

**STUDI DENDRITE ARM SPACING (DAS) DAN AKUSTIK
PADA PENGECORAN PERUNGGU 20% Sn
SEBAGAI BAHAN GAMELAN**

I.K.G. Sugita¹⁾, K. Astawa²⁾

ABSTRAK

Perunggu khususnya (tin bronze) banyak digunakan sebagai bahan instrumen musik tradisional seperti gamelan, simbal maupun lonceng. Proses pengecoran menjadi bagian proses yang sangat penting dalam pembuatan gamelan. Proses pembekuan (solidification) merupakan bagian yang terpenting dalam proses pengecoran. Penelitian ini dirancang untuk mengkaji variasi laju solidifikasi pada proses pengecoran perunggu konvensional sebagai bahan gamelan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui variasi dendrite arm spacing (DAS) terhadap karakteristik akustik perunggu.

Komposisi perunggu timah putih yang dipilih adalah Cu-20Sn karena paduan ini sering digunakan sebagai bahan gamelan, Variasi laju solidifikasi didesain dengan memvariasikan temperatur cetakan dan temperatur tuang. Material perunggu dilebur pada dapur peleburan hingga mencapai temperatur 1000°C, 1100°C, 1200°C. Material yang telah mencair kemudian dituang pada cetakan bertemperatur 400°C

Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan temperatur tuang berpengaruh pada penurunan laju pembekuan yang berdampak pada semakin lama waktu pembekuan. Perbedaan laju pembekuan berpengaruh pada bentuk struktur mikro dan bentuk dendrite yang terbentuk. Ukuran dendrite berpengaruh pada sifat mekanik dan akustik perunggu.

Kata kunci: struktur mikro, dendrite, solidification

ABSTRACT

Tin bronze is widely used as materials of traditional musical instruments such as gamelan, cymbals and bells. The casting process becomes part of a very important process in the manufacture of gamelan. The solidification process is an important part of the casting process. This study was designed to investigate the effect of solidification rate on tin bronze as a material gamelan. This study aims to determine the effect of dendrite arm spacing forms (DAS) on mechanical and acoustic characteristics of bronze.

Tin bronze composition 20Sn were selected in this research, because these alloys are often used as gamelan, The variation of solidification rate were designed by varying between the pouring temperature and moulding temperature. The commercial pure copper and tin were melted in crucible furnace at temperature 1000, 1100 and 1200 °C. The molten metal was casted in permanent molds which have temperature 400°C.

The results of this research indicate that decreased pouring temperature affected on solidification rate that caused to reduce the solidification time. The difference of solidification rate have effected on the shape dendrite forms (DAS). The size of dendrite effect on mechanical properties and acoustical of bronze

Key words: microstructure, dendrite, solidification

^{1,2} Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Udayana, Bali-Indonesia
Bukit Jimbaran (0361) 703321 email; sgita_03@yahoo.com

1. PENDAHULUAN

Tin bronze dengan komposisi 80%Cu- 20% Sn umumnya digunakan untuk bahan instrumen musik seperti *bell*, gamelan, karena paduan ini memiliki sifat mekanis yang baik, stabil dalam kondisi temperatur ruang, sifat akustik yang baik yaitu dapat menghasilkan suara yang panjang (*low damping vibration*) (Lisovskii, dkk., 2007 dan Hosford, 2005).

Umumnya produk alat musik yang berbahan perunggu seperti gong, lonceng, dibuat dengan proses pengecoran. Salah satu parameter penting dalam proses pengecoran adalah proses pembekuan (*solidification*) yaitu proses perubahan fase cair ke fase padat. Laju pembekuan (*solidification rate*) mempengaruhi struktur mikro seperti *grain size* dan *dendrite arm spacing* (DAS). Perubahan struktur mikro berpengaruh langsung terhadap sifat mekanis dan akustik hasil coran.

