

## PENGARUH KECEPATAN PUTAR MESIN *CENTRIFUGAL CASTING* PADA PROSES PENGECORAN TIMAH TERHADAP POROSITAS

**Muhammad Jamal Abduh**

S-1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
e-mail: [muhammadabduh@mhs.unesa.ac.id](mailto:muhammadabduh@mhs.unesa.ac.id)

**Mochamad Arif Irfa'i**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
e-mail: [arifirfai@unesa.ac.id](mailto:arifirfai@unesa.ac.id)

### Abstrak

Sejarah pengecoran dimulai ketika manusia mengetahui mencairkan logam dan membuat cetakan, dengan berjalannya waktu dan kemajuan teknologi maka metode pengecoran logam mulai berkembang, salah satunya yaitu metode *centrifugal casting*. Pengecoran pembuatan pipa berbahan timah paduan (Sn) dengan menggunakan metode *centrifugal casting* pada variasi kecepatan putar. Tujuan dari variasi kecepatan putar adalah dan meminimalisir porositas pada material, variasi kecepatan yang digunakan adalah 500 rpm, 1000 rpm, 1500 rpm. Pada proses pengecoran material timah paduan (Sn) dipanaskan hingga 231°C sampai mencair. Kemudian cairan timah dituangkan kedalam cetakan *centrifugal casting* dan mengatur variasi kecepatan putar. Sebagai pendukung maka dilakukan uji porositas, dan *dye penetrant*. Hasil dari porositas penelitian pengaruh dari variasi kecepatan putar 500 rpm, 1000 rpm, 1500 rpm berturut-turut sebesar 5,6%, 3,7%, dan 2,5% dan pada *dye penetrant*. Variasi kecepatan putar yang optimum untuk meminimalisir porositas dan *dye penetrant* adalah 1500 rpm dengan 2,5%. Kesimpulan dari penelitian ini adalah semakin cepat kecepatan putar *centrifugal casting* maka dapat meminimalkan porositas material.

**Kata kunci :** *centrifugal casting*, timah paduan (Sn), uji porositas.

### Abstract

*The history of casting started when human knew about metal melting and mold making process, as time goes by and technology advanced then metal casting method began to develop, one of the metal casting method was centrifugal casting method. The casting process of tin pipe by using centrifugal casting method in the rotating speed variety. The research aimed to obtain the high hardness value and to minimize the material porosity. The speed variety that used is 500 rpm, 1000 rpm, and 1500 rpm. Tin alloy material heated up to 231 C<sup>o</sup> until melted. The tin alloy liquid poured into the centrifugal casting mold and rotating speed adjusted. the porosity and dye penetrant test used to do as proponent. The porosity test showed that at the 500 rpm, 1000 rpm and 1500 rpm rotating speed, the result was 5,6 % ; 3,7% and 2,5% and the dye penetrant. The result of the research was the optimum rotating speed to minimize the porosity and dye penetrant was 2,5% at 1500 rpm. The conclusion of the research was the faster the centrifugal casting rotating speed can minimize the material porosity*

**Keywords :** *centrifugal casting, tin alloy, porosity test.*

### PENDAHULUAN

Pengecoran logam merupakan proses logam yang dicairkan kemudian dituangkan ke dalam cetakan lalu didiamkan hingga membeku. Oleh karena itu sejarah pengecoran dimulai ketika orang-orang mengetahui bagaimana mencairkan logam dan bagaimana membuat cetakan. Seiring berjalannya waktu dan dengan kemajuan teknologi maka metode pengecoran logam mulai berkembang, salah satunya yaitu metode pengecoran *centrifugal casting*.

Pengecoran *centrifugal casting* dapat diartikan sebagai proses pengecoran logam yang menghasilkan produk cor silinder dengan memutar cetakan pada sumbunya (Hardi Sudjana, 2008:2). Gaya sentrifugal yang dihasilkan oleh putaran cetakan akan menyebabkan logam cair yang dituangkan terdorong menjauhi sumbu putar

menuju jari-jari terjauh cetakan dan akan mengisi rongga cetakan lebih sempurna sehingga produk yang dihasilkan lebih sempurna (Moh. Faisol, 2018). Dalam proses *centrifugal casting* ada beberapa faktor yang mempengaruhi cetakan yaitu kecepatan putar dan temperatur tuang, penulis disini akan memilih variasi kecepatan sebagai variabel bebas. Pengecoran *centrifugal casting* cocok diaplikasikan pada produk pipa saluran air karena bentuknya yang silinder, biasanya banyak dijumpai pipa yang berbahan aluminium, tembaga, serta kuningan. Biasanya pipa untuk saluran air dipilih dengan material yang kuat dan keras agar tidak mengalami laju korosi yang menghambat laju dari air ataupun perubahan bentuk dari material pipa tersebut.

