

PREDIKSI UMUR PAKAI RODA KERETA LRT JABODEBEK (JAKARTA, BOGOR, DEPOK, BEKASI) BERBAHAN BAJA ER7 BERDASARKAN JARAK TEMPUH

¹Dr. Iwan Setiadi, ST., MT. ²Rusdi Dahlan, MT. ³Oki Kurniawan

¹Program Studi Teknik Mesin, FTI, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta,
i1setyadi2810@gmail.com

²Program Studi Teknik Mesin, FTI, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta,
rusdidahlan73@gmail.com

³Program Studi Teknik Mesin (undergraduate), FTI, Institut Teknologi Budi Utomo
Jakarta, okik489@gmail.com

Abstrak

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Pemerintah Provinsi DKI Jakarta Tahun 2022 jumlah penumpang kereta api perkotaan mencapai 217,96 juta jiwa. Hal ini menunjukkan tingkat mobilitas yang tinggi sehingga membuat pemerintah pusat perlu membangun fasilitas transportasi umum berupa LRT (Light Rail Transit) atau kereta api ringan terintegrasi di wilayah Jabodebek. LRT Jabodebek beroperasi secara elevated atau jalur layang, dengan 3 lintas pelayanan yaitu lintas pelayanan 1 antara Cawang - Harjamukti, lintas pelayanan 2 antara Cawang - Dukuh Atas, lintas pelayanan 3 antara Cawang - Jati Mulya. Setiap sarana perkeretaapian yang berjalan diatas rel harus dilakukan perawatan, dimana salah satu komponen yang penting untuk dilakukan perawatan adalah bagian roda. Roda merupakan komponen yang bergesekan langsung dengan kepala rel, sehingga akan menyebabkan keausan pada kedua komponen tersebut. Kondisi ini akan berpengaruh terhadap umur pakai roda menjadi lebih cepat habis. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh jarak tempuh terhadap diameter roda dan mencari prediksi umur pakai roda LRT Jabodebek. Data penelitian ini didapatkan dari data perawatan bulanan dan pengukuran rutin selama satu tahun. Analisis data menggunakan metode regresi linier sederhana. Berdasarkan hasil analisis didapatkan bahwa pengaruh jarak tempuh terhadap trainset kereta 1 sebesar 85,4%, kereta 2 sebesar 85,4%, kereta 3 sebesar 87,6%, kereta 4 sebesar 85,4%, kereta 5 sebesar 89,3%, kereta 6 sebesar 85,4%. Sedangkan prediksi umur pakai roda sejak awal operasi bulan Juli 2023 pada trainset 25 kereta 1 akan bertahan saat mencapai jarak tempuh 169.604 km, kereta 2 saat mencapai jarak tempuh 169.604 km, kereta 3 saat mencapai jarak tempuh 162.717 km, kereta 4 saat mencapai jarak tempuh 169.604 km, kereta 5 saat mencapai jarak tempuh 122.151 km, kereta 6 saat mencapai 169.604 km.

Kata Kunci: Jarak tempuh, Diameter Roda, Kereta, Roda dan LRT Jabodebek.

1. PENDAHULUAN

Sesuai data Badan Pusat Statistik Provinsi DKI Jakarta Tahun 2022[1] jumlah penumpang kereta api perkotaan wilayah Jabodetabek mencapai 217,96 juta atau sekitar 96% dari total jumlah penumpang kereta api di DKI Jakarta. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat mobilitas penduduk wilayah Jabodetabek sangat tinggi, sehingga pemerintah pusat mendorong pembangunan sektor transportasi melalui LRT (*Light Rail Transit*) di wilayah Jabodebek, untuk memfasilitasi masyarakat agar lebih nyaman dan aman dalam menggunakan transportasi publik dibandingkan transportasi pribadi.

LRT Jabodebek dibangun dengan tiga lintas pelayanan, yaitu lintas pelayanan 1 antara Cawang - Harjamukti, lintas pelayanan 2 antara Cawang - Dukuh Atas, lintas pelayanan 3 antara Cawang - Jati Mulya.

Sarana LRT Jabodebek merupakan produk asli dalam negeri yang diproduksi oleh PT. INKA. Jumlah sarana yang diproduksi sebanyak 31 trainset, Dimana dalam 1 trainset terdapat 6 kereta.

