

## KAJIAN KOMPREHENSIF STRUKTUR MIKRO DAN KEKERASAN TERHADAP PADUAN Al-7,1Si-1,5Cu HASIL PENGECORAN DENGAN METODE *EVAPORATIVE*

**Wijoyo<sup>\*1)</sup>, Achmad Nurhidayat<sup>1)</sup> dan Osep Teja Sulammunajat<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup>Teknik Mesin, Universitas Surakarta, Jl. Raya Palur Km. 5 Surakarta 57772

<sup>2)</sup>Politeknik Manufaktur Ceper, Batur, Tegalrejo, Ceper, Klaten 57465

<sup>\*)</sup>E-mail : joyowi@yahoo.co.id

### Abstrak

*Proses pengecoran masih banyak menjadi pilihan utama pada proses produksi di industri. Pilihan pada pengecoran ini disebabkan karena proses pengerjaan lain sangat tidak mungkin dilakukan, misalnya pada pembuatan komponen-komponen otomotif, rumah pompa, poros, baling-baling dan lain-lain. Metode pengecoran dengan menggunakan polystyrene foam sebagai pola cetakan yang ditimbun dalam pasir cetak merupakan metode pengecoran evaporative. Metode ini akan menghasilkan coran yang sesuai dengan pola cetakan yang dibentuk. Tujuan penelitian ini adalah mengkaji struktur mikro dan kekerasan paduan Al-7,1Si-1,5Cu hasil coran yang dilakukan dengan metode evaporative. Bahan utama penelitian ini adalah paduan Al-7,1Si-1,5Cu, polystyrene foam sebagai pola cetakan dan pasir cetak. Pengecoran paduan Al-7,1Si-1,5Cu dilakukan dengan cara proses peleburan pada dapur krusibel dan dituang pada variasi temperatur tuang 670, 700 dan 730°C. Pengujian hasil coran meliputi pengujian foto struktur mikro dan uji kekerasan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa struktur mikro hasil pengecoran berubah dari eutektik silikon yang berupa serpihan-serpihan panjang dan tebal pada temperatur tuang rendah, menjadi serpihan-serpihan pendek dan tipis diantara dendrite pada temperatur tuang tinggi. Nilai kekerasan semakin menurun seiring dengan meningkatnya temperatur tuang pada temperatur tuang 670, 700 dan 730°C, yaitu berturut-turut adalah 124,2 HB, 102 HB dan 96 HB.*

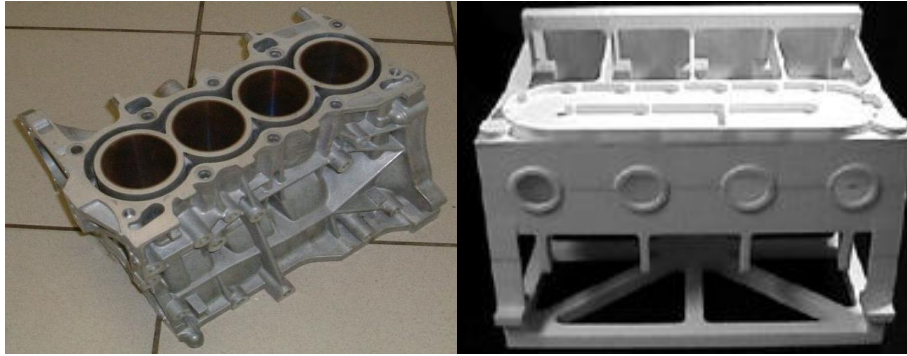
**Kata kunci :** paduan Al-7,1Si-1,5Cu, struktur mikro, kekerasan, evaporative, polystyrene foam

