

PENGARUH TEMPERATUR TUANG TERHADAP KEKERASAN PADA PEMBUATAN PIPA ALUMINIUM DENGAN MENGGUNAKAN MESIN *CENTRIFUGAL CASTING*

PENGARUH TEMPERATUR TUANG TERHADAP KEKERASAN PADA PEMBUATAN PIPA ALUMINIUM DENGAN MENGGUNAKAN MESIN *CENTRIFUGAL CASTING*

Moh Samsodin

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

Mochamad Arif Irfa'i

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

Abstrak

Aluminium merupakan logam yang banyak digunakan dalam bidang industri dan teknik. Akibat banyaknya penggunaan aluminium juga menimbulkan masalah terhadap banyaknya limbah aluminium yang dampaknya berbahaya untuk lingkungan. Sehingga perlu dilakukan daur ulang dari limbah aluminium. Salah satu cara untuk mendaur ulang limbah aluminium adalah dengan pengecoran sentrifugal atau centrifugal casting. Centrifugal casting cocok digunakan untuk pengecoran pipa. Pembuatan pipa berbahan aluminium komersial dengan memvariasikan temperatur tuang menggunakan mesin centrifugal casting. Tujuan dari variasi temperatur tuang untuk mengetahui pengaruh temperatur tuang terhadap kekerasan pada proses centrifugal casting. Variasi yang digunakan 680°C, 700°C, 720°C. Proses centrifugal casting yaitu dengan memanaskan aluminium dalam tungku hingga mencair pada temperatur yang diinginkan, kemudian cairan aluminium dimasukkan ke dalam cetakan centrifugal casting, dan tunggu hingga aluminium meleleh selama 2 menit. Setelah mendapatkan hasil coran dilakukan pengujian kekerasan untuk mengetahui berpengaruh atau tidaknya variasi temperatur tuang. Hasil uji kekerasan yang didapat seiring naiknya temperatur tuang nilai kekerasan semakin menurun, pada temperatur tuang 680°C, 700°C, 720°C dengan nilai kekerasan 77,4 HRB, 75,3 HRB, 71,23 HRB. Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini semakin tinggi temperatur tuang semakin rendah nilai kekerasan.

Kata kunci : *centrifugal casting*, temperatur tuang, aluminium paduan, uji kekerasan.

Abstract

Aluminum is a metal that is widely used in industry and engineering. Due to the large use of aluminum also create problems with the amount of aluminum waste with harmful effects to the environment. So that should be the recycling of aluminum waste. One way to recycle aluminum waste is by centrifugal casting or centrifugal casting. Centrifugal casting is suitable for pipe foundry. Commercial manufacture aluminum pipe by varying the temperature of castings using centrifugal casting machine. The purpose of the variation of temperature to determine the effect of temperature castings cast against violence in centrifugal casting process. Variations used 680°C, 700C, 720C. Centrifugal casting process, namely by heating aluminum in a furnace to melt at the desired temperature, then put in liquid aluminum centrifugal casting mold, and wait until the aluminum meleleh for 2 minutes. After getting the results of hardness testing of castings made to determine whether or not the temperature variations affect castings. The test results obtained violence cast as rising temperature hardness values decreased, at a temperature of 680°C castings, 700C, 720C with HRB hardness values of 77.4, 75.3 HRB, 71.23 HRB. The conclusion of this study cast the higher the temperature the lower the hardness. After getting the results of hardness testing of castings made to determine whether or not the temperature variations affect castings. The test results obtained violence cast as rising temperature hardness values decreased, at a temperature of 680°C castings, 700C, 720C with HRB hardness values of 77.4, 75.3 HRB, 71.23 HRB. The conclusion of this study cast the higher the temperature the lower the hardness. After getting the results of hardness testing of castings made to determine whether or not the temperature variations affect castings. The test results obtained violence cast as rising temperature hardness values decreased, at a temperature of 680°C castings, 700C, 720C with HRB hardness values of 77.4, 75.3 HRB, 71.23 HRB. The conclusion of this study cast the higher the temperature the lower the hardness.

Keywords: *centrifugal casting*, temperature castings, aluminum alloy, hardness test.

PENDAHULUAN

Aluminium merupakan logam yang banyak digunakan dalam bidang industri dan teknik karena aluminium memiliki titik lebur yang rendah, mempunyai masa jenis kecil, tahan terhadap korosi, ringan, dan koefisien pemuaian yang kecil serta sebagai penghantar. Namun,

akibat banyaknya penggunaan aluminium juga menimbulkan masalah terhadap banyaknya limbah aluminium yang dampaknya berbahaya untuk lingkungan. Sehingga perlu dilakukan daur ulang dari limbah aluminium. Salah satu cara untuk mendaur ulang

limbah aluminium adalah dengan pengecoran sentrifugal atau *centrifugal casting*.

