

PENGARUH TEMPERATUR TUANG PADA PENGECORAN DAUR ULANG ALUMINIUM TERHADAP NILAI KEKERASAN

THE EFFECT OF POURING TEMPERATURE ON HARDNESS VALUE OF RECYCLED ALUMINUM

Syauqi Arjunanda⁽¹⁾, Zainal Abadi⁽²⁾, Jasman⁽³⁾, Hendri Nurdin⁽⁴⁾

^{(1), (2), (3), (4)} Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang
Kampus Air Tawar, Padang 25131, Indonesia

syauqiarjunanda@gmail.com

zainalabadi87@gmail.com

jasmanmesin@yahoo.co.id

hens2tm@yahoo.com

Abstrak

Limbah dari aluminium sangat banyak ditemukan dalam kehidupan sehari-hari yang belum diolah dengan baik. Banyaknya penggunaan aluminium dalam kehidupan sehari-hari itu akan membuat limbah aluminium semakin banyak. Jika hal ini tidak di tangani dengan cepat maka limbah ini akan memberikan dampak yang buruk bagi lingkungan. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh variasi temperatur tuang pada pengecoran daur ulang aluminium terhadap nilai kekerasan dengan pengecoran menggunakan cetakan pasir. Penelitian ini menggunakan jenis penelitian kuantitatif Ekperimen yang merupakan penelitian yang dimaksudkan untuk mengetahui ada tidaknya akibat dari sesuatu yang diberikan kepada objek. Metode pengumpulan data dalam penelitian ini adalah dengan metode dokumentasi, observasi dan eksperimen langsung. Hasil penelitian dianalisis menggunakan ANOVA. Aluminium bekas sepatu kampas rem sepeda motor digunakan sebagai bahan utama dalam penelitian ini. Parameter yang digunakan dalam pengecoran adalah temperatur tuang dengan variasi 670 °C, 720 °C, dan 750 °C. Pengujian kekerasan yang dilakukan menggunakan alat Vickers Hardness Tester. Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui sifat mekanis material. Hasil uji kekerasan menunjukkan bahwa nilai kekerasan pada temperatur 670 °C didapatkan nilai rata-rata 84,70 HVN, lalu pada temperatur 720 °C mengalami kenaikan sampai 95,71 HVN, dan pada temperatur 750 °C didapatkan nilai kekerasan rata-rata 103,56 HVN. Berdasarkan nilai tersebut dapat dilihat bahwa seiring dengan kenaikan temperatur tuang maka nilai kekerasan mengalami kenaikan.

Kata kunci: Pengecoran Aluminium, Temperatur Tuang, Uji Kekerasan, Cetakan Pasir, Daur Ulang

Abstract

There is so much waste from aluminum found in daily life such as beverage cans, automotive components, aircraft, trains, household furniture that has not been processed properly. Because of high use of aluminum in daily life, it will make aluminum waste increase faster. If this cannot be handled quickly, this waste will have a bad impact on the environment. This research aims to determine the effect of variations in pouring temperature to recycled aluminum using concrete sand. This research uses experimental quantitative research, purpose of this research to determine whether there is a consequence of something given to the object. The results of the research using ANOVA. Main material for this research was aluminum for motorcycle brake lining shoes. The parameter used was old temperatures with variations 670 °C, 720 °C, and 750 °C. Hardness testing was using the Vickers Hardness Tester. Hardness testing aims to determine the mechanical properties of the material. The results of the hardness test showed that the hardness at a temperature of 670 °C obtained an average value of 84.70 HVN, then at a temperature of 720 °C increased to 95.71 HVN, and at 750 °C the average hardness was 103.56 HVN. Based on the results above, found that the hardness will be increases, as the temperature increases.

Keywords: Aluminium Casting, Pouring Temperature, Hardness Test, Sand Casting, Recycled

I. Pendahuluan

Aluminium termasuk logam *non ferro* dan merupakan bahan yang sangat banyak dipakai terutama pada bidang industry (Hidayat and Tamjidillah 2016). Aluminium memiliki beberapa kelebihan yaitu salah satunya ringan dan tahan

terhadap korosi, densitas yang rendah, mudah untuk dibentuk, dan daya konduktivitas yang tinggi, dengan sifat penghantar panas dan listrik dengan baik (Jalinus and Pratama 2013).

