

TUGAS AKHIR

PENGARUH VOLUME KENDARAAN TERHADAP KERUSAKAN JALAN PADA PERKERASAN LENTUR

**(Studi Kasus : Ruas Jalan Raya Pekanbaru – Bangkinang KM 56 – KM 59
Kabupaten Kampar)**



NAMA : DELVIAN RAMADHAN

NIM : 1922201004

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS PAHLAWAN TUANKU TAMBUSAI

RIAU

2023

PENGARUH VOLUME KENDARAAN TERHADAP KERUSAKAN JALAN PADA PERKERASAN LENTUR

**(Studi Kasus : Ruas Jalan Raya Pekanbaru – Bangkinang KM 56 – KM 59
Kabupaten Kampar)**



NAMA : DELVIAN RAMADHAN

NIM : 1922201004

TUGAS AKHIR

*Diajukan sebagai persyaratan untuk mendapatkan
Gelar Sarjana S1 Teknik Sipil*

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS PAHLAWAN TUANKU TAMBUSAI

RIAU

2023

LEMBAR PENGESAHAN DEWAN PENGUJI

LEMBAR PENGESAHAN DEWAN PENGUJI

Tugas Akhir yang Berjudul:
**PENGARUH VOLUME KENDARAAN TERHADAP
KERUSAKAN JALAN PADA PERKERASAN LENTUR**
(Studi Kasus : Ruas Jalan Raya Pekanbaru – Bangkinang KM 56 – KM 59
Kabupaten Kampar)

Disusun Oleh:
NAMA : DELVIAN RAMADHAN
NIM : 1922201004
Program Studi : S1 Teknik Sipil

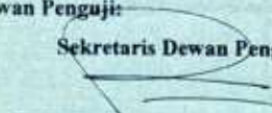
Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji,
pada Tanggal 06 Bulan Juli Tahun 2023
dan dinyatakan lulus

Susunan Dewan Penguji:

Ketua Dewan Penguji

Sekretaris Dewan Penguji

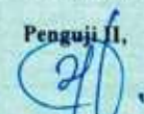

Hanantatur Adeswastoto, S.T., M.T.
NIDN. 1015128902


H. Agus Alisa Putra, S.T., M.M.
NIDN. 0127087001

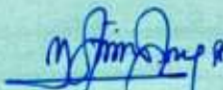
Penguji I,

Penguji II,


Beny Setiawan, M.T.
NIDN. 1005048902


Yusnira, M.Si.
NIDN. 040437302

Mengetahui,
Program Studi Teknik Sipil
Ketua,


Beny Setiawan, M.T.
NIDN. 1005048902

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

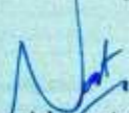
Tugas Akhir yang Berjudul:
**PENGARUH VOLUME KENDARAAN TERHADAP
KERUSAKAN JALAN PADA PERKERASAN LENTUR**
(Studi Kasus : Ruas Jalan Raya Pekanbaru – Bangkinang KM 56 – KM 59
Kabupaten Kampar)

Disusun Oleh:

NAMA : DELVIAN RAMADHAN
NIM : 1922201004
Program Studi : S1 Teknik Sipil

Disetujui Oleh:

Pembimbing I



Hanantatur Adeswastoto, S.T., M.T.
NIDN. 1015128902

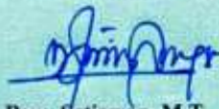
Pembimbing II



H. Agus Alisa Putra, S.T., M.M.
NIDN. 0127087001

Tugas Akhir ini telah diterima sebagai salah satu syarat untuk
Mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada
Program Studi Teknik Sipil
Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai
Bangkinang Tanggal 06 Bulan Juli Tahun 2023

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Beny Setiawan, M.T.
NIDN. 1005048902

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik



Emon Agriadi, S.T., M.Sc.E.
NIDN. 1001117701

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa :

1. Penelitian Tugas Akhir yang penulis susun ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapat gelar akademik baik di Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai ataupun di Perguruan Tinggi lainnya.
2. Penelitian Tugas Akhir ini murni gagasan, penilaian, dan rumusan penulis sendiri, tanpa bantuan tidak sah dari pihak lain, kecuali arahan dari pembimbing.
3. Penelitian Tugas Akhir ini tidak memuat hasil karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali dikutip secara tertulis dengan jelas dan dicantumkan sebagai acuan di dalam naskah dengan menyebutkan nama pengarangnya dan dicantumkan pada daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya, dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan sesuatu yang tidak sesuai dengan kebenaran pernyataan ini, penulis bersedia menerima sanksi berupa pencabutan gelar yang penulis peroleh karena Penelitian Tugas Akhir ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma dan ketentuan hukum yang berlaku.

Bangkinang, 06 Juli 2023

Saya yang Menyatakan,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'DR' followed by a stylized flourish.

