

# Pengaruh Temperatur Tuang Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Hasil Coran Kuningan Pada Pengecoran *Evaporative*

Faris Fauzi Anas, I Ketut Gede Sugita, I G N Priambadi

Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

## Abstrak

Kuningan merupakan logam paduan yang banyak diaplikasikan peralatan keteknikan dan kerajinan salah satunya lonceng hias. Bentuk kerajinan yang rumit menyebabkan sering terjadi cacat hasil coran yang tidak sesuai, dipilih metode pengecoran evaporative karena pola cetakan dapat dibentuk sesuai benda dengan ketelitian yang baik. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh temperatur tuang pada hasil coran kuningan dengan pengecoran evaporative terhadap struktur mikro yang terbentuk dan kekerasannya. Proses pengecoran kuningan dilakukan dengan pola cetakan terbuat dari bahan expanded polystyrene foam densitas 0,012, 0,014, 0,016, dan 0,018 gr/cm<sup>3</sup>, pengecoran dilakukan dengan variasi melakukan temperatur tuang 900, 950 dan 1000 °C Temperatur tuang dan densitas expanded polystyrene foam berpengaruh terhadap kekerasan, nilai kekerasan tertinggi diraih pada pola densitas 0,012 gr/cm<sup>3</sup> dengan temperatur tuang 900 °C kekerasan 394,94 HV, sedangkan nilai kekerasan terendah diraih pada densitas pola 0,014 gr/cm<sup>3</sup> dengan temperatur tuang 1000 °C kekerasan 377,57 HV. Hasil pengamatan struktur mikro logam kuningan (Cu60% dan Zn40%) terlihat pada temperatur tuang yang rendah memiliki butir kristal kecil dengan fase  $\alpha$  dan  $\beta$  mendominasi.

Kata kunci: *Evaporative Casting, Polystyrene Foam, Kekerasan, Struktur Mikro*

## Abstract

Brass is a metal alloy that is widely applied to engineering and craft equipment, one of which is decorative bells. The complicated shape of the craft causes frequent defects in castings that are not suitable, the evaporative casting method was chosen because the mold pattern can be formed according to the object with good accuracy. The brass casting process is carried out with a mold pattern made of expanded polystyrene foam with densities of 0.012, 0.014, 0.016, and 0.018 g/cm<sup>3</sup>, casting is carried out with variations in casting temperatures of 900, 950 and 1000 °C The pouring temperature and the density of expanded polystyrene foam affect the hardness, the highest hardness value is achieved at a density pattern of 0.012 gr/cm<sup>3</sup> with a pouring temperature of 900 °C, hardness of 394.94 HV, while the lowest hardness value is achieved at a pattern density of 0.014 gr/cm<sup>3</sup> with a pouring temperature of 1000 °C hardness 377.57 HV. The results of the observation of the microstructure of brass metal (Cu60% and Zn40%) show that at low casting temperatures, small crystal grains with  $\alpha$  and  $\beta$  phases dominate.

Keywords: *Evaporative Casting, Polystyrene Foam, Hardness, Microstructure*

## 1. Pendahuluan

Paduan kuningan terdiri dari tembaga (Cu) dan seng (Zn) dengan keunggulan lebih kuat dan keras dari tembaga namun mudah diproses kedalam berbagai bentuk. Kerajinan lonceng hias merupakan salah satu aplikasi dari logam kuningan dibuat dengan proses pengecoran. Kemudahan dalam proses produksi dan kualitas dari kerajinan lonceng hias dapat dipengaruhi oleh kekerasan hasil corannya. Kekerasan hasil coran kuningan sangat dipengaruhi oleh proses dan teknik pengecoran [1].

Terdapat 2 jenis cetakan yang digunakan pada proses pengecoran yaitu cetakan permanen dan cetakan non permanen [2]. *Expanded polystyrene foam* merupakan salah satu bahan cetakan pengecoran yang digunakan pada pengecoran *evaporative*. Pengecoran *evaporative* logam cair dituangkan pada cetakan menyebabkan cetakan menguap sehingga cairan logam dapat memenuhi rongga tersebut.