## PENDAHULUAN

Proses pengecoran masih banyak menjadi pilihan utama pada proses produksi di industri. Pilihan pada pengecoran ini disebabkan karena proses pengerjaan lain sangat tidak mungkin dilakukan, misalnya pada pembuatan komponen-komponen otomotif, rumah pompa, poros, baling-baling dan lain-lain. Penggunaan aluminium dalam industri sangat beragam. Standar mutu dari aluminium paduan ditentukan oleh komposisi kimia paduannya seperti: Cu, Si, Mg, Zn, Mn, Ni. Paduan aluminium dengan silikon (Al-Si) sering digunakan pada komponen-komponen mesin kendaraan seperti piston dan blok mesin. Paduan Al-Si adalah material yang digunakan hampir 85-90% dari total aluminium paduan produk pengecoran. Kandungan silikon dalam paduan aluminium jenis ini menghasilkan keuntungan-keuntungan seperti sifat mampu cor yang baik, mudah dilakukan proses permesinan, dan ketahanan terhadap korosi yang baik.

Ada dua kelompok pengecoran yang sering digunakan yaitu pengecoran cetakan permanen dan pengecoran cetakan non permanen. Pengecoran cetakan permanen adalah proses pengecoran dimana cetakan dapat digunakan berulang kali. Pengecoran jenis ini terdiri dari pengecoran cetakan logam, pengecoran cetakan logam bertekanan, dan pengecoran sentrifugal. Pengecoran cetakan non permanen adalah proses pengecoran dimana cetakan hanya dapat dipakai sekali saja karena untuk mengeluarkan benda kerja cetakan harus dihancurkan. Jenis pengecoran ini terdiri dari pengecoran cetakan pasir, pengecoran invensi, dan pengecoran *evaporative*.

Metode pengecoran dengan menggunakan *polystyrene foam* sebagai pola cetakan yang ditimbun dalam pasir cetak merupakan metode pengecoran *evaporative*. Metode ini akan menghasilkan coran yang sesuai dengan pola cetakan yang dibentuk. Logam cair akan mengisi pola cetakan setelah pola cetakan menguap akibat panas. Benda dengan ukuran besar dan rumit dapat diproduksi dengan cara ini, misalnya blok mesin seperti diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Pola cetakan *polystyrene foam* dan hasil coran blok mesin (www.lostfoam.com)

Komposisi paduan aluminium sangat berpengaruh terhadap sifat mampu alir logam cair. Paduan aluminium murni dan paduan eutektik mempunyai mampu alir yang baik, hal ini disebabkan kerana jarak pembekuan yang pendek. Sebaliknya paduan yang mempunyai jarak pembekuan yang panjang mempengaruhi sifat mampu alir menjadi jelek (Campbell, 2003).

Temperatur pengecoran mempengaruhi pembentukan intermetallics hasil coran. Peningkatan temperatur tuang akan meningkatkan jumlah  $\alpha$ -AlFeSi dan menurunkan jumlah  $\beta$ -AlFeSi (Albonetti, 2000).

Droke (2006), melakukan penelitian dengan variasi temperatur tuang 1450, 1475 dan 1500°F, saluran turun horizontal dan vertical dengan dimensi 5 x 1 x 0,625 in, serta saluran masuk adalah 1,5 x 1 x 0,625 in. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sifat mampu alir logam pada temperatur tuang 1450°F sangat jelek karena banyaknya void atau ruang kosong pada hasil coran, sedangkan pada temperatur tuang 1500°F sifat mampu alir logam semakin baik dengan sedikit void atau ruang kosong.

Bichler (2002), hasil penelitian pada variasi temperatur tuang 670, 710 dan 740°C, ketebalan *coating* 35 Bc (*low density*) dan 45 Bc (*high density*), serta menggunakan pola cetakan dengan variasi ketebalan 1 dan 1,5 cm, panjang 10 cm dan lebar 3,2 cm menunjukkan bahwa peningkatan temperatur tuang semakin meningkatkan panjang mampu alir dengan menggunakan cetakan pasir panas dan cetakan pasir dingin pada pola cetakan dengan *coating* 45 Bc.

Ivan (2009), dengan variasi temperatur tuang 680, 710 dan 740°C dengan ketebalan pola cetakan 3, 5, 7 dan 11 mm, serta bahan paduan aluminium 356,1 menunjukkan hasil bahwa dengan meningkatnya temperatur tuang dari 680°C sampai 740°C maka sifat mampu alir logam cair meningkat sebesar 42,26%.

