

Pengaruh Perlakuan Panas (*Heat Treatment*) Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Perunggu Bahan Gamelan Bali

I Putu Agus Kisma Jaya, I Ketut Gede Sugita dan IGN. Priambadi
Program Studi Teknik Mesin, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Gamelan Bali adalah salah satu jenis alat musik gamelan tradisional yang khas dari Bali. Perunggu adalah material utama yang digunakan untuk membuat gamelan. Perunggu merupakan paduan antara tembaga dan timah putih yang digunakan sebagai paduan utamanya, dan unsur-unsur lain yang mempunyai sifat yang tahan terhadap korosi. Gamelan dibuat dengan penempaan menggunakan hummer forging yang masih bertumpu pada kemampuan tenaga manusia. Kelemahan utama proses ini adalah pemadatan material yang satu dengan yang lainnya tidak merata, tegangan sisa yang terjadi akibat proses forging tidak bisa dihindari. Tegangan sisa menyebabkan produk akan mudah retak ataupun sifat mekanis logam akan menurun, selain itu juga bahan yang digunakan memiliki sifat getas yang sering kali ditemukan pada proses produksi, terutama pada saat forging. Material uji yang digunakan adalah campuran Tembaga 80%(Cu) dan Timah Putih 20%(Sn). Selanjutnya material yang sudah dicor diberi perlakuan panas 200 , 300 , 400 , dan 500 dengan waktu penahanan (holding time) 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit, dan satu bilah uji tanpa perlakuan panas. Pengambilan data uji kekerasan menggunakan metode vickers dan pengambilan gambar struktur mikro dengan mikroskop optik. Hasil penelitian menunjukkan perhitungan kekerasan (HVN) diketahui rata-rata spesimen dengan perlakuan panas 300°C sebesar 268,89 kg/mm² lebih besar dari temperatur 400°C sebesar 259,51 kg/mm², sedangkan 200°C sebesar 244,38 kg/mm², dan 500°C sebesar 233,29 kg/mm² dibandingkan dengan spesimen yang tanpa perlakuan sebesar 228,63 kg/mm². Pada hasil struktur mikro dapat disimpulkan semakin besar butiran-butiran kristal terbentuk dan kerapatan nampak rapi maka nilai kekerasan (HVN) semakin meningkat.

Kata kunci: Temperatur, Perlakuan Panas, Waktu Penahanan, Perunggu, Kekerasan, dan Struktur Mikro

Abstract

Balinese gamelan is one type of traditional gamelan musical instrument that is typical of Bali. Bronze is the main material used to make gamelan. Bronze is an alloy between copper and tin which is used as its main alloy, and other elements that have corrosion resistant properties. Gamelan is made by forging using hummer forging which still relies on the ability of human labor. The main drawback of this process is the uneven compression of material with one another, the residual stress caused by the forging process cannot be avoided. Residual stresses cause the product to crack easily or the mechanical properties of the metal will decrease, but also the material used has brittle properties that are often found in the production process, especially during forging. The test material used is a mixture of 80% Copper (Cu) and 20% White Tin (Sn). Furthermore, the material that has been casted is given a heat treatment of 200 , 300 , 400 and 500 with holding time of 30 minutes, 60 minutes, 90 minutes, 120 minutes, and one test bar without heat treatment. Retrieval of hardness test data using the method of vickers and taking microstructure images with optical microscopy. The results showed that the calculation of hardness (HVN) showed that the average specimen with a heat treatment of 300 ° C was 268.89 kg / mm² which was greater than the temperature of 400 ° C which was 259.51 kg / mm², while 200 ° C was 244.38 kg / mm², and 500 ° C at 233.29 kg / mm² compared to specimens without treatment of 228.63 kg / mm². In the microstructure results, it can be concluded that the larger the crystal grains are formed and the density looks neat, the hardness (HVN) value increases.

