

# PENGARUH VARIASI UKURAN BUTIR PASIR CETAK TERHADAP KEKUATAN IMPACT DAN MORFOLOGI PATAHAN HASIL CORAN KUNINGAN PADA PENGECORAN EVAPORATIVE

Putu Nanta Pasek Eka Putra, I Ketut Gede Sugita, dan Cok Istri Putri Kusuma Kencanawati  
*Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Bukit, Jimbaran Bali*

## Abstrak

Kuningan adalah paduan tembaga (Cu) dan seng (Zn), salah satu cara pengolahan kuningan dengan cara pengecoran, metode pengecoran evaporative adalah pengecoran menggunakan polystyrene foam sebagai pola cetakan yang dibenamkan pada pasir cor, metode pengecoran ini memiliki keunggulan tingkat ketelitian yang baik. Untuk meningkatkan kekuatan hasil coran kuningan tersebut maka dilakukan penelitian tentang pengaruh variasi ukuran pasir pada kekuatan impact dan morfologi hasil coran kuningan pada pengecoran evaporative. Pada penelitian ini dilakukan proses pengecoran kuningan dengan metode evaporative casting dengan temperatur tuang 900°C pengecoran dilakukan dengan memvariasikan ukuran pasir silika 0,250; 0,315; 0,500 mm. Hasil pengujian impact didapatkan nilai kekuatan impact tertinggi pada spesimen dengan ukuran butir pasir 0,250mm yang memiliki rata-rata sebesar 0,26Nm/mm<sup>2</sup>. Sedangkan nilai kekuatan impact terendah didapatkan pada spesimen dengan ukuran butir pasir 0,500mm yang memiliki rata-rata sebesar 0,24Nm/mm<sup>2</sup>. Hasil pengamatan struktur makro yang terjadi pada spesimen dengan ukuran butir pasir 0,250mm cenderung memiliki kerapatan yang rapat. Sedangkan pada ukuran butir pasir 0,500 cenderung memiliki kerapatan yang renggang sehingga menyebabkan sangat rendahnya nilai kekuatan impact dibandingkan dengan ukuran butir pasir 0,250. Jadi, semakin lamanya proses pembekuan logam cair maka akan semakin uletnya kekerasan logam.

**Kata Kunci :** *Evaporative Casting, Polystyrene Foam, Pengujian Impack, Struktur Makro*

## Abstract

Brass is a combination of copper (cu) and zinc (zn), one of the way the brass works with casting, the evaporative casting method is casting polystyrene foam as a immersed pattern of the sand cast, the casting method has a superior degree of precision. In order to increase the power of the brass yield, the study is conducted on a variation in the size of the sand on the power impact and morphology of the brass yield on the evaporative foundry. The study conducted a brass casting process with evaporative casting methods by casting temperature with a release of 900 concentrated casting done by varying the size of silica 0.250; 0.315; 0.500 mm. The test impact obtained the highest impact value on a specimen measuring 0.250mm of sand grains that had an average of 0.26nm /mm mm mm. Whereas the value of the lowest impact force was obtained on a specimen of 0.500mm sand grains that had an average of 0.24nm /mm mm difference. Observations of macrostructure in a specimen that measures 0.250mm of sand tend to have tight density. Whereas the size of the 0.500 grains of sand tends to have a slight density, causing a very low value impact force to be mitigated by the size of the 0.250 grains of sand. So the longer freezing of molten metal the more intense it gets..

**Keywords:** *Evaporative Casting, Polystyrene Foam, Impack Testing, Macro Structure*

## 1. Pendahuluan

Kuningan merupakan paduan logam antara tembaga (Cu) dan seng (Zn), dengan variasi komposisi seng dan tembaga yang menghasilkan jenis kuningan dengan sifat yang berbeda-beda. Komponen utama logam ini adalah tembaga dan seng yang memiliki komposisi berkisaran antara 60%Cu-40%Zn. Kuningan memiliki tingkat ketahanan dan kekuatan dari pada tembaga namun tidak sekuat baja atau *stainless steel*. Logam ini sangat mudah diaplikasikan ke dalam berbagai bentuk elemen mesin seperti pada *bearing cover* CVT sepeda motor.

