

ANALISIS PENGARUH *BRAKE SHOE* TERHADAP KERUSAKAN *GROOVED WEAR* PADA RODA MRT JAKARTA

Muhamad Afdhil Salim

Universitas Pancasila Jakarta, Indonesia
Email: mafdhilsalim@gmail.com

INFO ARTIKEL	ABSTRAK
Diterima 17 Juli 2020 Diterima dalam bentuk revisi 10 Agustus 2020 Diterima dalam bentuk revisi	Roda kereta merupakan komponen penting bagi MRT Jakarta dalam operasinya. Kondisi roda harus dinyatakan aman untuk dapat melakukan perjalanan kereta, akan tetapi ditemukan <i>grooved wear</i> pada saat pemeriksaan. Penyebab terjadinya <i>grooved wear</i> adalah mengerasnya kampas rem yang mengakibatkan pengikisan pada roda. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui penyebab terjadinya kerusakan <i>grooved wear</i> pada roda, sehingga dapat dilakukan langkah lanjutan agar tidak terjadi kasus serupa. Dalam penelitian ini menggunakan metode indentasi pengujian <i>vickers</i> dengan menggunakan 10 spesimen dengan variabel temperature dan waktu pemanasan guna mengetahui tingkat <i>VHN</i> . Hasil pengujian menunjukkan semakin lama waktu pemanasan maka semakin besar <i>VHN</i> . Terlihat dari waktu pemanasan 1 menit menghasilkan kekerasan sebesar 281,77 <i>VHN</i> , 2 menit menghasilkan 289,22 <i>VHN</i> , dan 3 menit menghasilkan 299,07 <i>VHN</i> . Waktu pemanasan berpengaruh pada <i>VHN</i> , semakin lama waktu pemanasan semakin besar pula kekerasan spesimen. Hal tersebut berlaku pada variabel <i>temperature</i> , semakin besar <i>temperature</i> yang diberi akan menghasilkan <i>VHN</i> yang semakin besar.
Kata kunci: Roda; <i>grooved wear</i> dan <i>vickers</i>	

Pendahuluan

Pengertian transportasi berasal dari kata latin *transportare*, dimana *trans* adalah seberang dan *portare* adalah membawa/mengangkut. Jadi transportasi berarti membawa sesuatu dari satu tempat ke tempat lain (Kadir, 2006). Transportasi darat merupakan sarana angkutan penumpang umum yang memegang peranan penting dalam menunjang aktifitas dan mobilitas masyarakat. Tanpa sarana angkutan umum, masyarakat akan menggunakan angkutan pribadi yang akan membuat kemacetan lalu lintas akan sangat parah (Wibowo, 2020). Salah satunya adalah transportasi perkeretaapian, bicara transportasi perkeretaapian di Indonesia saat ini terus berkembang pesat. Terlihat dari munculnya operator kereta baru di Indonesia, khususnya kereta dalam kota. PT MRT Jakarta selaku operator kereta dalam kota yang bertugas menyediakan pelayanan jasa

transportasi kereta yang aman dan nyaman dengan standar internasional. Oleh karena itu MRT Jakarta menggunakan infrastruktur yang baru diterapkan di Indonesia khususnya Sarana Kereta Rel Listrik. Kereta digunakan sebagai transportasi massal untuk memudahkan manusia dan/atau objek benda pindah dari suatu tempat ke tempat lain dengan waktu yang cepat, tepat waktu, aman dan selamat (Sukmana & Rahardjo, 2014). Untuk proses perpindahan tersebut dibutuhkannya komponen roda, dimana roda termasuk komponen penting dalam kereta untuk dapat berjalan di jalan rel. Roda kereta memiliki spesifikasi bentuk dan material yang berbeda dari kendaraan transportasi jalan raya, sehingga desain roda kereta dibuat sedemikian rupa berdasar standar yang ada untuk dapat berjalan di jalan rel. Roda kereta memiliki karakteristik antara lain kekuatan, tahan aus, retak akibat temperature, dan kebisingan dari kontak roda-rel maupun roda-kampas rem/*brake shoe*. Roda kereta merupakan salah satu komponen yang penting, dimana berperan dalam keselamatan operasi perkeretaapian. Roda kereta berperan menumpu berat dari kereta dan penerima gaya mekanik dari motor penggerak oleh karena itu perlu dilakukan perawatan pada komponen tersebut (Iwnicki, 2006). Perawatan kereta MRT dilakukan berkala untuk menjaga keandalan sarana dan mendapatkan kelayakan operasi, dimana perawatan tersebut mengacu pada peraturan kereta dan manual perawatan dari manufaktur (Alfaris, Muhardono, & Ryanto, 2013). Dari proses perawatan kereta yang telah dilakukan telah diketahui adanya keausan roda yang janggal yang dinamakan *grooved wear*. *Grooved wear* adalah terkikisnya permukaan roda yang membentuk sebuah alur, terjadi di ujung dari kontak roda dengan kampas rem/*brake shoe*. Penyebab terjadinya *grooved wear* adalah mengerasnya kampas rem/*brake shoe* yang mengakibatkan pengikisan pada roda. Karena interaksi dengan rel dan *brake shoe* selama pengereman, roda rel mengalami keausan dengan tingkat yang bervariasi tergantung pada beberapa parameter. Sepasang roda/bahan *brake shoe* merupakan faktor penting dalam kerusakan dan keausan roda (Gerlici, Lack, & Harušinec, 2014). Langkah lanjutan yang dilakukan oleh pihak teknisi sebatas pengamatan. Langkah tersebut baru dilakukan 3 bulan terakhir, hasil dari pengamatan tersebut telah terjadi kasus *grooved wear* pada roda hampir di seluruh rangkaian kereta, Perubahan bentuk *profile* dipicu oleh keausan yang bervariasi, oleh sebab itu *profile* roda diperbaiki secara berkala dengan cara pembubutan yang berdampak pada pengurangan diameter dan umur roda. Oleh karena itu keinginan untuk mengurangi frekuensi pembubutan agar tercapai *life time* yang lama (Auciello, Ignesti, Malvezzi, Meli, & Rindi, 2012). Penulis mengangkat kasus tersebut sebagai bahan penelitian. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh *brake shoe* terhadap kerusakan *grooved wear* pada roda, sehingga dapat dilakukan langkah lanjutan agar tidak terjadi kasus serupa. Diharapkan dari penelitian tersebut dapat memperpanjang *life time* dari roda dan tidak mengganggu operasi kereta MRT Jakarta.

Kereta MRT menggunakan pengereman yang tidak bebas dari keausan. System ini menggunakan rem blok tunggal, dimana rem blok tunggal merupakan jenis rem yang terdiri dari satu blok rem yang diberi tekanan ke benda yang berputar, dalam hal ini adalah roda. Blok rem tersebut memiliki permukaan gesek yang dipasang lapisan rem

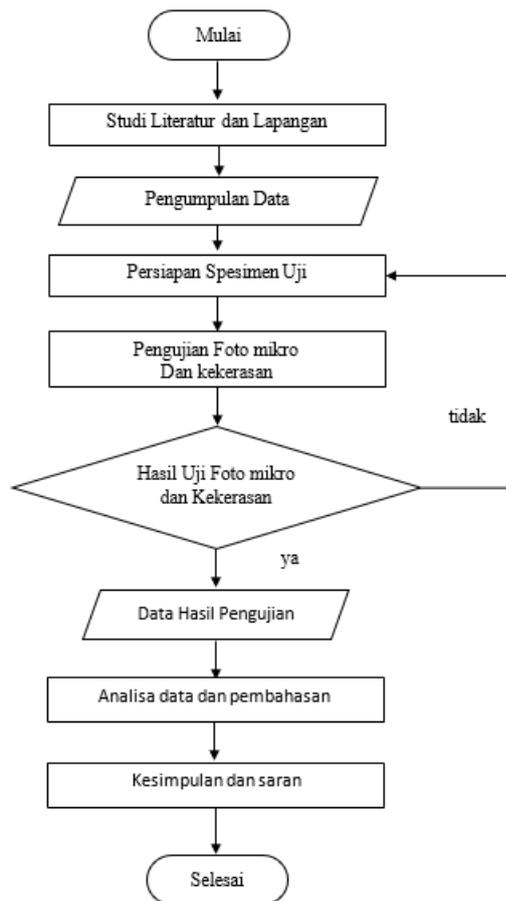
atau bidang gesek yang dapat diganti apabila sudah aus (Khurmi & Gupta, 2005). Kampas rem merupakan salah satu komponen yang terdapat dalam setiap kendaraan yang berfungsi memperlambat dan menghentikan laju kendaraan (Aminur, Hasbi, & Gunawan, 2015). *Brake shoe* atau Kampas rem merupakan komponen habis pakai pada sistem pengereman. Banyak jenis *brake shoe* yang digunakan dalam industri kereta, baik besi tuang ataupun komposit. Standar baru dan peraturan baru untuk mengganti *brake shoe* besi tuang dengan *brake shoe* komposit yang pada saat ini sedang dikembangkan. Dalam penelitian eksperimental terbaru perbandingan antara *brake shoe* besi tuang dengan *brake shoe* komposit (Olofsson, 2011). Gesekan antara *brake shoe* komposit dan roda kereta termasuk keausan abrasif, dimana keausan abraasif merupakan keausan yang terbentuk oleh permukaan benda yang keras bergesek satu sama lain (Hossein Nia, Casanueva, & Stichel, 2015). Perlu diingat keausan roda meningkat diakibatkan frekuensi interaksi pengereman yang sering. Dari interaksi tersebut material roda mengalami *thermomechanical bracking contact*. Dalam investigasi di lapangan terdapat banyak permukaan roda kereta mengalami keausan yang diakibatkan karena pengeraman (Wang et al., 2015).

Kontak roda dengan kampas rem merupakan syarat terjadinya rem gesek. Kontak antara dua benda tersebut menimbulkan gaya gesekan dan perpindahan kalor. Untuk kontak roda dengan rel ataupun *brake shoe* menimbulkan *thermal loading*. Beban yang dinamakan *thermal loading* tersebut dapat menyebabkan tegangan tarik tinggi yang disebabkan pendinginan yang tidak merata, perubahan mikrostruktur yang signifikan didekat permukaan kontak tergantung pada tingkat pemanasan dan pendinginan, *profile* roda yang tidak diinginkan karena aus (Faccoli, Ghidini, & Mazzù, 2019). Semua efek diatas dapat mengakibatkan nukleasi retakan pada permukaan roda, sebagian besar dapat dihilangkan melalui pemakaian (Handa, Kimura, & Mishima, 2010). Pada penelitian lain kampas rem berbahan komposit menghasilkan *temperature* yang tinggi, lebih sedikit menimbulkan kerusakan dan tegangan sisa. Kampas berbahan diharapkan mengurangi kerusakan pada permukaan roda (Hamdaoui & Jaddi, 2018).

Tujuan akhir yang diharapkan dalam penelitian ini adalah menganalisa pengaruh material *kampas rem/brake shoe* terhadap *grooved wear*

Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini berupa eksperimental terhadap *brake shoe*. Kegiatan ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui penyebab dari *grooved wear*. Tahapan kegiatan yang akan dilakukan pada penelitian ini terdapat beberapa tahapan. Keterkaitan antar masing-masing tahapan yang telah terlaksana bertujuan agar mencapainya penelitian yang ditetapkan, berikut tahapan kegiatan yang dilakukan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir

A. Pengambilan Data Roda

Dalam pengambilan data di lapangan dilakukan pada permukaan roda kereta yang mengalami *grooved wear* di Depo MRT Lebak Bulus, Jakarta. Pengambilan dilakukan pada 3 roda yang berbeda pada *Train Set 9* (TS 9) sebagai perwakilan. Dari dua sampai tiga kali pengambilan data tersebut dapat dilihat pengurangan tapak roda

B. Penentuan Kekerasan Spesimen Uji

Dalam penelitian ini diukur tingkat kekerasan pada spesimen uji. Pengambilan data pengujian kekerasan pada *brake shoe* sebagai spesimen uji dilakukan dengan menggunakan alat uji kekerasan *microhardness vickers* model FM-310 dan pada beban 200 gf dan menggunakan *indentor type pyramid* berdasar ASTM E92. Menentukan kekerasan penentuan kekerasan dengan metode indentasi adalah mengukur tahanan plastis dari permukaan suatu spesimen uji terhadap penetrator. Penelitian ini menggunakan pengujian metode *vickers* Nilai kekerasan *Vickers* (VHN) diperoleh dari beban F dibagi dengan luas permukaan lekukan. Ditulis dengan rumus (Dieter, 2011).

$$VHN = \frac{F}{A}$$

$$A = \frac{d^2}{2 \sin (136^\circ / 2)}$$

$$A = \frac{d^2}{1,8544}$$

Jadi

$$VHN = \frac{F}{A} \approx \frac{1,8544F}{d^2}$$

C. Pengambilan Struktur Mikro

Data pengujian struktur mikro pada *brake shoe* dilakukan dengan menggunakan alat uji *microhardness tester* dan dilakukan 11 pengujian pada 10 spesimen yang berbeda.

Hasil dan Pembahasan

A. Analisa *grooved wear* pada roda kereta MRT Jakarta

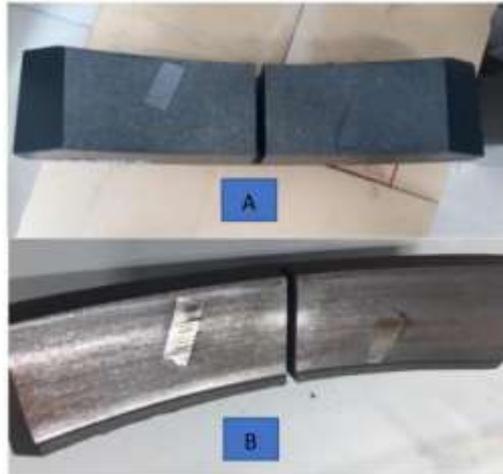
Proses pengambilan data di lapangan terhadap permukaan roda kereta yang mengalami *grooved wear* bertujuan untuk mengetahui riwayat keausan yang terjadi pada roda kereta. Dari dua sampai tiga kali pengambilan data tersebut dapat dilihat pengurangan tapak roda, berikut data pengukuran beberapa pengukuran roda kereta MRT.

Tabel 1 Hasil Pengukuran Profile Roda

Identitas roda	Kedalaman <i>grooved wear</i> per bulan (mm)		
Roda 4 kereta 4	2,673	2,690	2,769
Roda 5 kereta 4	-	1,805	2,114
Roda 5 kereta 5	-	1,959	2,204

Terdapat penambahan keausan pada roda kereta, kedalaman *grooved wear* dalam waktu tertentu. Kedalaman *grooved wear* pada roda kereta semakin lama semakin meningkat, dikhawatirkan terjadi hal yang tidak diinginkan. Dari data

tersebut membuktikan adanya keausan roda yang tidak wajar di titik yang sama, dimana titik tersebut merupakan kontak antara roda dengan ujung dari komposit *brake shoe*. Berikut merupakan gambar *brake shoe* baru (A) dibandingkan dengan *brake shoe* yang menyebabkan *grooved wear* (B).



Gambar 2. Brake Shoe

B. Hasil Perhitungan Pengujian Kekerasan

Berikut ini hasil dari perhitungan kekerasan pada *brake shoe*.

$$\begin{aligned}
 VHN &= \frac{1,8544F}{d^2} \\
 &= \frac{1,8544F}{\left(\frac{d1 + d2}{2}\right)^2} \\
 &= \frac{1,8544 \times 0,2}{\left(\frac{36,23 + 36,33}{2}\right)^2} \times 10^6 = 281,77VHN
 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan rumus perhitungan *VHN* seperti diatas hasil dari pengujian beberapa spesimen dengan menggunakan alat uji kekerasan *vickers* dapat dilihat pada tabel 2

