

## PENGARUH PENAMBAHAN UNSUR TEMBAGA (Cu) TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS MATERIAL CHASSIS BERBAHAN DASAR LIMBAH ALUMINIUM HASIL PENGECORAN HPDC

\*Tri Joko Sampurno<sup>1</sup>, Athanasius Priharyoto Bayuseno<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

\*E-mail: [trijokosampurna@gmail.com](mailto:trijokosampurna@gmail.com)

### Abstrak

*Chassis* adalah rangka yang berfungsi sebagai penopang berat kendaraan, mesin serta penumpang. *Chassis* dibuat dengan material Aluminium limbah melalui proses pengecoran. HPDC (*High Pressure Die Casting*) merupakan salah satu metode dalam proses pengecoran yang memiliki keunggulan dibandingkan dengan metode pengecoran yang lain. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan data nilai porositas, kekuatan tarik, kekerasan, dan struktur mikro sehingga dapat dibandingkan sifat mekanis antara produk *chassis* dengan penambahan unsur tembaga (Cu) dan tanpa penambahan unsur tembaga (Cu). Dalam penelitian ini, HPDC dilakukan pada tekanan konstan 7 MPa dan variasi penambahan unsur tembaga (Cu) 0 wt%, 2 wt%, dan 4 wt%. Uji porositas dilakukan dengan menggunakan hukum Archimedes yaitu menimbang massa basah dan kering spesimen uji. Uji tarik menggunakan *Universal Testing Machine*, uji kekerasan menggunakan metode Rockwell dengan skala B, dan uji struktur mikro menggunakan mikroskop optik dengan perbesaran 200X. Hasil pengujian porositas menunjukkan bahwa porositas semakin menurun, pada variasi 0% Cu porositas sebesar 7.85%, pada variasi 2% Cu sebesar 4.02%, dan pada variasi 4% Cu sebesar 3.54%. Hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa kekuatan tarik menurun seiring bertambahnya persentase Cu, pada variasi 0% Cu sebesar 161.4 MPa, pada variasi 2% Cu sebesar 156.9 MPa, dan pada variasi 4% sebesar 72.4 Mpa. Hal ini terjadi karena material semakin getas. Hasil struktur mikro menunjukkan bahwa semakin banyak unsur Cu semakin kecil ukuran butir.

**Kata kunci:** HPDC, Kekuatan Tarik, Porositas

### Abstract

*Chassis* is a framework that serves to support vehicle weight, engine and passenger. Aluminium chassis made from waste material through the casting process. HPDC (*High Pressure Die Casting*) is one of the methods in the casting process that has advantages over other casting methods. This study aims to get the data of porosity, tensile strength, hardness, and micro structure so the mechanical properties between the chassis product with the addition of the elements copper (Cu) and without the addition of the elements copper (Cu) can be compared. In this study, HPDC was performed at a constant pressure of 7 MPa and various additional elements of copper (Cu) 0 wt%, 2 wt% and 4 wt%. Porosity test was performed using Archimedes law which measures wet and dry mass of test specimens. Tensile test used an *Universal Testing Machine*, Rockwell hardness testing method with scale B, and test micro structure using an optical microscope with a magnification of 200X. The porosity test results showed that the porosity decreases, on the variation of 0% porosity amounted to 7.85% Cu, the variation of 2% Cu at 4.02%, and the variation of 4% Cu at 3.54%. Tensile test results showed that the tensile strength decreased with increasing percentage of Cu, the variation of 0% Cu amounted to 161.4 MPa, the variation of 2% Cu amounted to 156.9 MPa, and the variation of 4% amounting to 72.4 MPa. This happens because the material more brittle. The result of microstructure shows that more elements of Cu, grain size will be smaller.

**Keywords:** HPDC, Tensile Strength, dan Porosity

### 1. Pendahuluan

*Chassis* adalah rangka yang berfungsi sebagai penopang berat kendaraan, mesin serta penumpang. Biasanya chassis terbuat dari kerangka baja yang memegang *body* dan *engine* dari sebuah kendaraan. Material tersebut harus memiliki kekuatan untuk menopang beban dari kendaraan. *Chassis* juga berfungsi untuk menjaga agar mobil tetap rigid, kaku dan tidak mengalami *bending*. Berdasarkan fungsinya tersebut, dapat disimpulkan bahwa *chassis* merupakan salah satu komponen vital dalam kendaraan bermotor [1].