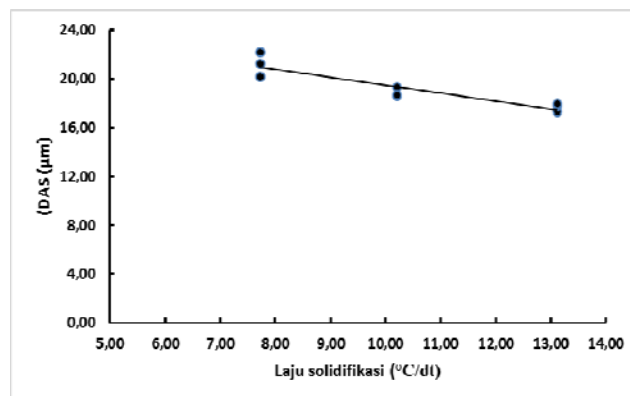
Beberapa penelitian solidifikasi telah dilakukan pada beberapa material seperti material besi cor (Seach, dkk.,1998), material besi cor ductile (Hemanth, dkk., 2000), paduan timah hitam dan timah putih, paduan solder timah (Shen, dkk., 2006), yang pada umumnya membahas hubungan struktur mikro dan sifat mekanis. Sejauh ini penelitian tentang pengaruh solidifikasi terhadap sifat mekanis dan akustik *tin bronze* khususnya pada komposisi paduan untuk bahan instrumen musik (gamelan) belum diteliti. Penelitian ini mengkaji pengaruh laju pembekuan terhadap Dendrite arm spacing (DAS), sifat mekanis dan sifat akustik khususnya.

2. METODE PENELITIAN

Paduan yang digunakan perunggu timah putih 20% wt. Sn. Paduan murni (*pure commercial*) dilebur pada dapur peleburan (*crucible furnace*) hingga temperatur 1000°C, 1050°C, 1100°C. Logam cair dituang pada cetakan logam dengan ukuran 250 x 55 x 15 mm yang mendapat pemanasan awal (*preheat*) pada temperatur 200°C, Bilet hasil coran dimachining untuk spesimen uji tarik, kekerasan dan *damping capacity*. Spesimen dengan ukuran diameter 30 mm dan tebal 8 mm dipreparasi untuk spesimen struktur mikro untuk mengamati SDAS. Spesimen di etsa dengan larutan 10% HNO₃+90 % alkohol. Pengujian *damping capacity* menggunakan metode getaran bebas batang dan perhitungan *damping capacity* menggunakan metode *logarithmic decrement*.

3. DATA

3.1 KARATERISTIK DAS

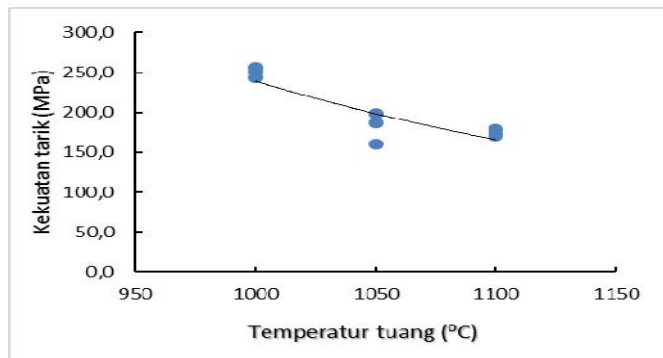


Gambar 1. Hubungan Laju solidifikasi terhadap ukuran DAS

Gambar 1 menunjukkan hubungan laju solidifikasi terhadap ukuran SDAS struktur mikro paduan perunggu 20% wt. Sn. Hubungan yang terjadi relatif linier. Semakin besar laju solidifikasi maka ukuran SDAS yang terbentuk semakin kecil, yang berarti bahwa ukuran struktur mikro yang terbentuk semakin rapat ataupun bentuk dendrie yang semakin halus.

3.2 KEKUATAN TARIK

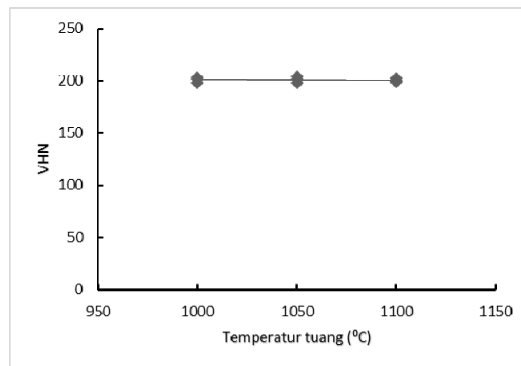
Gambar 2 menunjukkan pengaruh temperatur tuang terhadap kekuatan tarik perunggu Cu-20% wt. Sn. Temperatur tuang yang digunakan adalah 1000°C, 1050°C, 1100°C. Kekuatan tarik memiliki kecenderungan menurun seiring dengan meningkatnya temperatur tuang. Kekuatan tarik rata-rata paduan adalah 250.24 MPa, 181.74 MPa dan 174.07 MPa, secara berurutan untuk variasi temperatur tuang 1000°C, 1050°C dan 1100°C



Gambar 2. Pengaruh Temperatur Tuang Terhadap Kekuatan Tarik

3.3 KEKERASAN VICKERS

Gambar 3 menunjukkan pengaruh temperatur tuang terhadap kekerasan Vickers pada variasi temperatur tuang. Kecendrungan nilai rata-rata kekerasan menurun seiring dengan meningkatnya temperatur tuang. Kekerasan rata-rata paduan adalah: 201,07 VHN, 201,16 VHN, dan 200,31 VHN secara berurutan untuk variasi temperatur tuang 1000 °C, 1050 °C dan 1100 °C.

