

ANALISIS KEKERASAN MAKRO PADA REL KERETA API TANJUNG KARANG TIPE R54

Akmal Afif Kenedi¹, Fajar Paundra^{1*}, Eko Pujiyuliyanto¹, Abdul Muhyi¹, Muhammad Syaukani¹, Setiyo Rojikin², Yudi Kurniawan³

¹Prodi Teknik Mesin Institut Teknologi Sumatera

²Prodi Teknik Mesin Produksi dan Perawatan Politeknik Negeri Malang

³Prodi Alat Berat Politeknik Negeri Balikpapan

*Corresponding author: fajarpaundra@ms.itera.ac.id

Diterima: 24 April 2024

Direvisi: 28 Mei 2024

Disetujui: 21 Juli 2024

Terbit online: 25 Juli 2024

ABSTRAK

Mikrostruktur sangat berpengaruh terhadap karakteristik material. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui tingkat kekerasan makro pada kepala rel kereta api tipe R54 yang digunakan di tanjung karang. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian kekerasan dengan menggunakan metode vickers dengan menggunakan *Universal Hardness Tester*. Hasil pengujian kekerasan pada bagian kepala yang rel yang dilakukan dengan tiga kali pengujian dimana dua pengujian dilakukan pada spesimen A dan satu pengujian dilakukan di spesimen B. pengujian pada spesimen A yang diambil secara vertikal memiliki nilai rata-rata 347,31 HVN dan pengujian yang diambil secara horizontal memiliki nilai rata-rata 354,077 HVN. Sementara pengujian yang dilakukan pada spesimen B yang berupa potongan dari bagian kepala rel memiliki nilai kekerasan rata-rata 362,60 HVN.

Kata Kunci : kekerasan Vickers, rel, makro

ABSTRACT

Microstructures greatly influence material characteristics. This research was carried out with the aim of determining the level of macro hardness on the R54 type railway head used in Tanjung Karang. The tests carried out included hardness testing using the Vickers method using the Universal Hardness Tester. The results of the hardness test on the rail head were carried out in three tests where two tests were carried out on specimen A and one test was carried out on specimen B. The test on specimen A taken vertically had an average value of 347.31 HVN and the test taken horizontally it has an average value of 354,077 HVN. Meanwhile, tests carried out on specimen B, which was a cut from the rail head, had an average hardness value of 362.60 HVN.

Keywords: Vickers hardness, rail, macro

1. PENDAHULUAN

Sistem jalur kereta api, rel adalah salah satu bagian yang paling terpenting untuk menahan/menekan beban oleh beban gandar (*excel load*) melalui roda kereta ke seluruh struktur pendukung rel dibawahnya. Beban yang akan terjadi di permukaan kontak antara roda kereta dan rel kereta kerap kali menimbulkan tegangan yang melebihi kekuatan luluh (*yield strength*) dari material rel[1].

Saat ini, rel kereta api di Indonesia dibedakan menjadi beberapa tipe yaitu R54, R50, dan R42[2]. Berdasarkan standar dari UIC (*International Union Of Railways*) kode nomor dari tipe-tipe rel tersebut memiliki arti berat rata-rata batangan baja rel di setiap meter panjangnya. Selain

perbedaan pada beratnya, perbedaan dari tipe-tipe rel tersebut adalah pada dimensinya. Semakin besar angka pada tipe maka semakin tebal pula dimensinya[3][4]. Tipe rel yang saat ini paling banyak digunakan di Indonesia terutama khususnya di daerah Sumatera jalur Lampung – Sumatera Selatan adalah tipe R54 yang digunakan pada jalur dengan kepadatan material yang diangkut sehingga beban yang sangat besar dan terjadi berulang-ulang dapat mengakibatkan material di permukaan dan sedikit dibawah permukaan kontak mengalami deformasi/regangan geser plastis dan dapat terakumulasi sangat besar[5]. Penelitian yang dilakukan oleh Muhyi (2023)[6] menyebutkan bahwa pada rel kereta api jenis R54 tanjung karang sering terjadi kerusakan dan menyebabkan kecelakaan kereta api.