Untuk memenuhi kebutuhan pasar global akan produk *chassis* dengan kualitas bahan yang bagus, tentu saja tidak terlepas dari bagaimana produk tersebut dibuat, mulai dari proses pengecoran (*casting*), pemanasan (*heating*), sampai ke proses akhir (*finishing*). Berbagai upaya dilakukan untuk meningkatkan mutu dan kualitas dari *chassis* tersebut, salah satunya dengan melakukan penambahan berbagai jenis unsur paduan dan proses perlakuan panas. Oleh karena itu pada penelitian ini akan diteliti sifat mekanis dan struktur mikro dari *chassis* dengan bahan dasar aluminium limbah dengan penambahan unsur tembaga (Cu), dimana proses pembentukannya melalui proses HPDC (*High Pressure Die Casting*).

Penelitian yang dilakukan merupakan pembahasan hasil pengecoran HPDC dengan bahan baku aluminium limbah dengan variasi penambahan unsur tembaga (Cu). Pengujian-pengujian yang akan dilakukan antara lain pengujian tarik, kekerasan, pengujian densitas dan porositas serta struktur mikro. Sehingga penelitian yang telah dilakukan diharapkan dapat membuktikan bahwa penambahan suatu unsur ke dalam bahan baku *chassis*, dapat meningkatkan sifat fisis dan mekanis *chassis* tersebut. Bentuk *chassis* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. *Chassis* [2]

Tujuan penelitian ini adalah membandingkan sifat fisis dan mekanis *chassis* hasil proses HPDC (*High Pressure Die Casting*) dengan penambahan unsur tembaga (Cu) dan tanpa penambahan unsur tembaga (Cu).

## 2. Bahan dan Metode Penelitian

### 2.1 Bahan Yang Digunakan

#### A. Aluminium Ingot

Pada gambar 2 terlihat Aluminium ingot yang terbuat dari aluminium daur ulang yang selanjutnya akan dipotong agar mempercepat proses peleburan dan mempermudah untuk menimbang sesuai dengan masa yang diinginkan.



Gambar 2. Aluminium Ingot

#### B. Serbuk Silikon

Serbuk silikon digunakan untuk ditambahkan pada saat proses peleburan Aluminium ingot berlangsung yang selanjutnya akan dilakukan proses *stirring* terlebih dahulu sebelum dimasukkan ke dalam cetakan. Banyaknya serbuk silikon yang ditambahkan ke dalam leburan adalah 10% wt.

