



Analisis Kerusakan Pada Permukaan Roda Kereta Rel Listrik

Analysis of Damage on the Surface of the Wheel of Electric Rail Train

Muhammad Ardiansyah¹ dan Dwi Rahmalina^{2*}

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta 12640, Indonesia

²Program Studi Magister Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta 12640, Indonesia

Informasi artikel:

Diterima:
01/12/2022
Direvisi:
27/12/2022
Disetujui:
30/12/2022

Abstract

The wheels of electric rail cars are an essential component of rail transportation when they are in use. At the time of inspection, the technician discovered damage to the wheel's surface. This is due to the hardening of the brake block, which damages the wheel's surface. This research was conducted with the purpose of analyzing the causes of damage to the tread surface of the wheels and identifying a suitable replacement for the original brake block, which is no longer manufactured and has been replaced by imitation block brakes. so that further action can be taken to prevent similar occurrences in the future. Using the Vickers hardness test indentation method, the purpose of this study is to examine various heat treatments for determining a material's hardness level. The test results indicate that the VHN value increases with increasing heating temperature. The original specimen produced 99.5 VHN in the first test without heat treatment, while the X block brake produced 26.9 VHN and the Y brake produced 136.0 VHN. The second test with 200°C heat treatment on the original specimen yielded 96.8 VHN, 73.1 VHN from the X block, and 152.9 VHN from the Y block. In addition, the third test with 400°C heat treatment on the original specimen produced 92.4 VHN, 47.8 VHN for the X block brake, and 268.3 VHN for the Y block brake. The Vickers Hardness Test (VHN) hardness value is affected by heat treatment; the higher the heating value, the higher the hardness value of the remolok specimen.

Keywords: damage to surfaces, wheels, block brakes, electric trains.

SDGs:



Abstrak

Roda kereta rel listrik merupakan komponen penting bagi transportasi kereta saat beroperasi. Pada saat pemeriksaan oleh teknisi ditemukan kerusakan pada bagian permukaan roda. Penyebabnya adalah mengerasnya rem blok yang menyebabkan kerusakan pada permukaan roda. Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk menganalisis penyebab terjadinya kerusakan pada permukaan tapak roda dan menentukan pengganti rem blok original yang sudah tidak diproduksi dengan rem blok tiruan yang ada dipasaran. sehingga dapat dilakukan tindak lanjut agar tidak terjadi kembali hal yang serupa. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan investigasi bermacam perlakuan panas untuk mengetahui tingkat kekerasan suatu material dengan menggunakan metode indentasi uji kekerasan vickers. Pada hasil pengujian memperlihatkan semakin tinggi temperatur pemanasan maka semakin besar nilai VHN. Terlihat dari pengujian pertama tanpa perlakuan panas pada spesimen original menghasilkan 99,5 VHN, rem blok X menghasilkan 26,9 VHN, rem blok Y menghasilkan 136,0 VHN. Pengujian kedua dengan perlakuan panas 200°C pada spesimen original menghasilkan 96,8 VHN, rem blok X menghasilkan 73,1 VHN, rem blok Y menghasilkan 152,9 VHN. Selanjutnya dari pengujian ketiga dengan perlakuan panas 400°C pada spesimen original menghasilkan 92,4 VHN, rem blok X menghasilkan 47,8 VHN, rem blok Y menghasilkan 268,3 VHN. Perlakuan panas berpengaruh pada nilai kekerasan Vickers Hardness Test (VHN), semakin tinggi nilai pemanasan semakin besar pula nilai kekerasan spesimen rem blok.

Kata Kunci: kerusakan permukaan, roda, rem blok, kereta listrik.

*Penulis Korespondensi. Tel: -; Handphone: +62 816 774 504
email : drahmalina@univpancasila.ac.id



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

1. PENDAHULUAN

Kereta Rel Listrik merupakan rangkaian kereta api yang sistem traksi atau tarikan geraknya memanfaatkan tenaga listrik. Penyebutan kereta listrik lebih melihat pantograf sebagai *gateway* (sumber masuknya) energi listrik untuk traksi, bukan traksi motornya (KAI, 2017). Karena itu lokomotif DE (*Diesel Elektrik*) dan KRD (Kereta Rel Diesel) tidak dapat disebut kereta listrik karena tidak mempunyai pantograph. Kereta listrik yang ada di Jakarta sekarang bersifat *Electric Multiple Unit (EMU)* dan disebut Kereta Rel Listrik (KRL). Transportasi perkeretaapian di Indonesia terus berkembang pesat. Hal ini dapat dilihat dari jenis kereta rel listrik di Indonesia saat ini cukup banyak, khususnya kereta dalam kota (Jumardi dkk., 2020).

Kereta merupakan transportasi massal yang digunakan untuk memindahkan orang atau (objek) benda dari satu tempat (awal atau semula) ke tempat yang lain (tempat yang berbeda) dengan memprioritaskan keselamatan dan kenyamanan (Jumardi dkk., 2020). Pada proses pindahan tersebut diperlukannya komponen perangkat roda pada rangkaian kereta, dimana perangkat roda kereta termasuk komponen yang sangat penting didalam kereta untuk bisa melintas di rel (Supriyana dan Kholidin, 2016). Perangkat roda kereta rel listrik mempunyai spesifikasi material dan bentuk yang tidak sama dari transportasi lain di jalan raya umumnya, maka dari itu desain daripada roda kereta didesain sedemikian bentuk berdasarkan standart kereta untuk bisa melaju dan berjalan di rel (Soejima, 2003; Sone, 2018).