Penelitian ini material yang digunakan adalah timah dikarenakan masih jarang timah digunakan untuk

bahan utama kebanyakan timah menjadi lapisan atau campuran dari sebuah material. Timah memiliki beberapa keunggulan yaitu sebuah logam yang ringan, lunak, dan awet, sangat mudah dibentuk, serta tahan terhadap korosi, dan tidak mudah terbakar.

Cacat ruang atau porositas pada material sering muncul pada saat proses *centrifugal casting*. Mengatasi masalah cacat ruang pada material yaitu dengan menggunakan variasi kecepatan putar motor (rpm). Putaran yang dihasilkan motor ketika proses pengecoran akan berpengaruh terhadap material. Sedangkan untuk porositas menggunakan metode perhitungan densitas dan *dye penetrant* tergolong pengujian yang menggunakan prinsip kapilaritas pada cairan dan pengujian tersebut memiliki keuntungan dikarenakan tidak merusak material. Pengujian tersebut untuk memperoleh pipa dengan meminimalisir cacat ruang atau porositas dikarenakan pipa yang dialiri sebuah fluida akan mengalami sebuah gesekan ketika posisinya di dalam tanah dan mengalami deformasi plastis.

Penelitian ini menggunakan mesin *centrifugal casting* untuk menghasilkan benda yang berbentuk silindris (pipa) yang berbahan timah dan menggunakan variasi kecepatan yang dihasilkan oleh motor sebesar 500, 1000, 1500 rpm. Variasi kecepatan putar dilakukan untuk memperoleh hasil dari perhitungan densitas serta mengetahui uji *dye penetrant* sehingga dapat memperoleh pipa air yang bertempat dalam tanah yang layak pakai.

### Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

- Bagaimana pengaruh variasi kecepatan putar pada *centrifugal casting* terhadap porositas dengan material timah ?

### Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

- Untuk mengetahui porositas atau cacat ruang yang terjadi pada pipa yang berbahan timah dari proses *centrifugal casting*.

### Pengecoran *Centrifugal Casting*

*Centrifugal casting* merupakan salah satu proses yang menghasilkan produk cor berbentuk silinder dengan cara memutar cetakan pada sumbunya. Proses pengecoran dapat dilakukan secara vertikal dan horizontal tanpa menggunakan inti (core). Produk cor yang dihasilkan dengan metode ini mempunyai arah yang pembekuan yang terarah (*directional solidification*) dari bagian diameter luar menuju ke diameter dalam, sehingga menghasilkan produk cor yang terbebas dari cacat pengecoran terutama shrinkage yang paling sering dijumpai pada proses *sand casting*.

Kecepatan putar yang ideal akan menghasilkan gaya adhesi yang cukup besar antara logam cair dengan dinding cetakan dengan getaran yang minimal. Kondisi seperti ini dapat menghasilkan sebuah benda coran dengan struktur yang lebih seragam.

Penggunaan pengecoran metode *centrifugal casting* sudah digunakan pada penelitian Masy'ari tahun

2013, Haposan situngkir tahun 2009 dan Muhammad Abdus Shomad dan Priyo Tri Iswanto tahun 2014, Sandi Putra tahun 2018 sehingga dapat digunakan rujukan untuk referensi pada proses pengecoran dengan metode *centrifugal casting*

### Pengaruh Kecepatan Putar Mesin

Pada pengecoran centrifugal, cetakan diputar pada putaran tertentu dan besarnya putaran yang diberikan dengan grafitasi (G). Kecepatan putar cetakan yang paling rendah pada mesin cetak sentrifugal mendarat adalah 20G. Umumnya coran berbentuk silindris seperti pipa, dituang pada kecepatan putar cetakan sebesar 40G sampai dengan 60G. Untuk coran dengan ketebalan yang besar (10 inci atau lebih) kriteria di atas harus dicermati dengan hati-hati. Diameter dalam menjadi sangat kecil, jika digunakan putaran dengan 60G yang didasarkan pada diameter dalam coran, maka dihasilkan putaran yang berlebih, hal ini akan menghasilkan tegangan yang berlebih pada diameter luar coran yang dapat mengakibatkan retak pada arah logitudinal. (Nathan, Janco. 1992).