DELVIAN RAMADHAN
1922201004

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PAHLAWAN TUANKU TAMBUSAI**

**Seminar Hasil Penelitian Tugas Akhir, 06 Juli 2023
DELVIAN RAMADHAN**

**PENGARUH VOLUME KENDARAAN TERHADAP KERUSAKAN
JALAN PADA PERKERASAN LENTUR (Studi Kasus : Ruas Jalan Raya
Pekanbaru – Bangkinang KM 56 – KM 59 Kabupaten Kampar)
xvi + 60 Halaman + 17 Tabel + 12 Gambar + 6 Lampiran**

ABSTRAK

Kenaikan jumlah kendaraan seperti sepeda motor, mobil, dan jenis kendaraan lainnya di wilayah Kabupaten Kampar di antaranya adalah Ruas Jalan Raya Pekanbaru-Bangkinang yang membentang dari KM 56 hingga KM 59 di Kabupaten Kampar. Karena merupakan jalan utama transportasi darat maka ruas jalan raya ini sangat penting bagi pertumbuhan jaringan jalan nasional di Provinsi Riau maupun bagi pembangunan daerah. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi korelasi antara volume kendaraan dan kerusakan jalan pada perkerasan lentur. Tiga titik observasi yaitu di daerah Batu Belah, Kumantan, dan Bangkinang yang dipergunakan di penelitian ini. Survei di penelitian ini dilaksanakan selama tujuh hari untuk mengumpulkan data primer mengenai jenis, luas, dan volume lalu lintas jalan serta data sekunder mengenai geometri jalan. Dalam menilai tingkat kerusakan jalan, digunakan uji regresi dan metode analisis volume kendaraan, yang dikenal sebagai indeks kerusakan lapisan. Beberapa variabel seperti kendaraan ringan (X1), kendaraan berat (X2), sepeda motor (X3), dan kendaraan tidak bermotor (X4), diidentifikasi sebagai faktor yang dapat mempengaruhi tingkat kerusakan jalan, walaupun variabel terakhir nampaknya tidak memiliki dampak yang signifikan. Besarnya kerusakan jalan serta volume kendaraan mempunyai hubungan. Kerusakan jalan yang disebabkan jumlah kendaraan ringan, berat, serta sepeda motor mempunyai proporsi sebesar 100%, yang ditunjukkan dengan hasil $R^2 = 1.000$ serta nilai kerusakan jalan (Y), $Y = 0,015 X1 + 0,042 X2 + 0,037 X3 + 0,059 X4 + (- 18,187)$ adalah persamaan yang mewakili hubungan antara kendaraan ringan (X1), kendaraan berat (X2), sepeda motor (X3), kendaraan tidak bermotor (X4), serta nilai kerusakan jalan (Y).

**Kata Kunci : Kerusakan jalan, penkerasan lentur, volume kendaraan.
Daftar Bacaan : 15 (1997 – 2023)**

**CIVIL ENGINEERING STUDY PROGRAM
FACULTY OF ENGINEERING
UNIVERSITY PAHLAWAN TUANKU TAMBUSAI**

**Final Project Research Results Seminar, 06 July 2023
DELVIAN RAMADHAN**

**THE EFFECT OF VEHICLE VOLUME ON ROAD DAMAGE ON
FLEXIBLE PAVEMENT (Case Study: Pekanbaru – Bangkinang Highway
Section KM 56 – KM 59, Kampar Regency)
xvi + 60 Pages + 17 Tables + 12 Figures + 6 Appendices**

ABSTRACT

The increase in the number of vehicles such as motorbikes, cars and other types of vehicles in the Kampar Regency area includes the Pekanbaru-Bangkinang Highway section which stretches from KM 56 to KM 59 in Kampar Regency. Because it is the main road for land transportation, this section of highway is very important for the growth of the national road network in Riau Province and for regional development. This research aims to identify the correlation between vehicle volume and road damage on flexible pavement. Three observation points, namely in the Batu Belah, Kumantan and Bangkinang areas, were used in this research. The survey in this research was carried out for seven days to collect primary data regarding the type, area and volume of road traffic as well as secondary data regarding road geometry. In assessing the level of road damage, regression tests and vehicle volume analysis methods are used, known as the layer damage index. Several variables, such as light vehicles (X1), heavy vehicles (X2), motorbikes (X3), and non-motorized vehicles (X4), were identified as factors that could influence the level of road damage, although the last variable did not appear to have a significant impact. The amount of road damage and the volume of vehicles are related. Road damage caused by the number of light, heavy vehicles and motorbikes has a proportion of 100%, which is shown by the result $R^2 = 1,000$ and the value of road damage (Y), $Y = 0.015 X1 + 0.042 X2 + 0.037 X3 + 0.18187 X4$ is an equation that represents the relationship between light vehicles (X1), heavy vehicles (X2), motorbikes (X3), non-motorized vehicles (X4), and the value of road damage (Y).

**Keywords: road damage, flexible pavement, vehicle volume.
Reading List : 15 (1997 – 2023)**

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji syukur kehadirat Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya peneliti menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Pengaruh Volume Kendaraan Terhadap Tingkat Kerusakan Jalan Pada Perkerasan Lentur ” (Studi Kasus Di Ruas Jalan Raya Pekanbaru - Bangkinang KM 56 – KM 59 Kabupaten Kampar).**

Penelitian ini diajukan guna memenuhi salah satu syarat atas menyelesaikan program S1 Teknik Sipil Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai. Atas penyelesaian tugas akhir ini, peneliti mengucapkan banyak terima kasih yang tulus kepada yang terhormat:

1. Kedua orang tua, keluarga tercinta yang selalu mendoakan serta memberi semangat demi keberhasilan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Prof. Dr. Amir Luthfi sebagai Rektor Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai.
3. Bapak Emon Azriadi, S.T., M.Sc.E. sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai.
4. Bapak Beny Setiawan, M.T. sebagai Ketua Prodi S1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai.
5. Bapak Hanantatur Adeswastoto, S.T., M.T. sebagai pembimbing I yang sudah meluangkan waktu, pikiran, bimbingan serta arahan petunjuk dan bersusah payah membantu atas menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini tepat pada waktunya.

