



PENGARUH VARIASI PUTARAN CETAKAN PENGECORAN SENTRIFUGAL TEGAK PADA PENGECORAN PADUAN ALUMINIUM TERHADAP KETANGGUHAN IMPAK DAN STRUKTUR MIKRO PEMBUATAN VELG GOKART

Ilman Nafiuddin¹, Samsudi²

^{1,2}Prodi Pendidikan Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Negeri Semarang

Email: ilman.nafiuddin1998@gmail.com

INFO ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima Desember 2019

Disetujui Mei 2020

DiPublikasikan 31 July 2020

Kata Kunci:

Vertical centrifugal casting, variation of mold rotation, impact toughness, micro structures

Abstrak

Pengecoran sentrifugal memiliki keunggulan diantaranya struktur coran lebih padat, porositas rendah, dan produktivitas tinggi. Faktor-faktor yang mempengaruhi hasil pengecoran sentrifugal seperti suhu cetakan, kecepatan putar cetakan dan gaya sentrifugal yang terjadi. Tujuan penelitian untuk mengetahui pengaruh variasi putaran cetakan pengecoran sentrifugal tegak paduan aluminium terhadap ketangguhan impak dan struktur mikro pada pembuatan velg gokart. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah variasi putaran cetakan 700 rpm, 800 rpm, dan 900 rpm. Variabel terikatnya adalah ketangguhan dan struktur mikro. Variabel kontrolnya yaitu suhu cetakan 250 °C dan suhu tuang 750 °C. Analisis data menggunakan metode analisis deskriptif dan one way anova yang dilengkapi dengan uji lanjut. Data yang diperoleh dari hasil pengujian berupa angka kemudian disajikan dalam bentuk tabel, grafik dan dideskripsikan berdasarkan hasil analisis yang dilakukan. Hasil pengujian ketangguhan impak yaitu semakin tinggi putaran cetakan maka semakin besar nilai ketangguhan. Ketangguhan impak tertinggi yaitu pada spesimen putaran cetakan 900 rpm sebesar 0,013036 J/mm². Hasil uji anova didapatkan adanya pengaruh variasi putaran cetakan terhadap ketangguhan impak. Hasil uji lanjut didapatkan adanya pengaruh signifikan putaran cetakan 700 rpm dan 900 rpm. Hasil pengujian struktur mikro yaitu semakin tinggi putaran cetakan maka semakin kecil luasan butir Si yang terbentuk.

Abstract

Centrifugal casting has advantages including more dense castings, low porosity, and high productivity. Factors that influence the results of centrifugal casting such as mold temperature, rotational speed of the mold and the centrifugal force that occurs. The purpose of this study was to determine the effect of the variation of aluminum alloy upright centrifugal casting molds on impact toughness and microstructure in the manufacture of karts wheels. This research is using experimental method. The independent variables in this study were 700 rpm, 800 rpm and 900 rpm mold rotations. The dependent variable is toughness and microstructure. The control variables are mold temperature 250 °C and pour temperature 750 °C. Data analysis using descriptive analysis methods and one way ANOVA that is equipped with further tests. Data obtained from the test results in the form of numbers are then presented in tables, graphs and described based on the results of the analysis conducted. The impact toughness test results are that the higher the mold rotation, the greater the toughness value. The highest impact toughness is in the 900 rpm mold rotation specimen of 0.013036 J / mm². Anova test results obtained the influence of rotational mold variations on impact toughness. Further test results found a significant influence of 700 rpm and 900 rpm mold rotations. The results of microstructure testing are that the higher the round of the mold, the smaller the area of Si grain formed.

1. PENDAHULUAN

Berkembangnya industri logam di Indonesia semakin meningkat, salah satu contohnya adalah

industri logam aluminium. Logam aluminium adalah logam ringan yang tahan korosi, logam ini juga sebagai salah satu pengganti logam jenis lain seperti

baja. Aluminium sering digunakan sebagai bahan untuk membuat komponen mesin, benda seni, dan alat-alat rumah tangga sampai produk yang mempunyai bentuk yang rumit dan sulit untuk dibentuk melalui proses permesinan, sehingga harus dibentuk melalui proses pengecoran.