Pengaruh variasi kecepatan putar pada pengecoran *centrifugal casting* yaitu semakin lambat laju penuangan maka terjadi porositas atau cacat ruang dan begitu juga pada nilai kekerasan yang berkurang. Untuk itu semakin cepat terjadinya pembekuan material pada saat proses pengecoran akan semakin baik. Kecepatan putar yang terlalu rendah juga menghasilkan permukaan akhir yang kurang baik namun ketika kecepatan putar tinggi dapat menyebabkan getaran serta mengakibatkan retakan dan menyebabkan cairan timah dapat keluar dari cetakannya.

### Pembekuan Coran

Ketika proses pembekuan, cetakan bersama logam cair yang sudah terbentuk akan tetap berputar. Proses pembekuan ini berlangsung secara cepat mulai dari dinding cetakan atau matras sampai ke bagian dalam. Karena logam cair akan terdesak keluar, antara rongga cetakan dan logam terdapat hubungan yang baik sehingga benda cor menjadi dingin lebih cepat.

Bagian dalam coran dimulai dari bagian logam yang bersentuhan dengan cetakan, yaitu ketika panas dari logam cair diambil oleh cetakan sehingga bagian logam yang bersentuhan dengan cetakan itu mendingin sampai titik beku, dimana kemudian inti-inti kristal tumbuh. Bagian dalam dari coran mendingin lebih lambat dari pada bagian luar, sehingga kristal-kristal tumbuh dari inti asal mengarah kedalam bagian coran dan butir-butir kristal tersebut berbentuk panjang-panjang seperti kolom yang disebut struktur kolom. Struktur ini muncul dengan jelas apabila gradien temperatur yang besar terjadi permukaan coran besar, umpamanya ada pengecoran logam. Sebaliknya pengecoran dengan cetakan pasir menyebabkan gradien temperatur yang kecil dan membentuk struktur kolom yang tidak jelas. Bagian tengah coran mempunyai gradien temperatur yang kecil sehingga merupakan dari susunan dari butir-butir kristal segi banyak dengan orientasi yang sembarang.

Apabila permukaan beku diperhatikan, setelah logam yang belum membeku dituang keluar dari cetakan pada waktu pendinginan, maka terdapat dua kasus bahwa permukaan itu bias halus atau kasar. Disamping itu cetakan logam menyebabkan permukaan halus dan cetakan halus dan cetakan pasir menyebabkan permukaan kasar. Dalam kasus daerah beku yang lebar, kristal-kristal dendrite tumbuh dari inti-inti, dan akhirnya pembekuan berakhir pada keadaan bahwa dendrit-dendrit tersebut saling bertemu.

### Rumus Perhitungan Densitas

Pengujian yang dilakukan adalah dengan membandingkan *true density* (massa jenis teori) dan *apparent density* (massa jenis aktual benda). Perhitungan densitas yang lainnya dengan persamaan sebagai berikut:

$$\rho_{th} = \frac{100}{\left(\frac{\%Sn}{\rho_{Sn}}\right) + \left(\frac{\%Pb}{\rho_{Pb}}\right) + \left(\frac{\%C}{\rho_C}\right) + \left(\frac{\%Cu}{\rho_{Cu}}\right) + \left(\frac{\%Zn}{\rho_{Zn}}\right)}$$

Dimana:

- $\rho_{th}$  = Densitas Teoritis ( $g/cm^3$ )
  - %Sn = Presentase kandungan unsur Sn (%)
  - $\rho_{Sn}$  = Densitas Unsur Sn ( $g/cm^3$ )
  - %Pb = Presentase kandungan unsur Pb (%)
  - $\rho_{Pb}$  = Densitas Unsur Pb ( $g/cm^3$ )
- (Prasetya, Irawan, & Ourbandono, 2012)

$$\rho_{ap} = \rho_{liquid} \cdot \left(\frac{W_s}{W_s - W_{sb}}\right)$$

Dimana:

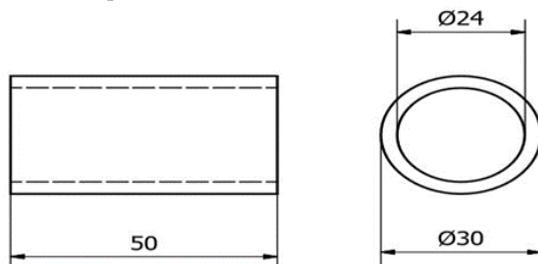
- $\rho_{ap}$  = Densitas aktual ( $g/cm^3$ )
  - $\rho_{liquid}$  = Massa jenis cairan ( $g/cm^3$ )
  - $W_s$  = Berat benda di udara (g)
  - $W_{sb}$  = Berat benda di dalam air (g)
- (Prasetya, Irawan, & Ourbandono, 2012)

$$\%P = \left(1 - \frac{\rho_{ap}}{\rho_{th}}\right) * 100\%$$

Dimana:

- %P = Presentasi Porositas (%)
  - $\rho_{ap}$  = Densitas Aktual ( $g/cm^3$ )
  - $\rho_{th}$  = Densitas Teoritis ( $g/cm^3$ )
- (Prasetya, Irawan, & Ourbandono, 2012)

### Spesimen Uji



Gambar 1 Spesimen Pipa Timah Paduan ASTM E18

## METODE

### Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan eksperimen riset (*eksperimental reasearch*). Penelitian eksperimental merupakan satu-satunya metode penelitian yang dapat menguji secara benar hipotesis menyangkut hubungan kausal (sebab akibat). Dalam penelitian eksperimen dilakukan perubahan paling sedikit satu variabel, mengontrol varibel lain yang relevan dan mengobservasi efek atau pengaruhnya terhadap satu atau lebih variabel terikat (Gay, 1981) . Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai porositas material timah paduan (Sn) menggunakan *centrifugal casting* dengan variasi kecepatan putar.

### Tempat dan Waktu Penelitian

#### - Tempat Penelitian

Proses pengecoran *centrifugal casting* dilakukan di Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik di laboratorium pengecoran Universitas Negeri Surabaya sedangkan pengujian porositas dilakukan di laboratorium material Jurusan Fisika, Fakultas Matematika Ilmu Pengetahuan Alam.

#### - Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan selama 5 bulan, mulai bulan April 2019 sampai dengan bulan Agustus 2019.

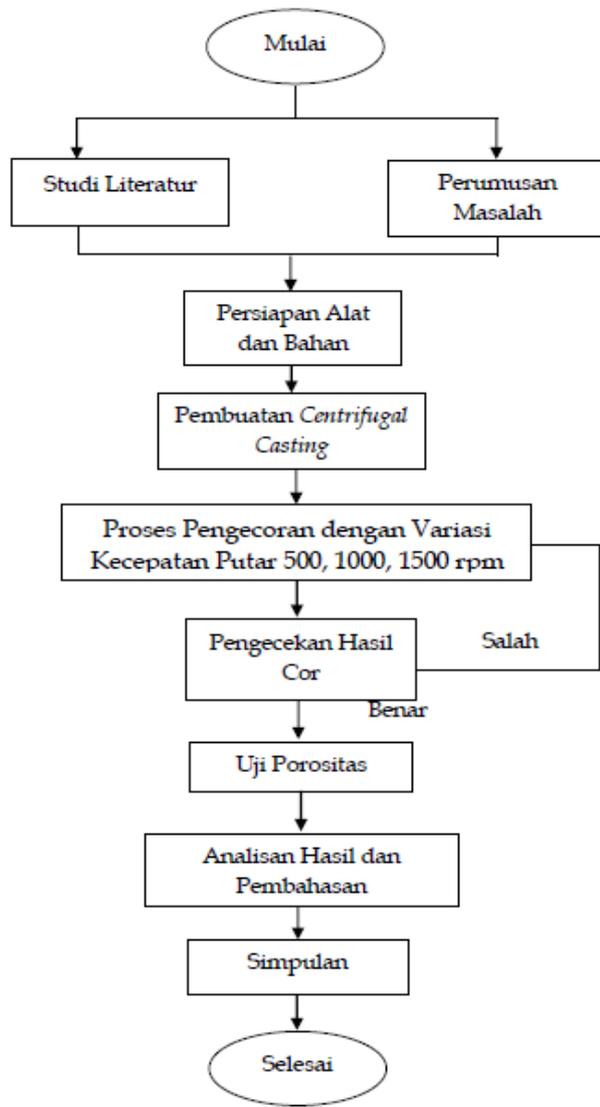
### Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah suatu atribut atau sifat atau nilai dari orang, obyek atau kegiatan yang mempunyai variasi tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk mempelajari variasi tertentu yang diterapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya (Sugiyono, 2013).

