

## Pengaruh Waktu Ekstrusi Bahan *Evaporation Boats*, Grafit Dan Semen *Castable* Pada Mesin Ekstruder Terhadap Densitas, Porositas Dan Kekuatan Impak

Galang Tamami Akbar<sup>1</sup>, Rusiyanto<sup>1</sup>, Sunyoto<sup>1</sup>, Kriswanto<sup>1</sup>, Hendrix N. F.<sup>1</sup>

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

### Info Artikel

#### Sejarah Artikel:

Diterima 02 10 2022

Disetujui 08 10 2022

Dipublikasikan 11 10 2022

#### Keywords:

*Metal Waste; Extruction; Evaporation; Impact*

### Abstrak

Limbah adalah salah satu masalah utama yang ada di industri Indonesia. Pemanfaatan limbah logam sangat dibutuhkan industri peleburan logam untuk melebur dan membentuk kembali agar menjadi barang yang memiliki nilai jual yang lebih. Limbah yang didapat dari industri manufaktur metalurgi banyak macamnya, salah satunya adalah material *evaporation boats*. Bahan refractory yang biasa digunakan untuk *crucible* belum menghasilkan refractory yang baik dan harganya masih mahal sehingga perlu penelitian terhadap *Evaporation Boats* untuk pemanfaatan dan keunggulan lebih. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh waktu ekstrusi bahan *evaporation boats*, grafit dan semen *castable* terhadap densitas, porositas, dan kekuatan impak material *crucible*. Variasi waktu ekstrusi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 45 menit, 90 menit dan 135 menit. Material yang digunakan berupa presentase berat 70% *evaporation boats*, 15% grafit, 15% semen *castable*, dan dicampur dengan 15% air dari berat keseluruhan. Hasil pengujian menunjukkan nilai densitas tertinggi sebesar 2,05 g/cm<sup>3</sup> pada waktu ekstrusi 135 menit, dan terendah sebesar 2,03 g/cm<sup>3</sup> pada waktu ekstrusi 45 menit. Nilai porositas tertinggi sebesar 5,5% pada waktu ekstrusi 45 menit, dan terendah sebesar 2,4% pada waktu ekstrusi 135 menit. Nilai kekuatan impak tertinggi sebesar 0,005611579 J pada waktu ekstrusi 135 menit, dan terendah sebesar 0,005117523 J pada waktu ekstrusi 45 menit. Dari data yang dihasilkan, diketahui bahwa 1.) terdapat pengaruh waktu ekstrusi terhadap nilai densitas. Semakin lama waktu ekstrusi maka menyebabkan nilai densitas semakin tinggi. 2.) Terdapat pengaruh waktu ekstrusi terhadap nilai porositas. Semakin cepat waktu ekstrusi maka menyebabkan nilai porositas semakin tinggi. 3.) Terdapat pengaruh waktu ekstrusi terhadap kekuatan impak. Semakin lama waktu ekstrusi maka kekuatan impak semakin meningkat.

### Abstract

*Waste is one of the main problems in Indonesian industry. The utilization of metal waste is very much needed by the metal smelting industry to melt and reshape to become goods that have more selling value. There are many kinds of waste obtained from the metallurgical manufacturing industry, one of which is material evaporation boats. Refractory materials commonly used for crucibles have not yet produced good refractories and the price is still expensive, so research on Evaporation Boats is needed for more utilization and advantages. This study aims to determine the effect of the extrusion time of evaporation boats, graphite and castable cement on the density, porosity, and impact strength of crucible materials. Variations in extrusion time used in this study were 45 minutes, 90 minutes and 135 minutes. The materials used are 70% evaporation boats by weight, 15% graphite, 15% castable cement, and mixed with 15% water of the total weight. The test results showed the highest density value was 2.05 g/cm<sup>3</sup> at an extrusion time of 135 minutes, and the lowest was 2.03 g/cm<sup>3</sup> at an extrusion time of 45 minutes. The highest porosity value was 5.5% at an extrusion time of 45 minutes, and the lowest was 2.4% at an extrusion time of 135 minutes. The highest impact strength value was 0.005611579 J at an extrusion time of 135 minutes, and the lowest was 0.005117523 J at an extrusion time of 45 minutes. From the resulting data, it is known that 1.) there is an effect of extrusion time on the density value. The longer the extrusion time, the higher the density value. 2.) There is an effect of extrusion time on the porosity value. The faster the extrusion time, the higher the porosity value. 3.) There is an effect of extrusion time on the impact strength. The longer the extrusion time, the higher the impact.*

