

PENGARUH PENAMBAHAN UNSUR TEMBAGA (*Cu*) TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS MATERIAL *CHASSIS* BERBAHAN DASAR LIMBAH ALUMINIUM HASIL PENGECORAN HPDC YANG DISERTAI PERLAKUAN PANAS (*HEAT TREATMENT*)

*Pandhu Madyantoro Ardi¹, Athanasius Priharyoto Bayuseno²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +6224-7460053

*E-mail: pandhuardi@gmail.com

Abstrak

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*) juga membandingkan nilai kekerasan, kekuatan tarik, dan struktur mikro spesimen yang melalui proses perlakuan panas (*heat treatment*) dengan spesimen tanpa perlakuan panas. 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 kekerasan menunjukkan bahwa spesimen dengan perlakuan panas meningkatkan kekerasannya, spesimen tanpa perlakuan panas dengan variasi 0% *Cu* nilai kekerasan sebesar 62,71 HRB pada variasi 2% *Cu* sebesar 53,05 HRB dan pada variasi 4% *Cu* sebesar 69,88 HRB. Spesimen perlakuan panas dengan variasi 0% *Cu* nilai kekerasan sebesar 66,31 HRB pada variasi 2% *Cu* sebesar 77,30 HRB dan pada variasi 4% *Cu* sebesar 53,95 HRB. Hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa kekuatan tarik spesimen dengan perlakuan panas meningkat seiring bertambahnya persentase *Cu*, pada variasi 0% *Cu* sebesar 157,3 MPa, pada variasi 2% *Cu* sebesar 56,09 MPa, dan pada variasi 4% sebesar 190,3 MPa, hal ini terjadi karena spesimen menjadi semakin ulet. Hasil struktur mikro menunjukkan bahwa semakin banyak unsur tembaga semakin kecil ukuran butirnya.

Kata kunci: HPDC, porositas, uji tarik, dan kekerasan.

Abstract

This research aims to obtain value of porosity, tensile strength, hardness, and micro structure, so the mechanical properties can be compared between the chassis product with and without addition of copper (Cu) and also to compare hardness value, tensile strength, and micro structure between the chassis product of copper alloys without heat treatment process and with the heat treatment process. In this research, HPDC performed at a constant pressure of 7 MPa and variation of addition Copper is 0 wt%, 2 wt%, and 4 wt%. Porosity test performed using the Archimedes law that use mass of wet and dry specimen, tensile strength test using an Universal Testing Machine, hardness test using Rockwell method with the scale of B, and test the microstructure using an optical microscope with a magnification of 200X. The results of hardness test showed that the composition of specimen with heat treatment is increased. The specimen without heat treatment showed with composition Cu at 0% is 62.71 HRB, at 2% is 53.05 HRB, and at 4% is 69.88 HRB, while the specimen through a process of heat treatment, with composition at Cu 0% is 66.31 HRB, at 2% is 77.30 HRB, and at 4% is 53.95 HRB. The results of tensile test showed that tensile strength of specimen with heat treatment was increased by increasing percentage of Cu, at variation 0% is 157.3 MPa, at 2% is 56.09 MPa, and at 4% is 190.3 MPa, it happens due to ductility the specimen was increased. The results of the micro structure showed the more copper added caused the smaller grain size.

Key words: HPDC, porosity, tensile test, and hardness.

1. Pendahuluan

Berat *body* kendaraan, mesin, sampai berat penumpang ditopang oleh sebuah *chassis* yang terbuat dari kerangka baja. *Chassis* terbuat dari logam ataupun komposit yang mana material tersebut harus memiliki kekuatan untuk menopang seluruh beban dari kendaraan. Peran *chassis* yang lain adalah untuk menjaga mobil tetap kokoh, kaku, dan tidak mengalami bending. Berdasarkan fungsinya tersebut, dapat dikatakan bahwa *chassis* merupakan salah satu *part*

kendaraan roda 4 (atau lebih) yang sangat berperan penting. *Body* kendaraan pun dibentuk sesuai dengan struktur *chassis* saat proses manufaktur [1].