Pengecoran adalah proses pembuatan objek dengan cara menuangkan logam cair ke

dalam cetakan dan kemudian membiarkannya membeku. Ada dua jenis pengecoran yang umum, yaitu pengecoran dengan cetakan non permanen dan cetakan permanen. Pengecoran dengan cetakan non permanen melibatkan penggunaan cetakan yang hanya dapat digunakan sekali karena harus dihancurkan untuk mengeluarkan objek yang sudah terbentuk. Beberapa jenis pengecoran cetakan non permanen antara lain pengecoran dengan cetakan pasir, pengecoran investment, dan pengecoran evaporative. Metode pengecoran evaporative adalah suatu teknik pengecoran yang menggunakan *polystyrene foam* sebagai pola cetakan yang ditempatkan dalam pasir cetak. Metode ini memiliki keunggulan dalam

menghasilkan tingkat ketelitian yang tinggi dalam pembentukan benda cor.

Pengecoran *lost foam* adalah metode pengecoran yang menggunakan *styrofoam* sebagai bahan pembuatan pola yang ditanam dalam pasir silika untuk membentuk cetakan. Ketika logam cair dituangkan ke dalam cetakan, *styrofoam* akan meleleh dan menguap sehingga ruang akan diisi oleh logam cair. [1]. Metode pengecoran ini mempunyai banyak keunggulan dalam hal membentuk pola yang rumit namun ada berbagai faktor yang dapat mempengaruhi hasil yang maksimal seperti pelapisan pola, jenis pasir cetak, kerapatan pola *polystyrene foam*, penggetaran, suhu penuangan dan tingkat kevakuman.

Pasir cetak adalah material yang berbentuk butiran halus digunakan untuk membuat cetakan yang akan digunakan dalam proses pengecoran evaporative. Pasir cetak dapat digunakan secara berkelanjutan selama dapat menahan suhu logam cair saat dituangkan [2]. Penggunaan pasir cetak dengan ukuran yang lebih kecil akan memperlambat waktu pengisian logam cair ke dalam cetakan. Kecepatan pengisian meningkat seiring dengan meningkatnya ukuran pasir cetak [3]. Hal ini disebabkan oleh ukuran pasir yang semakin kecil menyebabkan celah antar pasir menjadi lebih kecil, sehingga sisa gas sulit keluar melalui pasir.

Berdasarkan penelitian diatas, masih banyak yang dapat diperbaiki terkait dengan pengecoran evaporative. Maka dilakukan penelitian tentang pengaruh variasi ukuran pasir pada kekuatan impact dan morfologi hasil coran kuningan pada pengecoran evaporative.

Tujuan dari dilakukannya penelitian ini, yaitu Untuk mengetahui pengaruh variasi ukuran pasir terhadap kekuatan impact pengecoran kuningan dan untuk mengetahui morfologi patahan coran kuningan hasil pengujian impact. Untuk mendapatkan hasil yang diinginkan dai banyaknya permasalahan yang ada, perlu dilakukan pembatasan antara lain:

1. Kecepatan penuangan pengecoran yang dilakukan sama
2. Jarak penuangan 20 mm.
3. Alat Pengukur Temperature Termokopel Type-K
4. Pendinginan menggunakan suhu ruang

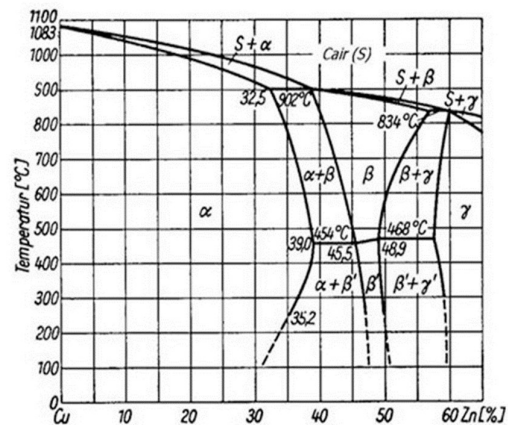
## 2. Dasar Teori

### 2.1. Kuningan

Kuningan adalah paduan logam yang terdiri dari tembaga (Cu) dan seng (Zn). Tembaga merupakan komponen utama dalam kuningan, dan biasanya kuningan disebut sebagai paduan tembaga. Warna kuningan bervariasi antara