Penelitian terkait pengecoran kuningan dengan temperatur penuangan yang berbeda telah dilakukan oleh Puspitasari dkk. [3] menggunakan metode pengecoran *sand casting*, hasil yang didapat pada temperatur tuang 900°C mempunyai nilai ketangguhan sebesar 0,2046 joule/mm<sup>2</sup> pada pengujian dengan mikrostruktur terlihat spesimen pada temperature 900°C memiliki kandungan Cu-Zn yang lebih baik jika dibandingkan dengan temperatur 700°C, menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur pengecoran logam kuningan menyebabkan semakin sedikit kandungan karbon bahan tersebut. Penelitian serupa telah dilakukan oleh Atay dkk. [4] melakukan pengujian ketangguhan dan pengujian tarik hasil coran kuningan dengan metode metal *casting*, hasil yang didapatkan nilai ketangguhan meningkat seiring dengan menurunnya temperatur tuang, kemudian hasil pengujian tarik nilai perpanjangan meningkat sejalan dengan penurunan temperatur tuang pada pengamatan struktur mikro semakin meningkat temperatur tuang maka ukuran butir cenderung lebih besar dan seragam. Fluiditas pada pengecoran dapat

dipengaruhi temperatur tuang [5] butir kristal pada struktur mikro yang terbentuk juga akan berpengaruh sejalan dengan peningkatan temperatur tuangcoran dengan fase  $\alpha$  dan  $\beta$  fase lebih mendominasi. Penelitian dengan variasi temperatur tuang pengaruhnya terhadap kekerasan hasil coran telah dilakukan oleh Hidayanto dkk. [6] pada daur ulang Al-Si dengan pola *lostfoam*, pada temperatur tuang 670°C memiliki nilai kekerasan tertinggi 42 HB sedangkan pada temperatur tuang 720°C sebesar 35 HB hasil pengamatan struktur mikro temperatur tuang tinggi *dendrite* semakin mengecil. Adanya peningkatan temperatur tuang dapat menyebabkan peningkatan temperatur gas sehingga viskositas gas menjadi rendah, membuat gas *lost foam* terdekomposisi lebih mudah untuk menembus lapisan coating[7]. Volume gas yang dihasilkan selama penguapan, penyusutan kestabilan bentuk pola, dan pada saat pengecoran laju penuangan akan cenderung menurun seiring dengan bertambahnya nilai densitas pola[8]. Semakin tinggi temperatur tuang menyebabkan waktu pendinginan yang lebih lama, sehingga pertumbuhan butir kristal akan lebih besar daripada waktu pendinginan yang lebih cepat bentuk butir kristal yang besar cenderung memiliki nilai kekerasan yang rendah[9].

Pada penelitian ini permasalahan terkait bagaimana pengaruh temperatur tuang terhadap struktur mikro dan kekerasan hasil coran kuningan pada pengecoran *evaporative*. Berikut dibatasi temperatur penuangan yang digunakan 900, 950 dan 1000°C dan variasi densitas *expanded polystyrene foam* 0,012, 0,014, 0,016 dan 0,018 gr/cm<sup>3</sup>

