

Pengaruh Perbedaan Temperatur *Quenching* Menggunakan Media Oli terhadap Kekerasan Paduan Perunggu 20Sn

I Nyoman Arsana Dwi Putra, I Ketut Gede Sugita, dan I Putu Lokantara
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Perunggu merupakan campuran logam tembaga (Cu) dan timah putih (Sn) yang banyak dimanfaatkan dalam pembuatan alat musik tradisional seperti gamelan, karena memiliki sifat akustik yang baik dan daya tahan pakai yang tinggi. Meski begitu, kelemahan perunggu terletak pada potensi kerusakan material akibat penggunaan berulang dalam jangka panjang, yang dapat memengaruhi kualitas suara. Satu opsi yang bisa digunakan untuk meninggikan kekerasan sifat material, khususnya kekerasan pada perunggu, adalah perlakuan panas dengan metode quenching. Pada penelitian ini, hasil umumnya uji kekerasan Vickers menunjukkan peningkatan kekerasan tertinggi terjadi pada spesimen dengan perlakuan panas suhu 300°C menggunakan media pendingin oli, dengan nilai sebesar 97,1 kgf/mm². Sebaliknya, nilai kekerasan rendah terdapat pada spesimen raw material, yaitu sebesar 79,24 kgf/mm². Semakin tinggi suhu perlakuan quenching, kekerasan cenderung menurun. Hal ini terlihat pada perlakuan 400°C dan 500°C.

Kata kunci: Perunggu Timah Tinggi, Quenching, kekerasan, temperatur, struktur mikro

Abstract

Bronze is a metal mixture of copper (Cu) and white tin (Sn) that is widely used in the manufacture of traditional musical instruments such as gamelan, as it has good acoustic properties and high wearability. However, bronze's weakness lies in the potential for material deterioration due to long-term repeated use, which can affect sound quality. One option that can be used to increase the hardness of material properties, especially the hardness of bronze, is heat treatment using the quenching method. In this study, the general results of the Vickers hardness test showed that the highest increase in hardness occurred in specimens with heat treatment at 300°C using oil cooling media, with a value of 97.1 kgf/mm². On the other hand, the lowest hardness value was found in the raw material specimen, which amounted to 79.24 kgf/mm². The higher the quenching treatment temperature, the hardness tends to decrease. This can be seen at 400°C and 500°C.

Keywords: High-tin Bronze, Quenching, hardness, temperature, Microstruture

1. Pendahuluan

Di zaman yang makin modern ini, masyarakat dihadapkan pada kebutuhan yang semakin kompleks, dan ini memaksa kita untuk berinovasi. Salah satu bidang yang sangat penting adalah teknologi, yang berperan besar dalam kehidupan. Contohnya, rekayasa dan pengolahan logam sangat vital karena logam adalah bahan dasar yang diperlukan untuk membangun berbagai konstruksi. Kebutuhan akan teknologi yang tepat dalam proses ini sangat memengaruhi kualitas dan keberlanjutan hidup kita sehari-hari [1]. Logam perunggu (*Bronze*) logam yang merupakan campuran tembaga (Cu) dengan unsur kimia lainnya, yaitu timah putih (Sn). Komposisi perunggu terdiri dari 88% tembaga dan 12% timah putih. Perunggu dikelompokkan menjadi dua yaitu perunggu timah rendah (*low-tin Bronze*) dengan kandungan timah <17% dan perunggu timah tinggi (*high-tin Bronze*) dengan kandungan timah >17% [2]. *Bronze* (perunggu) adalah material yang umum digunakan dalam pembuatan alat musik. Banyak alat musik modern dari barat, seperti simbal drum, senar gitar, terompet, klarinet, dan saksofon, menggunakan *Bronze* sebagai bahan utama untuk menghasilkan kualitas suara yang optimal. Di sisi lain, alat musik tradisional seperti gamelan terbaik juga terbuat dari perunggu, yang telah digunakan selama ratusan tahun untuk menciptakan melodi yang indah. Penggunaan

Bronze dalam gamelan mencerminkan kualitas dan kekayaan warisan budaya yang telah ada sejak lama.