Dalam pengecoran logam terdapat beberapa metode pengecoran. Pada penelitian ini menggunakan metode pengecoran sentrifugal. Metode pengecoran sentrifugal dilakukan dengan cara menuangkan logam cair ke dalam cetakan yang berputar, sehingga akan memberikan gaya dorong pada logam cair ke dinding cetakan selama proses penuangan. Pengecoran sentrifugal memiliki keunggulan diantaranya struktur coran lebih padat, porositas rendah, dan produktivitas tinggi untuk menghasilkan benda berbentuk silinder. Pengecoran sentrifugal juga memiliki kekurangan seperti distribusi ketebalan yang kurang merata, struktur yang tidak homogen akibat pembekuan yang tidak merata, timbulnya crack pada coran logam keras akibat putaran yang terlalu tinggi, dan struktur yang kurang padat akibat laju putaran yang terlalu rendah. Kekurangan ini dapat diminimalkan dengan cara mengatur laju putaran cetakan, sudut kemiringan, temperatur, dan sebagainya.

Proses pengecoran merupakan proses penuangan logam yang dicairkan ke dalam cetakan kemudian dibiarkan dingin dan membeku. Proses pengecoran logam banyak dilakukan karena proses ini mempunyai beberapa keunggulan diantaranya adalah mampu menghasilkan produk dengan bentuk yang rumit dengan proses yang relatif ekonomis.

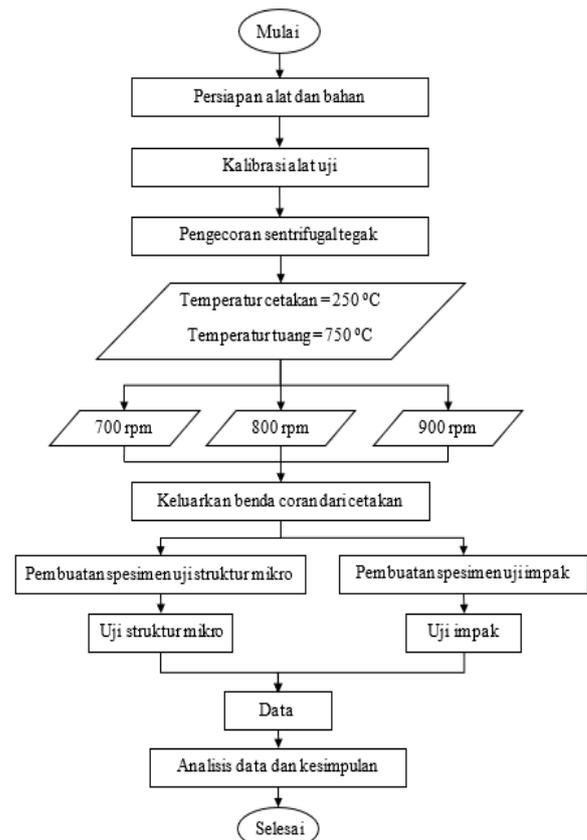
Pengecoran sentrifugal ini sangat cocok digunakan untuk memproduksi coran yang berbentuk silinder berongga, akan tetapi perlu diperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhi hasil pengecoran sentrifugal seperti suhu cetakan, kecepatan putar cetakan dan gaya sentrifugal yang terjadi. Suhu pada cetakan perlu diperhatikan agar udara tidak terperangkap saat melakukan penuangan dan merusak hasil coran.

Tujuan penelitian ini yaitu untuk menguji pengaruh variasi putaran cetakan pada pengecoran sentrifugal terhadap ketangguhan dan struktur mikro. Untuk menguji struktur coran aluminium tersebut menggunakan alat uji struktur mikro. Untuk menguji ketangguhan dilakukan pengujian dampak yang bertujuan untuk mengetahui harga dampak yang terdapat pada aluminium pada proses pengecoran

sentrifugal tersebut yang nantinya akan diaplikasikan kedalam suatu produk yang memang membutuhkan tingkat ketangguhan yang sangat tinggi, salah satu contohnya adalah *velg* gokart, seperti diketahui *velg* gokart sangat membutuhkan tingkat ketangguhan yang sangat tinggi karena harus menopang beban yang berat, maka dari itu diperlukan material dengan kualitas yang tinggi pula.