Berdasarkan pada uraian diatas dan penelitian sebelumnya dapat dijelaskan bahwa penelitian tentang analisa rel kereta api Tanjung Karang belum pernah dilakukan sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut sehingga bertujuan untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik pada rel kereta api tanjung karang tipe R54.

2. METODE PENELITIAN

Spesimen yang digunakan pada penelitian ini adalah rel kereta api tipe R54. Adapun bagian yang digunakan yaitu bagian kepala rel kereta api tipe R54 yang ditunjukkan pada Gambar 1. Rel tipe R54 dipotong menggunakan mesin *band saw* untuk membentuk material Rel R54 menjadi spesimen yang akan diuji. Kemudian spesimen di haluskan menggunakan mesin *Polisher Grinder Buehler EcoMet 30 Manual Twin* sehingga menjadi rata dan siap di uji.



Gambar 1. Rel kereta api tipe R54

Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui tingkat kekerasan pada spesimen rel R54. Pengujian dilakukan menggunakan metode makro *vickers* dengan menggunakan pembebanan 10 kgf dan waktu pengujian 10 detik. Pengujian dilakukan pada 2 spesimen yang diuji yaitu A dan B dimana pada spesimen A dilakukan pengujian pada posisi horizontal dan vertikal. Pada spesimen B yaitu pada potongan kepala rel dilakukan pengujian secara vertikal. Berikut merupakan persamaan untuk menghitung nilai kekerasan pada pengujian *vickers* :

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

Keterangan : P = Beban yang ditetapkan (kgf)
 θ = Sudut permukaan antara intan yaitu 136°
 d = Panjang diagonal rata-rata (μ)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

