

Application Temperature Annealing on Brittle Fracture Prevention on Balinese Gamelan Made of Bronze

I Ketut Gede Sugita^{1,*}, Cok Istri Putri Kusuma Kencanawati¹ dan I Gusti Ngurah Priambadi¹

¹Jurusann Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Udayana - Denpasar

*Korespondensi: sgita_03@yahoo.com

Abstrak. *High tin bronze is generally used as a musical instrument material such as bell, Balinese gamelan or Javanese gamelan. Bronze weakness is brittle so often found gamelan material that has cracked and Fracture brittle. This research was designed with the aim to find the method of countermeasures cracked and broken on the bronze (tin bronze) as a gamelan material. Bronze material gamelan melted in crucible furnace (crucible furnace) to temperature 1000⁰C then poured on metal mold. The machining casting material for tensile test specimen, hardness and impact test. The test specimens were treated with annealing ie combination of temperature 450, 550, 650 ⁰C and holding time variations 2, 4 and 6 hours. The results of annealing treatment were compared with specimen test results which were not treated with annealing. The results showed that the effect of annealing treatment on mechanical properties of tensile strength, material hardness and impact strength. There is increased ductility (ductility) and impact strength due to annealing treatment on castings. High ductility material can overcome bronze brittleness (high tin bronze), so cracks or broken on gamelan material can be overcome.*

Abstrak. *High tin bronze* pada umumnya digunakan sebagai material instrumen musik seperti bell, gamelan Bali maupun gamelan Jawa. Kelemahan perunggu ini adalah getas sehingga sering ditemukan material gamelan yang mengalami retak maupun patah getas. Penelitian ini dirancang dengan tujuan untuk mencari metode penanggulangan retak maupun patah pada perunggu (*tin bronze*) sebagai bahan gamelan. Perunggu bahan gamelan dilebur pada dapur peleburan (*crucible furnace*) hingga temperatur 1000⁰C kemudian dituang pada cetakan logam. Material hasil coran dimachining untuk specimen uji tarik, kekerasan dan uji impact. Spesimen uji diberi perlakuan *annealing* yaitu kombinasi antara temperatur 450, 550, 650 ⁰C dan variasi *holding time* 2, 4 dan 6 jam. Hasil uji perlakuan *annealing* dibandingkan dengan hasil uji specimen yang tidak mendapat perlakuan *annealing*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa adanya pengaruh perlakuan *annealing* terhadap sifat mekanis yaitu kekuatan tarik, kekerasan material dan kekuatan impact. Terjadi peningkatan keuletan (*ductility*) dan kekuatan *impact* akibat perlakuan *annealing* pada hasil coran. *Ductility* material yang tinggi dapat mengatasi kegetasan perunggu (*high tin bronze*), sehingga retak ataupun patah pada material gamelan dapat diatasi.