Alamat korespondensi:

Gedung E9 Lantai 2 FT Unnes  
Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang, 50229  
E-mail: galangtamami37@students.unnes.ac.id

ISSN 2746-7694

## PENDAHULUAN

Semakin berkembangnya industri di Indonesia maka semakin banyak juga limbah. Limbah adalah salah satu masalah utama yang ada di industri Indonesia. Limbah yang berasal dari bahan logam memang sulit untuk didaur ulang. Pemanfaatan limbah logam sangat dibutuhkan industri peleburan logam untuk melebur dan membentuk kembali agar menjadi barang yang memiliki nilai jual yang lebih. Limbah merupakan material sisa dari suatu proses produksi yang dianggap tidak memiliki nilai. Limbah yang didapat dari industri manufaktur metalurgi banyak macamnya, salah satunya adalah limbah dari hasil sisapengerjaan aplikasi metalisasi dan pelapis vakum modern.

Limbah yang dihasilkan sesudah proses pelapisan vakum adalah material *evaporation boats*. *Evaporation boats* merupakan limbah yang terbuat dari senyawa *Boron Nitride* (BN) dan *Titanium Diboride* (TiB<sub>2</sub>). Menurut Janah M (2019), Bahan *refractory* yang biasa digunakan untuk *crucible* belum menghasilkan *refractory* yang baik dan harganya masih mahal sehingga perlu penelitian terhadap *Evaporation Boats* untuk pemanfaatan dan keunggulan lebih.

*Boron Nitride* (BN) adalah senyawa *refractory boron* dan nitrogen. BN memiliki berbagai macam bentuk kristalin, ada yang berbentuk heksagonal dimana senyawa ini paling stabil dan lembut digunakan sebagai pelumas dan bahan tambahan kosmetik. Bentuk kristalin kubus memiliki karakteristik lebih lembut dari intan, tetapi ketahanan terhadap panas dan bahan kimia lebih tinggi (Nurrohmah S, 2019). Bentuk heksagonal dari *boron nitride* mirip dengan *graphene* yang mana menyumbang konduktivitas panasnya yang tinggi (Oner M, 2018:3).

Pembuatan *crucible* pengecoran logam sangat cocok menggunakan bahan senyawa *Boron Nitride* (BN). Karena *Boron Nitride* (BN) mempunyai sifat ketahanan panas yang sudah teruji dan sudah dimanfaatkan, dan sangat penting untuk digunakan sebagai bahan *refractory* yang menggunakan temperatur suhu tinggi seperti pembuatan *crucible* pengecoran logam. Pembuatan *crucible* dengan cara manual dan belum adanya waktu pengadukan yang tepat menyebabkan efek adonan yang kurang merata dan saat pembuatan *crucible* terdapat pecahan (*crack*) saat adonan *crucible* mengering.

Bahan pembuatan *crucible* antara lain *evaporation boats*, grafit dan semen *castable*. Menurut Hardiyanti H, dkk (2016:38), Elektroda grafit merupakan bahan dengan karakteristik konduktivitas listrik dan kemampuan ketahanan terhadap kejutan termal yang digunakan pada tungku busur listrik untuk membuat baja. Material poligranular sintesis dengan kemurnian kimia yang tinggi dan memiliki mikrostruktur yang kompleks, akan mempengaruhi sifat mekanik dalam kondisi ekstrim dan ketahanan terhadap iradiasi. Menurut Rahmadika (2017), Semen Tahan Api memiliki ketahanan terhadap panas 900°C dan tidak mengalami failure serta retakan yang membuat *crucible* retak (Josep E., dkk 1984), dan (Tenaya, dkk. 2013)

Dalam penelitian ini dirancang mesin pengolah limbah yang berasal dari bahan logam dengan metode ekstrusi. Ekstrusi pada limbah yang berasal dari bahan logam adalah suatu proses pembentukan material dengan cara di panaskan hingga mencapai titik leleh dan melebur akibat panas dari luar atau akibat panas gesekan yang kemudian dialirkan ke cetakan oleh *screw* untuk menghasilkan material dengan bentuk penampang sesuai dengan bentuk lubang cetakan (*die*).

