

---

## PENGARUH TEMPERATUR TUANG DAN KETEBALAN BENDA TERHADAP KEKERASAN BESI COR KELABU DENGAN PENGECORAN *LOST FOAM*

Sutiyoko<sup>\*1)</sup>, Suyitno<sup>2)</sup>

1) Jurusan Teknik Pengecoran Logam Politeknik Manufaktur Ceper  
Batur, Tegalrejo, Ceper, Klaten

2) Jurusan Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada  
Jl. Grafika No.2 Yogyakarta

<sup>\*)</sup>E-mail: yoko\_styk@yahoo.com

### Abstrak

*Temperatur tuang cairan logam memegang peranan penting dalam produksi benda dengan metode pengecoran. Perbedaan ketebalan benda cor akan menghasilkan karakteristik produk yang berbeda walaupun dituang pada suhu dan cetakan yang sama. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur tuang dan ketebalan benda cor terhadap kekerasan besi cor kelabu yang diproduksi dengan metode pengecoran lost foam. Temperatur tuang berkisar antara 1300 – 1400 °C sedangkan ketebalan benda bervariasi dari 2 – 6,5 mm. Pola menggunakan styrofoam dengan massa jenis 9 kg/m<sup>3</sup>. Kekerasan benda cor berkurang dengan kenaikan temperatur tuang cairan logam. Ketebalan benda cor semakin besar juga menurunkan nilai kekerasan benda cor. Kekerasan besi cor kelabu sangat dipengaruhi oleh grafit yang terbentuk. Grafit memiliki sifat lunak sehingga semakin banyak grafit yang terbentuk maka besi cor kelabu tersebut semakin lunak.*

**Kata kunci:** temperatur tuang, kekerasan, pengecoran lost foam

## 1. PENDAHULUAN

Metode pengecoran *lost foam* merupakan metode yang tergolong baru dalam industri pengecoran logam. Metode pengecoran *lost foam* dipatenkan oleh Shroyer pada tahun 1958 (Kumar dkk, 2008). Metode pengecoran ini menggunakan bahan *styrofoam* sebagai bahan untuk membuat pola dan ditanam dalam pasir silika menjadi cetakan. Cetakan dipadatkan dengan digetarkan dengan amplitudo dan frekuensi tertentu. *Styrofoam* akan mencair dan menguap ketika cairan dituangkan ke dalam cetakan sehingga tempat itu akan diisi oleh cairan logam (Askeland, 2001).

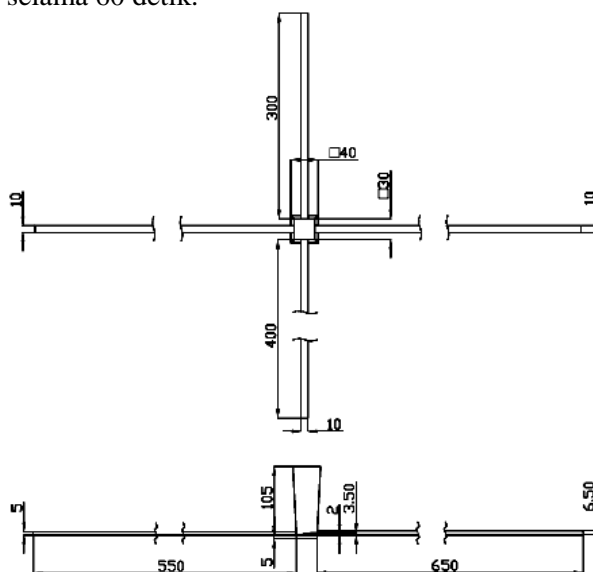
Pengecoran *lost foam* dapat digunakan untuk memproduksi benda yang kompleks/bentuknya rumit, tidak ada pembagian cetakan, tidak memakai inti, mengurangi tenaga kerja dalam pengecorannya (Monroe, 1992) sehingga cepat untuk membuat benda-benda prototip. Cetakan dari pola berbahan *styrofoam* mudah dibuat dan murah (Barone, 2005). Pengecoran *lost foam* dapat memproduksi benda-benda ringan (Kim dan Lee, 2005) dan penambah pada dasarnya tidak diperlukan untuk mengontrol penyusutan saat pembekuan (Askeland, 2001). Pasir yang digunakan dapat dengan mudah digunakan lagi karena tidak menggunakan pengikat (Behm dkk, 2003). Penggunaan cetakan foam meningkatkan keakuratan dimensi dan memberikan peningkatan kualitas coran dibandingkan dengan cetakan konvensional (Monroe, 1992). Sudut-sudut kemiringan draf dapat dieliminasi (Barone, 2005). Proses pembersihan dan pemesinan dapat dikurangi secara dramatis (Kumar dkk, 2007). Pencemaran lingkungan karena emisi bahan-bahan pengikat dan pembuangan pasir dapat dikurangi karena tidak menggunakan bahan pengikat dan pasir dapat langsung digunakan kembali (Kumar dkk, 2007).