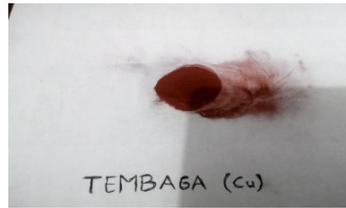


Gambar 3. Serbuk Silikon

#### C. Serbuk Tembaga (Cu)

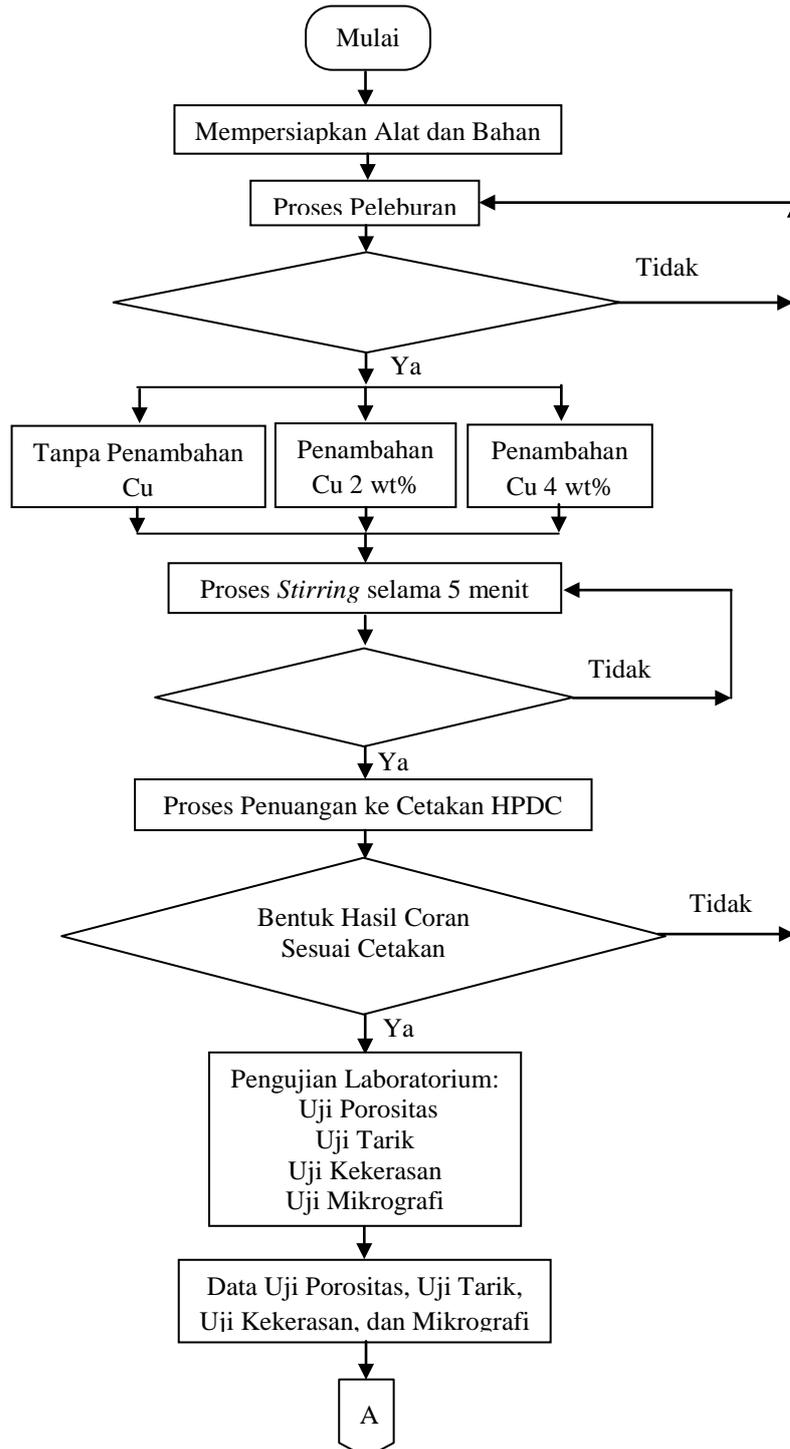
Serbuk tembaga digunakan untuk ditambahkan pada saat proses peleburan aluminium ingot berlangsung yang selanjutnya akan dilakukan proses *stirring* terlebih dahulu sebelum dimasukkan ke dalam cetakan. Banyaknya

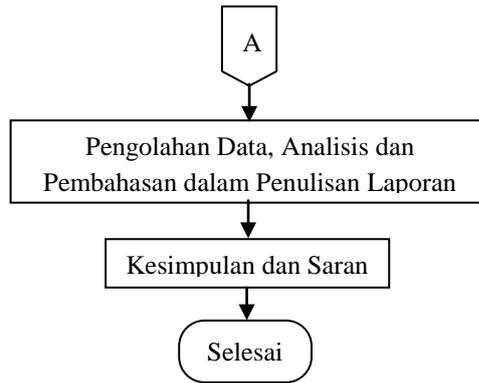
serbuk tembaga yang ditambahkan ke dalam leburan tergantung dari massa aluminium ingot yang digunakan. Penambahan serbuk tembaga ini dilakukan dengan tiga variasi yaitu, 0 wt%, 2 wt%, dan 4 wt%.



Gambar 4. Serbuk Tembaga (Cu)

## 2.2 Diagram Alir Penelitian





Gambar 5. Diagram Alir Penelitian

### 2.3 Pengujian Spesimen

#### A. Pengujian Porositas

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui porositas dari produk hasil pengecoran atau spesimen uji. Untuk menentukan porositas, spesimen terlebih dahulu ditimbang. Penimbangan pertama yaitu menentukan sampel kering. Penimbangan kedua dicelupkan ke dalam gelas beaker yang berisi air untuk menentukan massa basah nya. Hal ini bertujuan untuk menentukan densitas spesimen.