Penelitian ini mengkaji tentang Pengaruh Waktu Ekstrusi Bahan *Evaporation Boats*, Grafit Dan Semen Castable Pada Mesin Ekstruder Terhadap Densitas, Porositas dan Kekuatan Impak. Sebagai komposisi baru, maka perlu adanya penelitian tentang sifat fisis dan mekanis sehingga perlu dilakukan uji densitas, porositas, kekuatan impak. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberi kontribusi pada dunia industri nasional maupun internasional agar dapat memilih bahan refraktori yang tepat untuk membuat *crucible* pada proses pengecoran agar hasil pengecoran lebih bagus.

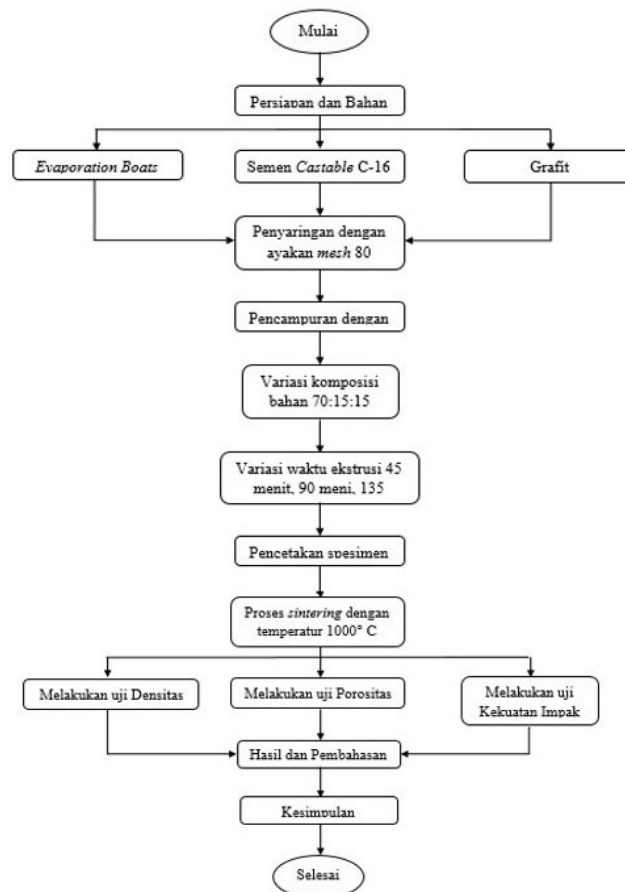
## METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen. Tujuan dari penelitian eksperimen ini untuk membuktikan ada atau tidak sebab akibat dan mengetahui seberapa besar sebab akibat setelah diberikan perlakuan. Teknik pengumpulan data yang digunakan adalah metode observasi dan menggunakan analisis deskriptif. Data yang diperoleh dari penelitian yang berupa angka akan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Optimasi juga perlu dilakukan (Karthich, et al. 2014).

Parameter penelitian yang digunakan adalah variasi lama waktu pengadukan yang digunakan 45 menit, Penambahan 15% air dari total berat spesimen 6 Kg dengan perbandingan 4200 g *evaporation boats*, 900 g grafit dan 900 g semen tahan api.

Alat yang digunakan diantaranya cetakan yang digunakan untuk mencetak spesimen uji densitas, porositas, dan kekerasan, Ayakan *mesh* 80, jangka dengan tingkat ketelitian 0,02 mm. timbangan dengan tingkat ketelitian 1 gram, plastik klip, furnace logam dengan merek nabertherm yang mampu melakukan pemanasan dari 1°C -1250°C, 7. Mesin Crusher, Alat Uji Densitas dan Porositas, Alat uji umpak charpy, Mesin Kompaksi Spesimen, dan Mesin Ekstruder perlu dikaji lebih dalam (Widarto dkk., 2008). Berikut diagram alir pada penelitian ini.