coklat kemerahan gelap hingga cahaya kuning keperakan tergantung pada kandungan seng yang ada. Titik leleh kuningan berkisar antara 900°C hingga 1200°C tergantung pada komposisi paduannya. Paduan kuningan dipengaruhi oleh persentase kandungan tembaga dan seng dalam paduannya, yang dapat dilihat dalam diagram fasa kuningan. Dalam diagram fasa, fase  $\alpha$  dengan bentuk struktur FCC cenderung memiliki sifat lentur dan dapat diolah dengan mesin, sedangkan fase  $\beta$  dengan struktur kisi BCC cenderung lebih keras dan lebih kuat, tetapi juga lebih rapuh dan mudah pecah.

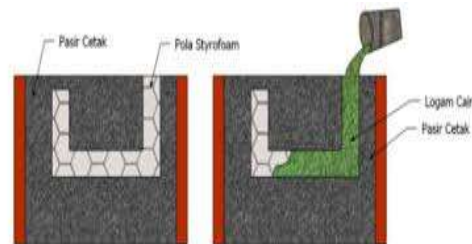
Gambar 1. Diagram Fasa Cu-Zn



### 2.2. Pengecoran Evaporative

Pada proses pengecoran ini, pola dan sistem saluran yang terbuat dari *polystyrene foam* ditanam dalam pasir cetak. Jalur penuangan ditempatkan dengan posisi yang muncul di permukaan pasir cetak sebagai saluran masuk bagi logam cair. Selanjutnya, logam cair dituangkan ke dalam cawan tuang sehingga secara bersamaan mengisi sistem saluran dan pola yang akan mencair atau menguap. [4].

Gambar 2. Pengecoran Type Evaporative



### 2.3. Polystyrene foam

*Polystyrene foam* umumnya juga digunakan pada industri pengecoran logam metode evaporative sebagai pola cetakan. Hal yang harus diperhatikan dalam pemilihan *polystyrene foam* sebagai pola adalah nilai densitas nya, nilai densitas material akan berpengaruh pada 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 [5].

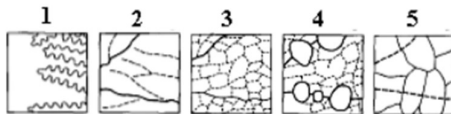
Gambar 3. *Polystyrene Foam*



## 2.4. Pembekuan logam

Pembekuan logam cair diawali ketika bagian logam yang bersentuhan dengan dinding cetakan mulai mendingin. Panas dari logam cair diserap oleh cetakan, sehingga bagian yang bersentuhan dengan cetakan mendingin hingga mencapai titik beku. Selama proses pembekuan, kristal-kristal mulai tumbuh dari inti-inti yang ada. Bagian dalam coran mendingin lebih lambat daripada bagian luar, sehingga kristal-kristal tumbuh dari inti ke arah bagian dalam coran. Perbedaan kecepatan pembekuan ini menghasilkan arah pembekuan yang sering disebut sebagai dendritic. [6].

Gambar 4. Pembekuan logam



## 3. Metode penelitian

Dalam penelitian ini ada alat dan bahan yang diperlukan. Alat dan bahan yang digunakan sebagai berikut:

### 3.1. Alat Penelitian

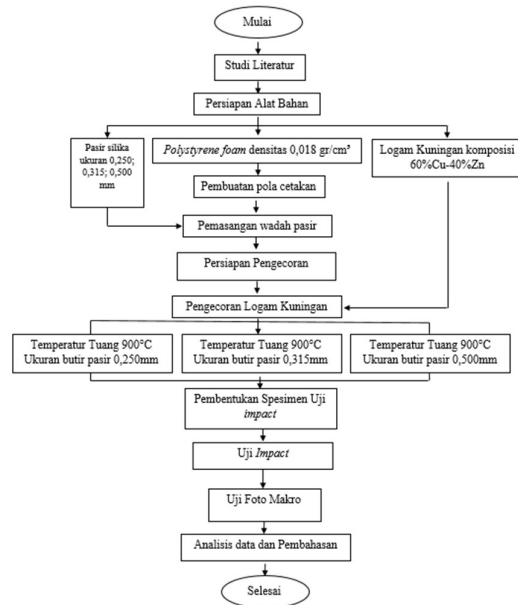
1. Pemotong *Polystyrene Foam* untuk membentuk pola
2. Tungku krusibel untuk mencairkan logam yang prinsip kerja dengan membakar arang didalam tungkunya dan ditiup menggunakan *blower*
3. Termokopel Tipe K merupakan alat ukur suhu
4. Alat ukur digunakan untuk mengukur pola.
5. Cetakan pasir terbuat dari kayu digunakan untuk membenam pola dan media pengecoran.
6. Kowi digunakan untuk wadah material kuningan
7. Ayakan pasir Ayakan pasir digunakan untuk mengayak pasir silika dengan menggunakan pengayakan dari ukuran

pengayakan pasir 0,250; 0,315; 0,500 mm.

### 3.2. Bahan

Bahan yang digunakan antara lain kuningan dengan komposisi 60%Cu-40%Zn, *polystyrene foam* dengan densitas  $0,018 \text{ gr/cm}^3$ , dan pasir silika

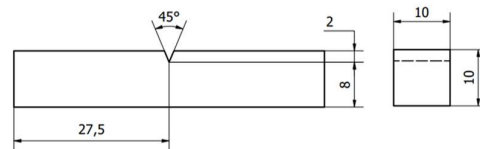
### 3.3. Diagram alir penelitian



Gambar 5. Diagram alir penelitian

### 3.5. Pembentukan Spesimen

Spesimen pengujian *impact* terlebih dahulu spesimen hasil pengecoran dipotong dengan lebar spesimen 10 mm panjang spesimen 55 mm, diameter spesimen 10 mm dan kedalaman takik 2 mm.



Gambar 6. Ukuran Spesimen Uji

## 4. Hasil dan Pembahasan

### 4.1 Perhitungan uji *impact*

Setelah melakukan proses pengujian diperoleh data yang akan dilakukan perhitungan menggunakan rumus persamaan:

- Energi Awal,  $E_0 = W h_0 = W \cdot l (1 - \cos \alpha)$
- Energi Akhir,  $E_1 = W h_1 = W \cdot l (1 - \cos \beta)$

Untuk jumlah energy yang diserap adalah:

$$\begin{aligned}\Delta E &= E_0 - E_1 \\ &= W (h_0 - h_1) \\ &= W \cdot l (\cos \alpha - \cos \beta)\end{aligned}$$

Keterangan:

W = Berat dari pendulum (N).

$\alpha$  = Sudut Awal ( $^\circ$ ).

$h_0$  = Tinggi bandul sebelum dilepas (m).

$h_1$  = Tinggi bandul setelah dilepas (m).

$\beta$  = Sudut Akhir ( $^\circ$ ).

l = Lengan pendulum (m)

$\Delta E$  = Energi yang diserap (Nm)

Kekuatan impact dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$I_s = \Delta E / A$$

Keterangan:

$I_s$  = Kekuatan Impak (Nm)

A = Luas Penampang ( $mm^2$ )

$\Delta E$  = beban energi yang diserap (Nm)

#### 4.1. Data Uji Impact

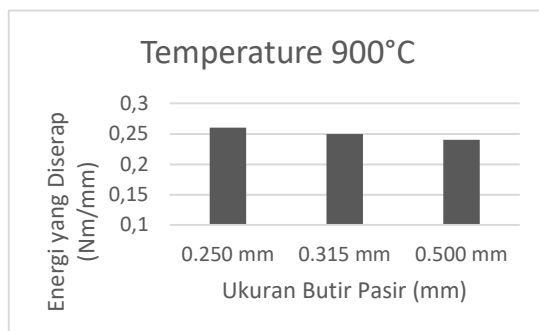
Adapun hasil dari proses perhitungan uji impact yang dirata-ratakan sebagai berikut:

BUTIR PASIR	A( $mm^2$ )	$\Delta E$ (Nm)	$I_s$ (Nm/ $mm^2$ )	RATA-RATA
0.250	87,13	23,50	0,27	0,26
	84,66	21,00	0,25	
	86,61	22,10	0,26	
0.315	87,13	22,80	0,26	0,25
	82,62	20,30	0,25	
	87,64	22,30	0,25	
0.500	83,13	21,80	0,26	0,24
	86,52	20,30	0,23	
	85,59	19,50	0,23	

**Gambar 7. Data specimen uji Impact**

#### 4.2. Grafik uji impact

Untuk mengetahui hasil data yang telah diperoleh melalui uji *impact* tersebut, bisa menggunakan persamaan :



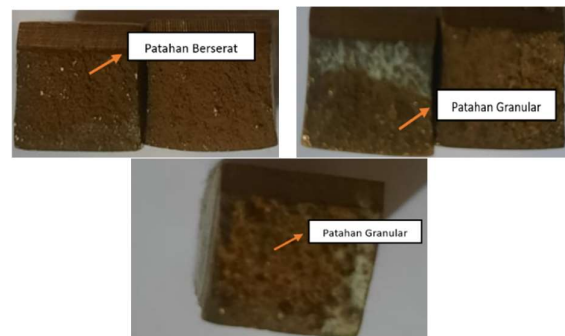
**Gambar 8. Garik uji impact**

Diagram diatas merupakan diagram hasil dari pengujian *impact* dengan temperatur 900 $^\circ$ C. Dimana dari hasil diatas terlihat pada ukuran butir pasir 0,250mm memiliki kekuatan impact yang tinggi dikarenakan ukuran butir

pasir yang rapat, ukuran butir pasir yang sangat rapat ini menyebabkan pembekuan yang lama. Semakin bertambah besarnya ukuran butir pasir, maka kekuatan impact akan semakin menurun. Hal tersebut disebabkan karena ukuran butir pasir yang besar menyebabkan fermabilitas yang baik. Fermabilitas yang baik ini mengakibatkan mudah keluarnya uap panas saat pendinginan logam. Fermabilitas yang baik ini akan menyebabkan solidifikasi sehingga kekerasan material menjadi meningkat. Dengan meningkatnya kekerasan material jika diberikan beban kejut kekuatan material akan menjadi getas.

Dalam ukuran butir pasir 0,315mm, uap dari logam cair ini lebih mudah keluar dibandingkan pada butir pasir 0,250mm. Hal tersebut menyebabkan menurunnya kekuatan impact pada butir pasir 0,315mm. Ukuran butir pasir berpengaruh untuk proses pembekuan specimen, semakin besar ukuran pasir menyebabkan logam cair akan lebih cepat untuk membeku. Pada ukuran butir pasir 0,500mm kekuatan impact yang didapatkan terendah dibandingkan dengan ukuran butir pasir 0,315mm dan 0,250mm. Hal tersebut dipengaruhi oleh permabilitas yang baik. Karena ukuran butir pasir besar menyebabkan banyaknya rongga yang mengakibatkan cepat keluarnya uap dari logam cair, sehingga logam cair akan lebih cepat membeku. Oleh sebab itu pembekuan yang cepat ini mengakibatkan specimen pengecoran logam kuningan ini menjadi lebih getas dibandingkan dengan ukuran butir pasir 0,250mm