Limbah dari aluminium ini dapat ditemukan dalam kehidupan sehari-hari seperti, kaleng minuman,

komponen otomotif, pesawat, kereta api, perabot rumah tangga yang belum diolah dengan baik (Purwanto and Respati 2013). Penggunaan aluminium yang sangat banyak pada kehidupan sehari-hari mengakibatkan semakin banyak limbah dari aluminium (Nurdin 2019), hal ini akan berdampak yang buruk bagi lingkungan jika tidak ditanggulangi dengan tepat. Perlu dilakukan pemanfaatan dari limbah aluminium menjadi produk yang memiliki nilai jual dengan melakukan remelting atau daur ulang aluminium bekas (Setiawan 2014).

Saat ini masih banyak produk dari hasil pengecoran aluminium yang belum dikelola dengan baik, contohnya seperti handle rem sepeda motor yang masih mudah patah, gagang pintu aluminium yang masih mudah patah dan masih banyak lainnya. Maka diperlukan pengolahan dengan baik agar produk memiliki kualitas yang baik pula contohnya dengan memperhitungkan temperatur tuang pada saat melakukan pengecoran.

Keuntungan dari mendaur ulang limbah aluminium dari segi ekonomis akan lebih murah dibandingkan jika mengekstrak bijih aluminium yang juga berdampak terhadap pencemaran lingkungan (Jasman 2018), membutuhkan energi dalam jumlah besar, mendaur ulang limbah dari aluminium dapat dilakukan berulang-ulang tanpa menghilangkan sifat-sifatnya (Fasya and Iskandar 2015).

Pengecoran logam (*casting*) ialah suatu proses dalam produksi benda dengan cara mencairkan logam setelah itu cairan logam tersebut dituangkan kedalam rongga cetakan yang telah dibentuk dengan pola cetakan yang telah dibuat sesuai bentuk yang diinginkan (Huda et al. 2020). Kemudian logam yang telah di cairkan tersebut dibiarkan sampai membeku dan membentuk produk yang sesuai dengan pola cetakan yang telah dibuat (Y and Sugita 2017).

Temperatur tuang merupakan sesuatu dari unsur terpenting yang layak diperhitungkan dalam produksi produk pengecoran agar lebih mempunyai kualitas yang sangat baik (Purwanto and Kurniawan 2021), faktor ini memiliki pengaruh yang sangat signifikan pada kualitas hasil coran meliputi pada struktur mikro dan sifat mekanis agar hasil produk coran memiliki sifat fisik yang bagus (Abadi et al. 2021). Temperatur tuang merupakan suatu variabel terpenting karena apabila temperatur tuang sangat rendah mengakibatkan logam cair akan terlebih dahulu membeku sebelum rongga terisi penuh dengan logam pada saluran masuk, dan sebaliknya apabila temperatur tuang sangat tinggi, ini juga akan menimbulkan penyusutan juga dimensi coran menjadi tidak akurat (Wijaya, 2017).

Sand casting ialah salah satu metode pengecoran logam dalam pembuatan suatu benda kerja atau produk, komponen dengan cara menuangkan logam cair kedalam rongga cetakan menggunakan

pasir (Purwanto and Kholis 2021). Secara sederhana proses pembentukan produk dengan metoda cetakan pasir (*sand casting*) ini, dapat dimaksudkan dengan pembentukan rongga dengan cara mengikis bentuk sesuai dengan benda pada cetakan dari pasir kemudian isi rongga tersebut dengan logam yang telah dicairkan tersebut dengan cara pemanasan (Sudjana 2008).

Metode pengecoran dengan menggunakan cetakan pasir (*sand casting*) ini adalah yang paling banyak digunakan dalam bidang industri pengecoran aluminium (Hafizh 2009), karena biaya yang dikeluarkan relatif sedikit dan juga dapat membuat produk dengan desain dengan bentuk rumit (Purwanto and Respati 2013). *Sand casting* diawali dengan penuangan logam cair ke sistem saluran kemudian logam cair tersebut akan memenuhi seluruh rongga didalam cetakan (Surdia and Chijiwa 1976).

