengan penambahan tembaga 13% sebesar  $110,734$  VHN, sedangkan kekerasan vickers paling kecil terdapat pada paduan aluminium silikon (Al-7%Si) dengan penambahan tembaga 5% hanya memiliki nilai 81 VHN. Hal ini dikarenakan nilai kekerasan vickers meningkat dengan bertambahnya prosentase tembaga dalam paduan, hal ini terjadi karena pada saat penambahan Cu semakin besar, Si mempunyai kecenderungan untuk membentuk suatu kelompok dan sebagian menyebar ke dalam paduan. Dengan masuknya silikon ke dalam logam paduan maka akan menjadi lebih keras, hal tersebut disebabkan karena silikon sendiri lebih keras dari pada aluminium, disamping itu juga disebabkan dengan masuknya silikon maka diperlukan energi yang lebih besar untuk mendeformasikan material tersebut. Selain itu adanya Cu yang kurang dari batas kelarutannya maka Cu tersebut larut dalam Al membentuk solid solution dan membentuk presipitat. Presipitat adalah fasa transisi sebelum fasa baru terbentuk. Presipitat ini akan menyebabkan terjadinya tegangan pada lattis kristal Al, karena presipitat ini tersebar merata dalam lattis kristal maka dapat dikatakan seluruh lattis menjadi tegang sehingga menyebabkan kekerasan menjadi naik. Dengan bertambahnya Cu maka Al<sub>2</sub>Cu yang terbentuk juga semakin besar, sehingga lattis kristal akan semakin tegang, dengan semakin tegangnya lattis kristal inilah yang menyebabkan tingginya nilai kekerasan dengan dinaikkannya Cu.

### 4.2 Data Hasil Uji Keausan



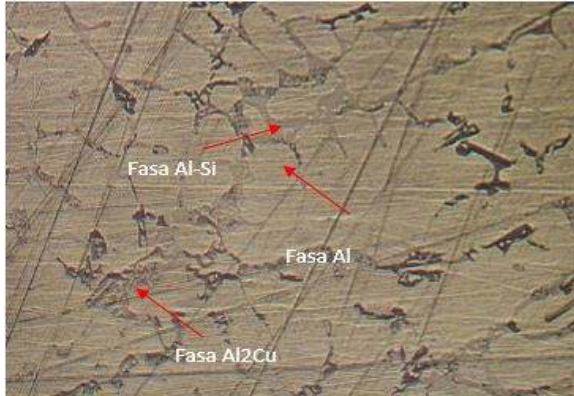
Gambar. 2 Hasil Uji Keausan

Data gambar di atas dapat disimpulkan bahwa laju keausan paling tinggi didapatkan dari paduan aluminium silikon (Al-7%Si) dengan penambahan tembaga 5% sebesar  $76933 \times 10^{-4}$  gr/m sedangkan laju keausan paling kecil terdapat pada paduan aluminium silikon (Al-7%Si) dengan penambahan tembaga 13% sebesar  $30533 \times 10^{-4}$  gr/m.

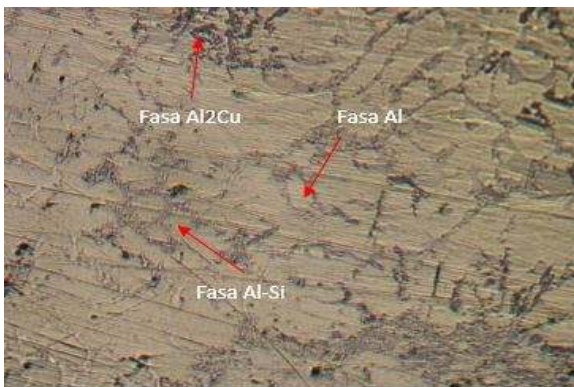
### 4.3 Data Hasil Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro dimulai dengan cara abradasi menggunakan amplas. Amplas yang digunakan menggunakan grade 500, 1000, dan 1500. Proses selanjutnya yang dilakukan adalah proses

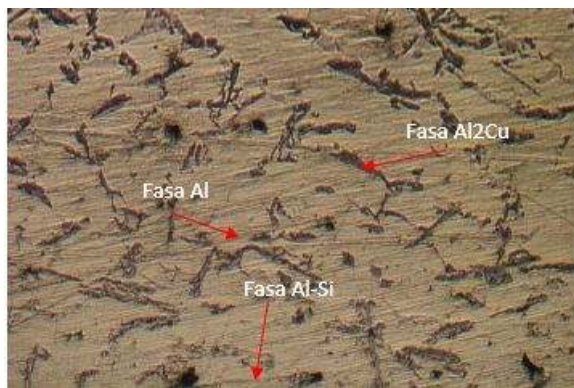
polishing, proses ini dilakukan untuk menghilangkan goresan tipis di permukaan spesimen dengan cara menggosokkan spesimen ke permukaan kain dengan kehalusan yang berkisar dari 6 mikron - 1 mikron. Setelah proses polishing selesai maka akan dilakukan uji struktur mikro. Hasil pengamatan struktur mikro dari paduan dapat dilihat pada gambar.



