

Karakterisasi material *genuine, local, dan aftermarket part gear sprocket* sepeda motor Supra X-125

Material characterization of genuine, local, and aftermarket sprocket gear parts of Supra X-125 motorcycles

SKRIPSI



Disusun oleh:

Nama: Ronaldo Sautma Ebenezer

NPM: 193030108

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2025**

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

N a m a : Ronaldo Sautma Ebenezer

Nomor Pokok Mahasiswa : 193030108

Program Studi : Teknik Mesin FT UNPAS

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Dalam Skripsi yang saya kerjakan ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan/ditulis oleh orang lain untuk memperoleh gelar dari suatu perguruan tinggi,
2. Sepanjang pengetahuan saya, tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis dan diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu/dikutip/disitasi dalam naskah ini dan disebutkan dalam referensi,
3. Naskah laporan skripsi yang ditulis bukan dilakukan secara *copy paste* dari karya orang lain dan mengganti beberapa kata yang tidak perlu.
4. Naskah laporan skripsi bukan hasil *plagiarism*.

Apabila dikemudian hari terbukti bahwa pernyataan ini tidak benar maka saya sanggup menerima hukuman/sanksi apapun sesuai peraturan yang berlaku.

Bandung, 30 Desember 2024

Penulis,



Ronaldo Sautma Ebenezer

SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini, sebagai sivitas akademik Universitas Pasundan, saya:

N a m a : Ronaldo Sautma Ebenezer

NPM : 193030108

Program Studi : Teknik Mesin FT UNPAS

Jenis Karya : Skripsi

Menyatakan bahwa sebagai pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, saya menyetujui memberikan kepada Universitas Pasundan Hak Bebas Royalti Noneksklusif atas karya ilmiah saya yang berjudul:

“Karakterisasi material genuine, local, dan aftermarket part gear sprocket sepeda motor Supra X-125”

Beserta perangkat yang ada (jika ada). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Pasundan berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pakalan data (database), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta,

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Bandung, 30 Desember 2024

Yang menyatakan,



Ronaldo Sautma Ebenezer

LEMBAR PENGESAHAN

**Karakterisasi material *genuine*, *local*, dan *aftermarket* part gear
sprocket sepeda motor Supra X-125**



Nama : Ronaldo Sautma Ebenezer
NPM : 193030108

Pembimbing Utama



Ir. Syahbardin, M.T.

Pembimbing Pendamping



Dr. Ir. Endang Achdi, M.T.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Karakterisasi material *genuine*, *local*, dan *aftermarket* part gear
sprocket sepeda motor Supra X-125



Nama : Ronaldo Sautma Ebenezer
NPM : 193030108

Tanggal sidang skripsi: 30 Desember 2024

Ketua : Ir. Syahbardia, M.T.

Sekretaris : Dr. Ir. Endang Achdi, M.T.

Anggota : Mohammad Reza Hermawan, S.T., M.T.

Anggota : Ir. Bukti Tarigan, M.T.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang senantiasa memberikan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya, Tugas Akhir Skripsi ini disusun guna memenuhi persyaratan mendapatkan gelar Sarjana Teknik dengan judul “Karakterisasi material *genuine*, *local*, dan *aftermarket part gear sprocket* sepeda motor Supra X-125”.

Tugas Akhir Skripsi ini merupakan buah karya yang tidak mungkin terwujud tanpa adanya bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua yang tak pernah berhenti mendo'akan serta memberikan dukungan untuk senantiasa bersemangat dalam menutaskan kewajiban penulis sebagai mahasiswa untuk bertanggung jawab atas segala tugas yang telah diberikan hingga dapat menyelesaikan laporan ini.
2. Bapak Ir. Syahbardia, M.T. selaku pembimbing utama Skripsi.
3. Bapak Dr. Ir. Endang Achdi, M.T. selaku pembimbing pendamping Skripsi
4. Bapak Dr. Ir. Sugiharto, M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Pasundan.
5. Rekan-rekan Mahasiswa Teknik Mesin 2019 yang telah memberikan motivasi dan dukungan dalam menyelesaikan laporan ini.