6. Bapak Agus Alisa Putra, S.T., M.M. sebagai Pembimbing II yang sudah meluangkan waktu, pikiran, bimbingan serta arahan punjuk dan bersusah payah membantu atas menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini tepat pada waktunya.
7. Bapak dan Ibu dosen Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai yang sudah memberi kesempatan serta kemudahan bagi peneliti atas menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini.
8. Diana Monica, yang selalu menemani saya dalam hal suka maupun duka dan selalu ingin mendengarkan keluh kesah saya dan tidak lupa selalu memberikan dukungan kepada saya dan terima kasih telah menemani saya sampai sekarang.
9. Rekan-rekan seperjuangan angkatan 2019 Prodi S1 Teknik Sipil Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai Riau yang telah bermurah hati dalam membantu menyelesaikan Tugas Akhir ini.
10. Seluruh keluarga besar mahasiswa Prodi S1 Teknik Sipil Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai Riau Angkatan Tahun 2018, 2019, 2020, 2021 dan 2022 yang sudah memberi dukungan serta semangat kepada peneliti atas menyelesaikan Tugas Akhir ini.
11. Sahabat dan saudara yang memberi dukungan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
12. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah memberikan dukungan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Peneliti mengetahui bahwasanya Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan baik dari segi penampilan dan penulisan. Oleh sebab itu, peneliti senantiasa mengharapkan saran dan kritikan yang bersifat membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Bangkinang, 06 Juli 2023

Peneliti

A handwritten signature in black ink, enclosed in a thin black rectangular border. The signature consists of a large, stylized letter 'D' followed by the letters 'DR' in a smaller, more standard font.

DELVIAN RAMADHAN

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN DEWAN PENGUJI	ii
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	iii
SURAT PERNYATAAN	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR NOTASI.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Penelitian Terkait	5
2.2. Kerangka Teori	8

2.2.1. Klasifikasi Jalan Raya.....	8
2.2.2. Material Perkerasan Permukaan Jalan	12
2.2.3. Kerusakan Jalan Raya.....	14
2.2.4. Jenis Jenis Kerusakan Permukaan Jalan	14
2.2.5. Jenis Kerusakan Pada Metode <i>Surface Distress Index</i>	20
2.2.6. Penilaian Kondisi Permukaan Jalan	21
2.2.7. Volume Lalu Lintas.....	24
2.2.8. Karakteristik Arus Lalu Lintas	25
2.2.9. Uji Regresi.....	26
BAB III METODE PENELITIAN	28
3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian.....	28
3.2. Alat Penelitian	28
3.3. Data Yang Diperlukan.....	29
3.3.1. Data Primer.....	29
3.3.2. Data Sekunder	29
3.4. Variabel Penelitian	30
3.5. Metode Analisis	30
3.6. Bagan Alir Penelitian.....	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAAN.....	32
4.1. Deskripsi Lokasi Penelitian.....	32

4.2. Kondisi Volume Lalu Lintas	32
4.3. Kondisi Kerusakan Jalan	33
4.4. Analisa Metode <i>Surface Distress Index</i> (SDI).....	35
4.5. Volume Lalu Lintas	45
4.6. Pengaruh Dan Hubungan Volume Kendaraan Terhadap Nilai Kerusakan Jalan.	55
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	59
5.1. Kesimpulan.....	59
5.2. Saran	59

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penilaian Luas Retak.....	23
Tabel 2. 2 Penilaian Lebar Retak	23
Tabel 2. 3 Penilaian Jumlah Lubang	23
Tabel 2. 4 Penilaian Alur Bekas Roda	24
Tabel 4. 1 Rekapitulasi Ukuran Kerusakan Jalan Pada Titik Pengamatan	37
Tabel 4. 2 Penilaian SDI Pada Titik Batu Belah Ruas Jalan Arah Bangkinang ...	44
Tabel 4. 3 Penilaian SDI Pada Titik Batu Belah Ruas Jalan Arah Pekanbaru.....	44
Tabel 4. 4 Penilaian SDI Pada Titik Kumantan Ruas Jalan Arah Bangkinang.....	44
Tabel 4. 5 Penilaian SDI Pada Titik Kumantan Ruas Jalan Arah Pekanbaru	45
Tabel 4. 6 Penilaian SDI Pada Titik Bangkinang Ruas Jalan Arah Bangkinang..	45
Tabel 4. 7 Penilaian SDI Pada Titik Bangkinang Ruas Jalan Arah Pekanbaru ...	45
Tabel 4. 8 Rekapitulasi Total Volume Kendaraan Selama Pengamatan.....	46
Tabel 4. 9 Volume Lalu Lintas (Kend/Hari).....	55
Tabel 4. 10 Rekapitulasi Variabel X_1 , X_2 , X_3 , X_4 , dan Y	56
Tabel 4. 11 Model Summary.....	56
Tabel 4. 12 Anova.....	57
Tabel 4. 13 Coefficients	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Susunan Lapisan Permukaan Lentur	13
Gambar 2. 2 Susunan Lapisan Permukaan Kaku	13
Gambar 2. 3 Susunan Lapisan Permukaan Komposit	14
Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian	28
Gambar 3. 2 Bagan Alir Penelitian	31
Gambar 4. 1 Lokasi Penelitian	32
Gambar 4. 2 Retak.....	34
Gambar 4. 3 Lubang.....	34
Gambar 4. 4 Alur Bekas Roda	35
Gambar 4. 5 Kondisi Titik Pengamatan Di Batu Belah	36
Gambar 4. 6 Kondisi Titik Pengamatan Di Kumantan	36
Gambar 4. 7 Kondisi Titik Pengamatan Di Bangkinang.....	37