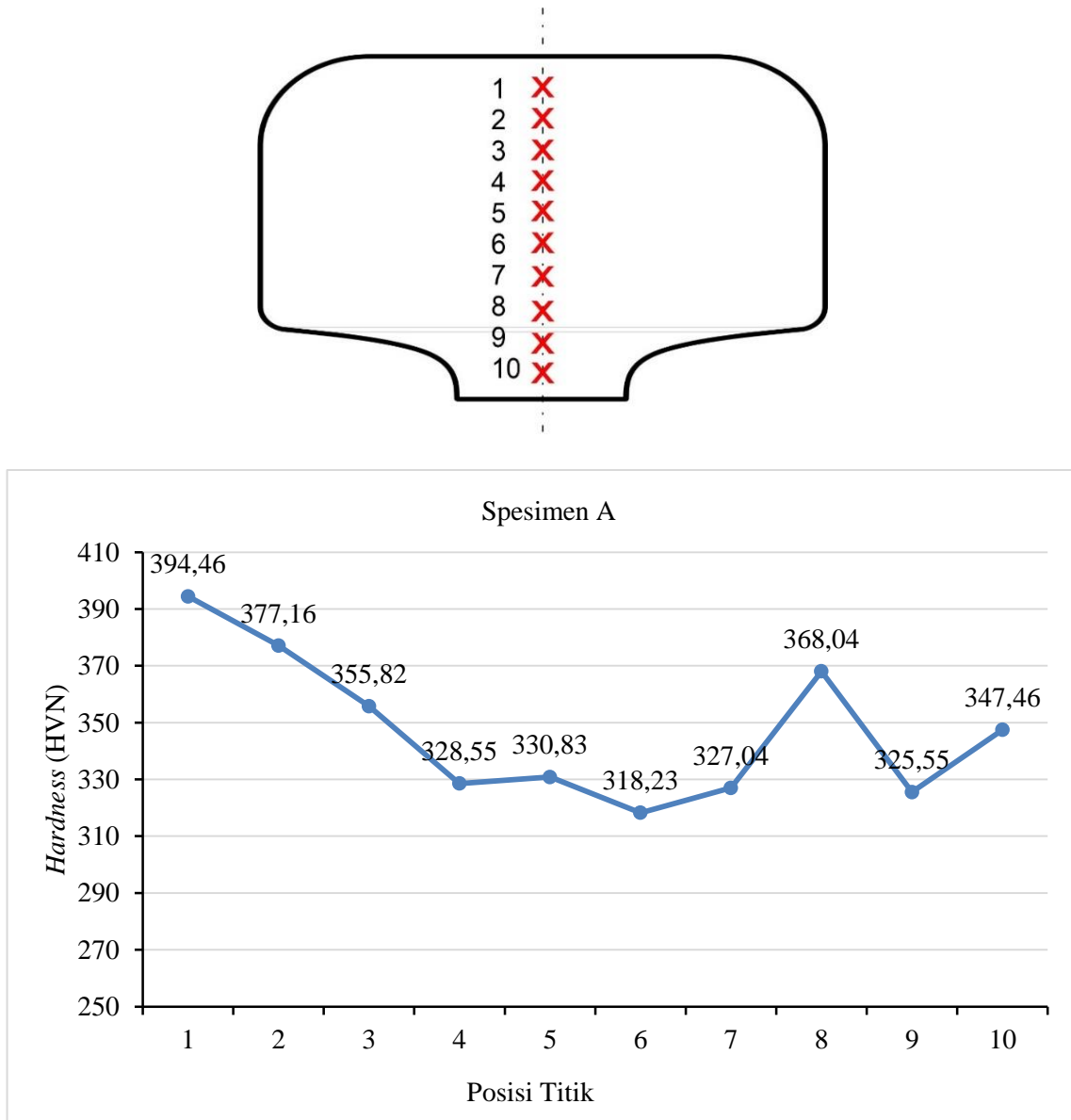
Jenis spesimen yang digunakan pada penelitian ini adalah kepala rel kereta api tipe R54 yang tergolong kedalam jenis baja karbon tinggi bias dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi kimia pada Rel kereta api tipe R54

Unsur	SEMPEL UJI	
	482/21-S1280 (%)	Standart Deviasi
C	0,920	0,0074
Si	0,489	0,0066
Mn	1,053	0,022
P	0,053	0,026
S	0,033	0,026
Cr	0,125	0,0032
Mo	0,0098	0,0013
Ni	0,071	0,088
Cu	0,017	0,011
Al	<0,0020	0,016
Co	<0,0030	0,0004
Nb	0,0083	0,0004
Ti	<0,0020	0,0003
V	<0,0030	0,0009
W	<0,020	0,0084
B	<0,0010	0,0004
Sn	0,0035	0,0010
Fe	97,24	0,080