Akhir kata dari Penulis, kiranya laporan usulan penelitian ini dapat bermanfaat baik bagi penulis khususnya serta pembaca yang membutuhkan laporan usulan penelitian ini.

Bandung, 30 Desember 2024



Ronaldo Sautma Ebenezer

NPM: 193030108

DAFTAR ISI

SURAT PERNYATAAN	i
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	viii
ABSTRAK	x
ABSTRACT	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1. Latar belakang.....	1
2. Rumusan masalah.....	1
3. Tujuan	1
4. Manfaat	1
5. Batasan masalah	2
6. Sistematika penulisan	2
BAB II STUDI LITERATUR	3
1. <i>Gear sprocket</i>	3
2. Fungsi <i>gear sprocket</i> pada sepeda motor.....	4
3. Klasifikasi <i>sprocket</i>	5
4. <i>Optical emission spectroscopy</i>	6
5. Uji keras <i>brinell</i>	7
6. Uji metalografi	7
7. Ukuran butir logam	8
8. Mekanisme penguatan logam	8
9. <i>Review jurnal</i>	10
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	14
1. Tahapan penelitian	14
2. Tempat penelitian.....	15

3. Peralatan dan material yang digunakan	16
4. <i>Gear sprocket genuine part</i> Supra X-125	17
5. <i>Gear sprocket aftermarket part</i> Supra X-125	17
6. <i>Gear sprocket lokal part</i> Supra X-125.....	17
7. <i>Setup</i> pengujian	18
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	19
1. Hasil pengujian	19
2. Analisis struktur mikro, komposisi kima, dan kekerasan <i>gear sprocket</i>	28
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	30
1. Kesimpulan	30
2. Saran	30
DAFTAR PUSTAKA	32
LAMPIRAN.....	35



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Penempatan <i>gear sprocket</i> pada sepeda motor [4].....	3
Gambar 2. <i>Gear sprocket genuine parts</i> [5]	4
Gambar 3. <i>Gear sprocket sss part</i> [6]	4
Gambar 4. Klasifikasi <i>sprocket</i> berdasarkan bentuk [9]	5
Gambar 5. Gigi dari <i>sprocket</i> [9].....	6
Gambar 6. Prinsip kerja <i>spectrophotometry</i> [10].....	6
Gambar 7. <i>Optical emission spectroscopy</i> [12].....	6
Gambar 8. Hasil penekanan pada uji kekerasan <i>Brinell</i> [15].....	7
Gambar 9. Tahapan penelitian	14
Gambar 10. Lokasi FT Universitas Pasundan	15
Gambar 11. Lokasi Balai Besar Logam dan Mesin (BBLM)	16
Gambar 12. Lokasi Politeknik Manufaktur Bandung	16
Gambar 13. Pengujian <i>hardness Brinell</i>	17
Gambar 14. Alat uji <i>optical emission spectroscopy</i> [28].....	18
Gambar 15. Alat uji metalografi [29]	18
Gambar 16. Uji keras <i>genuine part</i>	19
Gambar 17. Uji keras lokal <i>part</i>	19
Gambar 18. Uji keras <i>aftermarket part</i>	20
Gambar 19. Titik uji keras pada permukaan.....	20
Gambar 20. Hasil kekerasan pada bagian permukaan	21
Gambar 21. Titik uji keras pada bagian dalam	21
Gambar 22. Hasil kekerasan pada bagian dalam	22
Gambar 23. Hasil pengujian metalografi <i>genuine part</i>	23
Gambar 24. Hasil metalografi <i>genuine part</i> setelah proses <i>threshold</i>	23
Gambar 25. Hasil pengujian metalografi lokal <i>part</i>	24
Gambar 26. Hasil metalografi lokal <i>part</i> setelah proses <i>threshold</i>	24
Gambar 27. Hasil pengujian metalografi <i>aftermarket part</i>	25
Gambar 28. Hasil metalografi <i>aftermarket part</i> setelah proses <i>threshold</i>	26