Bronze (perunggu) biasanya digunakan sebagai bahan untuk pembuatan alat musik karena memiliki beberapa keunggulan seperti dapat dicetak dengan baik, sehingga bisa menghasilkan lonceng berkualitas tinggi. Selain itu, *Bronze* juga memiliki umur pakai yang lama dan sifat akustik yang sangat baik, membuatnya ideal untuk menciptakan suara yang indah [3] Meski begitu, perunggu juga memiliki beberapa kelemahan yaitu sering terjadinya kegagalan material, seperti patah akibat beban saat pemakaian berulang, yang juga dapat memengaruhi kualitas suara Gambelan. Gamelan yang terbuat dari perunggu memang menghasilkan suara yang sangat indah, tetapi sayangnya perubahan nada ini terjadi lebih cepat dibandingkan dengan gamelan yang dibuat dari bahan lain, seperti baja atau kuningan. Ini menjadi tantangan tersendiri bagi para pengrajin dan Musisi [4].

Kesadaran mengenai kegagalan akibat pemakaian (Gambelan) seara terus-menerus pada bahan Gambelan Bali masih minim. Penelitian [5] menunjukkan bahwa variasi komposisi Tembaga dan Timah Putih dapat memperpanjang umur lelah, dengan paduan 80%Cu dan 20%Sn mencapai 30.826 Cycle. Namun, penelitian tersebut belum mengeksplorasi pengaruh perlakuan panas (*heat treatment*) *Quenching* dan media pendingin oli paduan Perunggu 80%Cu + 20%Sn.

Dalam beberapa aplikasi, kekerasan material *Bronze* sering kali dianggap kurang maksimal, sehingga memerlukan perlakuan lebih lanjut untuk meningkatkan sifat mekaniknya. Salah satu metode yang efektif untuk meningkatkan kekerasan material yaitu dengan proses perlakuan panas, khususnya *Quenching*. *Quenching* adalah proses pendinginan yang cepat dari temperatur tinggi yang bertujuan untuk mengubah struktur mikro material sehingga dapat meningkatkan tingkat kekerasan. Media pendingin yang digunakan, seperti air, minyak, atau larutan garam, serta variasi temperatur *Quenching* dapat berpengaruh signifikan terhadap hasil akhir kekerasan material. *Quenching* bertujuan untuk mencapai tingkat kekuatan dan kekerasan yang diinginkan. Namun, untuk mencapai tingkat kekerasan yang optimal, sangat penting untuk mengikuti parameter proses perlakuan panas yang benar [6].

Perlakuan panas pada perunggu sangat penting untuk beberapa faktor yang berkaitan dengan peningkatan sifat mekanis dan ketahanan material. Beberapa tujuan poin utama yang menjelaskan pentingnya perlakuan panas bagi paduan perunggu yaitu meningkatkan sifat ketahanan material perunggu, meningkatkan kekuatan material perunggu, dan juga meningkatkan ketahanan korosi.

Berdasarkan latar belakang diatas, penulis akan melakukan penelitian terkait pengaruh variasi temperatur *Quenching* dengan media pendingin, oli terhadap tingkat kekerasan *Bronze* 20 Sn yang bertujuan untuk mendapatkan nilai kekerasannya.

Dengan demikian, penelitian ini difokuskan pada permasalahan mengenai pengaruh perbedaan temperatur *quenching* menggunakan media pendingin oli terhadap nilai kekerasan *Bronze* 20 Sn.

Beberapa batasan ditetapkan dalam penelitian ini yaitu:

1. Metode pengecoran menggunakan *Sand Casting*.
2. Pasir yang digunakan adalah pasir yang bercampur tanah lempung, bahan homogen.
3. Variasi suhu *Quenching* yang digunakan yaitu 300°C, 400°C, 500°C.
4. *Holding time* yang digunakan yaitu 180 menit.
5. Media pendinginan cepat yang digunakan adalah oli *SAE* 10.