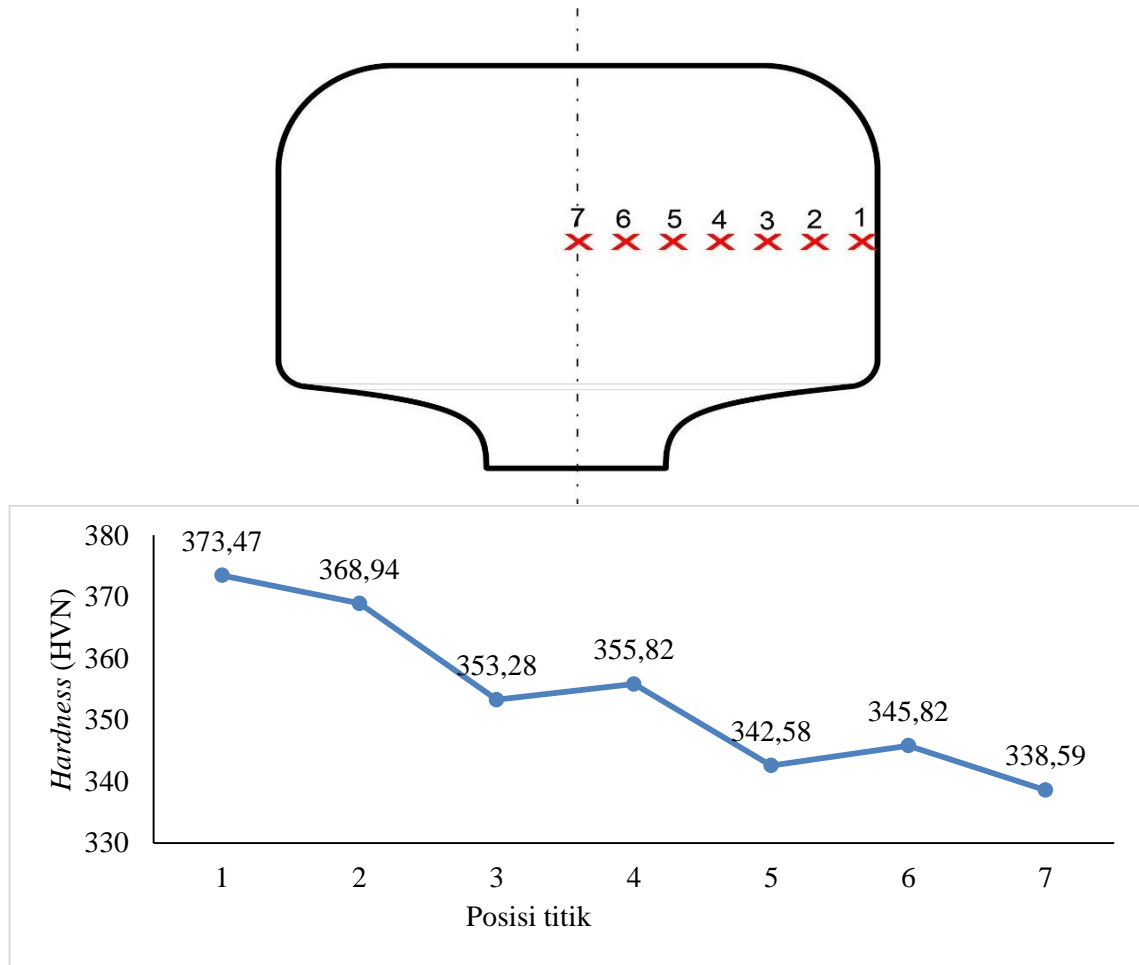
Tabel 1. menunjukkan komposisi kimia dari material rel kereta api R54. Pada umum nya unsur kimia terdiri dari beberapa unsur logam dan non-logam dapat dilihat bahwa material yang diuji termasuk kedalam jenis baja karbon tinggi sebab dalam kadar C yang tinggi yang memiliki kisaran nilai diatas 0,5% dan memiliki kandungan Mn yang relatif tinggi dibandingkan dengan unsur pepadu lain. Kedua unsur ini memiliki peranan yang cukup penting dalam pembentukan fasa *pearlite*, dimana unsur C yang berperan banyak sedikitnya terbentuk *sementit* sedangkan Mn berperan dalam meningkatkan jumlah *pearlite*, menurunkan jarak *lamellar* dan meningkatkan ukuran butir *ferrite*. Adanya kandungan Si di dalam material uji Bersama dengan unsur C dan Mn pada aplikasinya diharapkan mampu meningkatkan kekuatan aus dari material baja rel[7].