#### 4.3. Hasil Pengujian Struktur Makro



**Gambar 9. Hasil foto makro morfologi patahan pengujian impact**

Dari hasil pengambilan foto makro, dapat dilihat bahwa patahan pada specimen uji

*impact* memiliki karakteristik patahan granular atau patahan getas. Patahan ini ditandai dengan adanya patahan datar yang memiliki refleksi cahaya yang tinggi dan tampak mengkilap. Fenomena ini disebabkan oleh mekanisme pembelahan pada butir-butir kuningin yang memiliki sifat getas. Pada pengamatan struktur makro pada gambar menunjukkan bahwa secara keseluruhan struktur makro hasil coran pada tiga variasi butiran pasir yang berupa morfologi patahan yang dihasilkan dari pengujian *impact*. Perbedaan dari struktur makro hasil coran dengan berbagai variasi butiran pasir adalah terletak pada kekasaran dan kerapatan hasil pengecoran. Pada ukuran butiran 0,250mm kekasaran dan kerapatan yang terbentuk berukuran besar dan padat. Hal tersebut dikarenakan laju pendinginan logam cair yang lama sehingga uap panas susah untuk keluar dan terperangkap didalam pasir. Sehingga pendinginan logam cair tersebut menjadi lambat dan terbentuklah kerapatan yang rapat. Kerapatan hasil coran akan semakin mengecil seiring meningkatnya ukuran butiran pasir. Selain itu semakin besarnya kerapatan coran akan mengakibatkan semakin meningkatnya kekuatan *impact*. Pada ukuran butiran pasir 0,315mm struktur makro yang terbentuk lebih renggang dibandingkan pada butiran 0,250mm. Hal tersebut disebabkan oleh cepatnya pendinginan akibat besarnya butir pasir pada ukuran 0,315mm dibandingkan 0,250mm. Sehingga mengakibatkan kerapatan pengecoran yang renggang. Pada ukuran butir pasir 0,500mm struktur makro yang terbentuk sangat renggang dibandingkan pada butir pasir 0,250mm. Dikarenakan sangat cepatnya pendinginan sehingga logam cair belum sempat mengisi penuh ruang dari polystyrene foam yang menguap. Sehingga struktur makro yang terbentuk pada ukuran butir pasir 0,500mm ini memiliki bentuk yang sangat renggang dibandingkan ukuran butir pasir 0,250mm.

## 5. Kesimpulan

1. Ukuran butiran pasir berpengaruh terhadap kekuatan *impact* spesimen coran. Hasil pengujian *impact* yang telah dilakukan pada spesimen hasil coran kuningin disetiap ukuran butir pasir memiliki kekuatan *impact* tertinggi

didapatkan pada spesimen dengan ukuran butir pasir 0,250mm yang memiliki rata-rata kekuatan *impact* sebesar 0,26Nm/mm<sup>2</sup>, sedangkan nilai kekuatan *impact* terendah didapatkan pada spesimen dengan ukuran butir pasir 0,500mm yang memiliki rata-rata kekuatan *impact* sebesar 0,24Nm/mm<sup>2</sup>.

2. Pertumbuhan struktur makro yang terjadi pada spesimen dengan ukuran butir pasir 0,250mm cenderung memiliki kerapatan yang rapat. Sedangkan pada ukuran butir pasir 0,500mm cenderung memiliki kerapatan yang renggang sehingga menyebabkan rendahnya nilai kekuatan *impact* pada butir pasir 0,500mm dibandingkan dengan ukuran butir pasir 0,250mm. Jadi, semakin berkurangnya kerapatan maka nilai kekuatan *impact* akan semakin menurun.

## Daftar Pustaka

- [1]. Askeland, D.R., 2001, **Encyclopedia of Materials: Science and Technology**, Elsevier Science Ltd.
- [2]. Lal, S., Khan, R. H., 1998, **Current status of vacuum sealed molding process**, Indian Foundry Journal, Vol. 27, pp.12–18.
- [3]. Sand, S., Shivkumar, S., 2003, **Influence of coating thickness and sand fineness on mold filling in the lost foam casting process**, Journal of Materials Science, Vol. 38, pp. 667–673.
- [4]. Zhao, Q., Gustafson, T.W., Hoover, M., Flemings, M. C., 2003, **Fold formation in the Lost Foam Aluminum Process**, in: S.K. Das (Ed.), TMS, Warrendale, pp. 121–132.
- [5]. PACYNIK, T. **Effect of foamed pattern density on the Lost Foam process**. *Archives of Foundry Engineering*, 2007, 7.3: 231-236.
- [6]. Rogo, Geger Kokok Cong Jiwo. **Pengaruh Variasi Suhu Tuang Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Pada Hasil Remelting Aluminium Tromol Supra X Dengan Cetakan Logam**. *Jurnal Nosel 2.2* (2013).



Putu Nanta Pasek Eka Putra menyelesaikan studi program sarjana di jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana dari tahun 2019 sampai 2023. Saya menyelesaikan studi program sarjana dengan topik penelitian Pengaruh Variasi Ukuran Butir Pasir Cetak Terhadap Kekuatan *Impact* dan Morfologi Patahan Hasil Coran Kuningan pada Pengecoran *Evaporative*