Pengaruh bahan cetakan pada tingkat pendinginan dipengaruhi oleh kombinasi endotermik foam dan sifat cetakan. Dengan mempertimbangkan keseimbangan energi dan suhu awal maka dapat digunakan untuk memprediksi total waktu pembekuan. Bentuk dendrit dipengaruhi oleh waktu pembekuan dari logam cair (Ajdar, 2001).

Penelitian ini bertujuan mengkaji struktur mikro dan kekerasan paduan Al-7,1Si-1,5Cu hasil coran yang dilakukan dengan metode *evaporative*.

## METODOLOGI

### Bahan dan Alat Penelitian

Bahan penelitian adalah paduan aluminium, *polystyrene foam* sebagai bahan pola cetakan dan pasir cetak yang terdiri dari pasir kuarsa, bentonit 7,5%-9,1%, air 3,7%-4,5% dan bahan tambahan debu karbon.

Tabel 1. Komposisi kimia paduan aluminium

Unsur	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn
%	7,11	2,10	1,49	0,189	0,191	0,0174	0,211	3,40
Unsur	Sn	Ti	Pb	Be	Ca	Sr	V	Zr
%	0,0538	0,0313	0,194	<0,0001	0,0675	<0,0005	0,0164	0,0288

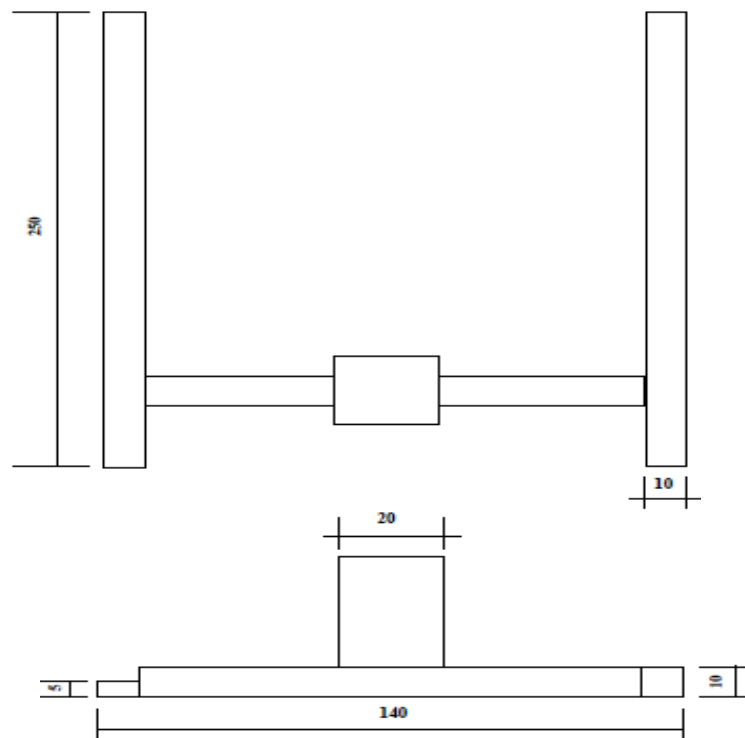
Peralatan yang digunakan meliputi dapur krusibel dengan bahan bakar arang, pemotong *styrofoam* elektrik, wadah pasir, thermokopel tipe K, kowi, tang panjang, mikroskop optik, alat uji komposisi, jangka sorong dan peralatan keselamatan kerja.

### Proses Pengecoran

Pola cetakan dibuat dengan menggunakan *polystyrene foam*, ketebalan pola cetakan adalah 5 dan 10 mm. Wadah pasir cetak berbentuk kotak yang digunakan untuk menempatkan pola cetakan dan ditutupi dengan pasir cetak. Peleburan aluminium dilakukan dalam dapur krusibel dengan temperatur tuang adalah 670, 700 dan 730°C.

### Pengujian Hasil Coran

Pengujian hasil coran meliputi pengamatan foto struktur mikro yang berfungsi untuk mengetahui ada atau tidaknya perubahan struktur mikro akibat adanya temperatur tuang yang berbeda. Hal ini penting untuk diketahui, karena struktur mikro sangat erat kaitannya dengan sifat mekanis dari hasil coran. Pengujian mekanis yang dilakukan adalah pengujian kekerasan dengan mesin uji kekerasan brinell.

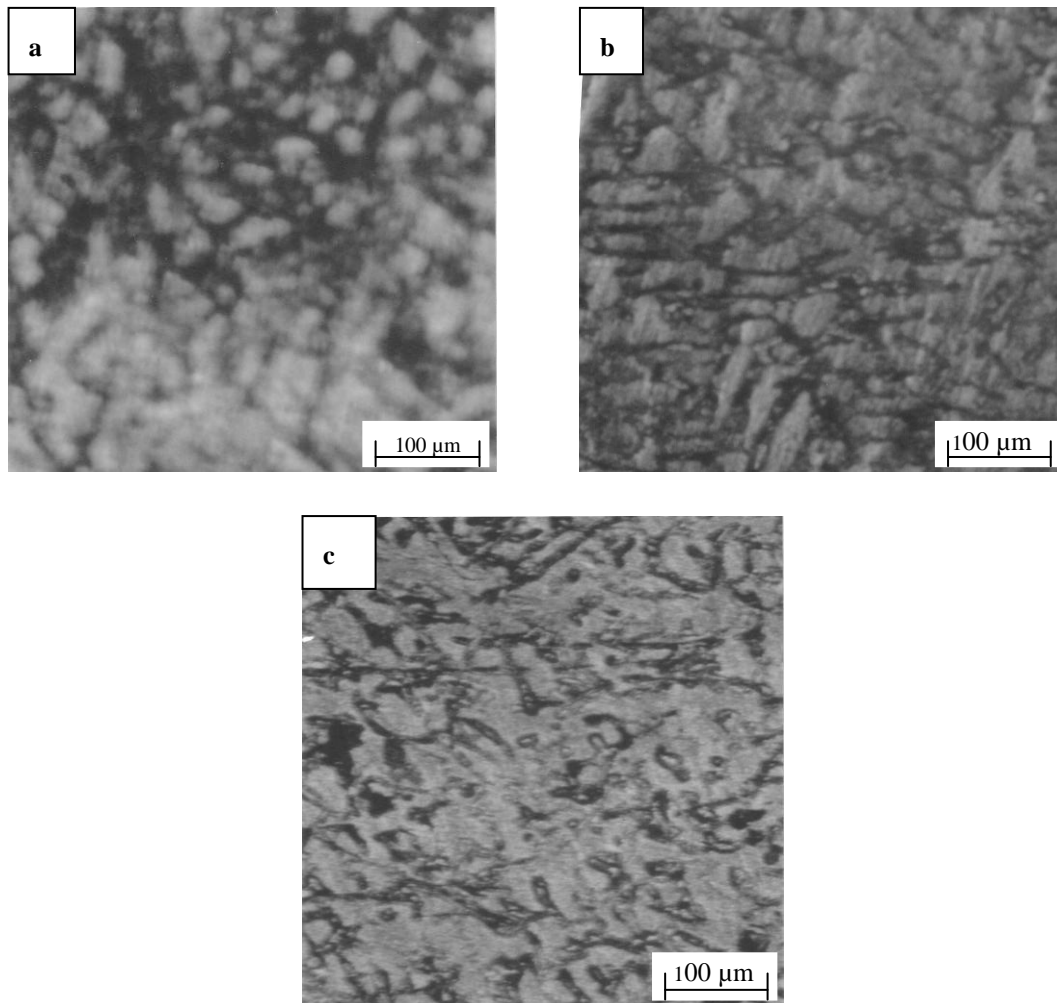


Gambar 2. Pola cetakan *polystyrene foam*

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengamatan Struktur Mikro

Struktur mikro hasil coran paduan aluminium pada pola cetakan *polystyrene foam* dengan temperatur tuang 670, 700 dan 730°C terlihat pada Gambar 3. Dari Gambar 3 terlihat bahwa struktur mikro paduan aluminium secara umum terlihat mengalami perubahan dengan naiknya temperatur penguangan. Aluminium dendrite yang mendominasi permukaan coran pada temperatur penguangan yang rendah menjadi lebih bulat atau hampir bulat pada temperatur penguangan yang tinggi. Meningkatnya temperatur penguangan eutektik silikon yang berupa serpihan-serpihan panjang dan tebal pada temperatur penguangan rendah, menjadi serpihan-serpihan pendek dan tipis diantara dendrite pada temperatur penguangan tinggi.



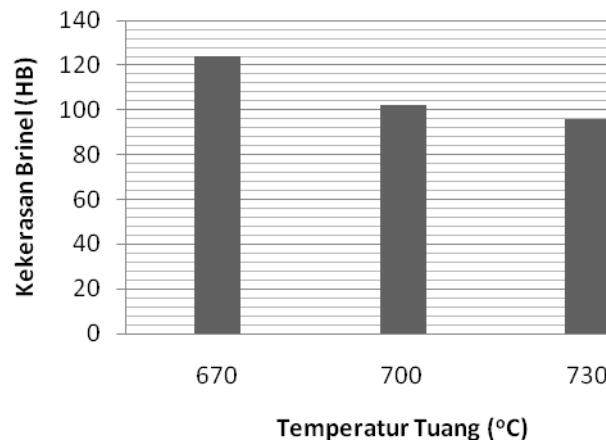
Gambar 3. Struktur mikro paduan aluminium pada temperatur tuang.  
(a) 670°C, (b) 700°C dan (c) 730°C (100X)

Temperatur tuang yang tinggi akan menyediakan waktu pembekuan yang lebih panjang dan struktur mikro yang tumbuh lebih kasar. Venkataramani dkk., (1999) kecepatan pembekuan berkurang dengan meningkatnya temperatur penuangan pada cetakan pasir dan metode pengecoran *evaporative*.

Pertumbuhan eutektik silikon pada temperatur tuang rendah terdapat diantara DAS (*Dendrite Arm Spacing*) yang sempit sedangkan pada temperatur tuang yang tinggi Si terurai menjadi lebih luas diantara DAS. Albonetti (2000), meningkatnya kecepatan pembekuan jarak antara dendrite semakin berkurang, eutektik silikon pada temperatur tuang rendah memiliki waktu pembekuan yang singkat dan pada ruang yang sempit sehingga struktur yang dihasilkan berbentuk serpihan panjang dan tebal. Sebaliknya, eutektik silikon pada temperatur pembekuan tinggi mempunyai waktu pembekuan yang lebih panjang sehingga silikon terurai membentuk struktur mikro yang lebih pendek dan tipis.

### Pengujian Kekerasan

Nilai kekerasan paduan aluminium hasil coran pada pola cetakan *polystyrene foam* dengan temperatur tuang 670, 700 dan 740°C dapat dilihat pada Gambar 4. Gambar 4, menunjukkan bahwa nilai kekerasan hasil coran paduan aluminium mengalami penurunan dengan naiknya temperatur tuang. Hal ini ada hubungannya dengan pengaruh temperatur tuang terhadap struktur mikro. Nilai kekerasan tertinggi terjadi pada temperatur tuang 670°C yang mencapai 124,2 HB, sedangkan nilai kekerasan terendah terjadi pada temperatur tuang 730°C yang mencapai 96 HB.



Gambar 4. Nilai kekerasan hasil coran paduan aluminium pada berbagai temperatur tuang