Perawatan Sarana Perkeretaapian adalah kegiatan yang dilakukan untuk mempertahankan keandalan Sarana Perkeretaapian agar tetap laik operasi (PM Perhubungan No 18 Tahun 2019)[2]. Salah satu komponen yang penting untuk dilakukan perawatan yaitu roda. Karena roda adalah komponen yang langsung bergesekan dengan permukaan jalan rel saat sarana berjalan, sehingga akan memungkinkan timbulnya keausan antara rel dan roda.

Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan No. 175 Tahun 2015 [3] tentang standar spesifikasi teknis kereta kecepatan normal dengan penggerak sendiri, kekerasan

roda kereta api harus lebih rendah daripada kekerasan jalan rel kereta api. Hal ini akan menentukan umur dan keausan yang terjadi. Selain itu, jarak tempuh sarana LRT Jabodebek ini juga sangat berpengaruh terhadap umur pakai roda. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini ialah untuk memprediksi umur pakai dari roda LRT Jabodebek berbahan baja berdasarkan jarak tempuh.

Penelitian ini memiliki batasan agar fokus terhadap tujuannya. Adapun batasannya adalah:

1. Penelitian dilakukan di lintas LRT Jabodebek;
2. Pengukuran dilakukan pada sarana LRT Jabodebek;
3. Penelitian hanya dilakukan pada Trainset 25 (6 Kereta);
4. Analisis data dilakukan menggunakan software SPSS 27 dan teori manual;
5. Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode regresi linear sederhana;
6. Pengaruh dalam perhitungan penelitian ini hanya berdasarkan jarak tempuh sarana LRT Jabodebek;
7. Data penelitian dimulai dari periode Juni 2023 s.d. Juni 2024.

Ada 2 tujuan yang hendak dicapai pada penelitian ini yaitu :

1. Untuk mengetahui dan menganalisis pengaruh jarak tempuh sarana terhadap roda LRT Jabodebek;
2. Untuk mendapatkan persamaan regresi dan estimasi umur pakai roda sarana LRT Jabodebek.

1.1. LRT JABODEBEK

LRT Jabodebek merupakan moda transportasi perkeretaapian yang menggunakan system kendali otomatis atau disebut *Grade of Automation (GoA) 3*. LRT Jabodebek terdiri dari 6 kereta dalam 1 rangkaian dengan konfigurasi sebagai berikut:



Gambar 1. Konfigurasi sarana LRT Jabodebek [4]

Sumber : Penelitian mandiri

Keterangan gambar :

- MC : Motor Cabin Car (Kereta dengan kabin kendali dan motor penggerak)
- M : Motor Car (Kereta dengan motor penggerak)
- T : Trailer Car (Kereta tanpa motor penggerak)

Konfigurasi sarana LRT Jabodebek ini tidak dapat ditukar atau dipisahkan, akan tetapi dapat dirangkai dengan *trainset* lain. Operasi sarana LRT Jabodebek menggunakan suplai daya bertegangan 750 VDC yang disalurkan melalui rel ketiga (*third rail*).

Tabel 1. Spesifikasi teknis LRT Jabodebek [4]

kategori	keterangan
Material	Aluminium alloy, untuk cover bagian depan/kabin menggunakan komposit
Lebar gandar	1435 mm
Radius minimum	85/50 m
Kecepatan desain	90 km/jam
Kecepatan op maks	Max 80 km/jam
Berat kosong maks	T= 32,3 ton M1,M2 = 32,3 ton MC1, MC2 = 33,5 ton
Tegangan suplai daya	750 Vdc (range voltage 550-900 VDC) Menggunakan rel ketiga
Daya motor traksi	150 kW / motor traksi
Sistem kelistrikan	750 VDC
<i>Bogie suspension</i>	Suspensi primer: Rubber bonded Suspensi sekunder : Air spring
Diameter roda (Baru/Aus)	780/700 mm
Percepatan	1 m/s ²
Perlambatan (Full Service/Emergency)	1 m/s ² / 1,3 m/s ²

Sumber : Penelitian mandiri

1.2. BOGIE

Bogie adalah suatu konstruksi yang terdiri dari dua perangkat roda atau lebih yang digabungkan oleh rangka yang dilengkapi dengan sistem pemegasan, pengereman, dengan atau tanpa komponen penggerak dan anti selip, serta keseluruhan berfungsi sebagai pendukung rangka dasar dari badan kereta. *Bogie* memiliki fungsi utama yaitu sebagai penopang beban *carbody*, penstabil gerakan

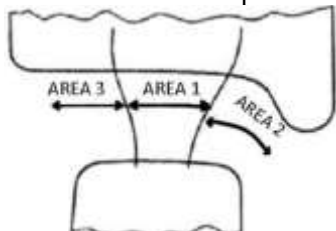
kereta, dan meminimalisir efek dari gaya sentrifugal ketika kereta berbelok.