Keywords: Temperature, Heat Treatment, Holding Time, Bronze, Hardness, and Micro Structure

1. Pendahuluan

Gamelan Bali adalah salah satu jenis alat musik gamelan tradisional yang khas dari Bali. Gamelan Bali merupakan perangkat seni yang digunakan sebagai penunjang aktivitas budaya bagi masyarakat Bali. Gamelan Bali memiliki beberapa perbedaan dengan alat musik gamelan pada umumnya, baik dalam bentuk maupun cara memainkannya. Proses memainkan gamelan dilakukan dengan memukul bilah-bilah gamelan tersebut sehingga diperoleh bunyi dari gamelan yang dimainkan.

Perunggu adalah material utama yang digunakan untuk membuat gamelan. Perunggu merupakan paduan antara tembaga dan timah putih yang digunakan sebagai paduan utamanya, dan unsur-unsur lain yang mempunyai sifat yang tahan terhadap korosi. Perunggu yang digunakan dalam penelitian dengan kadar tembaga 80% (Cu) dan timah putih 20% (Sn) [1].

Bertitik tolak dari hasil pengujian eksperimen yang telah dilakukan terhadap gamelan tradisional, didapat satu permasalahan yang penting untuk diteliti lebih lanjut, yaitu pelepasan tegangan sisa. Tegangan

sisa (*residual stress*) adalah tegangan yang tetap berada pada material meskipun beban luar (*eksternal load*) dilepas dari material tersebut. Tegangan sisa dapat ditimbulkan dari aktivitas thermal maupun aktivitas deformasi [2].

Penelitian yang dilakukan adalah dengan melakukan pengujian pada bilah gangsa. Metode yang digunakan untuk dapat mewujudkan pada penelitian ini adalah perlakuan panas pada suhu temperatur 200 , 300 , 400 , dan 500 dengan waktu penahanan 30 menit, 60 menit, 90 menit, dan 120 menit. Tujuan penelitian secara umum adalah untuk mengetahui pengaruh perlakuan panas dan waktu penahanan terhadap kekerasan dan struktur mikro bilah gamelan Bali yang selanjutnya kualitas dan kuantitas dari coran dilakukan pengujian metalografi menggunakan mikroskop.

2. Dasar Teori

2.1 Pengecoran

Pengecoran (*Casting*) adalah salah satu proses pembentukan logam, pada proses ini logam dicairkan menggunakan tungku pada temperatur tertentu. Kemudian dituang kedalam cetakan, dan didinginkan hingga beku. Dalam proses pengecoran, tembaga dipanaskan terlebih dahulu sampai mencair kira-kira suhu 1085°C [3].

2.2 Bahan Pengecoran

Perunggu merupakan paduan antara tembaga (Cu) dan timah (Sn). *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.

2.3 Proses Pembuatan gamelan

Pembuatan gamelan Bali bertumpu pada proses pengecoran. Peleburan paduan logam pada produksi gamelan, dilakukan dengan dua tahap peleburan. Pertama khusus untuk pencampuran tembaga dengan timah putih, Pada peleburan tahap ini dilakukan pada dapur dan kowi dengan kapasitas yang besar.

2.4 Perlakuan Panas

Perlakuan panas adalah proses untuk memperbaiki sifat-sifat dari logam dengan jalan memanaskan coran sampai temperatur yang cocok dibiarkan beberapa waktu pada temperatur itu. Kemudian didinginkan ke temperatur yang lebih rendah seperti udara, air, air garam, oli, dan solar yang masing-masing mempunyai kerapatan pendinginan yang berbeda-beda. Sifat mekanis baja juga akan dipengaruhi proses pendinginan yang dilakukan. Beberapa jenis perlakuan panas antara lain *normalizing*, *annealing*, *quenching*, *tempering*, dan *hardening* yang dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan logam.

