

ANALISIS LAJU KEAUSAN BRAKE PAD TERHADAP DISC BRAKE KERETA LISTRIK LRV SERI 1100

Analysis of Brake Pad Wear Rate on Disc Brake Electric Train LRV 1100 Series

Bahrul Ilmi Darmawan^{1*}, Iwan Kurniawan¹

¹ Teknik Mesin, Universitas Mercu Buana, Jl. Meruya Selatan No. 1 Kembangan, Jakarta Barat, Indonesia.

* Email Korespondensi : bahrulid@gmail.com

Artikel Info - : Diterima : 13-01-2023; Direvisi : 26-03-2023; Disetujui : 27-03-2023

ABSTRAK

Brake pad merupakan komponen sangat penting dalam sistem pengereman kereta listrik LRV. Berdasarkan dari data *maintenance* pada kereta listrik LRV Seri 1100 yang menunjukkan bahwa ada penurunan ketebalan pada bagian *brake pad*. Sistem pengereman pada LRV memiliki dua jenis pengereman, yaitu pengereman regeneratif dan pengereman pneumatik. Pengereman regeneratif merupakan sistem pengereman yang bekerja dengan memanfaatkan energi kinetik pada traksi motor. Pengereman pneumatik merupakan sistem pengereman yang bekerja dengan memanfaatkan angin bertekanan yang menggerakkan kaliper dan diteruskan ke *brake pad* untuk mencengkeram *disk brake*. Tujuan dari penelitian ini untuk menentukan laju keausan pada *brake pad*, sehingga diketahui prediksi usia pakai pada *brake pad* serta mengetahui faktor penyebab perbedaan laju keausan *brake pad* yang terpasang pada *bogie trailer* dan *motor bogie*. Metode yang digunakan dalam penelitian adalah regresi linier, yaitu dengan mengolah data perawatan serta melakukan pengambilan data di lapangan sehingga didapatkan faktor yang mempengaruhi laju keausan dan perbedaan laju keausan pada *brake pad*. Setelah analisis data, keausan pada *brake pad* bogie McA dapat dicapai pada bulan November 2039 dengan ketebalan 8,06 mm, bogie McB bulan Juni 2042 dengan ketebalan 8,03 mm, pada *bogie Trailer* bulan November 2029 dengan ketebalan 8,12 mm. Gaya pengereman antara *brake pad* dan *disk brake* pada bogie McA dan McB sebesar 98,26 kgf, gaya gesek pengereman yang terjadi berdampak pada laju keausan *brake pad* bogie McA dan McB yaitu sebesar $1,11 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{Nm}$. Sedangkan pada *bogie trailer* gaya pengereman antara *brake pad* dan *disk brake* sebesar 25,24 kgf, gaya gesek pengereman yang terjadi berpengaruh pada laju keausan *brake pad* sebesar $10,01 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{Nm}$. Faktor yang mempengaruhi perbedaan laju keausan adalah fungsi pengereman regeneratif dan pengereman pneumatik itu sendiri, pada bogie McA dan McB *brake pad* bekerja pada kecepatan 15 km/j hingga 0 km/j, sedangkan pada bogie trailer dari kecepatan maksimal operasi 60km/j hingga 0 km/j menggunakan fungsi pengereman pneumatik.

Kata Kunci: *Brake Pad* LRV, Laju Keausan, Regresi Linier

ABSTRACT

The brake pad is a critical component in the LRV braking system. Based on maintenance data on the LRV Series 1100 shows that there is a decrease in the thickness of the brake pad. The braking system on the LRV has two types of braking, which are regenerative braking and pneumatic braking. Regenerative braking is a braking system that works by utilizing kinetic energy in motor traction. Pneumatic braking is a braking system that works by utilizing compressed air which moves the calipers and is forwarded to the brake pads to grip the disc brakes. The purpose of this study is to determine the wear rate of the brake pads so that the prediction of the service life of the brake pads is known and to find out the factors causing the differences in the wear rates of the brake pads attached to the bogie trailer and the bogie motor. The method used in this study is linear regression, by processing maintenance data and collecting data in the field so that the factors that influence the wear rate and differences in the rate of wear on the brake pads are obtained. After analyzing the data, the brake pad on the McA bogie brake pad can be achieved in November 2039 with a thickness of 8.06 mm, the McB bogie in June 2042 with a thickness of 8.03 mm, on the trailer bogie in November 2029 with a thickness of 8.12 mm. The braking force between the brake pad and disk brake on the McA and McB bogies

