



Pengujian Kekerasan dan Struktur Mikro Hasil Pengecoran Aluminium pada Berbagai Media Pendingin

INFO PENULIS

Abd.Kadir
Universitas Halu Oleo
Kadirmt30@gmail.com

Samhuddin
Universitas Halu Oleo
Samhuddin@gmail.com

Riski Risman
Universitas Halu Oleo
RiskiRisman@gmail.com

La Jiri
Universitas Halu Oleo
LaJiri@gmail.com

INFO ARTIKEL

ISSN: 3026-3603
Vol. 3, No. 1, April 2025
<http://jurnal.ardenjaya.com/index.php/ajst>

© 2025 Arden Jaya Publisher All rights reserved

Saran Penulisan Referensi:

Kadir, A., Samhuddin., Risman, R., & Jiri, L. (2025). Pengujian Kekerasan dan Struktur Mikro Hasil Pengecoran Aluminium pada Berbagai Media Pendingin *Arus Jurnal Sains dan Teknologi*, 3(1), 157-163.

Abstrak

Perkembangan industri di Indonesia semakin besar, salah satunya industri bahan material. Material yang dicari berdasarkan segi kekerasan, kekuatan, kepadatan, dan ringan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi media pendingin air, air garam, oli, dan udara terhadap nilai kekerasan *vickers*, dan struktur mikro. Aluminium merupakan bahan logam yang mempunyai sifat ringan, tahan korosi, penghantar listrik yang baik. Pada penelitian ini menggunakan metode pengecoran *casting* dengan suhu 700°C. Dari hasil penelitian ini menunjukkan pengaruh variasi media pendingin terhadap nilai kekerasan *vickers* dengan nilai tertinggi ditunjukkan pada media pendingin air yaitu sebesar 524,802 Kg/mm², dan nilai kekerasan *vickers* terendah ditunjukkan pada media pendingin udara yaitu sebesar 349,882 Kg/mm². Sementara berdasarkan pengujian struktur mikro unsur Si lebih merata dan halus pada media pendingin air sehingga kekerasan tertinggi diperoleh pada media pendingin air dikarenakan unsur Si mempunyai kekerasan yang lebih tinggi dibanding Al.

Kata Kunci: Aluminium, Pengujian kekerasan, Pengujian Struktur mikro, media pendingin

Abstract

The development of the industry in Indonesia is getting bigger, one of which is the material industry. Materials are searched based on hardness, strength, density, and lightness. This study aims to determine the effect of variations in cooling media of water, salt water, oil, and air on the value of vickers hardness and microstructure. Aluminum is a metal material that has the properties of being light, corrosion resistant, and a good conductor of electricity. This study used a casting method with a temperature of 700°C. The results of this study indicate the effect of variations in cooling media on the value of vickers hardness with the highest value shown in the water cooling media, which is 524.802 Kg/mm², and the lowest vickers hardness value is shown in the air cooling media, which is 349.882 Kg/mm². Meanwhile, based on the microstructure test, the Si element is more even and smooth in the water cooling media so that the highest hardness is obtained in the water cooling media because the Si element has a higher hardness than Al.

Keywords: Aluminum, Hardness testing, Microstructure testing, Cooling media

A. Pendahuluan

Aluminium merupakan bahan logam yang mempunyai sifat ringan, tahan korosi, penghantar listrik yang baik [1]. Banyak industri pengecoran logam yang menggunakan aluminium untuk membuat sebuah produk namun dalam berjalannya waktu material ini terbatas dan mengakibatkan meningkatnya harga jual dari aluminium murni. Salah satu alternatif untuk menggantikan aluminium murni yang memiliki harga jual tinggi yaitu dengan penggunaan limbah piston maupun *scrap* atau limbah aluminium kemudian dilebur [2].