- Variabel Terikat
  - Nilai Porositas
- Variabel Bebas
  - Variasi kecepatan putar pengecoran *centrifugal casting* dengan nilai 500 Rpm, 1000 Rpm, 1500 Rpm .
- Variabel kontrol
  - Material yang digunakan yaitu timah paduan.
  - Proses pengecoran dengan metode *centrifugal casting*.
  - Cetakan material dengan besi cor.

### Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian adalah langkah-langkah pengumpulan data yang dilakukan oleh peneliti. Berikut diagram alir proses penelitian yang dilakukan.



Gambar 2 Flowchart Proses Penelitian

#### Alat dan Bahan Penelitian

- Alat yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:
  - Tungku Peleburan
  - Mesin *Centrifugal Casting*
  - Wadah Penuangan
  - Sarung Tangan
  - Penjepit
  - Palu
  - Ladel
- Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah:
  - Timah Paduan (Sn)

#### Teknik Pengumpulan Data

Pengambilan data dilakukan dengan melakukan proses pengecoran variasi putar mesin *centrifugal casting*. Tujuan utama dari pengecoran mesin *centrifugal casting* untuk mengetahui pengaruh variasi kecepatan putar yang dihasilkan oleh mesin *centrifugal casting* dengan nilai porositas dan kekerasan. Adapun teknik pengumpulan data dalam penelitian ini yaitu setelah dilakukan proses

pengecoran timah paduan (Sn) selanjutnya dilakukan pengujian porositas dan pengujian kekerasan. Data pengujian diolah dalam bentuk tabel dan ditampilkan dalam bentuk grafis.

#### Teknik Analisis Data

Teknik analisa data yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif kuantitatif dan deskripsi kualitatif. Analisa kuantitatif dengan cara menelaah data dari hasil pengujian yang berupa nilai (kuantitatif) dan disajikan dalam bentuk tabel serta ditampilkan dalam bentuk grafik. Langkah berikutnya dilakukan analisis kualitatif yang mendeskripsikan atau menggambarkan data tersebut sebagaimana adanya dalam bentuk kalimat yang mudah dibaca dan dipahami sehingga pada intinya sebagai upaya sumber jawaban atas permasalahan yang diteliti (Sugiyono, 2016).

#### HASIL DAN PEMBAHASAN

##### Metode Densitas

Pengujian porositas dengan metode densitas digunakan untuk mengetahui porositas dibagian dalam dengan cara perbandingan antara densitas teoritis dan densitas aktual. Untuk mengetahui densitas teoritis perlu dilakukan uji komposisi *Optical Emission Spectroscopy* (OES) untuk mengetahui komposisi dan persentase unsur spesimen. Berikut hasil uji komposisi timah (Sn):

Tabel 1 Hasil Uji Komposisi

No	Unsur	Presentase (%)	Densitas Unsur (gram/cm <sup>3</sup> )	Densitas Teoritis (gram/cm <sup>3</sup> )
1	Sn	68,92	7,11	8,03
2	Pb	28,68	11,34	
3	C	1,06	2,10	
4	Cu	0,22	8,19	
5	Zn	0,94	7,16	

$$p_{th} = \frac{100}{\left(\frac{\%Sn}{\rho_{Sn}}\right) + \left(\frac{\%Pb}{\rho_{Pb}}\right) + \left(\frac{\%C}{\rho_C}\right) + \left(\frac{\%Cu}{\rho_{Cu}}\right) + \left(\frac{\%Zn}{\rho_{Zn}}\right)}$$

$$p_{th} = \frac{100}{\left(\frac{\%68,92}{\rho_{7,11}}\right) + \left(\frac{\%28,68}{\rho_{11,34}}\right) + \left(\frac{\%2,10}{\rho_{2,10}}\right) + \left(\frac{\%Cu}{\rho_{8,19}}\right) + \left(\frac{\%Zn}{\rho_{7,16}}\right)}$$

$$p_{th} = 8,03 \text{ gram/cm}^3$$

Untuk mengetahui nilai densitas aktual dilakukan pengujian piknometri dengan cara menimbang spesimen di udara dan di dalam fluida yang bermassa 1 gr/cm<sup>3</sup>. Pengujian berjumlah 9 spesimen dan diuji di laboratorium material jurusan fisika Universitas Negeri Surabaya. Berikut data dari hasil uji piknometri:

**Tabel 2** Hasil Uji Piknometri

Kecepatan Mesin		Spesimen	Berat Di Udara	Berat Di Fluida
Rpm	(Ws)		(Wb)	
			gram/cm <sup>3</sup>	gram/cm <sup>3</sup>
500	1		106	92
	2		111	96,3
	3		112	97,3
1000	1		104	90,7
	2		112	97,4
	3		104	90,5
1500	1		100	87,2
	2		115	100,3
	3		105	91,6

$$\rho_{ap} = \rho_{\text{liquid}} \cdot \left( \frac{W_s}{W_s - W_{sb}} \right)$$

$$\rho_{ap} = \rho_{\text{liquid}} \cdot \left( \frac{100}{100 - 87,2} \right)$$

$$\rho_{ap} = 7,812 \text{ gram/cm}^3$$

**Tabel 3** Hasil Uji Porositas Timah Paduan

Kecepatan Mesin	Spesimen	Densitas Teoritis (gr/cm <sup>3</sup> )	Densitas Aktual		Porositas %
			(gr/cm <sup>3</sup> )	Rata-rata (gr/cm <sup>3</sup> )	
500	1	8,03	7,571	7,580	5,6%
	2	8,03	7,551		
	3	8,03	7,619		
1000	1	8,03	7,819	7,577	3,7%
	2	8,03	7,671		
	3	8,03	7,731		
1500	1	8,03	7,812	7,823	2,5%
	2	8,03	7,823		
	3	8,03	7,835		

$$\%P = \left( 1 - \frac{\rho_{ap}}{\rho_{th}} \right) * 100 \%$$

$$\%P = \left( 1 - \frac{7,823}{8,03} \right) * 100\%$$

$$\%P = 2,5 \%$$

Dari tabel 3 diolah dan dijadikan grafik untuk mengetahui hasil dari pengaruh kecepatan putar terhadap porositas pada material timah. Grafik hasil pengujiannya sebagai berikut:



**Gambar 3** Grafik hasil pengujian porositas

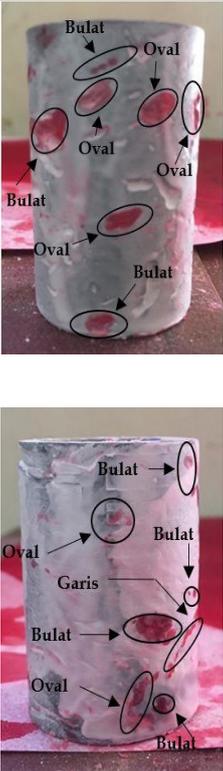
Prosesnya porositas dimulai dari suhu panas material cair yang dituangkan kedalam cetakan sehingga suhu menurun karena bersentuhan dengan cetakan lalu mengalami pembekuan logam cair dan udara yang ada pada cetakan akan masuk ke dalam spesimen pada saat proses pembekuan. Untuk mengurangi porositas pada material diperlukan dengan variasi kecepatan putar mesin untuk mendapatkan pembekuan yang cepat sehingga udara yang ada pada cetakan akan terdorong keluar oleh gaya sentrifugal yang dipengaruhi oleh kecepatan putar mesin.

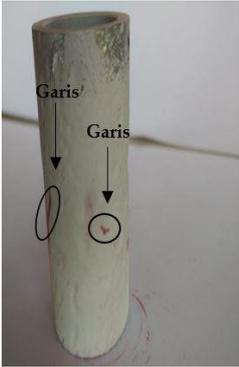
Semakin cepat putaran mesin menyebabkan semakin cepat terjadinya pembekuan sehingga udara yang masuk ke dalam spesimen sangat kecil karena pembekuan logam yang semakin cepat sehingga struktur atom yang ada di dalam semakin kecil dan padat sehingga rongga-rongga didalamnya semakin sedikit dan berdampak pada jumlah porositas juga semakin berkurang (Teknik pengecoran logam, 2015).

#### Metode Dye Penetrant

Uji *dye penetrant* bertujuan untuk mengetahui porositas pada permukaan material dan bisa dilihat secara visual. Pengujian dilakukan pada permukaan spesimen kemudian di foto dan deskripsikan pada setiap variasi kecepatan putarnya. Data pengujian porositas menggunakan metode *dye penetrant* pada tabel sebagai berikut:

**Tabel 4** Hasil Porositas Menggunakan *Dye Penetrant*

Rpm	Foto	Deskripsi
500		<p>Terdapat 7 porositas yang berukuran 1 mm hingga 3 mm dengan bentuk oval dan bulat.</p> <p>Terdapat 7 titik porositas yang terlihat dengan ukuran 1 mm hingga 4 mm dengan bentuk oval, bulat, dan berbentuk garis</p>
		<p>Terdapat 5 titik yang berwarna merah yang berukuran 2 mm sampai 3 mm</p> <p>Terdapat 4 porositas dan 3 berbentuk alur garis dengan panjang 3 mm dan 1 berbentuk lingkaran dan garis ukuran 1 mm</p>

		Terdapat 2 porositas berbentuk garis yang berukuran 1 mm dan 3 mm
15000		Terdapat 4 porositas yang berukuran 1 mm hingga 3 mm berbentuk bulat dan oval

Untuk mendukung pengujian porositas metode densitas secara kuantitatif perlu dilakukan pengujian menggunakan metode *dye penetrant* secara kualitatif untuk mengetahui fakta yang terjadi pada penelitian. Pengujian *dye penetrant* menunjukkan perbedaan porositas pada permukaan spesimen.

Pada variasi kecepatan putar 1500 rpm terdapat porositas sebanyak 2-4 titik dengan ukuran 1 mm hingga 3 mm ini terjadi karena proses pembekuan pada timah lebih cepat sehingga sebagian kecil gelembung mampu bergerak keluar. Pada kecepatan putar mesin 1000 rpm terdapat porositas sebanyak 4-5 titik dengan ukuran 1mm - 3mm membuat logam cair lebih lama membeku dibanding kecepatan putar mesin 1500 rpm sehingga banyak porositas yang mampu bergerak keluar sebelum pembekuan terjadi dan pada kecepatan putar mesin 500 rpm erdapat porositas sebanyak 7 titik dengan ukuran 1mm - 4mm ini terjadi karena pembekuan lebih lama sehingga sebagian besar gelembung berukuran kecil mampu bergerak keluar.

**Analisa Porositas**

Berdasarkan grafik pada gambar 3 yaitu porositas dibagian dalam menurun dengan meningkatnya variasi kecepatan putar mesin, disamping itu secara kuantitatif gambar pada uji porositas menggunakan *dye penetrant* membuktikan bahwa porositas dibagian luar meningkat seiring dengan menurunnya kecepatan putar mesin. Meningkatkan variasi kecepatan putar mesin membuat

kekerasan pada pipa akan meningkat karena dengan meningkatkan kecepatan putar mesin membuat timah (Sn) cair lebih cepat mengalami pembekuan sehingga struktur atom yang ada didalamnya semakin rapat. Menurunnya variasi kecepatan putar akan membuat porositas meningkat dikarenakan gelembung gas yang berada didalamnya masih terperangkap sebelum pembekuan terjadi. Porositas yang berada didalam bergerak keluar menyebabkan porositas pada permukaan spesimen meningkat. Peningkatan porositas dibagian luar cenderung membentuk gumpalan disuatu titik. Porositas yang keluar membuat bagian dalam semakin solid.

**Analisa Menggunakan Metode Anova**

Data yang telah diperoleh dari hasil pengujian selanjutnya akan dianalisa untuk bisa mendapatkan jawaban dari rumusan hipotesa yang telah dibuat menggunakan metode anova tunggal (*One-way Anova*) dengan aplikasi SPSS 22. Sebelum dilakukan pengujian anova, data harus terlebih dahulu dipastikan bahwa data dari masing-masing varian berdistribusi normal, sama (homogen), dan sampel tidak berhubungan satu dengan yang lain. Oleh karena, itu perlu dilakukan uji normalitas dan uji homogenitas terlebih dahulu.

1. Uji Normalitas

**Tabel 5 Uji Normalitas**

Test of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Porositas	.246	9	.123	.866	9	.110

Dari hasil uji normalitas diatas dapat diketahui apakah masing-masing variabel terdistribusi normal atau tidak. Pedoman pengambilan keputusan adalah sebagai berikut :

- Jika nilai sig. kurang dari 0,05 maka, data dinyatakan memiliki distribusi tidak normal.
- Jika nilai sig. lebih dari 0,05 maka, data dinyatakan memiliki distribusi normal.