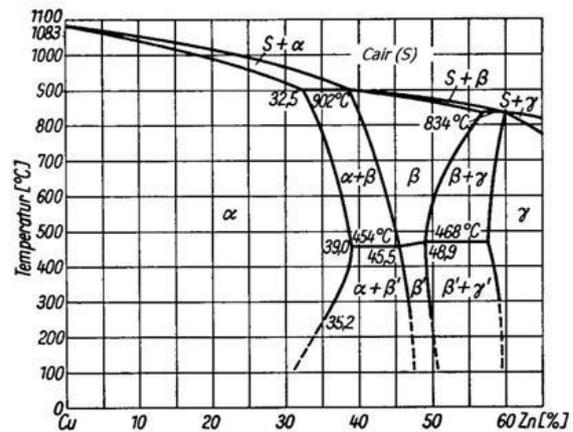
## 2. Dasar Teori

### 2.1. Expanded Polystyrene Foam (EPS)

monomer styrena terbentuk secara polimerisasi pada suhu dan tekanan tertentu. *Expanded Polystyrene Foam* pada temperatur 250°C akan menjadi cair kemudian akan terurai menjadi gas pada temperatur diatas 320°C. Industri pengecoran logam juga menggunakan polimer ini sebagai pola cetakan pada pengecoran *evaporative (lost foam)*. Densitas *expanded polystyrene foam* akan mempengaruhi kekuatan pola, kekasaran permukaan pola, volume gas yang dihasilkan selama penguapan, penyusutan kestabilan bentuk pola, dan pada saat pengecoran laju penuangan akan cenderung menurun seiring dengan bertambahnya nilai densitas pola [7]

### 2.2. Kuningan

Kuningan terdiri dari tembaga (Cu) dan seng (Zn). Dapat diamati pada gambar 1 jumlah kadar seng akan mempengaruhi temperatur cair paduan dan distribusi fasa – fasa yang terbentuk selama proses pembekuan, pada kandungan Cu 60% dan Zn 40% mempunyai temperatur cair 902°C.



Gambar 1. Diagram Fasa Cu-Zn

### 2.3. Pengecoran *Evaporative*

Adapun proses nya sebagai berikut.

- 1) Pola cetakan dibentuk sesuai yang diinginkan.
- 2) Pola selanjutnya dipasang saluran tuang (*cluster*) agar logam cair mampu memenuhi seluruh pola.
- 3) Pola yang telah dipasang *cluster* selanjutnya *dicoating* menggunakan bahan refraktori.
- 4) Pola cetakan yang telah *dicoating*, dibanamkan kedalam pasir cetak.
- 5) Logam cair dituangkan kedalam pola yang sudah dibanamkan kedalam pasir cetak. Ketika logam cair dituangkan cetakan akan menguap sehingga logam dapat memenuhi rongga tersebut.

### 2.4. Pembekuan.

Ketika cairan logam didinginkan terjadi proses pembekuan logam, menyebabkan bertumbuhnya inti butir kristal kemudian diikuti juga pertumbuhan kristal disekitar butir kristal tersebut. Pembekuan paduan terdiri dari dua unsur atau lebih pertumbuhan kristal nya akan berbeda dari unsur murni. Pembekuan coran bagian sisi logam cair yang bersentuhan dengan cetakan akan lebih cepat mendingin hingga membeku kemudian diikuti oleh bagian lainnya hingga membeku seluruhnya, menyebabkan laju pembekuan setiap bagian akan berbeda berakibat pada bertambahnya jenis kristal yang terbentuk pada mikrostruktur [7].

### 2.5. Pasir Cetak Silika

Pasir silika memiliki kandungan SiO<sub>2</sub> dan kotoran seperti fesar, secara alamiah dapat diperoleh dengan memecah kwarsit. Pemilihan jenis pasir sangat memperhatikan bentuk dan ukuran pasir agar mendapatkan permukaan yang halus, serta kemampuan permeabilitasnya terutama pada saat pengecoran *evaporative*.

## 2.6. Pengujian Kekerasan Vickers

Pengujian dilakukan dengan memberikan beban indentasi pada permukaan material dengan indenter berbentuk piramida intan, menyebabkan terbentuknya jejak indentasi



Gambar 2. Jejak indentasi vickers

Jejak indentasi tersebut kemudian diukur menggunakan mikroskop ukur sehingga didapatkan diagonal indentasinya seperti pada gambar 2. Nilai kekerasan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 1, mengacu pada standar *hardness vickers test* ASTM E-92.

$$VHN = \frac{2 P \sin(\theta/2)}{n^2} = \frac{1,854 P}{n^2} \text{ kg/mm}^2 \quad (1)$$

Keterangan :

P : Beban pada indenter (kg)

D : Diagonal rata – rata (mm)

$\theta$  : Sudut permukaan intan yang berhadapan ( $136^\circ$ ).