Gambar 2. Bogie [4]
Sumber : Penelitian mandiri

1.3. RODA LRT JABODEBEK

Roda adalah komponen kereta yang digunakan untuk menerima gaya putar dari gear box sehingga kereta dapat bergerak. Berikut adalah titik kontak pada roda:



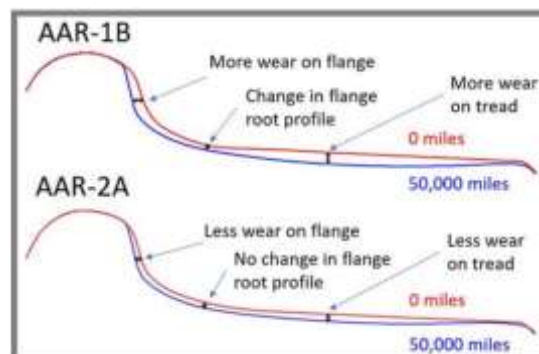
Gambar 3. Titik Kontak Roda [5]
Sumber : Penelitian mandiri

Pada gambar diatas ditunjukkan terdapat tiga bagian pada profil roda kereta. Pada Area 1 disebut sebagai Tread yang berbentuk *conical* dengan tujuan untuk mengurangi slip pada roda yang berada di lengkungan, dikarenakan pergerakan roda pada inner dan outer rel harus berotasi dalam jumlah yang sama per waktu. Pada area 2 disebut *Flange/Flens*. Flens berfungsi untuk menghindari terjadinya anjlok dan mengarahkan roda. Lebar flens pada umumnya adalah 125-135mm dan ketinggian flens antara 28-30 mm. Pada area 3 disebut sebagai *chamfer*, yaitu bagian roda yang berguna untuk memfasilitasi perangkat roda saat melewati lengkungan.

Tabel 2. Spesifikasi Roda LRT Jabodebek [4]

Parameter	keterangan
Berat	265,2 kg
Lebar	135 mm
Diameter	Baru : 780 mm Aus : 700 mm
Material Roda	Baja jenis ER7 menurut EN 13262
Flens	Baru : 32 mm Aus : 24 mm

Sumber : Penelitian mandiri



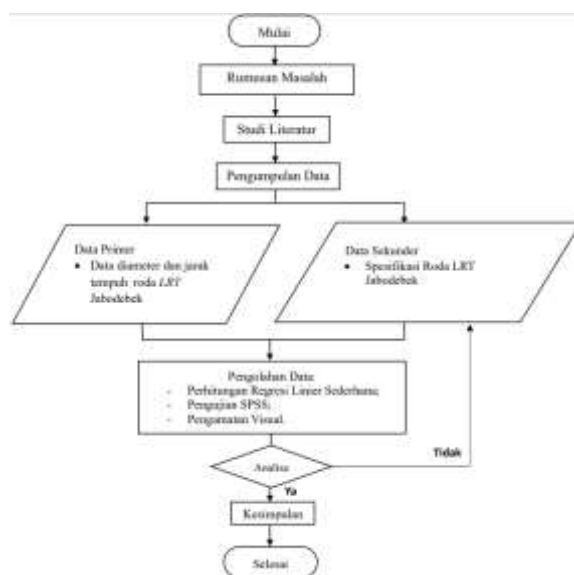
Gambar 4. Keausan Roda AAR-1B dan AAR-2A[6]

Sumber : Penelitian mandiri

Keausan pada roda ditunjukkan oleh garis berwarna biru yang digambarkan dengan perbandingan terhadap roda yang belum aus. Keausan terjadi paling sering pada flens roda kereta api. Hal ini dikarenakan dinamika gerak kereta yang seperti ular atau biasa disebut *snake motion* pergerakannya dibatasi oleh flens roda. Selain itu, pada saat kereta bergerak melalui lengkungan flens bagian roda dalam akan bergesekan dengan rel, hal ini menyebabkan keausan.