2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah metode eksperimen, yaitu suatu metode penelitian yang digunakan untuk mencari atau mengetahui suatu pengaruh pemberian suatu treatment atau pemberian suatu perlakuan terhadap subyek penelitian dalam kondisi yang terkendali⁽³⁾. Pada penelitian ini aluminium diberi perlakuan yang berbeda yaitu dengan variasi putaran cetakan sebesar 700 rpm, 800 rpm, dan 900 rpm kemudian dianalisis untuk mengetahui ketangguhan dan struktur mikro.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah variasi putaran cetakan yaitu 700 rpm, 800 rpm, dan 900 rpm. Variabel terikatnya adalah ketangguhan dan

struktur mikro. Variabel kontrol dalam penelitian ini yaitu suhu cetakan 250 °C dan suhu tuang 750 °C.

Alat dan Bahan Penelitian

A. Alat Penelitian

- 1) Dapur peleburan coran dan kelengkapannya



Gambar 2. Dapur peleburan coran

- 2) Ladell atau panci penuang



Gambar 3. Ladell

- 3) Mesin pengecoran sentrifugal tegak.



Gambar 4. Mesin pengecoran sentrifugal tegak

- 4) Cetakan permanen



Gambar 5. Cetakan permanen

- 5) Termokopel



Gambar 6. Termokopel

- 6) *Speed controller*



Gambar 7. Speed controller

7) Tachometer



Gambar 8. Tachometer

8) Alat uji impak charpy



Gambar 9. Alat uji impak charpy

9) Mikroskop



Gambar 10. Mikroskop

10) Mesin frais



Gambar 11. Mesin frais

11) Jangka sorong



Gambar 12. Jangka Sorong

B. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu logam aluminium dari *velg* motor bekas, alasan pemilihan *velg* motor bekas sebagai bahan coran aluminium karena *velg* motor bekas mudah didapat serta pada penelitian ini akan membuat *velg* gokart.



Gambar 13. *Velg* motor bekas

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. HASIL

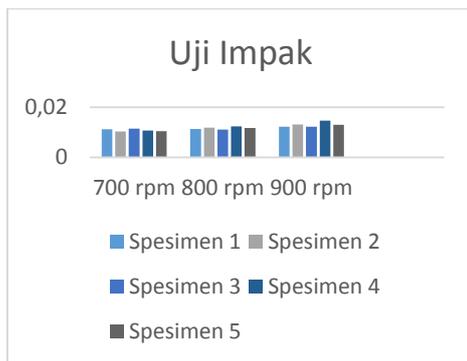
1) Hasil Uji Deskriptif Ketangguhan Impak

Tabel 1. Hasil pengujian impak

No	Putaran Cetakan	Spesimen	Harga Impak (Joule/mm ²)
1	700 rpm	A1	0,011238
		A2	0,010308
		A3	0,011393
		A4	0,010695
		A5	0,010385
Rata-rata			0,010804
2	800 rpm	B1	0,011315
		B2	0,011858
		B3	0,011005
		B4	0,012323
		B5	0,011703
Rata-rata			0,011641
3	900 rpm	C1	0,012245
		C2	0,013098

No	Putaran Cetakan	Spesimen	Harga Impak (Joule/mm ²)
		C3	0,012168
		C4	0,014648
		C5	0,013020
Rata-rata			0,013036

Data pengujian ketangguhan menggunakan uji impact pada tabel tersebut kemudian dibuat grafik.