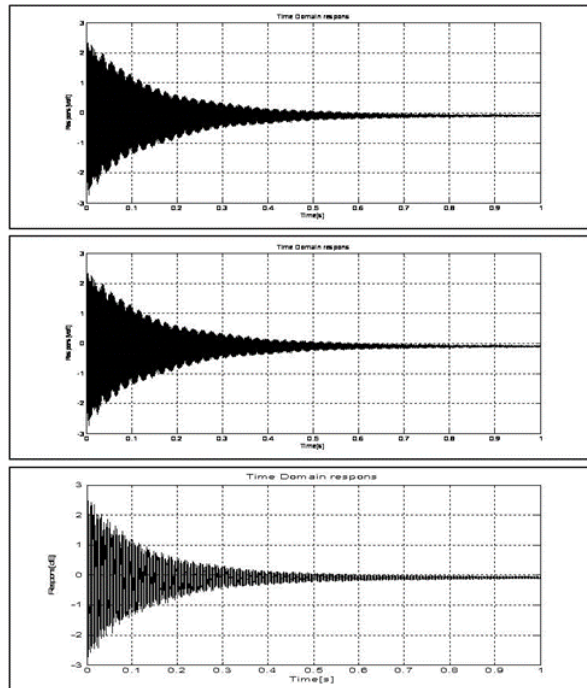


Gambar 3 .Pengaruh Temperatur Tuang Terhadap Kekerasan Vickers

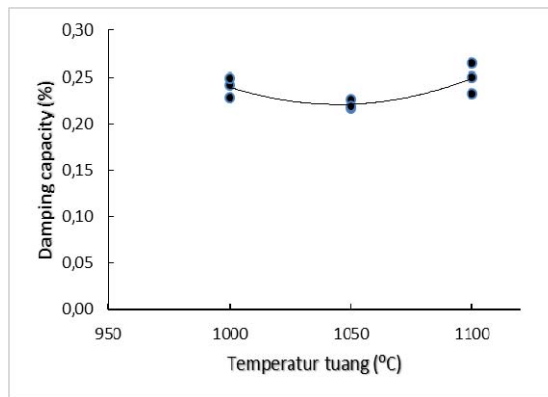
3.4 KARATERISTIK AKUSTIK

Damping capacity

Gambar 4 menunjukkan grafik *time domain respons* bilah perunggu ketika bilah tersebut digetarkan. Grafik tersebut menunjukkan besaran *damping capacity* masing-masing paduan dan perlakuannya. *Damping capacity* merupakan ukuran kemampuan paduan untuk melepaskan energi selama benda tersebut bergetar. Perhitungan *damping capacity* menggunakan metode *logarithmic decrement*. Hasil perhitungan *damping capacity* diplot dalam grafik pada Gambar 5. Temperatur tuang pada proses pengecoran berpengaruh pada *damping capacity* paduan perunggu. *Damping capacity* memiliki kecenderungan meningkat seiring dengan meningkatnya temperatur tuang. *Damping capacity* paduan paduan Cu-20 % wt. Sn adalah 0.239%, 0.221% dan 0.249%, secara berurutan pada variasi temperatur tuang 1000 °C, 1050 °C dan 1100 °C.



Gambar 4. Time Domain Respons Paduan



Gambar 5. Pengaruh Temperatur Tuang Terhadap Damping Capacity

4. PEMBAHASAN

Laju solidifikasi dipengaruhi oleh variasi gradien temperatur antara logam cair dengan temperatur cetakan. Perbedaan laju solidifikasi berpengaruh pada bentuk struktur mikro yang dihasilkan. Bentuk DAS yang dihasilkan bertambah besar diakibatkan oleh laju solidifikasi yang semakin rendah. Ukuran SDAS memiliki kecenderungan menurun seiring dengan meningkatnya laju pembekuan yang disebabkan karena sedikit waktu yang tersedia untuk difusi partikel inti (Askeland, 1984, dan Campbell, 2003). Selama proses pembekuan temperatur cetakan meningkat akibat transfer panas dari logam cair ke cetakan. Cetakan menyerap panas yang dilepas oleh logam cair kemudian melepaskan ke sekeliling. Peningkatan panas pada cetakan akan menurunkan gradien temperatur logam cair dengan *interface* sehingga laju pembekuan terhambat dan waktu yang tersedia untuk pembekuan secara komplit semakin lama. Penelitian laju solidifikasi pada material bukan perunggu juga diamati bahwa variasi bentuk struktur *dendrite* dipengaruhi oleh variasi kecepatan solidifikasi dari dinding cetakan hingga ke dalam cetakan. (Kaplan, dkk., 2003, Halvae dan Talebi, 2001). Makin tinggi laju pendinginan (*cooling rate*), struktur mikro yang terbentuk semakin halus dan radius ujung *dendrite* akan semakin runcing (Stefanescu dan Ruxanda, 2004). Kekuatan tarik (UTS) semakin meningkat seiring dengan laju solidifikasi meningkat, namun memiliki hubungan terbalik dengan SDAS. Gambar 11 menunjukkan pengaruh SDAS terhadap sifat mekanis khususnya kekuatan tarik paduan. Makin kecil SDAS yang terbentuk maka sifat kekuatan tarik semakin meningkat. Mikrostruktur yang dihasilkan akibat proses pembekuan berpengaruh langsung pada sifat mekanis paduan. (Hemanth, 2000, Shen, dkk., 2006, Zhang, dkk., 2008). Laju pembekuan yang tinggi menghasilkan sifat mekanis yang lebih baik dibandingkan dengan sifat mekanis yang dihasilkan dengan laju pembekuan yang lebih rendah. Struktur yang lebih halus terbentuk pada laju pembekuan yang tinggi. Butiran halus ini akan membentuk banyak batas butir yang mampu menghambat gerakan dislokasi sehingga meningkatkan kekuatan paduan (Askeland, 1994).