Perangkat roda kereta rel listrik mempunyai karakteristik diantaranya tahan terhadap aus, kuat, dan tahan keretakan dampak dari gesekan dengan rem blok yang menimbulkan temperatur meningkat hingga 400°C, dan kebisingan dari kontak roda dengan rem blok maupun roda dengan rel. Rem blok kereta rel listrik perannya dalam mengendalikan laju kecepatan kereta saat sedang beroperasi. Rem blok kereta bekerja menekan permukaan roda (Fitria dan Pamuji, 2015). Saat ini suku cadang rem blok original dari pabrikan negara Jepang sudah tidak diproduksi di negara Jepang, karena kereta rel listrik seri ini sudah

dipensiunkan di negara Jepang dan sekarang dibeli oleh negara Indonesia untuk di operasikan kembali di Indonesia. Oleh sebab itu, banyak suku cadang untuk kereta seri ini yang kemudian suku cadangnya dibuat kembali (ditiru) dengan spesifikasi menyerupai originalnya agar kereta ini dapat beroperasi. Salah satunya ialah suku cadang rem blok. Suku cadang rem blok yang digunakan kereta rel listrik saat ini ialah rem blok tiruan dari rem blok original yang di produksi oleh PT.X (yang selanjutnya disebut rem blok X) dan (PT.Y yang selanjutnya disebut rem blok Y) dengan komposisi dan spesifikasinya mendekati rem blok originalnya. Tetapi kualitas kehandalan dari kedua pabrikan tersebut belum dapat menyamai rem blok original pabrikan negara Jepang. Hal ini dikarenakan rem blok tiruan tersebut sering merusak bagian permukaan roda pada saat pengereman.

Overhaul (perawatan atau perbaikan) kereta dilakukan secara berkala 4 tahunan atau 520.000 km untuk setiap satu set rangkaian kereta yang merupakan bagian dari *corrective maintenance* (pemeliharaan terjadwal berdasarkan oleh waktu tahunan atau jam operasi) (Supriyana dan Kholidin, 2016). Kemudian memeriksa bagian kereta hingga ke komponen terkecil. Untuk menjaga keandalan sarana armada kereta rel listrik dan mendapatkan kelayakan dalam beroperasi. Pada saat proses *overhaul* diketahui adanya kerusakan permukaan roda dan keausan rem blok yang tidak normal (janggal) saat menggunakan (rem blok X atau rem blok Y) rem blok tiruan, menyebabkan kerusakan permukaan roda. Dari data yang diambil pada bulan Maret di Depo KRL depok tercatat 28 kereta mengalami kerusakan permukaan roda.



Gambar 1. Kerusakan permukaan roda yang disebabkan oleh rem blok

Kerusakan permukaan roda merupakan terkikis bagian permukaan permukaan roda membentuk pola bersisik. Penyebab terjadinya kerusakan permukaan roda adalah mengerasnya rem blok yang mengakibatkan mengikisnya atau pengikisan pada permukaan roda. **Gambar 1** merupakan dokumentasi dari kerusakan permukaan roda kereta rel listrik.

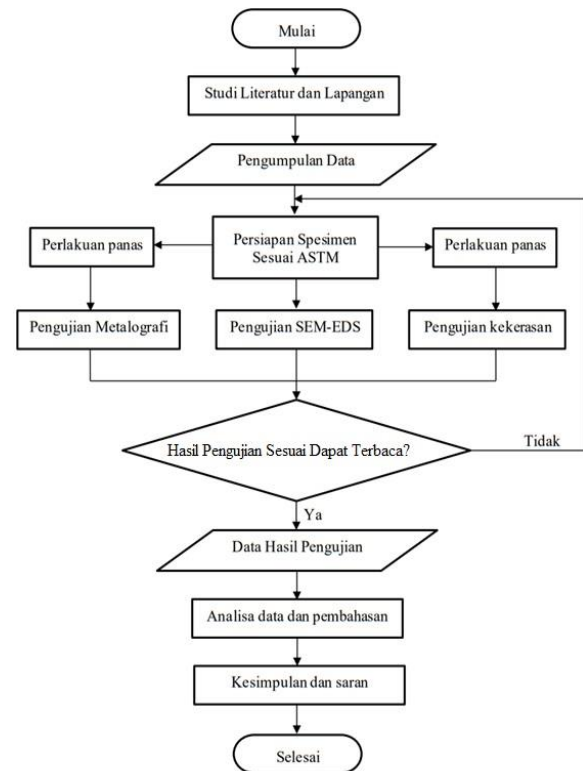
Karena interaksi dengan rem blok saat pengereman, perangkat roda mengalami aus dengan tingkatan variasi yang berbeda. Material rem blok adalah faktor yang sangat penting pada dampak rusaknya roda. Langkah selanjutnya yang dilakukan oleh teknisi hanya sebatas pengamatan visual. Hasil investigasi tersebut menjadi kasus kualitas rem blok pada roda nyaris disemua kereta, oleh karena itu penulis mengambil kasus ini untuk bahan penelitian.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis penyebab terjadinya kerusakan pada permukaan roda dan menentukan pengganti rem blok original yang sudah tidak diproduksi dengan rem blok tiruan yang ada dipasaran. roda kereta rel listrik. Hasil yang diharapkan dari penelitian ini dapat menyelesaikan masalah kerusakan roda, usia roda dan rem blok menjadi panjang sehingga perawatan dan pengoperasian kereta menjadi lebih baik.