Pengujian kekerasan bertujuan untuk menentukan nilai kekerasan pada sampel yang diuji. Pengujian kekerasan ini dilakukan dengan menggunakan standar ASTM E92. Pada pengujian ini menggunakan metodi *vickers* dimana nilai kekerasan pada material terhadap indenter intan yang di tekan pada permukaan sampel yang di uji dengan menggunakan mesin uji *Universal Hardness Tester*. Pengujian kekerasan dengan metode *vickers* ini dilakukan pada 3 sampel material rel kereta api pada bagian kepala (*head*). Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kekerasan pada beberapa bagian spesimen rel kereta api dengan menggunakan metode *vickers* dengan pembebanan yang dilakukan yaitu 10 kgf dalam waktu 10 detik. Data yang diperoleh akan ditampilkan dalam bentuk grafik dan tabel.



Gambar 2. Spesimen A dengan pengambilan vertikal dan grafik uji kekerasan

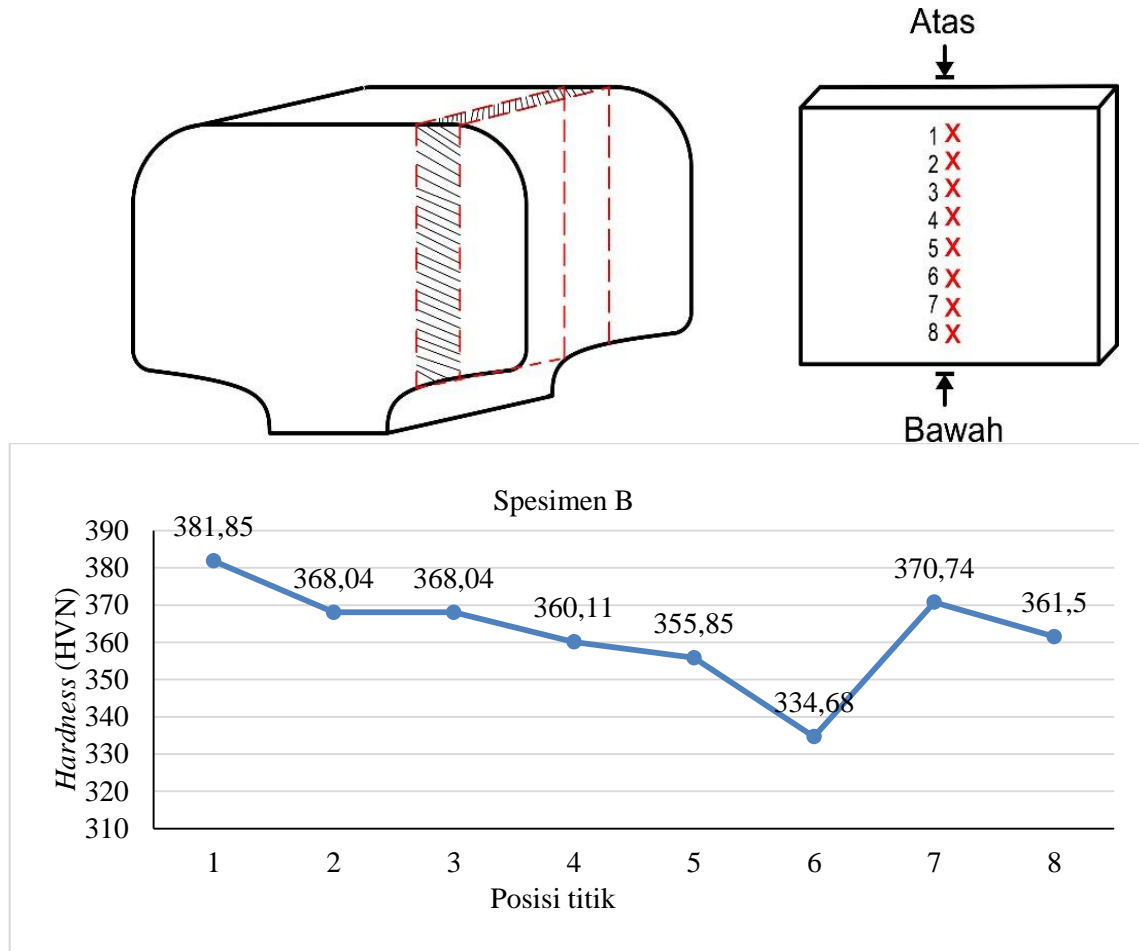
Gambar 2. terdapat pengujian pada bagian kepala dilakukan beberapa kali pengujian kekerasan menggunakan metode vickers sepanjang arah vertikal pada kepala rel R54. Hasil nilai kekerasan yang terdapat pada bagian tepi titik 1 memiliki nilai kekerasan 394,46 HVN merupakan posisi yang tertinggi dalam pengujian. Sedangkan dalam posisi titik ke 2-5 mengalami penurunan yang signifikan hingga ke bagian tengah posisi 5 yang memiliki nilai kekerasan 328,55 HVN. Kemudian turun lagi hingga ke bagian *neck* posisi titik ke 10 sebelum mencapai badan rel memiliki nilai kekerasan 347,46 HVN. Sehingga pada pangujian pada spesimen A yang dilakukan secara vertikal memiliki nilai rata-rata kekerasan 347,31 HVN. Penurunan nilai dari hasil tersebut dipengaruhi oleh banyaknya kandungan fasa *pearlite* yang di dominasi pada bagian tepian kepala rel[8].