DAFTAR NOTASI

Ar = Luas Rusak Jalan

Ar = Luas Total Jalan

Pr = Panjang Rusak Jalan

Pt = Panjang Luas Total Jalan

Lr = Lebar Rusak Jalan

Lt = Lebar Luas Total Jalan

%r = Prosentase Kerusak

LHRT = Lalu Lintas Harian Rata-Rata Tahunan

LHR = Lalu Lintas Harian Rata-Rata

LV = Kendaraan Ringan

MHV = Kendaraan Sedang

LB = Bus Besar

LT = Truk Besar

MC = Sepeda Motor

UM = Kendaraan Tak Bermotor

Y = Variabel Dependen

X = Variabel Independen

a = Konstanta

b = Koefisien Regresi

b₁, b₂, b_n = Koefisien Regresi

X₁, X₂, X_n = Variabel Independen

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Geometrik Jalan

Lampiran 2. Data Ukuran Kerusakan Jalan

Lampiran 3. Data Volume Lalu Lintas

Lampiran 4. Titik Persentase Distribusi F Untuk Probabilitas = 0,005

Lampiran 5. Dokumentasi Penelitian

Lampiran 6.. Lembaran Bimbingan KTI

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Jalan perlu dirancang dengan baik agar dapat dianggap menjadi salah satu moda transportasi darat yang paling signifikan. Jalan yang baik tidak hanya memungkinkan orang berpindah dari suatu lokasi ke lokasi lain, tetapi membuat berkendara terasa nyaman (Widayanti, 2022).

Kerusakan jalan, kemacetan lalu lintas, kecelakaan, dan permasalahan lainnya saat ini menjadi perhatian utama di beberapa daerah terutama bagi mereka pengguna jalan. Jalan akan mengalami kerusakan parah dan akan kehilangan kegunaannya jika pemeliharaan rutin diabaikan selama pembangunan jalan (Adeswastoto, 2021).

Campuran aspal digunakan sebagai bahan pengikat pada perkerasan lentur, dan banyaknya pembangunan di berbagai daerah bersama dengan peningkatan signifikan dalam penggunaan jalan aspal. Selain itu jasa pengaspalan *hotmix* yang biayanya lebih terjangkau dan pilihan aspal jalan yang dipilih perawatannya pun lebih mudah karena yang perlu dilakukan hanyalah penggantian area yang rusak.

Kebutuhan akan infrastruktur dan pilihan transportasi yang memadai untuk mendukung kegiatan perekonomian menjadi pendorong terus berkembangnya Kabupaten Kampar. Oleh karena itu, jaringan jalan yang kuat sangat penting untuk mengatasi potensi hambatan dan meningkatkan kenyamanan dan keselamatan pengguna jalan.

Kenaikan jumlah kendaraan seperti sepeda motor, mobil, dan jenis kendaraan lainnya terutama di wilayah Kabupaten Kampar. Diantaranya adalah Ruas Jalan Raya Pekanbaru-Bangkinang yang membentang dari KM 56 hingga KM 59 di Kabupaten Kampar. Karena merupakan jalan utama transportasi darat maka ruas jalan raya ini sangat penting bagi pertumbuhan jaringan jalan nasional di Provinsi Riau maupun bagi pembangunan daerah.

Dengan merujuk pada konteks yang sudah dijelaskan sebelumnya, penulis mengambil Judul **“Pengaruh Volume Kendaraan Terhadap Tingkat Kerusakan Jalan Pada Perkerasan Lentur ” (Studi Kasus Di Ruas Jalan Raya Pekanbaru - Bangkinang KM 56 – KM 59 Kabupaten Kampar).**

1.2. Rumusan Masalah

Dengan mempertimbangkan aspek-aspek yang telah diuraikan sebelumnya, maka timbul permasalahan yaitu:

1. Bagaimana pengaruh volume kendaraan terhadap kerusakan jalan pada ruas jalan tersebut ?
2. Bagaimana hubungan volume kendaraan terhadap kerusakan jalan pada perkerasan lentur ?

1.3. Batasan Masalah

Penulisan tugas akhir ini supaya lebih jelas serta ter-arrah, maka permasalahan dibatasi hanya pada:

1. Batasan lokasi penelitian yakni jalan dengan perkerasan lentur di Ruas Jalan Raya Pekanbaru - Bangkinang KM 56 – KM 59 Kabupaten Kampar.
2. Data primer meliputi hasil pengamatan secara visual serta hasil pengukuran, terdiri atas panjang, lebar, luasan serta kedalaman dari tiap jenis kerusakan.
3. Tinjauan dilakukan hanya di perkerasan lentur.
4. Kerusakan yang ditinjau hanya di lapisan permukaan (*Surface Course*).

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh volume kendaraan terhadap kerusakan jalan.
2. Mengetahui hubungan volume kendaraan terhadap kerusakan jalan pada perkerasan lentur.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan bahan referensi dan sumber acuan bagi mahasiswa yang ingin mengembangkan penelitian ini.
2. Dapat memberikan informasi kepada pihak atau lembaga yang terlibat dalam tahap perencanaan, pelaksanaan, dan pemeliharaan konstruksi jalan raya yang menggunakan perkerasan lentur.