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN



**Gambar 1.** Diagram alir penelitian

**Hasil Uji Densitas dan Porositas**

Pengujian densitas dan porositas diperoleh dengan perhitungan pada persamaan 2.1 dan 2.2. Sebagai contoh perhitungan nilai densitas dan porositas yaitu pada spesimen 1 pada variasi waktu 45 menit:

Diketahui :

$$M_k \quad : \text{ massa sampel kering} \quad = 17,26 \text{ gram}$$

$$M_a \quad : \text{ massa sampel dalam air} \quad = 8,86 \text{ gram}$$

$$M_b \quad : \text{ massa sampel basah} \quad = 17,61 \text{ gram}$$

Contoh perhitungan densitas menggunakan persamaan 1:

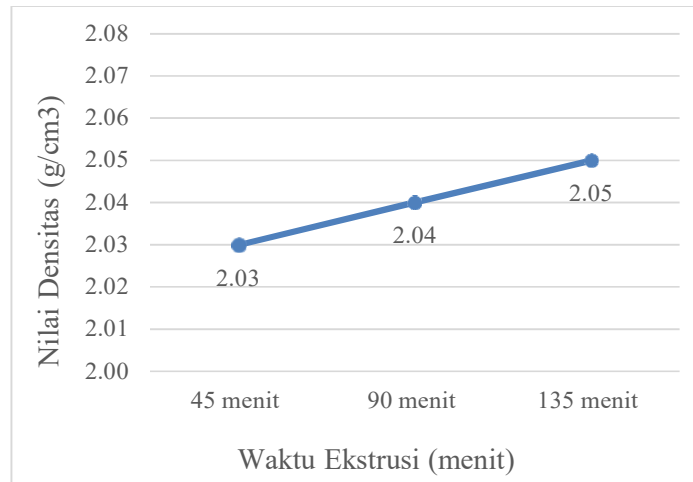
$$\begin{aligned} \rho_m &= \frac{M_k}{(M_k - M_a)} \times \rho_{H_2O} \\ &= \frac{17,26}{(17,26 - 8,86)} \times 1 \text{ gram/cm}^3 \end{aligned}$$

Contoh perhitungan porositas menggunakan persamaan 2:

$$\begin{aligned} \phi &= \frac{M_b - M_k}{(M_b - M_a)} \times 100\% \\ &= \frac{17,61 - 17,26}{17,26 - 8,86} \times 100\% = 4\% \end{aligned}$$

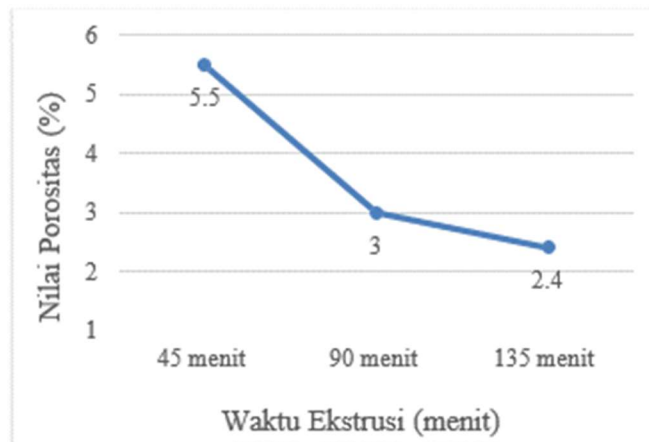
**Tabel 1.** Data Hasil Uji Densitas dan Porositas

Waktu Ekstrusi	Spesimen	Data Pengujian			Densitas $\rho$ (gr/cm <sup>3</sup> )	Porositas %
		Mk (gr)	Ma (gr)	Mb (gr)		
45 menit	1	17,26	8,86	17,61	2,05	4
	2	16,38	8,16	16,5	1,99	1,4
	3	17,11	8,7	17,78	2,03	7,4
	4	17,79	9,08	18,71	2,04	9,6
	5	17,56	8,96	18,03	2,04	5,2
Rata -rata					2,03	5,5
90 menit	1	15,37	7,77	15,51	2,02	1,8
	2	15,61	7,91	15,74	2,03	1,7
	3	15,75	8,04	16,21	2,04	5,6
	4	16,11	8,39	16,41	2,09	3,7
	5	15,33	7,82	15,49	2,04	2,1
Rata -rata					2,04	3
Waktu Ekstrusi	Spesimen	Data Pengujian			Densitas $\rho$ (gr/cm <sup>3</sup> )	Porositas %
		Mk (gr)	Ma (gr)	Mb (gr)		
135 menit	1	16,11	8,41	16,45	2,09	4,2
	2	16,32	8,28	16,52	2,03	2,4
	3	15,27	7,83	15,4	2,05	1,7
	4	15,47	7,79	15,62	2,01	1,9
	5	15,33	7,93	15,46	2,07	1,7
Rata -rata					2,05	2,4