2.5 Pengujian Kekerasan Vikers

Pelaksanaan test mekanik pada material menunjukkan bahwa cara percobaan kekerasan adalah mengamati ketahanan material terhadap identitas

material lain dan pelaksanaannya relatif lebih mudah dari pada percobaan-percobaan yang lainnya, serta dapat pula dipakai mengetahui tentang kekuatan material dalam hubungan dengan perlakuan panas yang diterimanya.

2.6 Pengujian Struktur mikro

Karakteristik suatu material sangat tergantung dari struktur mikro yang membentuk material tersebut. Untuk dapat memahami dengan baik tingkah laku material dalam aplikasinya dan untuk mengontrol karakteristik mekanik maupun fisik dari material tersebut, maka sangat diperlukan adanya pengamatan secara kualitatif maupun kuantitatif tentang struktur mikronya.

3. Metode Penelitian

3.1 Bahan Penelitian

Material yang digunakan sebagai bahan uji adalah bilah gangsa menengah yang sudah di forging.



Gambar 1. Bilah Gangsa menengah
(Sumber: Observasi, 14 Februari 2018)

Adapun komposisi variasi campuran coran:

1. Komposisi campuran paduan 80% (Cu) dan 20% (Sn).

3.2 Alat

Dalam melaksanakan penelitian ini alat-alat yang digunakan untuk mendapatkan data adalah:

1. Tungku/dapur pemanas
2. Stopwatch
3. Komputer
4. Mesin gerinda potong
5. Jangka sorong
6. Amplas halus
7. Autosol
8. Lap kering
9. Kamera digital
10. Mesin uji kekerasan
11. Mesin uji struktur mikro

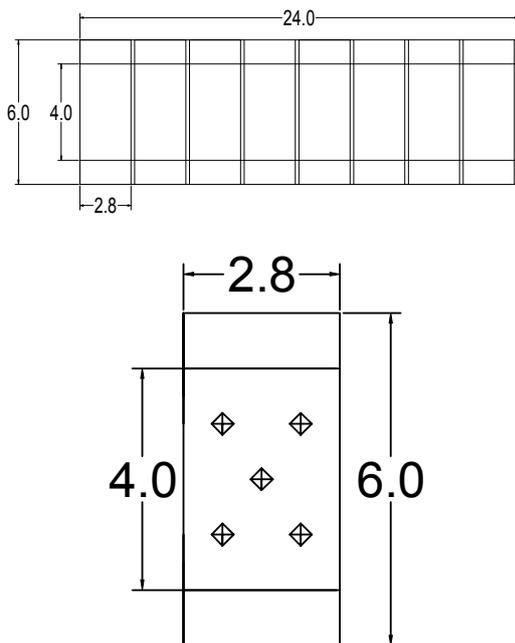
3.3 Lingkup Penelitian

1. Lingkup penelitian ini adalah variabel komposisi campuran tembaga dan timah putih yaitu: 80% (Cu) dan 20% (Sn).
2. Variasi temperatur yang diberikan adalah 200 , 300 , 400 , 500 .
3. Waktu penahanan (holding time) 30 menit, 60 menit, 90 menit, dan 120 menit.

3.4 Pembentukan Spesimen Uji

Proses pembuatan spesimen uji untuk pengujian sebagai berikut:

1. Pemotongan spesimen
Spesimen pengujian yang sudah di forging dengan panjang 24 cm dipotong dengan ukuran: 6cm x 2,8cm x 1cm, pemotongan spesimen ini menggunakan gergaji mesin. Potongan spesimen uji dapat dilihat pada gambar 3.3.
2. Pengukuran spesimen
Spesimen yang sudah di potong diukur menggunakan jangka sorong agar ukurannya presisi sesuai dengan ketentuan.
3. Pengamplasan
Pengamplasan bertujuan untuk meratakan dan memperhalus permukaan spesimen menggunakan amplas dengan ukuran kekasaran: 500, 1000, 1500 dan 2000 dengan waktu pengampelasan yang sama.
4. Pemolesan
Pemolesan dilakukan dengan autosol. Proses poles ini bertujuan untuk memperhalus dan mengkilapkan permukaan sehingga mempermudah untuk pengujian kekerasan dan struktur mikro.