2. METODOLOGI

Metode penelitian yang dilakukan merupakan metode eksperimen uji mikro struktur, uji komposisi dan uji kekerasan. Rem blok dengan kata lain kampas rem adalah komponen *consumable* pada suatu sistem pengereman yang fungsinya untuk mengontrol dan memberhentikan putaran poros, mengatur berputarnya poros serta mencegah poros yang putarannya tidak diinginkan (AS, 2012). Banyak jenis rem blok yang dipakai dalam industri perkeretaapian, baik dari besi tuang ataupun dari material komposit. Semakin bertambahnya pengalaman dilakukanlah penelitian pengaruh berbagai jenis bahan sepatu pada kinerja rem dan efek kebisingan yang dihasilkan. Lahirlah peraturan standar baru untuk mengganti rem blok besi tuang menggunakan rem blok dari material komposit yang saat ini sedang berlanjut

pengembangannya (Lutiyatmi dan Daryanto, 2013). Tipe yang digunakan pada rem blok original kereta rel listrik adalah komposit dengan cast iron. Dengan komposisi material mentah Serbuk besi, Serbuk Aluminium, *Artificial graphite*, carbon hitam, kalsium karbonat, silikon dioksida, magnesium silikat, serbuk NBR karet sintesis, serat aramid, dan phenolic resin (Ballew, Chan dan Sandu, 2011). Untuk membantu dalam melakukan penelitian dibuatlah diagram alir penelitian pada **Gambar 2** sebagai berikut :



Gambar 2. Diagram alir penelitian

Bagian metodologi penelitian berisikan metode penelitian yang digunakan seperti lokasi penelitian, spesifikasi alat dan bahan penelitian, teknik pengumpulan data dan teknik analisis data. Prosedur Penelitian ini meliputi:

- 1). Mesin Pemanas yang digunakan untuk memanaskan spesimen. Dipastikan kondisi pengatur *temperature* berfungsi baik.
- 2). Mikroskop optik yang digunakan untuk mengambil gambar struktur mikro (Firmansyah, 2020). Harus dipastikan kondisinya terkalibrasi dengan baik.
- 3). Pengujian SEM (*Scanning Electron Microscopy*) dan EDS (*Energy Dispersion*)

Spectroscopy) untuk mengetahui struktur mikro-morfologi permukaan dari material atau bahan dan komposisi kandungan elemen pada spesimen yang dianalisa (Sujatno dkk., 2017).

- 4). Mesin *microhardness tester* yang digunakan untuk menguji kekerasan *Vickers* pada spesimen uji (Ballew, Chan dan Sandu, 2011).

2.1. Pengujian Metalografi

Metalografi merupakan paduan seni dan ilmu yang mempelajari mengenai paduan menggunakan mikroskop optik dan struktur mikroskopis logam, mikroskop elektron dan mikroskop lainnya (Utami, 2007). Kinerja dengan sifat material terutama sifat mekanik dari logam ketentuannya di tentukan oleh struktur mikronya, dengan menganalisa struktur mikro material maka keandalan serta kinerja saat dipakai bisa dimengerti dengan mudah dan baik. Terdapat dua istilah pengujian, yang pertama yaitu *microscopic examination dan macroscopic examination*. *Microscopic examination* diartikan pengujian memakai mikroskop dengan pembesaran $\times 50$ hingga $\times 500$ dengan etsa atau tanpa proses etsa (Widjatmaka dan Prasetya, 2011; Rauf, Sappu dan Lakat, 2018). Etsa sebagai peningkatan visibilitas optik dari stuktur mikro material logam sehingga gampang dalam menentukan ukuran butiran (*grain size*) dan mengidentifikasi fasa. Larutan etsa di pilih berdasar pada kandungan komposisi, struktur kristal atau tegangan (*stress*) (Firmansyah, 2020). Pengujian *Scanning Electron Microscope (SEM)* merupakan alat yang dipakai untuk mengetahui struktur mikro-morfologi permukaan dari material atau bahan. *SEM* di lengkapi dengan piranti *Energy Dispersive X-Ray* atau yang disebut (*EDX*) sehingga bisa dipakai untuk mengetahui komposisi kandungan elemen pada spesimen yang dianalisa. Analisa struktur mikro dilaksanakan utamanya untuk mengetahui size dan bentuk partikel yang di dihasilkan (Sujatno dkk., 2017). Persiapan benda uji metalografi dengan *SEM-EDS* mengacu pada standard *ASTM E3*.

2.2. Pengujian Kekerasan Metode *Vickers*

Metode uji kekerasan *Vickers* dikembangkan oleh Robert L. Smith and George E. Sandland di *Vickers Limited* pada tahun 1921. Metode uji

kekerasan *Vickers* merupakan uji kekerasan dengan menggunakan teknik indentasi. Uji kekerasan ini dilakukan dengan cara memberi jejak pada permukaan spesimen dengan indentor. Indentor *Vickers* berupa piramida intan yang digunakan untuk menekan spesimen. Besar sudut antar permukaan pada piramida intan adalah 136° (Dieter dan Bacon, 1976).

Terdapat beberapa beban indentor yang ditekankan ke spesimen uji berdasar *ASTM E92* antara lain micro 10 g - 1000 g dan macro 1 kg - 100 kg. Untuk material indentor yang di gunakan ialah intan, sesuai namanya dari bahan intan dikarenakan sifatnya yang lebih keras dari material lain sehingga tidak perlu khawatir indentor rusak. Persiapan benda uji mengacu pada standard *ASTM E92*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