Kata kunci: high tin bronze, annealing, ductility

© 2017. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

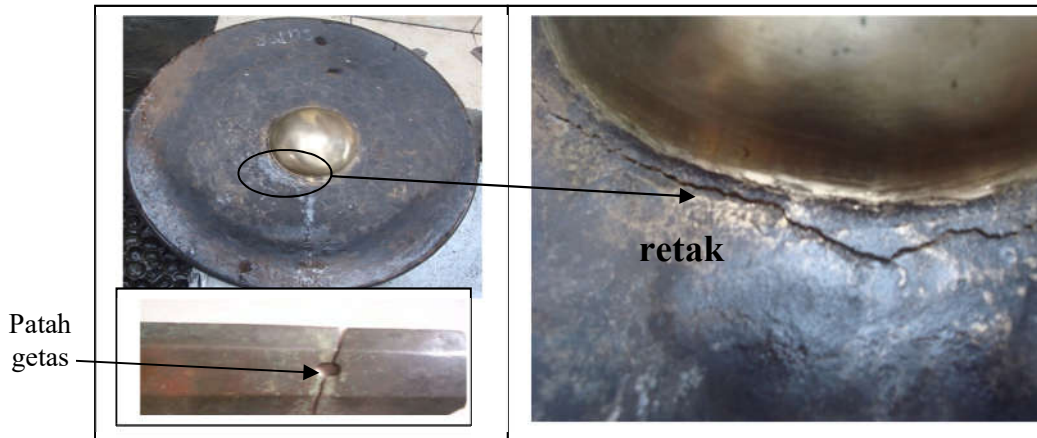
Pendahuluan

Tin bronze, telah lama digunakan secara luas di dunia industri dalam berbagai aplikasi elemen mesin, karena paduan ini memiliki sifat mekanis yang baik, tahan aus dan tahan korosi. (Hosford, 2005). Pada kondisi panas paduan ini mudah dibentuk menjadi bentuk yang diinginkan melalui proses pembentukan (*good formability*) (Calister, 2001).

High tin bronze yaitu paduan perunggu dengan komposisi 20 - 22 % Sn memiliki sifat akustik yang baik yaitu dapat menghasikkan bunyi yang panjang ketika material tersebut digetarkan (Favstov dkk., 2003). Paduan ini umumnya digunakan sebagai

bahan instrumen musik seperti symbol, bell maupun gong.

Kelemahan paduan ini bersifat getas karena paduan ini merupakan paduan dua phase yang mengandung phase $Cu_{31}Sn_8$ *intermetallic* (δ -phase) (Lisovskii dkk., 2007), yang menyebabkan material musik mudah retak maupun pecah (*fracture*) seperti ditunjukkan pada gambar 1. Usaha penanggulangan retak maupun patah akibat sifat getas perunggu dapat dilakukan dengan menurunkan kegetasan material dengan jalan melunakkan bahan tersebut. Metode yang dilakukan berupa perekayasaan temperatur yang dikenakan pada bahan tersebut. Penelitian ini mengkaji perlakuan temperatur *annealing* pada perunggu bahan gamelan.



Gambar 1. Retak dan patah pada gamelan

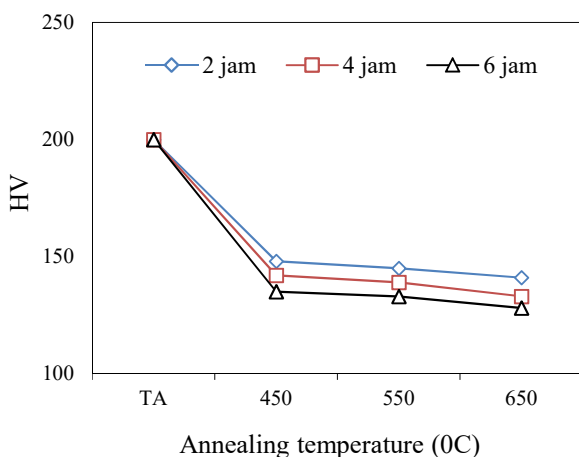
Tabel 1. Komposisi kimia paduan

Paduan	Komposisi kimia wt%							
	Cu	Sn	Si	Pb	Zn	Mn	S	As
Cu-20%Sn	79.18	19.1	-	1.18	0.505	0.0008	0.014	0.055