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Alat yang digunakan	16
Tabel 2. Bahan yang digunakan	17
Tabel 3. Hasil uji keras bagian permukaan.....	20
Tabel 4. Hasil uji keras bagian dalam	22
Tabel 5. Hasil pengujian <i>optical emission spectroscopy genuine part</i>	27
Tabel 6. Hasil pengujian <i>optical emission spectroscopy lokal part</i>	27
Tabel 7. Hasil pengujian <i>optical emission spectroscopy aftermarket part</i>	28



ABSTRAK

Komponen *gear sprocket* banyak tersedia di pasaran dengan beberapa merek karena banyak dibutuhkan. Jenis *gear sprocket* yang tersedia di pasaran berupa *genuine part*, lokal *part*, dan *aftermarket part*. Informasi yang berkaitan dengan karakteristik *gear sprocket* masih terbatas. Berdasarkan keterbatasan informasi karakteristik ini maka dilakukan penelitian karakterisasi *gear sprocket* yang bertujuan untuk mendapatkan sifat kekerasan, struktur mikro, dan komposisi kimia. Jenis uji keras yang digunakan yaitu uji keras *Brinell*. Hasil uji keras untuk ketiga *gear sprocket* yaitu *aftermarket* memiliki kekerasan 175,89 HB, lokal 145,47 HB, dan *genuine part* 133,19 HB dan pada pengujian bagian dalam dari *gear sprocket*, *aftermarket* memiliki kekerasan 133,20 HB. *Gear sprocket aftermarket* memiliki kekerasan paling tinggi. Hasil uji struktur mikro didapat kadar perlit 74,534%. Hasil uji komposisi kimia didapat *aftermarket part* memiliki kandungan karbon paling tinggi 0,436%.

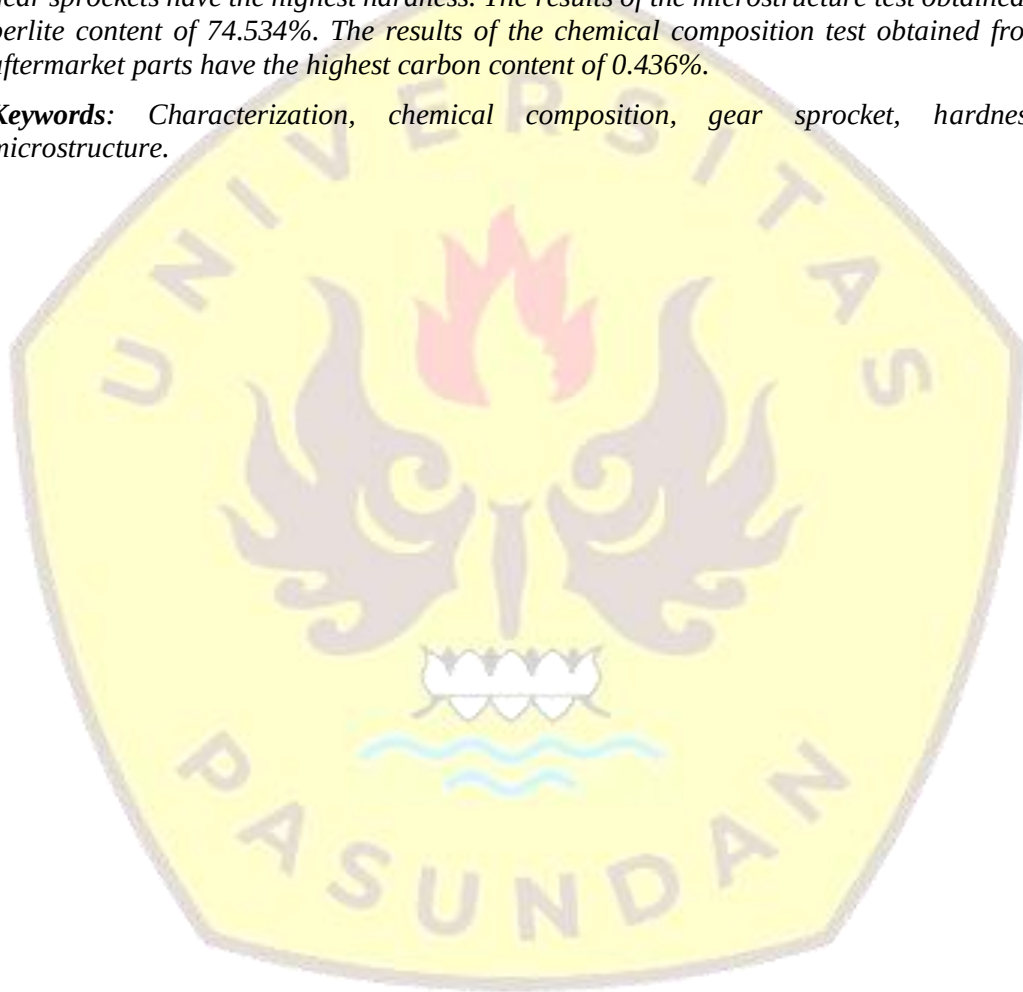
Kata kunci: *Gear sprocket*, karakterisasi, kekerasan, komposisi kimia, struktur mikro.



ABSTRACT

Sprocket gear components are widely available on the market by several brands because they are in great demand. The types of gear sprockets available on the market are genuine parts, local parts, and aftermarket parts. Information related to the characteristics of gear sprockets is still limited. Based on the limitation of this characteristic information, a characterization study of sprocket gears was carried out which aimed to obtain the hardness properties, microstructure, and chemical composition. The type of hard test used is the Brinell hard test. The hard test results for the three sprocket gears are aftermarket has a hardness of 175.89 HB, local 145.47 HB and genuine parts 133.19 HB and in the inner test of the sprocket gear, the aftermarket has a hardness of 133.20 HB. Aftermarket gear sprockets have the highest hardness. The results of the microstructure test obtained a perlite content of 74.534%. The results of the chemical composition test obtained from aftermarket parts have the highest carbon content of 0.436%.

Keywords: Characterization, chemical composition, gear sprocket, hardness, microstructure.



BAB I PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Perkembangan industri komponen otomotif membutuhkan material yang memiliki berbagai sifat sesuai dengan kondisi penggunaan komponen. Sebagaimana telah diketahui secara umum sifat-sifat material meliputi kekuatan, kekerasan, keuletan, dan ketangguhan. Salah satu komponen otomotif sepeda motor yang banyak dipergunakan adalah *gear sprocket*. Kebutuhan komponen *gear sprocket* ini sejalan dengan data Badan Pusat Statistik (BPS) yaitu jumlah kendaraan bermotor pada tahun 2023 tercatat 127.976.339 unit [1].

Gear sprocket yang beredar di pasaran bervariasi produsennya yaitu *genuine part*, lokal, dan *aftermarket*. Berdasarkan penggunaan *gear sprocket*, maka sifat mekanik yang paling dibutuhkan adalah kekerasan. Di tengah jumlah produsen suku cadang *gear sprocket* kendaraan bermotor yang banyak, masih terdapat keterbatasan informasi yang berkaitan dengan karakterisasi material *gear sprocket* baik dari produsen *genuine*, lokal, dan *aftermarket part*.

Berkaitan dengan permasalahan suku cadang *gear sprocket* yang dikemukakan di atas maka melalui penelitian ini akan dilakukan suatu upaya yaitu karakterisasi material *gear sprocket*. Karakterisasi material *gear sprocket* yang dilakukan terhadap suku cadang *genuine*, lokal, dan *aftermarket part*. Berdasarkan studi literatur karakterisasi material meliputi kekerasan, struktur mikro, dan komposisi kimia. Karakterisasi material didapat melalui pengujian di laboratorium. Pengujian yang akan dilakukan terdiri dari uji kekerasan, metalografi, dan komposisi kimia.

2. Rumusan Masalah

Berkaitan dengan permasalahan yang dikemukakan di atas, maka rumusan masalah penelitian ini bagaimana melakukan karakterisasi *gear sprocket* pada sepeda motor Supra X-125 meliputi *genuine*, lokal, dan *aftermarket part* untuk mendapatkan kekerasan, struktur mikro, dan komposisi kimia.