Centrifugal casting adalah pengecoran yang memanfaatkan 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 tuangan yang tipis (Hardi Sudjan, 2008). Dalam proses *centrifugal casting* ada beberapa parameter yang mempengaruhi hasil coran yaitu kecepatan putar, temperature cetakan, kecepatan penuangan, temperature tuang.

Temperatur tuang adalah salah satu variable yang sangat penting karena temperatur tuang dapat mempengaruhi sifat cair logam, juga 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. Tetapi perlu diperhatikan bahwa peningkatan temperature tuang dapat menimbulkan cacat coran, seperti porositas dan *shrinkage* sehingga sifat mekaniknya turun (Hardi Sudjana, 2008).

Penelitian ini menggunakan material aluminium dan menggunakan mesin *centrifugal casting* hal ini sangat cocok untuk pembuatan pipa *intercooler* karena *centrifugal casting* memiliki beberapa kelebihan, salah satunya hasil corannya yang padat, dapat menghasilkan coran yang tipis. Material aluminium sangat cocok untuk di jadikan bahan pembuatan pipa *intercooler* karena aluminium yang memiliki sifat tahan terhadap korosi, ringan, tahan terhadap suhu rendah. Karena pada pipa *intercooler* akan mengalami gesekan dan deformasi plastis maka diperlukanlah sifat mekanik yang baik, salah satunya yaitu kekerasan. Maka penelitian ini mencoba memvariasikan temperatur tuang untuk mendapatkan kekerasan yang terbaik pada variabel temperatur tuang. Untuk mengetahui sifat mekanik pipa aluminium hasil pengecoran perlu dilakukan pengujian. Salah satunya yaitu uji kekerasan.

Uji kekerasan ini dilakukan pada material yang dalam penggunaannya mengalami gesekan dan deformasi plastis. Semakin tinggi kekerasan semakin besar pula ketahanannya terhadap deformasi plastis. Uji kekerasan digunakan untuk mengetahui karakteristik hasil pengecoran dan melihat mutu untuk memastikan hasil pengecoran ini memiliki spesifikasi kualitas tertentu. Dalam penelitian ini menggunakan metode *rockwell*. Uji kekerasan menggunakan metode *rockwell* ini sangat sederhana cukup dengan indektor yang berupa bola pejal atau krucut ditekan pada permukaan benda uji. Selain itu, pengujian ini juga tidak merusak material. Uji kekerasan juga dapat digunakan sebagai salah satu metode untuk mengetahui pengaruh perlakuan panas atau dingin terhadap material.

Dengan demikian, hubungan kekerasan terhadap pipa aluminium dalam penelitian ini untuk mengetahui beberapa masalah. Adapun diantaranya pembuatan pipa membutuhkan nilai tingkat kekerasan. Proses temperature tuang sangat penting untuk diperhatikan pada saat pengecoran karena faktor ini akan mempengaruhi kualitas hasil coran. Maka dari itu pada penelitian ini dilakukan proses pengecoran sentrifugal dengan memvariasikan temperature tuang dan selanjutnya dilakukan pengujian untuk mengetahui pengaruh perubahan temperature tuang dengan melakukan pengujian kekerasan.

Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

- Bagaimana pengaruh variasi temperatur tuang terhadap kekerasan material aluminium pada hasil pengecoran mesin *centrifugal casting*?

Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

- Mengetahui pengaruh temperatur tuang terhadap kekerasan pada pipa aluminium hasil coran mesin *centrifugal casting*.

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*.

Karakteristik benda cor hasil pengecoran sentrifugal:

- Memiliki densitas (kepadatan) yang tinggi terutama pada bagian luar coran.
- Tidak terjadi penyusutan pembekuan pada bagian luar benda cor karena adanya gaya sentrifugal yang bekerja secara kontinu selama pembekuan.
- Cenderung ada impuritas pada dinding sebelah dalam coran dan hal ini dapat dihilangkan dengan permesinan.