Gambar 2. Potongan Spesimen Uji

3.5 Pelaksanaan Penelitian

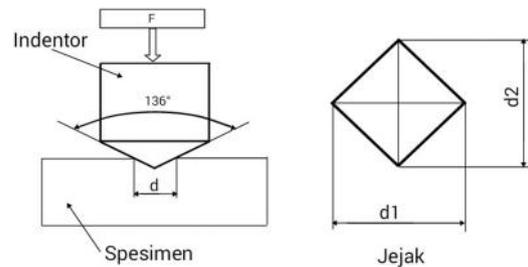
3.5.1. Perlakuan Panas (Heat Treatment)

Setelah spesimen selesai dibuat kemudian spesimen dimasukkan kedalam dapur pemanas dengan temperatur 200 dengan waktu 30 menit, 60 menit, 90 menit, dan 120 menit. Pemanasan bilah gamelan dilanjutkan dengan temperatur 300, 400, dan 500 dalam waktu pemanasan yang sama. Selanjutnya potongan bilah ditandai sesuai dengan temperatur dan waktu untuk pengujian kekerasan

dan struktur mikro. Setelah melakukan pemanasan, bilah gamelan yang sudah dipanaskan dibiarkan mendingin. Proses pendinginan ini dilakukan menggunakan media pendingin dari udara sekitar.

3.5.2. Pengujian Kekerasan (Uji Vickers)

Metode pengujian kekerasan Vickers dilakukan dengan cara menekan spesimen atau bilah gamelan dengan indenter intan yang berbentuk piramida dengan alas segi empat dan besar sudut dari permukaan-permukaan yang berhadapan 136°. Penekanan oleh indenter akan menghasilkan suatu jejak atau lekukan pada permukaan benda uji.



Gambar 3. Uji Vickers

3.5.3. Pengujian Struktur Mikro

Tahapan pengujian struktur mikro sebagai berikut:

1. Bilah gamelan dihaluskan permukaannya menggunakan amplas dengan tingkat kehalusan dari 400, 600, 800, 1000, 1500, 2000 CC-CW.
2. Menggosok bilah gamelan pada *polishing wheels*.
3. Bilah gamelan *dietching* dengan menggunakan larutan campuran antara 50 ml HNO₃ dan 50 ml H₂O_(a), bersihkan dengan alkohol kemudian dikeringkan.
4. Menggunakan mikroskop dengan spesifikasi mikro photo.
5. Letakan bilah gamelan di atas meja pengamatan.
6. Pasangkan kamera photo di atas mikroskop optik.
7. Atur kecerahan pada mikroskop agar permukaan bilah gamelan yang diamati terlihat dengan jelas. Letak mikroskop harus diatur sedemikian rupa terhadap cahaya agar didapatkan kecerahan yang benar - benar jelas.
8. Setelah mendapatkan pengamatan yang baik, kita ambil gambar dengan menggunakan kamera mikro photo dengan menggunakan *software* SW 1.0 yang telah terpasang.
9. Tarik garis dari atas dan bawah pada tampilan program SW 1.0 untuk menentukan luasan yang akan diukur.
10. Klik setiap butir struktur mikro untuk menghasilkan polygon-polygon.
11. Klik simbol Microsoft Excel pada program SW 1.0 untuk mendapatkan hasil luasan polygon berupa data yang harus diolah lagi.

12. Olah data Excel sehingga didapat hasil luasan ang dicari.
13. Ulangi langkah-langkah tersebut pada bilah gamelan berikutnya.



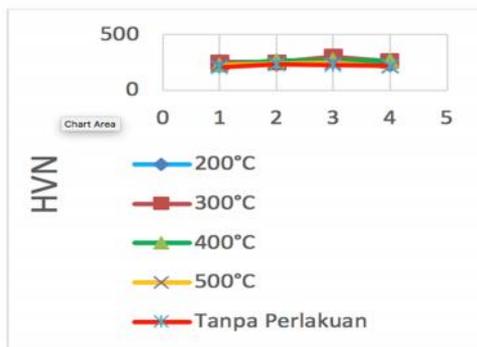
Gambar 4. Alat Uji Struktur Mikro (Sumber: Observasi, 13 Maret 2018)

4. Hasil dan Pembahasan

Setelah melakukan penelitian dan pengamatan, yang tentunya dimulai dari proses pengecoran, membuat benda uji, serta memberi variasi waktu *holding time* dan temperature pada benda uji. Dalam penelitian ini dilakukan proses pengujian kekerasan dan struktur mikro pada perunggu.

Penelitian ini dilakukan dengan cara memberikan perlakuan panas serta memberi variasi waktu *holding time* dan didinginkan dengan media udara sekitar.

4.1 Data Hasil Pengujian Kekerasan Vickers



Gambar 5. Grafik nilai kekerasan dari uji vikers.

Pada tabel 6 menyajikan data nilai rata-rata dari 16 spesimen yang dimana didapat dari hasil pengujian kekerasan dengan menggunakan metode vikers. Dapat dilihat pada tabel 6 bahwa nilai kekerasan dari pengecoran perunggu dengan perlakuan panas 200°C, 300°C, 400°C, dan 500°C didapat bahwa pada temperatur 300°C sebesar 268,89 kg/mm² lebih besar dari temperatur 400°C sebesar 259,51 kg/mm², sedangkan 200°C sebesar 244,38 kg/mm², dan 500°C sebesar 233,29 kg/mm² dibandingkan dengan spesimen yang tanpa perlakuan sebesar 228,63 kg/mm². Hal ini menjelaskan bahwa perlakuan panas pada temperatur 300°C lebih baik dibandingkan dengan spesimen yang tanpa perlakuan panas. Nilai perbandingan rata-rata dari perunggu dengan perlakuan panas 200°C, 300°C, 400°C,

500°C, dan tanpa perlakuan dapat dilihat pada gambar 6, sebagai berikut:



Gambar 6. Grafik perbandingan kekerasan vikers (HVN).

4.2 Data Hasil Pengamatan Struktur Mikro

Pada analisa struktur mikro spesimen pengujian mengalami proses perlakuan panas berbeda yaitu dengan temperatur 200°C, 300°C, 400°C, dan 500°C dan *holding time* 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit dan yang tanpa perlakuan. Pengamatan Struktur mikro dengan pembesaran 100X, dimana hasil gambar didapat sebagai berikut :

1. Temperatur 200°C



Gambar 7. Temperatur 200°C holding time 30 menit



Gambar 8. Temperatur 200°C holding time 60 menit



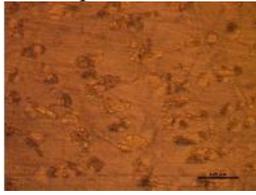
Gambar 9. Temperatur 200°C holding time 90 menit



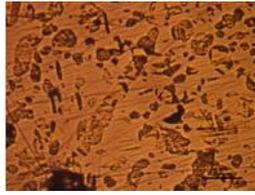
Gambar 10. Temperatur 200°C holding time 120 menit

Struktur mikro terlihat pada gambar 7 dengan perlakuan panas 200°C *holding time* 30 menit memiliki kerapatan lebih baik dan butir kristalnya lebih besar dibandingkan dengan gambar 8 *holding time* 60 menit. Gambar 9 *holding time* 90 menit memiliki kerapatan lebih baik dan butir kristalnya lebih besar dibandingkan dengan gambar 10 *holding time* 60 menit. Mengakibatkan spesimen pada proses perlakuan panas 200°C *holding time* 30 menit memiliki nilai kekerasan yang lebih tinggi dari *holding time* 90 menit, 60 menit, dan 120 menit.