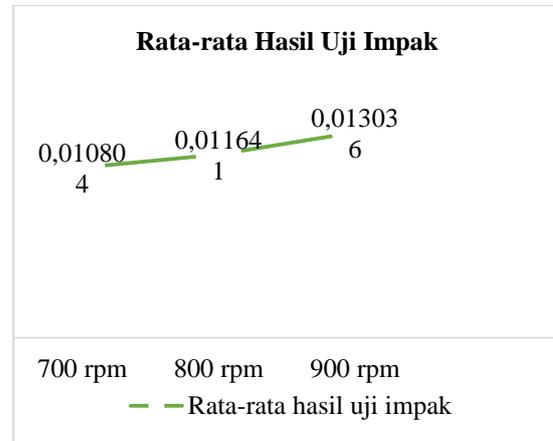
Gambar 14. Grafik uji impact

Pada tabel 1. hasil pengujian impact tersebut pada kelompok putaran cetakan 700 rpm spesimen pertama didapat harga impact 0,011238 J/mm², pada spesimen kedua sebesar 0,010308 J/mm², pada spesimen ketiga harga impact sebesar 0,011393 J/mm², pada spesimen keempat harga impact sebesar 0,010695 J/mm², pada spesimen kelima harga impact sebesar 0,010385 J/mm². Jadi rata-rata nilai ketangguhan coran pada putaran cetakan 700 rpm sebesar 0,010804 J/mm².

Pada tabel 1. hasil pengujian impact tersebut pada kelompok putaran cetakan 800 rpm spesimen pertama didapat harga impact 0,011315 J/mm², pada spesimen kedua sebesar 0,011858 J/mm², pada spesimen ketiga harga impact sebesar 0,011005 J/mm², pada spesimen keempat harga impact sebesar 0,012323 J/mm², pada spesimen kelima harga impact sebesar 0,011703 J/mm². Jadi rata-rata nilai ketangguhan coran pada putaran cetakan 800 rpm sebesar 0,011641 J/mm².

Pada tabel 1. hasil pengujian impact tersebut pada kelompok putaran cetakan 900 rpm spesimen pertama didapat harga impact 0,012245 J/mm², pada spesimen kedua sebesar 0,013098 J/mm², pada spesimen ketiga harga impact sebesar 0,012168 J/mm², pada spesimen keempat harga impact sebesar 0,014648

J/mm², pada spesimen kelima harga impact sebesar 0,013020 J/mm². Jadi rata-rata nilai ketangguhan coran pada putaran cetakan 900 rpm sebesar 0,013036 J/mm².



Gambar 15. Rata-rata hasil uji impact

Berdasarkan Gambar 15. menunjukkan bahwa nilai rata-rata hasil uji impact dari masing-masing putaran cetakan yang terdiri dari 700 rpm, 800 rpm, dan 900 rpm. Dari grafik diatas diketahui bahwa nilai ketangguhan tertinggi ditunjukkan oleh putaran cetakan 900 rpm sebesar 0,013036 J/mm², kemudian diikuti oleh putaran cetakan 800 rpm sebesar 0,011641 J/mm². Sedangkan pada putaran cetakan 700 rpm memiliki nilai ketangguhan paling rendah sebesar 0,010804 J/mm².

2) Hasil Uji Prasyarat Analisis

a. Uji Normalitas

Tabel 2. Uji normalitas

Tests of Normality				
	Variasi	Shapiro-Wilk		
	Putaran	Statistic	df	Sig.
Ketangguha n	700 rpm	,887	5	,343
	800 rpm	,988	5	,971
	900 rpm	,863	5	,241
*. This is a lower bound of the true significance.				
a. Lilliefors Significance Correction				

Uji normalitas merupakan pengujian mengenai kenormalan distribusi data. Uji normalitas data bertujuan untuk memperlihatkan bahwa data sampel uji berasal dari populasi yang berdistribusi normal. Uji

normalitas ini dilakukan dengan menggunakan IBM SPSS Statistics 24. Hasil output data dapat dilihat pada tabel 2.