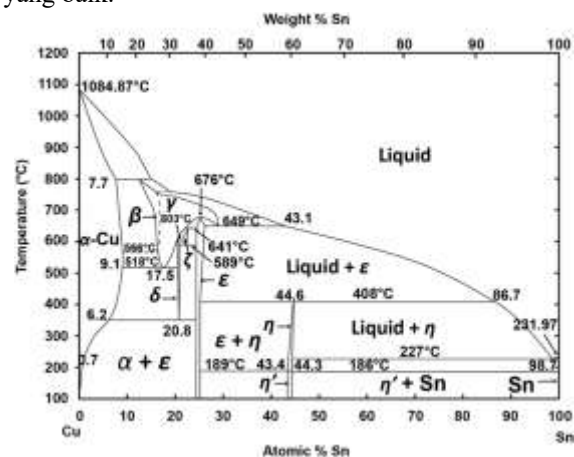
2. Dasar Teori

Quenching merupakan proses perlakuan panas yang bertujuan mengubah struktur mikro logam, yaitu dengan cara memanaskan spesimen dalam tungku (*electric furnace*) hingga mencapai suhu rekristalisasi selama waktu tertentu, lalu didinginkan secara cepat menggunakan media seperti oli. Proses ini dilakukan untuk memperoleh tingkat kekerasan serta sifat mekanik logam yang sesuai dengan kebutuhan, yang dicapai melalui pemanasan pada temperatur yang telah ditentukan.

Tujuan utama *Quenching* adalah menghasilkan logam yang keras dengan kekuatan tarik dan luluh tinggi, melalui transformasi austenit menjadi martensit. Keberhasilan proses ini bergantung pada suhu pengerasan, waktu penahanan, metode pendinginan, media pendingin, dan *hardenability*.

Perunggu merupakan paduan tembaga dan timah dengan kandungan timah 10–25%, yang telah lama digunakan untuk peralatan, senjata, dan seni karena daya tahan dan kekuatannya. Paduan 20% timah, dikenal sebagai *high-tin Bronze*, sering digunakan dalam alat musik seperti lonceng dan gamelan karena mampu menghasilkan frekuensi suara optimal.

Perunggu (CuSn) merupakan salah satu Paduan tembaga yang memiliki kekuatan baik dari kuningan, dan masih mempunyai ketahanan korosi yang baik.



Gambar 1. Diagram fasa tembaga (Cu)–timah (Sn) yang memperlihatkan perubahan fase pada berbagai kadar atom Sn dan suhu.

Pada diagram fase Cu-Sn. Fasa β terbentuk sebagai hasil reaksi peritektik pada 798°C. pada 586°C, fasa β mengalami reaksi eutektoid membentuk campuran ($\alpha + \gamma$). Pada 520°C, γ juga mengalami transformasi eutektoid menjadi ($\alpha + \delta$) pada ~ 350°C fasa δ terdekomposisi melalui reaksi eutektid menjadi ($\alpha + \epsilon$). Kemiringan garis kelarutan tajam pada kelarutan Sn di dalam fasa a.

Penguji kekerasan *Vickers* dilakukan dengan menggunakan penumbuk berbentuk piramida intan yang memiliki dasar bujur sangkar. Sudut antara permukaan-permukaan piramida yang saling berhadapan adalah 136° [7].

Angka kekerasan *Vickers* didefinisikan sebagai beban yang diberikan dibagi dengan luas permukaan lekukan. Dalam praktiknya, perhitungan dilakukan berdasarkan pengukuran mikroskopik panjang diagonal dari jejak lekukan. [7] Angka kekerasan *Vickers* dapat dihitung menggunakan rumus berikut :

$$VHN = \frac{2 P \sin(\theta/2)}{D^2} = \frac{1,854 P}{D^2} \quad (1)$$

dimana : P = beban digunakan (kgf)
D = panjang diagonal umumnya (mm)
 θ = sudut permukaan intan yang berhadapan (136°)

Beban yang biasanya digunakan dalam pengujian ini berkisar antara 1 hingga 120 kgf, tergantung pada tingkat kekerasan logam yang diuji [7]

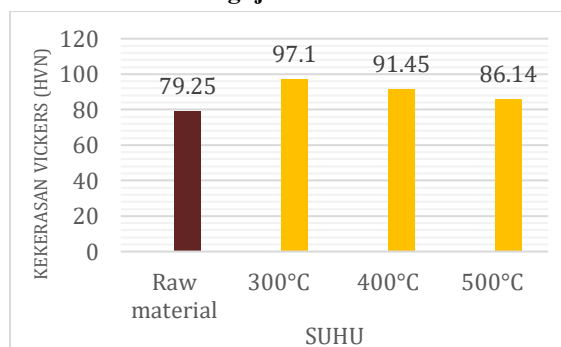
3. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan alat seperti berikut:

1. Oven (Sebagai pemanas perlakuan *heat treatment*)
2. Penjepit spesimen (untuk mengambil spesimen dari dalam oven)
3. Amplas (untuk meratakan permukaan sampel uji).
4. Gergaji (untuk memotong spesimen yang akan diuji)
5. Alat Uji Kekerasan *Vickers*
Sedangkan, bahan sebagai berikut:
 1. Tembaga Cu (seberat 800 gram yang telah ditimbang, dengan kadar mencapai 80%)
 2. Timah Putih Sn (200 gram timah putih (Sn) yang telah ditimbang, dengan kadar mencapai 20%)
 3. Autosol dan Kain (menghilangkan goresan yang timbul dari proses pengamplasan dan mengkilapkan permukaan spesimen uji)
 4. Oli SAE 10 (oli digunakan sebagai media pendingin *Quenching* oli)

4. Hasil dan Pembahasan

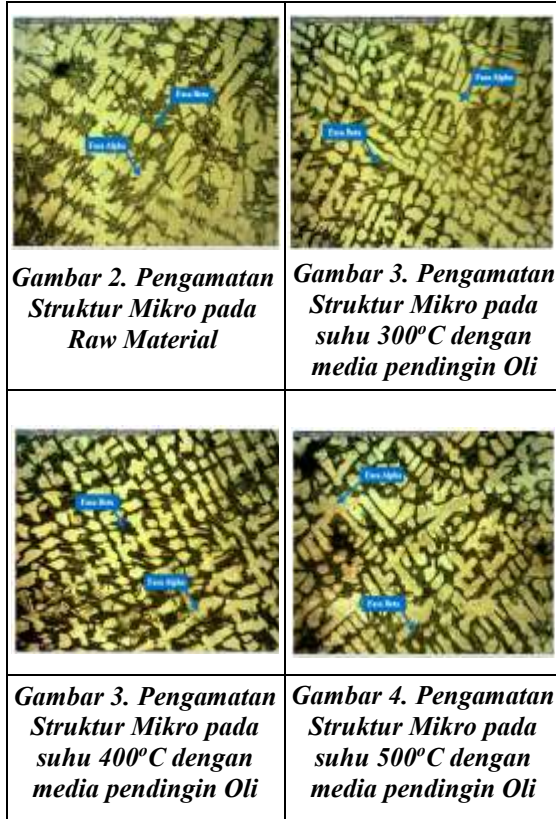
4.1. Data Hasil Pengujian *Hardness Vickers*



Gambar 5. Grafik Rata-Rata Pengujian Kekerasan Vickers raw material dan quenching media pendingin oli

Gambar 5 menunjukkan hubungan antara variasi media pendingin dan temperatur quenching terhadap nilai kekerasan Vickers (HVN) pada high-tin bronze. Sumbu X menampilkan temperatur quenching (Raw Material, 300°C, 400°C, 500°C), dan sumbu Y menunjukkan nilai kekerasan. Secara

umum, semakin tinggi temperatur quenching, nilai kekerasan material cenderung melunak akibat perubahan mikrostruktur. Nilai kekerasan terendah terdapat pada raw material sebesar 79,24 kgf/mm², sedangkan tertinggi pada media pendingin Oli suhu 300°C sebesar 97,1 kgf/mm². Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan panas pada 300°C dengan media pendingin oli lebih baik dibandingkan tanpa perlakuan panas (Raw Material).