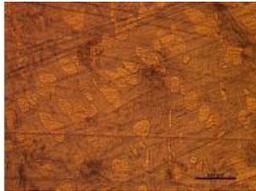
2. Temperatur 300°C



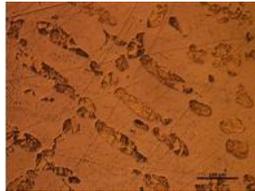
Gambar 11. Temperatur 300°C holding time 30 menit



Gambar 12 Temperatur 300°C holding time 60 menit



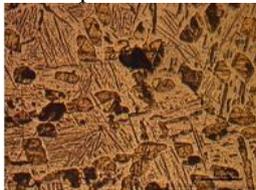
Gambar 13. Temperatur 300°C holding time 90 menit



Gambar 14. Temperatur 300°C holding time 120 menit

Struktur mikro terlihat pada gambar 11 dengan perlakuan panas 300°C *holding time* 30 menit memiliki kerapatan lebih baik dan butir kristalnya lebih kecil namun tampak rapi dibandingkan dengan gambar 12 *holding time* 60 menit. Gambar 13 *holding time* 90 menit memiliki kerapatan lebih baik dan butir kristalnya lebih besar dibandingkan dengan gambar 14. *holding time* 60 menit butir kristalnya lebih panjang. Mengakibatkan spesimen pada proses perlakuan panas 300°C *holding time* 90 menit memiliki nilai kekerasan yang lebih tinggi dari *holding time* 120 menit, 30 menit, dan 60 menit.

3. Temperatur 400°C



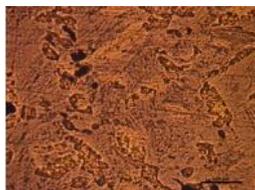
Gambar 15. Temperatur 400°C holding time 30 menit



Gambar 16. Temperatur 400°C holding time 60 menit



Gambar 17. Temperatur 400°C holding time 90 menit



Gambar 18. Temperatur 400°C holding time 120 menit

Struktur mikro terlihat pada gambar 15 dengan perlakuan panas 400°C *holding time* 30 menit memiliki kerapatan kurang baik dan butir kristalnya lebih besar dibandingkan dengan gambar 16 *holding time* 60 menit memiliki kerapatan lebih baik dan butir kristalnya kecil nampak rapi. Gambar 17. *holding time* 90 menit memiliki kerapatan lebih baik dan butir kristalnya lebih besar dibandingkan dengan gambar 18 *holding time* 60 menit butir kristalnya lebih panjang. Mengakibatkan spesimen pada proses

perlakuan panas 400°C *holding time* 90 menit memiliki nilai kekerasan yang lebih tinggi dari *holding time* 120 menit, 60 menit, dan 30 menit.

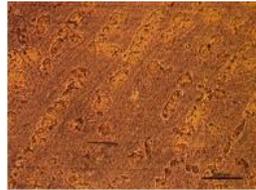
4. Temperatur 500°C



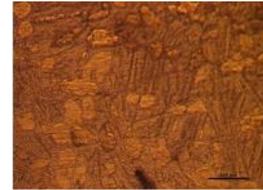
Gambar 19. Temperatur 500°C holding time 30 menit



Gambar 20. Temperatur 500°C holding time 60 menit



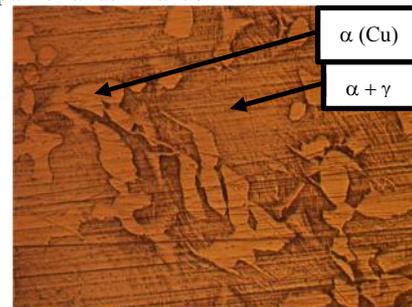
Gambar 21. Temperatur 500°C holding time 90 menit