2. METODOLOGI

Alur proses penelitian ditunjukkan pada diagram alir berikut ini:



Gambar 5. Diagram alir penelitian Prediksi Umur Pakai Roda Kereta LRT JABODEBEK Berbahan Baja ER7 Berdasarkan Jarak Tempuh.

Sumber : Penelitian mandiri

2.1. METODA PENGOLAHAN DATA

Pada penelitian ini lintas dan jarak tempuh merupakan variabel bebas (independent) sedangkan variabel terikatnya (dependent) adalah ukuran diameter roda. Kemudian data tersebut akan dianalisis menggunakan uji normalitas, uji linieritas dan uji Regresi Linier.

a. Uji Normalitas Kolmogorov Smirnov

Data akan di uji kenormalitasannya dengan menggunakan software SPSS 26. Uji kenormalan yang digunakan adalah One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test.

b. Uji Linieritas

Data yang diuji linieritas adalah jarak tempuh dengan diameter roda dan waktu dengan diameter roda. Uji Linieritas menggunakan software SPSS.

c. Regresi Linier

Regresi linier sederhana dilakukan guna mengetahui parameter variable bebas mana yang lebih berpengaruh terhadap laju keausan flens roda yang bertindak sebagai variabel terikat. Pengujian ini dilakukan menggunakan software SPSS 27 sehingga akan diketahui koefisien regresi tingkat keberpengaruhannya antara lintas dan jarak tempuh sebagai variabel bebas dengan keausan flens roda sebagai variabel terikat. Nilai koefisien nantinya akan di substitusikan kedalam rumus persamaan regresi linier sederhana:

$$Y = a + bX$$

Keterangan:

Y = Variabel terikat

a = Konstanta

b = Koefisien regresi

X = Variabel bebas

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Data Pengamatan Visual Diameter Roda LRT Jabodebek

Data dan dokumentasi pengamatan diameter roda secara visual pada trainset 25 sarana LRT Jabodebek

1. Pengukuran dan Pengamatan Diameter Roda trainset 25 menunjukkan diameter sebesar 780 mm



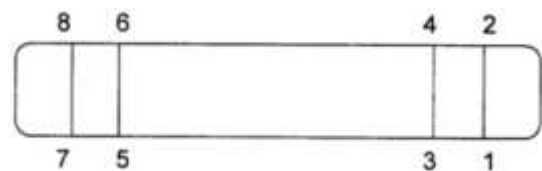
2. Pengukuran dan Pengamatan Diameter Roda trainset 25 menunjukkan diameter sebesar 764 mm

Gambar 6. Data Pengamatan Visual Roda Trainset 25.

Sumber : Penelitian mandiri

3.2. Data Jarak Tempuh dan Diametere Roda.

Sarana LRT Jabodebek dalam 1 trainset terdapat 6 kereta (MC1, M1, T1, T2, M2, MC2), dan dalam 1 kereta memiliki 8 buah roda, akan tetapi dari 8 roda tersebut data diameter roda yang akan dianalisis diambil dengan cara mean atau rata-rata.



Gambar 7. Susunan Roda [7].

Sumber : Penelitian mandiri

Berdasarkan Peraturan menteri Perhubungan No. 15 Tahun 2011 Tentang Standar, Tata Cara Pengujian dan Sertifikasi Kelaikan Kereta yang Ditarik Lokomotif, menunjukkan bahwa urutan pada proses pengukuran roda dimulai dari sisi kiri depan sarana, sedangkan jika dilihat dari sisi atas maka urutannya akan seperti gambar 7 di atas.

Tabel 3. Data Jarak Tempuh (km) dan Diameter Roda (mm)

Jarak tempuh (km)	Diameter roda (mm)					
0	780	780	780	780	780	780
2342	780	780	780	780	780	780
6821	780	780	780	780	780	780
7791	780	780	780	780	780	780
19935	780	780	780	780	780	780
20309	780	780	780	780	780	780
20995	780	780	780	780	780	780

24372	765	765	765	765	765	765
31564	765	765	765	765	765	765
31599	765	765	765	765	765	765
40294	765	765	765	765	750	765
41023	765	765	765	765	750	765
42658	765	765	765	765	750	765
50597	765	765	765	765	750	765
52055	765	765	765	765	750	765
54851	765	765	765	765	750	765
56633	764	764	764	764	749	764
60667	764	764	764	764	749	764
61150	740	740	740	740	725	740
64921	740	740	740	740	725	740
73967	740	740	740	740	725	740
75263	740	740	740	740	725	740
75544	740	740	740	740	725	740
78402	740	740	740	740	725	740
81020	740	740	740	740	725	740
83788	740	740	740	740	725	740
85570	740	740	740	740	725	740
86082	740	740	736	740	725	740
97353	740	740	736	740	725	740
98367	740	740	736	740	725	740
108199	740	740	736	740	725	740

Sumber : Penelitian mandiri

3.3. Pengujian Data

Uji Normalitas Kolmogorov Smirnov

Uji normalitas dilakukan dengan membandingkan nilai signifikansi variable dengan nilai signifikansi (0,050). Jika nilai signifikansi variable $> 0,050$, maka nilai residual dianggap berdistribusi normal. Dan sebaliknya, apabila nilai signifikansi variable $< 0,050$, maka nilai residual dianggap tidak berdistribusi normal. Berikut table data hasil uji normalitas kolmogorov Smirnov pada setiap kereta di trainset 25.

Tabel 4. Hasil Pengujian Normalitas Kolmogorov Smirnov Trainset 25

Nilai Signifikansi Variabel (Sig)					
(MC1)	(M1)	(T1)	(T2)	(M2)	(MC2)
0,333	0,323	0,363	0,335	0,968	0,324

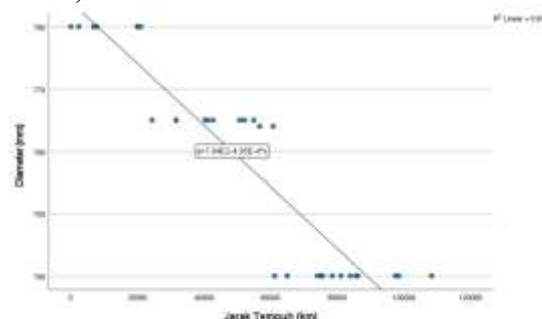
Data 25 hasil uji tersebut menunjukkan keenam kereta pada trainset 25 memiliki nilai signifikansi $> 0,050$, sehingga keenam kereta pada trainset 25 dinyatakan berdistribusi dengan normal.

Uji Linieritas

Berikut ini merupakan kriteria uji linieritas menggunakan scatter plot:

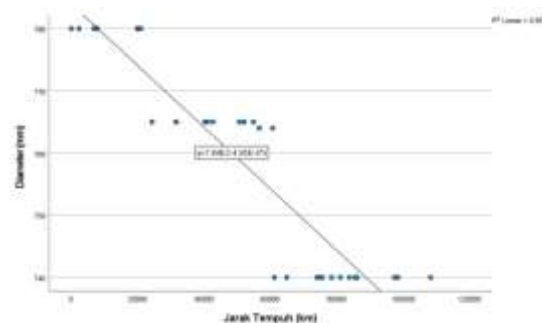
1. Apabila dari grafik terdapat titik-titik plot data berbentuk pola garis lurus dari kanan atas turun ke kiri bawah atau dari kiri atas turun ke kanan bawah, maka data tersebut dalam kategori linier;

2. Apabila dari grafik tidak berbentuk pola garis lurus dari kanan atas turun ke kiri bawah atau dari kiri atas turun ke kanan bawah, maka data tersebut dalam kategori tidak linier (non-linier).