Pedoman ini mengacu pada hasil perhitungan alat uji normalitas *Shapiro-Wilk*. Dimana, menurut hasil pengujian didapatkan masing-masing variabel memiliki nilai sig. diatas 0,05 sehingga dapat dikatakan bahwa data hasil pengujian porositas normal.

2. Uji Homogenitas

**Tabel 6 Uji Homogenitas**

Test of Homogeneity of Variances				
	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Porositas	2.703	2	6	.146

Dari hasil uji diatas dapat diketahui apakah sampel homogen atau tidak. Pedoman pengambilan keputusan adalah sebagai berikut :

- Jika nilai sig. kurang dari 0,05 maka, data dinyatakan tidak homogen.
- Jika nilai sig. lebih dari 0,05 maka, data dinyatakan homogen.

Hasil pengujian didapatkan nilai sig. dari masing-masing variabel diatas 0,05 sehingga dapat dikatakan bahwa data hasil pengujian porositas homogen.

3. Uji Anova

**Tabel 7 Uji Anova Data Porositas**

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Uji Porositas	Between Groups	.092	2	.046	19.914	.002
	Within Groups	.014	6	.002		
	Total	.105	8			

Nilai F hitung pada tabel 4.11 adalah 19,914 untuk uji porositas, dengan nilai signifikansi 0,05 sementara nilai statistik tabel dapat ditemukan pada tabel F, dalam uji anova ini menggunakan tingkat signifikansi ( $\alpha$ ) sebesar 5%. Untuk menentukan nilai F tabel dibutuhkan dk pembilang dan dk penyebut, dk pembilang didapatkan dengan menghitung jumlah variabel kelompok dikurangi 1 maka  $3 - 1 = 2$ ; sedangkan dk penyebut adalah jumlah seluruh sampel dikurangi jumlah variabel kelompok maka  $9 - 3 = 6$ . Dengan nilai dk pembilang 2 dan dk penyebut 6 maka didapatkan nilai F tabel yaitu 5,14. Berdasarkan uraian diatas pada uji tarik nilai F hitung lebih besar dari pada nilai F tabel pada masing-masing variabel. Maka dapat disimpulkan bahwa  $H_0$  diterima dan  $H_a$  ditolak atau dengan kata lain ada pengaruh yang signifikan variasi kecepatan putar mesin terhadap porositas.

**PENUTUP**

**Simpulan**

Berdasarkan proses penelitian pengaruh kecepatan putar mesin *centrifugal casting* pada proses pengecoran timah terhadap porositas adalah porositas (cacat ruang) disetiap spesimen pada variasi kecepatan 500 rpm, 1000 rpm, dan 1500 rpm berturut-turut sebesar 5,6%, 3,7%, dan 2,5%.

**Saran**

Berdasarkan hasil penelitian maka diberikan saran sebagai berikut:

- Sebaiknya wadah penuangan yang berfungsi untuk menyalurkan cairan timah ke cetakan diberikan alat pemanas agar cairan timah tidak membeku dalam wadah tapi mengalir kedalam cetakan.
- Sebaiknya variasi kecepatan putar ditambahkan dengan diatas 1500 rpm agar meminimalisir porositas khususnya pada material timah paduan.

**Daftar Pustaka**

Abdus Shomad Muhammad dan Priyo Tri Iswanto. 2014. "Pengaruh Variasi Putaran Rendah Dan Putaran Sedang Pada *Centrifugal Casting* Terhadap SifatFatik Paduan A356 Untuk Velg Sepeda Motor", ISSN: 1979-911X.

Faisol Moh. 2018. "Rancang Bangun Mesin *Centrifugal Casting Horizontal* Untuk Pengecoran Aluminium

*Skala Laboratoriu*". Universitas 17 Agustus 1945.  
Surabaya.

Gay. 1981. *Educational Research, A Beel And Howell Company*. Ohio. US

Janco Nathan. 1992. *Centrifugal Casting*. USA

Prasetya, C., Irawan, Y. S., & Ourbandono. 2012. *Pengaruh Jumlah Saluran Masuk Pada Pengecoran Impeller Turbin Crossflow Terhadap Cacat Permukaan dan Porositas*. Humaniora Utama Press (HUP). Bandung.

Sudjana Hardi. 2008. *Teknik Pengecoran Logam*. Teknik Pengecoran Logam Jilid II. Jakarta.

Sugiyono. 2016. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung.