Gambar 22. Temperatur 500°C holding time 120 menit

Struktur mikro terlihat pada gambar 19 dengan perlakuan panas 500°C *holding time* 30 menit memiliki kerapatan kurang baik dan butir kristalnya lebih kecil dibandingkan dengan gambar 20 *holding time* 60 menit memiliki kerapatan lebih baik dan butir kristalnya lebih besar. Gambar 21 *holding time* 90 menit memiliki kerapatan lebih baik dan butir kristalnya lebih panjang dibandingkan dengan gambar 22 *holding time* 60 menit butir kristalnya lebih besar. Mengakibatkan spesimen pada proses perlakuan panas 500°C *holding time* 90 menit memiliki nilai kekerasan yang lebih tinggi dari *holding time* 60 menit, 30 menit, dan 120 menit.

5. Tanpa Perlakuan Panas



Gambar 23 Struktur mikro bilah tanpa perlakuan

Pada pengamatan struktur mikro terlihat bentuk struktur mikro dari material perunggu didapat fasa α (Cu) yang dikelilingi fasa $\alpha + \gamma$ yang dimana fasa γ (gamma) memiliki sifat lunak sehingga semakin luasnya daerah antar batas butir yang mengelilingi inti maka akan terjadi penurunan nilai kekerasan (HVN) pada gamelan Bali. Struktur mikro terlihat pada gambar 23 terlihat sangat jelas bilah tanpa perlakuan kerapatan kurang baik dan butiran-butiran kristalnya nampak besar namun panjang.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian pengaruh perlakuan panas (*heat treatment*) terhadap kekerasan dan struktur mikro perunggu bahan gamelan Bali dengan presentase paduan tembaga (Cu) 80% dan timah putih (Sn) 20%. Perlakuan pada temperatur 200°C, 300°C, 400°C, dan 500°C dan *holding time* 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit. Diuji dengan 2 phase pengujian yang diantaranya pengujian kekerasan vikers dan struktur mikro didapat data-data seperti yang tercantum dalam bab IV sehingga dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dalam pengujian kekerasan vikers spesimen dengan perlakuan panas 200°C 300°C, 400°C, 500°C dan spesimen yang tanpa perlakuan. Hasil perhitungan kekerasan (HVN) diketahui rata-rata spesimen dengan perlakuan panas 300°C nilai HVN tertinggi sebesar 303,64 kg/mm² lebih besar dari temperatur 400°C nilai HVN tertinggi sebesar 269,92 kg/mm², sedangkan 200°C nilai HVN tertinggi sebesar 262,17 kg/mm², dan 500°C nilai HVN tertinggi sebesar 246,32 kg/mm² dibandingkan dengan spesimen yang tanpa perlakuan sebesar 228,63 kg/mm². Jadi kekerasan material dengan perlakuan panas 300°C lebih baik dari spesimen 400°C, 200°C, 500°C, dan yang tanpa perlakuan. Sehingga hal tersebut akan berpengaruh pada meningkatnya kualitas produk perunggu.
2. Pada pengamatan struktur mikro dapat disimpulkan semakin besar butiran -butiran kristal terbentuk dan kerapatan nampak rapi maka nilai kekerasan (HVN) semakin meningkat.

Daftar Pustaka

- [1] Alves, Bill, 1997, *Pleng: Menulis untuk Gender Adil Tuned Barung*, Jurnal Hanya Intonasi Jaringan 1, pp. 4-11.
- [2] Withers dan Bhadesi, 2001, *Residual Stress Part 1 - Measurement Techniques*, Materials Science and Technology.
- [3] Surdia, T. dan Chijjiwa, K., 1986, *Teknik Pengecoran Logam*, edisi ketujuh, Pradnya Paramita, Jakarta.

	<p>I Putu agus Kisma Jaya menyelesaikan studi S1 di Universitas Udayana pada Program Studi Teknik Mesin, pada tahun 2019</p>
<p>Bidang penelitian yang diminati adalah topik-topik yang berkaitan dengan Peunggu Bahan Gamelan Bali</p>	