Pengecoran *lost foam* juga memiliki beberapa kekurangan. Porositas dalam pengecoran aluminium dengan pola *styrofoam* lebih tinggi dibandingkan dengan cetakan CO<sub>2</sub>. Hal ini menunjukkan bahwa sulit untuk mendapatkan kekuatan mekanik yang lebih baik pada pengecoran aluminium tanpa perlakuan tertentu (Kim dan Lee, 2005). Pasir yang tidak diikat akan memicu terjadinya cacat pada benda cor karena pasir yang jatuh ke logam cair (Kumar dkk, 2007). Usaha untuk mengikat cetakan *lost foam* adalah dengan membuat cetakan tersebut vakum dimana cetakan dilapisi dengan lapisan polietilen. Proses ini menghasilkan emisi ke gas hasil pembakaran *styrofoam* yang dapat membahayakan lingkungan dan kesehatan pekerja (Behm dkk, 2003).

Banyak faktor yang mempengaruhi hasil pengecoran dengan metode pengecoran *lost foam*. Ukuran benda cor, ukuran pasir silika, massa jenis *styrofoam*, lama penggetaran cetakan, ukuran benda dan komposisi material yang dituang. Temperatur tuang memiliki faktor dominan dalam menentukan nilai tegangan tarik dan elongasi benda cor (Kumar dkk, 2008). *Superheat* (suhu diatas temperatur cair) yang lebih tinggi akan menurunkan tegangan permukaan cairan logam (Kumar dkk, 2007). Gas yang terbentuk meningkat 230% pada temperatur 750 – 1300 °C (Yao dkk, 1997). Ketebalan pola bertambah besar akan meningkatkan panjang mampu alir logam (Shin dan Lee, 2004). Laju aliran logam paduan dengan temperatur tinggi akan menurun dengan meningkatnya temperatur dikarenakan volume gas yang terbentuk meningkat secara (Khodai dan Parvin, 2008). Laju aliran logam meningkat sebanding dengan peningkatan temperatur hingga 1150 °C (Shivkumar dkk, 1995). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur tuang dan ketebalan benda cor terhadap kekerasan besi cor kelabu pada pengecoran *lost foam*.

## 2. METODOLOGI

Pola yang digunakan adalah *styrofoam* dengan massa jenis 9 kg/m<sup>3</sup>. Material cor yang digunakan diantaranya besi cor kelabu, ferro silikon, arang tempurung kelapa, pasir silika ukuran AFS *grain fineness number* 50, dan lem *styrofoam*. Pengecoran dilakukan dengan menuangkan logam besi cor kelabu ke dalam cetakan pada suhu 1300, 1325, 1350, 1375 dan 1400 °C. Pengukuran komposisi benda dilakukan dengan menggunakan sampel yang didinginkan dengan cepat pada cetakan logam. Ketebalan pola divariasi dengan ukuran 2; 3,5; 5; 6,5 mm. Lebar pola dibuat 10 mm dan panjang divariasi sesuai dengan perkiraan panjang yang mungkin dicapai oleh benda cor. Pola setiap ketebalan dirangkai menjadi satu cetakan seperti tampak pada Gambar 1. Pola dimasukkan dalam kotak dan ditimbun pasir kemudian digetarkan pada amplitudo 0,5 mm dengan frekuensi 23 Hz selama 60 detik.