was 98.26 kgf, the braking friction that occurred had an impact on the wear rate of the McA and McB bogie brake pads which was $1.11 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{Nm}$. Whereas in the bogie trailer, the braking force between the brake pad and disk brake is 25.24 kgf, the braking friction that occurs affects the brake pad wear rate of $10.01 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{Nm}$. The factors that affect the difference in wear rate are the regenerative braking function and the pneumatic braking itself, on bogies McA and McB brake pads work at speeds of 15 km/h to 0 km/h, while on bogie trailers from a maximum operating speed of 60km/h to 0 km /j uses the pneumatic braking function.

Keywords : Brake Pad LRV, Wear Rate, Linear Regression

1. Pendahuluan

Transportasi di Indonesia berkembang sangat pesat, khususnya dibidang transportasi perkeretaapian. Seperti yang sudah tertuang pada rencana induk perkeretaapian nasional (RIPNas), pembangunan perkeretaapian di Indonesia sudah direncanakan hingga tahun 2030. Berdasarkan RIPNas 2030, pembangunan perkeretaapian tidak hanya terpusat di pulau Jawa saja, namun sudah direncanakan di seluruh wilayah Indonesia terutama di pulau-pulau besar [1]. LRT Jakarta merupakan salah satu operator kereta api yang menggunakan sarana kereta api buatan Korea Selatan, yaitu *light rail vehicle* (LRV) Seri 1100. LRV merupakan kereta berpengerak menggunakan sumber tenaga listrik. Sistem penggerak merupakan traksi motor yang diteruskan ke as roda kereta melalui *gearbox*. Sedangkan sistem pengeraman menggunakan *regenerative brake* dan *pneumatic brake* [2]. Sejak beroperasi pada 2018 LRV dalam kurun waktu 4 tahun belum pernah mengalami pergantian *brake pad*. Berdasarkan data perawatan dari LRV Seri 1100 menunjukkan adanya penurunan ketebalan pada *brake pad* [3]. Dari data perawatan juga menunjukkan adanya perbedaan penurunan ketebalan *brake pad* yang terletak pada *trailer bogie* dan juga *motor car bogie*. Hal ini yang mendasari penulis untuk melakukan penelitian terhadap laju keausan pada *brake pad* serta menganalisis faktor yang mempengaruhi perbedaan laju keausan yang terjadi pada *trailer bogie* dan *motor car bogie* [4].

Regenerative brake merupakan sistem pengeraman yang memanfaatkan perputaran traksi motor sebagai pengeraman, dengan kata lain putaran yang digunakan untuk akselerasi dibalik arahannya sehingga terjadi deselerasi [5]. Sedangkan *pneumatic brake* merupakan sistem pengeraman yang memanfaatkan tenaga udara tekan yang terhubung ke pipa-pipa pengeraman kemudian diteruskan pada *brake pad* dan bergesekan dengan *disc brake* sehingga terjadi gaya gesek untuk pengeraman [6].

Penelitian ini menggunakan metode regresi linier untuk pengolahan data. Data yang diperoleh berdasarkan pengukuran di lapangan sebagai data primer dan menggunakan data pengukuran yang sudah dilakukan sebagai data sekunder [7]. Berdasarkan data perawatan dari LRV Seri 1100 menunjukkan adanya penurunan ketebalan pada *brake pad*. Dari data perawatan juga menunjukkan adanya perbedaan penurunan ketebalan *brake pad* yang terletak pada *bogie trailer* dan juga *motor car bogie*. Hal ini yang mendasari penelitian terhadap laju keausan pada *brake pad* ini dilakukan, serta menganalisis faktor yang mempengaruhi perbedaan laju keausan yang terjadi pada *bogie trailer* dan *motor car bogie* [8].