**Gambar 2.** Grafik Rata-Rata Nilai Densitas

Grafik terlihat adanya perbedaan nilai densitas rata-rata pada setiap waktu ekstrusi. Nilai densitas pada setiap waktu ekstrusi tersebut terlihat mengalami kenaikan dari waktu ekstrusi rendah ke waktu ekstrusi tinggi yaitu 45 menit ke 135 menit. Nilai densitas tertinggi dihasilkan pada waktu ekstrusi 135 menit yaitu sebesar 2.05 g/cm<sup>3</sup>. Nilai densitas terendah dihasilkan pada waktu



**Gambar 3.** Grafik Rata-Rata Nilai Porositas

Grafik terlihat adanya perbedaan nilai porositas rata-rata pada setiap waktu ekstrusi. Nilai porositas pada setiap waktu ekstrusi tersebut terlihat mengalami penurunan dari waktu ekstrusi rendah ke waktu ekstrusi tinggi yaitu 45 menit ke 135 menit. Nilai porositas tertinggi dihasilkan pada waktu ekstrusi 45 menit yaitu sebesar 5.5%. Nilai porositas terendah dihasilkan pada waktu ekstrusi 135 menit yaitu sebesar 2.4%.

### Hasil Uji Kekuatan Impak

Pengujian kekuatan impak diperoleh dengan mencari luas penampang kemudian dilanjutkan dengan mencari harga impak dengan perhitungan pada persamaan 2.3 dan 2.4. Sebagai contoh perhitungan luas penampang dan harga impak yaitu pada spesimen 1 pada variasi waktu 45 menit :  
Diketahui :

l : lebar pada spesimen = 12,6 mm

t : tinggi pada spesimen = 10,7 mm

E : energi yang diserap = 0,62 J

Contoh menghitung luas penampang menggunakan persamaan 3 :

$$A = l \times t$$

$$= 12,6 \times 10,7 = 134,82 \text{ J}$$

Contoh menghitung harga impact menggunakan persamaan 4 :

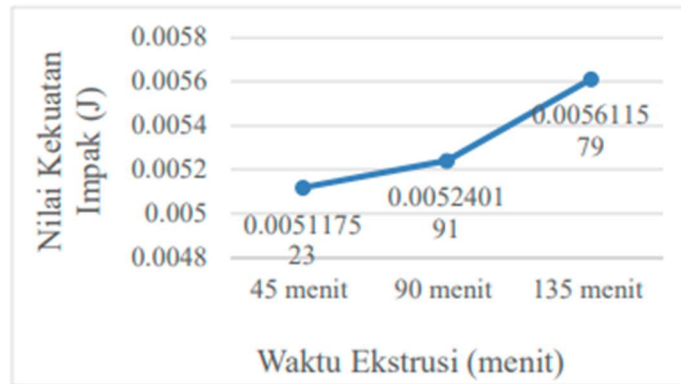
$$HI = \frac{E}{A}$$

$$= \frac{0,62}{134,82}$$

$$= 0,00459872 \text{ Joule/mm}^2$$

**Tabel 2.** Data Hasil Uji Kekuatan Impact

Waktu Ekstrusi	Spesimen	Dimensi		Luas Penampang (mm <sup>2</sup> )	Energi Serap (Joule)	HI (Joule/mm <sup>2</sup> )
		L	T			
45 menit	1	12,6	10,7	134,82	0,62	0,00459872
	2	12,7	10,8	137,16	0,6	0,00437445
	3	12,7	10,6	134,62	0,82	0,00609122
	4	12,7	10,7	135,89	0,81	0,0059607
	5	12,7	10,7	135,89	0,62	0,00456251
Rata -rata						0,00511752
90 menit	1	12,7	10,7	135,89	0,81	0,0059607
	2	12,6	10,7	134,82	0,52	0,00385699
	3	12,7	10,6	134,62	0,67	0,00497697
	4	12,7	10,7	135,89	0,7	0,00515123
	5	12,7	10,7	135,89	0,85	0,00625506
Rata -rata						0,00524019
135 menit	1	12,7	10,6	134,62	0,81	0,00601694
	2	12,6	10,7	134,82	0,6	0,00445038
	3	12,7	10,7	135,89	0,82	0,00603429
	4	12,6	10,7	134,82	0,7	0,00519211
	5	12,6	10,6	133,56	0,85	0,00636418
Rata -rata						0,00561158



