

PENGARUH TEMPERATUR TUANG TERHADAP KEKERASAN PADA PEMBUATAN PIPA TIMAH
(Sn) DENGAN MENGGUNAKAN MESIN *CENTRIFUGAL CASTING*

Ronaldo Dwi Tyastando

S-1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: ronaldotyastando@mhs.unesa.ac.id

Mochamad Arif Irfa'i

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: arifirfai@unesa.ac.id

Abstrak

Seiring dengan berjalannya waktu metode pengecoran cukup berkembang salah satunya metode pengecoran dengan *centrifugal casting*, pada metode tradisional terjadi porositas atau cacat ruang dan nilai kekerasan yang menurun akibat pembekuan yang lama. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh temperatur tuang terhadap kekerasan dan porositas pembuatan pipa timah menggunakan mesin *centrifugal casting*. Pengecoran dalam penelitian ini menggunakan metode *centrifugal casting* dan memberikan variasi temperature tuang yang dapat mempengaruhi sifat mekanis hasil coran dengan suhu 235°C, 255°C, 275°C.. Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen. Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah timah (Sn). Pengujian pada penelitian ini yaitu pengujian kekerasan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan pada variasi temperatur tuang terhadap kekerasan hasil coran. Pada hasil pengujian kekerasan pada temperatur tuang 235°C memiliki nilai kekerasan tertinggi yaitu sebesar 61,2 HRB, pada temperatur tuang 255°C nilai kekerasan semakin menurun yaitu 54,9 HRB dan pada temperatur tuang 275°C terdapat nilai kekerasan terendah sebesar 43,3HRB.

Kata kunci: Timah (Sn), *Centrifugal Casting*, Temperatur Tuang, Kekerasan

Abstract

As time goes by casting methods sufficiently developed one foundry with centrifugal casting method, the traditional method of porosity or defects occur space and hardness value decreased due to freezing of time. The purpose of this study was to determine the effect of temperature on the hardness and porosity cast lead pipe manufacture using centrifugal casting machine. The casting in this study using a centrifugal casting method and provide castings temperature variations that can affect the mechanical properties of casting product with a temperature of 235 ° C, 255 ° C, 275 ° C.. This research is an experimental research. The material used in this study is a tin (Sn). Testing in this study is testing hardness. The results showed that there was a significant effect on temperature variations casting product castings to violence. In the hardness test results at a temperature of 235 ° C castings have the highest hardness value that is equal to 61.2 HRB, at a temperature of 255 ° C pour decreasing hardness value is 54.9 HRB and at a temperature of 275 ° C castings are the lowest hardness value of 43.3HRB.

Keywords: Tin (Sn), *Centrifugal Casting*, Casting Temperature, Hardness.

PENDAHULUAN

Semakin berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi seperti sekarang ini, serta perkembangan di bidang industri pengecoran logam, menuntut manusia untuk melakukan rekayasa guna memenuhi kebutuhan yang semakin kompleks dan semakin banyaknya permintaan pasar, maka industri pengecoran logam dituntut untuk menghasilkan produk yang baik. Pada metode tradisional pembuatan pipa masih menggunakan proses bending serta pengelasan untuk sebuah pipa dan pembuatan platnya menggunakan pengecoran tuang sehingga akan terjadi porositas atau cacat ruang dan nilai kekerasan yang menurun akibat pembekuan yang lama.

Untuk mengatasi permasalahan di atas maka seiring perkembangan jaman ditemukan pengecoran centrifugal.

Pengecoran sentrifugal dilakukan dengan cara menuangkan logam cair ke dalam cetakan yang berputar, sehingga dihasilkan coran yang mampat dapat mengurangi cacat karena pengaruh gaya sentrifugal. Gaya sentrifugal yang dihasilkan oleh putaran cetakan akan menyebabkan logam cair yang dituang 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). Centrifugal casting memiliki beberapa keunggulan yaitu hasil penuangan yang padat, permukaan

tuang yang halus, dan dapat membentuk dinding tuang yang tipis (Hardi Sudjan 2008).

Temperatur penuangan berperan penting terhadap hasil pengecoran. Secara teori aliran temperatur tuang terlalu rendah mengakibatkan mampu alir material yang buruk, sehingga menyebabkan rongga cetak tidak terisi penuh karena logam cair cepat membeku sedangkan Temperatur terlalu tinggi menyebabkan penyusutan dimensi (MT Wijaya, Zubaid dan Wijoyo, 2017). Temperatur tuang adalah salah satu unsur yang sangat penting untuk diperhatikan dalam proses pengecoran karena faktor ini akan berpengaruh terhadap kualitas coran yang meliputi mikrostruktur dan sifat mekanis (MT Wijaya, Zubaid dan Wijoyo, 2017).

Dalam penelitian ini penulis menggunakan material timah paduan yang didapat dari Usaha Mikro, Kecil, Menengah (UMKM) yang ada di Surabaya. Timah (Sn) mempunyai sifat yang ulet, dan tahan terhadap korosi. Sehingga cocok diaplikasikan pada pipa saluran air hujan, dengan memiliki sifat yang mudah dibentuk dan ulet maka pipa dari timah dapat mudah dipasang mengikuti atap konstruksi bangunan, dan pipa timah memiliki sifat tahan terhadap korosi yang cocok digunakan di atap bangunan yang umumnya basah jika terkena air hujan sehingga bisa menyebabkan korosi namun pipa timah ini dapat menahannya karena sifat timah yang tahan terhadap korosi. Oleh karena itu penulis memilih bahan dari Timah, lalu memvariasikan temperature tuang untuk mengetahui nilai kekerasan tertinggi hasil coran, serta sedikitnya penelitian yang melakukan penelitian tentang pipa timah ini maka penulis memilih pipa timah lalu diuji dengan pengujian kekerasan untuk mengetahui kualitas hasil coran. Pada material timah (Sn) ini sebaiknya menggunakan temperatur tuang diatas 232°C karena titik lebur timah pada temperatur 232°C.

Penulis melakukan uji kekerasan dengan menggunakan pengujian *rockwell*. Keuntungan menggunakan pengujian *rockwell* ini sangat sederhana cukup dengan benda kerja ditekan dengan bagian *rockwell* (indentor) selain itu kelebihanannya tidak merusak material. Hubungan kekerasan terhadap pipa timah putih dalam penelitian ini untuk mengetahui beberapa masalah. Adapun diantaranya untuk mengetahui nilai kekerasan tertinggi dengan menggunakan variasi temperatur karena pada material timah putih ini tidak terlalu keras. Berdasarkan permasalahan tersebut, maka penulis akan meneliti pengaruh variasi temperature tuang pada mesin *centrifugal casting* terhadap pipa timah putih menggunakan pengujian kekerasan. Variasi temperature tuang pada mesin sentrifugal casting ini adalah 235°C, 255°C, dan 275°C dan menggunakan kecepatan putar 1500 RPM.

Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

- Bagaimana pengaruh variasi temperatur tuang pada *centrifugal casting* terhadap nilai kekerasan dengan material timah ?

Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

- Untuk mengetahui pengaruh dari variasi temperatur tuang terhadap nilai kekerasan.

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 solidifaction*) 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*.

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 Temperatur Tuang

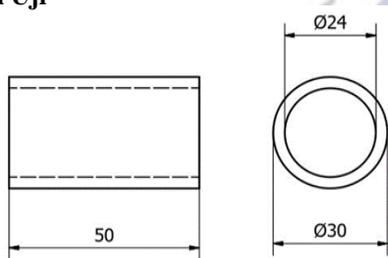
Penuangan logam sangat tergantung pada suhu dan logam cair akan mencair seluruhnya pada suhu tinggi. Aliran cairan logam pada proses penuangan sangat dipengaruhi oleh kekentalannya dan kekasaran permukaan cetakan. Sedangkan kekentalan tergantung pada suhu yang dituangkan ke dalam cetakan, dimana pada saat suhu tinggi kekentalan menjadi rendah, dan pada suhu rendah kekentalan menjadi tinggi, kekentalan tergantung pada jenis logam itu sendiri.

Jika logam cair mengalir melalui rongga sebuah cetakan, maka logam tersebut tidak mengikuti keadaan cair sempurna. Jika suhu logam jauh diatas titik cair, maka lapisan beku tidak akan cepat tumbuh pada permukaan dinding cetakan. Apabila suhu logam dekat dengan titik cairnya atau cetakan mudah mengambil panas dari cairan logam, maka lapisan beku akan cepat tumbuh pada permukaan dinding dan jalan aliran semakin sempit.

