

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



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TENIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA 2023**

LAPORAN TUGAS AKHIR

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



Disusun oleh:

Nama	Bahrul Ilmi Darmawan
NIM	41319120069
Program Studi	Teknik Mesin

DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA KULIAH
TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA SATU (S1)
JANUARI 2023

HALAMAN PENGESAHAN

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

Disusun oleh:

Nama Bahrul Ilmi Darmawan
NIM 41319120069
Program Studi Teknik Mesin

Telah diperiksa dan disetujui pada tanggal: 30-01-2023

Telah dipertahankan didepan penguji,

Pembimbing TA

Iwan Kurniawan, ST., MT

NIK/NIP. 616820098

Penguji I

Prof. Dr. Abdul Hamid, S.T., M.Eng

NIK/NIP. 616460096

Penguji II

Rikko Putra Youlia, ST., M.Eng

NIK/NIP. 120930671

Penguji III

Dra. I Gusti Ayu Arwati, MT., Ph.D

NIK/NIP. 0010046408

Mengetahui,

Kaprodi Teknik Mesin

Muhammad Fitri, ST., M.Si., P.hD

NIK/NIP. 118690617

Koordinator TA

Gilang Awan Yudhistira, S.T., M.T.

NIK/NIP. 221900211

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Bahrul Ilmi Darmawan
NIM : 41319120069
Jurusan : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul Tugas Akhir : Analisis Laju Keausan Brake Pad terhadap Disc Brake Kereta Listrik LRV Seri 1100

Dengan ini menyatakan bahwa saya melakukan Tugas Akhir dengan sesungguhnya dan hasil penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Jakarta, 30 Januari 2023



Bahrul Ilmi Darmawan

PENGHARGAAN

Dengan mengucap alhamdulillah kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, karunia dan hidayah-Nya sehingga Laporan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Maksud dan tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan serta arahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Andi Adriansyah, M.Eng selaku Rektor Universitas Mercu Buana
2. Bapak Dr. Ir. Mawardi Amin, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik
3. Bapak Muhammad Fitri, M.Si., Ph.D selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin
4. Bapak Iwan Kurniawan, ST., MT selaku Pembimbing Tugas Akhir yang telah mengarahkan dan memberi masukan dalam penyusunan tugas akhir
5. Bapak Gilang Awan Yudhistira, S.T., M.T. selaku Koordinator Tugas Akhir
6. Bapak dan Ibu dosen Universitas Mercu Buana atas wawasan, pengalaman, dan ilmu yang telah diberikan semasa perkuliahan
7. Almarhum ayahanda tercinta Ipuk Darmawan, S.Pd yang selalu memotivasi untuk tidak pernah berhenti ditengah perjuangan
8. Ibunda tercinta Sugiarti yang selalu memberikan dukungan dan doa dalam hal apapun
9. Keluarga dan teman-teman yang selalu memberikan bantuan dan dukungannya.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, kritik dan saran sangat diharapakan penulis demi kesempurnaan tugas akhir ini. Besar harapan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi berbagai pihak.

Jakarta, 30 Januari 2022

Bahrul Ilmi Darmawan

ABSTRAK

Brake pad merupakan komponen yang 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 mencengkram *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 dilapangan sehingga didapatkan faktor yang mempengaruhi laju keausan dan perbedaan laju keausan pada *brake pad*. Setelah dilakukan 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 $1,11 \times 10^{-6}$ mm³/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 $10,01 \times 10^{-6}$ mm³/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: pengereman regeneratif, pengereman pneumatik, *brake pad*, laju keausan *brake pad*, regresi linier

ANALYSIS OF BRAKE PAD WEAR RATE ON DISC BRAKE ELECTRIC TRAIN LRV 1100 SERIES

ABSTRACT

Brake pad is a very important component in the LRV braking system. Based on maintenance data on the LRV Series 1100 which 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 1.11×10^{-6} mm³/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 10.01×10^{-6} mm³/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 : regenerative brake, pneumatic brake, brake pad, wear rate brake pad, linear regression