3. Tujuan

Tujuan penelitian ini yaitu menentukan sifat mekanik *gear sprocket genuine*, lokal, dan *aftermarket part* pada sepeda motor Supra X-125.

4. Manfaat

Adapun manfaat penelitian ini yaitu dapat membandingkan karakterisasi *gear sprocket genuine*, lokal, dan *aftermarket part* sepeda motor Supra X-125 yang meliputi kekerasan, struktur mikro, dan komposisi kimia.

5. Batasan Masalah

Ruang lingkup penelitian ini dibatasi pada karakterisasi *gear sprocket genuine*, lokal, dan *aftermarket part* pada sepeda motor Supra X-125. Karakterisasi terdiri dari pengujian dan analisis meliputi uji kekerasan, uji metalografi, dan uji komposisi kimia.

6. Sistematika Penulisan

Penyusunan penulisan laporan skripsi ini, diuraikan dengan berdasarkan beberapa bab dan disajikan dalam bentuk susunan beserta:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan mengenai latar belakang masalah, identifikasi masalah, tujuan penelitian, lingkup penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II STUDI LITERATUR

Bab ini menjelaskan mengenai beberapa teori sebagai landasan permasalahan untuk dikaji menjadi referensi.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan mengenai metode-metode yang akan dilakukan untuk menyelesaikan studi penelitian.

BAB IV ANALISIS DATA

Bab ini berisikan tentang proses pengolahan dan interpretasi data yang dikumpulkan selama penelitian untuk menjawab pertanyaan penelitian atau menguji hipotesis yang telah ditetapkan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan dari data yang sudah diperoleh dari beberapa pengujian dan saran yang diberikan untuk pengembangan berikutnya.

DAFTAR PUSTAKA

Pada bagian ini berisi tentang sumber referensi yang digunakan pada penelitian ini.

LAMPIRAN

Pada lampiran berisi tentang hasil foto-foto kegiatan, grafik pengujian, dan hasil nilai pengujian.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Berdasarkan uji kekerasan *Brinell* yang dilakukan, *aftermarket part* menunjukkan nilai kekerasan tertinggi yaitu 175,89 HB. Nilai ini paling tinggi dibandingkan lokal *part* yang memiliki kekerasan 145,47 HB.
- b. Pengujian komposisi kimia menggunakan *Optical Emission Spectroscopy (OES)* menunjukkan bahwa *aftermarket part* memiliki kandungan karbon yang paling tinggi 0,436% membuat *gear sprocket aftermarket part* memiliki kekuatan dan kekerasan paling tinggi ditambah dengan paduan unsur lain seperti silikon, mangan, titanium, dan kromium yang meningkatkan kekerasan.
- c. Hasil pengujian metalografi menunjukkan bahwa *aftermarket part* memiliki proporsi perlit yang paling tinggi 53% dibandingkan ferrit, serta ukuran butir yang lebih kecil. Membuat material lebih kuat dan keras dibandingkan dengan lokal dan *genuine part* yang memiliki ukuran butir yang lebih besar.

