

Analisis Tingkat Kekerasan Hasil Pengecoran Aluminium 6061 dengan Metode *Horizontal Centrifugal Casting* dengan Variasi Kecepatan Putaran Cetakan dan Kemiringan Cetakan

Muhammad Zaidani Yunus, Agus Suprpto Ike Widyastuti*

Jurusan Teknik Mesin Universitas Merdeka Malang
Jalan Taman Agung 1 Malang Indonesia

*ike.widyastuti@unmer.ac.id (penulis korespondensi)

Abstrak— Penelitian pengecoran sentrifugal ini menggunakan metode eksperimental murni. Penelitian dilakukan beberapa tahapan yaitu persiapan alat dan bahan, proses pengecoran sentrifugal horizontal, uji kekerasan rockwell. Spesifikasi cetakan yang digunakan yaitu Baja ST37, diameter luar (D1) 90 mm, diameter dalam (D2) 78 mm dan Panjang 100 mm. Variasi kecepatan putaran dan sudut putar dari sumbu cetakan sentrifugal dibuat dengan kecepatan 1200 rpm, 1400 rpm, 1600 rpm dan kemiringan 10°, 20° dan 30°. Kemudian diambil benda uji dengan membongkar cetakan. Terhadap hasil coran dilakukan uji kekerasan Rockwell. Tujuan penelitian ini yaitu melakukan analisa tingkat kekerasan terhadap pengaruh variasi kecepatan putaran cetakan dan kemiringan cetakan 10°, 20°, 30° terhadap kekerasan hasil coran dengan bahan utama aluminium 6061. Hasil analisa penelitian ini menunjukkan semakin tinggi kecepatan putaran cetakan dan variasi kemiringan cetakan maka semakin besar juga tingkat kekerasan yang terjadi pada spesimen pengecoran sentrifugal. Selain itu, pada putaran yang semakin tinggi didapatkan hasil struktur yang semakin padat dan rapat sehingga tingkat kekerasannya juga tinggi. Kekerasan yang semakin merata menunjukkan bahwa gaya sentrifugal dan gaya gravitasi yang bekerja pada cairan logam semakin seimbang.

Kata Kunci ---- Pengecoran Sentrifugal, Aluminium 6061, Variasi Kecepatan Putaran, Variasi Kemiringan Cetakan, Kekerasan.

Abstract— This centrifugal casting research uses a pure experimental method. The research was carried out in several stages, namely the preparation of tools and materials, horizontal centrifugal casting process, rockwell hardness test. The specifications of the mold used are ST37 steel, 90 mm outside diameter (D1), 78 mm inside diameter (D2) and 100 mm length. Variations in rotational speed and rotation angle of the centrifugal mold axis were made at speeds of 1200 rpm, 1400 rpm, 1600 rpm and a slope of 10°, 20° and 30°. Then the test object is taken by disassembling the mold. The results of the castings were tested for rockwell hardness. The purpose of this study is to analyze the level of hardness on the effect of variations in the rotation speed of the mold and the slope of the mold 10°, 20°, 30° on the hardness of the castings with the main material of aluminum 6061. The results of the analysis of this study indicate that the higher the rotation speed of the mold and the variation in the slope of the mold, the greater the level of hardness that occurs in the centrifugal casting specimen. In addition, at higher rotations, the results of the structure are getting denser and denser so that the level of hardness is also high. The more even hardness indicates that the centrifugal force and the gravitational force acting on the liquid metal are getting more balanced.

Keywords ---- Centrifugal casting, Aluminum 6061, Variation of rotation speed, Mold Slope, Hardness.

I. PENDAHULUAN

Pengecoran adalah suatu proses penuangan logam cair yang dialirkan ke dalam cetakan, kemudian dibiarkan membeku di dalam cetakan lalu dikeluarkan untuk dijadikan komponen mesin. Pengecoran sentrifugal merupakan 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*).

Pengecoran sentrifugal memiliki beberapa keunggulan seperti struktur coran lebih padat, cocok untuk coran bentuk silinder dan cincin dengan produktivitas yang tinggi dan menghasilkan kualitas hasil coran yang baik [1]. Pengecoran sentrifugal juga memiliki beberapa kekurangan seperti, distribusi ketebalan dan kepadatan yang tidak merata, struktur yang tidak homogen akibat laju pembekuan yang tidak merata, cacat

coran seperti cacat gelembung dan cacat lubang jarum, timbulnya crack pada coran logam keras akibat putaran yang terlalu tinggi dan dihasilkannya coran dengan struktur yang kurang padat jika putarannya terlalu rendah. Kekurangan ini dapat diminimalkan dengan mengatur parameter yang bekerja seperti laju putaran, sudut kemiringan cetakan, dan temperatur cetakan. Laju putaran dan sudut kemiringan cetakan berpengaruh terhadap kecepatan aliran logam cair dan gaya – gaya yang bekerja dalam cetakan, yang bisa mempengaruhi cacat coran dan distribusi kekerasannya [2].

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dampak perubahan kecepatan putaran dan sudut kemiringan cetakan pada pengecoran sentrifugal terhadap distribusi kekerasan hasil coran. Dalam penelitian ini digunakan aluminium 6061 dengan pertimbangan memiliki sifat fluiditas baik, temperatur tuangnya rendah serta banyak dipakai oleh industri pengecoran logam khususnya industri komponen mesin [3]. Pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kekerasan terhadap pengaruh laju putaran cetakan 1200 rpm, 1400 rpm dan 1600 rpm dengan variasi kemiringan sumbu cetakan 10° , 20° , 30° .

Beberapa penelitian terdahulu menyatakan selama proses solidifikasi pengecoran sentrifugal, cenderung timbul segregasi akibat terbentuknya struktur campuran antara struktur campuran antara struktur equiaxed dengan struktur columnar, timbulnya crack pada coran logam keras seperti *High Speed Steel* (HSS) akibat putaran yang terlalu tinggi dan dihasilkannya coran dengan struktur yang kurang padat jika putarannya terlalu rendah [4].

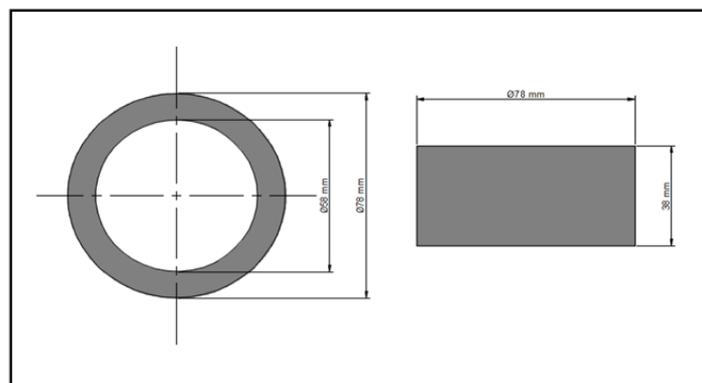
Dalam penelitian ini, dilakukan analisa kekerasan hasil pengecoran aluminium 6061 dengan metode horizontal centrifugal casting dengan variasi kecepatan putaran cetakan dan kemiringan cetakan. Permasalahan pada penelitian ini menganalisa pengaruh gaya sentrifugal terhadap densitas pada proses pengecoran sentrifugal horizontal, pengaruh putaran cetakan sentrifugal horizontal terhadap kekerasan serta pengaruh kemiringan cetakan sentrifugal horizontal terhadap kekerasan. Pengujian kekerasan dilakukan menggunakan *Hardness Rockwell test* skala H. Adapun tujuan penelitian ini adalah mengetahui densitas pada hasil pengecoran sentrifugal dengan bahan aluminium 6061, mengetahui besar gaya sentrifugal pada variasi kecepatan putaran cetakan serta tingkat kekerasan terhadap pengaruh variasi kecepatan putaran cetakan dan kemiringan cetakan [5].

II. METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental murni dengan beberapa tahapan yaitu persiapan alat dan bahan, proses pengecoran sentrifugal horizontal, uji kekerasan rockwell. Spesifikasi cetakan yang digunakan yaitu Baja ST37, Diameter luar (D1) 90 mm, Diameter dalam (D2) 78 mm dan Panjang 100 mm.

a. Perencanaan Pengecoran

Bentuk spesimen atau benda cor yang akan dibuat adalah pipa silindris seperti gambar berikut.



Gambar 1 Bentuk Perencanaan Pengecoran

Proses pengecoran ini menggunakan bahan aluminium 6061 dengan ρ_{Al} (Berat Jenis) = 2,7 gr/cm³ variasi kecepatan putaran cetakan 1200 rpm, 1400 rpm, 1600 rpm dan variasi kemiringan sudut putar cetakan 10°, 20° dan 30° pada tempertatur peleburan 800 °C

b. Tahapan Proses Pengecoran Sentrifugal Horizontal

1. Pencairan logam pada temperatur 800 °C.
2. Pengaturan kemiringan cetakan dengan kemiringan 10°, 20° dan 30° dengan tujuan lebih memudahkan cairan untuk mengalir sehingga pembekuan awal dapat dihindari dan kemampuan hasil coran akan lebih merata.
3. Kecepatan putaran cetakan bervariasi dari 1200 rpm, 1400 rpm dan 1600 rpm yang akan berhubungan langsung dengan proses solidifikasi logam cair ketika logam cair dituangkan ke dalam cetakan.
4. Preheating merupakan proses pemanasan yang diberikan kepada pouring basin dan cetakan sentrifugal, untuk menghindari terjadinya *shock temperature antara* cairan logam terhadap pouring basin.
5. Penuangan (pouring) logam cair ke dalam cetakan dan didiamkan hingga 5 menit sampai hasil pengecoran mencapai suhu kamar.
6. Pembongkaran yang selanjutnya akan dilakukan pengujian.

c. Pengujian Kekerasan Rockwell

Pengujian kekerasan menggunakan *Hardness Rockwell test* skala H dengan beban 60 kg dengan indenter bola baja 1/8”.

III. HASIL

Hasil pengecoran dapat dilihat berdasarkan tabel 1 yang menampilkan ukuran atau dimensi hasil pengecoran

TABEL I
DATA HASIL PENGECORAN SENTRIFUGAL

No	Kecepatan Putaran (Rpm)	Kemiringan Cetakan (°)	d ₁ (mm)	d ₂ (mm)	ℓ (mm)	No	Kecepatan Putaran (Rpm)	Kemiringan Cetakan (°)	d ₁ (mm)	d ₂ (mm)	ℓ (mm)
1	1200	10	78	60	38	6	1400	30	78	61	38
2	1200	20	78	60,6	38	7	1600	10	78	63	38
3	1200	30	78	60,6	37	8	1600	20	78	64	38
4	1400	10	79	61	38	9	1600	30	78	64	38
5	1400	20	79	62	38						



Gambar 2. Hasil Pengecoran

Selanjutnya 9 spesimen hasil pengecoran sentrifugal dilakukan pengambilan data volume dan massa benda cor untuk mencari tingkat densitas dapat dilihat pada tabel 2.

TABEL II
REKAPITULASI DATA HASIL PERHITUNGAN DENSITAS

No	Putaran Cetakan Sentrifugal	Kemiringan Cetakan (°)	Massa (gr)	Volume (cm ³)	Densitas (gr/cm ³)
1	Tanpa Putaran	Tanpa Kemiringan	220	81,14	2,71
2		10	197	74,1	2,631
3	1200 rpm	20	180	71,94	2,502
4		30	175	70,05	2,498
5		10	208	75,18	2,766
6	1400 rpm	20	191	71,51	2,671
7		30	188	70,49	2,667
8		10	213	63,09	3,376
9	1600 rpm	20	194	59,3	3,271
10		30	192	59,3	3,237

d. Gaya Sentrifugal

Aluminium yang telah dileburkan kemudian dialirkan ke dalam cetakan melalui *Pouring basin* dan terjadi proses pengecoran sentrifugal dengan variasi kecepatan putaran, kemudian dihitung gaya sentrifugal yang terjadi pada saat cairan masuk ke dalam cetakan dengan putaran cetakan 1200 rpm, 1400 rpm dan 1600 rpm. Berikut tabel 3 hasil perhitungan gaya sentrifugal pada pengaruh putaran cetakan.

TABEL III
REKAPITULASI DATA HASIL GAYA SENTRIFUGAL

No	Putaran Cetakan (rpm)	Gaya (N)		Faktor-G (GF)
		Sentrifugal	Gravitasi	
1	1200	31,883		14,788
2	1400	37,197	2,156	17,253
3	1600	42,511		19,717

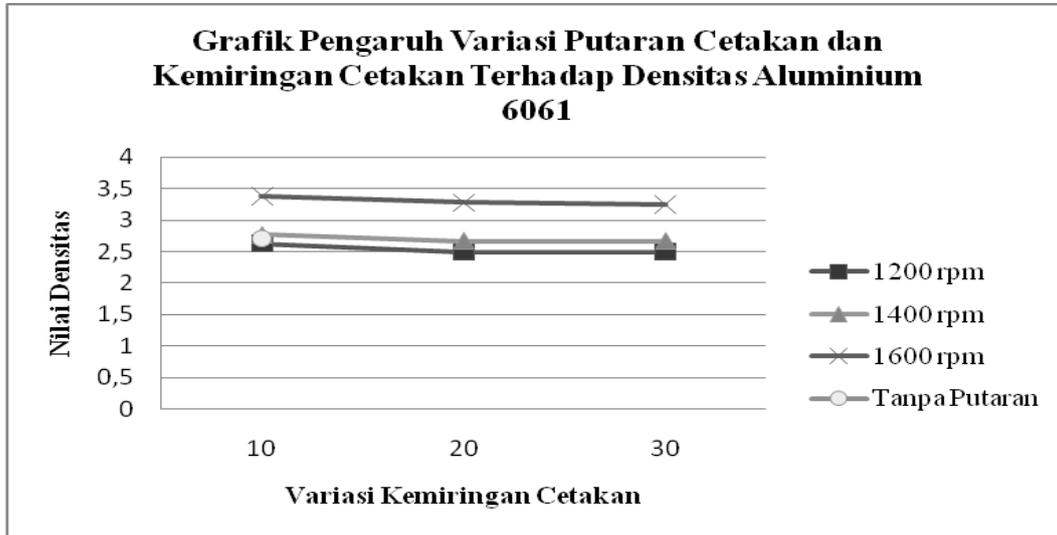
Pengujian kekerasan Rockwell hasil pengecoran sentrifugal seperti di tabel 4

TABEL IV
DATA UJI KERAS PADA SPESIMEN PENGECORAN SENTRIFUGAL

No	Variabel		Kekerasan (HR _H)					Rata-rata
	Kecepatan putaran (rpm)	Kemiringan (°)	1	2	3	4	5	
1		10	92	91,5	93	96,5	96	93,8
2	1200	20	90,5	87	80,5	88,5	85,5	86,4
3		30	80,7	87	79	78	80,5	81
4		10	92	87	94,5	93	96	94,6
5	1400	20	91	97,5	90,5	91	92,5	91,4
6		30	90,5	90	92,5	90	89	90,4
7		10	95	94,5	98	98,5	92	95,6
8	1600	20	95,5	93,5	88	96	93	93,2
9		30	91,5	92,5	89,5	91	94,5	91,8

IV. PEMBAHASAN

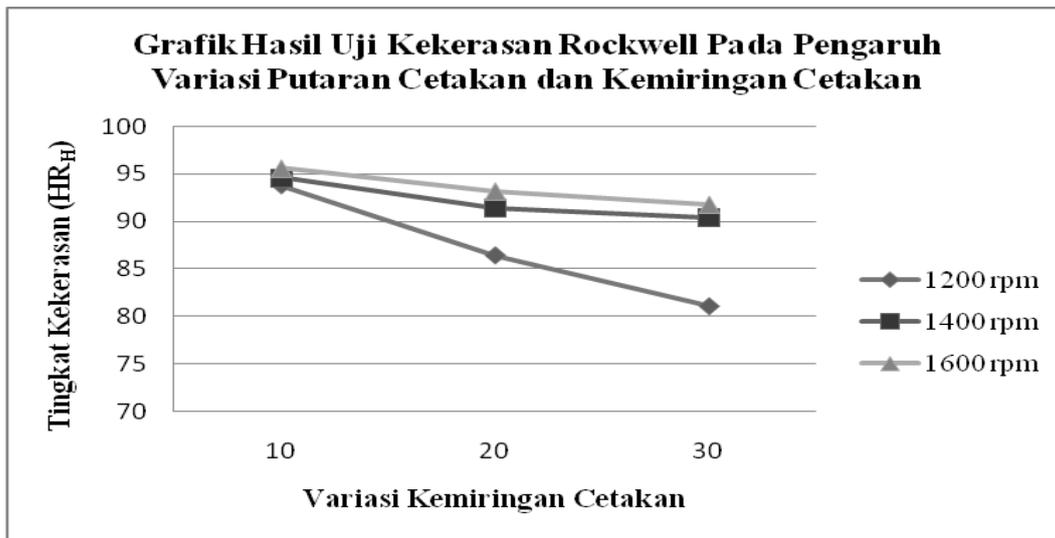
Hasil pengaruh variasi putaran dan kemiringan cetakan terhadap tingkat densitas pada spesimen pengecoran sentrifugal, yaitu:



Gambar 3. Grafik Pengaruh Variasi Putaran Cetakan dan Kemiringan Cetakan Terhadap Densitas Aluminium 6061

Gambar 3 menunjukkan grafik pengaruh variasi putaran cetakan dan kemiringan cetakan terhadap tingkat densitas. Grafik tersebut menjelaskan Pada putaran 1200 rpm dengan kemiringan 10°, 20° dan 30°, hasil nilai densitasnya didapat pada 10° sebesar 2,631 gr/cm³, pada 20° sebesar 2,502 gr/cm³, dan pada 30° sebesar 2,498 gr/cm³, jadi untuk putaran yang sama dengan kemiringan yang semakin tinggi menyebabkan nilai densitas menjadi menurun, hal ini serupa pada putaran 1400 rpm dan 1600 rpm pada kemiringan 10°, 20° dan 30° juga terjadi penurunan pada nilai densitasnya. Kemudian pada kemiringan 10° dengan putaran 1200 rpm, 1400 rpm, dan 1600 rpm, hasil nilai densitasnya didapat pada 1200 rpm sebesar 2,631 gr/cm³, pada 1400 rpm sebesar 2,766 gr/cm³ dan pada 1600 rpm sebesar 3,376 gr/cm³, jadi untuk kemiringan yang sama dengan putaran yang semakin besar menyebabkan nilai densitas menjadi tinggi, hal ini serupa pada kemiringan 20° dan 30° pada putaran 1200 rpm, pada 1400 rpm, dan pada 1600 rpm juga terjadi peningkatan pada nilai densitasnya. Pada putaran rpm yang semakin besar densitas yang didapat juga akan semakin tinggi dan semakin tinggi juga kemiringan cetakan maka densitas yang didapat juga akan menurun. Hal ini pengaruh variasi putaran cetakan meningkatkan densitas pada hasil pengecoran sentrifugal dan diduga pengaruh perbedaan variasi kemiringan cetakan yang menyebabkan menurunnya tingkat densitas pada hasil pengecoran sentrifugal.

Hasil pengaruh variasi kecepatan putaran cetakan terhadap gaya sentrifugal yang terjadi adalah dilihat dari tabel 3 dapat diketahui bahwa kecepatan putaran cetakan berpengaruh terhadap gaya sentrifugal. Semakin tinggi putaran cetakan, maka semakin tinggi juga gaya sentrifugal yang dialami pada cairan aluminium 6061. Gaya sentrifugal adalah gaya menekan cairan logam menuju permukaan cetakan, sehingga semakin tinggi gaya sentrifugal maka semakin tinggi juga gaya tekan yang dialami pada cairan logam. Hal ini pengaruh variasi kecepatan putaran cetakan akan mempengaruhi laju pendinginan dan pembekuan cairan logam, dikarenakan cairan logam terdesak keluar, antara rongga cetakan dan logam terdapat hubungan yang baik sehingga benda hasil cor menjadi lebih cepat dingin. Hasil pengaruh variasi kecepatan putaran cetakan dan kemiringan cetakan terhadap tingkat kekerasan pada spesimen pengecoran sentrifugal, yaitu:



Gambar 4. Grafik Hasil Uji Kekerasan Rockwell Pada Pengaruh Variasi Putaran Cetakan dan Kemiringan Cetakan

Gambar 4 ini menjelaskan grafik pengaruh variasi kecepatan putaran cetakan dan kemiringan cetakan terhadap tingkat kekerasan. Pada putaran 1200 rpm dengan kemiringan 10°, 20° dan 30°, hasil nilai kekerasan yang didapat pada 10° sebesar 93,8 HR_H, pada 20° sebesar 86,4 HR_H, dan pada 30° sebesar 81,04 HR_H, jadi untuk putaran yang sama dengan kemiringan yang semakin tinggi menyebabkan nilai kekerasan menjadi menurun, hal ini serupa pada putaran 1400 rpm dan 1600 rpm pada kemiringan 10°, 20° dan 30° juga terjadi penurunan pada nilai kekerasannya. Kemudian pada kemiringan 10° dengan putaran 1200 rpm, 1400 rpm, dan 1600 rpm, hasil nilai kekerasan didapat pada 1200 rpm sebesar 93,8 HR_H, pada 1400 rpm sebesar 94,6 HR_H dan pada 1600 rpm sebesar 95,6 HR_H, jadi untuk kemiringan yang sama dengan putaran yang semakin besar menyebabkan nilai kekerasannya menjadi semakin tinggi, hal ini serupa pada kemiringan 20° dan 30° pada putaran 1200 rpm, pada 1400 rpm, dan pada 1600 rpm juga terjadi peningkatan pada nilai kekerasannya. Pada putaran rpm yang semakin besar tingkat kekerasan yang didapat juga akan semakin tinggi dan semakin tinggi juga kemiringan cetakan maka tingkat kekerasan yang didapat juga akan menurun. Dilihat pada grafik, hasil rata – rata tingkat kekerasan yang terjadi pada variasi kecepatan putaran cetakan dan kemiringan cetakan, semakin tinggi kecepatan putaran maka semakin tinggi juga tingkat kekerasannya dan semakin tinggi sudut kemiringan cetakan maka tingkat kekerasannya menurun.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan penelitian pengecoran sentrifugal aluminium 6061 dapat disimpulkan yang pertama adalah pengaruh gaya sentrifugal pada kecepatan putaran cetakan yang semakin tinggi akan menghasilkan nilai densitas semakin tinggi dari hasil pengecoran yang terjadi pada putaran 1600 rpm. Sementara gaya sentrifugal juga dipengaruhi kecepatan, dengan harga tertinggi terjadi pada kecepatan putaran cetakan tertinggi 1600 rpm yaitu sebesar 42,511 N. Adapun tingkat kekerasan tertinggi pada penelitian ini terjadi pada spesimen dengan kecepatan putaran 1600 rpm kemiringan cetakan 10° yaitu sebesar 95,6 HR_H.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Direktorat Pembelajaran dan Kemahasiswaan melalui Pelaksanaan Pekerjaan Perguruan Tinggi Penerima Bantuan Kerja Sama Kurikulum dan Implementasi Merdeka Belajar Kampus

Merdeka Tahun 2021 dengan Nomor Kontrak 088/E2/PPK/SPK/KSKI-MBKM/2021 tertanggal 05 Mei 2021.

REFERENSI

- [1] Andry Sutanto, Warman F, Zuchra H, 2018. "Pengaruh Variasi Kecepatan Putar, Temperatur Cetakan Dan Temperatur Tuang Terhadap Fluiditas Pengecoran Aluminium Kaleng Minuman Menggunakan Metode Qudong". Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Riau.
- [2] Djarot B. Darmadi, 2006. "Pengaruh Kemiringan Sumbu Putar Cetakan Sentrifugal Terhadap Distribusi Sifat Mekanik Hasil Coran". Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.
- [3] Ilman Nafiuddin, 2019. "Pengaruh Variasi Putaran Cetakan Pengecoran Sentrifugal Tegak Pada Pengecoran Paduan Aluminium Terhadap Ketangguhan Impak Dan Struktur Mikro Pembuatan Velg Gokart", Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
- [4] Mamik Sriyani, 2020. "Studi Pengecoran Aluminium Dengan Metode Centrifugal Casting Dengan Variasi Kemiringan Cetakan 0°, 15°, 30° Terhadap Komposisi Kimia, Density, Porositas dan Struktur Mikro". Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [5] Melpan, 2019. "Simulasi Laju Aliran Pengecoran Dalam Proses Pembuatan Blok Silinder Motor Bakar". Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Medan.
- [6] Putu Hadi Setyarini, 2011. "Perilaku Impak Dan Porositas Paduan Al-Si-Mg Pada Pengecoran Sentrifugal Akibat Temperatur Pemanasan Awal Cetakan". Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang.
- [7] R. Djoko Andrijono, 2019. "Materi Cetakan Sentrifugal". Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Merdeka Malang.
- [8] Rizky Abdillah Lubis, 2019. "Pengaruh Sudut Kemiringan Terhadap Sifat Mekanis Dan Mikrostruktur Aluminium A356 1,5% wt SiC Menggunakan Pengecoran Metode Cooling Slope". Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara Medan.
- [9] Roni Kusnowo, Kus Hanaldi, 2019. "Pengaruh Kecepatan Putar Terhadap Hasil Coran Pada Metode Pengecoran Sentrifugal Dalam Pembuatan Produk Pisau Pakan Ternak Dengan Material Ni-Hard1". Teknik Pengecoran Logam Politeknik Manufaktur Bandung
- [10] S. Gunara, R. Kusnowo, 2019. "Perancangan Dan Pembuatan Ring Silinder Menggunakan Metode Centrifugal Casting Sebagai Alternatif Peningkatan Kualitas Produk Cor". Teknologi Pengecoran Logam Politeknik Manufaktur Bandung.
- [11] Sugiarto, Tjuk O, 2014. "Analisis Distribusi Ketebalan Dan Kekerasan Hasil Coran Sentrifugal Aluminium Paduan (Al-Mg-Si) Akibat Perubahan Laju Putaran Dan Kemiringan Sumbu Cetakan". Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang.
- [12] Suhada Amir M, 2016. "Analisis Hasil Pengecoran Sentrifugal Dengan Menggunakan Material Aluminium". Fakultas Teknik Universitas Pasundan Bandung.
- [13] Waluyo M Bintoro, Undiana B, Duddy Y P, 2013. "Penerapan Metode Sentrifugal Pada Proses Pengecoran Produk Komponen Otomotif Velg Sepeda Motor". Departemen Teknik Mesin Politeknik Negeri Bandung.