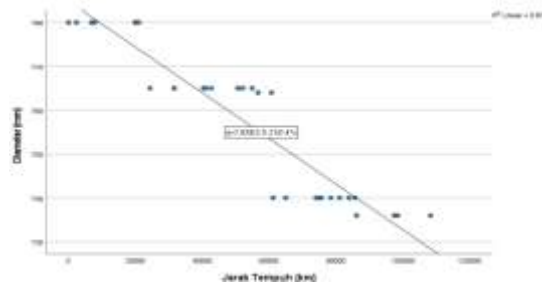
Gambar 8. Grafik Scatter Plot Trainset 25 Kereta 1 (MC1)

Sumber : Penelitian mandiri



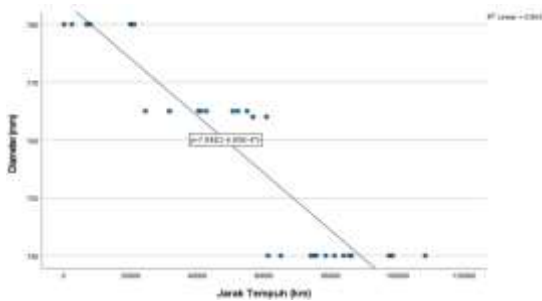
Gambar 9. Grafik Scatter Plot Trainset 25 Kereta 2 (M1)

Sumber : Penelitian mandiri

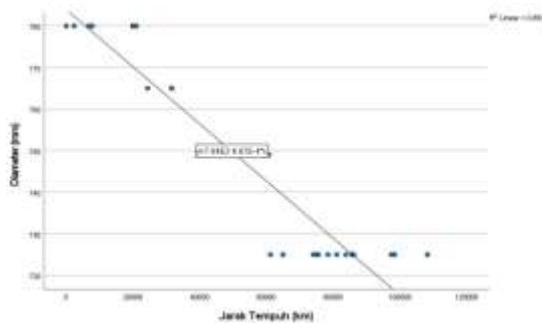


Gambar 10. Grafik Scatter Plot Trainset 25 Kereta 3 (T1)

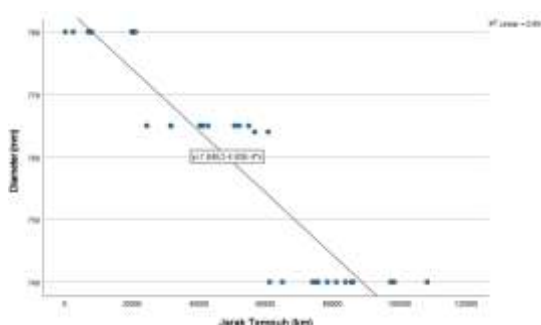
Sumber : Penelitian mandiri



Gambar 11. Grafik Scatter Plot Trainset 25 Kereta 4 (T2)
Sumber : Penelitian mandiri



Gambar 12. Grafik Scatter Plot Trainset 25 Kereta 5 (M2)
Sumber : Penelitian mandiri



Gambar 13.. Grafik Scatter Plot Trainset 25 Kereta 6 (MC2)
Sumber : Penelitian mandiri

Regresi Linier

Untuk menentukan adanya pengaruh antara variabel bebas (Jarak tempuh) dan variabel terikat (diameter roda), dilakukan pengujian dengan membandingkan nilai signifikansi dengan nilai probabilitas sebesar 0,050. Jika nilai signifikansi < 0,050, maka diasumsikan bahwa variabel bebas (jarak tempuh) memiliki pengaruh yang signifikan terhadap variabel terikat (diameter roda). Akan tetapi, jika nilai signifikansi > 0,050, maka diasumsikan bahwa variabel bebas tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap variabel terikat. Dari

SPSS 27 dilakukan pemastian signifikansi dan diperoleh Trainset 25 untuk semua 6 keretanya memiliki nilai signifikansi < 0,050.

Hasil regresi linier dari SPSS 27 ditampilkan di tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5. Persamaan Regresi Jarak Tempuh (km) (X) dengan Diameter (mm) (Y)

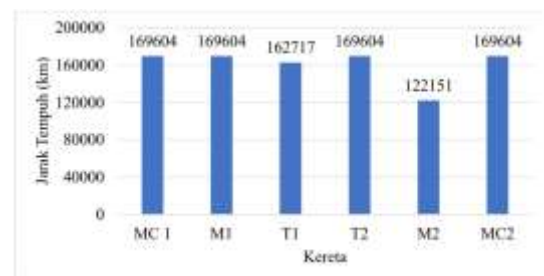
No kereta	Persamaan regresi linier	R ²
Kereta 1 (MC1)	$Y = 783,954 - 0,000495X$	0,854
Kereta 2 (M1)	$Y = 783,954 - 0,000495X$	0,854
Kereta 3 (T1)	$Y = 784,776 - 0,000521X$	0,876
Kereta 4 (T2)	$Y = 783,954 - 0,000495X$	0,854
Kereta 5 (M2)	$Y = 783,918 - 0,000687X$	0,893
Kereta 6 (MC2)	$Y = 783,954 - 0,000495X$	0,854