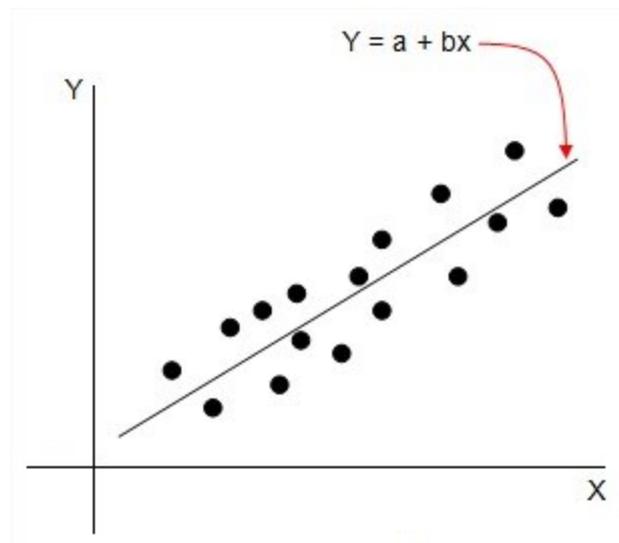
2. Metodologi Penelitian

Analisis/uji regresi merupakan suatu kajian dari hubungan satu variabel, yaitu variabel yang diterangkan (*the explained variable*) dengan satu atau lebih variabel, yaitu variabel yang menerangkan (*the explanatory*) [9]. Apabila variabel bebasnya hanya satu, maka analisis regresinya disebut sebagai regresi sederhana. Apabila variabel bebasnya lebih dari satu, maka analisis regresinya dikenal dengan regresi linier berganda. Dikatakan berganda karena terdapat beberapa variabel bebas yang mempengaruhi variabel tak terbatas. Analisis/uji regresi banyak digunakan dalam perhitungan hasil akhir untuk penulisan karya ilmiah/penelitian. Hasil perhitungan analisis/uji regresi akan dimuat dalam kesimpulan penelitian dan akan menentukan apakah penelitian yang sedang dilakukan berhasil atau tidak. Analisis perhitungan pada regresi menyangkut beberapa perhitungan statistika seperti uji signifikansi (uji-t, uji-F), anova dan penentuan hipotesis. Hasil dari analisis/uji regresi berupa suatu

persamaan regresi. Persamaan regresi ini merupakan suatu fungsi prediksi variabel yang mempengaruhi variabel lain [7].

2.1. Persamaan Regresi Linier Sederhana

Persamaan regresi linier sederhana merupakan suatu model persamaan yang menggambarkan hubungan satu variabel bebas/*predictor* (X) dengan satu variabel tak bebas/*respons* (Y), yang biasanya digambarkan dengan garis lurus, seperti disajikan pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Ilustrasi Garis Regresi Linier

Persamaan regresi linier sederhana secara matematik diekspresikan oleh persamaan (1) sebagai berikut [7].

$$Y_x = a + bx \quad (1)$$

dimana:

Y = garis regresi/ variabel *response*

a = adalah konstanta (*intercep*), perpotongan dengan sumbu vertikal

b = konstanta regresi (*slope*)

x = variabel bebas/*predictor*

Besarnya konstanta *a* dan *b* dapat ditentukan menggunakan persamaan (2) dan (3) sebagai berikut.

$$a = \frac{\sum y - b \sum x}{n} \quad (2)$$

$$b = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (3)$$

dimana *n* adalah jumlah data

2.2. Langkah-Langkah Analisis dan Uji Regresi Linier Sederhana

Adapun langkah-langkah yang perlu dilakukan untuk melakukan analisis dan uji regresi linier sederhana adalah sebagai berikut:

1. Menentukan tujuan dari analisis regresi linier sederhana.
2. Mengidentifikasi variabel *predictor* dan variabel *response*.
3. Melakukan pengumpulan data dalam bentuk tabel.
4. Menghitung X, XY dan total dari masing-masingnya.
5. Menghitung a dan b menggunakan rumus yang telah ditentukan.
6. Membuat model persamaan garis regresi.

7. Melakukan prediksi terhadap variabel *predictor* atau *response* [10].

3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Hasil dan pembahasan menyajikan penjabaran data hasil penelitian yang dilengkapi dengan tabel dan gambar. Data hasil yang didapatkan dilakukan proses analisis dan dijelaskan secara terperinci sebab akibat dari data hasil yang didapatkan.

