

Analisis Pola Keausan Carbon Strip Pantograf pada Kereta MRT Jakarta

Analysis of Pantograph Carbon Strip Wear Patterns on MRT Jakarta Trains

Fihanas Permada Asia Habby^{1*}, Adrian Kristanto Tamara², Dahlan³.

^{1,2,3}Program Studi Rekayasa Infrastruktur dan Lingkungan, Fakultas Teknik Transportasi dan Logistik, Institut Transportasi dan Logistik Trisakti, Jln. IPN No.2, Cipinang Besar Selatan, Jakarta Timur 13214, Indonesia

*Email Korespondensi: fihanaspermada11@gmail.com

Abstract

MRT Jakarta is one of the KRL type railway operators in Indonesia. The reliability of MRT Jakarta facilities must always be considered, the service life of components is also one of the keys to the reliability of the facilities. Carbon strip, as one of the main components in KRL operations, is a component that has a lifespan in use. Thickness measurement is a routine activity in carrying out maintenance of facilities at the depot, if the carbon strip is at its maximum wear, the component must be replaced immediately. However, there is a difference in thickness between the two sides of the carbon strip, which shortens its lifespan. If one side is at its maximum wear, then replacement must be made on both sides. This journal will discuss in detail the factors that cause wear and tear and calculate the wear rate and service life of carbon strips using the forecasting method. So it is necessary to change the maintenance method to be able to increase the service life of the components, so as to reduce maintenance costs in one period of time.

Keywords : MRT Jakarta, wear rate, carbon strip, life time.

Abstrak

MRT Jakarta merupakan salah satu penyelenggara perkeretaapian jenis KRL di Indonesia. Keandalan sarana MRT Jakarta selalu harus diperhatikan, usia pakai komponen juga merupakan salah satu kunci keandalan sarana. *Carbon strip* sebagai salah satu komponen utama dalam pengoperasian KRL merupakan komponen yang memiliki usia pakai dalam penggunaannya. Pengukuran ketebalan merupakan kegiatan rutin dalam melakukan perawatan sarana di depo, jika *carbon strip* sudah pada keausan maksimumnya komponen harus segera dilakukan penggantian. Namun adanya selisih ketebalan antara dua sisi *carbon strip* membuat usia pakainya menjadi lebih pendek, jika salah satu sisi sudah pada keausan maksimumnya, maka penggantian pun harus dilakukan pada kedua sisi. Dalam jurnal ini akan membahas secara detail faktor penyebab keausan serta dilakukan penghitungan pada laju keausan dan usia pakai *carbon strip* yang dilakukan dengan metode *forecasting*. Sehingga perlu dilakukan perubahan metode perawatan untuk dapat menambah usia pakai komponen, sehingga dapat menurunkan biaya perawatan dalam satu periode waktu.

Kata kunci : MRT Jakarta, laju keausan, *carbon strip*, usia pakai.

A. Pendahuluan

Perkeretaapian merupakan suatu sistem yang terdiri dari prasarana, sarana, dan sumber daya manusia, serta norma, kriteria, persyaratan, dan prosedur untuk penyelenggaraan transportasi kereta api (Menteri Perhubungan Republik Indonesia, 2009). Kereta api di Indonesia mulai beralih jenis bahan bakar untuk penggerakannya, yaitu menggunakan energi listrik. Penggunaan energi listrik ini digunakan karena dinilai ramah lingkungan dan juga dipicu oleh menipisnya persediaan bahan bakar fosil (Fath et al., 2023), sehingga listrik dijadikan alternatif untuk energi penggerak pada moda kereta api. Kereta Rel Listrik (KRL) merupakan sarana yang memiliki penggerak sendiri menggunakan tenaga listrik dari aliran atas, yang digunakan untuk mengangkut penumpang (PT Kereta Api Indonesia, 2013). Di Indonesia jenis kereta ini biasa digunakan untuk angkutan perkotaan karena memberikan banyak kelebihan seperti minimnya polusi yang dihasilkan serta dapat memberikan akselerasi yang instan sehingga efektif digunakan untuk angkutan perkotaan yang juga mengutamakan kecepatan untuk mencapai tujuan. Salah satu penyelenggara moda transportasi yang menggunakan jenis kereta berpenggerak listrik adalah MRT Jakarta. Secara umum, *contact system* dapat berupa *overhead* (diatas) dan *third rail* (bawah/sisi) kereta. MRT Jakarta menggunakan jaringan listrik OCS (*Overhead Contact System*) untuk menyalurkan daya dari gardu traksi ke kereta dengan tipe *simple catenary* untuk jalur layang dan depo serta *rigid suspension system* untuk area bawah tanah *underground* (PT MRT Jakarta, 2022).

Sarana MRT Jakarta menggunakan jenis kereta listrik MRTJ1000 yang diproduksi oleh Nippon Sharyo dengan stamformasi dalam 1 trainset memiliki 6 kereta yang terdiri dari 2 Trailer Car dan 4 Motor Car. Trailer Car yang juga berfungsi sebagai kabin masinis ditempatkan pada tiap-tiap ujung sarana, sedangkan Motor Car terletak diantara Trailer Car. Dimana pada Motor Car terdapat komponen Motor Traksi dan Pantograf (Gambar 1).



Sumber: MRT Jakarta (2023)

Gambar 1 Stamformasi Sarana MRT

Salah satu komponen utama pada kereta jenis KRL adalah pantograf. Pantograf adalah alat yang digunakan di Kereta Rel Listrik yang dipasang di atas kereta yang merupakan penghubung kabel tembaga dengan motor traksi kereta, selain itu juga pantograf berfungsi sebagai pengumpul arus yang digunakan untuk mengoperasikan kereta secara terus menerus

(Gohtami, 2018). Menurut PM Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 7 Tahun 2022, pantograf pada kereta harus memenuhi persyaratan yaitu mampu bekerja pada kecepatan operasional maksimum kereta tanpa terjadi penurunan kualitas, jumlah penangkap arus minimum sesuai dengan besar daya yang ditransfer atau dibutuhkan dan mampu mengalirkan arus listrik sesuai kebutuhan daya (Menteri Perhubungan, 2022). Dalam sistem kerja pantograf untuk mentransmisikan daya listrik, terdapat satu komponen yang memiliki kontak langsung dengan kabel Listrik Aliran Atas (LAA), yaitu *carbon strip*. Komponen ini mentransmisikan tegangan listrik sebesar 1500 VDC untuk dapat menggerakkan motor listrik dan menjalankan perangkat lainnya.

Pada saat kereta melaju, *carbon strip* akan secara terus menerus bergesekan dengan kabel LAA sehingga *carbon strip* mengalami aus. Keausan didefinisikan sebagai kehilangan material secara *progresif* dari suatu permukaan dari suatu hasil pergerakan relatif antara permukaan tersebut dan permukaan lainnya (Surawan & Mulyadi, 2019). Keausan terjadi apabila dua buah benda yang saling menekan dan saling bergesekan secara terus menerus atau berkala, keausan yang lebih besar terjadi pada bahan yang lebih lunak (Surawan et al., 2021). Dalam prakteknya dilapangan, keausan *carbon strip* tidaklah merata disetiap sisinya sehingga membentuk sebuah pola yang juga dipengaruhi oleh beberapa faktor. Secara umum keausan dipengaruhi oleh 3 faktor yaitu:

1. Panjang kontak;
2. Gaya tekan kontak;
3. Kekerasan bahan.



Sumber: Peneliti (2023)

Gambar 2 Komponen *Carbon Strip*

Sesuai pada Gambar 2, komponen *carbon strip* yang digunakan pada sarana MRT Jakarta memiliki standar ketebalan pada saat baru adalah 17mm dan harus dilakukan penggantian pada saat ketebalannya telah mencapai keausan maksimumnya, dengan

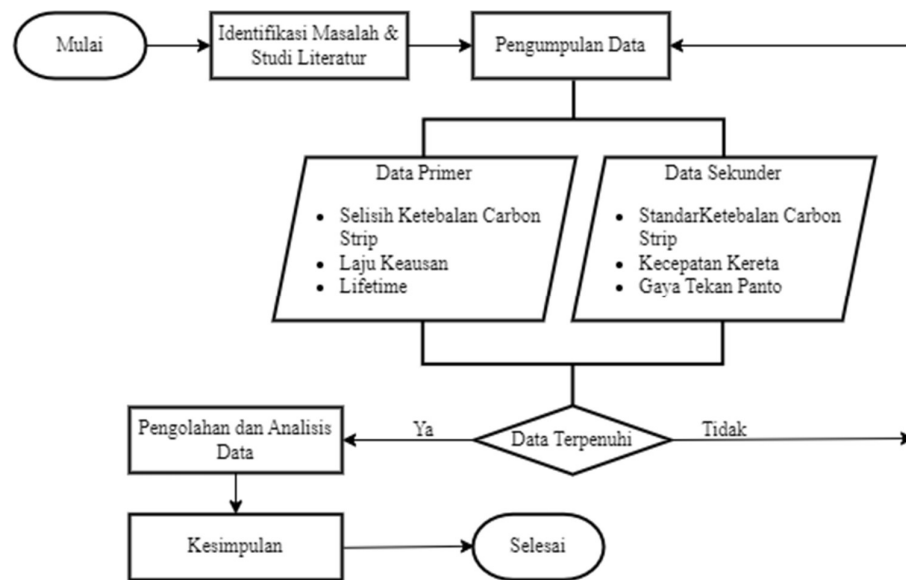
ketebalan *carbon strip* adalah 5mm. Penggantian *carbon strip* dilakukan pada saat *Preventive Maintenance* atau perawatan berkala baik perawatan harian maupun perawatan bulanan. Dalam peraturan perundang-undangan tentang keandalan sarana perkeretaapian, telah diatur bahwa sarana perkeretaapian harus dilakukan perawatan secara berkala guna menjaga kehandalan sarana KRL agar layak untuk beroperasi atau dioperasikan (Saiful Rifa'i & Prayogi, 2021). Perawatan sarana perkeretaapian didefinisikan sebagai aktivitas atau tugas yang dirancang untuk mengembalikan komponen ke kondisi yang dapat menjalankan fungsi yang ditetapkan (Soleiman, 2022). Adapun jenis perawatan terbagi menjadi *Corrective Maintenance* dan *Preventive Maintenance*. *Preventive Maintenance* adalah kegiatan perawatan dan pemeliharaan untuk mencegah timbulnya kerusakan-kerusakan yang tidak terduga dan menemukan keadaan yang dapat menyebabkan alat atau aset mengalami kerusakan pada waktu proses produksi secara terjadwal (Cahyani & Iftadi, 2021), yang terdiri dari beberapa rangkaian kegiatan, seperti inspeksi, perbaikan, penggantian, pembersihan dan pelumasan. *Corrective Maintenance* adalah kegiatan perawatan yang dilakukan setelah adanya kegagalan fungsi atau kerusakan yang terjadi pada sarana (Mentari & Hidayat, 2021).

Berdasar uraian diatas, baik peranan *carbon strip* pada sebuah kereta berpenggerak listrik, juga landasan teori yang telah dijelaskan, pada penelitian ini lebih memfokuskan pada beberapa point, point tersebut adalah : (a) Faktor apa saja yang mempengaruhi keausan, (b) berapa laju keausan pada *carbon strip*, (c) bagaimana cara untuk memperpanjang *life time* komponen *carbon strip*. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui faktor apa saja yang mempengaruhi keausan pada *carbon strip*, lalu berapa laju keausan *carbon strip* selama periode penelitian serta dapat memperpanjang *life time* komponen *carbon strip*. Dari permasalahan tersebut diharap dapat ditemukan solusi agar usia pakai komponen *carbon strip* dapat lebih panjang. Usia pakai yang lebih panjang diharapkan dapat mengurangi biaya perawatan untuk penggantian *carbon strip* dalam satu periode waktu.

B. Metode Penelitian

Penelitian didasarkan pada studi di lapangan yang didapatkan dari pengamatan pada saat berada di lapangan. Penelitian ini dilakukan selama 4 bulan dari bulan Maret sampai Juni 2023, dengan lokasi penelitian di Depo Sarana MRT Jakarta, Lebak Bulus. Metode penelitian ini adalah metode analisis kuantitatif deskriptif, yaitu statistik yang digunakan untuk menganalisis data dengan cara mendeskripsikan atau menggambarkan data yang telah terkumpul (Sugiyono, 2018). Pada metode ini proses pengambilan data melalui hasil pengukuran ketebalan *carbon strip*. Variabel pada penelitian ini yaitu variabel terikat

(*dependent*) dan variabel bebas (*independent*), dengan variable *dependent* yaitu laju keausan *carbon strip* dan variabel *independent* yaitu deviasi kabel LAA dan kontak jaringan LAA dengan *carbon strip*. Kemudian didapat data primer dan data sekunder. Data primer dalam penelitian ini adalah selisih ketebalan *carbon strip*, perhitungan laju keausan *carbon strip*, perhitungan *lifetime* serta dokumentasi *carbon strip*. Data sekunder dalam penelitian ini adalah ukuran ketebalan *carbon strip*, kecepatan kereta pada saat di lintas, gaya tekan pantograph. Berikut ini merupakan diagram prosedur pengumpulan dan analisis data pada penelitian ini, dapat dilihat pada Gambar 3 dibawah.



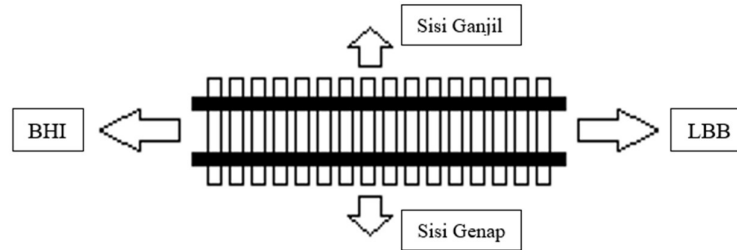
Sumber: Hasil Analisis Peneliti (2023)

Gambar 3 Prosedur Pengumpulan dan Analisis Data

C. Hasil dan Pembahasan

Keausan pada *carbon strip* dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor utama, yaitu; Panjang Kontak (L), Gaya Tekan Kontak (P), dan Tingkat Kekerasan Kontak (H). Namun pada sarana MRT Jakarta, keausan *carbon strip* terjadi secara tidak merata antara dua sisi *carbon strip*. Dalam penelitian ini peneliti membagi komponen *carbon strip* menjadi dua sisi bagian, yaitu sisi ganjil dan sisi genap. Penyebutan ini mengacu pada istilah hulu-hilir yang diterapkan pada penyelenggara perkertaapiian MRT Jakarta, yang mana hulu merupakan titik km 0 pada sebuah lintasan dan hilir merupakan titik akhir atau yang menjauh dari km 0. Pada pengoperasian fase 1 MRT Jakarta, Stasiun Lebak Bulus adalah sebagai hulu (*uptrack*) dari lintasan kereta api dan Stasiun Bundaran HI sebagai hilirnya (*downtrack*). Sisi ganjil *carbon strip* diibaratkan adalah sisi sebelah kanan kereta api jika kereta api berjalan menuju hilir atau Stasiun Bundaran HI, dan sisi genapnya adalah sebelah kiri kereta api seperti pada Gambar 4. Terdapat 8 batang *carbon strip* pada sebuah pantograph, yang mana

4 berada di sisi ganjil dan 4 lainnya berada di sisi genap. Berdasarkan faktor umum keausan, dapat dikaitkan dengan faktor di lapangan yang dapat berpengaruh pada keausan yang terjadi. Adapun faktor di lapangan yang menjadi penyebab keausan terjadi secara tidak merata terdiri atas faktor *track* atau lintasan, dan faktor sistem aliran atas.



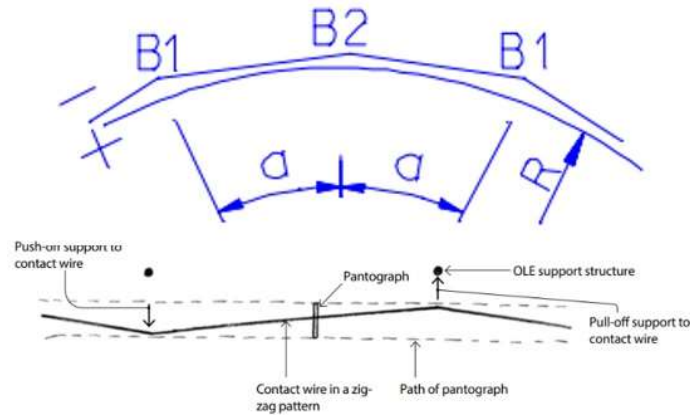
Sumber: Analisis Peneliti (2023)

Gambar 4 Ilustrasi Sisi Ganjil dan Sisi Genap

Faktor *track* yang dimaksud adalah adanya lengkung Fatmawati yang berada di KM 2+200 *downtrack* yang menghubungkan Stasiun Fatmawati dan Stasiun Cipete Raya yang melintas diatas Jalan Tol JORR dan Jalan TB Simatupang dan memiliki radius lengkung 180M. Adanya lengkungan mempengaruhi deviasi kabel LAA yang akan *disetting* untuk lebih condong ke sisi luar lengkung agar *carbon strip* tetap memiliki kontak dengan kabel LAA, karena pengaruh gaya sentrifugal selain itu faktor *safety* juga mencegah kabel tersangkut pada bagian bawah *pantohead*. Pada lengkung Fatmawati ini, sisi luar lengkungnya merupakan sisi ganjil kereta api. Hal inilah yang menjadi penyebab keausan *carbon strip* terjadi lebih besar pada sisi ganjil kereta api.

Sistem aliran atas atau OCS (*Overhead Contact System*) adalah sistem yang berfungsi untuk menyediakan suplai daya listrik, pendistribusian dan pengendalian yang diperlukan untuk operasi kereta rel listrik (MRT) dan peralatan persinyalan, telekomunikasi serta peralatan lain yang berada pada jalur atau track yang terelektifikasi (Shafira et al., 2022). Faktor sistem aliran atas yang dimaksud adalah adanya deviasi kabel LAA. Deviasi atau *stagger* adalah sebuah pola zig-zag pada jaringan Listrik Aliran Atas yang berfungsi untuk menghindari keausan alur pada *carbon strip*. Nilai deviasi pada perkeretaapian Indonesia adalah sebesar 200mm pada lintasan lurus, dan 300mm pada lintasan lengkung (Kementerian Perhubungan, 2018). Pada MRT Jakarta, nilai deviasi diatur dengan nilai 20mm pada lintasan lurus dan lengkung. Pada lengkung Fatmawati, deviasi *disetting* dengan jarak *pole* yang lebih dekat, sehingga tidak melebihi 200mm. Keausan *carbon strip* secara tidak merata juga disebabkan oleh nilai deviasi pada track lengkung terutama pada lengkung dengan radius yang kecil. Hal ini disebabkan karena kabel LAA yang di-*setting* untuk

condong ke arah luar lengkung agar *carbon strip* tetap memiliki kontak dengan kabel LAA, sehingga kereta tetap dapat melaju (Gambar 5).



Sumber: Railway Overhead Electrification System Design (2023)

Gambar 5 Deviasi pada Lintasan Lengkung dan Lintasan Lurus

Dua faktor diatas adalah saling berkaitan, *carbon strip* akan memiliki kontak yang lebih panjang pada sisi ganjil karena sisi luar lengkung Fatmawati adalah sisi ganjil kereta api, yang akan berpengaruh ke deviasi kabel LAA. Faktor lainnya yang mempengaruhi pada keausan *carbon strip* adalah adanya *rigid catenary*. *Rigid Overhead Conductor* atau biasa disebut *rigid catenary* adalah sistem listrik aliran atas yang mempunyai kawat kontak yang ditopang pada sebuah batangan kawat menggantung. Pada MRT Jakarta, *rigid catenary* digunakan pada lintasan bawah tanah (*underground*). Penggunaan *rigid catenary* dapat mempengaruhi keausan *carbon strip*, hal ini dikarenakan sistem LAA *rigid* memiliki tingkat peredaman yang rendah terhadap ayunan LAA atau gerak vertikal kereta. Selain itu *rigid catenary* memiliki jarak yang semakin dekat dengan kereta sehingga memberikan tekanan lebih pada *carbon strip*.

Selain faktor prasarana, sarana juga dapat berpotensi menjadi faktor keausan. Pada setiap sarana KRL, terdapat komponen pantograf yang harus memiliki gaya tekan agar *carbon strip* tetap memiliki kontak dengan LAA. Gaya panto adalah gaya tekan pantograf terhadap LAA oleh adanya pegas guna memastikan kereta tetap memiliki kontak dengan kabel LAA sehingga senantiasa dialiri listrik untuk menggerakkan kereta. Pada kereta MRT Jakarta, gaya panto memiliki standar 54N dengan toleransi $\pm 2N$. Namun pada praktiknya gaya panto sering kali berubah nilainya. Nilai gaya panto yang tidak sesuai standar dapat berpengaruh pada keausan *carbon strip*, karena pegas pada pantograf akan secara terus menerus memberikan tekanan pada *carbon strip* sehingga menimbulkan gaya gesek yang besar.

Data hasil pengukuran sebagaimana Tabel 1, bahwa ketebalan *carbon strip* ini diperoleh dari pengukuran pada Ratangga 13 pada saat perawatan harian atau bulanan berlangsung. Pengukuran ketebalan *carbon strip* menggunakan alat jangka sorong digital dan dilakukan pada kedua sisi *carbon strip* di setiap pantograf. Terdapat perbedaan selisih ketebalan antara sisi ganjil dan genap kereta api. Serta penurunan ketebalan terjadi hanya pada 2 car di satu bulan pengukuran, dikarenakan pola penggunaan pantograf MRT Jakarta yang mengaktifkan pantograf sesuai bulan aktif, sebagai contoh jika kereta beroperasi pada bulan ke 5 (Mei) atau bulan ganjil, maka pantograf yang aktif adalah pantograf pada kereta ganjil (car 3 dan car 5) sedangkan pada bulan genap sebagai contoh bulan 6 (Juni) maka pantograf yang aktif adalah pantograf pada kereta genap (car 2 dan car 4). Pola itulah yang menyebabkan nilai ketebalan *carbon strip* pada kereta yang tidak mengaktifkan pantograf tidak mengalami penurunan atau dianggap sama seperti waktu pengukuran sebelumnya, yang ditandai dengan angka berwarna hitam, sedangkan warna merah menunjukkan adanya penurunan ketebalan (mm).

Tabel 1 Data Ketebalan *Carbon Strip* Ratangga 13 Periode Mei-Juni 2023

Tanggal	Jarak Tempuh (km)	Pantograf							
		M2' (Car 2)		M1' (Car 3)		M2 (Car 4)		M1 (Car 5)	
		Ganjil	Genap	Ganjil	Genap	Ganjil	Genap	Ganjil	Genap
01/05/23	698	6,99	9,98	14,57	15,96	5,71	8,30	8,02	10,44
04/05/23	1554	6,99	9,98	13,88	15,34	5,71	8,30	7,36	10,03
08/05/23	2291	6,99	9,98	13,12	14,68	5,71	8,30	7,14	9,89
11/05/23	2995	6,99	9,98	12,46	14,09	5,71	8,30	6,71	9,62
13/05/23	3640	6,99	9,98	11,96	13,65	5,71	8,30	6,58	9,53
16/05/23	4333	6,99	9,98	11,77	13,48	5,71	8,30	6,31	9,36
17/05/23	4872	6,99	9,98	11,53	13,27	5,71	8,30	6,13	9,25
20/05/23	5617	6,99	9,98	11,32	13,09	5,71	8,30	5,91	9,11
23/05/23	6387	6,99	9,98	10,93	12,75	5,71	8,30	5,67	8,96
27/05/23	6852	6,99	9,98	10,55	12,41	5,71	8,30	17	17
31/05/23	7719	6,99	9,98	10,14	12,26	5,71	8,30	15,33	15,77
02/06/23	8154	6,73	9,54	10,02	12,22	5,48	6,81	15,47	15,91
05/06/23	8788	6,02	8,99	10,02	12,22	17	17	15,47	15,91
07/06/23	9353	5,23	8,45	10,02	12,22	15,40	16,21	15,47	15,91
12/06/23	10014	5,02	7,92	10,02	12,22	14,97	15,67	15,47	15,91
16/06/23	10511	17	17	10,02	12,22	14,15	15,22	15,47	15,91
20/06/23	11213	15,23	15,62	10,02	12,22	13,48	14,76	15,47	15,91
24/06/23	11912	14,83	15,3	10,02	12,22	13,09	13,88	15,47	15,91
28/06/23	12567	14,33	14,9	10,02	12,22	12,57	13,40	15,47	15,91

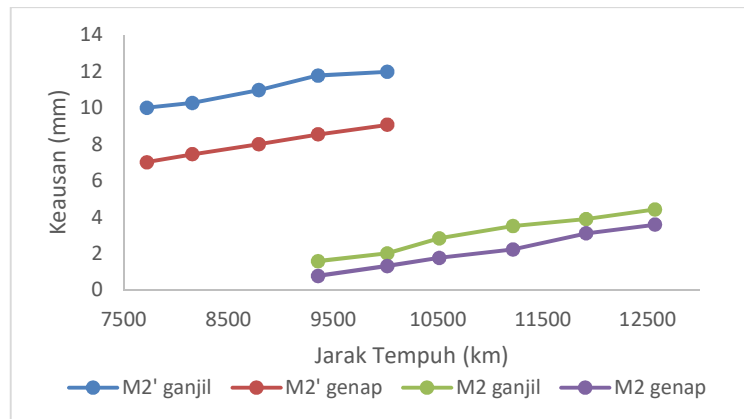
Sumber: Hasil Analisis Penelitian (2023)

Perhitungan laju keausan pada Ratangga 13 dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\frac{\text{Selisih Aus}}{\text{Jarak Tempuh}} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan: Selisih Aus adalah hasil pengurangan dari ketebalan standar baru *carbon strip* (17mm) dengan ketebalan pada saat dilakukan pengukuran. Selisih aus juga dapat diartikan sebagai nilai keausan yang terjadi pada *carbon strip*. Jarak Tempuh adalah jarak tempuh kereta pada bulan aktif pantograf.

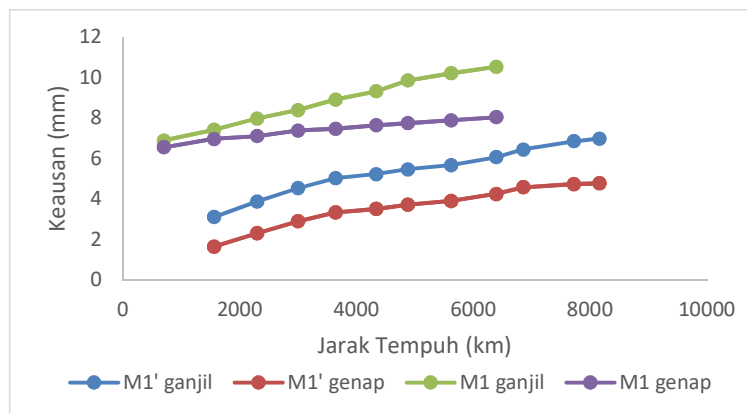
Berdasarkan data ketebalan *carbon strip* dan perhitungan laju keausan dengan rumus, maka diperoleh grafik laju keausan yang terjadi pada kedua sisi *carbon strip* Ratangga 13 (Gambar 6). Berikut hasil grafik laju keausan pada car M2' (car 2) dan M2 (car 4):



Sumber: Hasil Analisis Penelitian (2023)

Gambar 6 Grafik Laju Keausan Ratangga 13 Car 2 dan Car 4

Dari grafik di atas *carbon strip* pada sisi ganjil *carbon strip* lebih cepat mengalami keausan daripada *carbon strip* pada sisi genap. *Carbon strip* pada car M2' memiliki laju keausan 0,00099mm/km pada sisi ganjil dan 0,00081mm/km pada sisi genap. *Carbon strip* pada car M2 memiliki laju keausan 0,00091mm/km pada sisi ganjil, dan 0,00089mm/km pada sisi genap. Adapun hasil grafik laju keausan pada car M1' (car 3) dan M1 (car 5) sebagai berikut (Gambar 7):



Sumber: Hasil Analisis Penelitian (2023)

Gambar 7 Grafik Laju Keausan Ratangga 13 Car 3 dan Car 5

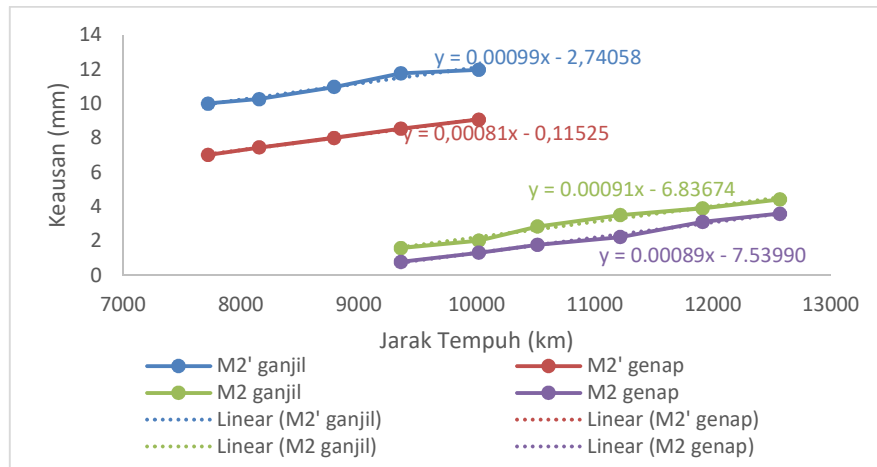
Dari grafik di atas *Carbon strip* pada car M1' memiliki laju keausan 0,00054mm/km pada sisi ganjil dan 0,00045mm/km pada sisi genap. *Carbon strip* pada car M1 memiliki laju keausan 0,00067mm/km pada sisi ganjil, dan 0,00025mm/km pada sisi genap.

Perhitungan *lifetime* digunakan persamaan gradien berdasarkan grafik laju keausan Ratangga 13. Maka didapati rumus perhitungan *lifenya* adalah:

$$y = mx - c \quad \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan : y adalah Umur Pakai atau *lifetime*, m adalah gradien, x adalah penggunaan maksimum *carbon strip*, dan c adalah konstanta.

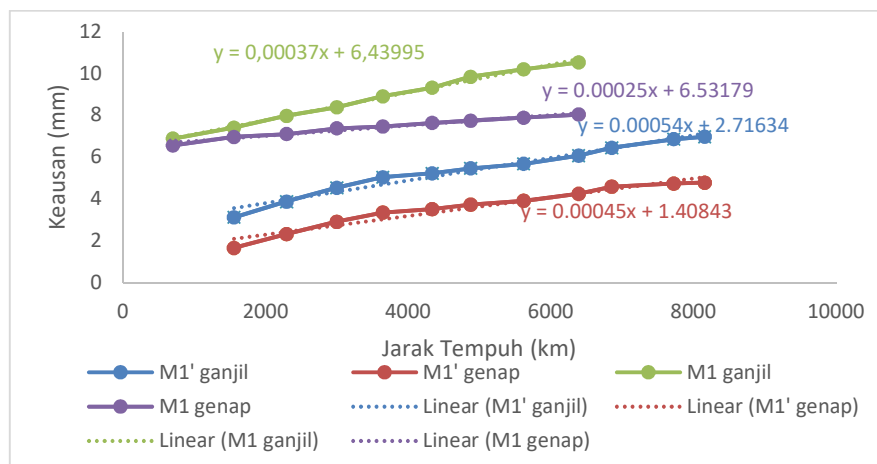
Berikut adalah hasil dari grafik persamaan gradien Ratangga 13 pada car 2 dan car 4 pada sisi ganjil dan sisi genap (Gambar 8):



Sumber: Hasil Analisis Penelitian (2023)

Gambar 8 Grafik Persamaan Ratangga 13 Car 2 dan Car 4

Berikut adalah hasil dari grafik persamaan gradien Ratangga 13 pada car 3 dan car 5 pada sisi ganjil dan sisi genap (Gambar 9):



Sumber: Hasil Analisis Penelitian (2023)

Gambar 9 Grafik Persamaan Ratangga 13 Car 3 dan Car 5

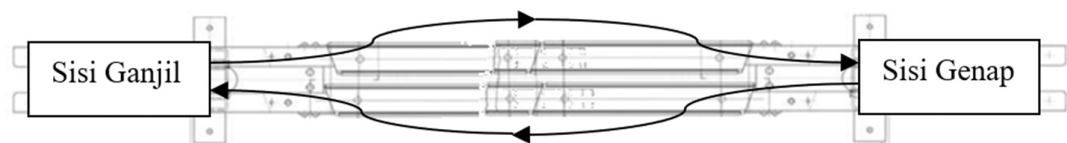
Hasil persamaan tersebut dapat digunakan untuk mencari hasil perhitungan *lifetime* dalam waktu yang akan datang dalam satuan jarak (KM) hingga mencapai titik ketebalan minimumnya (5mm), seperti yang tertuang pada Tabel 2.

Tabel 2 *Lifetime Carbon Strip* Ratangga 13

	M2'		M1'		M2		M1	
	Ganjil	Genap	Ganjil	Genap	Ganjil	Genap	Ganjil	Genap
Kausan Maks Jarak Tempuh (KM)	11,91142	11,99425	11,95034	11,98343	11,90926	11,95110	11,66595	11,98179
	14.800	14.950	17.100	23.500	20.600	21.900	15.020	21.800

Sumber: Analisis Peneliti (2023)

Kausan pada *carbon strip* disebabkan oleh banyak faktor. Ketidakrataan keausan yang terjadi dapat mengakibatkan *lifetime* penggunaan *carbon strip* akan semakin sedikit. Penggantian *carbon strip* harus dilakukan dengan mengganti kedua sisinya, dan tidak dapat hanya salah satunya saja, karena akan berpotensi menimbulkan masalah lain. Keausan dengan selisih kedua sisi yang jauh akan berdampak pada biaya perawatan yang besar, karena *life time* penggunaan *carbon strip* akan mengikuti ketebalan terdalamnya, dan menyisakan selisih ketebalan yang seharusnya masih dapat dipergunakan sampai batas minimumnya. Maka perlu cara untuk memperpanjang *life time*. Salah satu cara untuk memperpanjang *lifetime* adalah dengan memutar posisi *pantohead* pada waktu tertentu. Dalam artian, mengubah posisi sisi ganjil menjadi posisi sisi genap dan sebaliknya. Seperti ilustrasi pada Gambar 10. Pemutaran aman dilakukan, dikarenakan posisi baut pada *Pant-head* dikedua sisinya adalah sama, sehingga dapat *plug and play* jika digunakan dan harus dilakukan pemutaran.



Sumber: Hasil Analisis Penelitian (2023)

Gambar 10 Skema pemutaran Posisi *Panto-Head*

D. Kesimpulan

Keausan merupakan suatu peristiwa yang sudah pasti terjadi apabila terdapat 2 buah benda yang saling bergesekan. Dari analisis di lapangan, didapati bahwa keausan pada *carbon strip* dipengaruhi oleh beberapa faktor yang juga menyebabkan adanya keausan secara tidak merata antara kedua sisi *carbon strip* seperti, lengkungan, deviasi kabel LAA,

rigid catenary, dan gaya panto. Dari hasil perhitungan yang berdasarkan data di lapangan, didapati laju keausan pada Ratangga 13 car M2' sisi ganjil adalah 0,00099mm/km pada sisi dan 0,00081mm/km pada sisi genap. *Carbon strip* pada car M2 memiliki laju keausan 0,00091mm/km pada sisi ganjil, dan 0,00089mm/km pada sisi genap. Dan laju keausan pada car M1' sisi ganjil adalah 0,00054mm/km dan 0,00045mm/km pada sisi genap. *Carbon strip* pada car M1 memiliki laju keausan 0,00067mm/km pada sisi ganjil, dan 0,00025mm/km pada sisi genap. Perhitungan *lifetime* yang juga didapat dari perhitungan laju keausan menunjukkan untuk dapat mencapai ketebalan minimum 5mm, *carbon strip* sisi ganjil akan tercapai dalam rata-rata 15.595,63km dan pada sisi genap akan tercapai dalam rata-raata 21.523,81km. *Improvement* perlu dilakukan agar dapat menambah *lifetime* komponen *carbon strip*, salah satunya dengan cara memurar posisi *Pantograph head*. Pemutaran dapat dilakukan, karena posisi baut atau dudukan *Pant-head* dikedua sisi adalah sama.

E. Daftar Pustaka

- Cahyani, O., & Iftadi, I. (2021). Penjadwalan Preventive Maintenance dengan Metode Reliability Centered Maintenance pada Stasiun Cabinet PU di PT IJK. *Teknoin*, 27(1).
- Fath, A., Fajari, R., Arsyad, M. F., & Prasteyo, P. H. (2023). Pengaruh Perawatan Preventif *Lifetime Baterai Lead Acid Untuk Persinyalan Kereta Api Listrik Effects of Preventive Maintenance Lifetime Battery Lead Acid for Signaling Electric Train*. 2(1), 50–67.
- Gohtami, E. (2018). *Evaluasi dan eksperimentasi desain modul, pola dan sambungan pada konstruksi bambu dengan sistem pantograf*. Universitas Katolik Parahyangan.
- Kementerian Perhubungan. (2018). PM 50 Tahun 2018 Perhubungan Tentang Persyaratan Teknis Instalasi Listrik Perkeretaapian. *Kementerian Perhubungan Republik Indonesia*, 13.
- Mentari, R. A., & Hidayat, T. P. (2021). Analisis Performansi Mesin pada Corrective Maintenance dan Preventive Maintenance dengan Menggunakan Metode Modularity Design. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri (Jurnal Keilmuan Teknik Dan Manajemen Industri)*, 847–856.
- Menteri Perhubungan. (2022). Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 7 Tahun 2022 Tentang Penyelenggaraan Kereta Api Kecepatan Tinggi. *Kementerian Perhubungan Republik Indonesia*, 1–207.
- Menteri Perhubungan Republik Indonesia. (2009). PP 56 Tahun 2009 Tentang Penyelenggaraan Perkeretaapian. *Kementerian Perhubungan Republik Indonesia*, 2(5), 255.
- PT Kereta Api Indonesia. (2013). Peraturan Dinas 8B Penggunaan Kereta Rel Listrik Pada Lintas Dengan Jaringan Listrik Aliran Atas 1.500 Volt DC. April.
- PT MRT Jakarta. (2022). *Seri pembelajaran standar baru pembangunan infrastruktur di indonesia*.
- Saiful Rifa'i, A., & Prayogi, E. (2021). Analisis Laju Keausan Main Contact Strip Pantograf Kereta PT MRT Jakarta. *Jurnal Health Sains*, 2(3), 388–398.

- Shafira, R., Gagarin Irianto, C., & Kasim, I. (2022). Analisa Jatuh Tegangan Pada Mass Rapid Transit (Mrt) Jakarta. *Jetri : Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 20(1), 14–27. <https://doi.org/10.25105/jetri.v20i1.8952>
- Soleiman, R. (2022). *PLANNING FOR EXTENDING THE INTERVAL OF DAILY MAINTENANCE FROM 3 DAYS TO 6 DAYS (STUDY CASE: PT MRT JAKARTA)*. 5.
- Sugiyono. (2018). Teknik Analisis Kualitatif. *Teknik Analisis*, 1–7.
- Surawan, T., Kurniawati, N., Digdoyo, A., Sujatmika, H., & Agusta, H. (2021). Analisa Pengaruh Pola Operasi Terhadap Laju Keausan Carbon Strip Pada Pantograf. In *Jurnal Teknologi* (Vol. 9, Issue 1).
- Surawan, T., & Mulyadi, D. (2019). Pengaruh Waktu Pembebanan Dan Kecepatan Terhadap Keausan Paduan Tembaga (Cu) Dan Karbon (C). *Jurnal Teknologi*, 6(2), 71–84.