Gambar 1. Pola benda cor (satuan ukuran mm)

Benda hasil cor dipotong sepanjang 30 mm dari pangkal saluran turun. Pengukuran kekerasan dilakukan pada bagian tengah dari permukaan benda sebanyak 5 titik. Pengukuran dilakukan pada setiap suhu penuangan dan ketebalan benda kemudian dilakukan analisa pengaruhnya terhadap kekerasan benda cor.

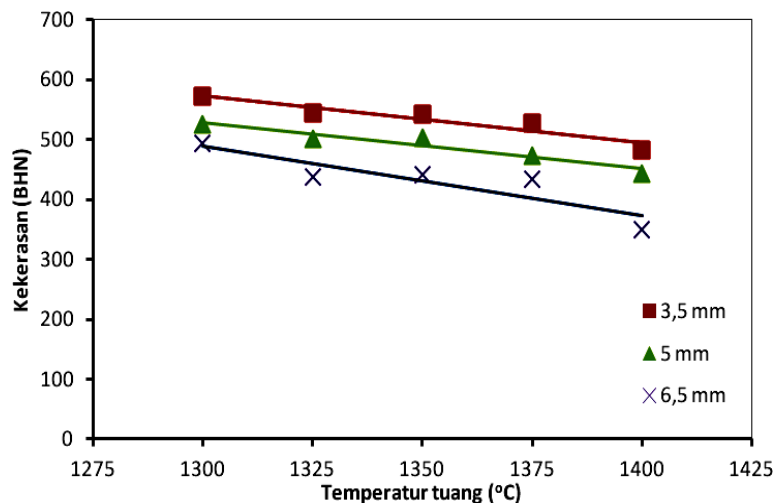
## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi besi cor kelabu hasil pengecoran ditunjukkan pada Tabel 1. Besi cor kelabu yang paling banyak diproduksi memiliki komposisi Karbon 3,0-3,5 % dan Silikon 1,8-2,4 % (ASM Handbook Committee, 1998). Berdasarkan ketentuan ini maka komposisi besi cor kelabu dalam penelitian ini termasuk komposisi yang paling banyak diproduksi.

Tabel 1. Komposisi besi cor kelabu

Unsur	Fe	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al
Prosentase	93,1	3,35	2,29	0,449	0,189	0,048	0,085	0	0,061	0,005
	B	Co	Cu	Mg	Nb	Pb	Sn	Ti	V	W
	0	0,006	0,105	0,011	0,006	0,0088	0,026	0,016	0,018	0,029

Pengaruh temperatur penuangan terhadap kekerasan benda cor ditunjukkan pada Gambar 2. Kekerasan benda cor mengalami penurunan dengan kenaikan temperatur tuang cairan. Kekerasan terendah dicapai pada temperatur tuang 1400 °C pada ketebalan 6,5 mm sebesar 350 BHN dan pada ketebalan yang sama nilai kekerasan tertinggi pada temperatur tuang 1300 °C sebesar 493 BHN. Kenaikan kekerasan ini disebabkan karena penuangan pada suhu yang lebih tinggi memiliki *superheat* lebih tinggi. *Superheat* yang lebih tinggi akan menyebabkan waktu pembekuan lebih lama. Pembekuan dengan waktu lebih lama akan memberikan kesempatan silikon untuk melepaskan karbon dari sementit ( $Fe_3C$ ). Karbon yang terlepas dari sementit akan mengumpul dan membentuk grafit. Fenomena ini menyebabkan grafit terbentuk lebih banyak dan berkembang setelah melewati temperatur eutektik. Grafit memiliki sifat lebih lunak dibandingkan dengan sementit. Semakin banyak grafit terbentuk, kekerasan benda cor mengalami penurunan dengan kenaikan temperatur tuang (Gupta, 2002).