Tabel 2 Hasil Pengujian Vickers Hardness

No	Spesimen Uji	Temperature (°C)	Waktu (menit)	(P) Beban (kgf)	d1(µmm)	d2 (µmm)	VHN
1	1	200	1	0,2	36,23	36,33	281,77
2	2	200	2	0,2	35,88	35,74	289,22
3	3	200	3	0,2	35,12	35,31	299,07
4	1''	400	1	0,2	31,13	30,33	392,74
5	2''	400	2	0,2	29,64	29,97	417,50
6	3''	400	3	0,2	29,12	28,92	440,39
7	1'	600	1	0,2	27,14	26,74	511,02
8	2'	600	2	0,2	26,55	26,14	534,36

No	Spesimen Uji	Temperature (°C)	Waktu (menit)	(P) Beban (kgf)	d1(μmm)	d2 (μmm)	VHN
9	3'	600	3	0,2	26,11	25,64	553,95
10	T1	Tanpa pemanasan	-	0,2	20,25	20,54	891,63
11	T2	Tanpa pemanasan	-	0,2	39,41	38,62	243,65

Dari Tabel 2 diatas, variabel pertama yang digunakan adalah *temperature* sebesar 200°C dengan dipanaskan dengan rentan waktu 1 menit, 2 menit dan 3 menit. Hasil spesimen menunjukkan semakin lama waktu pemanasan maka semakin besar *VHN*. Terlihat dari waktu pemanasan 1 menit menghasilkan kekerasan sebesar 281,77*VHN*, 2 menit menghasilkan 289,22*VHN*, dan 3 menit menghasilkan 299,07*VHN*. Waktu pemanasan berpengaruh pada *VHN*, semakin lama waktu pemanasan semakin besar pula kekerasan spesimen. Hal tersebut berlaku pada variabel *temperature*, semakin besar *temperature* yang diberi akan menghasilkan *VHN* yang semakin besar. Kekerasan pada material dapat mempengaruhi ketahanan aus suatu komponen yang saling bergesekan, dalam hal ini roda dengan *brake shoe*. Material Roda yang keras seharusnya memiliki ketahanan aus yang lebih baik dari pada material *brake shoe* yang lunak.

C. Hasil Uji Struktur Mikro

Berikut daftar hasil pengujian struktur mikro pada table 3

Tabel 3 Hasil Pengujian Struktur Mikro

Temperature	Waktu (menit)	Struktur Mikro
200°C	1	
	2	

<i>Temperature</i>	Waktu (menit)	Struktur Mikro
	3	
	1	
400°C	2	
	3	
	1	
600°C	2	

<i>Temperature</i>	Waktu (menit)	Struktur Mikro
	3	
Tanpa Dilakukan pemanasan		

Struktur mikro yang diperoleh dari hasil pemotretan menghasilkan batas butir yang jelas. Pada struktur mikro *brake shoe* terlihat serpihan *graphite* yang berwarna gelap dan tersebar merata dari gambar diatas. Semakin banyak *graphite* yang terdapat pada *brake shoe* semakin lunak komponen tersebut. Sedangkan *iron* terlihat seperti gambar diatas. *Iron* yang terdapat pada *brake shoe* berfungsi untuk meratakan keausan keausan yang terjadi pada roda.

Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil analisa data serta kajian pada *brake shoe* kereta MRT Jakarta maka dapat disimpulkan:

Struktur mikro yang diperoleh dari hasil pemotretan menghasilkan batas butir yang jelas. Pada struktur mikro *brake shoe* terlihat serpihan *graphite* yang berwarna gelap jelas dan tersebar merata. *graphite* berpengaruh terhadap kekerasan pada material *brake shoe* tersebut. Terdapat keausan pada roda kereta MRT Jakarta atau *grooved wear* dari bulan November – Januari mengalami pengurangan maksimal 0,309 mm. Dari data tersebut membuktikan adanya keausan roda yang tidak wajar di titik yang sama, dimana titik tersebut merupakan kontak antara permukaan roda dengan ujung dari komposit *brake shoe*. Akibat dari *grooved wear* pada roda dapat memperpendek umur dari roda dan keselamatan jalan dari kereta jadi tidak aman.