Untuk meningkatkan mutu dan kualitas dari sebuah mobil yang terfokuskan pada *chassis* adalah dengan melakukan penambahan berbagai jenis unsur paduan dan proses perlakuan panas. Pabrikan otomotif dapat menciptakan produk *chassis* dengan kualitas bahan yang hampir sempurna, tidak terlepas dari tahap demi tahap produk tersebut dibuat, mulai dari pengecoran (*casting*), pemanasan (*heating*), hingga proses akhir (*finishing*). 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*).

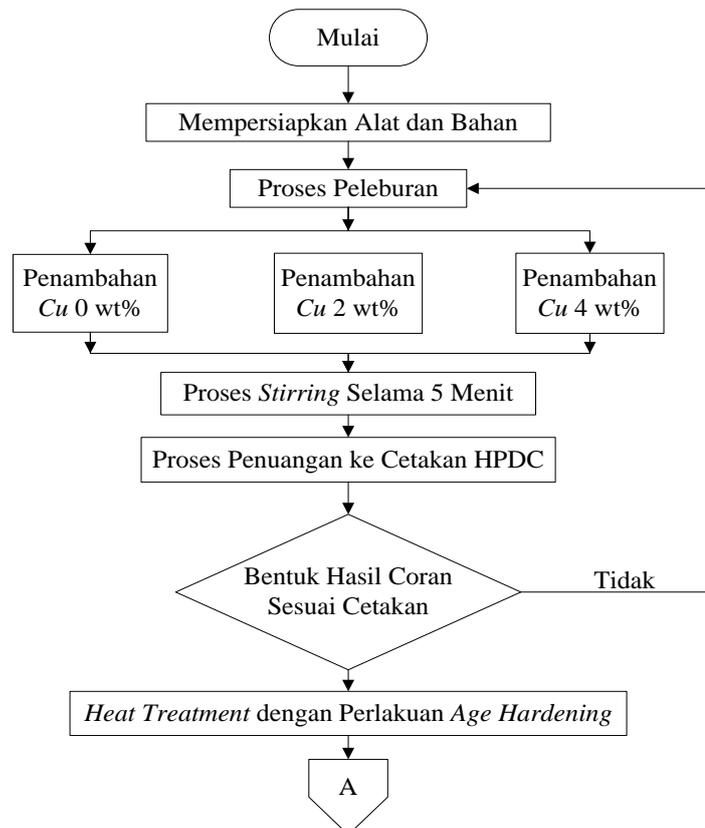
Penelitian yang dilakukan merupakan pembahasan hasil pengecoran HPDC dengan bahan baku aluminium limbah dengan variasi penambahan unsur tembaga (*Cu*) yang disertai perlakuan panas (*heat treatment*). Pengujian-pengujian yang akan dilakukan antara lain pengujian tarik, kekerasan, pengujian densitas dan 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.

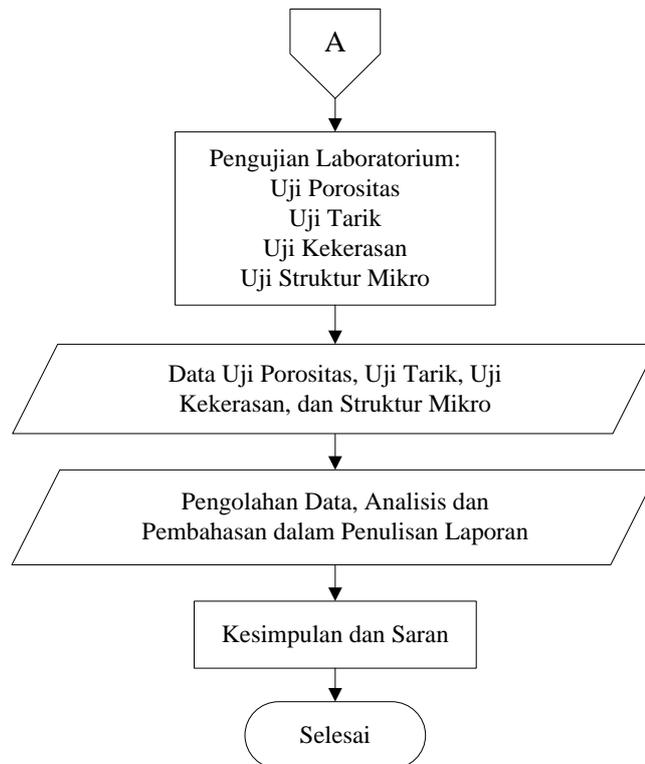


Gambar 1. *Chassis* [1].