Sumber : Penelitian mandiri

3.4. Analisa Prediksi Umur Pakai Roda Berdasarkan Jarak Tempuh (km) dan Diameter Roda (mm)

Analisis regresi dapat digunakan untuk prediksi atau peramalan jarak tempuh (km) dan diameter (mm) roda sarana LRT Jabodebek dengan menggunakan persamaan regresi yang sudah didapatkan di tabel 5 di atas. Batas maksimum diameter roda sarana LRT Jabodebek adalah 700 mm menjadi nilai Y yang akan dicari jarak tempuh X ekuivalennya sesuai nomor kereta.

Hasil perhitungan jarak tempuh ekuivalen saat keausan roda maksimal (diameter roda Y = 700 mm) berdasarkan persamaan regresi tabel 5 ditampilkan pada grafik di gambar 14 di bawah ini.



Gambar 14. Diagram Hasil Prediksi Umur Roda Berdasarkan Jarak Tempuh (km)
Sumber : Penelitian mandiri

Dari gambar 14 dapat diprediksi bahwa pada trainset 25 kereta 1 (MC1) akan mengalami penggantian roda baru pada jarak tempuh 169.604 km, kereta 2 (M1) pada jarak tempuh 169.604 km, kereta 3 (T1) pada jarak tempuh 162.717 km, kereta 4 (T2) pada jarak tempuh 169.604 km, kereta 5 (M2) pada jarak tempuh 122.151 km, kereta 6 (MC2) pada jarak tempuh 169.604 km.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil analisis data, terdapat korelasi/ hubungan antara jarak tempuh dan diameter roda. Hal tersebut mengandung pengertian bahwa faktor jarak tempuh dapat mempengaruhi diameter roda secara signifikan pada trainset 25 berdasarkan koefisien determinasi R^2 , dimana kereta 1 (MC1) sebesar 85,4%, Kereta 2 (M1) sebesar 85,4%, Kereta 3 (T1) sebesar 87,6%, Kereta 4 (T2) sebesar 85,4%, Kereta 5 (M2) sebesar 89,3%, dan Kereta 6 (MC2) sebesar 85,4%.
2. Berdasarkan hasil perhitungan regresi linier sederhana menggunakan simulasi SPSS didapatkan persamaan antara jarak tempuh dan diameter roda. Dengan rincian prediksi umur pakai roda sarana LRT Jabodebek dari awal penggunaan pada bulan Juni 2023 dengan diameter 780 mm hingga mencapai batas minimum diameter yaitu 700 mm. Pada trainset 25 kereta 1

(MC1) saat jarak tempuh mencapai 169.604 km, kereta 2 (M1) saat jarak tempuh mencapai 169.604 km, kereta 3 (T1) saat jarak tempuh mencapai 162.717 km, kereta 4 (T2) saat jarak tempuh mencapai 169.604 km, kereta 5 (M2) saat jarak tempuh mencapai 122.151 km, kereta 6 (MC2) saat jarak tempuh mencapai 169.640 km.

DAFTAR PUSTAKA

1. Badan Pusat Statistik Pemerintah Provinsi DKI Jakarta, *Data Penumpang Kereta Api wilayah Jabodebek*, 2022
2. Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 18 / 2019, *Standar Tempat dan Peralatan Perawatan Sarana Perkeretaapian*, 2019
3. Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 175 / 2015, *Standar Spesifikasi Teknis Kereta Kecepatan Normal dengan Penggerak Sendiri*, 2015
4. PT. INKA, *Aproval Spesifikasi Teknis Sarana LRT Jabodebek*, PT. Industri Kereta Api, 2018
5. Nippon Steel, *Titik Kontak Roda dengan Rel*, 2022.
6. Cummings, *Next Generation Wheel Profile:AAR-2A*, Railways Age, 2020.
7. Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 15 / 2011, *Standar Tata Cara Pengujian dan Sertifikasi Kelaikan Kereta yang Ditarik Lokomotif*, 2011