Ada tiga faktor yang mempengaruhi suhu penuangan logam cair yaitu mampu alir logam cair, jenis cetakan yang digunakan dan komposisi unsur paduan. Suhu penuangan secara teoritis harus sama atau diatas garis liquidus. Jika suhu penuangan lebih rendah kemungkinan besar terjadi solidifikasi didalam gating

system dan rongga cetakan tidak terisi penuh. Cacat ini juga disebut dengan nama misrum. Cacat lain yang bisa terjadi jika suhu penuangan terlalu rendah adalah laps dan seams, yaitu benda cor yang dihasilkan seakan-akan membentuk alur-alur aliran kontinyu logam yang masuk kedalam rongga cetakan, dimana alur satu dengan alur yang lainnya berdampingan daya ikatnya tidak begitu baik. Jika suhu penuangan terlalu tinggi pasir yang terdapat pada dinding gating system dan rongga cetakan mudah lepas sewaktu bersentuhan dengan logam cair dan permukaan menjadi kasar. Terjadi reaksi yang cepat antara logam tuang dengan zat padat, cair, dan gas didalam rongga cetakan (Tata Surdai & Khenji Chijiwa, 1986).

Spesimen Uji



Gambar 1 Ukuran 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 kekerasan pada material timah paduan (Sn) menggunakan *centrifugal casting* dengan variasi temperatur tuang.

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 kekerasan dilakukan di Laboratorium pengujian bahan, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Negeri Surabaya.

- 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

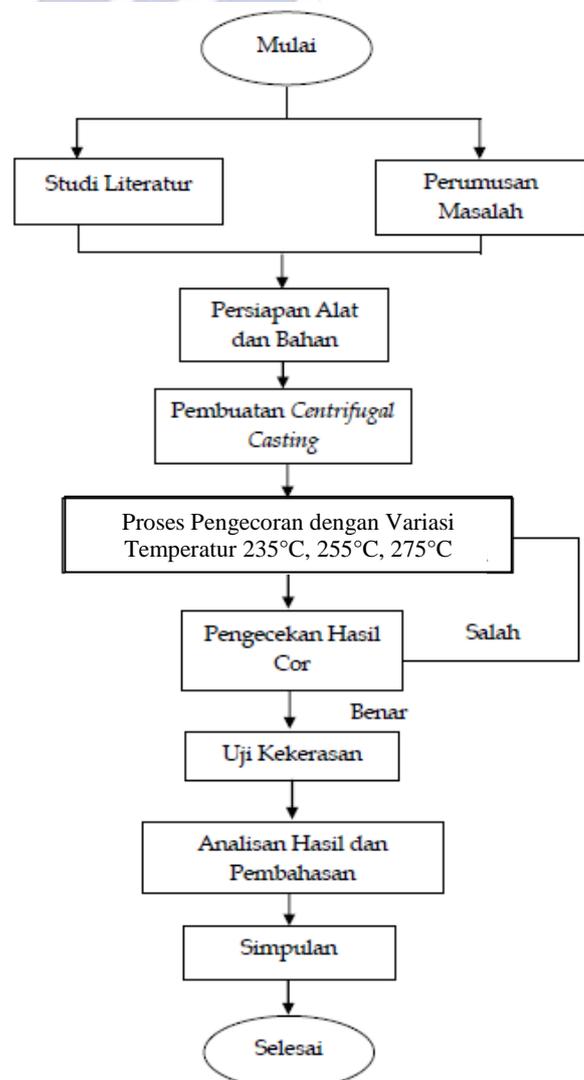
variasi tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk mempelajari variasi tertentu yang diterapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya (Sugiyono, 2016).

- Variabel Terikat
 - Nilai Kekerasan
- Variabel Bebas
 - Variasi temperatur tuang pengecoran *centrifugal casting* dengan variasi 235°C, 255°C, 275°C.
- Variabel kontrol
 - Material yang digunakan yaitu timah paduan.
 - Proses pengecoran dengan metode *centrifugal casting*.
 - Cetakan material dengan besi cor.
 - Pengujian kekerasan menggunakan spesimen yang dibentuk sesuai standart pengujian kekerasan.