Dari pengukuran yang dilakukan secara pada rentang waktu bulan Januari hingga November 2022 di depo kereta milik PT LRT Jakarta, didapatkan data seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Ketebalan Tahun 2022

Bulan	McA	McB	Trailer
Januari	23,03	22,76	20,32
Februari	22,96	22,70	20,19
Maret	22,89	22,63	20,06
April	22,81	22,56	19,93
Mei	22,76	22,49	19,82
Juni	22,67	22,42	19,70
Juli	22,63	22,36	19,58
Agustus	22,55	22,30	19,48
September	22,51	22,24	19,32
Oktober	22,44	22,19	19,19
November	22,36	22,11	19,04

3.1 Perhitungan Proyeksi Ketebalan Brake Pad McA

Dari data pada Tabel 1. dapat dihitung proyeksi ketebalan *brake pad* McA pada tahun berapa akan mencapai titik minimum ketebalan 8 mm. Variabel perhitungan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perhitungan Brake Pad McA Dengan Metode Regresi Linier

Bulan	Periode (t)	Pengurangan Ketebalan Y(t) (mm)	tY(t)	t ²
Januari	1	23,03	23,03	1
Februari	2	22,96	45,92	4
Maret	3	22,89	68,67	9
April	4	22,81	91,24	16
Mei	5	22,76	113,8	25
Juni	6	22,67	136,02	36
Juli	7	22,63	158,41	49
Agustus	8	22,55	180,4	64
September	9	22,51	202,59	81
Oktober	10	22,44	224,4	100
November	11	22,36	245,96	121
Jumlah (Σ) =	66	249,61	1490,44	506

Mencari nilai b dengan menggunakan persamaan (3).

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

$$b = \frac{(11)(1490,44) - (249,61)(66)}{(11)(506) - (66)^2}$$

$$= -0,065 \approx -0,07$$

Mencari nilai a dengan menggunakan persamaan (2).

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

$$a = \frac{249,61}{11} - \frac{(-0,07)(66)}{11}$$

$$= 23,11$$

Sehingga diketahui rumus regresi linier untuk *brake pad* McA dengan memasukkan ke dalam persamaan (1).

$$Y(t) = 23,11 - 0,07(t)$$

Dengan demikian hasil dari regresi linier untuk tahun 2023 hingga mencapai ketebalan minimal *brake pad* 8 mm dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan *Brake Pad* McA Dengan Metode Regresi Linier

Tahun	Bulan	Periode	Ketebalan (mm)
2022	Desember	12	22,27
2023	Januari	13	22,20
	Februari	14	22,13
	Maret	15	22,06
	April	16	21,99
	Mei	17	21,92
	Juni	18	21,85
	Juli	19	21,78
	Agustus	20	21,71
	September	21	21,64
	Oktober	22	21,57
	November	23	21,50
	Desember	24	21,43

Jika perhitungan ini berlanjut hingga titik minimum ketebalan yaitu 8 mm, maka akan dihasilkan data seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Titik Minimum Ketebalan pada McA

Tahun	Bulan	Periode	Ketebalan (mm)
2039	Januari	205	8,76
	Februari	206	8,69
	Maret	207	8,62
	April	208	8,55
	Mei	209	8,48
	Juni	210	8,41
	Juli	211	8,34
	Agustus	212	8,27
	September	213	8,20
	Oktober	214	8,13
	November	215	8,06
	Desember	216	7,99

Jadi, untuk *brake pad* yang terpasang pada *bogie* McA akan mencapai ketebalan minimum 8 mm sehingga perlu dilakukan penggantian *brake pad* pada bulan November 2039 yaitu dengan ketebalan 8,06 mm.

3.2 Perhitungan Proyeksi Ketebalan Brake Pad McB

Jika dilihat dari Tabel 1. maka dapat dihitung proyeksi ketebalan *brake pad* McB pada tahun berapa akan mencapai titik minimum ketebalan 8 mm dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Perhitungan *Brake Pad* McB Dengan Metode Regresi Linier

Bulan	Periode (t)	Pengurangan Ketebalan Y(t) (mm)	tY(t)	t ²
Januari	1	22,76	22,76	1
Februari	2	22,70	45,40	4
Maret	3	22,63	67,89	9
April	4	22,56	90,24	16
Mei	5	22,49	112,45	25
Juni	6	22,42	134,45	36
Juli	7	22,36	156,52	49
Agustus	8	22,30	178,40	64
September	9	22,24	200,16	81
Oktober	10	22,19	221,90	100
November	11	22,11	243,21	121
Jumlah (Σ) =	66	246,76	1473,45	506

Perhitungan pengurangan ketebalan dalam beberapa periode yang akan datang hingga ketebalan sampai pada titik minimum toleransi ketebalan *brake pad* adalah sebagai berikut.

Mencari nilai *b* dengan menggunakan persamaan (3).

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

$$b = \frac{(11)(1473,45) - (246,76)(66)}{(11)(506) - (66)^2}$$

$$= -0,064 \approx -0,06$$

Mencari nilai *a* dengan menggunakan persamaan (2).

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

$$a = \frac{246,76}{11} - \frac{(-0,06)(66)}{11}$$

$$= 22,79$$

Sehingga diketahui rumus regresi linier untuk *brake pad* McB dengan memasukkan ke dalam persamaan (1).

$$Y(t) = 22,79 - 0,06(t)$$

Dengan demikian hasil dari regresi linier untuk tahun 2023 hingga mencapai ketebalan minimal *brake pad* 8 mm dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Perhitungan *Brake Pad* McB Dengan Metode Regresi Linier

Tahun	Bulan	Periode	Ketebalan (mm)
2022	Desember	12	22,07
2023	Januari	13	22,01
	Februari	14	21,95
	Maret	15	21,89
	April	16	21,83
	Mei	17	21,77
	Juni	18	21,71
	Juli	19	21,65
	Agustus	20	21,59
	September	21	21,53
	Oktober	22	21,47
	November	23	21,41
	Desember	24	21,35

Jika perhitungan ini berlanjut hingga titik minimum ketebalan yaitu 8 mm, maka akan dihasilkan data seperti pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Perhitungan Titik Minimum Ketebalan Pada McB

Tahun	Bulan	Periode	Ketebalan (mm)
2042	Januari	241	8,33
	Februari	242	8,27
	Maret	243	8,21
	April	244	8,15
	Mei	245	8,09
	Juni	246	8,03
	Juli	247	7,97
	Agustus	248	7,91
	September	249	7,85
	Oktober	250	7,79
	November	251	7,73
	Desember	252	7,67

Jadi, untuk *brake pad* yang terpasang pada *bogie* McB akan mencapai ketebalan minimum 8 mm sehingga perlu dilakukan penggantian *brake pad* pada bulan Juni 2042 yaitu dengan ketebalan akhir 8,03 mm.

3.3 Perhitungan Proyeksi Ketebalan *Brake Pad Trailer Bogie*

Mengacu pada Tabel 1. maka dapat dihitung proyeksi ketebalan *brake pad trailer bogie* pada tahun berapa akan mencapai titik minimum ketebalan 8 mm. Variabel perhitungan dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Perhitungan *Brake Pad Trailer Bogie* Dengan Metode Regresi Linier

Bulan	Periode (t)	Pengurangan Ketebalan Y(t) (mm)	tY(t)	t ²
Januari	1	20,32	20,32	1
Februari	2	20,19	40,38	4
Maret	3	20,06	60,18	9
April	4	19,93	79,72	16
Mei	5	19,82	99,10	25
Juni	6	19,70	118,20	36
Juli	7	19,58	137,06	49
Agustus	8	19,48	155,84	64
September	9	19,32	173,88	81
Oktober	10	19,19	191,90	100
November	11	19,04	209,44	121
Jumlah (Σ) =	66	216,63	1286,02	506

Perhitungan pengurangan ketebalan dalam beberapa periode yang akan datang hingga ketebalan sampai pada titik minimum toleransi ketebalan *brake pad*:

Mencari nilai *b* dengan menggunakan persamaan (3).