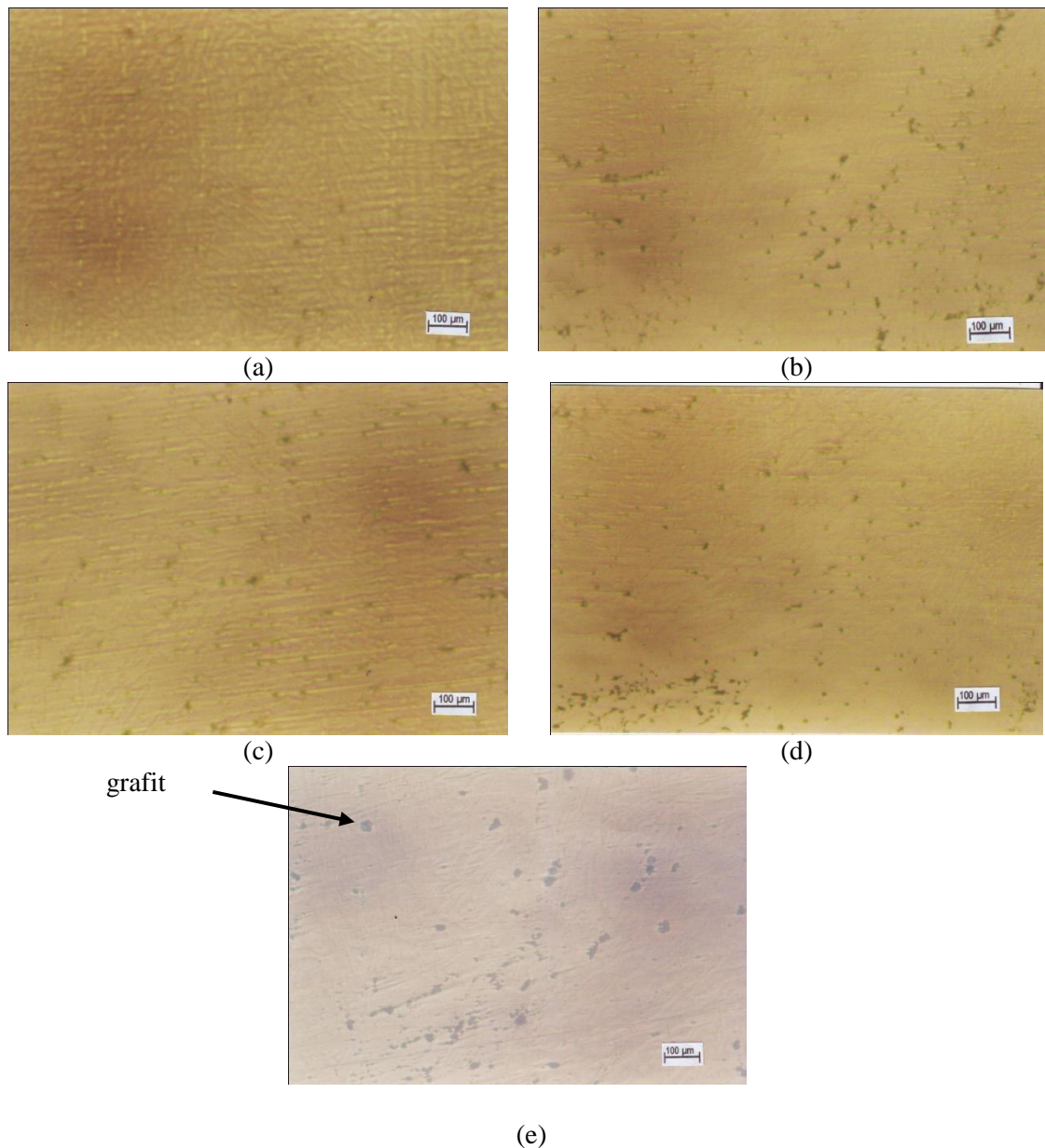


Gambar 2. Pengaruh temperatur tuang terhadap kekerasan pada setiap ketebalan benda cor

Ketebalan benda cor semakin kecil juga menyebabkan kekerasannya mengalami kenaikan. Kekerasan pada temperatur tuang 1400 °C pada ketebalan 6,5; 5 dan 3,5 mm berturut-turut adalah 350, 444 dan 483 BHN. Benda cor dengan panjang sama namun ketebalan berbeda akan menyebabkan waktu pembekuan yang tidak sama. Waktu pembekuan ditinjau dari ukuran benda ditentukan oleh modulus benda. Modulus adalah perbandingan volume benda dengan luas penampang benda yang aktif melepaskan panas. Modulus benda semakin besar akan menyebabkan waktu pembekuan yang lebih lama. Benda dengan ukuran semakin tebal akan memberikan modulus yang semakin besar. Hal ini menyebabkan silikon memiliki kesempatan lebih banyak untuk melepaskan karbon yang terdapat dalam sementit. Karbon yang terlepas membentuk struktur yang dinamakan grafit. Semakin tebal benda cor, grafit terbentuk semakin banyak dan menyebabkan kekerasan benda semakin lunak.