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*

Temperatur Tuang

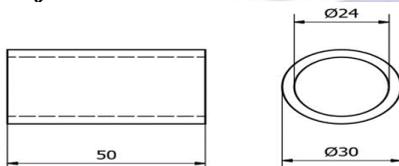
Dalam pengecoran logam, logam cair panas akan dituangkan ke cetakan. Penuangan logam sangat tergantung pada suhu dan logam cair akan mencair

seluruhnya pada suhu tertentu. Aliran cairan logam pada proses penuangan sangat dipengaruhi oleh kekentalannya. Sedangkan kekentalan tergantung pada suhu penuangan cairan ke dalam cetakan, dimana pada saat suhu tinggi kekentalan menjadi rendah, dan pada suhu rendah kekentalan menjadi tinggi. 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. Tetapi perlu diperhatikan bahwa peningkatan temperature tuang dapat menimbulkan cacat coran, seperti porositas dan *shrinkage* sehingga sifat mekaniknya turun (Hardi Sudjana, 2008).

Kekerasan (*Hardness*)

Kekerasan (*Hardness*) adalah salah satu sifat mekanik (*Mechanical properties*) dari suatu bahan atau ketahanan bahan terhadap deformasi yaitu deformasi tekan atau indentasi. Material dilakukan pengujian dengan dua pertimbangan yaitu untuk mengetahui karakteristik suatu material baru dan melihat mutu untuk memastikan suatu material memiliki spesifikasi kualitas tertentu. Pada umumnya pengujian kekerasan bertujuan untuk mengukur tekanan dari bahan atau logam terhadap deformasi plastis, Ketika gaya tertentu diberikan kepada suatu benda uji yang mendapat pengaruh pembebanan, benda uji akan mengalami deformasi. Logam yang keras biasanya cenderung lebih rapuh dan sebaliknya, logam yang lunak cenderung lebih ulet dan elastis. (Wahyuni, dkk, 2008)

Spesimen Uji



Gambar 1 Ukuran Spesimen Pipa Timah Paduan ASTM E18

METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan eksperimen riset (*eksperimental research*). Penelitian eksperimen adalah suatu penelitian yang di dalamnya ditemukan minimal satu variabel yang dimanipulasi untuk mempelajari hubungan sebab-akibat (Solso dan Maclin, 2002). Sehingga penelitian eksperimen dapat dikatakan sebagai metode penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi terkendali (Sugiono, 2010). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kekerasan dan pada pembuatan pipa aluminium komersil dengan

menggunakan mesin *centrifugal casting* serta melakukan variasi temperature tuning.

Waktu Penelitian dan Tempat

- Waktu Penelitian
Penelitian ini dilakukan 30 Maret samapai 1 Juli 2019
- Tempat Penelitian
Penelitian ini dilakukan di dua tempat yaitu, proses pengecorannya dilakukan di laboratorium pengecoran Universitas Negeri Surabaya, uji kekerasan di Lab Uji Bahan Universitas Negeri Surabaya, dan Uji struktur mikro di Lab Uji Material Fakultas Teknik Universitas Jember

Variabel Penelitian

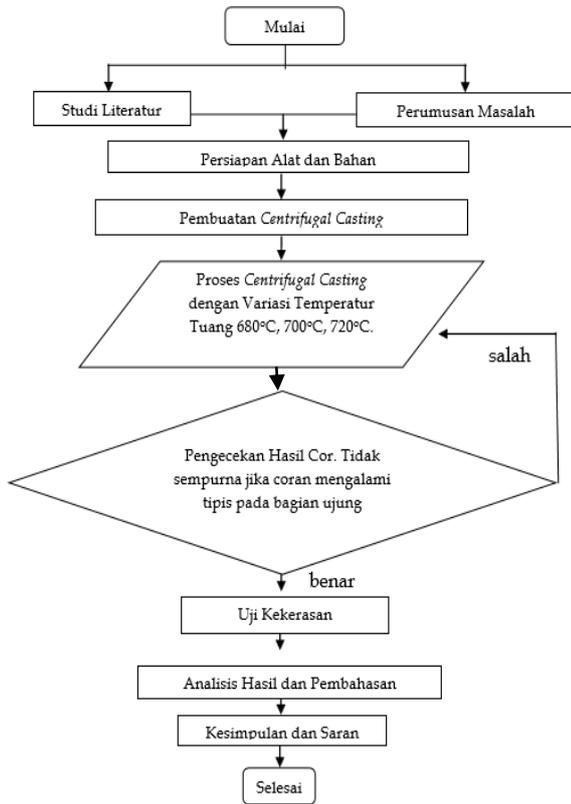
Variabel penelitian adalah suatu atribut atau sifat atau nilai dari orang, obyek atau kegiatan yang mempunyai variasi tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk mempelajari variasi tertentu yang diterapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya (Sugiyono, 2013).