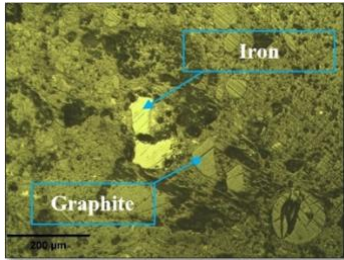
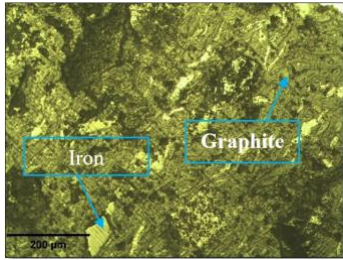
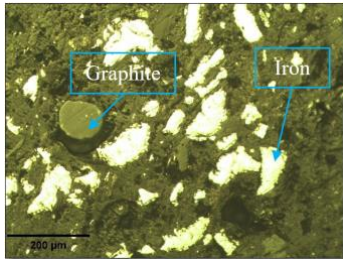
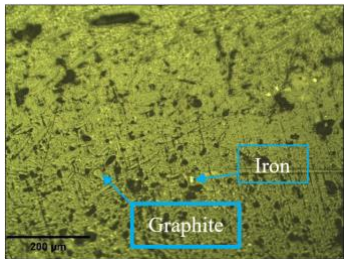
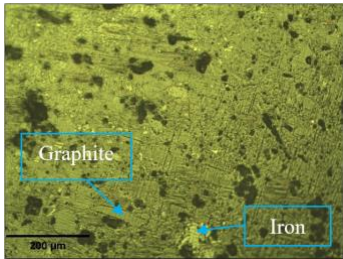
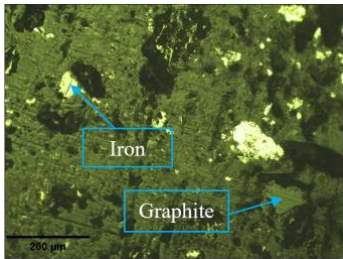
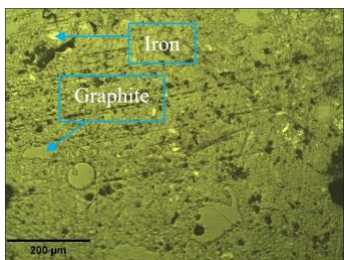
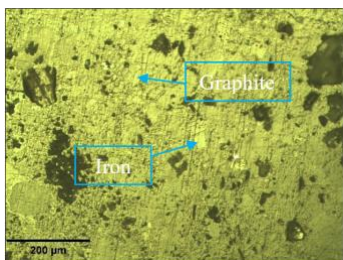
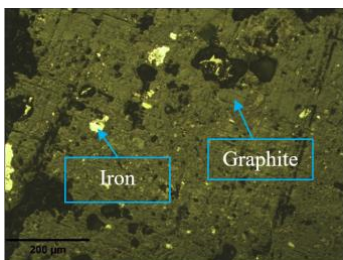
Data hasil pengujian struktur mikro terhadap rem blok menggunakan alat uji *micro hardness tester* yang dilakukan sebanyak 9 kali pengujian pada 9 spesimen material. Tabel 1 menyajikan hasil hasil pengujian struktur mikro yang dilakukan.

Pengujian struktur mikro pada material rem blok dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik. Hasil struktur mikro yang didapat dari pemotretan memperoleh butir yang cukup jelas. Serpihan *iron* yang terdapat pada rem blok fungsinya sebagai perata keausan saat pengereman yang terjadi pada permukaan roda tersebut.

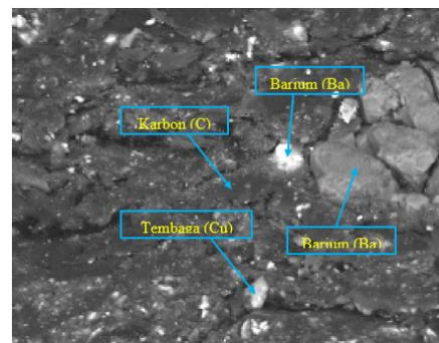
3.1. Hasil Uji Struktur Morfologi *Scanning Electron Microscopy (SEM)* dan *Energy Dispersion Spectroscopy (EDS)*

Pengujian *SEM* dan *EDS* dilakukan di Laboratorium Metalurgi Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Pengujian struktur mikro ini dilakukan untuk mengamati bentuk struktur mikro pada masing-masing material rem blok (Sujatno dkk., 2017). Selain itu dengan *EDS* juga bisa mengetahui unsur-unsur kandungan komposisi apa saja yang berada pada rem blok. Pengujian dilakukan pada rem blok dari pabrikan original dan hasil tiruan dari dua pabrikan yaitu dari Rem blok X dan Rem blok Y.

Tabel 1. Hasil pengujian struktur mikro

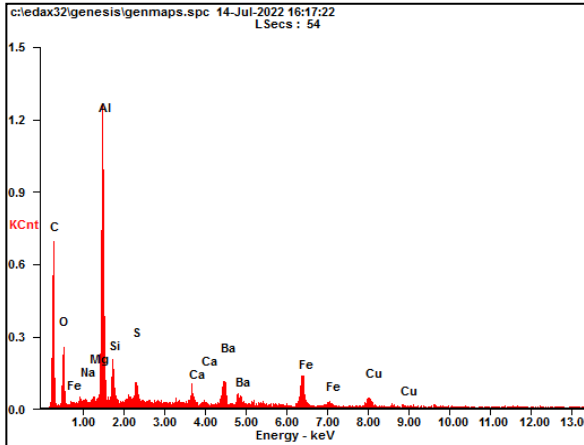
| Foto Mikro Struktur Spesimen Uji Skala 200 μ | | | |
|--|---|--|---|
| No Sampel Spesimen Uji Temperatur (C°) |  |  |  |
| | 1 Rem blok Original | 2 Rem blok X | 3 Rem blok Y |
| | (Tanpa perlakuan panas) | | |
| No Sampel Spesimen Uji Temperatur (C°) |  |  |  |
| | 4 Rem blok Original | 5 Rem blok X | 6 Rem blok Y |
| | 200° C | | |
| No Sampel Spesimen Uji Temperatur (C°) |  |  |  |
| | 7 Rem blok Original | 8 Rem blok X | 9 Rem blok Y |
| | 400° C | | |

Tujuan untuk membandingkan material rem blok adalah apakah ada perbedaan bentuk struktur mikro pada rem blok tiruan terhadap rem blok original dan manakah yang struktur mikronya lebih mendekati rem blok original. Analisis Hasil Pengujian SEM dan EDS pada rem blok original (Jepang). Uji *Scanning Electron Microscope* (SEM) dipergunakan untuk mengetahui tampilan gambar struktur mikro spesimen. Berikut merupakan hasil pengujian SEM. Dapat dilihat pada Gambar 3 dengan pembesaran 250 \times .