Pengukuran densitas meliputi nilai aktual dan teoritis. Standar pengujian yang digunakan adalah ASTM C373 [3]. Untuk menghitung nilai densitas aktual dan teoritis digunakan persamaan:

##### 1. Densitas aktual:

$$\rho_m = \frac{m_s}{(m_s - m_g)} \times \rho_{H_2O} \dots \dots \dots (1)$$

##### 2. Densitas teoritis (total):

$$\rho_{th} = \rho_{Al} \cdot V_{Al} + \rho_{Si} \cdot V_{Si} + \rho_{Mg} \cdot V_{Mg} \dots \dots \dots (2)$$

dimana:

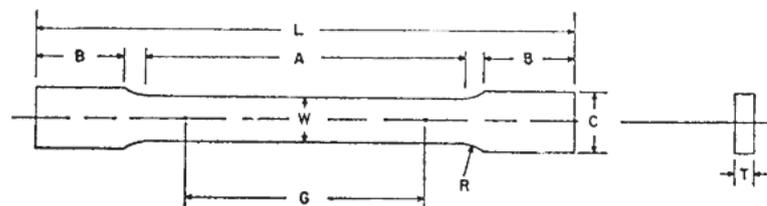
$\rho_m$	= densitas aktual (gram/cm <sup>3</sup> )	$\rho_{Al}$	= densitas Al (gram/cm <sup>3</sup> )
$m_s$	= massa sampel kering (gram)	$\rho_{Si}$	= densitas Si (gram/cm <sup>3</sup> )
$m_g$	= massa sampel di dalam air (gram)	$V_{Al}$	= fraksi volume Al
$\rho_{H_2O}$	= massa jenis air = 1 gram/cm <sup>3</sup>	$V_{Si}$	= fraksi volume Si
$\rho_{th}$	= densitas teoritis (gram/cm <sup>3</sup> )		

Dengan diketahuinya densitas aktual dan densitas teoritis menggunakan Persamaan (1 dan 2), maka porositas spesimen uji dapat ditentukan dengan Persamaan (3).

$$Porosity = 1 - \frac{\rho_m}{\rho_{th}} \dots \dots \dots (3)$$

#### B. Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan dengan berpedoman standar pengujian ASTM E 8M-04. Dalam pengujian ini akan didapatkan kurva tegangan-regangan. Spesimen yang digunakan dalam pengujian tersebut adalah seperti Gambar 6 [4].



Gambar 6. Spesimen Uji Tarik.

Ukuran-ukuran penting pada spesimen uji tarik adalah sebagai berikut:

W (lebar spesimen)	= 6 mm	T (tebal spesimen)	= 6 mm
G (panjang ukur)	= 25 mm	R (radius fillet)	= 6 mm
A (panjang seksi reduksi)	= 32 mm	C (lebar bagian grip)	= 10 mm

### C. Pengujian Kekerasan

Metode pengujian kekerasan yang digunakan adalah metode *Rockwell*. Metode *Rockwell* termasuk salah satu metode pengukuran kekerasan berdasarkan lekukan. Dalam metode ini *penetrator* ditekan dalam benda uji. Harga kekerasan didapat dari perbedaan kedalaman dari beban mayor dan minor. Beban minor dari metode *Rockwell* adalah 10 kgf sedangkan beban mayor sendiri adalah 60 kgf untuk HRA, 100 kgf untuk HRB, dan 150 kgf untuk skala HRC. Pembebanan mayor tergantung dari jenis material yang akan di uji. Untuk pengujian kekerasan Aluminium limbah dengan penambahan unsur Magnesium (Mg) menggunakan skala HRB dengan beban mayor 100 kgf dan Indentor yang digunakan yaitu *steel ball 1/16"* [5]. Pengujian dilakukan dengan menguji kekerasan spesimen uji pada 7 titik.



Gambar 7. *Rockwell Hardness Tester*.