Variabel yang termasuk dalam penelitian ini adalah:

- Variabel Terikat
Variabel terikat merupakan variabel yang dipengaruhi atau menjadi akibat karena adanya variabel bebas (Sugiyono, 2013). Variabel terikat pada penelitian yaitu:
 - Nilai Kekerasan
- Variabel Bebas
Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi penyebab terjadinya perubahan atau timbulnya variabel terikat (Sugiyono, 2011). Pada penelitian ini variabel bebas yang digunakan yaitu temperatur tuang ketika proses *centrifugal casting* dengan variasi 680°C, 700°C, 720°C.
- Variabel Kontrol
Variabel kontrol adalah variabel yang dikendalikan atau dibuat konstan sehingga pengaruh variabel independent terhadap dependen tidak dipengaruhi oleh faktor luar yang tidak diteliti (Sugiyono, 2013). Variabel kontrol pada penelitian ini yaitu:
 - Material yang digunakan yaitu limbah aluminium
 - Proses pengecoran dengan metode *centrifugal casting*.
 - Cetakan dengan material 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 dilakukan



Gambar 2 Flowchart Proses Penelitian

Alat dan Bahan Penelitian

- Alat yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:
 - Tungku Peleburan
 - Mesin *Centrifugal Casting*
 - Thermometer
 - Wadah Penuangan
 - Sarung Tangan
 - Penjepit
 - Palu
 - Ladel
 - Resin dan Katalis
- Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah:
 - Aluminium komersil

Teknik Pengumpulan Data

Pengambilan data dilakukan dengan melakukan proses pengecoran variasi temperatur tuang mesin *centrifugal casting*. Tujuan utama dari pengecoran mesin *centrifugal casting* untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur tuang terhadap nilai kekerasan dan struktur mikro pada pipa aluminium dengan menggunakan mesin *centrifugal casting*. Adapun teknik pengumpulan data dalam penelitian ini yaitu setelah dilakukan proses pengecoran aluminium komersil 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 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

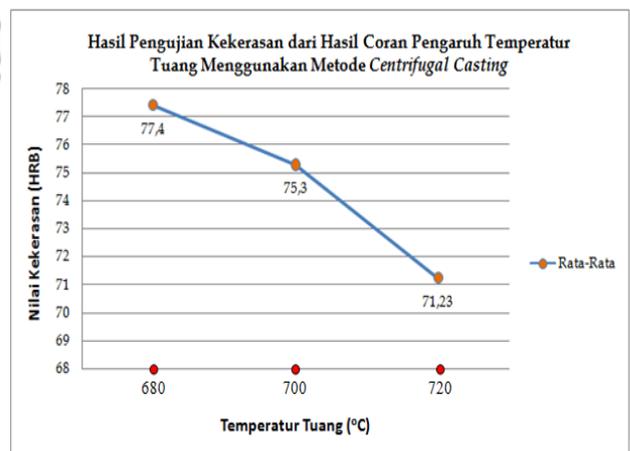
Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan di laboratorium pengujian bahan Universitas Negeri Surabaya. Pengujian kekerasan menggunakan satuan HRB yang menggunakan 3 spesimen. Indentor yang terbentuk bola baja akan memberi tekanan ke spesimen yang akan di uji.

Tabel 1 Hasil Uji Kekerasan

No	Spesimen	Hasil Pengujian			Rata-rata (HRB)
		Titik 1 (HRB)	Titik 2 (HRB)	Titik 3 (HRB)	
1	Temperatur Tuang 680°C	77,2	77,9	77,1	77,4
2	Temperatur Tuang 700°C	75,3	75,6	75	75,3
3	Temperatur Tuang 720°C	69,7	72,6	71,4	71,23

Dari tabel 1 hasil uji kekerasan diolah dan dijadikan grafik untuk mengetahui variasi kecepatan putar terhadap nilai kekerasan. Berikut adalah grafik dari nilai kekerasan timah.



Gambar 3 Grafik Kekerasan

Dari gambar 3 diketahui bahwa masing-masing sampel uji kekerasan memiliki rata-rata hasil pengujian kekerasan, seiring turunnya temperatur tuang kekerasan meningkat. Hasil pengujian kekerasan pipa aluminium menggunakan metode *centrifugal casting* dengan variasi temperature tuang 680°C, 700°C, 720°C didapat hasil 77,4 HRB, 75,3 HRB, 71,23 HRB.