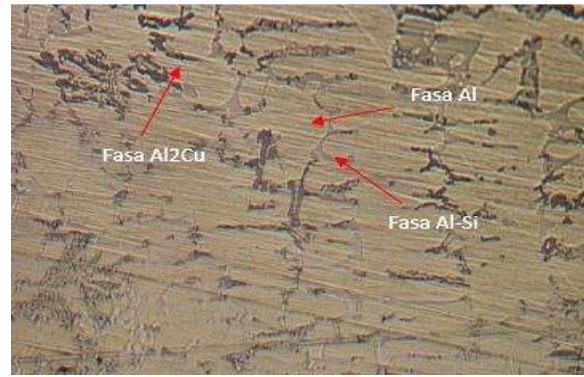
**Gambar 3. Gambar struktur mikro paduan Al-7%Si dengan penambahan tembaga 5%**



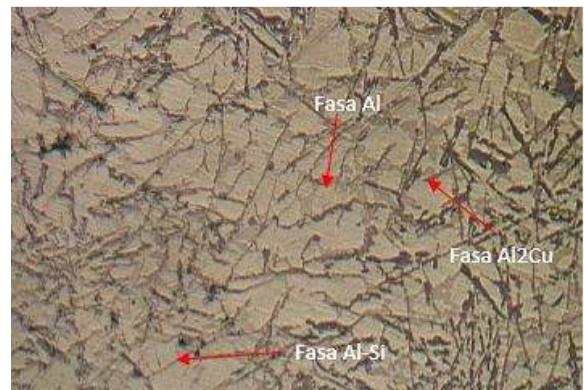
**Gambar 4. Gambar struktur mikro paduan Al-7%Si dengan penambahan tembaga 7%**



**Gambar 5. Gambar struktur mikro paduan Al-7%Si dengan penambahan tembaga 9%**



**Gambar 6. Gambar struktur mikro paduan Al-7%Si dengan penambahan tembaga 11%**



**Gambar 7. Gambar struktur mikro paduan Al-7%Si dengan penambahan tembaga 13%**

Dari gambar struktur mikro di atas dapat dilihat bahwa pada paduan coran aluminium silikon (Al-7%Si) dengan penambahan tembaga (Cu) terbentuk tiga fase utama, yaitu fase Aluminium (Al), Aluminium-Silikon (AlSi), dan Aluminium-Tembaga (Al<sub>2</sub>Cu). Fase aluminium yang memiliki warna paling terang dari fase lainnya adalah larutan padat primer. Fase AlSi (berwarna kelabu terang). Fase ini terbentuk karena jumlah prosentase silikon (Si) yang cukup besar yaitu 7%, fase ini umumnya dapat meningkatkan tingkat kekerasan dan dapat menghambat laju korosi. Fase Al<sub>2</sub>Cu yang berwarna kelabu kehitam-hitaman akan meningkatkan kekuatan dari kekerasan paduan.

## 5. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa penambahan komposisi tembaga pada paduan aluminium silikon (Al-7%Si) meningkatkan kekuatan kekerasan (Vickers) dari paduan. Nilai kekerasan (Vickers) tertinggi terdapat pada paduan aluminium silikon (Al-7%Si) dengan penambahan tembaga 13% yang mencapai angka 110,734 VHN sedangkan nilai kekerasan paling kecil terdapat pada paduan aluminium silikon (Al-7%Si) dengan penambahan tembaga 5% yang hanya memiliki nilai 81 VHN. Paduan ini juga memiliki nilai uji keausan yang berbanding terbalik dengan uji kekerasannya. Hasil pengujian keausan yang menunjukkan nilai laju keausan tertinggi pada paduan aluminium

silikon(Al7%Si) dengan penambahan komposisi tembaga (Cu) 5% dan nilai laju keausan yang terendah pada paduan aluminium silikon(Al-7%Si) dengan penambahan komposisi tembaga (Cu) 13%. Hasil pengamatan struktur mikro menunjukkan bahwa terbentuk 3 fasa yang pada pengecoran paduan ini, fasa aluminium (Al), fasa Aluminium silikon dan fasa aluminium silikon (Al-Si), dan fasa aluminium tembaga (Al<sub>2</sub>Cu).

#### Daftar Pustaka

- [1] Setyawan, S. **Pengaruh Variasi Penambah Tembaga (Cu) dan Jenis Cetakan pada Proses Pengecoran Terhadap Tingkat Kekerasan Paduan Aluminium Silikon (Al-Si)**. Universitas Sebelas Maret Surakarta, 2006.
- [2] Kirono Sasi, Julianto Agung. **Analisa Sifat Karakteristik Blok Silinder Liner Bahan Aluminium Silikon**. Jurnal Ilmiah. Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Jakarta, 2014.
- [3] Surdia, Tata dan Saito, S. **Pengatahuan Bahan Teknik**. Jakarta : Universitas Sebelas Maret, 1982.
- [4] Jorstrad, John.L, Rasmussen, Wayne.M. **Aluminium Casting Technology. 2nd edition**. Illinois : The American Foundry Society, 1993.
- [5] Jorstad, John.L, Rasmussen, Wayne.M. **Aluminium Casting Technology-. 2nd edition**. Illinois : The American Foundry Society, 1993.