Struktur mikro sangat memengaruhi kekerasan material. Pada suhu 300°C, terbentuk mikrostruktur dengan ukuran butir kecil dan distribusi fasa yang baik, sehingga menghasilkan kekerasan tertinggi. Namun, seiring naiknya suhu ke 400°C dan 500°C, terjadi pertumbuhan butir, yang menyebabkan penurunan kekerasan.

5. Kesimpulan

Dari perolehan nilai rata-rata pada uji kekerasan Vickers, nilai kekerasan tertinggi tercatat pada perlakuan panas 300°C dengan media pendingin oli sebesar 97,1 kgf/mm², sedangkan nilai terendah pada raw material sebesar 79,24 kgf/mm². Kekerasan melunak seiring peningkatan suhu quenching; pada oli: 500°C = 86,14 kgf/mm², 400°C = 91,45 kgf/mm², 300°C = 97,1 kgf/mm². Rata-rata kekerasan oli lebih tinggi 91,57 kgf/mm² dari pada raw material 79,24 kgf/mm². Quenching mengubah struktur mikro dari dendritik menjadi butiran lebih besar dan seragam, terutama pada oli 300°C dengan partikel yang lebih rapat sehingga menghasilkan kekerasan tertinggi dibandingkan dengan raw material.

Daftar Pustaka

- [1] Bima Saputra Sunaryo., & Oktarizka Reviandani. (2025). *Inovasi Berkelanjutan Industri Logam Dalam Menyikapi Tantangan Lingkungan Dan Peraingan global DI Sidoarjo*. Jurnal Pendidikan Tambusai (Vol. 9, Issue 1).
- [2] Republic, C. (2012). *A Microstructural Study On Cusn10 Bronze Produced By Sand And Investment Casting Techniques Zeynep Taşlıçukur , Gözde S . Altuğ , Şeyda Polat, Ş . Hakan Atapek, Enbiya*. A Microstructural Study On Cusn10 Bronze Produced By Sand And Investment Casting Techniques Zeynep Taşlıçukur , Gözde S . Altuğ , Şeyda Polat, Ş . Hakan Atapek, Enbiya.
- [3] Sugita, I. K. G., Priambadi, I. G. N., & Lokantara, I. P. (2013). *Investigasi Kuantitatif Sifat Akustik Produk Gamelan Bali Berbahan Dasar Perunggu Silikon*. Jurnal Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin.
- [4] Bill Alves. (1997). Pleng: *Composing for a Justly Tuned Gender Barung*.
- [5] Kadek Yuliana (2007). *Pengaruh Perlakuan Panas dan Media Pendingin pada Pduan Perunggu terhadap Umur Lelah*. Jurnal OJS Universitas Udayana (ojs,unud.ac.id)
- [6] Haryadi, G. D., Fredy Utomo, A., Made, I., & Ekaputra, W. (2021). *Pengaruh Variasi Temperatur Quenching dan Media Pendingin terhadap Tingkat Kekerasan Baja AISI 1045*. In Jurnal Rekayasa Mesin (Vol. 16, Issue 2).
- [7] 100 Barr Harbor Dr., West Conshohocken, PA 19428. *ASTM E92 Standard test methods for Vickers hardness of metallic materials*

	I Nyoman Arsana Dwi Putra menyelesaikan program sarjana di Jurusan T Mesin Universitas Udayana pada tahun 2021, dan menyelesaikannya pada tahun 2025.
Bidang penelitian yang diminati adalah topik-topik yang berkaitan dengan rekayasa manufaktur.	