Gambar 3. Spesimen A dengan pengambilan horizontal dan grafik uji kekerasan

Gambar 3 pengujian pada spesimen A dilakukan secara horizontal dari tepi pinggiran samping hingga ke arah tengah spesimen rel R54. Pada hasil pengujian kekerasan yang telah dilakukan di dapat nilai terluar pada titik 1 yaitu 373,47 HVN dan mengalami penurunan nilai kekerasan hingga titik 7 senilai 338,59 HVN. Sehingga pada data yang telah di peroleh dari pengambilan secara horizontal ini memiliki nilai kekerasan rata-rata 354,07 HVN. Hal tersebut dapat dipengaruhi karena pada struktur mikro bagian terluar hingga ke dalam spesimen adanya perbedaan kerapatan pada fasa perlit. Pada bagian terluar hingga dalam kerapatan fasa *pearlite* menunjukkan perbedaan dimana kerapatan fasa *pearlite* di bagian terluar sangat banyak hingga memiliki nilai yang tinggi[9].

Gambar 4 menunjukkan potongan pada bagian kepala rel tipe R54 yang diuji kekerasan dari bagian atas hingga ke bawah. Pengujian dilakukan pada bagian tepi atas hingga bawah. Nilai pada titik 1 yaitu 381,85 HVN menunjukkan tingkat kekerasan yang tinggi. Kemudian mengalami penurunan tingkat kekerasan hingga titik 6 senilai 334,68 HVN ini menunjukkan bahwa penurunan yang terjadi dikarenakan pengaruh perbedaan kandungan struktur fasa *pearlite* yang lebih sedikit daripada bagian tepi atas maupun tepi pada titik 6 yang senilai 361,5 HVN. Sehingga pada pengujian yang dilakuan pada potongan kepala rel ini memiliki nilai kekerasan rata-rata 362,60 HVN.



Gambar 4. Spesimen B potongan bagian dalam rel dan grafik uji kekerasan

4. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan terhadap kepala rel kereta api Tanjung Karang tipe R54 dapat disimpulkan bahwa pada kepala rel merupakan *fully pearlitic steel* dimana memiliki nilai C hampir 0,8%, serta memiliki kandungan utama C, Si, Mn. Unsur Mn yang terkandung pada kepala rel memiliki peran terbentuknya fasa *pearlite* dan Si berperan bersama C dan Mn yang diharapkan dapat meningkatkan kekuatan aus dari material kepala rel kereta api Tanjung Karang.