Temperatur tuang yang rendah mengakibatkan laju pendinginan yang cepat, sehingga struktur mikro yang terbentuk berupa aluminium dendrite mendominasi permukaan coran, serta eutektik silikon diantara dendrite dengan bentuk panjang dan tebal. Temperatur tuang yang tinggi mengakibatkan laju pendinginan yang lambat, sehingga struktur mikro aluminium dendrite menjadi bulat panjang atau mendekati bulat, serta eutektik silikon menjadi serpihan-serpihan pendek dan halus diantara dendrite. Struktur mikro eutektik silikon memiliki karakteristik mekanis yang keras sehingga mempengaruhi kekerasan bahan. Struktur eutektik silikon berupa serpihan-serpihan panjang meningkatkan nilai kekerasan dan kekuatan tarik (ASM handbook vol.15, 1992). Temperatur tuang sangat berpengaruh terhadap pembentukan struktur mikro, sedangkan struktur mikro berpengaruh terhadap nilai kekerasan bahan. Peningkatan temperatur tuang akan mengurangi nilai kekerasan, hal ini disebabkan laju pendinginan yang lambat sehingga terbentuk struktur mikro eutektik silikon yang semakin banyak dan semakin tipis yang cenderung bersifat lunak.

## KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan dapat disimpulkan:

1. Meningkatnya temperatur tuang logam cair mengakibatkan struktur mikro berubah dari eutektik silikon yang berupa serpihan-serpihan panjang dan tebal pada temperatur tuang rendah, menjadi serpihan-serpihan pendek dan tipis diantara dendrite pada temperatur tuang tinggi.
2. Nilai kekerasan hasil coran paduan aluminium mengalami penurunan dengan naiknya temperatur tuang. Nilai kekerasan tertinggi terjadi pada temperatur tuang 670°C yang mencapai 124,2 HB, sedangkan nilai kekerasan terendah terjadi pada temperatur tuang 730°C yang mencapai 96 HB.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ajdar, R., 2001. *Effect Of Mold Materials On Solidification, Microstructure And Fluidity Of A356 Alloy In Lost Foam Casting*. Department of Materials Science and Engineering, University of Toronto.
- Albonetti, R., 2000. *Porosity and Intermetallic Formation in Lost Foam Castings of 356 alloy*. The University of Western Ontario London, Ontario.
- ASM International, 2004. *ASM Metal Handbook Vol.15*
- Bichler, L., Ravindran, C., and Machin A., 2003. *Challenges In Lost Foam Casting of AZ91 alloy*. Material Science Forum Vols.426-432. Pp. 533-538
- Campbell, J., 2003. *Casting 2nd Edition*. Butterworth-Heinemann. pp. 74
- Droke, J.E., 2006. *Magnesium Castability of AM60B in Lost Foam Casting Using Vakum Assistance*. Tennessee Technological University.

- 
- Ivan J. A. K., 2009. Tesis. *Pengaruh Temperatur Tuang, Kerapatan Polystyrene Foam dan Ukuran Mesh Pasir Terhadap Mampu Alir, Sifat Mekanis, Struktur Mikro dan Munculnya Cacat Aluminium Paduan 356,1 yang Dicor Dengan Metode Evaporative*. Universitas Gadjah Mada.
- Khomamizadeh dan Ghasemi, A., 2004. *Evaluation of Quality Index of A-356 Aluminum Alloy by Microstructural Analysis*. Sharif University of Technology.
- Kim, K., and Lee, K., 2005. *Effect of Proses Parameters on Porosity in Aluminum Lost Foam Proses*. Journal Material Science Vol. 21 No. 5
- MacKenzie D. S., and Totten, G.E., 2006. *Analytical Characterization of Aluminium, Steel, And SuperAlloy*. Taylor & Francis Group. pp. 9
- Mekanikal, <http://indonesia-mekanikal.blogspot.com>, *Teknik pengecoran logam*. 8/4/2009.
- Mirbagheri, S. H. M., Silk, J. R., and Davami, P., 2004. *Modelling of Foam Degradation in Lost Foam Casting Process*. Journal of Material science vol. 39. pp.4593-44603.
- Venkataramani, R., Simpson R., and Ravinrran, C., 1995. *Effec of Melt Superheat on Maximum Nuclei Density in A356 Alloy*. Elsevier Science. Material Characterization vol. 38 pp 81-92.
- [www.lostfoam.com](http://www.lostfoam.com), 5/7/2011
- [www.lostfoam.com/assets/content/learning\\_center/pdf/ironcasting.pdf](http://www.lostfoam.com/assets/content/learning_center/pdf/ironcasting.pdf), 5/7/2011