3. Diharapkan penelitian ini dapat meningkatkan pemahaman masyarakat Provinsi Riau, terutama di Kabupaten Kampar, mengenai berbagai macam kerusakan jalan di perkerasan lentur. Di sisi lain, penelitian ini juga bertujuan meningkatkan kesadaran akan bagaimana volume kendaraan berkontribusi pada kerusakan jalan di perkerasan lentur.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terkait

Penelitian yang dilakukan Widayanti (2022), mengamati dampak volume kendaraan pada kerusakan jalan di Jalan Prabu Rangkasari Kota Mataram. Tujuannya supaya mengenal dampak hingga jumlah kendaraan terhadap jenjang kerusakan atas perkerasan lentur. Metode penelitian Deskriptif serta Kualitatif yang dipergunakan dalam penelitian semacam ini memang tepat. Berdasarkan hasil penelitian, Jalan Prabu Rangkasari mempunyai Nilai Kerusakan Jalan (Nr) sebesar 68,2 baik arah Utara-Selatan maupun Selatan-Utara. Berdasarkan satuan mobil penumpang (smp)/jam, terdapat 663 smp arah utara-selatan dan 536 smp arah utara-selatan di Jalan Prabu Rangkasari pada jam sibuk. $Y = 0.00473.X1 + 0.00154.X2 + 15.245$ merupakan persamaan yang dihasilkan dari analisis volume lalu lintas, nilai kerusakan jalan, serta waktu. Variabel-variabel tersebut mempunyai regresi non linier (R^2) atau korelasi antar variabel. Jawaban persamaan tersebut dapat digunakan untuk memprediksi besarnya kerusakan jalan atau Nr yang diperkirakan hendak berlaku di Jalan Prabu Rangkasari Kota Mataram, Provinsi Nusa Tenggara Barat, pada waktu mendatang.

Penelitian yang dilakukan Faisal (2022), memfokuskan pada korelasi antara volume kendaraan serta tingkat kerusakan jalan di perkerasan lentur. Panjang, lebar, jumlah kerusakan, dan volume lalu lintas yang melalui ruas Jalan Diponegoro, Wisma Hasanah, Raja Ali Haji, Sisingamangaraja serta

Teratak Air Hitam merupakan beberapa data primer yang dipergunakan di penelitian ini. Tiga hari didedikasikan guna melakukan survei penelitian dari setiap ruas jalan. Regresi linier berganda dan uji korelasi merupakan teknik statistik yang dipergunakan di penelitian ini. Jumlah jenis kendaraan yang berbeda serta jumlah kerusakan jalan mempunyai korelasi. $R^2 = 0,840$ menunjukkan adanya hubungan sebesar 84% antara jenis kendaraan dengan kerusakan jalan. $Y = -445.1376 + 0.3297106.X1 + 0.1766536.X3$ yang merupakan persamaan nilai kendaraan ringan (X1), sepeda motor (X3), serta nilai kerusakan jalan (Y).

Penelitian yang dilakukan Nanda & Zidan (2021), menyelidiki pengaruh jumlah kendaraan pada kerusakan jalan aspal kelas II. Jalur utama transportasi darat Jalan Medan – Banda Aceh dilalui oleh berbagai macam kendaraan baik dari dalam ataupun luar wilayah Aceh Tamiang. Keadaan ini berdampak pada besarnya kerusakan jalan yang terjadi. Maka sebab itu, penelitian dilaksanakan guna memastikan bagaimana volume kendaraan mempengaruhi kerusakan jalan di ruas ini. Survei tentang volume lalu lintas, informasi kerusakan jalan, serta informasi tepat waktu dilakukan sebagai bagian dari penelitian. Ruas jalan sepanjang enam kilometer yang menjadi lokasi penelitian dibagi menjadi empat ruas jalan yang masing-masing berukuran panjang 1,4 Kilometer, 1,1 Kilometer, 2 Kilometer, serta 1,5 Kilometer. Sesudah observasi lapangan, metodologi penelitian diterapkan guna menentukan volume kendaraan dengan menggunakan prosedur MKJI 1997, kerusakan jalan yang diukur menggunakan Metode

Bina Marga, bersama dengan informasi waktu yang dikumpulkan dari pemeliharaan perkerasan terkini. Analisis regresi digunakan dengan SPSS 25.0 untuk menganalisis data lebih lanjut dan melihat hubungan volume kendaraan dengan kerusakan jalan. Berdasarkan hasil penelitian, kerusakan tambalan dan retakan mendominasi dengan nilai kerusakan 11, 64, 72, dan 67 per segmen. Volume kendaraan yang diukur masing-masing ruas adalah 2853,2 smp/jam, 2659,2 smp/jam, 2596,9 smp/jam, serta 2953,1 smp/jam serta temuan yang diperoleh dari parameter tersebut $Y = (-0,089).X_1 + (-0,017).X_2 + 1206,853$, dengan regresi linier (adjusted R^2) atau korelasi antar variabel X dan Y yakni 0.997, dimana menjelaskan kuatnya pengaruh variabel X pada variabel Y senilai 97,7 %.

Penelitian yang dilakukan Utami (2021), menginvestigasi korelasi antara volume kendaraan dan tingkat kerusakan jalan di perkerasan lentur. Fokus pada segmen Jalan Raya Sudamanik sepanjang 2,3 kilometer, mulai dari awal SPBU Pertamina yang sudah tidak beroperasi (Sta. 0+000) hingga jalur kereta api di Jalan Raya Mohamad Toha (Sta. 2+100). Dengan menghitung tingkat kerusakan jalan mempergunakan Metode Bina Marga serta Metode PCI (*Pavement Condition Index*), penelitian ini bermaksud menyelidiki hubungan volume kendaraan dan tingkat kerusakan jalan di Jalan Raya Sudamanik. Berdasarkan temuan survei dan analisis, kerusakan alur merupakan jenis kerusakan umum yang paling sering ditemukan. Untuk analisis Metode Bina Marga, rata-rata nilai Nr pada lajur 1 senilai 96,18 dengan nilai UP sebesar 7,3, serta di lajur 2 rata-rata nilai Nr senilai 5,71

dengan nilai UP sebesar 11 yang menunjukkan besarnya kerusakan. Pada kategori tingkat kerusakan sedang, rata-rata nilai PCI pada Jalur 1 sebesar 42,93, sedangkan pada kategori tingkat kerusakan sempurna, rata-rata nilai PCI pada Jalur 2 sebesar 95,86. Model Eksponensial jika diterapkan di data rata-rata volume lalu lintas harian senilai 2205 smp/jam di tahun 2019 memperoleh nilai kerusakan jalan yang konsisten dengan hubungan volume lalu lintas (Q) dengan nilai yang didapat dari kedua metode. Kedua metode menjelaskan nilai R² mendekati 1, serta nilai deviasi standar masing-masing relatif kecil.