Aluminium dikenal sebagai logam yang mempunyai sifat ringan dan tahan korosi, akan tetapi harus ditingkatkan lagi sifat mekanisnya dengan menambahkan bahan lain yang berfungsi sebagai penguat [3]. Variasi dalam suhu dan waktu parameter pada perlakuan panas serta suhu dan waktu penuaan menyebabkan perubahan struktur butir dan ukuran butir dan karenanya memainkan peran penting dalam mengubah nilai-nilai kekerasan [4].

Pengecoran logam merupakan suatu proses manufaktur dengan menggunakan bahan logam yang dileburkan menjadi cair kemudian dituangkan pada cetakan, dan dibiarkan membeku dalam cetakan yang telah dibuat [5]. Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan bahan aluminium paduan dengan limbah piston. Setelah benda hasil coran jadi, kemudian diberikan variasi pendinginan menggunakan air garam, air sumur, udara dan oli bekas.

Aluminium

Aluminium merupakan logam yang banyak digunakan selain baja. Aluminium ditemukan pada tahun 1872 oleh Friedrich Wohler seorang ahli kimia dari Jerman. Dibiarkan industri aluminium dikembangkan oleh Paul Heroult di Prancis dan C.M. Hall di Amerika pada tahun 1886. Mereka berhasil memperoleh logam aluminium dengan cara elektrolisa. Aluminium merupakan logam nonferro yang memiliki sifat ringan dan ketahanan karat yang baik [6]. Umumnya aluminium mencapai kemurnian 99,85% berat. Aluminium dengan kemurnian 99,85% jika dielektrolisa kembali maka didapatkan aluminium dengan kemurnian 99,99% atau hampir mendekati 100% [7].

Sifat-Sifat Aluminium

Aluminium diketahui sebagai logam yang mempunyai sifat ringan dan tahan korosi, akan tetapi harus ditingkatkan lagi sifat mekanisnya dengan menambahkan bahan lain yang berfungsi sebagai penguat. Dalam aplikasinya komponen harus mempunyai sifat mekanis yang keras, agar komponen tidak mudah rusak dan umur dari komponen tersebut bisa lebih panjang [8]. Aluminium (Al) mempunyai sifat keuletan yang tinggi maka menyebabkan logam tersebut mudah dibentuk dan mempunyai sifat bentuk yang baik. Aluminium (Al) juga mempunyai sifat tahan korosi karena merupakan kelompok logam (*non ferro*) dan mempunyai kerapatan yang tinggi, penghantar panas dan listrik yang baik karena aluminium mempunyai daya hantar yang tinggi sekitar 60% dari daya hantar tembaga dan tidak beracun. Selain itu aluminium (Al) juga mempunyai sifat mudah berbentuk (*formability*) yaitu aluminium (Al) dapat dibentuk dengan mudah [9].

Tabel 1. Sifat-Sifat Mekanik Aluminium

Pengecoran Logam

Pengecoran logam merupakan salah satu proses pembentukan bahan baku/bahan benda kerja dengan proses peleburan/pencairan logam di dalam tungku peleburan yang kemudian hasil peleburan dimasukkan ke dalam cetakan. Tahapan dalam proses pengecoran adalah pembuatan model (pola), pembuatan pasir cetak, pembuatan cetakan pasir (rongga cetak), peleburan logam, menuang logam ke dalam cetakan dan membongkar serta membersihkan hasil pengecoran [10].

Adapun proses pengecoran dapat dibagi menjadi lima tahapan yang saling berurutan, seperti berikut: persiapan pembuatan cetakan, proses pencairan logam (*melting*), proses penuangan logam ke dalam cetakan (*pouring*), proses pendinginan atau pembekuan logam dan pelepasan logam dari cetakan, proses *finishing*, dapat dibagi sebagai berikut: memeriksa produk pengecoran, membersihkan produk pengecoran, memotong bagian yang tidak sesuai cetakan, penyesuaian ukuran dengan cara proses *machining* [11].

Sifat-Sifat	Kemurnian			
	99.996		>99.0	
	Dian	75	Dian	H1
	il	%	il	8
		Dir		
		ol		
Kekuatan Tarik	4,9	11,6	9,3	16,9
Kekuatan	1,3	11,0	3,5	14,8
Perpanjangan	48,8	5,5	35	5
Kekerasan Brinell	17	27	23	44

Jenis-Jenis Cacat Coran

Cacat coran adalah kerusakan atau kesalahan yang terjadi pada benda cor kerusakan benda cor terjadi pada proses pengecoran benda cor yaitu sebagai berikut: *porosity, shrinkage, misrun, dros, gasdefect* [12].

Media Pendingin

Untuk proses *quenching* kita melakukan pendinginan secara cepat dengan menggunakan media, udara, Air sumur, oli bekas dan Air garam. Kemampuan suatu jenis media dalam mendinginkan spesimen bisa berbeda-beda, perbedaan kemampuan media pendingin disebabkan oleh temperatur, kekentalan, kadar larutan dan bahan dasar media pendingin. Semakin cepat logam didinginkan maka akan semakin keras sifat logam itu. Karbon yang dihasilkan dari pendinginan cepat lebih banyak dari pendinginan lambat. Hal ini disebabkan karena atom karbon tidak sempat berdifusi keluar, terjebak dalam struktur kristal dan membentuk struktur tetragonal yang ruang kosong antar atomnya kecil, sehingga kekerasannya meningkat [13].

Pengujian Kekerasan

Kekerasan suatu material dapat diartikan sebagai ketahanan material tersebut terhadap gaya penekanan dari material lain yang lebih keras. Penekanan tersebut dapat berupa mekanisme penggoresan (*scratching*), pantulan ataupun indentasi dari material keras terhadap suatu permukaan benda uji. Pengujian kekerasan dilakukan untuk mendapatkan sifat kekerasan dari material. Pada umumnya pengujian kekerasan dibagi dalam tiga skala yaitu: *brinell, rockwel* dan *vickers*. Perbedaan utama dari tiga jenis pengujian ini adalah pada indentor dan beban yang digunakan dalam pengukurannya. Selain itu masing- masing skala ini mempunyai kelebihan dimana *rockwel* akan memberi kesalahan operator yang kecil dikarenakan tidak perlu menggunakan mikroskop. Sementara *vickers* hanya butu satu *set up* pengujian material.

Adapun pengujian kekerasan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah uji kekerasan *vickers*. Uji kekerasan ini akan diukur dengan menggunakan alat penguji *vickers*. Dalam pengujian kekerasan ini dipakai piramid dengan sudut bidang duanya 136° sebagai penekan. Kekerasan *Vickers* ditentukan serupa seperti penentuan kekerasan *brinell* yaitu beban dibagi luas permukaan bekas penekanan. Ada juga alat penguji kekerasan *Vickers* khusus, yaitu untuk mengukur segregasi dalam struktur logam dengan dibantu sebuah mikroskop [14]. Adapun rumus pengujian kekerasan vikers dapat dilihat pada persamaan sebagai berikut:

$$HV = \frac{P}{A} \times \sin \frac{136^\circ}{2} \dots\dots\dots(1)$$

$$HV = \frac{2F \cdot \sin \frac{136^\circ}{2}}{\frac{L^2}{2}} \dots\dots\dots(2)$$

$$HV = 1,854 \frac{P}{d^2} \dots\dots\dots(3)$$

$$HV = 1,854 \left(\frac{P}{\left(\frac{L_1+L_2}{2}\right)^2} \right) \dots\dots\dots(4)$$

Pengujian Struktur Mikro

Struktur mikro adalah suatu analisa mengenai struktur logam melalui pembesaran dengan menggunakan mikroskop khusus metalografi. Pengujian metalografi ini dilakukan untuk menganalisa struktur mikro pada sampel. Dengan analisa struktur mikro, kita dapat mengamati bentuk dan ukuran kristal logam dan kerusakan logam akibat proses deformasi. Proses perlakuan panas (*heat treatment*), mempengaruhi struktur mikro logam yang akan menentukan sifat-sifat mekanik dan fisis logam tersebut. Struktur mikro dari logam dapat diubah dengan melakukan *heat treatment* ataupun dengan proses perubahan bentuk dari logam yang akan diuji. Sebaiknya harus mempunyai data perbandingan antara data mikro struktur yang didapat dari percobaan yang dilakukan dengan data mikro struktur yang sebenarnya dari suatu material yang dijadikan benda uji. Faktor tersebut nantinya yang akan digunakan dalam penelitian *heat treatment* tersebut. Setelah dilakukan pengujian pada piston yang telah diberi perlakuan panas dengan waktu penahanan yang bervariasi, sehingga akan diketahui perubahan karakteristik fisis maupun mekanis yang meliputi struktur mikro dan nilai kekerasan pada piston sehingga dapat dibandingkan dengan sifat fisis dan mekanis piston tanpa perlakuan panas (*heat treatment*) [15].

B. Metodologi

a. Sumber Data

Penelitian ini dilakukan dari bulan Mei sampai dengan bulan Agustus 2025, di Laboratorium Material dan Teknologi Mekanik Fakultas Teknik Universitas Halu Oleo Kota Kendari Provinsi Sulawesi Tenggara.

Alat dan Bahan Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini, adalah tungku pembakaran, *blower*, arang kayu, *krusibel*, termokopel, sarung tangan, mikroskop, gergaji besi, amplas, dan alat uji kekerasan *vickers*. Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah aluminium silikon, air, oli bekas, air garam, udara, dan cairan etsa.

b. Prosedur Penelitian

Penelitian ini diawali dengan memotong specimen uji dengan ukuran panjang 35 mm, lebar 10 mm, dan tebal 10 mm, kemudian memotong specimen dengan menggunakan resin polister untuk masing-masing variasi pendinginan. Kemudian Mengamplas specimen uji sampai rata dengan grit 120,240, 400, 800, 1000 dan dilanjutkan dengan pemolesan dengan bahan autosol agar permukaan nampak mengkilap.dan dilakukan uji kekerasan.

Demikian pula pula uji struktur mikro dengan membuat specimen dengan dimensi ukuran panjang 35 mm, lebar 10 mm, dan tebal 10 mm, kemudian memotong specimen dengan menggunakan resin polister untuk masing-masing variasi pendinginan. Kemudian Mengamplas specimen uji sampai rata dengan grit 120,240, 400, 800, 1000 dan dilanjutkan dengan pemolesan dengan bahan autosol dan whitening pada kain beludru, proses etsa dilakukan dengan waktu 5 - 10 detik kemudian dilakukan uji struktur mikro dan pengamatan.

C. Hasil dan Pembahasan

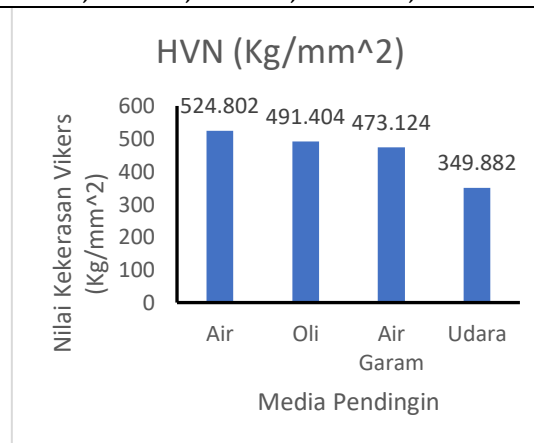
Pada pengujian kali ini dilakukan dengan 12 spesimen, dengan jenis pengujian kekerasan dan pengujian struktur mikro.

Pengujian Kekerasan Vickers

Pengujian kekerasan yang dilakukan dengan menggunakan alat uji Vickers

Tabel 2 Hasil Pengujian Kekerasan *Vickers*

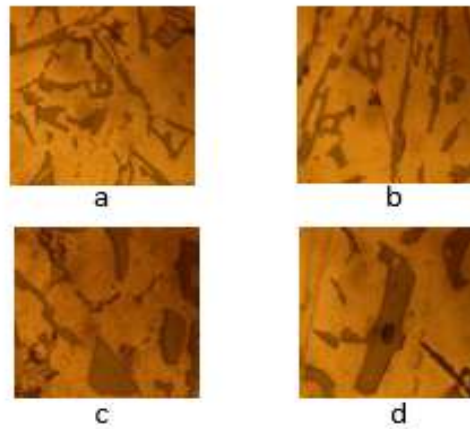
Spesimen Uji	Hasil Pengujian Kekerasan Vickers				
	P (Kg)	L1 (mm)	L2 (mm)	HRC	HVN (Kg/mm ²)
Air	98,07	0,073	0,060	49,867	524,802
Air Garam	98,07	0,062	0,063	46,467	473,124
Oli Bekas	98,07	0,073	0,062	48,133	491,404
Udara	1,000	0,073	0,073	35,500	349,882



Gambar 1. Rata-Rata Nilai Kekerasan *Vickers*

Dari gambar 1. menunjukkan pengaruh nilai kekerasan vickers pada material Al-Si dengan variasi media pendinginan. Untuk air diperoleh nilai kekerasan 524,802 kg/mm² sedangkan pada media pendinginan oli diperoleh nilai kekerasan 491,404 kg/mm², pendinginan air garam 473,124 Kg/mm², dan nilai kekerasan pendinginan suhu ruang 349,882 kg/mm². Berdasarkan hasil uji kekerasan menunjukkan bahwa dipastikan nilai kekerasan tertinggi terjadi pada media pendinginan air yaitu rata-rata 524,802 kg/mm², sedangkan nilai kekerasan terendah terjadi

pada pendinginan udara yaitu 349,882 kg/mm². Hal ini disebabkan karena laju pendinginan air lebih cepat dari pada laju pendinginan air garam, oli dan suhu ruang, sehingga struktur mikro yang terbentuk pada spesimen dengan media pendinginan air mempunyai unsur silikon (Si) relatif kecil (25%) dan lebih merata dari spesimen dengan media pendinginan oli dan suhu ruang.



Gambar 2. Struktur Mikro

Dari gambar 2. dapat dilihat struktur mikro terdiri dari unsur aluminium (Al) dan Silikon (Si). Unsur aluminium berwarna terang yang merupakan unsur utama (matriks paduan), unsur silikon berwarna abu-abu merupakan unsur paduan (Si) warna hitam adalah porositas.

Pada foto struktur mikro media pendinginan oli dapat diketahui bahwa pembentukan butir Al sedikit lebih halus dengan ditandai adanya alur yang tersebar merata diantara pertumbuhan struktur Si yang terhambat. Bentuk luasan dan butir struktur Si pada spesimen ini terlihat besar disebabkan belum sempat tersebar karena pendinginan oli yang lebih lambat.

Pada foto struktur mikro media pendinginan air dapat diketahui perubahan struktur mikro yang terjadi. Penyebaran butir dan alur pada struktur Al terlihat paling halus. Bentuk luasan struktur Si terlihat berbentuk kecil-kecil dengan penyebaran yang merata dan pertumbuhan struktur Si yang baik sehingga tingkat keuletan tinggi, menandakan kekerasan spesimen ini tinggi.

Pada foto struktur mikro media pendinginan air garam dapat diketahui bahwa pembentukan butir struktur Al terlihat lebih halus dengan ditandai adanya alur yang tersebar merata diantara pertumbuhan struktur Si. Bentuk luasan dan butir struktur Si pada spesimen ini terlihat kecil-kecil pada beberapa titik-titik pertumbuhan, sehingga pembentukan struktur Si telah mengalami pertumbuhan yang signifikan meskipun belum tersebar secara merata.

Pada foto struktur mikro media pendinginan udara dapat diketahui bahwa pembentukan butir struktur Al tampak kasar dan tidak beraturan serta penyebaran struktur Si tampak kecil luasannya. Laju pendinginan pada spesimen ini tergolong lambat karena langsung sehingga mempengaruhi pembentukan struktur mikro Al dan Si. Pembentukan butir pada struktur Al berbentuk kasar dan tidak teratur. Struktur Si yang bersifat ulet, bentuk luasan yang tampak kecil tetapi tidak tumbuh secara sempurna.

Pembentukan struktur mikro memiliki hubungan erat terhadap kekerasan Al-Si. Apabila pembentukkan struktur Si terbentuk merata dan halus akibat proses perlakuan panas dengan media yang tepat maka kekerasan akan meningkat. Hubungan erat ini antar pembentukkan struktur Si terhadap struktur Al dipengaruhi oleh suhu, fasa yang dialami, proses perlakuan panas, laju pendinginan dan karakter media pendingin. Sehingga bahwa semakin banyak struktur Si maka nilai kekerasan yang dihasilkan meningkat.

Keuletan yang rendah ini akan menyebabkan kekerasan yang dimiliki spesimen pengujian menjadi rapuh dan getas. Oleh karena itu, penggunaan proses perlakuan panas dengan karakter yang berbeda-beda (laju pendinginan cepat, sedang dan lambat) mempengaruhi tingkat kekerasan spesimen. Sehingga pada penggunaan proses perlakuan panas dengan laju pendinginan yang cepat mampu meningkatkan jumlah struktur Al yang menyebabkan kekerasan meningkat dan pada penggunaan proses perlakuan panas dengan laju pendinginan sedang akan meningkatkan kekerasan secara terukur (tidak melebihi pendinginan cepat tetapi tidak kurang dari pendinginan lambat) serta pada penggunaan proses perlakuan panas dengan laju pendinginan yang lambat akan menghambat pembentukan Al yang menyebabkan kekerasan

menurun. Penggunaan proses perlakuan panas dengan karakter yang berbeda-beda akan memudahkan pemilihan Al-Si dengan kekerasan yang dibutuhkan.

D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian diatas sehingga dapat disimpulkan: (1) perlakuan panas dengan pemberian variasi media pendingin (air, oli, air garam dan udara) mempengaruhi tingkat kekerasan hasil pengecoran Al-Si berbasis limbah piston bekas. Dari hasil pengujian kekerasan, tingkat kekerasan paling tinggi yaitu media pendingin air di karenakan laju pendinginan air sangat cepat serta memberikan nilai kekerasan yang cukup tinggi sebesar 524,802 kg/mm² dan media pendingin udara nilai kekerasan yang paling rendah diakibatkan laju pendinginan udara sangat lambat maka nilai kekerasan yang didapatkan 349,882 kg/mm². (2) Hasil perlakuan pada pendinginan memperlihatkan struktur mikro, unsur Si lebih merata dan halus pada media pendingin air sehingga kekerasan tertinggi diperoleh pada media pendingin air tersebut. Karena unsur Si mempunyai kekerasan yang lebih tinggi dibanding AL.

Saran

Beberapa rekomendasi dapat diajukan dari hasil penelitian ini:

Dalam pembuatan spesimen sebaiknya digunakan ukuran yang lebih kecil agar mempermudah dalam proses pengamplasan Dapat melanjutkan penelitian ini dengan menggunakan material lain, serta menggunakan pengujian lain seperti uji tarik, bending

E . Referensi

- Arianata, A. Pengaruh Variasi Media Pendinginan (*Air Sumur,Udara Dan Oli Sae40*) Terhadap Hasil Pengecoran Aluminium (Al) Menggunakan Cetakan Pasir *Co₂*. *Universitas Muhammadiyah Surakarta.*, Vol. 3 no. 2, pp. 91–102, 2018.
- Djuanda, Nurlela, Adam, A., & Syahril, M. Analisis Pengaruh Media Pendingin Terhadap Struktur Mikro Sambungan Pengelasan Baja Aisi 1045 Pada Proses Las Mig. *Teknologi.*, vol. 22, no. 1, pp. 43–54, 2021.
- Mersilia , A., Karo, P. K., & Supriyatna, Y. I. Pengaruh *heat treatment* dengan variasi media *quenching* air garam dan oli terhadap struktur mikro dan nilai kekerasan baja pegas daun AISI 6135 . *jurnal teori dan aplikasi fisika.*, vol. 4, no. 02, pp. 175-180, 2016.
- Mizhar, S., & Suherman. Pengaruh Perbedaan Kondisi Tempering Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Dari Baja AISI 4140. *Jurnal Dinamis.*, vol. II, no. 8, pp. 21-26, 2011.
- Much Ahsanul Muttakin & Heri Sunyoto. Pengaruh Temperatur Tuang Dan Penambahan Silikon Terhadapkekerasan, Cacat Coran Dan Struktur Mikro Hasil Pengecoran Aluminium Dengan Cetakan Pasir. *Jurnal Kompetensi Teknikv.*, vol. 12, no. 1, pp. 1–6, 2020.
- Norfi, M. Perbandingan Nilai Kekerasan Dan Struktur Mikro Material Piston Sepeda Motor 4 Tak Original Dan Imitasi. *Bina Teknika.*, vol. 15, no. 2, pp. 115-125, 2019.
- Ramadhani S., Basyirun, Rusiyanto, Suntoyo. Pengaruh Variasi Temperatur Pada Pengelasan SMAW Terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan Baja Karbon SS400. *Jurnal Teknik Perkapalan.*, vol. 15, pp. 35-42, 2022.
- Sarwono, E., Sugianto, A., Hadisusanto, M., & Julianto, E. Analisa Hasil Pengecoran Penambahan Bahan Material Piston Dan Kaleng Bekas Pada Alat Rumah Tangga Terhadap Perubahan Nilai Kekerasan Dan Struktur Mikro Almg-Si. *Suara Teknik: Jurnal Ilmiah.*, vol. 9, no. 1, pp. 7–12, 2018.
- Shomad, M. A., & Jordianshah, A. A. Pengaruh Penambahan Unsur Magnesium Pada Paduan Aluminium Dari Bahan Piston Bekas. *Teknoin.*, vol. 26, no. 1, pp. 75–82, 2020.
- Siswanto, R., Ghofur, A., & Kepakisa, K. A. K. Analisis Porositas Dan Kerasan Paduan Al-12,6%Si Dengan Variasi Waktu Tunggu Dalam Cetakan Dan Media Pendingin Hasil Pengecoran Evaporative. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan).*, vol. 4, no. 1, pp. 72–81, 2018. Sugianto, A. Analisa Hasil Pengecoran Penambahan Bahan Material Piston Dan Kaleng Bekas Pada Alat Rumah Tangga Terhadap Perubahan Nilai Kekerasan Dan Struktur Mikro AlMg-Si, Skripsi. *Universitas Muhammadiyah Pontianak.*, 2018.
- Suharno, M., & Anis, S. Pengaruh Model Sisitem Saluran Pada Cetakan Permanen Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Hasil Pengecoran Aluminium Komponen Motor Listrik Dc. *Jurnal Kompetensi Teknik.*, vol. 10, no. 2, 29–36, 2019.
- Suherman, Mizhar, S., & Winato, A. Pengaruh Heat Treatment Terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan Aluminium Paduan Al-Si-Cu Pada *Cylinder Head* Sepeda Motor. *Jurnal Ilmiah*

- "mekanik" *Teknik Mesin ITM.*, vol. 3 no. 1, pp. 9-15, 2016. Suprayogi, A. Z., Luthfianto, S., & Samyono, D. Pengaruh Variasi Media Quenching Terhadap Sifat Mekanis Rantai *Elevator Fruit* Kelapa Sawit. *Jurnal Sains dan Teknologi.*, vol. 6, no. 1, pp. 21-30, 2017.
- Yani, A., Suriansyah, & Sahbana, M. A. Pengaruh Perlakuan Panas Dengan Air Dan Oli Terhadap Kekuatan *Impact* (Benturan) Bahan Piston Dan *Cylinder Liner*. *Widya Teknika.*, vol. 24, no. 1, pp. 6-12, 2016.