Gambar 3. Hasil uji SEM pada spesimen rem blok original (Jepang)

Gambar 4 merupakan hasil dari pengujian EDS komposisi kimia untuk mengetahui unsur yang terkandung didalam rem blok original (Jepang).



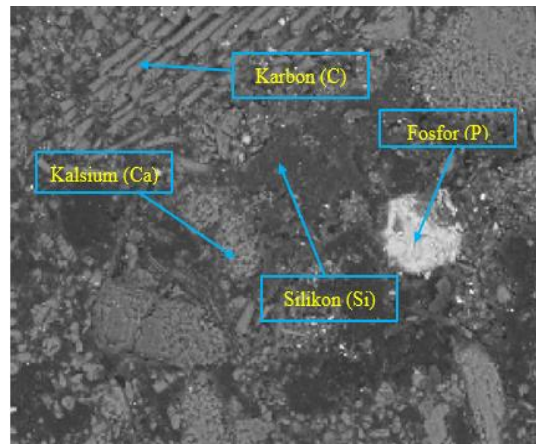
Gambar 4. Hasil uji EDS pada spesimen rem blok original (Jepang)

Pada Tabel 2 memperlihatkan tingginya kadar carbon mencapai 33,66 wt% pada spesimen rem blok original (Jepang). Kandungan alumunium terbaca pada pengujian EDS dengan nilai 21,37 wt%. Akan tetapi dari hasil EDS kandungan oksigen 12,55 wt%, besi 08,57 wt%, mangan 00,62 wt%, barium 10,97 wt% dan tembaga 04,39 wt%.

Tabel 2. Komposisi kimia hasil uji EDS pada spesimen rem blok original

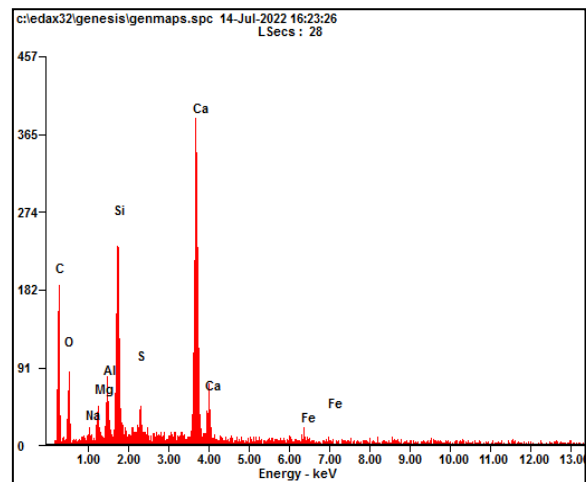
| Element | Wt% | At% |
|---------|------------|-------|
| C | 33,66 | 56,45 |
| O | 12,55 | 15,80 |
| Na | 00,54 | 00,47 |
| Mg | 00,62 | 00,51 |
| Al | 21,37 | 15,95 |
| Si | 03,56 | 02,55 |
| S | 02,10 | 01,32 |
| Ca | 01,69 | 01,85 |
| Ba | 10,97 | 01,61 |
| Fe | 08,57 | 03,09 |
| Cu | 04,39 | 01,39 |
| Matrix | Correction | ZAF |

Analisis Hasil Pengujian SEM dan EDS pada rem blok X. Berikut merupakan hasil pengujian SEM. Dapat dilihat pada Gambar 5 dengan pembesaran 250x.



Gambar 5. Hasil uji SEM pada spesimen rem blok X

Berikut adalah hasil dari pengujian EDS komposisi kimia untuk mengetahui unsur yang terkandung di dalam rem blok X yang ditampilkan pada Gambar 6.



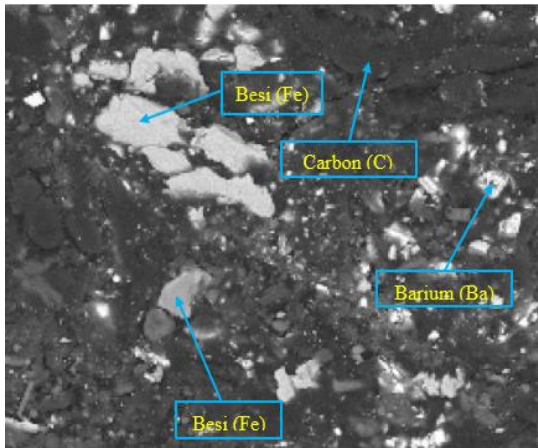
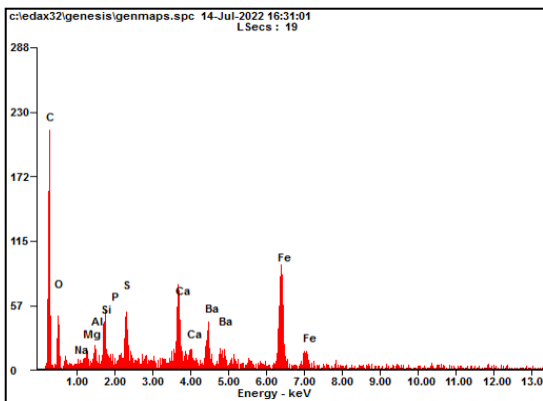
Gambar 6. Hasil uji EDS pada spesimen rem blok X

Pada Tabel 3 memperlihatkan tingginya kandungan Kalsium mencapai 29,29 wt% pada spesimen rem blok X. Kandungan carbon terbaca pada pengujian EDS dengan nilai kandungan 27,07 wt%. Akan tetapi dari hasil EDS kandungan oksigen 21,31 wt%, besi 02,57 wt%, mangan 01,68 wt% dan alumunium 3,43 wt%.

