

ANALISA KOMPARASI SIFAT FISIS DAN MEKANIS PISTON SEPEDA MOTOR DARI EMPAT PABRIKAN

Susri Mizhar¹, Suherman² dan Andi Putra³, Zainal Arifin⁴, Sutiman⁵

¹Program Studi Teknik Mesin Akademi Teknik Deli Serdang- Sumatera Utara

²Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

³Jurusan Teknik Mesin Institut Teknologi Medan

^{4,5}Prodi Pendidikan Teknik Otomotif-Universitas Negeri Yogyakarta

Coresponding auhtor: suherman@umsu.ac.id

Abstract

The piston is an essential component in the internal combustion system. Unfortunately, most piston products on the market are of low quality, which is detrimental to consumers. Most pistons sold in spare parts shops in Medan City have varying prices and different quality. The study compares four manufacturers' chemical composition, microstructure and hardness of the pistons of 4-stroke motorcycles. The four types of pistons were purchased at an automotive component sales shop in Medan city. The pistons were cut by machine and then analyzed for chemical composition, microstructure and hardness. The research results show that the chemical composition of the four-piston manufacturers is almost similar, where the silicon content ranges from 2-3%, which is a hypoeutectic Al-Si aluminium alloy. Interestingly, the hardness values and microstructure of pistons are different. The hardness value for brand X is the highest compared to other products, at 41.16 VHN. Microstructural observations show that the microstructures of manufacturers W, X and Y are similar, where the Si particles are evenly distributed with almost uniform sizes. Meanwhile, the Z manufacturer shows a microstructure with fibrous Si particles with a coarse SDAS size.

Keywords: motorcycle, piston, microstructure

Abstrak

Piston merupakan komponen yang sangat penting pada sistem pembakaran dalam. Sayangnya produk piston yang beredar dipasaran sebagian besar memiliki kualitas rendah tentunya sangat merugikan konsumen. Piston yang dijual di toko *spart part* di Kota Medan sebagian besar memiliki harga yang bervariasi dengan kualitas yang juga berbeda. Tujuan penelitian ini adalah membandingkan komposisi kimia, mikrostruktur dan kekerasan pada piston sepeda motor bebek 4 tak dari empat pabrikan yang berbeda yang dijual di Indonesia. Piston keempat jenis pabrikan dibeli di toko komponen mesin di kota Medan. Piston dipotong dengan mesin dan selanjutnya dianalisa komposisi kimia, mikrostruktur dan kekerasan. Hasil penelitian menunjukkan komposisi kimia keempat pabrikan piston hampir mirip dimana kisaran kandungan Silikon berkisar 2-3% yang merupakan golongan aluminium paduan Al-Si hypoeutektik. Menariknya, nilai kekerasan dan mikrostruktur piston berbeda-beda, nilai kekerasan merk X tertinggi dibanding dengan produk lainnya yaitu sebesar 41,16 VHN. Pengamatan mikrostruktur menunjukkan mikrostruktur pabrikan W, X dan Y sangat identik, dimana partikel Si tersebar merata dengan ukuran yang hampir seragam. Sedangkan pada pabrikan Z menunjukkan mikrostruktur dengan partikel Si berserabut dengan ukuran SDAS berukuran kasar.

Kata Kunci: sepeda motor; piston; mikrostruktur

Kata kunci: kekerasan, mikrostruktur, piston, sepeda motor

PENDAHULUAN

Setiap tahun jumlah pertumbuhan kendaraan di Indonesia mengalami pertumbuhan yang cukup signifikan. Menurut BPS tahun 2024, total kendaraan sebesar 148.261.817 kendaraan dimana jumlah sepeda motor pada tahun 2022 adalah sebesar 125.305.332 kendaraan (BPS, 2024). Pada kendaraan bermotor seperti sepeda motor terdapat komponen utama yang sangat penting seperti rangka, sistem transmisi, sistem pengereman, bodi, sistem kelistrikan dan blok silinder. Pada blok silinder terdapat banyak komponen utama seperti poros engkol, rocker arm, katup, batang penghubung, piston dan lain-lain.