Data yang diperoleh pada Tabel 2, nilai ketangguhan pada hasil pengecoran pada variasi putaran cetakan 700 rpm mempunyai nilai *statistic* = 0,887 dimana pada nilai signifikansi = 0,343 > 0,05. Nilai ketangguhan pada hasil pengecoran pada variasi putaran cetakan 800 rpm mempunyai nilai *statistic* = 0,988 dimana pada nilai signifikansi = 0,971 > 0,05. Nilai ketangguhan pada hasil pengecoran pada variasi putaran cetakan 900 rpm mempunyai nilai *statistic* = 0,241 dimana pada nilai signifikansi = 0,241 > 0,05. Jadi, data hasil pengukuran nilai ketangguhan pada hasil pengecoran pada variasi putaran cetakan 700 rpm, 800 rpm dan 900 rpm dalam penelitian ini dinyatakan berdistribusi normal.

a. Uji Homogenitas

Uji homogenitas digunakan untuk menguji kesamaan dari beberapa data. Pada penelitian ini menggunakan IBM SPSS Statistics 24 untuk menguji homogenitas data dengan pengambilan kesimpulan dengan taraf signifikansi sebesar 0,05 diperoleh data sebagai berikut.

Tabel 3. Uji homogenitas

Test of Homogeneity of Variances			
Ketangguhan			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.694	2	12	.518

Pada hasil perhitungan uji homogenitas menunjukkan bahwa nilai *Lavene Statistics* = 0,694 dimana nilai signifikansi = 0,518 > 0,05. Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa varians data sama (data homogen) sehingga uji *One Way Anova* dapat dilakukan.

b. Hasil Uji Hipotesis

Uji hipotesis pada penelitian ini menggunakan uji Anova Satu Arah (*One Way Anova*) yang merupakan salah satu jenis uji statistik parametrik yang bertujuan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan rata-rata antara lebih dari dua kelompok data. Satu arah adalah sumber keragaman yang dianalisis hanya berlangsung satu arah yaitu antar perlakuan (*Between Group*). Adapun faktor lain yang

berpotensi mempengaruhi keragaman data dimasukkan kedalam Galat (*within Group*) dan sebisa mungkin dikontrol.

Tabel 4. Uji *one way anova*

ANOVA					
Ketangguhan					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.000	2	.000	12,762	.001
Within Groups	.000	12	.000		
Total	.000	14			

Dari tabel *Anova* nilai $F = 12,762$ dimana nilai signifikansi = 0,001 < 0,005. Jadi, dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan dengan adanya variasi putaran cetakan 700 rpm, 800 rpm dan 900 rpm terhadap nilai ketangguhan *velg* gokart. Setelah ditentukan adanya pengaruh maka selanjutnya akan dilakukan uji lanjut guna melihat beda nyata terkecil.

c. Hasil Uji Lanjut *Post Hoc*

Uji lanjut *Post Hoc* dalam penelitian ini menggunakan *Least Significance Difference (LSD)* pada aplikasi IBM SPSS Statistics 24. Pada uji ini data digunakan sebagai acuan untuk mengetahui variabel mana yang memiliki perbedaan yang signifikan. Di bawah ini adalah data yang dihasilkan dari uji LSD pada aplikasi IBM SPSS Statistics 24.

Tabel 5. Uji LSD

Multiple Comparisons			
Dependent Variable: Ketangguhan			
LSD			
(I) Variasi Putaran	(J) Variasi Putaran	Mean Difference (I-J)	Sig.
700 rpm	800 rpm	-,000837000	,085
	900 rpm	-,002232000*	,000
800 rpm	700 rpm	,000837000	,085
	900 rpm	-,001395000*	,009
900 rpm	700 rpm	,002232000*	,000
	800 rpm	,001395000*	,009

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Pada tabel 5. tersebut dapat dilihat bahwa pengaruh antara variasi putaran cetakan 700 rpm dengan putaran cetakan 800 rpm didapatkan nilai = -0,000837 dimana pada nilai signifikansi = 0,85 > 0,05 maka pengaruh bersifat tidak signifikan. Pengaruh antara variasi putaran cetakan 700 rpm dengan putaran cetakan 900 rpm didapatkan nilai = -0,002232 dimana pada nilai signifikansi = 0,00 < 0,05 maka pengaruh bersifat signifikan. Pengaruh antara variasi putaran cetakan 800 rpm dengan putaran cetakan 700 rpm didapatkan nilai = 0,000837 dimana pada nilai signifikansi = 0,085 > 0,05 maka pengaruh bersifat tidak signifikan.