Analisis Hasil Pengujian SEM dan EDS pada rem blok Y. Berikut merupakan hasil Gambar 7 dengan pembesaran 250x. Sedangkan pada Gambar 8 merupakan hasil dari pengujian EDS komposisi kimia untuk mengetahui unsur yang terkandung didalam rem blok Y.

Tabel 3. Komposisi kimia hasil uji EDS pada spesimen rem blok X

| Element | Wt% | At% |
|---------|------------|-------|
| C | 27,07 | 44,39 |
| O | 21,31 | 26,24 |
| Na | 00,70 | 00,60 |
| Mg | 01,68 | 01,36 |
| Al | 03,43 | 02,51 |
| Si | 12,01 | 08,42 |
| S | 01,93 | 01,18 |
| Ca | 29,29 | 14,40 |
| Fe | 02,57 | 00,91 |
| Matrix | Correction | ZAF |

**Gambar 7.** Hasil uji SEM pada spesimen rem blok Y**Gambar 8.** Hasil uji EDS pada spesimen rem blok Y

Tabel 4 memperlihatkan tingginya kadar *carbon* mencapai 32,35 wt% pada spesimen rem blok Y. Kandungan kalsium terbaca pada pengujian EDS dengan nilai kandungan 06,60 wt%. Akan tetapi dari hasil EDS kandungan oksigen

11,92 wt%, besi 26,35 wt%, barium 11,68 wt%, mangan 01,71 wt% dan aluminium 01,36 wt%.

Tabel 4. Komposisi kimia hasil uji EDS pada spesimen rem blok Y

| Element | Wt% | At% |
|---------|------------|-------|
| C | 32,35 | 59,13 |
| O | 11,92 | 16,35 |
| Na | 00,61 | 00,58 |
| Mg | 01,71 | 01,55 |
| Al | 01,36 | 01,10 |
| Si | 03,26 | 02,55 |
| P | 00,40 | 00,28 |
| S | 03,88 | 02,65 |
| Ca | 06,60 | 03,61 |
| Ba | 11,68 | 01,87 |
| Fe | 26,25 | 10,32 |
| Matrix | Correction | ZAF |

3.2. Hasil Perhitungan Pengujian Kekerasan

Pada penelitian ini diukur nilai tingkatan kekerasan pada sampel spesimen pengujian. Pemerolehan data pengujian kekerasan pada spesimen rem blok sebagai spesimen pengujian dilakukan dengan memakai alat pengujian kekerasan *micro hardness vickers* dengan spesifikasi model FM-310 di pembebanan 200 kgf dan memakai indenter *type pyramid* merujuk berdasarkan ASTM E92. Berdasarkan hasil pengujian dengan perhitungan rumus *VHN*. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.

3.3. Analisis

Hasil pada pengukuran profil roda menghasilkan keausan pada titik yang sama, diduga terdapat keausan abrasive antara rem blok dengan permukaan roda. Dengan dilakukan investigasi secara visual (dengan mata) pada rem blok, semakin kuat indikasi penyebab kerusakan pada permukaan roda akibat dari rem blok. Pada sifat mekanik yang dihasilkan setelah perlakuan pemanasan pada temperatur tanpa perlakuan panas, 200 °C dan 400 °C didapatkan mengalami perubahan, khususnya yang diteliti pada kekerasan spesimen uji. Nilai kekerasan dipengaruhi pada temperatur dan lama waktu pemanasan.

Tabel 5. Hasil pengujian Vickers Hardness

| No. | Spesimen Uji | Temperatur (C°) | Pengujian ke | Beban (P) (Kgf) | d1 (µmm) | d2 (µmm) | VHN | Rata-rata VHN |
|-----|--------------|-------------------------|--------------|-----------------|----------|----------|-------|---------------|
| 1 | Original | | 1 | 0,2 | 56,00 | 66,12 | 99,5 | 108,4 |
| | | | 2 | 0,2 | 48,76 | 54,73 | 138,5 | |
| | | | 3 | 0,2 | 62,01 | 68,26 | 87,4 | |
| 2 | Rem blok X | (Tanpa perlakuan panas) | 1 | 0,2 | 121,11 | 125,95 | 24,3 | 25,8 |
| | | | 2 | 0,2 | 116,04 | 121,01 | 26,4 | |
| | | | 3 | 0,2 | 113,75 | 121,02 | 26,90 | |
| 3 | Rem blok Y | | 1 | 0,2 | 43,20 | 59,15 | 141,5 | 122,5 |
| | | | 2 | 0,2 | 50,54 | 53,90 | 136,0 | |
| | | | 3 | 0,2 | 59,35 | 68,87 | 90,2 | |
| 4 | Original | | 1 | 0,2 | 58,83 | 55,47 | 113,5 | 100,2 |
| | | | 2 | 0,2 | 59,71 | 64,08 | 96,8 | |
| | | | 3 | 0,2 | 61,27 | 66,85 | 90,4 | |
| 5 | Rem blok X | 200° C | 1 | 0,2 | 62,39 | 66,97 | 88,6 | 76,6 |
| | | | 2 | 0,2 | 71,03 | 76,60 | 68,1 | |
| | | | 3 | 0,2 | 69,23 | 73,24 | 73,1 | |
| 6 | Rem blok Y | | 1 | 0,2 | 45,61 | 52,89 | 152,9 | 145,5 |
| | | | 2 | 0,2 | 50,04 | 50,49 | 146,8 | |
| | | | 3 | 0,2 | 52,01 | 52,06 | 137,0 | |
| 7 | Original | | 1 | 0,2 | 61,93 | 64,79 | 92,40 | 93,4 |
| | | | 2 | 0,2 | 63,33 | 64,03 | 91,40 | |
| | | | 3 | 0,2 | 60,91 | 63,00 | 96,66 | |
| 8 | Rem blok X | 400° C | 1 | 0,2 | 77,52 | 84,78 | 56,3 | 50,5 |
| | | | 2 | 0,2 | 86,71 | 89,39 | 47,8 | |
| | | | 3 | 0,2 | 89,35 | 87,2 | 47,6 | |
| 9 | Rem blok Y | | 1 | 0,2 | 35,56 | 36,32 | 287,1 | 270,7 |
| | | | 2 | 0,2 | 36,43 | 37,92 | 268,3 | |
| | | | 3 | 0,2 | 36,71 | 39,30 | 256,7 | |