Aluminium juga termasuk kedalam salah satu bahan teknik terpenting dari logam *Non-ferro* karena umumnya sifat aluminium yang memenuhi syarat dari berbagai sifat produk komponen atau peralatan teknik (Arafat 2019), spesifiknya sifat aluminium mempunyai berat jenis yang rendah yaitu hanya 2,702 kg/dm³, memiliki sifat ketahanan yang tinggi terhadap korosi *atmospheric* dan juga sifat yang lain terpenting dari aluminium ialah sifat *thermal* dan *electrical conductivity* hal ini dapat dilihat dari lapisan aluminium yang mengkilat apabila dipoles dan juga perambatan panas yang cepat pada aluminium ini (Syahri, Putra, and Helmi 2017).

II. Metode Penelitian

A. Jenis Penelitian

Penelitian yang dilakukan adalah jenis penelitian eksperimen, dimana hasil pengujian diperoleh melalui percobaan langsung terhadap benda uji atau spesimen. (Sugiyono 2015). Penelitian untuk menguji hubungan sebab-akibat dengan melakukan uji hipotesis menggunakan pendekatan kuantitatif yang bersifat analitik (Martono 2016). Penelitian ini data hasil pengujian akan di analisis menggunakan ANOVA yang digunakan untuk menguji perbedaan *mean* (rata-rata) data lebih dari dua jenis kelompok.

B. Tempat dan Waktu Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian dilakukan dalam jangka waktu Semester Januari- Juni 2022. Mulai dari pengajuan proposal, penelitian dan menyimpulkan data hasil penelitian. Tempat pelaksanaan penelitian dan pembuatan dilakukan di Jurusan Teknik Mesin FT UNP dan Laboratorium Metalurgi dan Metrologi Teknik Mesin Universitas Negeri Padang.

C. Prosedur Penelitian

1. Pembuatan cetakan pasir

Campurkan pasir silika dengan bentonite lalu siapkan rangka cetak dan papan kayu pasang rangka cetakan (*drag*) secara terbalik pada alas dari papan kayu. Pasang pola yang telah disiapkan tepat ditengah rangka cetak. Isi pasir kedalam rangka cetak sampai permukaan cetakan, padatkan dengan memakai penumbuk hingga padat dan merata. Pasang (*kup*) diatas (*drag*) kemudian pasang bagian pola atas, saluran turun dan buang. Padatkan pasir. kemudian, lepas tabung saluran turun dan buang. Keluarkan pola dan rapikan rongga cetakan.

2. Peleburan logam

Masukkan aluminium bekas kedalam *ladle* kemudian letakkan *ladle* kedalam tungku peleburan tunggu sampai logam mencair, masukan sodium karbonate dan serbuk degasser. Bersihkan kotoran-kotoran pada cairan aluminium untuk hasil yang lebih baik.

3. Penuangan Logam

Ukur temperatur logam cair menggunakan *infrared thermometer*. Variasi temperatur yang digunakan yaitu 670°C, 720°C, dan 750°C. Tuangkan aluminium cair hingga rongga cetakan terisi penuh.

4. Pembongkaran Cetakan

Bongkar cetakan kemudian keluarkan produk cor. Pisahkan sistem saluran dari produk coran. Bersihkan produk cor dari pasir yang menempel dan berikan label atau tanda pada setiap produk agar membedakan setiap variasi temperatur.

5. Proses Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan microvickers pada spesimen dapat dilakukan mengacu pada ASTM E 92 dan labsheet pengujian bahan teknik mesin dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- Bersihkan benda uji dari kotoran dan karat sampai dengan menggunakan amplas agar memperoleh hasil yang bersih dan rata.
- Menyiapkan peralatan alat uji kekerasan dan setting load.
- Letakkan spesimen pada ragum.
- Set lensa 50X dengan menekan push button tanda panah ke kiri dan ke kanan.
- Cari fokus dengan menaikkan spesimen, letakkan posisi yang paling jelas dan satukan garis vertikal, lalu tekan "RESET".
- Tekan START, identor akan menekan secara otomatis.
- Perhatikan jejak tekan, lalu posisikan garis sejajar vertikal pada kedua sudut jejak tekan (D1), lalu tekan tombol encoder.

- Putar encoder 90° berlawanan arah jarum jam, lalu ukur D2, tekan lagi tombol encoder. Lalu baca hasil pada layar.