Penelitian yang dilakukan Da Cunha (2022), meneliti korelasi antara volume kendaraan serta tingkat kerusakan jalan di perkerasan fleksibel dalam sebuah penelitian. Tujuan guna melihat hubungan antar volume kendaraan, waktu, serta tingkat degradasi jalan di perkerasan lentur. Massa, total kendaraan, dan anggaran kerusakan jalan semuanya saling berhubungan. Persamaan yang diperoleh ialah $Y = 0.104300097.X1 + 0.006024178.X2 + (-270.1407621)$ dengan temuan $R^2 = 0.923993351$. Kuatnya pengaruh variabel X pada variabel Y ditampilkan hasil analisis yang tidak linier.

2.2. Kerangka Teori

2.2.1. Klasifikasi Jalan Raya

Jalan merupakan struktur yang dirancang untuk memfasilitasi lalu lintas baik jalan yang di atas tanah, di bawah tanah, atau di atas

permukaan air. Selain jalan kereta api serta jalan kabel (Undang Undang No 38, 2004).

1. Klasifikasi Berdasarkan Fungsional

Menurut fungsinya jalan dibagi atas tiga kategori yakni jalan arteri, jalan kolektor, jalan lokal (Nain Dhaniarti, 2022).

a. Jalan Arteri

Jalan arteri merujuk pada jalur transportasi utama yang memiliki karakteristik khusus, yaitu mampu menjangkau jarak yang signifikan serta kecepatan rata-rata yang tinggi, efisien dalam pembatasan jumlah akses atau jalan masuk. Jalan arteri terbagi atas 2 kategori, yakni jalan arteri primer serta sekunder.

b. Jalan Kolektor

Jalan kolektor berfungsi untuk atribut perjalanan seperti kecepatan rata-rata sedang, jarak sedang, serta batasan banyak jalan masuk.

c. Jalan Lokal

Jalan lokal didefinisikan sebagai jalan umum dengan jumlah pintu masuk yang tidak terbatas, kecepatan rata-rata yang pendek, dan tujuan untuk melayani angkutan lokal.

2. Klasifikasi Menurut Wewenang

Menurut kewenangannya jalan di kategorikan yaitu jalan nasional, provinsi, kabupaten, kota, serta desa (Nain Dhaniarti, 2022).

a. Jalan Nasional

Jalan nasional mempertemukan ibu kota provinsi dan jalan strategis nasional, serta jalan tol pada kerangka sistem jaringan jalan primer. Jalan nasional termasuk dalam kategori jalan arteri serta jalan kolektor.

b. Jalan Provinsi

Jalan provinsi berfungsi sebagai jalan kolektor antara ibu kota kabupaten/kota dengan ibu kota provinsi, serta jalan strategis provinsi.

c. Jalan Kabupaten

Jalan kabupaten merujuk pada jalur lokal pada struktur jaringan jalan primer bukan di kategori jalan umum di jaringan jalan sekunder di wilayah kabupaten, jalan strategis kabupaten, atau jalan yang mempertemukan ibu kota kabupaten dengan ibu kota kecamatan, atau pusat kegiatan daerah.

d. Jalan Kota

Jalan kota berfungsi sebagai jalan raya umum yang menyambungkan pusat pelayanan dan persil di sistem jaringan jalan sekunder, serta pusat pemukiman dan pusat pelayanan di dalam kota.

e. Jalan Desa

Jalan desa berfungsi sebagai jalur lingkungan hidup serta penghubung dalam desa dan antar permukiman.

3. Klasifikasi Berlandaskan Muatan Sumbu

Menurut muatan sumbu jalan dikategorikan yaitu jalan kelas I, II, III A, III B, serta III C (Nain Dhaniarti, 2022).

a. Jalan Kelas I

Merupakan jalan khusus yang diperuntukkan bagi kendaraan bermotor, dengan daya dukung beban tidak melebihi 18 meter serta lebar tidak $> 2,5$ meter. Beban gandar dibatasi maksimal 10 ton. Konsep ini semenjak dioptimalkan di beberapa negara maju termasuk Perancis yang mana beban gandar maksimumnya adalah 13 ton.

b. Jalan Kelas II

Merupakan jalan yang cocok untuk kendaraan bermotor karena memiliki lebar hingga 2,5 meter serta panjang hingga 18 meter serta memiliki beban gandar maksimal 10 ton.

c. Jalan Kelas III A

Merupakan jalan yang memungkinkan muatan dengan panjang hingga 18 meter dan lebar hingga 2,5 meter. Maksimal beban gandar ialah 8 ton.

d. Jalan Kelas III B

Merupakan jalan yang bisa mengakomodasi muatan dengan panjang hingga 12 meter dan lebar maksimal 2,5 meter, dengan batas beban gandar tertinggi senilai 8 ton.

e. Jalan Kelas III C

Merupakan yang bisa dilewati kendaraan bermotor baik di area lokal maupun di luar lingkungan dengan batas beban gandar maksimum 8 ton dan lebar tidak lebih dari 2,1 meter.