Meningkatnya nilai kekerasan diikuti dengan tingkat temperatur yang diberikan pada spesimen uji. Hasil struktur mikro pengujian didapatkan dari hasil pemotretan mendapatkan gambar butir yang jelas. Rem blok pada struktur mikro terlihat serpihan *graphite* yang ditunjukkan dengan warna gelap yang begitu jelas, penyebarannya merata. Terdapat pengaruh *graphite* terhadap nilai kekerasan pada rem blok tersebut. Makin banyak *graphite* yang terdapat pada rem blok, kekerasan rem blok makin lunak. Sedangkan *iron* yang terdapat pada rem blok fungsinya sebagai meratakan keausan yang terjadi pada permukaan roda di bagian roda.

Hasil keseluruhan area analisa *SEM-EDS* rem blok diperlihatkan pada Gambar 3 dan Gambar 4.

Biasanya, rem blok original memperlihatkan suatu penampakan atau bentuk struktur mikro yang berikutnya dianalisa memakai *EDS* seperti diperlihatkan pada Tabel 2. Hasil analisa memperlihatkan bahwa rem blok original terdapat bagian butir-butir yang didominasi oleh perpaduan *carbon* hingga mencapai 33,66 wt% dibandingkan dengan rem blok X yang hanya 27,07wt% dan rem blok Y 32,35 wt%. Tetapi paduan besi pada rem blok Y jauh lebih tinggi dibandingkan rem blok original, komposisi besi pada rem blok Y sebanyak 26,25 wt% sedangkan nilai originalnya 08,57 wt%, sedangkan rem blok dari rem blok X nilai kandungan besinya hanya 02,57 wt%, dibawah rem blok original. Pada unsur aluminium terlihat perbedaan hasil komposisi

sangat signifikan dari rem blok original, rem blok original 21,37 wt%. Sedangkan rem blok X 03,43 wt% dan rem blok Y hanya 01,36 wt%. Selanjutnya ada beberapa perbedaan unsur kandungan yang ada di rem blok original tetapi tidak ada pada rem blok tiruan, yaitu unsur kandungan barium dan tembaga. Unsur barium dan tembaga tidak ada pada komposisi rem blok X. Sedangkan pada rem blok Y tidak ada unsur kandungan tembaga. Akan tetapi pada rem blok Y terdapat unsur kandungan fosfor, padahal pada rem blok original tidak terdapat unsur kandungan fosfor dalam komposisinya. Hal ini menunjukkan selama proses pemaduan berpadu secara merata namun ada sebagian nilai paduannya berselisih jauh atau tidak sama saat mengisi paduan. Diprediksi bahwa saat pengisian pembuatan paduan terjadi pengisian di sebagian.

Hubungan hasil pengujian Metalografi, SEM-EDS dan Kekerasan *Vickers* ialah hasil uji kekerasan terhadap hasil uji metalografi. Struktur mikro rem blok dari hasil uji metalografi memperlihatkan serpihan *graphite* dan *iron*. *Graphite* yang menunjukkan warna gelap dan tersebar rata. Nilai kekerasan rem blok juga dipengaruhi oleh *graphite*. Semakin banyak *graphite* yang tersebar merata dibandingkan dengan *iron* semakin rendah nilai kekerasan. Dan semakin banyak *iron* yang tersebar merata dibandingkan dengan *graphite*, semakin tinggi nilai kekerasan.

Hasil uji kekerasan terhadap hasil uji SEM-EDS ialah unsur *carbon* dan besi sangat mempengaruhi tingkat nilai kekerasan pada rem blok. Unsur *carbon* dan besi yang tinggi membuat rem blok menjadi lebih keras tetapi getas. Pada uji SEM-EDS rem blok Y menunjukkan unsur *carbon* dan besi dengan memperoleh nilai sangat tinggi yakni nilai unsur *carbon* yang terkandung pada rem blok Y ialah 32,35 % dan unsur besinya 26,25%. Sedangkan kandungan unsur *carbon* pada rem blok original 33,66% dan besinya 08,57%. Dan nilai unsur *carbon* pada rem blok X memperlihatkan paling sedikit yaitu 27,02% dan besinya hanya 02,57%. Paduan Besi dan *carbon* yang tinggi membuat nilai kekerasan pada rem blok menjadi lebih keras.