III. Hasil dan Pembahasan

A. Data Hasil Pengujian

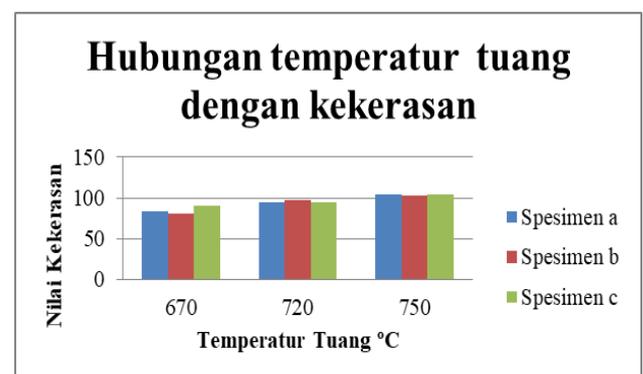
Bahan yang dipakai dalam penelitian ini adalah aluminium bekas sepatu kampas rem sepeda motor yang kemudian dilakukan pengecoran dengan cetakan pasir. Proses pengecoran dengan variasi temperatur tuang yaitu, 670°C, 720°C, 750°C. Tujuan pemberian variasi temperatur tuang adalah untuk mencari nilai kekerasan terbaik terhadap semakin besarnya suhu penuangan.

Hasil pengujian kekerasan yang telah dilaksanakan di Laboratorium Metalurgi dan Metrologi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang (FT UNP), menggunakan alat uji kekerasan *Vickers Hardness Tester* dan telah dianalisa, maka didapatkan data yang diilustrasikan berupa tabel dan grafik. Adapun nilai kekerasan pada aluminium yang telah dilakukan pengecoran dengan variasi temperatur tuang 670°C, 720°C, 750°C, dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1.1 Perhitungan Statistik Dasar Variabel

No	Variasi Temperatur Tuang	Spesimen	HVN			Rata-rata HVN
			Titik 1	Titik 2	Titik 3	
1	670 °C	1a	79,7	83,9	87	84,70
		1b	78,8	78,9	82,8	
		1c	88,4	90,4	92,4	
2	720 °C	2a	91,7	95,5	95	95,71
		2b	95,6	102,8	95,4	
		2c	98,1	93,6	93,7	
3	750 °C	3a	102,3	101,8	108,5	103,56
		3b	100,7	98,5	108,1	
		3c	99,9	106,7	105,5	

Hasil yang ditunjukkan pada tabel pengujian kekerasan pada setiap spesimen yang diberi variasi temperatur tuang seperti pada Gambar grafik hasil uji kekerasan.



Gambar 1. Grafik Hasil Uji Kekerasan

Sumber: SPSS

Hasil uji kekerasan menunjukkan bahwa nilai

kekerasan pada temperatur 670 °C didapatkan nilai rata-rata 84,70 HVN, lalu pada temperatur 720 °C mengalami kenaikan sampai 95,71 HVN, pada temperatur 750 °C didapatkan nilai kekerasan rata-rata 103,56 HVN. Berdasarkan nilai tersebut dapat dilihat bahwa seiring dengan kenaikan temperatur tuang maka nilai kekerasan mengalami kenaikan.

B. Uji ANOVA

Tabel 1.2 *Analisis of Variance*

<i>ANOVA</i>					
<i>Nilai Kekerasan</i>					
	<i>Sum of Squares</i>	<i>Df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F</i>	<i>Sig.</i>
<i>Between Groups</i>	1614,936	2	807,468	48,427	,000
<i>Within Groups</i>	400,171	24	16,674		
<i>Total</i>	2015,107	26			

Sumber: SPSS

Hasil dari pengujian ANOVA menggunakan aplikasi Statistical Product and Service Solution (SPSS), pada kolom signifikan menunjukkan hasil 0,000 yang lebih kecil dari 0,05. Maka dapat disimpulkan bahwa menerima H1 dan menolak H0 yang berarti ada perbedaan secara nyata atau signifikan hasil uji kekerasan antar perbedaan temperatur tuang.

C. Pembahasan

Pengujian kekerasan ini menggunakan alat uji kekerasan Vickers Hardness Tester. Penggunaan metode vickers bertujuan untuk mengukur ketahanan material terhadap deformasi plastik dengan cara menekan material atau spesimen uji dengan indentor intan yang berbentuk piramida dengan alas berbentuk persegi empat dan besar sudut dari permukaan yang berhadapan 136 derajat. Nilai dari pengujian ini tentunya akan sangat membantu untuk menentukan dan menganalisa kualitas material.