2.2.2. Material Perkerasan Permukaan Jalan

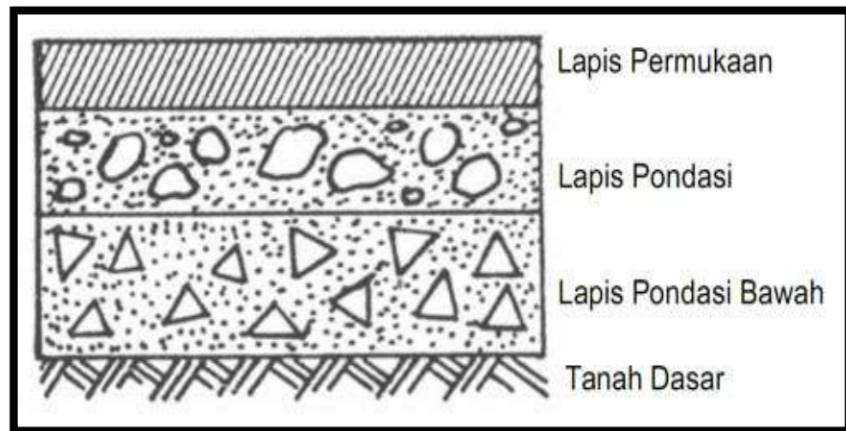
Menurut Khaerat Nur (2020), ada beberapa tipe jenis kerusakan di perkerasan jalan:

1. Konstruksi Perkerasan Lentur

Karakteristik Perkerasan Lentur, yaitu:

- a. Karena elastis saat dibebani dapat memberikan kenyamanan bagi pengemudi.
- b. Biasanya menggunakan pengikat aspal.
- c. Beban tersebut dibagi oleh semua lapisan.
- d. Tegangan tersebut didistribusikan ke lapisan tanah dasar sedemikian rupa serta mencegah kerusakan pada lapisan tersebut.
- e. Batas umur paket adalah 20 tahun (MKJI = 23 tahun).

Susunan lapisan permukaan lentur bisa dilihat sebagai berikut:



Gambar 2. 1 Susunan Lapisan Permukaan Lentur

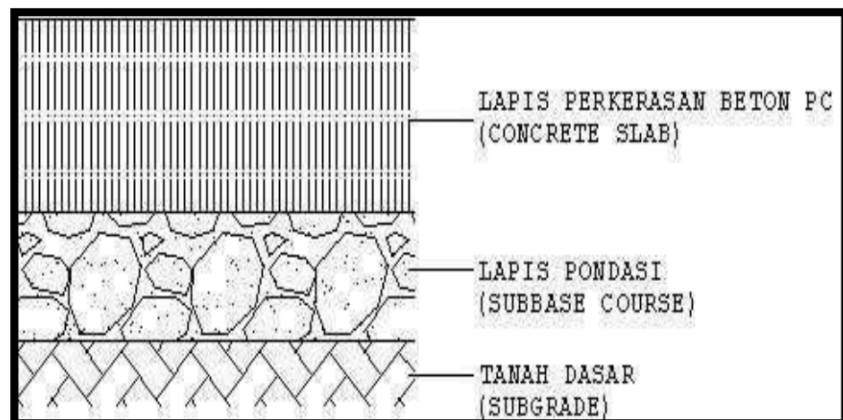
Sumber : Khaerat Nur (2020)

2. Konstruksi Perkerasan Kaku

Semen Portland digunakan pada perkerasan ini sebagai bahan pengikat. Pelat beton ditempatkan di permukaan tanah dasar, baik maupun tanpa lapisan subbase, dan dapat diperkuat atau tidak.

Pelat beton memanggul sebagian besar beban lalu lintas.

Susunan lapisan permukaan kaku bisa dilihat sebagai berikut:



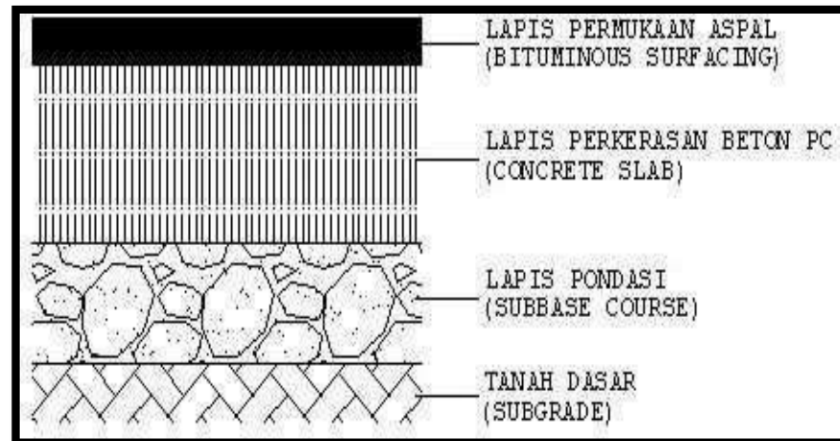
Gambar 2. 2 Susunan Lapisan Permukaan Kaku

Sumber : Khaerat Nur (2020)

3. Konstruksi Permukaan Komposit

Kombinasi perkerasan lentur dan kaku baik perkerasan lentur di atas permukaan kaku begitupun sebaliknya.

Susunan lapisan permukaan komposit bisa dilihat sebagai berikut:



Gambar 2. 3 Susunan Lapisan Permukaan Komposit

Sumber : Khaerat Nur (2020)

2.2.3. Kerusakan Jalan Raya

Kerusakan jalan adalah suatu peristiwa menyebabkan perkerasan jalan berubah bentuk dari bentuk aslinya. Apabila suatu perkerasan jalan tidak berfungsi dan menimbulkan ketidaknyamanan bagi penggunanya maka dikatakan telah gagal berfungsi. Sementara itu beban lalu lintas, kelelahan permukaan, ketidakstabilan lapisan tanah dasar, dan dampak lingkungan sekitar dapat menyebabkan kerusakan pada bagian struktur perkerasan jalan sehingga mengakibatkan kegagalan struktur.

