

## PENGARUH VARIASI TEMPERATUR PENUANGAN Al-Si / Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO MATERIAL SEPATU REM MENGGUNAKAN PENGECORAN HPDC

\*Kusumaning R. Putri<sup>1</sup>, A.P. 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: [kusumaningrp@gmail.com](mailto:kusumaningrp@gmail.com)

### ABSTRACT

*In this research, the raw material used Al-Si is a product of PT. Pinjaya Metals, Mojokerto. HPDC performed at a constant pressure of 7 MPa and variation of pouring temperature at 700°C, 750°C, and 800°C. The heat treatment process used is age hardening with solution treatment at 490°C for 15 minutes, then artificial aging at 150°C for 4 hours. Porosity test performed using the Archimedes law that use mass of wet and dry specimen. Hardness test using Rockwell method with the scale of B, and test the microstructure using an optical microscope with a magnification of 1000X. The results of porosity test show that the density at pouring temperature 700°C is 1,613 g/cm<sup>3</sup>, at 750°C is 1,642 g/cm<sup>3</sup>, and at 800°C is 1,622 g/cm<sup>3</sup>. On the hardness testing increased hardness values was obtained at pouring temperature 700°C is 38 HRB. While at pouring temperature 750°C is 43,67 HRB and 800°C is 46,06 HRB. On themicrostructure, at pouring temperature 750°C and 800°C shows that the value of the grain size is lower than the size of a grain of pouring temperature on 700°C. Further results on testing was able to show that there is value in flow ability that the higher when the temperature increasing in 700°C is 580,67 mm, 750°C is 682,33 mm and then 800°C is 965,33 mm.*

**Keywords:** Al-Si, Density, Fluidity, HPDC

### 1. PENDAHULUAN

Pada beberapa industri kecil, komponen rem dibuat dengan proses pengecoran gravitasi, sehingga kualitas produknya tidak mampu bersaing dengan produk ATPM (Agen Tunggal Pemegang Merk).

Teknik Pengecoran dengan cetakan permanen dengan siklus yang kontinyu adalah salah satu solusi pemenuhan tuntutan. Teknik *High Pressure Die Casting* (HPDC) merupakan salah satu metode yang cocok untuk memenuhi tuntutan tersebut. HPDC adalah suatu proses pengecoran dengan menginjeksi logam cair ke dalam cetakan kemudian mempertahankan pemberian tekanan selama pembekuan, proses ini berlangsung dalam ruang tertutup [2].

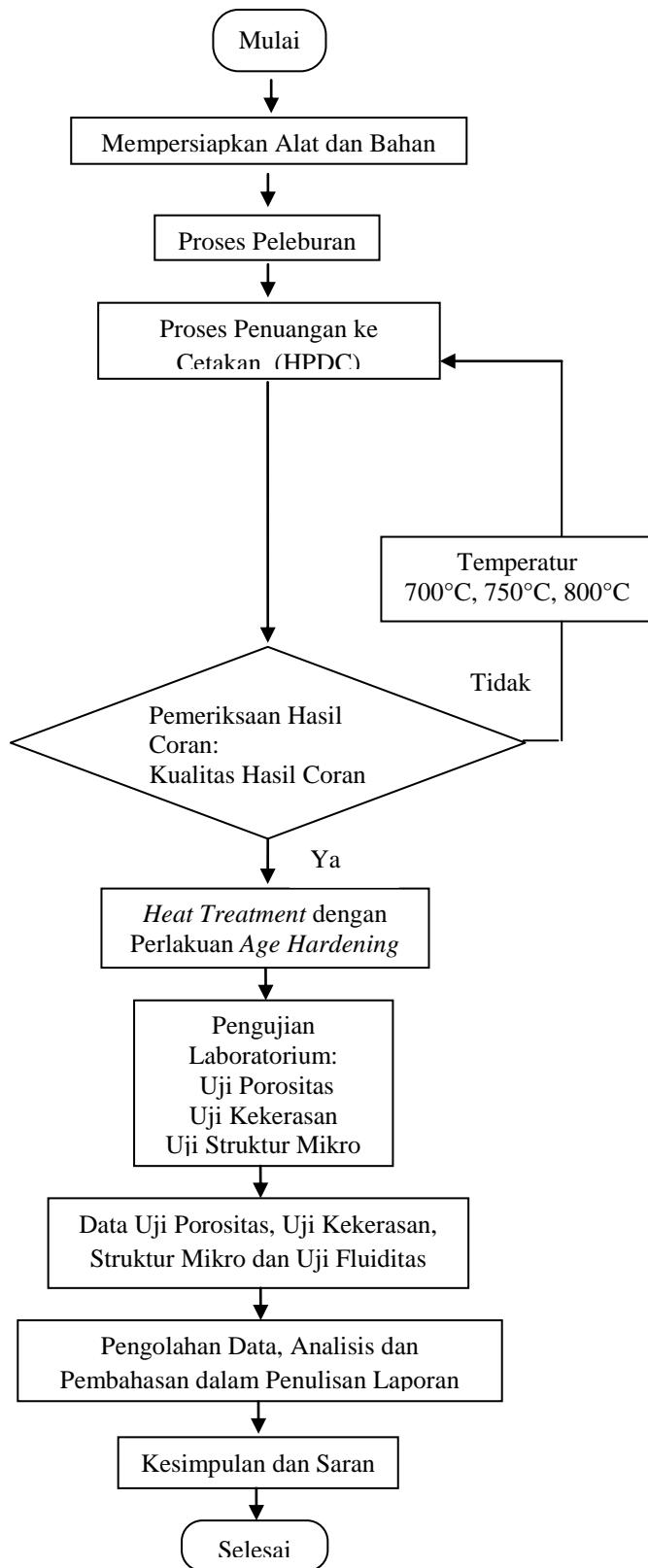
Selanjutnya sebagai bahan rem umumnya dipoles paduan Al-Si yang memiliki beberapa kelebihan yaitu sangat baik fluiditasnya, permukaan yang dihasilkan halus, tanpa kegetasan panas, mempunyai ketahanan korosi yang baik, ringan, koefisien penuaian kecil dan penghantar listrik dan panas yang baik [3].