Rancangan Penelitian

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

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
 - Resin dan Katalis
- Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah:
 - Timah Paduan (Sn)

Teknik Pengumpulan Data

Pengambilan data dilakukan dengan melakukan proses pengecoran variasi temperatur tuang *centrifugal casting*. Tujuan utama dari pengecoran mesin *centrifugal casting* untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur tuang yang dihasilkan oleh mesin *centrifugal casting* dengan nilai kekerasan. Adapun teknik pengumpulan data dalam penelitian ini yaitu setelah dilakukan proses pengecoran timah paduan (Sn) selanjutnya dilakukan 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 mendiskripsikan 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

Uji Kekerasan

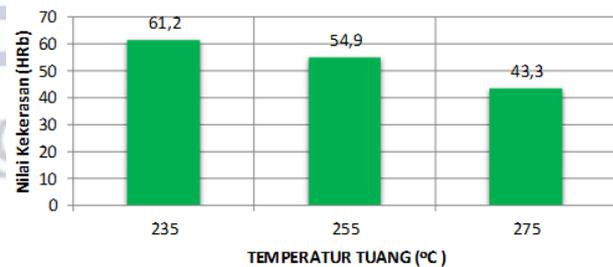
Pengujian kekerasan dilakukan di laboratorium pengujian bahan Universitas Negeri Surabaya. Pengujian kekerasan menggunakan satuan HRb yang menggunakan 9 spesimen. Indentor yang terbentuk bola baja akan memberi tekanan ke spesimen yang akan di uji.

Tabel 1 Hasil Uji Kekerasan

Temperatur °C	Spesimen	Hasil Kekerasan Rockwell (HRb)			Hasil rata-rata 3 titik (HRb)	Hasil rata-rata 3 spesimen (HRb)
		1	2	3		
235	1	57,5	67,9	65,2	63,5	61,2
	2	66,5	56,1	57,0	59,8	
	3	64,0	58,4	59,2	60,5	
255	1	54,4	53,6	54,6	55,4	54,9
	2	57,8	54,7	55,8	56,1	
	3	55,9	57,9	54,4	56,0	
275	1	44,1	40,3	41,4	41,9	43,3
	2	36,2	49,8	44,9	43,6	
	3	44,3	45,8	43,1	44,4	

Data pada tabel 1 diolah menjadi grafik untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur tuang terhadap uji kekerasan. Dari tabel 1 diketahui bahwa masing-masing sampel uji kekerasan memiliki rata-rata hasil pengujian kekerasan. Hasil pengujian kekerasan pipa timah (Sn) menggunakan metode *centrifugal casting* dengan variasi temperatur tuang 235°C, 255°C, 275°C didapat hasil 61,2, 55,4, 43,3. Temperatur tuang yang memiliki nilai kekerasan tertinggi adalah temperatur tuang 235°C dengan rata-rata 61,2, dan nilai kekerasan pada temperatur tuang 255°C menurun dengan rata-rata 55,4 dibanding temperatur tuang 235°C. Sedangkan temperatur tuang yang memiliki nilai kekerasan terendah adalah temperatur tuang 275°C dengan rata-rata 43,3.

Nilai Rata-rata Kekerasan



Gambar 3 Grafik Nilai Kekerasan

Gambar 4.1 memperlihatkan penurunan seiring dengan kenaikan temperatur tuang pada pengecoran pipa menggunakan metode *centrifugal casting*. Jika semakin tinggi temperatur, maka ikatan antar atom pada logam cair akan semakin lemah. Tetapi perlu diperhatikan bahwa peningkatan temperatur tuang dapat menimbulkan cacat coran, seperti porositas dan *shrinkage* sehingga sifat mekaniknya turun (Hardi Sudjana, 2008).

**PENGARUH TEMPERATUR TUANG TERHADAP KEKERASAN PADA PEMBUATAN PIPA TIMAH (Sn)
DENGAN MENGGUNAKAN MESIN CENTRIFUGAL CASTING**

Proses pembekuan logam cair dimulai dari logam cair yang bersentuhan dengan dinding cetakan yaitu ketika panas dari logam cair diambil oleh cetakan sehingga bagian logam yang bersentuhan dengan cetakan akan mendingin sampai titik beku. Selama proses pembekuan berlangsung inti-inti kristal tumbuh. Bagian dalam coran mendingin lebih lambat daripada bagian luarnya sehingga kristal-kristal tumbuh dari inti asal mengarah kebagian dalam coran dan butir-butir kristal tumbuh dari inti asal mengarah kebagian dalam coran dan butir-butir kristal tersebut berbentuk panjang-panjang seperti kolam. Struktur ini muncul dengan jelas apabila gradient temperatur yang besar terjadi pada permukaan coran besar. Akibat adanya perbedaan kecepatan pembekuan, semakin cepat mengalami pembekuan sehingga struktur atom yang ada di dalam spesimen semakin kecil dan padat sehingga dapat meningkatkan kekerasan benda kerja (Hardi Sudjana, 2008).

Analisa Kekerasan

Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi nilai kekerasan pada proses pengecoran adalah variabel temperatur tuang, karena temperature tuang dapat mempengaruhi viskositas atau kekentalan logam cair. Semakin tinggi temperature maka nilai viskositas cairan akan semakin rendah. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi temperatur, maka ikatan antar atom pada logam cair akan semakin lemah.

Analisis Menggunakan Metode Anova

Data hasil pengujian selanjutnya dianalisa untuk bisa mendapatkan jawaban dari rumusan hipotesa yang telah dibuat menggunakan metode anova tunggal (*One-way Anova*) dengan aplikasi SPSS. 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.

Tabel 2 Uji Normalitas Data Uji Kekerasan

		Tests of Normality					
Kekerasan	Temperatur	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Kekerasan	235	.318	3	.	.886	3	.342
	255	.369	3	.	.789	3	.089
	275	.260	3	.	.959	3	.609

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 kekuatan kekerasan normal.

**Tabel 3 Uji Homogenitas Data Uji Kekerasan
Test of Homogeneity of Variances**

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Kekerasan	1.159	2	6	.375

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 kekerasan homogen.

Tabel 4 Uji Anova Data Uji Kekerasan

		ANOVA				
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Kekerasan	Between Groups	50404.667	2	25202.333	113.923	.000
	Within Groups	1327.333	6	221.222		
	Total	51732.000	8			

Dasar pengambilan keputusan anova tunggal adalah perbandingan F hitung dengan F tabel. Dengan ketentuan sebagai berikut:

- Jika F hitung (angka F output) > statistik tabel (tabel F), maka Ho ditolak, Ha diterima.
- Jika F hitung (angka F output) < statistik tabel (tabel F), maka Ho diterima, Ha ditolak.

Nilai F dihitung pada tabel 4 adalah 18,733 untuk uji kekerasan dengan nilai signifikan 0,05 sementara nilai statistik tabel dapat ditemukan pada tabel F, dalam uji anova ini menggunakan tingkat signifikansi (α) 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 bending nilai F hitung tidak lebih besar dari pada nilai F tabel pada. Maka dapat disimpulkan bahwa maka Ho diterima, Ha ditolak atau dengan kata lain tidak ada pengaruh yang signifikan variasi kecepatan putar mesin terhadap bending.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan analisa dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa:

- Terdapat pengaruh yang signifikan pada variasi temperatur tuang menggunakan metode *centrifugal casting* dengan paduan timah terhadap kekerasan hasil coran. Semakin tinggi temperatur tuang nilai kekerasan semakin menurun. Kekerasan hasil coran

pada variasi temperatur tuang 235°C menghasilkan nilai kekerasan tertinggi yaitu sebesar 61,2 HRb, dan nilai kekerasan terkecil terdapat pada variasi temperatur tuang 275°C yaitu sebesar 43,3 HRb.

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 melakukan perlakuan *quenching* terhadap hasil coran karena dengan pembekuan yang lebih cepat maka akan meningkatkan kualitas hasil coran.

DAFTAR PUSTAKA

- 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
- M. Furqon, Hafid. 2012. *Pengembangan Produk Cor Aluminium Pada Proses Pengecoran Sentrifugal*. Bandung: Jurnal Metal Indonesia Vol 34 No 1.
- MT Wijaya, Zubaid dan Wijoyo, 2017. *Pengaruh Variasi Temperatur Tuang Terhadap Ketangguhan Impak dan Struktur Mikro pada Pengecoran Aluminium*. Surakarta: Universitas Surakarta.
- Sudjana Hardi. 2008. *Teknik Pengecoran Logam*. Teknik Pengecoran Logam Jilid II. Jakarta.
- Sugiyono. 2016. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung.
- Surdia T., Kenji, C., 1986. *Teknik Pengecoran Logam*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.