Analisa Uji Kekerasan

Gambar 3 memperlihatkan penurunan seiring dengan kenaikan temperature tuang pada pengecoran pipa menggunakan metode *centrifugal casting*. Jika semakin tinggi temperatur, maka kecepatan pembekuan juga akan menurun, begitu pula sebaliknya. Waktu pembekuan yang lambat akan menghasilkan struktur butir yang besar. Struktur butir yang terbentuk akibat waktu pembekuan ini akan dapat mempengaruhi nilai kekerasan. Askeland (1984) menyatakan hal yang sama bahwa laju pembekuan dan waktu pembekuan yang tinggi menghasilkan struktur butir yang halus. Butiran halus ini akan membentuk banyak batas butir yang mampu menghambat gerakan dislokasi meningkatkan kekuatan paduan. Naiknya nilai kekerasan pada temperatur tuang yang rendah juga dipengaruhi oleh unsur paduan yang dapat terdistribusi merata, sedangkan pada temperatur tinggi unsur paduan terdistribusi menggumpal. Unsur aluminium paduan yang berdistribusi merata dapat meningkatkan nilai kekerasan (Azis, 2012).

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 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.

Tabel 2 Uji Normalitas Data Uji Kekerasan

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	Df	Sig.	Statistic	df	Sig.
TEMPERATUR	.217	9	.200 [*]	.923	9	.422

^aThis is a lower bound of the true significance.
Lilliefors Significance Correction

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.
TEMPERATUR	Based on Mean	3.189	2	6	.114
	Based on Median	1.547	2	6	.287
	Based on Median and with adjusted df	1.547	2	2.988	.346
	Based on trimmed mean	3.066	2	6	.121

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					
TEMPERATUR	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	58.847	2	29.423	38.304	.000
Within Groups	4.609	6	.768		
Total	63.456	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 hitung pada tabel 4.4 adalah 38,304 untuk uji kekerasan dengan nilai signifikansi 0,05 sementara nilai statistik tabel dapat ditemukan pada tabel F, dalam uji anova ini menggunakan tingkat signifikansi (α) sebesar 5%. Untuk menentukan F tabel dibutuhkan dk pembilang dan dk penyebut, dk pembilang dengan menghitung didapatkan 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 kekerasan nilai F hitung lebih besar dari pada nilai F tabel yakni sebesar $38,304 > 5,14$. Maka dapat disimpulkan bahwa H_a diterima dan H_0 ditolak atau dengan kata lain ada pengaruh yang signifikan variasi temperatur tuang 680°C , 700°C , 720°C pada hasil hasil coran.

PENUTUP SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian maka disimpulkan sebagai berikut:

- Variasi temperatur tuang pada pengecoran dengan metode *centrifugal casting* menggunakan aluminium paduan mempengaruhi hasil kekerasan, semakin tinggi temperatur tuang nilai kekerasan semakin menurun. Kekerasan spesimen pada variasi temperatur tuang 680°C menghasilkan nilai kekerasan tertinggi dengan nilai 77,4 HRB. Sedangkan nilai kekerasan temperature tuang 700°C menurun menjadi 75,3 HRB, dan nilai kekerasan terkecil terdapat pada variasi temperatur tuang 720°C dengan nilai 71,23. Hal ini disebabkan oleh semakin tinggi temperature tuang fase intermetalik semakin kasar dan pengendapannya tidak merata.

SARAN

Berdasarkan hasil penelitian maka diberikan saran sebagai berikut:

- Sebaiknya digunakan pemanas untuk memanaskan cetakan agar saat penuangan cairan aluminium dapat membeku hingga ujung cetakan.
- Sebaiknya kecepatan putar pada mesin *centrifugal casting* dinaikan lagi agar hasil bisa lebih bagus.

DAFTAR PUSTAKA

- Amstead B.H., 1995, "*Teknologi Mekanik*", Penerjemah Djaprie. S., Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Azis Nur E., 2012 "Jurnal Analisis Sifat Fisis dan Mekanis Aluminium Paduan Al-Si-Cu"
- Hardi Sudjan. 2008 "*Teknik Pengecoran Jilid 2*" Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jendral Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional.
- Moh. Faisol. 2018 "*Rancang Bangun Mesin Centrifugal Casting Horizontal Untuk Pengecoran Aluminium Skala Laboratorium*" Surabaya: Universitas 17 Agustus 1945.
- Sugiyono, Dr. 2010. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*, Bandung : Alfabeta.
- Surdia T., Kenji, C., 1986, *Teknik Pengecoran Logam*, Edisi Kedua, PT. Pradnya Paramita, Bandung.

Wahyuni ika, dkk. 2008 "*Jurnal Uji Kekerasan Material dengan Metode Rockwel*". Fakultas Sains dan Teknologi UA. Surabaya.