Harjanto, Suyitno dan Ahmad Supriyadi (2008) melakukan penelitian tentang pengecoran menggunakan metode HPDC (*High Pressure Die Casting*) telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Beberapa material yang telah diteliti antara lain Al-Si<sub>12</sub> (wt%) dan Al-Si<sub>12</sub> + TiB. Sedangkan penelitian tentang perlakuan panas (*age hardening*) yang telah diteliti antara lain Al-Si-Mg (Eddy Jatmiko dan Budiarto (2007) Al-Si<sub>12</sub> (Fuad Abdillah, 2010). Dari beberapa penelitian tersebut maka dilakukan proses perlakuan panas produk sepatu rem agar dapat mencapai kualitas standar produk ATPM [4].

Oleh karena itu pada penelitian ini akan di teliti sifat mekanis dan struktur mikro dari sepatu rem dengan bahan dasar Al-Si yang ditambah dengan serbuk Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan variasi temperatur penuangan menggunakan alat *stir casting*, pembentukannya melalui proses HPDC (*High Pressure Die Casting*).

## 2. MATERIAL DAN METODOLOGI

### 2.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

### Tahap 1: Pembuatan Produk Sepatu Rem

Al-Si batangan dipotong agar dapat masuk dalam kowi. Menyalakan tungku yang telah dihubungkan dengan tabung LPG dan blower. Kowi yang telah berisi potongan Al-Si dimasukkan ke dalam tungku hingga Al-Si mencair [1]. Menceleupkan *thermocouple* ke dalam Al-Si yang telah mencair untuk mengetahui temperatur penuangan, yaitu sebesar 700°C, 750°C, dan 800°C. Setelah mencapai temperature penuangan yang diinginkan kemudian menyalakan mesin HPDC. Al-Si cair dituangkan ke dalam mesin HPDC kemudian diberi penekanan sebesar 7 MPa pada mesin HPDC. Setelah beberapa saat membuka cetakan pada mesin HPDC untuk mengeluarkan produk sepatu rem hasil coran [5].

Kemudian dilakukan *age hardening* dengan *solution treatment* 490°C selama 15 menit, kemudian dilakukan *quenching* menggunakan air. Selanjutnya dilakukan *artificial aging* 150°C selama 4 jam.

### Tahap II: Karakterisasi Hasil

Produk sepatu rem dipotong menjadi 3 bagian, yaitu bagian bawah, tengah, dan atas. Pengujian karakterisasi meliputi pengujian porositas, pengujian kekerasan menggunakan metode Rockwell, dan pengujian struktur mikro menggunakan mikroskop optikal.

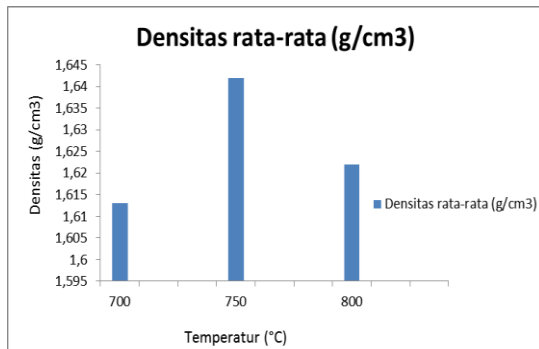
### Tahap III: Interpretasi dan Pengolahan Data