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN PERNYATAAN	ii
PENGHARGAAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 RUMUSAN MASALAH	2
1.3 TUJUAN	2
1.4 MANFAAT	2
1.5 RUANG LINGKUP DAN BATASAN MASALAH	3
1.6 SISTEMATIK PENULISAN	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 PENELITIAN TERDAHULU	5
2.2 PERKERETAAPIAN	10
2.2.1 Kereta Api	10
2.2.2 <i>Light Rail Transit (LRT)</i>	11
2.3 <i>LIGHT RAIL VEHICLE (LRV)</i> Seri 1100	12
2.3.1 Bodi LRV	13
2.3.2 Bogie LRV	13

2.3.3 Sistem Pengereman LRV	15
2.4 KOMPONEN PENGEMERMAN LRV	16
2.4.1 Kompresor	16
2.4.2 <i>Main Reservoir</i>	18
2.4.3 <i>Twin Tower Air Dryer</i>	19
2.4.4 <i>Brake Control Unit (BCU)</i>	20
2.4.5 <i>Brake Caliper</i>	22
2.4.6 <i>Brake Pad</i>	23
2.4.7 <i>Disc Brake</i>	26
2.5 GESEKAN	27
2.5.1 Gaya Gesek Statis	29
2.5.2 Gaya Gesek Dinamis	29
2.5.3 Gaya Pengereman	30
2.6 REGRESI LINIER	31
2.6.1 Persamaan Regresi Linier Sederhana	31
2.6.2 Langkah-langkah Analisis dan Uji Regresi Linier Sederhana	33
2.7 KEAUSAN (WEAR)	33
BAB III METODOLOGI	35
3.1 DIAGRAM ALIR	35
3.2 ALAT DAN BAHAN	37
3.3 JENIS PENELITIAN DAN DATA	39
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	42
4.1 DATA PENGEMERMAN LRV	42
4.1.1 Pengukuran Ketebalan <i>Brake Pad</i>	42
4.1.2 Data Pengukuran Perawatan Januari 2022-Juli 2022	45

4.1.3 Perhitungan Proyeksi Ketebalan <i>Brake Pad</i> Bogie McA	49
4.1.4 Perhitungan Proyeksi Ketebalan <i>Brake Pad</i> Bogie McB	53
4.1.5 Perhitungan Proyeksi Ketebalan <i>Brake Pad</i> Bogie Trailer	56
4.2 PERBEDAAN LAJU KEAUSAN ANTAR BOGIE	59
4.2.1 Kinerja Pengereman Regeneratif	60
4.2.2 Kinerja Pengereman Pneumatik	61
4.2.3 Gaya Gesekan Pengereman	62
4.2.4 Perbedaan Laju Keausan	64
BAB V PENUTUP	66
5.1 KESIMPULAN	66
5.2 SARAN	67
DAFTAR PUSTAKA	68
LAMPIRAN	69
LAMPIRAN A. CHECKSHEET PENGUKURAN BRAKE PAD	69
LAMPIRAN B. TAMPILAN PANEL TCMS LRV SAAT PENGEMERMAN	85
LAMPIRAN C. PERHITUNGAN LAJU KEAUSAN	86



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Rangkaian Kereta Api	10
Gambar 2.2. <i>Light Rail Vehicle</i>	11
Gambar 2.3. <i>Light Rail Vehicle</i> Seri 1100	12
Gambar 2.4. Dimensi LRV Seri 1100	13
Gambar 2.5. Diagram Sistem Pengereman Pneumatik Sederhana	16
Gambar 2.6. Komponen Pengereman LRV	16
Gambar 2.7. Kompresor LRV	17
Gambar 2.8. Komponen Kompresor LRV	18
Gambar 2.9. <i>Main Reservoir</i> LRV	19
Gambar 2.10. <i>Twin Tower Air Dryer</i>	20
Gambar 2.11. Spesifikasi <i>Twin Tower Air Dryer</i>	20
Gambar 2.12. <i>Brake Control Unit</i> (BCU)	21
Gambar 2.13. <i>Brake Caliper</i>	22
Gambar 2.14. Pemasangan <i>Brake Caliper</i> pada <i>Bogie Frame</i>	23
Gambar 2.15. <i>Brake Caliper</i> dengan / tanpa <i>Parking Brake</i>	23
Gambar 2.16. <i>Drawing Brake Pad</i>	24
Gambar 2.17. <i>Brake Pad</i>	24
Gambar 2.18. Pemasangan <i>Brake Pad</i> pada <i>Brake Caliper</i>	26
Gambar 2.19. Pemasangan <i>Brake Disk</i> pada <i>Motor Bogie</i>	26
Gambar 2.20. Pemasangan <i>Brake Caliper</i> pada <i>Trailer Bogie</i>	27
Gambar 2.21. Mekanisme Gesekan	28
Gambar 2.22. Gaya Gesek: (a) pada Bidang Datar, (b) pada Bidang Miring	30
Gambar 2.23. Ilustrasi Garis Regresi Linier	32
Gambar 2.24. Grafik Tahapan Keausan	33
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian	35