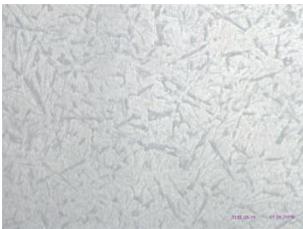
Pengaruh antara variasi putaran cetakan 800 rpm dengan putaran cetakan 900 rpm didapatkan nilai = -0,001395 dimana pada nilai signifikansi = 0,009 < 0,05 maka pengaruh bersifat signifikan. Pengaruh antara variasi putaran cetakan 900 rpm dengan putaran cetakan 700 rpm didapatkan nilai = 0,002232 dimana pada nilai signifikansi = 0,000 > 0,05 maka pengaruh bersifat signifikan. Pengaruh antara variasi putaran cetakan 900 rpm dengan putaran cetakan 800 rpm didapatkan nilai = 0,001395 dimana pada nilai signifikansi = 0,009 > 0,05 maka pengaruh bersifat signifikan.

Dari hasil pengujian ini dapat dilihat bahwa diantara perlakuan – perlakuan tersebut pengaruh yang bersifat signifikan terjadi pada putaran cetakan 900 rpm dengan putaran cetakan 700 rpm dengan pengaruh rata – rata paling besar yaitu 0,002232. Hal ini sesuai dengan hasil pengujian pada tabel 4.2 bahwa putaran cetakan 700 rpm memiliki rata – rata nilai ketangguhan impak paling rendah sebesar 0,010804 J/mm” dan putaran cetakan 900 rpm memiliki rata – rata nilai ketangguhan impak tertinggi sebesar 0,013036 J/mm”, yang berarti bahwa putaran cetakan 700 rpm memiliki nilai ketangguhan impak paling rendah dan putaran cetakan 900 rpm memiliki nilai ketangguhan impak tertinggi.

3) Hasil Uji Struktur Mikro

Tabel 6. Hasil pengujian struktur mikro

Putaran Cetakan	Foto Stuktur Mikro
-----------------	--------------------

700 rpm	 <p>Gambar 16. Struktur mikro 700 rpm perbesaran 100x</p>  <p>Gambar 17. Struktur mikro 700 rpm perbesaran 200x</p>
800 rpm	 <p>Gambar 18. Struktur mikro 800 rpm perbesaran 100x</p>  <p>Gambar 19. Struktur mikro 800 rpm perbesaran 200x</p>
900 rpm	 <p>Gambar 20. Struktur mikro 900 rpm perbesaran 100x</p>  <p>Gambar 21. Struktur mikro 900 rpm perbesaran 200x</p>

Pada tabel 6. hasil pengujian sruktur mikro tersebut pada putaran cetakan 700 rpm hasil foto struktur mikro spesimen dengan perbesaran 100x dapat dilihat pada gambar 16 dan perbesaran 200x dapat dilihat pada gambar 17. Hasil foto struktur mikro yang ditunjukkan pada gambar 16 dan gambar 17 menunjukkan bahwa fasa Al yang terbentuk pada hasil foto mikro berwarna putih, pembentukan fasa Si memiliki luasan yang besar dan berwarna abu-abu.

Pada tabel 6. hasil pengujian sruktur mikro tersebut pada putaran cetakan 800 rpm hasil foto struktur mikro spesimen dengan perbesaran 100x dapat dilihat pada gambar 18 dan perbesaran 200x dapat dilihat pada gambar 19. Hasil foto struktur mikro yang ditunjukkan pada gambar 18 dan gambar 19 menunjukkan bahwa fasa Al yang terbentuk pada hasil foto mikro berwarna putih, pembentukan fasa Si memiliki luasan yang agak kecil dan berwarna abu-abu.

Pada tabel 6. hasil pengujian sruktur mikro tersebut pada putaran cetakan 800 rpm hasil foto struktur mikro spesimen dengan perbesaran 100x dapat dilihat pada gambar 20 dan perbesaran 200x dapat dilihat pada gambar 21. Hasil foto struktur mikro yang ditunjukkan pada gambar 20 dan gambar 21 menunjukkan bahwa fasa Al yang terbentuk pada hasil foto mikro berwarna putih, pembentukan fasa Si memiliki luasan yang kecil dan berwarna abu-abu.

Hasil perhitungan ketangguhan menunjukkan bahwa variasi putaran cetakan pada pengecoran sentrifugal tegak berpengaruh terhadap nilai ketangguhan coran. Nilai ketangguhan coran dengan variasi putaran cetakan 900 rpm memiliki tingkat ketangguhan yang paling tinggi sebesar $0,013036 \text{ J/mm}^2$, dan nilai ketangguhan pada variasi putaran cetakan 700 rpm sebesar $0,010804 \text{ J/mm}^2$ lebih rendah dibandingkan variasi putaran cetakan 800 rpm sebesar $0,011641 \text{ J/mm}^2$. Jadi dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi putaran cetakan maka semakin tinggi nilai ketangguhan coran.

Hasil foto struktur mikro spesimen variasi putaran cetakan 700 rpm menunjukkan bahwa fasa Al yang terbentuk pada hasil foto mikro berwarna putih, pembentukan fasa Si memiliki luasan yang besar dan berwarna abu-abu. Hasil foto struktur mikro spesimen variasi putaran cetakan 800 rpm menunjukkan bahwa fasa Al yang terbentuk pada hasil foto mikro berwarna putih, pembentukan fasa Si memiliki luasan yang agak kecil dan berwarna abu-abu.

Hasil foto struktur mikro spesimen variasi putaran cetakan 900 rpm menunjukkan bahwa fasa Al yang terbentuk pada hasil foto mikro berwarna putih, pembentukan fasa Si memiliki luasan yang kecil dan berwarna abu-abu. Jadi pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi putaran cetakan maka pembentukan fasa Si memiliki luasan butir yang semakin kecil.

4. KESIMPULAN

4.1. Pengaruh pemberian variasi putaran cetakan 700 rpm, 800 rpm dan 900 rpm pada pengecoran sentrifugal tegak pada pengecoran paduan aluminium terhadap ketangguhan impak hasil pengecoran yaitu semakin tinggi putaran cetakan pada pengecoran sentrifugal maka semakin besar nilai ketangguhan coran. Sehingga variasi putaran paling baik untuk diaplikasikan pada pembuatan velg gokart yaitu putaran 900 rpm. Pada penelitian ini spesimen dengan variasi putaran 900 rpm memiliki ketangguhan yang paling baik sehingga putaran 900 rpm cocok untuk membuat velg gokart dengan ketangguhan yang tinggi.

4.2. Pengaruh pemberian variasi putaran cetakan 700 rpm, 800 rpm dan 900 rpm pada pengecoran sentrifugal tegak pada pengecoran paduan aluminium terhadap struktur mikro hasil pengecoran yaitu semakin tinggi putaran cetakan pada pengecoran sentrifugal maka semakin kecil luasan butir Si yang terbentuk. Sehingga pada putaran 900 rpm jika diaplikasikan pada pembuatan velg gokart, maka velg gokart akan memiliki struktur mikro dengan luasan butir yang kecil.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Atmadja, S. T. 2006. Analisa Cacat Cor pada Proses Pengecoran Burner Kompor. *Jurnal Rotasi* 8(3): 41-46.
- Sugiarto, T. O. dan M. W. W. Jamasri. 2014. Analisis Distribusi Ketebalan dan Kekerasan Hasil Coran Sentrifugal Aluminium Paduan (Al-Si-Mg) Akibat Perubahan Laju Putaran dan Kemiringan Sumbu Cetakan. *Journal Of Environmental Engineering & Sustainable Technology* 1(1): 13-20.
- Sugiyono. 2017. *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Penerbit Alfabeta.