## 2.7. Struktur Mikro.

Struktur mikro adalah gambaran dari fasa pada logam yang dapat dilihat melalui pengamatan menggunakan mikroskop optik dan mikroskop *electron*

## 3. Metode Penelitian.

### 3.1. Bahan dan Alat

a) Alat

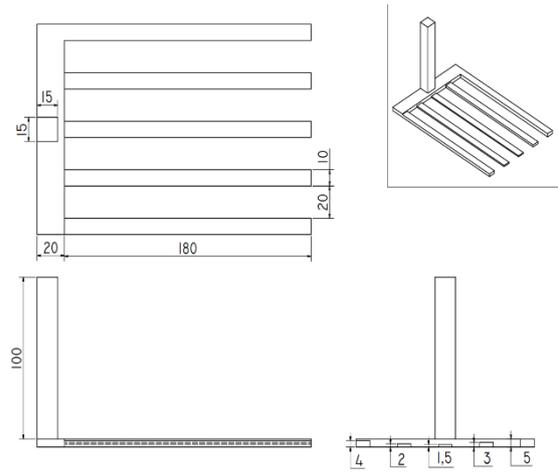
- Pemotong *polystyrene foam electric*
- Jangka Sorong
- Dapur *crusible*
- Termokopel probe Type K
- Cetakan Pasir

b) Bahan

- Pasir Cetak Silika Mesh 6
- *Expanded Polystyrene Foam* Densitas 0,012, 0,014, 0,016 dan 0,018  $\text{gr/cm}^3$
- *Coating* (  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , Gypsum dan Semen Putih)
- Kuningan ( Cu60% Zn 40%)
- Ferri Klorida (  $\text{Fe}_3\text{Cl}$ )

### 3.2. Pembuatan Pola Cetakan.

Pola cetakan terbuat *expanded polystyrene foam* dibentuk menggunakan pemotong elektrik sesuai desain pola gambar 3, pola selanjutnya dilakukan proses *coating* diseluruh permukaan pola menggunakan serbuk alumina oksida, gipsium, semen putih dan air kemudian dijemur dibawah sinar matahari hingga kering.



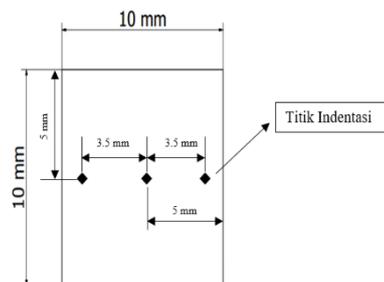
Gambar 3. Desain Pola Cetakan

### 3.3. Proses Pengecoran

Logam kuningan (Cu60%-Zn40%) dipanaskan hingga mencair menggunakan tungku *krusible*, kemudian dilakukan pengukuran temperatur cairan kuningan pada tungku menggunakan termokopel. Apabila telah mencapai temperatur 900, 950 dan  $1000^\circ\text{C}$ , dituangkan kedalam pola cetakan yang sebelumnya sudah dibenamkan kedalam pasir silika. Coran didinginkan menggunakan suhu ruang hingga membeku seluruhnya kemudian bongkar hasil coran dari cetakan pasir.

### 3.4 Pengujian Kekerasan.

Pengujian vickers diberikan beban pada indenter sebesar 10 kg pada titik indentasi sesuai pada gambar 3. Nilai kekerasan selanjutnya dihitung menggunakan persamaan 1.



Gambar 4. Indentasi vickers

### 3.5. Pengamatan Struktur Mikro

Pengamatan menggunakan mikroskop optik NIKON ECLIPSE LV 150 dengan menggunakan lensa 20x/0,45 A dengan perbesaran 200x. Sampel terlebih dahulu dilakukan *mounting* dengan resin 450 dan di etsa menggunakan larutan ferri klorida (  $\text{FeCl}_3$  ) dengan metode *swab*.

## 4. Hasil dan Pembahasan

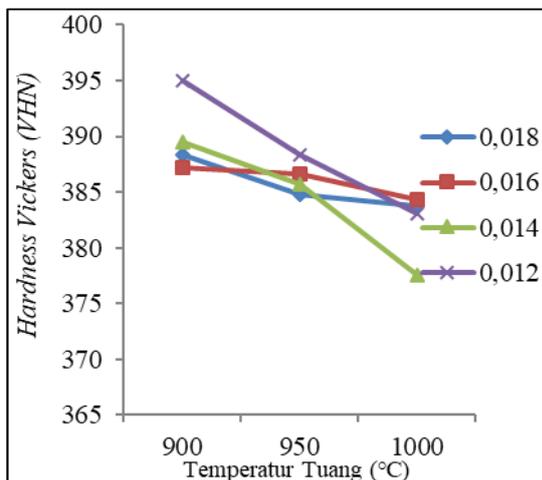
### 4.1. Hasil Uji Kekerasan

Pengujian dilakukan pada spesimen dengan memberikan beban indentasi sebesar 10 kg selama 15 detik. Hasil uji indentasi selanjutnya diukur menggunakan mikroskop ukur sehingga didapatkan diagonal jejak indentasinya yang dihitung sesuai pada persamaan (1) didapatkan nilai kekerasan. Hasil pengujian kekerasan dapat dilihat pada Tabel 1

**Tabel 1 Hasil uji kekerasan vickers**

No	Temperatur Tuang (°C)	Densitas <i>Polystyrene Foam</i> (gr/cm <sup>3</sup> )			
		0,018	0,016	0,014	0,012
1	900	388,35	387,22	389,52	394,94
2	950	384,81	386,64	385,7	388,33
3	1000	383,7	384,36	377,57	383,07

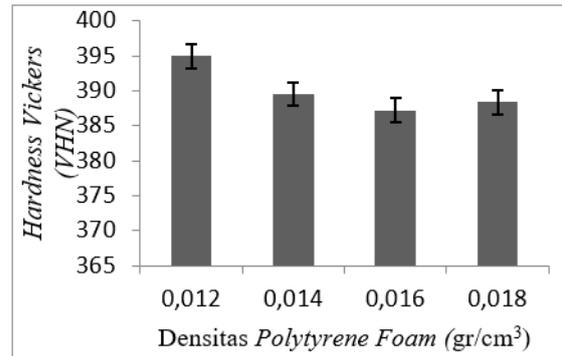
Hasil pengujian pada seluruh variasi spesimen, terjadi *trend* penurunan nilai kekerasan sejalan dengan peningkatan temperatur tuang. Nilai kekerasan tertinggi diraih spesimen densitas pola 0,012 gr/cm<sup>3</sup> dengan temperatur tuang 900°C kekerasan 394,94 VHN, sedangkan nilai diraih spesimen densitas pola 0,014 gr/cm<sup>3</sup> dengan temperatur tuang 1000°C kekerasan 377,57 VHN. Perbedaan nilai kekerasan ini diakibatkan laju pembekuan coran, dimana spesimen dengan temperatur tuang rendah cenderung lebih cepat mengalami pembekuan jika dibandingkan dengan spesimen dengan temperatur tuang yang tinggi. Pengaruh temperatur tuang dan densitas *polystyrene foam* terhadap kekerasan dapat dilihat pada gambar 4



**Gambar 5. Grafik pengujian kekerasan**

Berdasarkan data pengujian dapat juga diamati pengaruh densitas cetakan *polystyrene foam* terhadap nilai kekerasan ditunjukkan pada gambar 5. Hasil pengujian *hardness vickers* pada spesimen temperatur tuang 900°C, terjadi penurunan nilai kekerasan seiring meningkatnya densitas *polystyrene foam*. Densitas pola yang lebih rendah membuat

cairan coran lebih cepat membeku, sehingga nilai kekerasan akan meningkat pada densitas pola yang rendah.

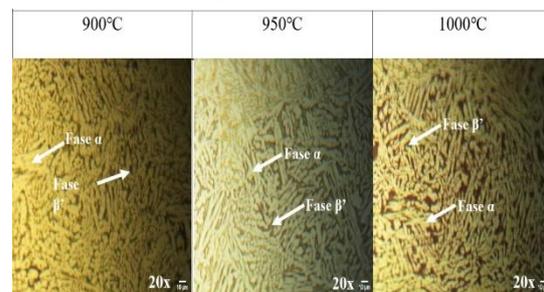


**Gambar 6. Grafik kekerasan temperatur 900°C**

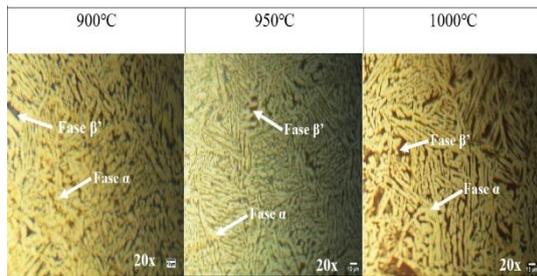
### 4.2. Hasil Uji Struktur Mikro

Pengamatan struktur mikro pada coran kuningan terlihat bahwa terjadi perbedaan bentuk butir kristal Cu-Zn sejalan dengan peningkatan temperatur tuang pada setiap varian densitas *polystyrene foam*. Spesimen dengan temperatur tuang 900°C cenderung memiliki bentuk butir yang kecil, pada spesimen dengan temperatur tuang 950°C terjadi perubahan bentuk butir kristal Cu-Zn yang lebih memanjang namun juga terdapat bentuk butir kristal yang kecil seperti pada temperatur tuang 900°C, sedangkan pada temperatur tuang 1000°C bentuk butir kristal Cu-Zn lebih memanjang dan seragam. Perbedaan bentuk butir pada spesimen dapat terjadi karena adanya laju pembekuan yang berbeda, spesimen temperatur tuang yang rendah menyebabkan laju pembekuan lebih cepat, sedangkan pada spesimen dengan temperatur tuang yang tinggi menyebabkan laju pembekuan yang lebih lambat sehingga pertumbuhan butir kristal pada pembekuan lambat akan lebih membesar[4]. Bentuk butir kecil pada struktur mikro cenderung pada nilai kekerasan yang tinggi, sedangkan pada bentuk butir memanjang cenderung pada nilai kekerasan yang rendah. Struktur mikro yang teramati terdapat fasa  $\alpha + \beta'$ , dapat diamati densitas pola *polystyrene foam* tidak berpengaruh signifikan terhadap bentuk kristal dan distribusi fasa yang terjadi.

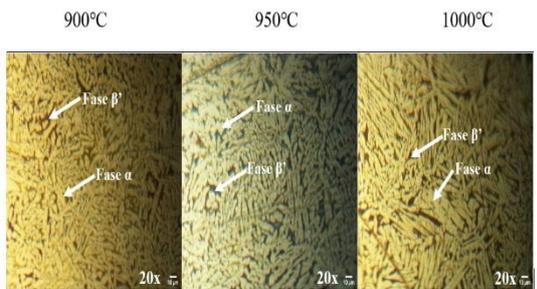
**Gambar 7. Pengamatan spesimen densitas**



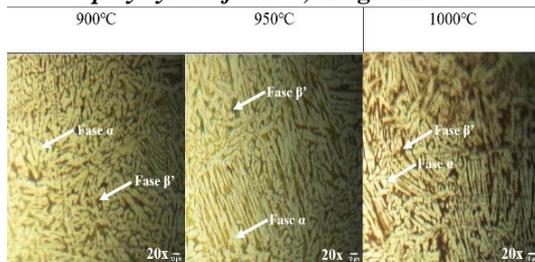
***polystyrene foam* 0,012 gr/cm<sup>3</sup>**



**Gambar 8. Pengamatan spesimen densitas polystyrene foam 0,014 gr/cm<sup>3</sup>**



**Gambar 9. Pengamatan spesimen densitas polystyrene foam 0,016 gr/cm<sup>3</sup>**



**Gambar 10. Pengamatan spesimen densitas polystyrene foam 0,018 gr/cm<sup>3</sup>**

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian yang dilakukan dapat diperoleh simpulan, peningkatan temperatur tuang coran kuningan dan densitas pola *expanded polystyrene foam* pada pengecoran maka nilai kekerasan akan semakin menurun, diakibatkan karena temperatur tuang coran kuningan yang tinggi dan densitas pola *expanded polystyrene foam* tinggi menyebabkan laju pembekuan yang lama, berakibat struktur mikro terbentuk butir kristal yang seragam memanjang, jika dibandingkan dengan temperatur yang rendah terlihat butir kristal yang terbentuk kecil karena pembekuan yang cepat. Struktur mikro yang memiliki bentuk butir kecil menyebabkan fasa  $\alpha$  dan  $\beta'$  yang memiliki sifat lebih keras dan getas tumbuh merata pada permukaan, dapat berakibat pada nilai kekerasan yang lebih tinggi. Nilai kekerasan tertinggi diraih spesimen densitas pola 0,012 gr/cm<sup>3</sup> pada temperatur tuang 900°C nilai kekerasan 394,94 VHN, sedangkan nilai kekerasan terendah diraih spesimen densitas pola 0,014 gr/cm<sup>3</sup> pada temperatur tuang 1000°C nilai kekerasan 377,57 VHN.

## Daftar Pustaka

- [1] H, Setiawan, 2013, "*Pengujian Kekuatan Tarik, Kekerasan, Dan Struktur Mikro Produk Cor Propeler Kuningan*," J. Simetris, vol. 3, no. 1, pp. 71–79.
- [2] Surdia, Chijiwa, 1982, *Teknik Pengecoran Logam*, 2nd ed. Jakarta: Jakarta: Pradnya Paramitha
- [3] P, Puspitasari, A, Permanasari, A, Andoko, B, Pratama, 2017, "*Properties of Brass under Different Pouring Temperatures in Sand Casting Process*," J. Mech. Eng. Sci. Technol., vol. 1, no. 2
- [4] Yilmaz Atay, G, Uslu, Y, Kahmaz, 2020, "*Investigations of microstructure and mechanical properties of brass alloys produced by sand casting method at different casting temperatures*," IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng., vol. 726, no. 1.
- [5] I.G.N, Priambadi, I.K.G, Sugita, G, Asmara, and A.A.I.A.S.K. Dewi, 2018, "*Pengaruh temperatur penuangan terhadap fluiditas dan struktur mikro logam Kuningan pada metode evaporative casting*," J. Energi Dan Manufaktur, vol. 10, no. 2, pp. 71–75.
- [6] B, Hidayanto, A.Wardoyo, W, Darojad, 2018, "*Pengaruh Variasi Temperatur Tuang Pada Pengecoran Daur Ulang Al-Si Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Dengan Pola Lost Foam*," J. Tek. Mesin Untirta, vol. IV, no. 1, pp. 45–49.
- [7] T, Pacyniak, R, Kaczorowski, 2011, "*Effect of pouring temperature on the Lost Foam Process*," Arch. Foundry Eng., vol. 11, no. 3, pp. 149–154.
- [8] T. Pacyniak, 2007, "*Effect of Foamed Pattern Density on the Lost Foam Process*," Arch. Foundry Eng vol. 7, no. 3, pp. 231–236.
- [9] Iqbal, Ali, Husin, Akhyar, Khairil, Farhan, 2021, "*Differences in Pour Temperature Affect Hardness Properties of CuZn Brass Alloy through Metal Casting*," IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng., vol. 1082.



**Faris Fauzi Anas** menyelesaikan Studi S1 di Universitas Udayana, Program Studi Teknik Mesin pada tahun 2022

Bidang penelitian yang diminati adalah topik-topik yang berkaitan dengan Rekayasa manufaktur dan material teknik