2. Bahan dan Metode Penelitian

2.1 Diagram Alir Penelitian





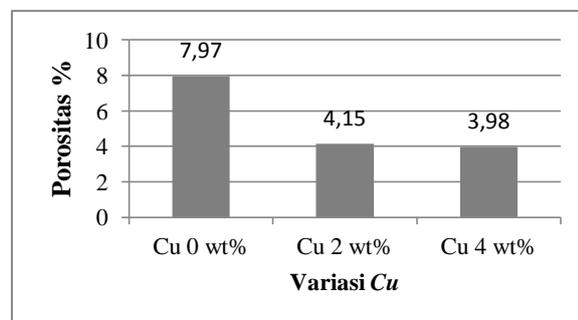
Gambar 2. Diagram Alir Penelitian.

3. Hasil dan Pembahasan

Setelah spesimen mendapatkan bentuk yang sesuai, spesimen diberi perlakuan panas dengan *solution treatment* dengan temperatur 540°C selama 2 jam kemudian dilakukan *quenching* menggunakan air keran setelah itu spesimen diberi perlakuan *Artificial Aging* dengan temperatur 150°C selama 4 jam, setelah proses *heat treatment* kemudian dilakukanlah pengujian [2].

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 7,97%, pada spesimen dengan penambahan unsur tembaga 2 wt% mempunyai porositas sebesar 4,15%, sedangkan pada spesimen dengan penambahan unsur tembaga 4 wt% mempunyai porositas sebesar 3,98%. Sebagai penjelasan lebih lanjut data yang dihasilkan dapat ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 3. Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa pada penambahan unsur tembaga yang lebih banyak maka porositas akan semakin menurun [3].

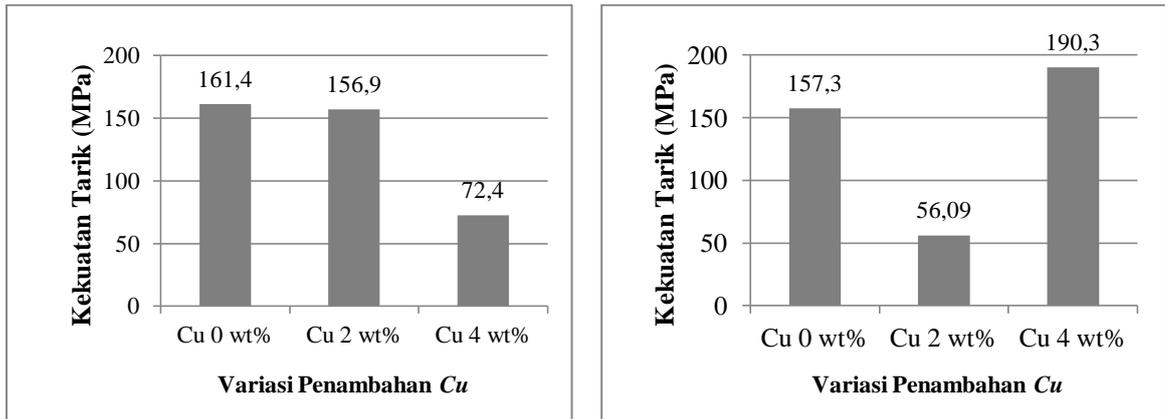


Gambar 3. Porositas dengan Berbagai Variasi Cu.