Spesimen dengan temperatur tuang 670 °C didapat nilai rata-rata kekerasan pada spesimen 1a sebesar 83,53 HVN, spesimen 1b sebesar 80,17 HVN, dan pada spesimen 1c sebesar 90,40 HVN. Sehingga diperoleh nilai rata-rata kelompok spesimen 1 sebesar 84,70 HVN.

Pada spesimen dengan temperatur tuang 720 °C didapat nilai rata-rata kekerasan pada spesimen 2a sebesar 94,07 HVN, spesimen 2b sebesar 97,93 HVN, dan pada spesimen 2c sebesar 95,13 HVN. Sehingga diperoleh nilai rata-rata kelompok spesimen 2 sebesar 95,71 HVN.

Spesimen dengan temperatur tuang 750 °C didapat nilai rata-rata kekerasan pada spesimen 3a sebesar 104,20 HVN, spesimen 3b sebesar 102,43 HVN, dan pada spesimen 3c sebesar 104,03 HVN. Sehingga diperoleh nilai rata-rata kelompok spesimen 3 sebesar

103,56 HVN.

Nilai kekerasan aluminium hasil pengecoran dengan variasi temperatur tuang meningkat seiring dengan peningkatan temperatur tuang. Pada grafik dapat diketahui nilai kekerasan material dengan temperatur tuang 670 °C sebesar 84,70 HVN, nilai kekerasan temperatur tuang 720 °C sebesar 95,71 HVN, dan nilai kekerasan dengan temperatur tuang sebesar 103,56 HVN.

Tabel Anova nilai $F = 48,247$ dimana nilai signifikansi $= 0,000 < 0,005$. Jadi, dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan dengan adanya variasi temperatur tuang 670 °C, 720 °C dan 750 °C terhadap nilai kekerasan pada pengecoran daur ulang aluminium menggunakan variasi temperatur tuang.

IV. Kesimpulan

Hasil pengujian dan analisis data hasil pengujian menggunakan ANOVA yang telah dibahas pada bagian sebelumnya, yaitu pengaruh temperatur tuang pada pengecoran daur ulang aluminium terhadap nilai kekerasan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh Temperatur tuang 670 °C, 720 °C dan 750 °C pada pengecoran daur ulang aluminium terhadap nilai kekerasan hasil pengecoran yaitu semakin tinggi temperatur tuang pada pengecoran aluminium maka semakin besar nilai kekerasan coran. Variasi temperatur tuang paling baik untuk diaplikasikan pada pengecoran daur ulang aluminium yaitu temperatur tuang 750 °C. Pada kajian ini spesimen dengan temperatur tuang 750 °C memiliki kekerasan yang paling baik sehingga temperatur tuang 750 °C cocok untuk pengecoran daur ulang aluminium dengan kekerasan yang tinggi.
2. Analisis data hasil pengujian menggunakan ANOVA menunjukkan nilai signifikansi adalah $0,000 < 0,05$. Jika nilai signifikansi $<$ dari 0,05 yang berarti terdapat perbedaan yang signifikan antara pengecoran menggunakan temperatur tuang 670 °C, 720 °C dan 750 °C.
3. Perlu adanya ketelitian dalam proses persiapan spesimen mulai dari proses pengukuran sampai pada tahap pengujian, karena hal ini dapat berpengaruh terhadap data hasil pengujian.
4. Pemotongan spesimen harus diperhatikan sudut pemotongan, untuk mendapatkan permukaan spesimen uji yang datar agar tidak terlalu lama pada proses pengikiran dan pengamplasan.

Referensi

Abadi, Zaina, Andre Kurniawan, Andril Arafat, Nur Ichsana, Abdillah, and Daffa Raihan. 2021. "Analysis of Riser Variations in Recycled