Metode Penelitian

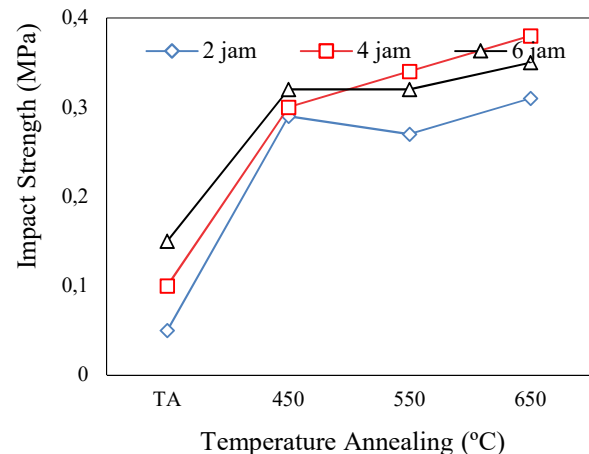
Paduan yang digunakan pada penelitian ini adalah paduan perunggu timah putih 20%wt. Sn. Komposisi kimia paduan ditunjukkan pada tabel 1. Paduan murni (*pure commercial*) dilebur pada dapur (*crucible furnace*) pada temperature 1000°C. Logam yang telah mencair dituang pada cetakan logam dengan temperatur awal peleburan (cetakan 200° C. Hasil coran dimachining untuk pembuatan spesimen uji tarik, kekerasan dan impact. Spesimen uji diberikan perlakuan temperature annealing sebesar 450°C, 550°C dan 650 °C pada the holding time masing-masing temperatur adalah 2, 4 and 6 hours. Spesimen uji tarik merujuk pada standar uji JIS Z2201 No.7. Uji Vickers dilakukan untuk mengetahui kekerasan specimen. Uji impact menggunakan metode Charpy

Hasil dan Pembahasan



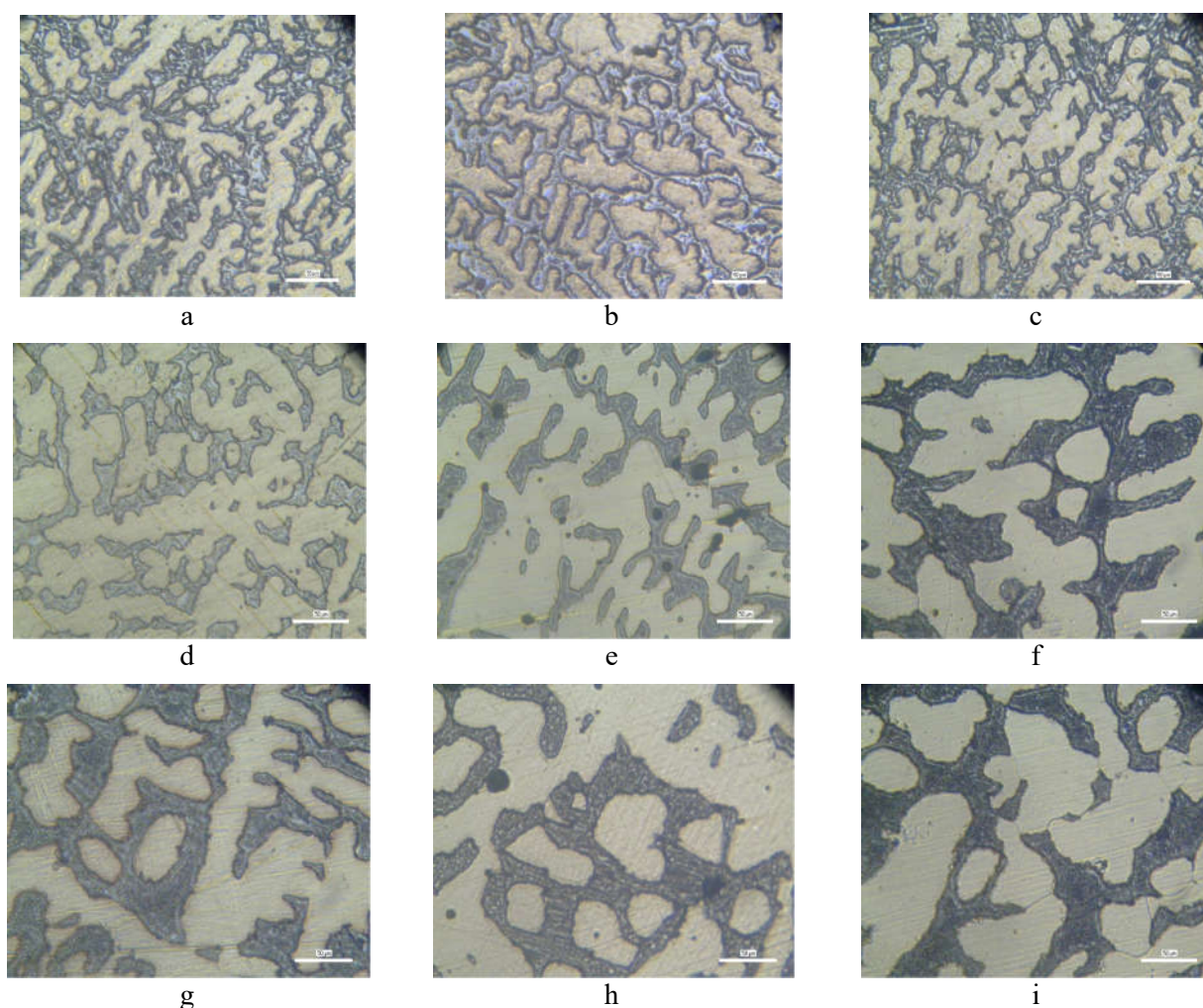
Gambar 2. Kekerasan vickers paduan perunggu

Gambar 2 menunjukkan pengaruh perlakuan *annealing* terhadap sifat mekanis. Terjadi pengaruh perlakuan *annealing* terhadap sifat kekuatan tarik, kekerasan dan kekuatan impact. Perlakuan *annealing* berpengaruh pada keuletan material yang ditandai oleh pertambahan panjang pada saat uji tarik. Makin tinggi persentase perpanjangan akibat tarikan, maka material tersebut dikatakan semakin ulet.



Gambar 3. Kekuatan impact paduan perunggu

Gambar 3 menunjukkan pengaruh temperatur anil terhadap sifat mekanis paduan yaitu kekuatan tarik, kekerasan dan kekuatan impact. Kekuatan tarik dan kekerasan paduan menurun namun elongation dan kekuatan impact meningkat. Kekuatan tarik paduan berkisar antara 15–40% dibandingkan dengan kekuatan tarik paduan sebelum mendapat perlakuan anil. Semakin tinggi temperatur anil, kekuatan tarik paduan semakin menurun.



Gambar 4. Struktur mikro perunggu 20% wt. Sn pada berbagai variasi temperature annealing. (a). 450 °C × 2 jam (b) 450 °C × 4 jam , (c) 450 °C × 6 jam, (d). 550°C × 2 jam, (e) 550 °C × 4 jam, (f) 550 °C × 6 jam, (g).650 °C × 2 jam, (h) 650 °C × 4 jam, (i) 650 °C × 6 jam

Perubahan keuletan material berpengaruh pada kekerasan (gambar 2) dan kekuatan impact (gambar 3). Kekerasan material menurun namun kekuatan impact meningkat. Kekuatan impact sangat penting dipertimbangkan untuk material yang digunakan sebagai material gamelan, karena material gamelan sering mendapatkan beban pukulan (*impact*) pada saat instrument musik ini dimainkan.

Fase yang terbentuk selama pembekuan adalah fasa ($\alpha + \delta$). Bagian yang berwarna terang (kuning keputihan) merupakan fasa α (alpha), sedangkan bagian yang berwarna hitam adalah fasa δ (delta). Perunggu yang belum diberi perlakuan annealing memiliki butir-butir yang berbentuk dendrit menyerupai pohon yang berserabut. Setelah diberi perlakuan annealing pada temperatur yang berubah-ubah, dan *holding time* yang berbeda, maka bentuk dan butir berubah menjadi membesar.

Struktur mikro pada perunggu setelah *annealing* 450 °C, *holding time* 2 jam masih terdapat butir-butiran kecil yang belum tertata. Kemudian pada *holding time* 4 jam ukuran butir semakin besar

memanjang tetapi butir yang satu dengan yang lain belum rapat. Pada *holding time* 6 jam terdapat butir yang lebih besar, butiran tertata, dan rapat. Hal ini dapat terjadi karena semakin banyak waktu bagi butiran untuk menata diri. Struktur mikro pada perunggu setelah *annealing* 550 °C, *holding time* 2 jam masih terdapat butiran-butiran yang runcing, kemudian dilihat pada *holding time* 4 jam ukuran butir semakin besar, dan bentuk runcing semakin hilang, bentuk semakin pipih tetapi butir yang satu dengan yang lain belum rapat. Pada waktu *holding time* 6 jam terdapat butir yang lebih besar, butiran tidak meruncing atau pipih, dan semakin rapat.

Struktur mikro pada perunggu setelah *annealing* 650°C, *holding time* 2 jam masih terdapat butiran-butiran berbentuk runcing, dan sudah mulai tertata. Kemudian pada *holding time* 4 jam ukuran butir semakin besar, dan butir-butir sudah menyatukan diri karena butir saling tarik menarik. Pada waktu *holding time* 6 jam terdapat butir yang lebih besar, butiran lebih tertata, dan berbentuk pipih, bentuk ujung runcing semakin hilang

Perlakuan temperatur *annealing* berpengaruh terhadap ukuran dan bentuk strukturmikro pada material tersebut. Gambar 4(a-g) menunjukkan strukturmikro semakin membesar seiring dengan peningkatan perlakuan *annealing* yang dikenakan pada material tersebut. Strukturmikro semakin membesar berpengaruh pada membesarnya butiran dan luas batas butir. Butiran yang semakin besar akan memperlemah ikatan antar butir yang menyebabkan melemahnya sifat kekuatan tarik. Tidak ada perubahan fase yang terjadi akibat perlakuan *annealing*. Proses utama yang terjadi adalah rekristalisasi dan *recovering*. Perlakuan temperatur *annealing* berfungsi mengeliminir tegangan sisa yang terjadi pada material.

Kesimpulan

Sifat getas yang menyebabkan patah getas pada perunggu dapat ditanggulangi dengan perlakuan *annealing*. Hal ini ditunjukkan oleh terjadi peningkatan persentase perpanjangan specimen hasil uji tarik. Makin tinggi persentase perpanjangan, maka makin ulet bahan uji tersebut. Persentase perpanjangan akibat perlakuan *annealing* pada penelitian meningkat sebesar 2.14%.

Daftar Pustaka

- [1] Askeland, D.R., 1984, The Science and Engineering of Materials, University of Missouri-Rolla, California, USA.
- [2] Brick R.M., Perise A.W., Gordon., R.B., 1997, Structure and Properties of Engineering Materials, McGraw-Hill Book Company.
- [3] Callister, W., 2001, Fundamental of Materials Science and Engineering John Wiley and Son Inc. pp. 179.
- [4] Campbell, J., 2000, The Concept of Net Shape for Casting, Material Design, 21, pp. 373 380.
- [5] Campbell, J., 2003, The New Metallurgy of Cast Metals, Second Edition, Butterworth Heinemann.
- [6] De Silva, C.W, 2000, Vibration Fundamental and Practice, Boca Raton London, CRC Press.
- [7] Favstov, Yu. K., Zhraavel, 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
- [8] 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
- [9] Hosford, F.W., 2005, Mechanical Behaviour of Materials, Cambridge University Press
- [10] Lisovskii, V.A., Lisovskaya. O.B, Kochetkova,L.P., Favstov, Y.K., 2007, Springly Alloyed Bell Bronze with Elevated Parameters of Mechanical Properties, Journal Metal Science an Heat Treatment, vol 49, pp 232-235.
- [11] Schmidt, R.F. dan Schmidt, D.G., 1993, Selection and Application of Copper Alloy Castings, ASM Handbook, Metals Handbook, Vol. 2, American Society of Metals, Cleveland, OH, p. 346.
- [12] Smith, F. W., 1993, Structure and Properties of Engineering Alloy, Second Edition, Mc. Grow Hill. Inc.