Piston adalah elemen penting dari sistem pembakaran dalam pada sepeda motor. Fungsi piston pada sepeda motor adalah memompakan campuran bahan bakar dan udara masuk ke dalam ruang bakar. Piston memiliki beberapa komponen utama seperti ring piston, celah piston, batang piston, snap ring, dan pena piston. Piston harus tahan terhadap tekanan yang berasal dari ledakan pembakaran dari campuran udara dan bahan bakar di ruang bakar. Oleh karena itu piston harus memiliki sifat fisis dan mekanis yang baik sehingga tahan terhadap beban dan temperatur tinggi. Salah satu kerusakan piston pada sepeda motor adalah keausan yang diakibatkan karena gesekan (Nurhadi, 2010). Saat mesin pembakaran dalam beroperasi, ring piston dan liner silinder mengalami keausan, yang seringkali menyebabkan berkurangnya kekencangan udara silinder dan efisiensi pembakaran. Akibatnya, konsumsi daya gesekan meningkat secara signifikan sementara umur mesin berkurang (Zhang et al., 2024).

Sebagian besar komponen otomotif seperti piston dan kepala silinder berbahan Aluminium paduan Al-Si (Nurhadi, 2010). Paduan ini memiliki kelebihan antara lain ketahanan aus dan korosi yang tinggi (Nindhia, 2010). Beberapa cara digunakan untuk meningkatkan sifat mekanik dari komponen otomotif dari aluminium paduan seperti kepala silinder dengan penambahan unsur-unsur tertentu guna meningkatkan sifat fisis dan mekanik antara lain dengan penambahan magnesium (Mizhar & Fauzi, 2016), Copper (Suherman & Ridwan, 2018; Suherman & Syahputra, 2014), Mangan (Suherman & Fahrizal, 2017).

Beberapa peneliti telah menganalisa sifat fisis dan mekanis beberapa komponen otomotif yang beredar dipasaran seperti piston dari berbagai merk (Nindhia, 2010), perbandingan piston Original dan imitasi (Nofri, 2019), Poros engkol (Crank Shaft) (Suherman & Sitorus, 2018), ring piston (Supriyanto et al., 2009), katup (Sumiyanto, 2021) dan batang piston (Nusa, 2016). Sebagian besar penelitian membandingkan antara produk asli dengan produk imitasi yang beredar dipasaran. Ketahanan aus pada piston asli dan imitasi juga telah diteliti oleh (Darmawan, 2016). Hasil penelitian menunjukkan piston asli memiliki sifat ketahanan aus yang lebih baik dibanding piston imitasi dan piston daur ulang. Lebih lanjut berbagai factor penyebab keausan telah diteliti oleh (Shahsavand et al., 2023; Zhang et al., 2024)

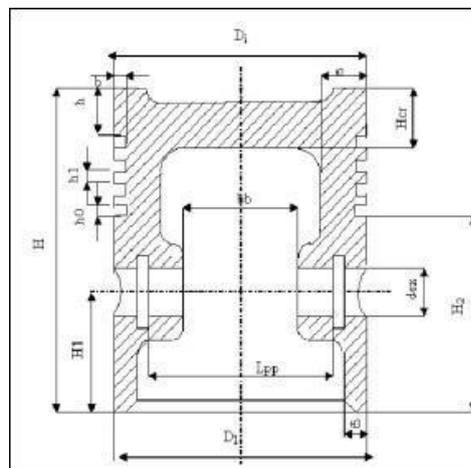


Gambar 1. Berbagai jenis piston sepeda motor

Untuk menganalisa kualitas piston yang dijual dipasaran penting dilakukan penelitian sifat fisis dan mekanis material piston sepeda motor 4 tak. Pada penelitian ini dilakukan pengujian komposisi kimia, mikrostruktur dan kekerasan pada empat pabrikan yang berbeda. Hasil penelitian ini penting dilakukan untuk mengetahui kualitas piston yang dijual bebas dipasaran apakah sesuai standar yang diizinkan.

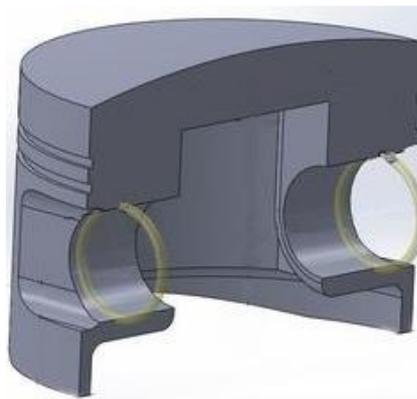
METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini diteliti piston sepeda motor bebek 4 tak yang dijual di Indonesia dengan 4 (empat) pabrikan yang berbeda. Piston dibeli dari penjual spart part besar yang ada di Kota Medan, bentuk penampang piston sebagaimana disajikan pada gambar (2). Pengujian komposisi kimia piston menggunakan spectrometer analisis sebagaimana disajikan pada tabel (1).



Gambar 2. penampang piston 4 tak

Pengambilan sampel uji komposisi kimia dan mikrostruktur dilakukan dengan memotong piston dengan mesin potong (gambar 3). Sampel selanjutnya ditempatkan pada resin untuk memudahkan dalam proses polishing. Proses polishing menggunakan kertas pasir berukuran hingga mesh 1.200. Setelah specimen telah halus, specimen selanjutnya di etsa menggunakan lautan kimia Pengamatan mikrostruktur dilakukan dengan menggunakan mikroskop optic metalurgi (Merk Zeiss Primostar Microscope)



Gambar 3. Pengambilan sampel uji komposisi, mikrostruktur dan kekerasan

Lebih lanjut, pengujian kekerasan permukaan piston dilakukan dengan menggunakan metode pengujian Vickers sebanyak 5 titik menggunakan mesin uji kekerasan Rockwell Hardness Tester (Model RS 42000 – Choolaimedu Chennai-India).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi Kimia

Komposisi kimia keempat jenis piston sebagaimana disajikan pada tabel 1. Secara umum komposisi kimia keempat jenis piston ini hampir sama yaitu tergolong paduan Aluminium Silikon (Al-Si) hypoeutektik karena kandungan Si < 12,7%. Dari tabel (1) menunjukkan kandungan Silikon dalam aluminium paduan keempat jenis piston hampir sama yaitu berkisar 2-3%. Kandungan Silikon sangat mempengaruhi kekerasan dan ketahanan aus dari piston, meningkatnya kandungan Silikon akan meningkatkan kekerasan dari piston sehingga meningkatkan ketahanan ketahanan aus. Secara umum komposisi kimia piston ke empat jenis pabrikan belum memenuhi standar ASTM.

Lebih lanjut, penambahan Nikel pada paduan aluminium Silikon meningkatkan kekerasan dan ketahanan korosi. Seluruh piston dari keempat pabrikan memiliki kandungan Nikel dengan kandungan yang hampir sama. Pada proses produksi piston dengan proses die casting menggunakan cetakan permanen. Untuk mengurangi die soldering saat proses pengecoran aluminium paduan ditambahkan unsur Mn yang mana membantu reaksi antara aluminium cair dengan permukaan cetakan sehingga membentuk fase intermetalik Al-Fe-Si di permukaan cetakan (Kamiluddin, 2008). Disisi lain, penambahan Mn pada aluminium paduan meningkatkan ketahanan pada suhu tinggi (Nindhia, 2010).

Untuk meningkatkan nilai kekerasan Aluminium paduan Al-Si untuk material Piston juga ditambahkan Copper. Penambahan Copper pada piston dari pabrikan W, Y dan Z masing-masing sebesar 0,118%, 0,105% dan 0,135% sedangkan pada pabrikan X lebih rendah yaitu sebesar 0,096%. Selain meningkatkan kekerasan aluminium paduan, penambahan Copper menurunkan sifat fluiditas logam cair saat penuangan logam cair ke cetakan (Suherman & Ridwan, 2018).

Tabel 1. komposisi kimia Piston berbagai merk (%)

Pabrikan	Carbon	Si	S	P	Mn	Ni	Mo	Cu
W	0.0238	3.079	0.055	0.069	-	0.001	0.032	0.118

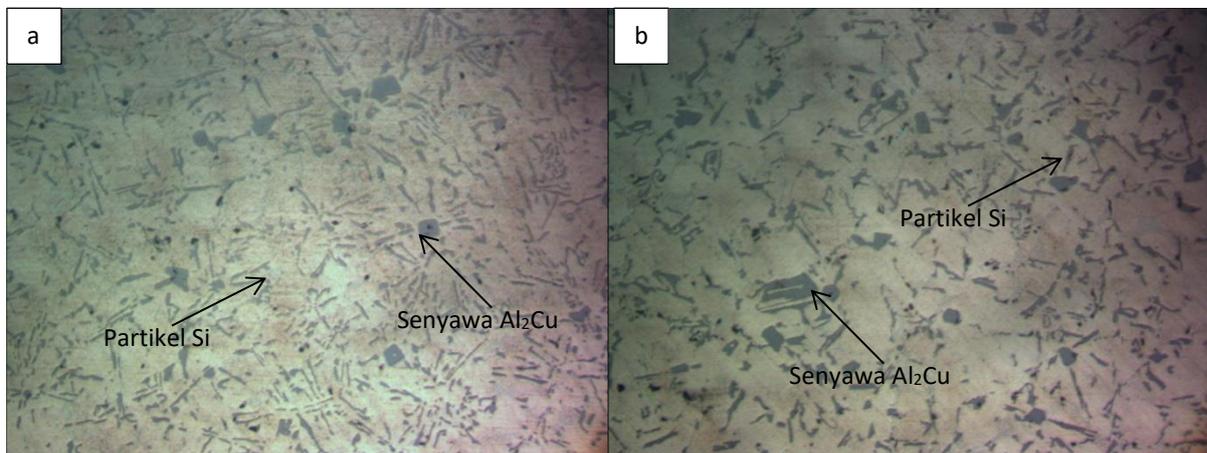
X	0.0193	2.875	0.054	0.069	0.005	0.0021	0.027	0.096
Y	0.0354	3.173	0.059	0.080	-	0.0009	0.032	0.105
Z	0.0223	3.359	0.057	0.06	0.006	0.002	0.032	0.135

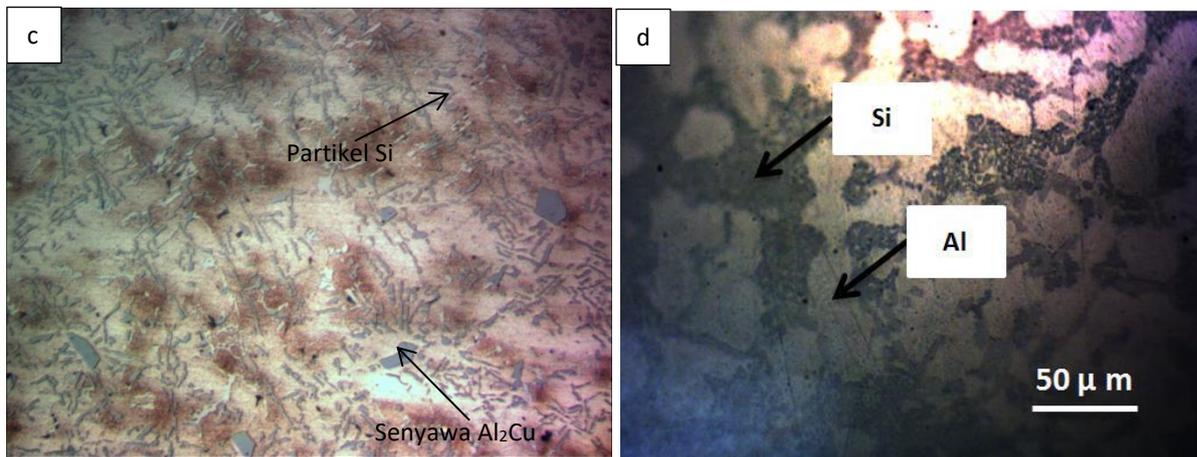
Keterangan:

W = Yamaha; X = Honda; Y = Suzuki; Z = Densin

Mikrostruktur Paduan Aluminium

Pengamatan mikrostruktur piston pada 4 pabrikan yang berbeda ditunjukkan pada gambar (4). Pada pabrikan X (gambar 4-a) terlihat partikel Si tersebar merata dengan ukuran yang seragam dengan bentuk panjang dan berujung runcing. Partikel Cu terlihat berbentuk persegi (warna gelap) tersebar di beberapa bagian. Hal ini terkonfirmasi pada pengujian komposisi yaitu sebesar 0,09 %. Karakteristik mikrostruktur pada pabrikan W hampir sama dengan pabrikan X dimana partikel Si terdistribusi merata. Lebih lanjut, pabrikan Y menunjukkan mikrostruktur dengan partikel Si yang sedikit lebih jarang dibanding produk sebelumnya (W dan X), akan tetapi secara umum hampir mendekati sama. Produk piston yang dihasilkan pabrikan Z terlihat sangat mencolok perbedaannya dibandingkan 3 produk yang lain, dimana mikrostruktur yang didominasi partikel Si yang berserabut. Partikel Si dengan bentuk berserabut ini dimungkinkan karena penambahan modifier seperti Srontium. Selain itu, ukuran *denrite arm spacing* (SDAS) terlihat berukuran kasar karena proses pendinginan yang lambat sehingga menghasilkan SDAS yang kasar. Ukuran SDAS yang kasar akan mengurangi nilai kekerasan. Hal ini terbukti dengan hasil pengujian kekerasan produk Z lebih rendah dibanding dengan piston pabrikan lainnya (gambar 4-d).



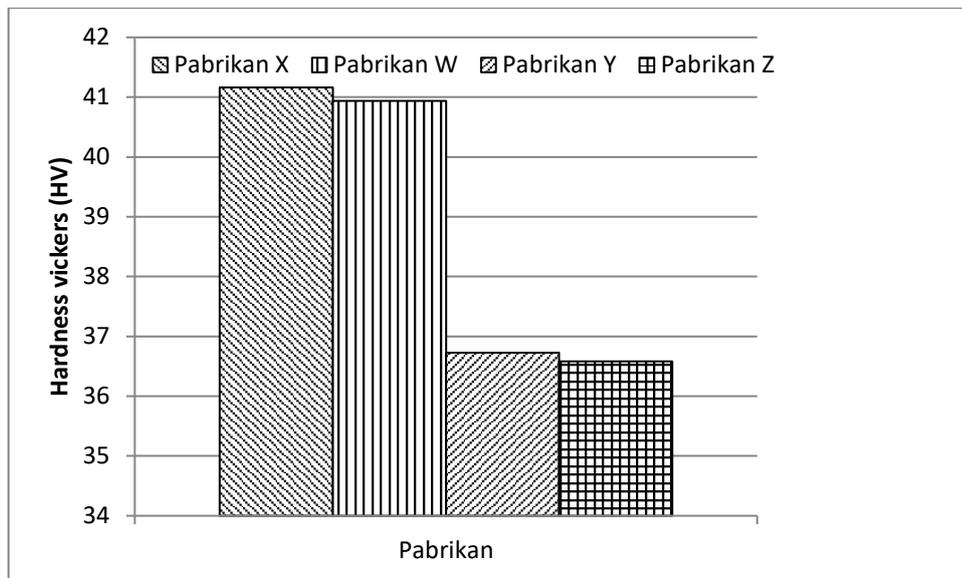


Gambar 4. Photo mikro empat jenis pabrikan a) produk X, b) Produk Y dan c) Produk W dan d) Produk Z

Jika dilihat dari pengamatan mikrostruktur terlihat produk piston yang dihasilkan tidak dilakukan proses perlakuan panas setelah pengecoran. Hasil penelitian terlihat sangat berbeda disbanding dengan hasil penelitian (Nofri, 2019) dimana partikel Silikon pada piston sebagian besar memiliki ukuran yang lebih panjang dengan ujung yang tumpul baik pada piston asli maupun produk imitasi. Selain itu terlihat senyawa Al_2Cu Nampak tersebar merata diseluruh bagian (berwarna lebih terang). Lebih lanjut terlihat SDAS pada semua jenis piston berukuran kecil dan seragam. Hal ini terlihat pada empat jenis pabrikan piston pada penelitian ini

Nilai Kekerasan

Sifat mekanis dari piston sangat dipengaruhi oleh komposisi dari aluminium paduan Al-Si. Nilai kekerasan sangat dipengaruhi oleh beberapa unsur seperti Silikon, Copper dan Nikel. Gambar (5) menunjukkan nilai kekerasan Vickers pada beberapa merk piston yang beredar dipasaran. Nilai kekerasan piston pabrikan X lebih tinggi dibanding merk lainnya (41,6 HVN). Nilai kekerasan terlihat pada pabrikan Z dengan nilai kekerasan 36,58 VHN. Nilai kekerasan merk Y (36,32 VHN) hampir sama dengan pabrikan Z. lebih lanjut pabrikan W (40,94 VHN) menunjukkan piston dengan nilai kekerasan yang hampir sama dengan pabrikan X. Secara umum, nilai kekerasan piston untuk semua pabrikan lebih rendah dibanding dengan hasil penelitian (Nofri, 2019) yaitu rata-rata sebesar 120 VHN. Hal ini lebih disebabkan karena kandungan Silikon, Copper dan Nikel yang terlalu rendah sehingga mempengaruhi nilai kekerasan piston.



Gambar 5. pengujian kekerasan pada piston berbagai pabrikan

SIMPULAN

Dari pengujian komposisi kimia, mikrostruktur dan pengujian kekerasan pada piston berbagai merk dapat ditarik kesimpulan. Secara umum komposisi kimia ke empat pabrikan hampir sama yaitu tergolong paduan Al-Si hypoeutektik dimana semua komposisi piston belum memenuhi standard ASTM sebagai material piston dimana kandungan Silikon minimal 12%Si yaitu tergolong paduan Al-Si *hypereutektik*. Nilai kekerasan piston berbeda-beda walaupun secara umum mikrostruktur dan komposisi kimianya sangat identik. Nilai kekerasan tertinggi ditunjukkan pada piston merk X yaitu sebesar 41,16 VHN. Mikrostruktur ketiga jenis piston (W, X, dan Y) hampir mirip, dimana sebagian besar partikel Si tersebar merata diseluruh bagian dengan ukuran kasar yang seragam kecuali pada sepeda motor pabrikan Z. mikrostruktur yang kasar dan nilai kekerasan yang rendah menyebabkan ketahanan aus yang rendah sehingga menyebabkan umur pakai lebih singkat. Tidak terpenuhinya standar dan kualitas Piston yang dijual dipasaran tentunya akan menyebabkan kerugian besar bagi konsumen.

DAFTAR PUSTAKA

- BPS. (2024). *Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis (Unit), 2021-2022*
- Darmawan, H. (2016). *Perbandingan Ketahanan Aus Piston GENUINE PART Dan Piston Imitasi Terhadap Piston Daur Ulang. Yogyakarta: Skripsi, D3 Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.*
- Kamiluddin, M. (2008). Pengaruh penambahan unsur mangan pada paduan aluminium 7wt% silikon terhadap sifat fisik dan mekanik lapisan intermetalik pada fenomena die soldering= The effect of additional Mn element at aluminium alloy 7wt% silicon to physical and mechanical properties of intermetallic layer at die soldering phenomenon.
- Mizhar, S., & Fauzi, R. (2016). Pengaruh penambahan magnesium terhadap kekerasan, kekuatan impak dan struktur mikro pada aluminium paduan (Al-Si) dengan metode lost foam casting. *MEKANIK: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 2(2).
- Nindhia, T. G. T. (2010). Studi Struktur mikro Silikon dalam Paduan Aluminium-Silikon pada Piston dari Berbagai Merek Sepeda Motor. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CakraM Vol*, 4(1), 31-34.
- Nofri, M. (2019). Perbandingan Nilai Kekerasan Dan Struktur Mikro Material Piston Sepeda Motor 4 Tak Original Dan Imitasi. *BINA TEKNIKA, Volume 15*.

- Nurhadi, N. (2010). *STUDI KARAKTERISTIK MATERIAL PISTON DAN PENGEMBANGAN PROTOTIPE PISTON BERBASIS LIMBAH PISTON BEKAS* [Diponegoro University].
- Nusa, M. S. (2016). FENOMENA TERJADINYA KERUSAKAN PADA MATERIAL BATANG PISTON THE PHENOMENON OF DAMAGE TO THE PISTON ROD MATERIAL. *BPPT*.
- Shahsavand, A., Azadi, M., & Parast, M. S. A. (2023). Microscopic study on the effect of nano-clay-particles on wear behaviors of piston aluminum-silicon alloy under various forces and speeds. *Micron*, 168, 103429.
- Suherman, P. R., & Ridwan, P. (2018). Effect of Cu Addition on Microstructure, Hardness and Fluidity of Aluminium Alloy Al-10Si. *Ready Star*, 1(1), 108-115.
- Suherman, S., & Fahrizal, F. (2017). Pengaruh Penambahan Mn Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro Pada Paduan Al-10si Dengan Metode Lost Foam Casting. *Majalah Ilmiah Momentum*, 13(1).
- Suherman, S., & Syahputra, S. (2014). Pengaruh Penambahan Cu Dan Solution Treatment Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro Pada Aluminium Paduan A356. *Jurnal Dinamis*, 2(14).
- Suherman, Y., Surya Murni, & Sitorus, M. (2018). Perbandingan Kekerasan dan Struktur Mikro Material Crank Shaft Sepeda Motor Beberapa Merk. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin" MEKANIK"*, 4(1).
- Sumiyanto, S. (2021). Analisa Perbandingan Kualitas Katup Original, Katup Original Ex-Pakai Dan Katup Imitasi Sepeda Motor YJZ 110. cc. *Jurnal Universitas Dian Nusantara/Tera/*, Isue 1, Edisi Maret 2021, Halaman: 84-97, 1(1), 84-97.
- Supriyanto, L., BAYUSENO, A. P., & UMARDANI, Y. (2009). Identifikasi Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Material Ring Piston Sepeda Motor Honda Supra X.
- Zhang, B., Ma, X., Liu, L., Wang, Y., Yu, H., Morina, A., & Lu, X. (2024). Reciprocating sliding friction behavior and wear state transition mechanism of cylinder liner and piston ring. *Wear*, 205293.