2. Saran

- a. Pengujian selanjutnya disarankan untuk melakukan titik uji pada bagian tepi gigi *sprocket* untuk memperoleh hasil yang lebih signifikan terhadap distribusi kekerasan material pada *gear sprocket*.
- b. Penelitian lanjutan disarankan untuk menguji ketahanan aus dan ketahanan korosi untuk melengkapi hasil uji keras dan struktur mikro.
- c. Pengujian dapat dilakukan pada berbagai jenis kendaraan atau merek *gear sprocket* lainnya untuk memperoleh data yang lebih komperhensif.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Zamzama, "Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis (Unit)," *Badan Pus. Stat.*, pp. 19–22, 2021, [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/NTcjMg%253D%253D/perkembangan-jumlah-kendaraan-bermotor-menurut-jenis.html>
- [2] K. Bagus, M. Anhar, dan A. Halim, "Uji Kekerasan Bahan Gear Sprocket Dengan Campuran Timah (Sn)," *J. Appl. Mech. Eng. Renew. Energy*, vol. 1, no. 1, pp. 16–19, 2021, doi: 10.52158/jamere.v1i1.80.
- [3] C. Wahyudi, E. Nugroho, E. Budiyo, dan M. F. Maktum, "Kaji Eksperimen Pengaruh Variasi Temperatur Pemanasan dan Media Pendingin pada Proses Quenching terhadap Perubahan Kekerasan Sprocket Gear Sepeda Motor Non Original," *Tek. Sains J. Ilmu Tek.*, vol. 6, no. 1, pp. 17–23, 2021, doi: 10.24967/teksis.v6i1.1232.
- [4] N. Erdyno, "Tambah top speed motor tanpa oprek mesin," 2015, [Online]. Available: <https://motorblitz.com/2014/11/16/tambah-top-speed-motor-tanpa-oprek-mesin/>
- [5] A. Pratama, "Catalog Book Supra X 125 Series," *Angew. Chemie Int. Ed.* 6(11), 951–952., pp. 10–27, 2018, doi: 10.4000/archipel.1332
- [6] I. Sutowo, "Katalog Produk Sss Part," pp. 1–23, 2016, [Online]. Available: <https://www.theengineerspost.com/sss-part/>
- [7] R. Edy, "Analisis Strategi Penguatan Jalur Distribusi untuk Mengantisipasi Globalisasi," *Univ. Indones. Libr.*, pp. 24–33, 2018, [Online]. Available: [https://lib.ui.ac.id/file?file=digital/old6/121603-T25789-Analisis strategi.pdf](https://lib.ui.ac.id/file?file=digital/old6/121603-T25789-Analisis%20strategi.pdf)
- [8] F. Rini, "Transmisi rantai rol," *lecture.ub.ad.id*, 2012, [Online]. Available: <http://riniftpub.lecture.ub.ac.id/files/2012/11/Transmisi-Rantai-Rol-2013.pdf>
- [9] D. Hermawan, "Karakterisasi Material Sprocket," *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, vol. 1, pp. 4–25, 2017, doi: 10.31266/at.v3i1.1940
- [10] J. Brier, dan L. Jayanti, "Prinsip Kerja Spectrophotometry," vol. 21, no. 1, pp. 1–9, 2020, doi: <https://doi.org/10.30651/jkm.v4i2.2203>.

- [11] R. Putra, S. Fernandez, dan G. Ariswan, “Karakteristik Pada Logam Baja Paduan Dengan Menggunakan Metoda X-RAY Fluorosense (XRF),” *J. Pendidik. Mat. dan Sains*, pp. 306–317, 2018, doi: 10.1016/B978-0-08-101273-4.00004- 4
- [12] T. Yamakawa, “Optical Emission Spectrometers Mobile dan Stationary”, [Online]. Available: <https://hha.hitachi-hightech.com/en/campaigns/ppc/optical-emission-sstationary>
- [13] Y. Affandi, “Pengujian Bahan,” *Bintang Konsult.*, pp. 1–4, 2013, [Online]. Available: <https://spectrographic.co.uk/products/lc200r-hardness-tester>
- [14] M. Nasoha, “Pengaruh Variasi Tekanan Torsi Terhadap Uji Kekerasan Brinell Dan Uji Mikrostruktur Pada Aluminium 6061 Menggunakan Metode Friction Welding,” vol. 2, no. 1, pp. 89–98, 2024. doi: 10.3390/fib10090074
- [15] A. Rachmayani, “Uji kekerasan Brinell ke ISO 6506 / ASTM E10,” p. 6, 2015, [Online]. Available: <https://www.zwickroell.com/id/industri/logam/standar-logam/uji-brinell-iso-6506/>
- [16] D. Juliaptini, “Skripsi Analisis Sifat Mekanik dan Metalografi Baja Karbon Rendah untuk Aplikasi Tabung Gas 3 Kg,” *Skripsi*, pp. 1–90, 2015,
- [17] A. Norman, “Pengendalian Struktur Austenit Terhadap Nukleasi Ferit Pada Proses Canai Panas Baja C-Mn,” pp. 4–15, 2010, doi: 10.24832/jpnk.v3i1.530
- [18] A. Suhartono, “Pengaruh Besar Butir Terhadap Kekuatan Fatik Eksperimen, Perhitungan Dan Simulasi,” *J. Sains Mater. Indones.*, vol. 6, pp. 37–45, 2015, doi: 10.24912/computatio.v3i2.6028
- [19] A. Nugroho, dan D. S. Soepriyanto, “Karakteristik Fisik Dan Konduktivitas Spesifik Batas Butir Dari Elektrolit Padat Gadolinium Ceria (Gc) Untuk Aplikasi Sel Bahan Bakar Oksida Padat Temperatur Menengah,” *Metalurgi*, vol. 1, pp. 27–32, 2020, [Online]. Available: www.ejurnalmaterialmetalurgi.com
- [20] D. Rohmat, T. Endramawan, E. Haris, I Basori, dan B. Susetyo, “Analisa Proses Carburizing Baja Aisi 4140 Terhadap Sifat Mekanik Dan Mikrostruktur” vol. 8, no. 1, pp. 1–23, 2016, doi: 10.62567/micjo.v1i1.39
- [21] M. Kutz, *Mechanical Engineers’ Handbook*. 2015, [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=3YmpDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=id#v=onepage&q&f=false>