### D. Pengujian Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro dilakukan untuk mengetahui distribusi partikel magnesium di dalam matriks aluminium limbah dan untuk melihat struktur mikro yang dihasilkan masing-masing spesimen uji dengan berpedoman pada standar pengujian *ASTM International*. Sebelum dilakukan pengujian, spesimen diamplas. Kemudian spesimen dilakukan proses *polishing*, untuk menghilangkan goresan halus sehingga tampak mengkilap. Spesimen dicelupkan ke dalam larutan Keller's yaitu 2,5 ml  $\text{HNO}_3$  + 1 ml HF + 1,5 ml HCl + 95 ml aquades. Spesimen uji dicelupkan ke dalam larutan Keller's selama kurang lebih 60 detik, kemudian dibilas menggunakan air hangat dan dikeringkan dengan *tissue*. Sebelum dilakukan pengamatan spesimen uji didiamkan selama 24 jam. Setelah 24 jam spesimen uji diamati struktur mikronya menggunakan mikroskop optik dengan perbesaran 200X [6].

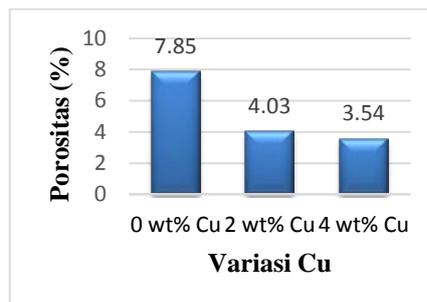


Gambar 8. Pengujian Struktur Mikro.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Hasil Pengujian Porositas

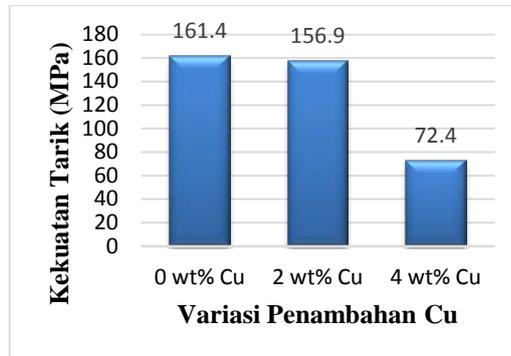
Dengan melakukan perhitungan maka didapatkan nilai porositas pada masing-masing spesimen. Spesimen dengan penambahan unsur tembaga 0 wt% mempunyai porositas sebesar 7.85%, pada spesimen dengan penambahan unsur tembaga 2 wt% mempunyai porositas sebesar 4.03%, sedangkan pada spesimen dengan penambahan unsur tembaga 4 wt% mempunyai porositas sebesar 3.54%. Sebagai penjelasan lebih lanjut data yang dihasilkan dapat ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 6. Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa pada penambahan unsur tembaga yang lebih banyak maka porositas akan semakin menurun.



Gambar 9. Porositas dengan berbagai variasi Cu.

### 3.2 Hasil Pengujian Tarik

Dengan melakukan perhitungan maka didapatkan nilai tegangan tarik pada masing-masing spesimen. Spesimen dengan variasi penambahan tembaga 0% mempunyai kekuatan tarik sebesar 161.4 MPa, pada spesimen dengan variasi penambahan tembaga 2% mempunyai kekuatan tarik sebesar 156.9 MPa, sedangkan pada spesimen dengan variasi penambahan tembaga 4% mempunyai kekuatan tarik sebesar 72.4 MPa. Sebagai penjelasan lebih lanjut data yang dihasilkan dapat ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 10.

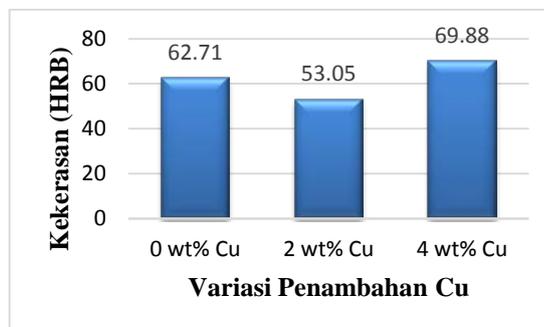


Gambar 10. Hasil kekuatan tarik dengan berbagai variasi Cu.

Dari Gambar 10 dapat disimpulkan bahwa kekuatan tarik spesimen *chassis* dengan variasi Cu 0 wt% memiliki kekuatan tarik lebih tinggi dibanding dengan spesimen *chassis* dengan variasi 2 wt% dan 4 wt% Cu. Hal ini disebabkan karena adanya porositas pada saat proses pengecoran. Perbedaan porositas ini disebabkan karena faktor pengecoran spesimen, pada saat proses pengecoran banyak udara (gas hidrogen) yang terjebak di dalam cairan ketika dilakukan penekanan mesin HPDC.