Gambar 3.2. Titik Pengukuran Ketebalan	39
Gambar 3.3. Titik Ukur Bogie McA	40
Gambar 3.4. Titik Ukur Bogie Trailer	40
Gambar 3.5. Titik Ukur Bogie McB	41
Gambar 4.1. Grafik Proyeksi Penurunan Ketebalan <i>Bakre Pad</i>	59
Gambar 4.2. Spesifikasi <i>Brake Pad</i>	62
Gambar 4.3. Luas Penampang <i>Brake Pad</i>	62



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Penelitian Terdahulu	5
Tabel 2.2. <i>Cut In</i> dan <i>Cut Out</i> Kompresor LRV	17
Tabel 2.3. Kandungan Material pada <i>Brake Pad</i> (dalam %)	25
Tabel 3.1 Alat dan Bahan	37
Tabel 4.1. Data Ketebalan Bogie McA bulan Agustus-November 2022	43
Tabel 4.2. Data Ketebalan Bogie McB bulan Agustus-November 2022	44
Tabel 4.3. Data Ketebalan Bogie Trailer bulan Agustus-November 2022	45
Tabel 4.4. Data Ketebalan Bogie McA bulan Januari-Juli Tahun 2022	46
Tabel 4.5. Data Ketebalan Bogie McB bulan Januari-Juli Tahun 2022	47
Tabel 4.6. Data Ketebalan Bogie Trailer bulan Januari-Juli Tahun 2022	48
Tabel 4.7. Data Ketebalan Tahun 2022	49
Tabel 4.8. Perhitungan <i>Brake Pad</i> McA dengan Metode Regresi Linier	50
Tabel 4.9. Hasil Perhitungan <i>Brake Pad</i> McA dengan Metode Regresi Linier	51
Tabel 4.10. Hasil Perhitungan Titik Minimum Ketebalan pada McA	52
Tabel 4.11. Perhitungan <i>Brake Pad</i> McB dengan Metode Regresi Linier	53
Tabel 4.12. Hasil Perhitungan <i>Brake Pad</i> McB dengan Metode Regresi Linier	54
Tabel 4.13. Hasil Perhitungan Titik Minimum Ketebalan pada McB	55
Tabel 4.14. Perhitungan <i>Brake Pad</i> Trailer dengan Metode Regresi Linier	56
Tabel 4.15. Perhitungan <i>Brake Pad</i> Bogie Trailer dengan Metode Regresi Linier	57
Tabel 4.16. Hasil Perhitungan Titik Minimum Ketebalan pada Bogie Trailer	58
Tabel 4.17. Proyeksi Seluruh <i>Brake Pad</i> Mencapai Titik Minimum	59
Tabel 4.18. Kinerja Pengereman Regeneratif	60
Tabel 4.19. Kinerja Pengereman Pneumatik	61
Tabel 4.20. Tekan pneumatik masing-masing <i>brake pad</i>	62
Tabel 4.21. Data Selisih Ketebalan <i>Brake Pad</i>	64

Tabel 4.22. Delta Volume <i>Brake Pad</i>	64
Tabel 4.23. Tingkat Keausan dalam 4 Bulan McA	65