Pada pengujian kekerasan dilakukan pada dua spesimen dengan menggunakan metode *vickers*. Dimana hasil yang diperoleh pada spesimen A dengan pengambilan data secara vertikal memiliki nilai rata-rata kekerasan 347,31 HVN. Kemudian pengujian yang dilakukan pada spesimen A dengan pengambilan secara horizontal memiliki nilai kekerasan rata-rata 354,07 HVN. Pada spesimen B yang merupakan potongan dari bagian kepala rel memiliki nilai kekerasan rata-rata 362,60 HVN. Dapat disimpulkan bahwa pada pengujian kekerasan dengan metode *vickers* dengan pembebanan 10 kgf dan jarak antar indent 5 mm. pada bagian tepi atas maupun luar dari spesimen memiliki nilai kekerasan yang tinggi sedangkan ketika ada pada di bagian tengah dan bawah spesimen nilai kekerasan pada material mengalami penurunan yang cukup besar. Hal ini dapat disebabkan karena pengaruh kandungan unsur dan perbedaan struktur mikro yang terdapat pada bagian material kepala rel tipe R54 serta jarak antara fasa perlit dan jumlah fasa *pearlite* yang ada.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. A. Yudistirani, E. Diniardi, H. Basri, and A. I. Ramadhan, "Analisa Keausan Dan Faktor Keamanan Keluar Rel Pada Kereta Api Lokomotif," *J. Teknol.*, vol. 13, no. 2, pp. 209–216,

- 2021, [Online]. Available: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/jurtek/article/view/9960>.
- [2] F. Paundra et al., “Compressor Valve Maintenance on CC 205 UPT Locomotive Depot Divre IV,” vol. 1, no. 1, pp. 53–58, 2023.
- [3] F. C. Robby Dwiwandono, Leksono Firmansyaha, Satrio Herbirowob, M Yunan Hasbib, “ANALISA STRUKTURMIKRO DAN PENGARUHNYA TERHADAP SIFAT MEKANIS BATANGAN REL TIPE R54 Robby,” vol. Metalurgi, 2017.
- [4] W. A. Wirawan, T. A. Cundoko, H. B. Wahjono, F. Rozaq, and , S., “Rancang Bangun Teknologi Automatic Surface Treatmen Untuk Meningkatkan Ketahanan Jalan Rel Kereta Api,” *J. Perkeretaapi. Indones. (Indonesian Railw. Journal)*, vol. 5, no. 1, pp. 1–9, 2021, doi: 10.37367/jpi.v5i1.129.
- [5] W. T. Adi, “Kajian Umur Jalan Rel Berdasarkan Keausan dengan Metode dari AREA dan Perjana,” *J. Perkeretaapi. Indones. (Indonesian Railw. Journal)*, vol. 3, no. 2, 2019, doi: 10.37367/jpi.v3i2.84.
- [6] A. Muhyi, N. Ramadhanty, E. Pujiyulianto, and K. Rajagukguk, “Analisa Pengaruh Variasi Media Pendingin Pada Perlakuan Panas Terhadap Struktur Mikro Dan Nilai Kekerasan Fully Pearlitic Steel,” vol. 12, no. 02, pp. 189–195, 2023.
- [7] E. Surojo et al., “Effect of water flow and depth on fatigue crack growth rate of underwater wet welded low carbon,” pp. 329–338, 2021.
- [8] A. Ihlas, “Analisis Kerusakan Rel Kereta Api Angkutan Batubara,” *J. Teknol. Bahan dan Barang Tek.*, vol. 7, no. 1, p. 7, 2017, doi: 10.37209/jtbtt.v7i1.89.
- [9] E. Pujiyulianto, F. Paundra, J. B. Meliala, and H. T. Yudistira, “Journal Homepage : R54 DIVRE IV TANJUNG KARANG ANALYSIS OF MICROSTRUCTURE AND WEAR RESISTANCE OF RAILROAD RAIL TYPE R54 DIVRE IV TANJUNG KARANG,” vol. 44, no. 2, 2022.