3.2 Hasil Pengujian Tarik

Dengan melakukan perhitungan maka didapatkan nilai tegangan tarik pada masing-masing spesimen. Spesimen tanpa perlakuan panas dengan variasi penambahan tembaga 0% mempunyai kekuatan tarik sebesar 161,4 MPa, tembaga 2% mempunyai kekuatan tarik sebesar 156,9 MPa, dan tembaga 4% mempunyai kekuatan tarik sebesar 72,4 MPa. Spesimen dengan perlakuan panas dengan variasi penambahan tembaga 0% mempunyai kekuatan

tarik sebesar 157,3 MPa, tembaga 2% mempunyai kekuatan tarik sebesar 56,09 MPa, sedangkan pada spesimen dengan variasi penambahan tembaga 4% mempunyai kekuatan tarik sebesar 190,3 MPa. Sebagai penjelasan lebih lanjut data yang dihasilkan dapat ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4 [4].



(a)

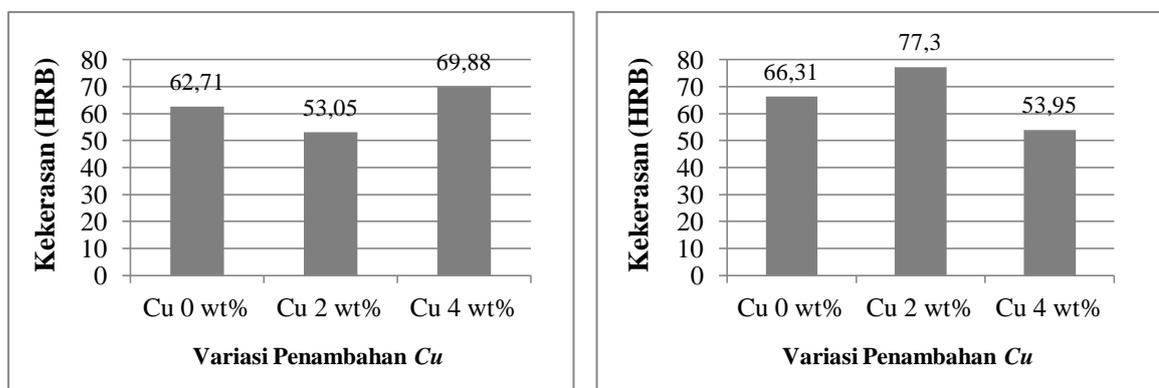
(b)

Gambar 4. Hasil Kekuatan Tarik (a) Spesimen Tanpa Perlakuan Panas (b) Spesimen Perlakuan Panas.

dapat disimpulkan bahwa kekuatan tarik spesimen *chassis* tanpa perlakuan panas mengalami penurunan seiring bertambahnya persentase, namun sebaliknya kekuatan tarik pada spesimen *chassis* dengan perlakuan panas mengalami peningkatan seiring bertambahnya persentase tembaga. Hal ini disebabkan karena proses perlakuan panas membuat spesimen menjadi lebih ulet (*ductile*), namun pada spesimen perlakuan panas Cu 2% memiliki perbedaan kekuatan tarik yang cukup jauh dibandingkan dengan Cu 0% dan Cu 4% yang disebabkan adanya porositas yang besar didalamnya. 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 tanpa perlakuan panas dengan variasi penambahan tembaga 0% mempunyai kekerasan sebesar 62,71 HRB, pada tembaga 2% mempunyai kekerasan sebesar 53,05 HRB, dan pada tembaga 4% mempunyai kekerasan sebesar 69,88 HRB sedangkan spesimen perlakuan panas dengan variasi penambahan tembaga 0% mempunyai kekerasan sebesar 66,31 HRB, pada tembaga 2% mempunyai kekerasan sebesar 77,30 HRB, dan pada tembaga 4% mempunyai kekerasan sebesar 53,95 HRB. Sebagai penjelasan lebih lanjut data yang dihasilkan dapat ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 5 [5].



(a)

(b)

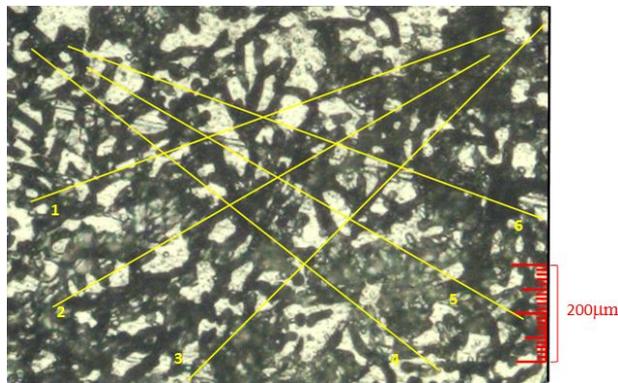
Gambar 5. Nilai Kekerasan (a) Spesimen Tanpa Perlakuan Panas (b) Spesimen Perlakuan Panas.

dapat dilihat bahwa nilai kekerasan spesimen dengan perlakuan panas memiliki peningkatan nilai kekerasan dari spesimen tanpa perlakuan panas. Dilihat dari spesimen tanpa perlakuan panas pada variasi penambahan tembaga 4 wt% merupakan nilai kekerasan tertinggi pada setiap posisi pengukurannya, namun spesimen perlakuan panas pada variasi penambahan tembaga 4 wt% memiliki perbedaan dari variasi tembaga 0 wt% dan tembaga 2 wt% yang memiliki peningkatan nilai kekerasan dari spesimen tanpa perlakuan panas, hal tersebut terjadi karena adanya porositas pada setiap posisi pengukurannya. Peningkatan kekerasan ini terjadi karena proses *heat*

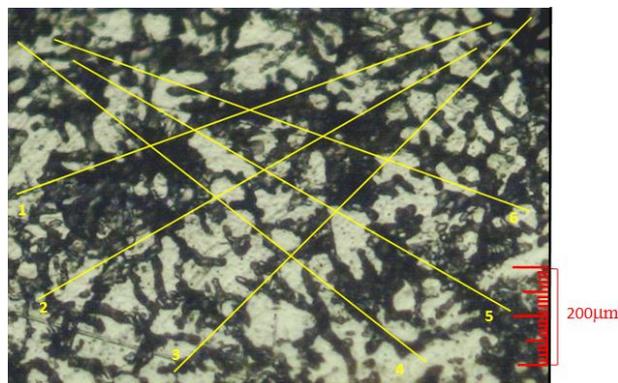
treatment membuat ukuran butir menjadi lebih kecil sehingga membuat paduan ini memiliki jarak antar butir kristal yang lebih rapat.

3.4 Hasil Pengujian Struktur Mikro

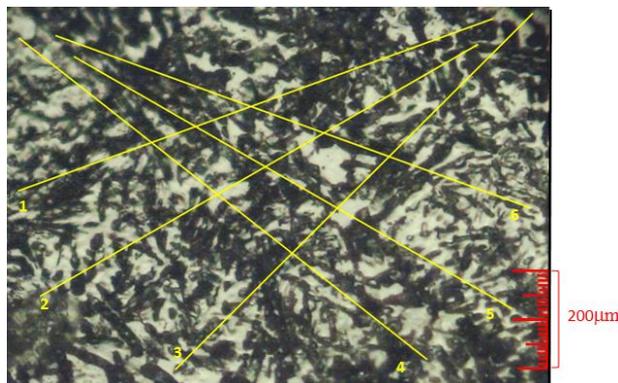
Pengujian struktur mikro produk *chassis* hasil pengecoran HPDC dengan penambahan unsur tembaga bertujuan untuk mengetahui bentuk struktur mikro yang melalui proses *heat treatment* pada variasi penambahan unsur tembaga 0 wt%, 2 wt%, dan 4 wt% pada posisi kiri, tengah, dan kanan produk *chassis*. Hasil 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 [6].



Gambar 6. Struktur Mikro Variasi 0 wt% Cu+HT.



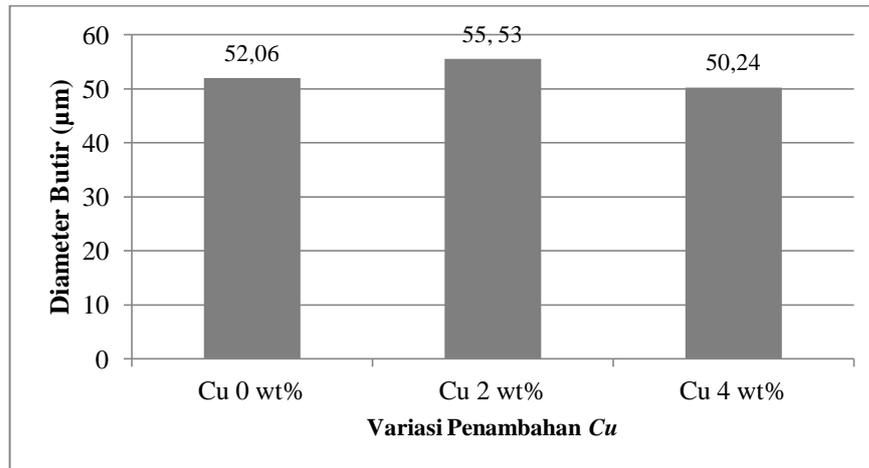
Gambar 7. Struktur Mikro Variasi 2 wt% Cu+HT.



Gambar 8. Struktur Mikro Variasi 4 wt% Cu+HT.

Struktur yang berwarna terang adalah matrik aluminium dan unsur berwarna gelap adalah *Si* 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 perlakuan panas ini. Spesimen dengan variasi penambahan tembaga 0% mempunyai diameter butir sebesar 52,06 μm , pada spesimen dengan variasi penambahan tembaga 2% mempunyai diameter butir sebesar 55,53 μm , sedangkan pada spesimen dengan variasi penambahan tembaga 4% mempunyai diameter butir sebesar 50,24 μm . Sebagai penjelasan lebih lanjut data yang dihasilkan dapat ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 9.



Gambar 9. Diameter Butir dengan Variasi Penambahan Cu.

Dari Gambar 9 dapat dilihat bahwa pada variasi penambahan 2 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 4 wt% Cu menunjukkan nilai ukuran butir yang lebih besar dari ukuran butir pada variasi penambahan 2 wt% Cu, namun pada 4 wt% Cu memiliki perbedaan ukuran butir yang cukup jauh dari 0 wt% dan 2 wt% karena adanya porositas yang tinggi. 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) dan juga proses perlakuan panas. Porositas akan menurun seiring dengan penambahan unsur Cu dan perlakuan panas pada paduan aluminium. Tingkat porositas terendah terdapat pada penambahan 4% Cu yaitu sebesar 3,98 %, sedangkan pada variasi penambahan 2% Cu dan 0% Cu sebesar 4,15% dan 7,97%. Tegangan tarik aluminium menurun seiring dengan penambahan unsur Cu. Kekuatan tarik tertinggi yaitu pada penambahan 0% Cu sebesar 161,4 MPa dan pada penambahan 2% Cu dan 4% Cu masing-masing sebesar 156,9 MPa dan 72,4 MPa. Spesimen perlakuan panas memiliki peningkatan kekuatan tarik, pada penambahan 0% Cu sebesar 157,3 MPa dan pada penambahan 2% Cu dan 4% Cu masing-masing sebesar 56,09 MPa dan 190,3 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. Spesimen perlakuan panas memiliki nilai kekerasan pada 0% Cu sebesar 66,31 HRB dan pada 2 % Cu dan 4 % Cu masing-masing 77,30 HRB dan 53,95 HRB. Dari struktur mikro terlihat adanya perbedaan struktur butir, material variasi Cu tanpa perlakuan panas dan dengan perlakuan panas memiliki ukuran butir yang berbeda. Berdasarkan hasil pengujian diketahui bahwa seiring bertambahnya variasi Cu memiliki nilai kekerasan yang semakin tinggi. Hal ini terjadi karena ukuran butir menjadi lebih kecil. Dimana jarak antar butir kristal semakin rapat dan tidak mudah terjadi dislokasi dan kekerasannya akan meningkat.

5. Daftar Pustaka

- [1] *European Aluminium Association: The Aluminium Automotive Manual "AAM Applications Chassis Suspension 1 Subframes pp. 10"*, 2011.
- [2] Surdia, T. & Cijiwa K. 1991. "Teknik Pengecoran Logam". Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- [3] ASTM C373. 1999. "Standard Test Method for Water Absorption, 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 Metallic Material"
- [6] ASTM International, 200, "Standard Test Methods for Determining Average Grain Size", Designation E 112 - 96, Unites States.