Hasil uji metalografi terhadap hasil uji SEM-EDS ialah dapat mengetahui lebih detail unsur

kandungan *iron* dan *graphite* pada rem blok. Unsur *iron* dan *graphite* pada pengujian SEM-EDS menunjukkan persentase kandungan yang terkandung pada masing-masing rem blok. Pada unsur besi (*Iron*) nilai kandungan rem blok original ialah 08,57%, rem blok X 02,57%, dan rem blok Y 26,25%. Selanjutnya kandungan *carbon* (*graphite*), *carbon* yang merupakan zat paling keras dipermukaan Bumi, sedangkan grafit adalah alotrop *carbon* yang merupakan zat paling rapuh. Pada rem blok original kandungan *carbon*-nya ialah 33,66%, rem blok X 27,07%, rem blok Y 32,35%. Sehingga hasil dari kedua pengujian ini dapat memperkuat hasil penelitian mengenai bentuk struktur mikro dan persentase unsur kandungan yang terdapat pada masing-masing rem blok.

4. SIMPULAN

Berdasarkan dari hasil penelitian, analisis data serta kajian pada rem blok kereta rel listrik maka dapat di ambil kesimpulan terdapat pengaruh dari material rem blok sebagai penyebab kerusakan pada permukaan roda kereta rel listrik. Penyebab terjadinya kerusakan permukaan roda adalah mengerasnya rem blok yang mengakibatkan mengikisnya atau pengikisan pada permukaan roda. Hal tersebut terjadi kontak antara permukaan permukaan roda dengan rem blok. Akibat dari kerusakan pada permukaan roda menyebabkan memperpendek umur atau *lifetime* dari roda dan keselamatan jalan dari kereta rel listrik jadi tidak aman.

Terdapat pengaruh kekerasan spesimen pada perlakuan panas dan lama waktu pemanasan. Semakin tinggi temperatur pemanasan, rem blok tiruan (rem blok X dan rem blok Y) semakin keras. Sedangkan nilai kekerasan pada rem blok original setelah perlakuan panas cenderung menurun.

Hasil dari pengujian struktur mikro di peroleh pengambilan gambar pemotretan memperlihatkan butir yang cukup jelas. Struktur mikro rem blok memperlihatkan serpihan *graphite* yang menunjukkan warna gelap dan tersebar rata. Nilai kekerasan rem blok juga dipengaruhi oleh *graphite*. Semakin banyak *graphite* yang tersebar merata dibandingkan dengan *iron*, semakin rendah nilai kekerasan. Dan semakin banyak *iron*

yang tersebar merata dibandingkan dengan *graphite*, semakin tinggi nilai kekerasan.

Dari hasil penelitian dapat dinyatakan diantara rem blok yang tersedia saat ini yaitu rem blok X dan rem blok Y dengan parameter rem blok original, Sifat mekanik dan unsur elemen komposisi yang terkandung pada rem blok Y lebih mendekati rem blok original. Sehingga rem blok Y lebih disarankan lebih baik digunakan sebagai pengganti rem blok original yang sudah tidak di produksi.

DAFTAR PUSTAKA

- AS, H. (2012) *Lokomotif dan kereta rel diesel di Indonesia*. Depok: Ilalang Sakti Komunikasi [Cetak].
- Ballew, B., Chan, B.J. dan Sandu, C. (2011) 'Multibody dynamics modelling of the freight train bogie system', *Vehicle System Dynamics*, 49(4), hal. 501-526.
- Dieter, G.E. dan Bacon, D. (1976) *Mechanical metallurgy*. London: McGraw-hill New York [Cetak].
- Firmansyah (2020) *Uji Metalografi: Pengertian, Prosedur dan Standardnya*. Available at: <https://www.detech.co.id/uji-metalografi/> [Online] (Dikases: 5 Mei 2022).
- Fitria, D. dan Pamuji, M. (2015) 'Sistem Transmisi Elektrik Pada Lokomotif CC201 di Lubuk Linggau', *Jurnal Desiminasi Teknologi*, 3(2), hal 166-173.
- Jumardi dkk. (2020) 'Perkembangan Transportasi Kereta Api di Jakarta', *Jurnal Patingalloang*, 7(1), hal. 40-48.
- KAI, - PT. Kereta Api Indonesia (2017) *Sekilas PT.KAI Commuter, Tentang Kami*. Available at: <https://www.krl.co.id/> [Online] (Diakses: 22 Juni 2022).
- Lutiyatmi, L. dan Daryanto, T. (2013) 'Karakteristik Produk Rem Blok Metalik Untuk Kereta Api Pada Industri Kecil Pengecoran Logam', *Jurnal Foundry*, 3(2), hal. 18-23.
- Rauf, F.A., Sappu, F.P. dan Lakat, A.M.A. (2018) 'Uji Kekerasan Dengan Menggunakan Alat Microhardness Vickers Pada Berbagai Jenis Material Teknik', *Jurnal Tekno Mesin*, 5(1), hal. 21-24.
- Soejima, H. (2003) 'Railway Technology in Japan –Challenges and Strategies', *Japan Railway & Transport Review*, 36, hal. 4-13.
- Sone, S. (2018) 'Comparison of the Technologies of the Japanese Shinkansen and Chinese High-Speed Railways', *China's High-Speed Rail Technology*, 2018, hal. 67-87.
- Sujatno, A. dkk. (2017) 'Studi Scanning Electron Microscopy (SEM) untuk Karakterisasi Proses Oksidasi Paduan Zirkonium', *Jurnal Forum Nuklir*, 9(1), hal. 44-50.
- Supriyana, N. dan Kholidin, A. (2016) 'Analisa tegangan poros roda gerbong kereta api dengan metode elemen hingga', *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro dan Ilmu Komputer*, 7(2), hal. 681-686.
- Utami, H.P. (2007) *Mengenal Cahaya dan Optik*. 1st edn. Bekasi: Ganeca Exact [Cetak].
- Widjatmaka, T. dan Prasetya, S. (2011) 'Perancangan Dan Pembuatan Peralatan Laboratorium Pengkonversi Gambar Struktur Mikro Dari Mikroskop Ke Komputer Sebagai Sarana Praktikum Metalografi', 10(3), hal. 217-281.