Temperature dan lama waktu pemanasan berpengaruh terhadap kekerasan benda. Terlihat dari waktu pemanasan 1 menit menghasilkan kekerasan sebesar 281,77VHN, 2 menit menghasilkan 289,22VHN, dan 3 menit menghasilkan 299,07VHN, dan titik pengujian pada posisi ujung dari *brake shoe* lebih besar kekerasannya dari pada sisi tengah.

BIBLIOGRAFI

- Alfaris, A., Muhardono, & Ryanto, A. H. (2013). Pengoptimalan Perawatan Kereta Untuk Meminimalkan Keterlambatan Perawatan di Balai Yasa Manggarai. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Aminur, Hasbi, M., & Gunawan, Y. (2015). Proses Pembuatan Biokomposit Polimer Serat Untuk Aplikasi Kampas Rem. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi*, (November 2015), 1–7.
- Auciello, J., Ignesti, M., Malvezzi, M., Meli, E., & Rindi, A. (2012). Development and validation of a wear model for the analysis of the wheel profile evolution in railway vehicles. *Vehicle System Dynamics*, 50(11), 1707–1734. <https://doi.org/10.1080/00423114.2012.695021>
- Dieter, G. E. (2011). Mechanical metallurgy. In *Mechanical metallurgy*. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.35895>
- Faccoli, M., Ghidini, A., & Mazzù, A. (2019). Changes in the Microstructure and Mechanical Properties of Railway Wheel Steels as a Result of the Thermal Load Caused by Shoe Braking. *Metallurgical and Materials Transactions A: Physical Metallurgy and Materials Science*, 50(4), 1701–1714. <https://doi.org/10.1007/s11661-019-05135-x>
- Gerlici, J., Lack, T., & Harušinec, J. (2014). Rail Vehicles Wheels and Brake Blocks. *Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej*, 101(2), 21–32.
- Hamdaoui, A., & Jaddi, E. H. (2018). Effects of the brake shoe friction material on the railway wheel damage. *MATEC Web of Conferences*, 149, 1–4. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201714901090>
- Handa, K., Kimura, Y., & Mishima, Y. (2010). Surface cracks initiation on carbon steel railway wheels under concurrent load of continuous rolling contact and cyclic frictional heat. *Wear*, 268(1), 50–58. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2009.06.029>
- Hossein Nia, S., Casanueva, C., & Stichel, S. (2015). Prediction of RCF and wear evolution of iron-ore locomotive wheels. *Wear*, 338–339, 62–72. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2015.05.015>
- Iwnicki, S. (2006). Handbook of railway vehicle dynamics. In *Handbook of Railway Vehicle Dynamics*. <https://doi.org/10.1201/9781420004892>
- Kadir, A. (2006). Transportasi : Peran dan Dampaknya Dalam Pertumbuhan Ekonomi Nasional. *Jurnal Perencanaan Dan Pengembangan Wilayah Wahana Hijau*, 1(3), 121–131.
- Khurmi, R. S., & Gupta, J. K. (2005). A Textbook of Machine Design (S.I. Units). In

Eurasia Publishing House (PVT.) LTD. <https://doi.org/10.1111/j.1537-2995.2005.00659.x>

- Olofsson, U. (2011). A study of airborne wear particles generated from the train traffic-Block braking simulation in a pin-on-disc machine. *Wear*, 271(1–2), 86–91. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2010.10.016>
- Sukmana, A. D., & Rahardjo, B. (2014). *Perencanaan jalur ganda kereta api surabaya - krian*. 1(1), 1–5.
- Wang, W. J., Wang, F., Gu, K. K., Ding, H. H., Wang, H. Y., Guo, J., ... Zhu, M. H. (2015). Investigation on braking tribological properties of metro brake shoe materials. *Wear*, 330–331, 498–506. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2015.01.057>
- Wibowo, A. N. F. A. (2020). Collaborative Governance Dalam Pelayanan Transportasi Publik (Study BRT Trans Semarang). *Syntax Literate; Jurnal Ilmiah Indonesia*, 5(3), 1–18.