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

$$b = \frac{(11)(1286,02) - (216,63)(66)}{(11)(506) - (66)^2}$$

$$= -0,125 \approx -0,13$$

Mencari nilai *a* dengan menggunakan persamaan (2).

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

$$a = \frac{216,63}{11} - \frac{(-0,13)(66)}{11}$$

$$= 20,47$$

Sehingga diketahui rumus regresi linier untuk *brake pad* McB dengan memasukkan ke dalam persamaan (1).

$$Y(t) = 20,47 - 0,13(t)$$

Dengan demikian hasil dari regresi linier untuk tahun 2023 hingga mencapai ketebalan minimal *brake pad* 8 mm dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Perhitungan *Brake Pad Trailer Bogie* Dengan Metode Regresi Linier

Tahun	Bulan	Periode	Ketebalan (mm)
2022	Desember	12	18,91
2023	Januari	13	18,78
	Februari	14	18,65
	Maret	15	18,52
	April	16	18,39
	Mei	17	18,26
	Juni	18	18,13
	Juli	19	18,00
	Agustus	20	17,87
	September	21	17,74
	Oktober	22	17,61
	November	23	17,48
	Desember	24	17,35

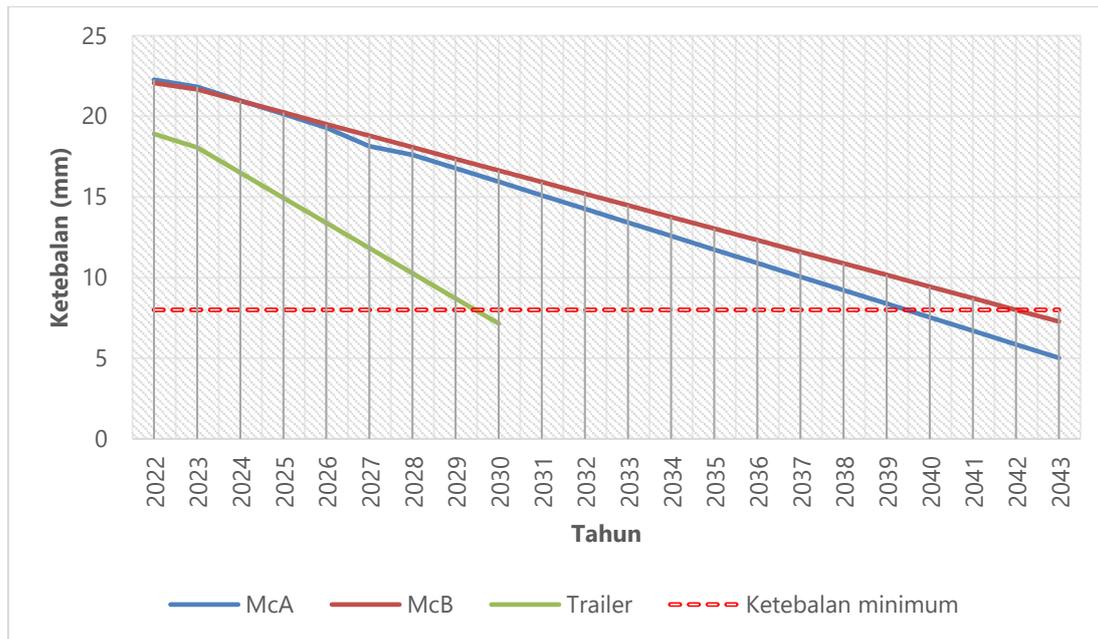
Jika perhitungan ini berlanjut hingga titik minimum ketebalan yaitu 8 mm, maka akan dihasilkan seperti pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil Perhitungan Titik Minimum Ketebalan Pada *Trailer Bogie*

Tahun	Bulan	Periode	Ketebalan (mm)
2029	Januari	85	9,42
	Februari	86	9,29
	Maret	87	9,16
	April	88	9,03
	Mei	89	8,90
	Juni	90	8,77
	Juli	91	8,64
	Agustus	92	8,51
	September	93	8,38
	Oktober	94	8,25
	November	95	8,12
	Desember	96	7,99

Jadi, untuk *brake pad* yang terpasang pada *trailer bogie* akan mencapai ketebalan minimum 8 mm sehingga perlu dilakukan penggantian *brake pad* pada bulan November Tahun 2029 yaitu dengan ketebalan akhir 8,12 mm.