### 3.3 Hasil Pengujian Kekerasan

Dengan melakukan perhitungan maka didapatkan nilai kekerasan pada masing-masing spesimen. Spesimen dengan variasi penambahan tembaga 0% mempunyai kekerasan sebesar 62.71 HRB, pada spesimen dengan variasi penambahan tembaga 2% mempunyai kekerasan sebesar 53.05 HRB, sedangkan pada spesimen dengan variasi penambahan tembaga 4% mempunyai kekerasan sebesar 69.88 HRB. Sebagai penjelasan lebih lanjut data yang dihasilkan dapat ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 11.

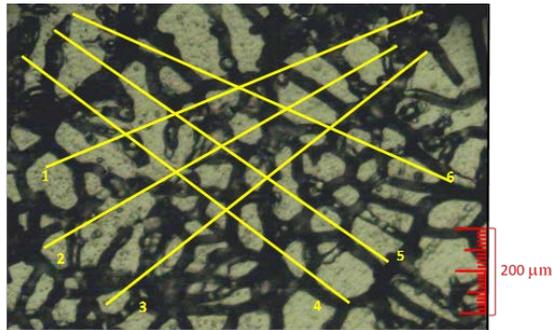


Gambar 11. Nilai kekerasan dengan berbagai variasi Cu.

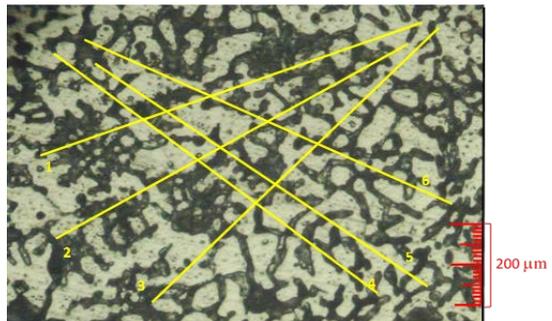
Dari Gambar 11 dapat dilihat bahwa nilai kekerasan paduan Al-Si-Cu dengan variasi penambahan tembaga 4 wt% merupakan nilai kekerasan tertinggi pada setiap posisi pengukurannya. Hal ini terjadi karena ukuran butir yang kecil sehingga paduan memiliki jarak antar butir kristal yang lebih rapat.

### 3.4 Hasil Pengujian Struktur Mikro

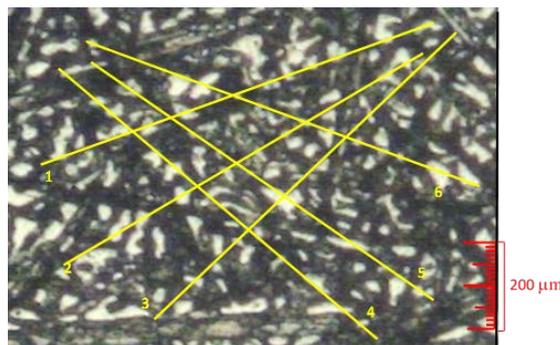
Pengujian struktur mikro produk *chassis* hasil pengecoran HPDC dengan penambahan unsur tembaga bertujuan untuk mengetahui bentuk struktur mikro pada variasi penambahan unsur tembaga 0 wt%, 2 wt%, dan 4 wt% pada posisi kiri, tengah, dan kanan produk *chassis*. Hasil dari pengujian struktur mikro ini diharapkan dapat memperkuat hasil dari pengujian kekerasan, karena dengan pengamatan struktur mikro dapat terlihat susunan dan struktur kristal paduan Al-Si-Cu yang terbentuk menggunakan mikroskop optik dengan perbesaran 200X.



**Gambar 12.** Struktur mikro variasi 0 wt% Cu.



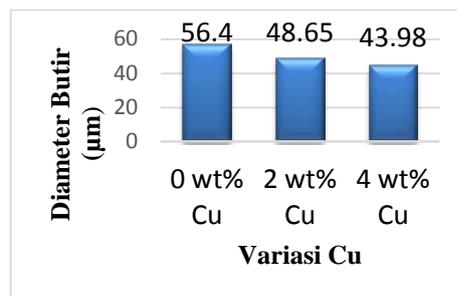
**Gambar 13.** Struktur mikro variasi 2 wt% Cu.



