



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL.....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR NOMOR PERSOALAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....</b>	<b>iv</b>
<b>SURAT PERNYATAAN KEBENARAN DOKUMEN.....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>viii</b>
<b>INTISARI.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan.....	4
1.4. Batasan masalah.....	4
1.5. Manfaat.....	4
1.6. Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB II LANDASAN TEORI.....</b>	<b>6</b>
2.1. Transportasi Kereta Api.....	6
2.1.1. Kereta Api Pengangkut Batu Bara di Sumatera Selatan.....	8
2.2. Kinematika dan Dinamika Kereta Api.....	17
2.2.1. Kinematika dan Dinamika Gerbong.....	17
2.3. Kontak Mekanik Roda dengan Rel.....	21
2.4. Keausan Roda Kereta Api.....	23
2.4.1. Profil Keausan Roda.....	24
2.4.2. Keausan <i>Flens</i> Roda.....	24
2.5. Analisis Regresi.....	27
2.5.1. Evaluasi Model Regresi.....	31
2.5.1.1. Koefisien Determinasi ( <i>R Squared</i> ).....	32
2.6. <i>Sawtooth Model</i> .....	34
2.7. <i>Linear Gradient</i> .....	35
2.8. Fungsi Matematika.....	38
2.8.1. Fungsi Komposisi.....	39
2.9. Penelitian Terdahulu.....	40
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>42</b>



3.1. Metode Penelitian.....	42
3.2. Diagram Alir Penelitian.....	42
3.3. Penjabaran Tahapan Diagram Alir.....	43
3.3.1. Identifikasi Masalah.....	43
3.3.2. Studi Literatur.....	43
3.3.3. Pengumpulan Data Primer dan Data Sekunder.....	43
3.3.4. Prapemrosesan Data.....	44
3.3.4.1. <i>Data Cleaning</i> .....	44
3.3.4.2. Transformasi Data.....	44
3.3.5. Pemrosesan Data.....	47
3.3.6. Penarikan Kesimpulan dan Pembuatan Laporan.....	49
3.4. Alat dan Bahan Penelitian.....	49
3.4.1. <i>Data Set Time Series</i> .....	49
3.4.2. <i>Personal Computer</i> .....	50
3.4.3. Google Spreadsheet.....	50
3.4.4. Google Docs.....	50
3.4.5. Python.....	50
3.5. Tempat dan Linimasa Penelitian.....	52
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>53</b>
4.1. Pengumpulan Data.....	53
4.1.1. Data Pengukuran Diameter Roda dan Keausan <i>Flens</i> .....	53
4.1.2. Data Hasil Pembubutan.....	54
4.2. Prapemrosesan Data Keausan <i>Flens</i> .....	56
4.2.1. <i>Data Cleaning</i> .....	56
4.2.2. Transformasi Data Keausan <i>Flens</i> .....	59
4.3. <i>Data Processing</i> Keausan <i>Flens</i> .....	62
4.3.1. <i>Data Processing</i> Keausan <i>Flens</i> .....	62
4.3.2. <i>Data Processing</i> Pembubutan Roda.....	69
4.4. Perhitungan Umur Pakai Roda.....	73
4.5. Analisis Faktor Penyebab Keausan.....	74
4.5.1. Tren Laju Keausan <i>Flens</i> dan Diameter Roda.....	75
4.5.2. Pengaruh Hasil Pembubutan Profil Tapak Roda.....	75
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>77</b>
5.1. Kesimpulan.....	77
5.2. Saran.....	78
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>79</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>84</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Kapasitas Lintas Angkutan Batu Bara Sumatera Selatan.....	1
Gambar 1.2 Identifikasi Masalah Sulitnya Memprediksi Usia Pakai Roda Gerbong.....	3
Gambar 2.1 Transportasi Kereta Api.....	6
Gambar 2.2 Transportasi Kereta Api Pengangkut Batu Bara (babaranjang).....	8
Gambar 2.3 Komponen Utama Gerbong tipe KKBW.....	9
Gambar 2.4 Gerbong Kereta Api Batu Bara di Sumatera Selatan: (a) gerbong tipe KKBW 50 Ton; (b) gerbong tipe <i>Open Side</i> 50 Ton.....	10
Gambar 2.5 Komponen Utama <i>Three Piece Bogie</i> .....	10
Gambar 2.6 Komponen Utama Perangkat Roda.....	11
Gambar 2.7 Geometri Perangkat Roda Kereta Api.....	12
Gambar 2.8 Nomenklatur Keping Roda Gerbong Kereta Api.....	13
Gambar 2.9 Profil Perangkat Roda dan Tapak Roda.....	14
Gambar 2.10 Tata Letak Bogie pada Gerbong.....	14
Gambar 2.11 Susunan Roda Gerbong.....	15
Gambar 2.12 <i>Steel Wheel Gauge</i> /Alat Ukur Keausan Ketebalan <i>Flens</i> .....	16
Gambar 2.13 <i>Wheel Diameter Gauge</i> /Alat Ukur Diameter Roda.....	16
Gambar 2.14 Mesin Bubut Roda Tipe Underfloor.....	17
Gambar 2.15 <i>Degree of Freedom</i> pada Kereta Api.....	18
Gambar 2.16 Osilasi Kinematik pada Perangkat Roda.....	20
Gambar 2.17 Gerak Perangkat Roda di Rel Lengkung.....	21
Gambar 2.18 Bagian Interaksi Roda dan Rel.....	22
Gambar 2.19 Interaksi kontak yang mungkin terjadi antara roda dan rel: (a) kontak satu titik; (b) kontak dua titik kontak dua titik; (c) kontak konformal.....	22
Gambar 2.20 Profil Keausan Tapak dan <i>Flens</i> Roda.....	24
Gambar 2.21 Pembentukan <i>False Flens</i> pada Roda Akibat Keausan.....	24
Gambar 2.22 Gaya Pengarah.....	25
Gambar 2.23 <i>Angle of Attack</i> .....	26
Gambar 2.24 Penjelasan Visual tentang Analisis Regresi.....	28
Gambar 2.25 Langkah Langkah dalam Analisis Regresi.....	31
Gambar 2.26 Sampel Grafik <i>Sawtooth Model</i> .....	35
Gambar 2.27 Sampel Grafik Transformasi Data.....	38
Gambar 2.28 Grafik hubungan diameter roda penggerak dengan ZK 1, ZK 2, ZK 9 dan ZK 10 sebagai fungsi jarak tempuh kendaraan dengan regresi model kuadratik.....	40