Pada Gambar 2 menunjukkan grafik regresi linier dari masing-masing *brake pad* yang terpasang pada *bogie* McA, McB dan *bogie trailer*. Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa *brake pad* yang terpasang pada *bogie trailer* akan memiliki penurunan pengurangan ketebalan paling cepat daripada *bogie* McA maupun *bogie* McB. Hal ini menyebabkan pergantian *brake pad* pada *bogie* McA dan McB harus melakukan pergantian saat ketebalan masih 15,54 mm dan 16,69 mm.

**Gambar 2.** Grafik Penurunan Ketebalan *Brake Pad*

4. Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan diketahui beberapa poin sebagai berikut:

1. Ketebalan *brake pad bogie* McA akan mencapai ketebalan minimum pada minggu ke 215 atau pada bulan November 2039 dengan ketebalan 8,06 mm, dimana pengukuran ke-1 pada bulan Januari tahun 2022 dengan ketebalan awal pengukuran adalah 23,03 mm.
2. Ketebalan *brake pad bogie* McB akan mencapai ketebalan minimum pada minggu ke 246 atau pada bulan Juni tahun 2042 dengan ketebalan 8,03 mm, dimana pengukuran ke-1 pada bulan Januari tahun 2022 dengan ketebalan awal adalah 22,76 mm.
3. Ketebalan *brake pad bogie trailer* akan mencapai ketebalan minimum pada minggu ke-95 atau pada bulan November 2029 dengan ketebalan 8,12 mm, dimana pengukuran ketebalan awal adalah 20,32 mm yang dilakukan pada bulan Januari 2022.

Dikarenakan ketebalan terendah yang dicapai pada bulan November 2029, sehingga untuk rencana penggantian seluruh *brake pad* bisa dilakukan pada bulan November 2029.

5. Daftar Pustaka

- [1] Kementerian Perhubungan, "Database Peraturan," 10 Oktober 2021. [Online]. Available: <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/39896>.
- [2] A. Taufik, Darmanto and I. Syafa'at, "Analasia Keausan Kampas Rem pada Disc Brake dengan Variasi Kecepatan," *Majalah Ilmiah Momentum*, vol. 13, no. 2, pp. 78-83, 2017.
- [3] S. M. Tua, Suhardi and A. Fathudin, "Evaluasi Kinerja Peralatan Air Dryer Dessicant AD 234 di Instalasi Radiometalurgi," *REPO NKM*, pp. 259-270, 2018.
- [4] Hyundai Rotem, "Manual Instruction Operation & Maintenance," *Hyundai Rotem*, Uiwang, 2018.
- [5] D. Tarina and Y. Kaelani, "Studi Eksperimental Laju Keausan (Specific Wear Rate) Resin Akrilik dengan Penambahan Serat Penguat pada Dental Prosthesis," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 1, no.1, pp. B-125-B-129, 2012.

- [6] J. A. A. Hartley, R. G. McLellan, J. Richmond, A. J. Day, and I. F. Campean, "Regenerative braking system evaluation on a full electric vehicle," *Innovations in Fuel Economy and Sustainable Road Transport*, pp. 73–86, 2011, doi: 10.1533/9780857095879.1.73.
- [7] I. M. Yuliara, "Regresi Linier Sederhana," Universitas Udayana, 2016.
- [8] G. S. Darius, M. N. Berhan, N. V. David, A. A. Shahrul and M. B. Zaki, "Characterization of Brake Pad Friction Material," *WIT Press*, pp. 44-46, 2005.
- [9] E. Gulton and Y. Kaelani, "Studi Eksperimen dan Analisa Laju Keausan Material Alternatif pada Sepatu Rem Lokomotif," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 5, no. 2, 2016, doi: 10.12962/j23373539.v5i2.20765.
- [10] A. S. Rifa'i and E. Prayogi, "Analisis Laju Keausan Main Contact Strip Pantograf Kereta PT MRT Jakarta," *Jurnal Syntax Admiration*, vol. 2, no.3, pp. 388-398, 2021.