**Gambar 14.** Struktur mikro variasi 4 wt% Cu.

Struktur yang berwarna terang adalah matrik aluminium, unsur Si berwarna gelap dengan struktur seperti jarum-jarum dan tembaga terlihat gumpalan keabu-abuan. Distribusi partikel tembaga terdapat perbedaan sesuai dengan banyaknya unsur tembaga yang ditambahkan. Adanya partikel tembaga dalam matrik Al-Si berpengaruh terhadap struktur mikro.

Dengan melakukan perhitungan maka didapatkan diameter butir pada masing-masing spesimen. Spesimen dengan variasi penambahan tembaga 0% mempunyai diameter butir sebesar 57.43  $\mu\text{m}$ , pada spesimen dengan variasi penambahan tembaga 2% mempunyai diameter butir sebesar 48.65  $\mu\text{m}$ , sedangkan pada spesimen dengan variasi penambahan tembaga 4% mempunyai diameter butir sebesar 43.98  $\mu\text{m}$ . Sebagai penjelasan lebih lanjut data yang dihasilkan dapat ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 15.



**Gambar 15.** Diameter butir dengan variasi penambahan Cu.

Dari Gambar 15 dapat dilihat bahwa pada variasi penambahan 4 wt% Cu ukuran butir menunjukkan hasil yang paling kecil. Semakin kecil ukuran butir, maka susunan butir menjadi lebih rapat dan lebih sulit terjadi dislokasi pada butir, sehingga kekerasan material akan meningkat. Pada variasi penambahan 0 wt% dan 2 wt% Cu menunjukkan nilai ukuran butir yang lebih besar dari ukuran butir pada variasi penambahan 4 wt% Cu. Hal ini menyebabkan nilai kekerasannya menjadi lebih rendah karena struktur butir lebih mudah terjadi dislokasi.

#### 4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa porositas, kekuatan tarik, kekerasan dan struktur mikro *prototype chassis* hasil proses HPDC (*High Pressure Die Casting*) dipengaruhi oleh variasi penambahan unsur tembaga (Cu). Porositas akan menurun seiring dengan penambahan unsur Cu dalam paduan aluminium. Tingkat porositas terendah terdapat pada penambahan 4% Cu yaitu sebesar 3.54 %, sedangkan pada variasi penambahan 2% dan 0% sebesar 4.02% dan 7.85%. Tegangan tarik aluminium menurun seiring dengan penambahan unsur Cu. Kekuatan tertinggi pada penambahan 0% Cu sebesar 161.4 MPa dan pada penambahan 2% Cu sebesar 156.9 Mpa, dan pada penambahan unsur 4% Cu sebesar 72.4 Mpa. Kekerasan aluminium pada penambahan 0% Cu yaitu sebesar 62.71 HRB, sedangkan pada variasi penambahan 2% dan 4% sebesar 53.05 HRB dan 69.88 HRB. Dari struktur mikro terlihat adanya perbedaan struktur butir, material tanpa variasi Cu dengan variasi Cu dan memiliki ukuran butir yang berbeda. Berdasarkan hasil pengujian diketahui bahwa pada penambahan unsur Cu 4 wt% memiliki nilai kekerasan yang paling tinggi. Hal ini terjadi karena ukuran butir lebih kecil daripada variasi 0% dan 2% Cu. Dimana jarak antar butir kristal semakin rapat dan tidak mudah terjadi dislokasi dan kekerasannya akan meningkat.

#### 5. Daftar Pustaka

- [1] Anonymous, "The Aluminium Automotive Manual, Applications – Chassis & Suspension - Subframes", <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/39251/4/Chapter%20II.pdf>, diakses: 30 Maret 2015.
- [2] The Aluminium Automotive Manual "AAM Applications Chassis Suspension 1 Subframes pp. 10".
- [3] ASTM C373. 1999. "Standard Test Method for Water Absorbtion, Bulk Density, Apparent Porosity, and Apparent Specific Gravity of Fired Whiteware Products".
- [4] ASTM E 8M-04,2004, "Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials"
- [5] ASTM E18-11, 2012, "Standard Test Method for Rockwell Hardness of Metalic Material"
- [6] ASTM International, 200, "Standard Test Methods for Determining Average Grain Size", Designation E 112 - 96, Unites States.