Damping capacity merupakan kemampuan paduan untuk melepaskan energi elastis ketika paduan tersebut mendapatkan impuls getaran. Menurut De Silvia, (1999) *damping capacity* paduan (*internal damping*) salah satunya dipengaruhi oleh cacat mikrostruktur seperti batas butir dan *impurities*. Porositas disebabkan oleh dua sumber yaitu: penyusutan dan gas yang terjebak selama pembekuan. Umumnya paduan memiliki densitas yang lebih tinggi dalam keadaan padat dibanding keadaan cair sehingga terbentuk *shrinkage porosity* pada pembekuan. Pengisian saluran yang mengakibatkan aliran turbulen menjebak gas-gas dan membentuk porositas. Bentuk cacat berupa lubang porous akibat penyusutan antar muka *dendrite* yang tidak seimbang.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa; perbedaan temperatur tuang dan temperatur cetakan pada proses pengecoran berpengaruh terhadap laju pembekuan. Laju pembekuan berpengaruh terhadap struktur mikro yang dihasilkan. SDAS yang semakin kecil berpengaruh terhadap peningkatan sifat mekanik yaitu kekuatan tarik dan kekerasan. Peningkatan kekerasan material berpengaruh pada penurunan *damping capacity* perunggu.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih yang sangat dalam penulis sampaikan kepada DIKTI melalui LPPM Universitas Udayana yang telah membiayai penelitian ini. Ucapan terimakasih juga penulis sampaikan kepada segenap pihak yang membantu kelancaran penelitian ini

DAFTAR PUSTAKA

- Askeland, D.R., 1984, *The Science and Engineering of Materials*, University of Missouri-Rolla, California, USA.
- ASTM, E 1876-01, 2002, *Standard Test Method for Dynamic Young, Shear Modulus, and Poisson's Ratio by Impulse Excitation of vibration*, ASTM International.
- Favstov, Yu. K., ZhraVel, L.V, Kochetkova, L.P., 2003, *Structure and Damping Capacity of Br022 Bell Bronze*, *Journal Metal science and Heat treatment*, Vol.45, pp. 449-451.
- Campbell, J., 2000, *The Concept of Net Shape for Casting*, *Material Design*, 21, pp. 373-380.
- De Silva, C.W, 2000, *Vibration Fundamental and Practice*, Boca Raton London, CRC Press
- Han, J.M., Han, Y.S., You, S.Y., Kim, H.S., 1997, *Mechanical Behaviour of a New Dispersion-Strengthened Bronze*, *Journal of Materials Science*, 32, 6613-6618
- Halvae, A.dan Talebi, A., 2001, *Effect of Process Variables on Microstructure and Segregation in Centrifugal Casting of C92200 Alloy*, *Journal of Materials Processing Technology* 118, pp 123-127.
- Hemanth, J., 2000, *Effect of Cooling Rate on Dendrite Arm Spacing (DAS), Eutectic Cell Count (ECC) and Ultimate Tensile Strength (UTS) of Austempered Chilled Ductile iron*, *Materials and Design* 21 pp 1-8.
- Lisovskii, V.A., Lisovskaya.O.B, Kochetkova,L.P., Favstov, Y.K., 2007, *Sparingly Alloyed Bell Bronze with Elevated Parameters of Mechanical Properties*, *Journal Metal Science an Heat Treatment*, vol 49, pp 232-235.
- Seah,K.H, Hemanth,J, Sharma, S.C, 1998, *Effect of the Cooling Rate on the Dendrite Arm Spacing and the Ultimate Tensile Strength of Cast Iron*, *Journal of Material science* 33 pp 23 - 28
- Stefanescu, D.M.and Ruxanda, R., 2004, *Fundamentals of Solidification, Metallography and Microstructures*, *ASM Handbook Vol 9*, pp. 71-92.
- Zhang,L,Y, Jiang, Y,H, Ma, Z, Shan, S.F, Jia,Y.Z, Fan, C.Z, Wang, W.K, 2008 *Effect of Cooling Cate on Solidified Microstructure and Mechanical Properties of Aluminium-A356 Alloy*, *Journal of Materials Processing Technology* 207 pp 107-111.