**Gambar 4.** Grafik Rata-Rata Kekuatan Impak

Grafik terlihat adanya perbedaan nilai kekuatan impact rata-rata pada setiap waktu ekstrusi. Nilai kekuatan impact pada setiap waktu ekstrusi tersebut terlihat mengalami kenaikan dari waktu ekstrusi rendah ke waktu ekstrusi tinggi yaitu 45 menit ke 135 menit. Nilai kekuatan impact tertinggi dihasilkan pada waktu ekstrusi 135 menit yaitu sebesar 0,005611579 J. Nilai kekuatan impact terendah dihasilkan pada waktu ekstrusi 45 menit yaitu sebesar 0,005117523 J.

#### SIMPULAN

Hasil pengujian menunjukkan nilai densitas tertinggi sebesar 2,05 g/cm<sup>3</sup> pada waktu ekstrusi 135 menit, dan terendah sebesar 2,03 g/cm<sup>3</sup> pada waktu ekstrusi 45 menit. Nilai porositas tertinggi sebesar 5,5% pada waktu ekstrusi 45 menit, dan terendah sebesar 2,4% pada waktu ekstrusi 135 menit. Nilai kekuatan impact tertinggi sebesar 0,005611579 J pada waktu ekstrusi 135 menit, dan terendah sebesar 0,005117523 J pada waktu ekstrusi 45 menit. Dari data yang dihasilkan, dapat disimpulkan bahwa 1.) Terdapat pengaruh waktu ekstrusi terhadap nilai densitas. Semakin lama waktu ekstrusi maka menyebabkan nilai densitas semakin tinggi. 2.) Terdapat pengaruh waktu ekstrusi terhadap nilai porositas. Semakin cepat waktu ekstrusi maka menyebabkan nilai porositas semakin tinggi. 3.) Terdapat pengaruh waktu ekstrusi terhadap kekuatan impact. Semakin lama waktu ekstrusi maka kekuatan impact semakin meningkat.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Hardiyanti, H., Pribadi, S., Dadang, & Setiawan, J. (2016). Karakterisasi Densitas Grafit Sebagai Kandidat Bahan Reaktor Temperatur Tinggi. Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir, 37-43.
- Jannah, E. M. (2020). Pengaruh Temperatur Sintering Terhadap Densitas, Porositas, dan Kekerasan Berbahan Evaporation Boats, Kaolin dan Semen Castable Sebagai Material Crucible. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Nurrohmah, S. I. (2019). Pengaruh Thermal Shock dan Komposisi Grafit, Kaolin (Clay) Terhadap Struktur Makro dan Ketahanan Impact Kowi Berbahan Dasar Limbah Evaporation Boats. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Oner, M., Kizil, G., Keskin, G., Bohatier, C. P., & Bechelany, M. (2018). The Effect of Boron Nitride on the Thermal and Mechanical Properties of Poly (3-Hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate). *Nanomaterials*, 1-20.
- Rahmadika, B. (2017). Pengaruh Pengurangan Setting Time (Wait On Cement) Pada Semen Tahan Api Dengan Penambahan Oil Well Cement. Balunijuk: Universitas Bangka Belitung.
- Josep E. dkk. 1984. Perencanaan Teknik Mesin Edisi Keempat Jilid 2. Jakarta: Erlangga.

- Tenaya. I. G. N. P., Sukadana. I. G. K., dan Pratama. I. G. N. B. S. 2013. Pengaruh Pemanasan Bahan Bakar terhadap Unjuk Kerja Mesin. *Jurnal Energi dan Manufaktur* 6/2: 105-114
- Wilastri, S., Bayuseno, A., & Nugroho, S. (2011). Pengaruh Variasi Kecepatan Putar Dalam Metode Stir Casting Terhadap Densitas dan Porositas Al-SiC Untuk Aplikasi Blok Rem Kereta Api. *Momentum*, 31-35.
- Karthich. R. Raja, dan Rio Melvin Aro.T, dan Shyam Shankar.M.B, dan Vinoth.M. 2014. Design and Optimization of Valveless Pulsejet Engine. *IJERA*. Chennai. Vol 4 hal 56-59.
- Widarto, Wijananka, B. S., dan Paryanto. 2008. Teknik Pemesinan untuk Mengah Kejuruan. Jakarta: Direktorat Jendral Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah.