

Analisis Interval Perawatan CCD (*Current Collector Device*)/Shoe Pada LRT Jakarta

CCD (Current Collector Device) Shoes Maintenance Interval Analysis on Jakarta LRT

Muhammad Aimar Rachman¹, Gendoet Indarto Wibisono², Dahlan³

^{1,2}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 13410, Indonesia

*Email Korespondensi : muhammadaimar10@gmail.com

Abstract

The railway system in Indonesia is currently developing rapidly, as well as railway technology in Indonesia, especially DKI Jakarta, one of which is the Jakarta LRT. CCD (Current Collector Device) which is a device for taking the power supply or distributing electricity from a third rail source. The way the CCD (Current Collector Device) works is that it attaches to the third rail through a shoe that rubs directly against the third rail. Continuous friction causes wear and tear on these components. The current minimum thickness standard for CCD (Current Collector Device) is 20 millimeters. While the thickness of the new condition is 28 millimeters. During the monthly maintenance, it was found that the wear rate was an average of 0.1 millimeters – 0.2 millimeters. This is less significant in carrying out monthly maintenance on the CCD (Current Collector Device). The aim of this research is to analyze the wear rate of the CCD (Current Collector Device) for 1 year and determine the maintenance interval time based on the wear rate.

Keywords : *Current Collector Device, wear rate, maintenance interval*

Abstrak

Sistem perkeretaapian di Indonesia saat ini telah berkembang dengan pesat, begitu juga dengan teknologi perkeretaapian di Indonesia, khususnya DKI Jakarta salah satunya yaitu LRT Jakarta. CCD (*Current Collector Device*) yang merupakan suatu alat untuk pengambil catu daya atau penyalur listrik dari sumber *third rail*/rel ketiga. Cara kerja CCD (*Current Collector Device*) yaitu menempel pada *third rail* melalui *Shoe* yang bergesekan langsung dengan *third rail* tersebut. Gesekan yang terus menerus mengakibatkan keausan pada komponen tersebut. Standar ketebalan minimum pada CCD (*Current Collector Device*) saat ini adalah 20 milimeter. Sedangkan ketebalan pada kondisi baru adalah 28 milimeter. Selama dilakukan perawatan bulanan ditemukan laju keausan yang terjadi rata-rata 0,1 milimeter – 0,2 milimeter. Hal ini kurang signifikan dalam melakukan perawatan bulanan pada CCD (*Current Collector Device*). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis laju keausan CCD (*Current Collector Device*) selama 1 tahun dan menentukan waktu interval perawatan berdasarkan laju keausan.

Kata kunci : *Current Collector Device, laju keausan, interval perawatan.*

A. Pendahuluan

Jakarta sebagai salah satu kota dengan tingkat perkembangan transportasi cukup pesat, salah satunya adalah LRT Jakarta. LRT (*Light Rail Transit*) adalah suatu sistem transportasi untuk kereta penumpang berbasis rel listrik (*light train*) yang ditandai dengan kemampuan mengoperasikan kereta ringan sepanjang jalur eksklusif, yang biasanya melintasi kawasan perkotaan yang memiliki konstruksi ringan dan dapat berjalan bersama lalu lintas lain atau dalam lintasan khusus. (Edy Harianto Bongso Theo Sendow & Manoppo, 2019).

LRT adalah moda transportasi perkeretaapian menggunakan kereta api ringan, sistem pengoperasian elektrik dan memiliki jalur tersendiri yang tidak dapat diakses oleh pejalan kaki maupun kendaraan lainnya. LRT Jakarta memiliki total panjang lintasan mencapai 5,8 kilometer, menghubungkan stasiun pegangsaan dua hingga stasiun velodrome. LRT Jakarta mulai beroperasi pukul 05.30 - 23.00 WIB pada *weekday* maupun *weekend* dengan *headway* 10 menit antar angkutan walaupun jam sibuk. Saat ini LRT Jakarta menggunakan Kereta Rel Listrik dari perusahaan asal Korea Selatan yaitu Hyundai Rotem. LRT Jakarta baru mempunyai 8 *trainset* tiap 1 *trainset* mempunyai 2 Kereta, maka dari itu penting juga untuk melakukan perawatan terhadap sarana LRT yang ada saat ini.



Sumber : (LRT Jakarta, 2023)

Gambar 1 Lokasi CCD (*Current Collector Device*)

LRT Jakarta memakai jenis kereta listrik seri 1100 Hyundai Rotem dengan stamformasi 1 *trainset* 2 kereta, dimana masing-masing kereta mempunyai 1 bogie yang terdiri dari 2 motor penggerak serta mempunyai bogie *articulated* yang terletak di tengah atau pada bagian trailer bogie supaya kereta tersebut bisa melewati lengkung dengan radius yang kecil dan menggunakan CCD (*Current Collector Device*) yang merupakan suatu alat untuk pengambil catu daya atau penyalur listrik dari sumber *third rail*/rel ketiga yang berada dibawah kereta LRT yang dimana rel tersebut khusus untuk aliran listrik.

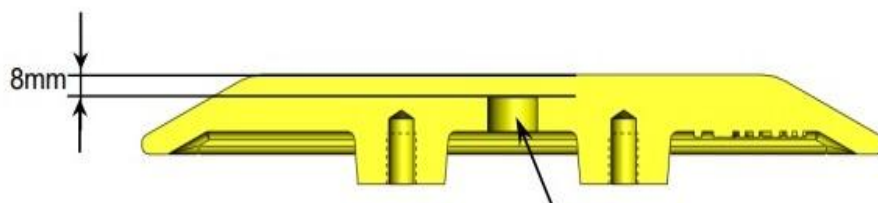
Third rail atau rel ketiga adalah metode penyediaan tenaga listrik untuk kereta, melalui konduktor kaku semi – kontinu yang ditempatkan di samping atau di antara rel dari jalur

kereta api. Hal ini digunakan biasanya dalam angkutan masal atau *rapid transit system*, yang memiliki koridor sendiri, sepenuhnya atau hampir sepenuhnya dipisahkan dari lingkungan luar. Sistem rel ketiga selalu dipasok listrik arus searah. (Iqbal Arjiansah & umar, 2021).

Cara kerja CCD (*Current Collector Device*) yaitu menempel pada *third rail* melalui *Shoe* yang bergesekan langsung dengan *third rail* tersebut. Gaya gesek merupakan gaya yang bekerja akibat adanya sentuhan dari dua permukaan benda. (Surawan & Mulyadi, 2019). Gesekan yang terus menerus dengan *third rail* selama beroperasi maka akan mengakibatkan keausan pada komponen tersebut. (Taufik et al., 2018).

Keausan (*wear*) adalah hilangnya material dari permukaan benda padat sebagai akibat dari adanya gerakan mekanik. Keausan umumnya dianalogikan sebagai hilangnya material akibat interaksi mekanik dua permukaan yang bergerak *sliding* dan dibebani. (Saiful Rifa'i & Prayogi, 2021). Keausan terjadi karena dua buah benda yang saling menekan dan bergesekan. Keausan yang lebih besar terjadi pada bahan yang lebih lunak. (Rif'an et al., 2017). Ini merupakan fenomena normal yang terjadi ketika dua benda permukaannya saling bergesekan, maka akan terjadi keausan atau perpindahan material yang terjadi antara dua benda yang bergesekan.

Faktor – faktor yang menyebabkan keausan adalah kecepatan, tekanan, kekasaran, permukaan, dan kekerasan bahan. (Anry Gultom & Teknik Mesin, n.d.). Semakin besar kecepatan relatif benda bergesekan satu sama lain, maka semakin rentan bahan tersebut aus. Demikian pula semakin besar tekanan pada permukaan benda yang berkontak, material akan cepat aus, begitu pula sebaliknya. (Tri Surawan, Nani Kurniawati, Aji Digdoyo, Hanif Sujatmika, 2021). Keausan yang mengakibatkan hilangnya material pada suatu benda yang akan mengakibatkan kerusakan pada benda tersebut. (Tri Surawan, Nani Kurniawati, Aji Digdoyo, Hanif Sujatmika, 2021).



Sumber : LRT Jakarta

Gambar 2 Standar Ketebalan Minimum *Shoe*

Standar ketebalan minimum yang dibolehkan pada CCD (*Current Collector Device*) saat ini ini adalah 20 milimeter. Dan ketebalan komponen terbaru CCD (*Current Collector*

Device) ketebalannya adalah 28 milimeter. (Rotem, 2018). Perawatan CCD yang terjadwal di PT LRT Jakarta yang awal beroperasi adalah 7 hari sekali atau mingguan sedangkan untuk saat ini sudah diterapkan selama 1 bulan sekali. Selama dilakukan perawatan bulanan ditemukan laju keausan yang terjadi pada komponen CCD (*Current Collector Device*) rata – rata 0,1 milimeter – 0,2 milimeter.

Tetapi hal ini kurang signifikan dalam melakukan perawatan bulanan terhadap CCD (*Current Collector Device*). Penerapan terhadap perawatan CCD (*Current Collector Device*) selama 1 bulan dinilai kurang efektif ditinjau dari laju keausan dan keandalan komponen. Perawatan bulanan CCD (*Current Collector Device*) yang dilakukan adalah pemeriksaan secara visual, pengukuran ketebalan *Shoe*, pengukuran gaya tekan pegas, pengukuran ketinggian CCD, dan pembersihan pada bagian CCD serta penyemprotan atau pelumasan pada bagian pegas. Terkait perawatan bulanan CCD (*Current Collector Device*) ini peneliti hanya membahas pada item komponen CCD (*Current Collector Device*). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis laju keausan CCD/*Shoe* selama 1 tahun dan menentukan waktu interval perawatan berdasarkan laju keausan CCD (*Current Collector Device*)/*Shoe* selama beroperasi.

Perawatan sarana perkeretaapian adalah kegiatan yang dilakukan untuk mempertahankan keandalan sarana perkeretaapian agar tetap laik operasi. Kegiatan perawatan kereta bertujuan untuk mempertahankan kinerja dari kereta, agar masih tetap seperti kinerja di kala kereta itu dalam keadaan baru. (Tamtomo Adi et al., 2017). Masalah perawatan mempunyai kaitan yang sangat erat dengan tindakan pencegahan kerusakan (*preventive*) dan perbaikan kerusakan (*corrective*).

Preventive Maintenance adalah perawatan yang telah menjadwalkan *downtime*, biasanya secara berkala yang terdiri dari beberapa rangkaian kegiatan, seperti inspeksi, perbaikan, pergantian, pembersihan, pemolesan, dan pelumasan. (Pujadi et al., 2021). *Corrective Maintenance* adalah perawatan yang dilakukan setelah terjadinya kegagalan aset atau kerusakan pada sarana perkeretaapian. Perawatan ini digunakan untuk melengkapi teknologi perawatan lainnya dikarenakan perawatan prediktif membutuhkan biaya yang lebih mahal untuk perawatan dan pemeliharaan *spare parts* pada sarana kereta api. (Mattjik, 2015).

B. Metode Penelitian



Sumber : (Peneliti, 2023)

Gambar 3 Dipo LRT Jakarta

Penelitian ini dilakukan di dipo LRT Jakarta Lokasi tersebut sebagai tempat penelitian untuk mengambil data dan bahan penelitian. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah, metode penelitian kuantitatif dan kualitatif. Pada metode penelitian kuantitatif proses pengambilan data melalui hasil pengukuran ketebalan *Collector Shoe* dan data teknis komponen CCD (*Current Collector Device*). Batasan pada penelitian ini adalah tidak menganalisis data pengukuran ketinggian CCD dan gaya tekan pegas.

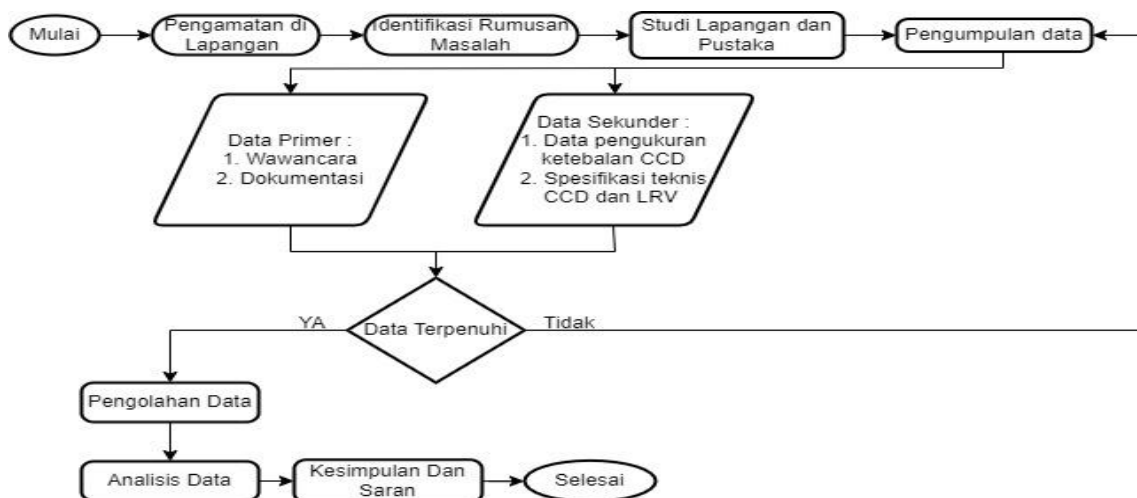
Variabel penelitian merupakan suatu properti dari seseorang, obyek, atau kegiatan dengan variasi tertentu yang diidentifikasi oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulan. Fungsi dari mengetahui variabel penelitian yaitu agar fokus dan konsisten pada satu kajian dalam proses penelitian. Variabel dibedakan menjadi variabel terikat (*dependent*) dan variabel bebas (*independent*). (Sugiyono, 2021). Variabel bebas dalam penelitian ini adalah periode pengukuran. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah pengukuran ketebalan *Collector Shoe*.

Pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh informasi mengenai perawatan pada item CCD (*Curent Collector Device*). Menurut (Sugiyono, 2021), pengumpulan data dapat dilakukan dari dua sumber yaitu sumber primer dan sekunder. Sumber primer adalah sumber data penelitian yang diambil secara langsung oleh peneliti. Sumber sekunder adalah sumber data penelitian yang diambil secara tidak langsung oleh peneliti. Sumber sekunder adalah sumber data penelitian yang diambil secara tidak langsung atau diberikan oleh perantara dalam penelitian, seperti dokumen ataupun melalui orang lain.

Sumber pengumpulan data dapat dilakukan dengan memperoleh data primer dan sekunder. Data primer dalam penelitian ini adalah peninjauan langsung atau dokumentasi yang diambil dari komponen item CCD yang ada pada sarana LRT Jakarta dan melakukan wawancara kepada perawat dan pemelihara sarana LRT Jakarta.

Wawancara merupakan salah satu teknik pengumpulan data yang diperoleh peneliti dari informan secara langsung, dalam proses penelitian berlangsung di lapangan. Dalam proses mengidentifikasi risiko memerlukan waktu yang lebih lama apabila proses tersebut melibatkan para pemangku kepentingan yang berkaitan (*relevan*) dalam waktu yang sama. Untuk melakukan proses identifikasi risiko dalam kondisi yang dilakukan dibutuhkan metode tanya jawab atau wawancara (*interview*). Dari hasil wawancara ini yang akan menjadi data primer, yang selanjutnya dianalisis untuk mengetahui bagaimana tingkat laju keausan selama beroperasi pada item *Collector Shoe* dan mengetahui bagaimana interval perawatan yang digunakan pada item CCD (*Curent Collentor Device*) yang ada pada sarana LRT Jakarta saat ini.

Data sekunder dalam penelitian ini adalah berupa dokumen dan *manual instruction/book* dari PT. LRT Jakarta (*Light Rail Transit*). Beberapa data spesifikasi teknis dan data *checksheet history* pengukuran ketebalan *Collector Shoe* selama kegiatan perawatan bulanan. Data sekunder ini berfungsi sebagai data pendukung validitas objek penelitian, berupa literatur dan dokumentasi legal formal yang berkaitan dengan objek penelitian terkait dengan spesifikasi teknis item dan pengukuran ketebalan *Collector Shoe*. Prosedur pengumpulan data dan analisis pengumpulan data pada penelitian ini, dapat dilihat pada gambar berikut.



Sumber : (Peneliti, 2023)

Gambar 4 Prosedur Penelitian

C. Hasil dan Pembahasan

Data pengukuran ketebalan *Collector Shoe* ini berasal dari data sekunder yang diperoleh dari *checksheet* perawatan bulanan pada LRV (*Light Rail Vehicle*) 8. Pengukuran ketebalan *Collector Shoe* menggunakan jangka sorong digital, pengukuran ini dilakukan pada tiga titik untuk mendapatkan hasil rata – rata ketebalan pada *Collector Shoe*.

Tabel 1 Data Ketebalan *Collector Shoe* LRV 8 Periode Januari – Desember 2022

Bulan	McA		Trailer		McB		KM Base
	Kiri	Kanan	Kiri	Kanan	Kiri	Kanan	
Januari	23.6	23.7	24.3	24.2	23.2	24.1	136166
Febuari	23.5	23.6	24.2	24.1	23.1	24	141024
Maret	23.4	23.5	24	24	23	23.9	145530
April	23.3	23.5	23.9	24	23	23.8	151098
Mei	23.2	23.4	23.8	23.9	22.9	23.8	156052
Juni	23.1	23.4	23.7	23.8	22.8	23.7	159430
Juli	23	23.3	23.6	23.7	22.7	23.7	163682
Agustus	22.9	23.2	23.4	23.7	22.7	23.6	169345
September	22.8	23.2	23.3	23.6	22.6	23.5	174746
Oktober	22.7	23.1	23.2	23.6	22.5	23.4	180136
November	22.6	23.1	23.1	23.5	22.4	23.2	185795
Desember	22.5	23	23	23.5	22.3	23.1	190617

Sumber : (LRT Jakarta, 2023)

Analisis atau uji regresi ialah studi tentang hubungan antar suatu variabel, yaitu variabel yang dijelaskan (*the explained variabel*) dengan menggunakan satu atau lebih variabel, yaitu variabel penjelas (*the explanatory*). Jika terdapat satu variabel bebas maka analisis regresi menggunakan regresi sederhana. Jika variabel bebasnya banyak, maka analisis regresi menggunakan regresi linier berganda. Kita katakan berganda karena ada sejumlah variabel bebas yang mempengaruhi variabel yang jumlahnya tidak terbatas. (Yuliara, 2018).

Berdasarkan data pada bulan Januari – Desember 2022 dapat dilakukan perhitungan menggunakan rumus regresi linier sederhana pada Trailer kiri :

Tabel 2 Perhitungan Metode Regresi Linier Pada Trailer Kiri

Bulan	Periode (X)	Ketebalan Y (mm)	XY	X ²
Januari	1	24.3	24.3	1
Febuari	2	24.2	48.4	4
Maret	3	24	72	9
April	4	23.9	95.6	16
Mei	5	23.8	119	25
Juni	6	23.7	142.2	36
Juli	7	23.6	165.2	49
Agustus	8	23.4	187.2	64
September	9	23.3	209.7	81
Oktober	10	23.2	232	100
November	11	23.1	254.1	121
Desember	12	23	276	144
Jumlah	78	283.5	1825.7	650

Sumber : (Peneliti, 2023)

Perhitungan pengurangan ketebalan dalam beberapa waktu periode yang akan datang hingga ketebalan mencapai pada titik minimum toleransi ketebalan *Shoe* :

Perhitungan untuk mencari nilai *b* :

$$b = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{n\sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{(12)(1825.7) - (283.5)(78)}{12(650) - (78)^2} = -0,1192$$

Keterangan : *b* adalah koefisien regresi, *n* adalah jumlah data, *Y* adalah variabel dependen, dan *X* adalah variabel independent

Perhitungan untuk mencari nilai *a* :

$$a = \frac{\sum y - b\sum x}{n}$$

$$a = \frac{283.5}{12} - \frac{(-0,1192)(78)}{12} = 24,4$$

Keterangan : *a* adalah konstanta, *n* adalah jumlah data, *Y* adalah variabel dependen, dan *X* adalah variabel independent

Sehingga didapat persamaan :

$$y = a + bx = 24,4 + (-0,1192)x$$

Hasil persamaan tersebut dapat digunakan untuk mencari hasil proyeksi perhitungan usia

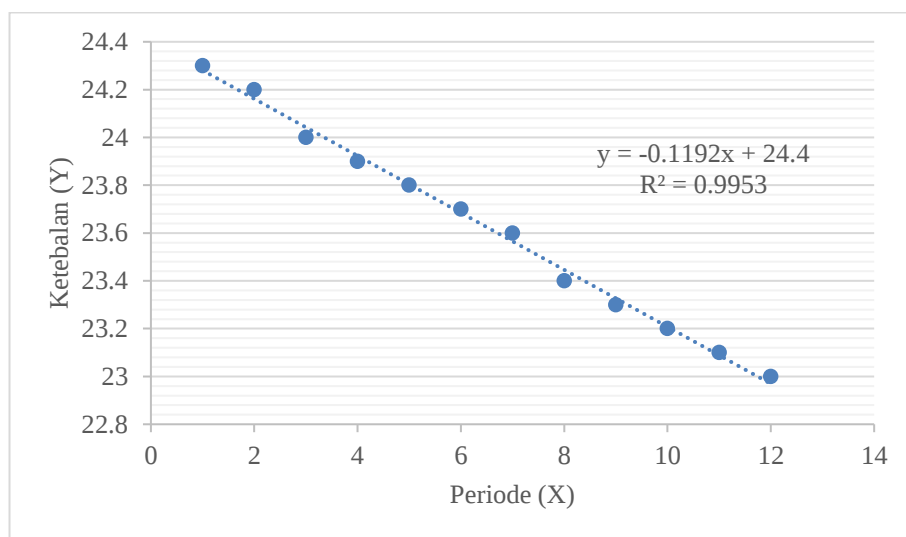
pakai dalam beberapa waktu periode yang dekat hingga mencapai titik ketebalan minimum yaitu 20 mm, maka akan diketahui pada tabel berikut :

Tabel 3 Perhitungan Usia Pakai Pada Trailer Kiri

Tahun	Bulan	Periode	Ketebalan (mm)
2025	Mei	29	20.9728
	Juni	30	20.8536
	Juli	31	20.7344
	Agustus	32	20.6152
	September	33	20.496
	Oktober	34	20.3768
	November	35	20.2576
	Desember	36	20.1384
2026	Januari	37	20.0192

Sumber : (Peneliti, 2023)

Berdasarkan tabel proyeksi usia pakai pada *Collector Shoe* Trailer kiri akan mencapai ketebalan mencapai minimum pada periode ke 37 sehingga akan dilakukan pergantian pada bulan Januari tahun 2026 dengan ketebalan 20.0192 mm. berikut hasil grafik persamaan regresi linier pada *Collector Shoe* Trailer Kiri :



Sumber : (Hasil Analisis Peneliti, 2023)

Gambar 5 Grafik Persamaan Regresi Linier *Collector Shoe* Trailer Kiri

Setelah dilakukan perhitungan usia pakai pada *Collector Shoe* Trailer kiri, berikutnya juga terdapat perhitungan usia pakai pada *Collector Shoe* Trailer kanan, dilihat dari perbedaan sisi kiri dan kanan pada masing – masing *Collector Shoe*.

Berdasarkan data pada bulan Januari – Desember 2022 dapat dilakukan perhitungan menggunakan rumus regresi linier sederhana pada Trailer kanan :

Tabel 4 Perhitungan Metode Regresi Linier Pada Trailer Kanan

Bulan	Periode (X)	Pengurangan Ketebalan Y (mm)	XY	X ²
Januari	1	24.2	24.2	1
Febuari	2	24.1	48.2	4
Maret	3	24	72	9
April	4	24	96	16
Mei	5	23.9	119.5	25
Juni	6	23.8	142.8	36
Juli	7	23.7	165.9	49
Agustus	8	23.7	189.6	64
September	9	23.6	212.4	81
Oktober	10	23.6	236	100
November	11	23.5	258.5	121
Desember	12	23.5	282	144
Jumlah	78	285.6	1847.1	650

Sumber : (Peneliti, 2023)

Perhitungan pengurangan ketebalan dalam beberapa waktu periode yang akan datang hingga ketebalan mencapai pada titik minimum toleransi ketebalan *Shoe* :

Perhitungan untuk mencari nilai *b* :

$$b = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{n\sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{(12)(1847.1) - (285.6)(78)}{12(650) - (78)^2} = -0,065$$

Keterangan : *b* adalah koefisien regresi, *n* adalah jumlah data, *Y* adalah variabel dependen, dan *X* adalah variabel independent

Perhitungan untuk mencari nilai *a* :

$$a = \frac{\sum y - b\sum x}{n}$$

$$a = \frac{285.6}{12} - \frac{(-0,065)(78)}{12} = 24,223$$

Keterangan : *a* adalah konstanta, *n* adalah jumlah data, *Y* adalah variabel dependen, dan *X* adalah variabel independent

Sehingga didapat persamaan :

$$y = a + bx = 24,223 + (-0,065)x$$

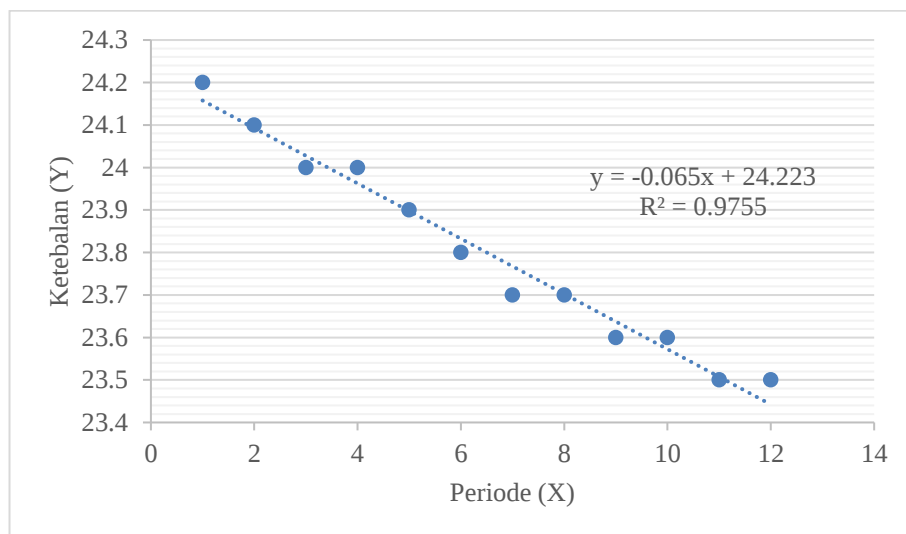
Hasil persamaan tersebut dapat digunakan untuk mencari hasil proyeksi perhitungan usia pakai dalam beberapa waktu periode yang dekat hingga mencapai titik ketebalan minimum yaitu 20 mm, maka akan diketahui pada tabel berikut :

Tabel 5 Perhitungan Usia Pakai Pada Trailer Kanan

Tahun	Bulan	Periode	Ketebalan (mm)
2028	Januari	61	20.315
	Febuari	62	20.25
	Maret	63	20.185
	April	64	20.12
	Mei	65	20.055

Sumber : (Peneliti, 2023)

Berdasarkan tabel proyeksi usia pakai pada *Collector Shoe* Trailer kanan akan mencapai ketebalan minimum pada periode ke 65 sehingga akan dilakukan pergantian pada bulan Mei tahun 2028 dengan ketebalan 20.055 mm. berikut hasil grafik persamaan regresi linier pada *Collector Shoe* Trailer Kanan :



Sumber : (Hasil Analisis Peneliti, 2023)

Gambar 6 Grafik Persamaan Regresi Linier *Collector Shoe* Trailer Kanan

D. Kesimpulan

Dari hasil analisis dan pembahasan di atas maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

- a. Perhitungan usia pakai *Collector Shoe* pada bogie Trailer sisi kiri dan kanan adalah sebagai berikut :
 1. Bogie Trailer kiri mencapai standar minimum pada periode ke 37 bulan Januari tahun 2026 dengan ketebalan 20.0192 mm.

2. Bogie Trailer kanan mencapai standar minimum pada periode ke 65 bulan Mei tahun 2028 dengan ketebalan 20.055 mm.
- b. Pada pengukuran ketebalan *Collector Shoe* Interval perawatan dapat diperpanjang selama 4 bulan sekali. Karena untuk pengukuran 1 bulanan tidak terdapat laju keausan yang signifikan. Bahwa rata – rata keausan setiap 1 bulan hanya mencapai 0,1 – 0,2 mm.

E. Daftar Pustaka

- Anry Gultom, B., & Teknik Mesin, J. (n.d.). *Laju Keausan Sepatu Rem Komposit Pada Kereta Listrik Pt Mrt Jakarta*. 1(1), 37–42.
<http://publikasi.kocenin.com/index.php/teksi>
- Edy Harianto Bongso Theo Sendow, S. K., & Manoppo, M. R. (2019). Studi Potensi Jaringan Light Rail Transit (Lrt) Dan Konstruksi Perkerasan Rel (Studi Kasus: Koridor Kota Manado Kecamatan Malalayang, Kecamatan Sario, Kecamatan Wenang). *Jurnal Sipil Statik*, 7(10), 1317–1328.
- Iqbal Arjiansah, H., & umar. (2021). Penggunaan Suplai Daya Rel Ketiga Dan Rugi-Rugi Sistem Propulsi Pada Light Rail Trainsit (Lrt). *Simposium Nasional RAPI, XX*, 167–174.
- Mattjik, M. (2015). Analisis Perawatan Komponen Kereta Api Di Dipo Rangkasbitung. *Seminar Nasional IENACO*, 308–314.
- Pujadi, T., Simamora, B. H., Kumar, V., Zamasi, H. C., Wijaya, H., & Steven, L. (2021). *Preventive Maintenance on Main Components of PT KA Indonesia Transportation Equipment*. 2630–2638.
- Rif'an, A., Hidayat, T., & Winarso, R. (2017). Pengaruh Pelumasan Terhadap Keausan Aluminium Menggunakan Mesin Two Disk Tribometer Pada 1000 Rpm. *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro Dan Ilmu Komputer*, 8(1), 273–282.
<https://doi.org/10.24176/simet.v8i1.964>
- Rotem, H. (2018). *H. Rotem, Manual Instruction Operation & Maintenance*.
- 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.
<https://doi.org/10.46799/jsa.v2i3.189>
- Sugiyono. (2021). *METODE PENELITIAN KUANTITATIF, KUALITATIF DAN R&D*. ALFABETA.
- Surawan, T., & Mulyadi, D. (2019). Pengaruh Waktu Pembebanan Dan Kecepatan Terhadap Keausan Paduan Tembaga (Cu) Dan Karbon (C). *Jurnal Teknologi*, 6(2),

71–84. <https://doi.org/10.31479/jtek.v6i2.27>

- Tamtomo Adi, W., Madiun, A., Aghastya, A., & Nur Fadilah, L. (2017). *Jurnal Perkeretaapian Indonesia Volume I Nomor 1 Maret. II*, 83–92.
- Taufik, A., Darmanto, & Syafa'at, I. (2018). Analisis Keausan Kampas *Momentum*, 14(1), 27–32.
- Tri Surawan, Nani Kurniawati, Aji Digdoyo, Hanif Sujatmika, H. A. (2021). Analisa Pengaruh Pola Operasi Terhadap Laju Keausan Carbon Strip pada Pantograf. *Jurnal Teknologi*, 9(1), 31–39.
- Yuliara, I. M. (2018). *Regresi Linier Sederhana*.