Grafit yang terbentuk pada setiap temperatur penuangan ditunjukkan pada Gambar 3. Pada temperatur penuangan 1300 C grafit yang terbentuk paling sedikit dibandingkan dengan temperatur

penuangan yang lain. Hal ini sebagai bukti bahwa semakin sedikit grafit yang terbentuk maka kekerasan besi cor kelabu semakin meningkat.



Gambar 3. Foto struktur mikro sebelum dietsa, temperatur tuang (a)1300 °C (b)1325 °C (c)1350 °C (d)1375 °C (e)1400 °C

#### 4. KESIMPULAN

Temperatur tuang dan ketebalan benda cor memiliki pengaruh terhadap kekerasan besi cor kelabu. Kenaikan temperatur tuang akan menurunkan kekerasan benda cor. Kekerasan benda cor juga akan menurun jika ketebalan benda semakin besar. Penurunan kekerasan ini disebabkan terbentuknya grafit yang lebih banyak karena waktu pendinginan lebih lama. Dalam pengecoran besi cor kelabu dengan produk yang memiliki ketebalan tertentu, kekerasan benda cor dapat diatur dengan menentukan suhu penuangan dengan tetap memperhatikan kemungkinan cairan dapat mengisi seluruh cetakan.

---

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- Askeland, D.R., 2001, *Encyclopedia of Materials: Science and Technology*, Elsevier Science Ltd.
- ASM Handbook Committee, 1998, *ASM Metals Handbook . Casting*, Vol.15, 9th edition, ASM International.
- Barone, M. R., Caulk, D. A., 2005, A foam ablation model for lost foam casting of aluminum, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, Vol. 48, pp. 4132–4149.
- Behm, S.U., Gunter, K.L. and Sutherland, J.W., 2003, An Investigation into The Effect of Process Parameter Setting on Air Emission Characteristics in The Lost Foam Casting Process, American Foundry Society.
- Gupta, R.B., 2002, *Material Science*, 11th Edition.”, Satya Prakashan, India.
- Khodai, M. and Parvin, N., 2008, Pressure Measurement and Some Observation in Lost Foam Casting, *Journal of Material Processing and Technology*, Vol.206, pp.1-8.
- Kim, K. and Lee, K., 2005, Effect of Process Parameters on porosity in Aluminium Lost Foam Process, *Journal Material Science*, Vol.21, No.5.
- Kim, K., and Lee, K., 2005, *Effect of Pro cess* Parameters on Porosity in Aluminum Lost Foam Process, *Journal Material Science Technology*, Vol. 21 No.5, pp. 681-685.
- Kumar, S., Kumar, P. and Shan, H.S., 2008, Optimization of Tensile Properties of Evaporative Casting Process through Taguchi’s Method, *Journal of Materials Processing Technology*, Vol.204, pp.59-69.
- Kumar, S., Kumar, P. and Shan, K.S., 2007, Effect of Evaporative Pattern Casting Process Parameters on The Surface Roughness of Al-7%Si Alloy Casting, *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 182, pp. 615-623.
- Monroe, R.M., 1992, Expandable Patterns Casting, *American Foundryman’s Society Inc.*, pp.96-97.
- Shin, S.R. and Lee, Z.H., 2004, Hidrogen Gas Pic-Up of Alloy Melt During Lost Foam Casting, *Journal of Material Science*, Vol.39, pp.1536-1569.
- Shivkumar, S., Yao, X. and Makhoulouf, M., 1995, Polymer Melt Interactions During Formation in The Lost Foam Process, *Scripta Metallurgica et Materialia*, Vol.33, pp.39-46.
- Yao, X., Shivkumar, S., 1997, Molding filling characteristics in lost foam casting process, *Materials science and Technology*, Vol. 31, pp. 841-846.