Gambar 2.29 Grafik hubungan diameter roda gelinding dengan ZK 3, ZK 4, ZK 5, ZK 6, ZK 7 dan ZK 8 sebagai fungsi kendaraan jarak tempuh dengan model kuadratik regresi.....	41
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	42
Gambar 3.2 Kode Python Visualisasi <i>Sawtooth Model</i> .....	44
Gambar 3.3 Kode Python Modifikasi <i>Sawtooth Model</i> Menjadi Tren Kumulatif.....	45
Gambar 3.4 Kode Python Modifikasi <i>Zero Offset</i> .....	46
Gambar 3.5 Linimasa Penelitian.....	52
Gambar 4.1 Sampel Anomali Data Mentah.....	58
Gambar 4.2 <i>Dataframe Final Dataset</i> .....	58
Gambar 4.3 Grafik <i>Sawtooth Model</i> Data Mentah Keausan <i>Flens</i> TS 01.....	59
Gambar 4.4 Sampel Grafik Tren Kumulatif Keausan <i>Flens</i> ( <i>Linearized Sawtooth</i> ).....	60
Gambar 4.5 Sampel Grafik Data Keausan <i>Flens</i> Setelah <i>Zero Offset</i> .....	61
Gambar 4.6 Grafik Data Keausan <i>Flens</i> Kumulatif Setelah <i>Masking</i> Gradien Nol TS 01.....	62
Gambar 4.7 <i>Dataframe</i> Final Laju Keausan <i>Flens</i> Kumulatif.....	63
Gambar 4.8 Grafik Plot Data Keausan <i>Flens</i> Kumulatif BG1 F1 untuk TS 01.....	63
Gambar 4.9 Grafik Plot Data Keausan <i>Flens</i> Kumulatif BG1 F2 untuk TS 01.....	64
Gambar 4.10 Grafik Plot Data Keausan <i>Flens</i> Kumulatif BG1 F3 untuk TS 01.....	64
Gambar 4.11 Grafik Plot Data Keausan <i>Flens</i> Kumulatif BG1 F4 untuk TS 01.....	64
Gambar 4.12 Grafik Analisis Regresi Linier Keausan <i>Flens</i> Kumulatif BG 1 F1 TS 01.....	65
Gambar 4.13 Grafik Analisis Regresi Linier Keausan <i>Flens</i> Kumulatif BG 1 F2 TS 01.....	65
Gambar 4.14 Grafik Analisis Regresi Linier Keausan <i>Flens</i> Kumulatif BG 1 F3 TS 01.....	66
Gambar 4.15 Grafik Analisis Regresi Linier Keausan <i>Flens</i> Kumulatif BG 1 F4 TS 01.....	66
Gambar 4.16 Grafik Perbandingan Prediksi Tren Keausan TS 01 Seluruh Posisi.....	67
Gambar 4.17 Grafik Peringkat Prediksi Laju Keausan <i>Flens</i> TS 01.....	67
Gambar 4.18 Diagram Batang Rata Rata Nilai <i>R Squared</i> per Posisi <i>Flens</i> Seluruh <i>Train Set</i> .....	69
Gambar 4.19 Grafik Rata Rata Selisih <i>Flens</i> per Posisi Setiap Bulan.....	69
Gambar 4.20 Grafik Rata Rata Selisih Diameter per Posisi Setiap Bulan.....	70
Gambar 4.21 Grafik Perbandingan Rata-Rata Selisih Diameter dan <i>Flens</i> per Bulan.....	71
Gambar 4.22 Grafik Perbandingan Rata-Rata Selisih Diameter dan <i>Flens</i> per Posisi.....	71



Gambar 4.23 Grafik Rasio Pengurangan Diameter Terhadap Keausan <i>Flens</i> per Posisi.....	72
Gambar 4.24 Grafik Perbandingan Prediksi Umur Pakai Rata-Rata per <i>Train Set</i> .....	74
Gambar 4.25 Visualisasi Perbandingan Laju Keausan Diameter dan <i>Flens</i> TS 02.....	75
Gambar 4.26 Visualisasi Pengamatan Grafik Laju Keausan <i>Flens</i> TS 03.....	76



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Jenis Gerbong.....	7
Tabel 2.2 Kekerasan Brinell Roda.....	12
Tabel 4.1 Ilustrasi Kolom Data Mentah Pengukuran Diameter Roda.....	53
Tabel 4.2 Ilustrasi Kolom Data Mentah Hasil Pembubutan Roda.....	54
Tabel 4.3 Ringkasan Hasil Pemodelan Matematis Regresi Linier Keausan <i>Flens</i> dan Nilai Koefisien Determinasi ( <i>R Squared</i> ) TS 01.....	68
Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Prediksi Umur Pakai Roda TS 01.....	73