- [22] W. Callister, dan D. G. Rethwisch, "Fundamentals of Materials Science and Engineering: An Integrated Approach," Wiley, p. 964, 2015. doi: 10.1142/9789814374064_0002
- [23] A. Zayadi, J. Sungkono, R. Masyhudi, dan E. Setyawan, "Pengaruh Waktu Tempering terhadap Karakter Baja s45c Pasca Quenching pada 950oc dan Tempering 500 C," *J. Teknol. Kedirgant.*, vol. 7, no. 1, pp. 34–65, 2022, doi: 10.35894/jtk.v7i1.53.
- [24] E. Boedisoesetyo, "Nilai Koefisien Pengerasan Regangan Dan Anisotropi Normal Tembaga," *Jurnal Sains Materi Indonesia*, vol. 8, no. 2, pp. 37–40, 2016, [Online]. Available: <https://journal.unesa.ac.id/index.php/jpbd/article/view/34657/11940>
- [25] P. Damanik, dan Y. Yulfitra, "Pengaruh Proses Equal Channel Angular Pressing Terhadap Sifat Mekanik Aluminium Silikon Dengan Suhu Anil 300°C," *J. Rekayasa Mater. Manufaktur dan Energi*, vol. 1, no. 1, pp. 30–38, 2018, doi: 10.30596/rmme.v1i1.2433.
- [26] P. Karthanegara, M. Sahbana, dan R. Fadhillah, "Pengaruh Ukuran Butir Serbuk Al-Cu terhadap Nilai Kekerasan dan Struktur Mikro Metal Matrix Composite Al-Cu+Al₂O₃," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 17, no. 3, p. 351, 2022, doi: 10.32497/jrm.v17i3.3140.
- [27] D. Phutra, "Banyak perhatian diberikan untuk mengembangkan teori pengerasan regang yang didasarkan atas model dislokasi.," *J. Rekayasa Mater. Manufaktur dan Energi*, vol. 6, pp. 37–45, 2019, doi: 10.11648/j.sr.20160403.13
- [28] K. Jati, "Karakteristik Baja Karbon Rendah Hasil Proses Quenching," *J. Repos. Untidar*, vol. 75, no. 17, pp. 399–405, 2021, doi: 10.1080/15440478.2019.1579156
- [29] D. Pamuji, "Specifications: Features & Accessories, Terms of Sale, Price, request quotation," pp. 1–3, 2021, [Online]. Available: <https://www.detech.co.id/uji-komposisi-kimia/>
- [30] A. Suhendar, "Laboratorium Uji Logam Polman," 2023, [Online]. Available: <https://laboratoriumceper.wordpress.com/jenis-pengujian/>