- Aluminum Sand Casting on Hardness Values.” 21(3):213–20.
- Arafat, Andril. 2019. “Effect of Pouring Temperatures on Porosity and Mechanical Properties of Gravity Die Casting Magnesium Alloy.” *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 602(1). doi: 10.1088/1757-899X/602/1/012093.
- Fasya, Fahmi, and Norman Iskandar. 2015. “Melt Loss Dan Porositas Pada Aluminium Hasil Daur Ulang.” *Jurnal Teknik Mesin* 3(1):44–50.
- Hafizh, Dkk. 2009. *Aluminium Murni Dan Paduannya*. Bogor: IPB.
- Hidayat, Taufiq, and Mastiadi Tamjidillah. 2016. “Pengaruh Temperatur Tuang Dengan Jenis Material Al Paduan (Rongsokan Wajan) Terhadap Kekasaran Hasil Pengecoran Evaporative.” *Scientific Journal of Mechanical Engineering Kinematika* 1(1):47–58.
- Huda, Syaiful, Dwi Widjanarko, Sejarah Artikel, Kata Kunci, Sistem Penerangan, and Hasil Belajar. 2020. “Pengaruh Variasi Putaran Cetakan Pengecoran Sentrifugal Tegak Pada Pengecoran Paduan Aluminium Terhadap Ketangguhan Impak Dan Struktur Mikro Pembuatan Velg Gokart.” *Journal of Mechanical Engineering Learning* 9(1):1–7.
- Jalinus, Nizwardi, and Rheda Pratama. 2013. “Analisa Kekerasan Dan Struktur Mikro Paduan Seng (ZN) Biodegradable Untuk Aplikasi Implan Biomedis.” *Ranah Research* 1(4):966–74.
- Jasman, Jasman. 2018. “Effect of Strong Welding Flow on the Violence of Low Carbon Steel Results of SMAW Welding with Electrodes 7018.” *Teknomekanik* 1(1):24–31. doi: 10.24036/tm.v1i1.972.
- Martono, Nanang. 2016. *Metode Penelitian Kuantitatif*. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Nurdin, Hendri. 2019. *Metalurgi Logam*. Padang: UNP Press.
- Purwanto, Helmy, and Nur Kholis. 2021. “Pengaruh Variasi Temperatur Tuang Pada Pengecoran Daur Ulang Al-Si Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Dengan Pola Styrofoam.” *Jurnal Material Dan Proses Manufaktur* 5(1):43–51. doi: 10.18196/jmpm.v5i1.12441.
- Purwanto, Helmy, and A. E. Kurniawan. 2021. “Analisa Pengaruh Variasi Temperatur Cetakan Pada Sepatu Kampas Rem Berbahan Paduan Aluminium Silikon (Al-Si) Daur Ulang Dengan Penambahan Unsur Titanium (Ti) 0,059%.” *Momentum* 6(2):105–9.
- Purwanto, Helmy, and Sri M. B. Respati. 2013. “Analisa Pengaruh Variasi Temperatur Tuang Pada Pengecoran SQUEEZE Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Produk Sepatu Kampas REM Dengan Bahan Aluminium (Al) Slikon (Si) Daur Ulang.” *Momentum* 9(2):10–15.
- Setiawan, Hera. 2014. “Penguujian Kekerasan Dan Komposisi Kimia Produk Cor Propeler Aluminium.” *Prosiding SNST Semarang* 4(6):31–36.
- Sudjana, H. 2008. *Teknik Pengecoran Logam*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional.
- Sugiyono. 2015. “Metode Penelitian Dan Pengembangan Pendekatan Kualitatif, Kuantitatif Dan R&D.” *Jurnal Pendidikan* 1(2):407.
- Surdia, T., and K. Chijiwa. 1976. *Teknik Pengecoran Logam*. Jakarta: PT. Pradnya Paramida.
- Syahri, Budi, Zonny Amanda Putra, and Nofri Helmi. 2017. “Analisis Kekerasan Baja ASSAB 705 Yang Diberi Perlakuan Panas Hardening Dan Media Pendingin.” *INVOTEK: Jurnal Inovasi Vokasional Dan Teknologi* 17(1):17–26.
- Wijaya, Mohammad Tofa, Zubaidi -, and Wijoyo -. 2017. “Pengaruh Variasi Temperatur Tuang Terhadap Ketangguhan Impak Dan Struktur Mikro Pada Pengecoran Aluminium.” *Simetris: Jurnal Teknik Mesin* 8(1):219–24. doi: 10.24176/simet.v8i1.933.
- Y, Kadek Indra Adhi, and I. Ketut Gede Sugita. 2017. “Pengaruh Permeabilitas Dan Temperatur Tuang Terhadap Kekuatan Impak Dan Struktur Mikro Hasil Coran Aluminium Silikon (Al-7%Si).” *Teknik Desain Mekanika* 6(2):180–85.