- Mengetahui karakteristik produk sepatu rem Al-Si hasil HPDC dengan perlakuan panas
- Interpretasi hasil pengujian porositas, pengujian kekerasan, dan pengujian struktur mikro.
- Analisis pengaruh perlakuan panas terhadap karakterisasi produk sepatu rem Al-Si.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. HASIL DAN PEMBAHASAN PENGUJIAN POROSITAS

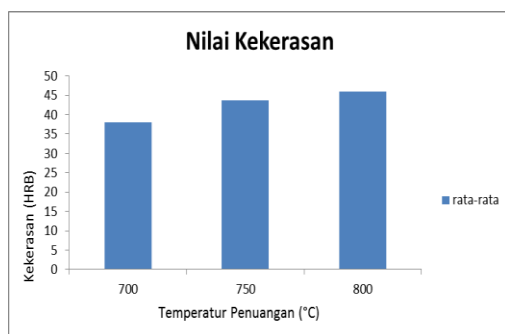
Dengan melakukan perhitungan maka didapatkan nilai porositas pada masing-masing spesimen. Spesimen dengan temperatur penuangan 700°C mempunyai densitas sebesar 1,613 g/cm<sup>3</sup>, pada spesimen dengan temperatur penuangan 750°C mempunyai densitas sebesar 1,642 g/cm<sup>3</sup> sedangkan pada spesimen dengan temperatur penuangan 800°C mempunyai densitas sebesar 1,622 g/cm<sup>3</sup> Sebagai penjelasan lebih lanjut data yang dihasilkan dapat ditampilkan dalam bentuk kurva pada Gambar 3.1



**Gambar 2.** Hasil Densitas Produk Sepatu Rem terhadap Temperatur Penuangan.

Dari Gambar 1. dapat dilihat bahwa pada temperatur penuangan yang lebih tinggi maka porositas akan semakin mengecil. Penurunan nilai porositas pada temperatur penuangan yang lebih tinggi disebabkan karena makin rendah temperatur tuang, maka gradien temperatur logam cair dan cetakan makin rendah pula, sehingga laju pembekuan makin lambat. Rendahnya temperatur penuangan akan menghasilkan *secondary dendrite arm spacing* (SDAS) yang semakin besar, sehingga jarak struktur makin besar yang memungkinkan ukuran butir makin kasar, semakin panjang lengan dendrite mengakibatkan porositas terjebak diantaranya.

### 3.2. HASIL PENGUJIAN KEKERASAN PRODUK SEPATU REM Al-Si

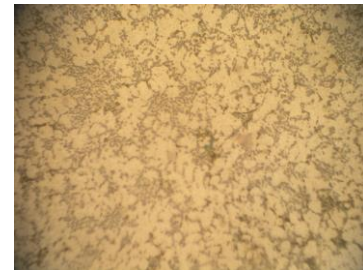


**Gambar 3.** Hasil Pengujian Kekerasan Produk Sepatu Rem Al-Si

Data menunjukkan nilai kekerasan meningkat seiring dengan meningkatnya temperatur penuangan kekerasan disebabkan karena makin rendahnya temperatur penuangan, maka gradient temperatur logam cetakan makin rendah. Berkurangnya temperatur penuangan akan menghasilkan *secondary dendrite arm spacing* (SDAS) yang semakin besar, yang memungkinkan ukuran butir makin kasar, sehingga kekerasan logam menjadi kurang.

### 3.3. HASIL PENGUJIAN STRUKTUR MIKRO

Pengujian struktur mikro dilakukan dengan menggunakan mikroskop optikal dengan perbesaran 1000X. Hasil pengujian struktur mikro pada temperature penuangan 700°C dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Struktur Mikro Produk Sepatu Rem dengan Temperatur Penuangan 700°C

Hasil pengujian struktur mikro pada temperatur penuangan 750°C dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Struktur Mikro Produk Sepatu Rem dengan Temperatur Penuangan 750°C

Hasil pengujian struktur mikro pada temperatur penuangan 800°C dapat dilihat pada Gambar 6.



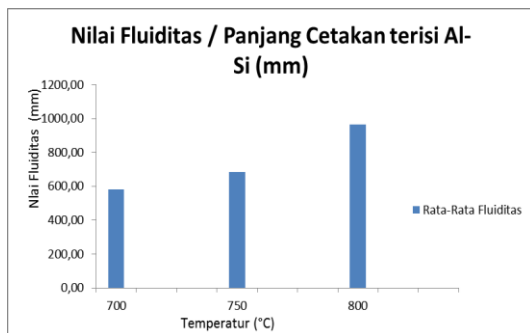
**Gambar 6.** Struktur Mikro Produk Sepatu Rem dengan Temperatur Penuangan 800°C

Dari perbandingan gambar diatas dapat dilihat bahwa pada temperatur penuangan 700°C dengan perlakuan panas ukuran butir menunjukkan hasil yang paling kecil. Semakin kecil besar butir, maka susunan butir menjadi lebih rapat dan lebih sulit terjadi dislokasi pada butir, sehingga kekerasan material akan meningkat. Pada temperatur penuangan 750°C dan

800°C menunjukkan nilai ukuran butir yang lebih rendah dari ukuran butir pada temperatur penguangan 700°C. Hal ini menyebabkan nilai kekerasannya menjadi lebih rendah karena struktur butir lebih mudah terjadi dislokasi. Dapat dilihat juga bahwa terjadi perbedaan ukuran butir sebelum diberi perlakuan panas dan setelah diberi perlakuan panas. Sehingga dapat dikatakan bahwa dengan adanya perlakuan panas menyebabkan terjadinya perubahan ukuran butir.

### 3.4. HASIL PENGUJIAN UJI FLUIDITAS

Hasil pengujian kekerasan sepatu rem dengan bahan Al-Si (Skala HRB) pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Hasil pengujian kekerasan sepatu rem dengan bahan Al-Si (Skala HRB)

Data hasil pengujian fluiditas dengan temperatur cetakan pada 700°C, 750°C dan 800°C dituangkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.19. nilai rata-rata panjang fluiditas dan standard deviasi dari nilai tengah dimana dikalkulasikan untuk tiap temperatur. Panjang rata-rata nilai fluiditas untuk tiga temperatur yang berbeda menunjukkan kecenderungan parabola seperti Gambar 4.18, yaitu meningkat hingga mencapai titik tertinggi pada temperatur 800°C.

Hasil diatas sesuai dengan dasar teori dimana memanaskan cetakan akan meningkatkan nilai fluiditas dan memperlambat pembekuan dan berefek pada pembekuan butiran-butiran kasar yang mengurangi kekuatan. Dengan demikian semakin tinggi temperatur cetakan maka akan semakin tinggi pula nilai fluiditas.

### 4. KESIMPULAN

a. Dengan melakukan perhitungan maka didapatkan nilai porositas pada masing-masing spesimen. Temperatur penguangan 700°C mempunyai porositas sebesar 9,14% dan densitas 1,633 g/cm<sup>3</sup>, temperatur penguangan 750°C mempunyai porositas sebesar 7,55% dan densitas 1,642 g/cm<sup>3</sup> sedangkan pada temperatur penguangan 800°C mempunyai porositas sebesar 8,66% dan densitas 1,622 g/cm<sup>3</sup>.

- b. Dari hasil pengujian kekerasan didapatkan nilai kekerasan rata-rata pada temperatur penguangan 700°C yaitu 38 HRB, pada temperatur 750°C yaitu 43,67 HRB, dan pada temperatur 800°C yaitu 46,06 HRB.
- c. Dari hasil pengamatan stuktur mikro pada produk sepatu rem Al-Si/ Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> hasil pengecoran injeksi bertekanan (HPDC) dengan menggunakan mikroskop optik diperoleh bahwa Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> memiliki distribusi partikel relatif tidak merata atau kurang homogen. Partikel Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> mengalami penggumpalan yang berdampak negatif terhadap karakteristik mekanisnya.
- d. Nilai rata-rata fluiditas pada temperatur 700°C adalah 580,67 mm, pada temperatur 750°C adalah 682,33 mm sedangkan pada temperatur 800°C adalah 965,33 mm. Pemanasan cetakan akan meningkatkan nilai fluiditas dan memperlambat pembekuan dan berefek pada pembekuan butiran-butiran kasar yang mengurangi kekuatan. Dengan demikian semakin tinggi temperatur cetakan maka akan semakin tinggi pula nilai fluiditas.

### 5. REFERENSI

- [1] Abdillah, F., 2010, *Perlakuan Panas Paduan Al-Si pada Prototipe Piston Berbasis Material Piston Bekas*, Master Thesis, Teknik Mesin, Universitas Diponegoro, Semarang.
- [2] ASTM International Standard Worldwide, 1996, *Standard Test Methods for Determining Average Grain Size*, ASTM E112, pp. 228 – 253.
- [3] Callister Jr., W. D., 1994, *Material Science and Engineering*, 7<sup>th</sup> Edition, John Wiley & Sons Inc., New Jersey.
- [4] Lauki, H. I., 2004, *High Pressure Die Casting of Aluminum and Magnesium Alloys*. Ph.D. Thesis, Department of Materials Technology, Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Trondheim.
- [5] Lumley, R. N., Polmear, I. J. & Curtis, P. R., 2009, *Rapid Heat Treatment of Aluminium High-Pressure Die Castings*, ASM-Journal of The Minerals, Metals & Materials Society, Volume 40A, pp. 1716 – 1726.

### 6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada Prof. Dr. rer. nat. Ir. A. P. Bayuseno, M.Sc. Dosen dari Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro atas segala bimbingan dalam penyelesaian karya ilmiah ini.