2.2.4. Jenis Jenis Kerusakan Permukaan Jalan

Berdasarkan pada Bina Marga (2011), ada sejumlah bentuk kerusakan di perkerasan jalan:

1. Retak Kulit Buaya (*Alligator Cracking*)

Retakan yang menyerupai kulit buaya didefinisikan sebagai jaringan sejumlah area persegi kecil atau poligon dengan lebar celah tiga milimeter atau lebih. Material perkerasan yang buruk, pelapukan permukaan, tanah dasar yang kurang stabil maupun perkerasan di bawah lapisan atas maupun material lapisan pondasi yang jenuh menjadi penyebab terjadinya keretakan tersebut. Daerah dimana kulit buaya retak biasanya tidak terlalu besar. Jika terdapat area yang signifikan dimana retakan kulit buaya muncul, hal tersebut mungkin disebabkan beban lalu lintas yang terlalu besar sehingga lapisan permukaan tidak dapat menopangnya.

Kemungkinan penyebabnya antara lain:

- a. Bahan yang dipakai untuk membuat perkerasan jalan berkualitas rendah sehingga dapat mengakibatkan lapisan aspal menjadi rapuh atau perkerasan menjadi lemah.
- b. Pelapukan aspal.
- c. Banyaknya air tanah di daerah perkerasan jalan.
- d. Lapisan bawah tidak konstan.

2. Amblas (*Depression*)

Meliputi penurunan permukaan lapisan perkerasan di daerah tertentu baik retak maupun tidak retak. Kerusakan ini biasanya melebihi 2 cm serta dapat menahan atau menyerap air. Kios-kios di dalam air menunjukkan adanya penurunan permukaan tanah.

Lapisan perkerasan jalan pada akhirnya bisa berlubang akibat genangan air ini. Muatan kendaraan yang tidak direncanakan dan konstruksi yang buruk atau penurunan permukaan jalan akibat pengendapan tanah dasar merupakan penyebab utama keruntuhan.

Kemungkinan penyebabnya antara lain:

- a. Ketika beban kendaraan berlebihan diterapkan baik pondasi perkerasan jalan maupun struktur perkerasan jalan secara keseluruhan kehilangan kemampuannya dalam menopang beban tersebut.
 - b. Penurunan bagian perkerasan sebagai akibat dari penurunan tanah dasar.
 - c. Tidak ada pemadatan yang dilakukan dengan baik.
3. Tambalan dan Tambalan Galian Utilitas (*Patching and Utility Cut Patching*).

Tindakan mengamankan area perkerasan yang diperbaiki disebut sebagai penambalan. Kerusakan perbaikan mengakibatkan deformasi, kompresi, perpecahan, atau pengelupasan antara perbaikan dan permukaan perkerasan asli. Jika jumlah atau luas tambalan banyak maka dapat dikategorikan sebagai cacat permukaan yang pada akhirnya mengganggu kenyamanan pengemudi. Menurut sifatnya tambalan dimasukkan ke dalam dua kategori yaitu tambalan sementara memiliki bentuk yang tidak beraturan karena kerusakan lubang, dan tambalan permanen

memiliki bentuk persegi panjang karena rekonstruksi yang telah selesai.

Kemungkinan penyebabnya antara lain:

- a. Tindakan perbaikan diakibatkan kerusakan permukaan perkerasan.
- b. Tindakan pembaruan diakibatkan kerusakan struktur perkerasan jalan.
- c. Pengerukan untuk penerapan saluran.
- d. Kekasaran permukaan yang mengurangi kenyamanan berkendara.

4. Lubang (*Potholes*)

Runtuhnya dan hilangnya material terlebih dahulu pada lapisan permukaan kemudian pada lapisan pondasi menimbulkan lubang. Lubang adalah rongga di permukaan jalan yang mempunyai kedalaman rata-rata 25 mm dan diameter rata-rata 150 mm atau lebih. Lubang-lubang dapat muncul pada perkerasan aspal karena dua alasan utama yakni retakan besar dengan serpihan atau retakan yang sangat kuat sehingga material mudah lepas, atau pelepasan butiran yang memperlihatkan lapisan pondasi.

Kemungkinan penyebabnya antara lain:

- a. Kandungan aspal yang rendah menyebabkan lapisan tipis aspal serta agregatnya gampang terkelupas maupun permukaannya menjadi tipis.

- b. Aspal lapuk akibat pemakaian agregat yang terkontaminasi atau di bawah standar.
 - c. Temperatur campuran tidak memenuhi standar yang ditetapkan.
 - d. Infrastruktur drainase yang tidak memadai.
5. Cacat Tepi Perkerasan (*Edge Cracking*)

Terbentuk di area perpotongan antara permukaan jalan beraspal dengan tanah di sekitarnya atau di titik pertemuan antara perkerasan jalan dengan bahu jalan tanah yang tidak beraspal. Lokasinya berdekatan dengan tepi trotoar di mana roda mobil sering beralih dari trotoar ke bahu jalan atau sebaliknya dan kerusakan ini dapat menyebar.

Kemungkinan penyebabnya antara lain:

- a. Kurangnya dukungan lateral dari bahu jalan dan terjadi drainase yang buruk.
 - b. Turunnya bahu jalan.
 - c. Konsentrasi volume lalu lintas dekat dengan tepi perkerasan jalan.
6. Retak Memanjang (*Longitudinal Cracks*)

Retakan refleksi dapat menyebabkan retakan memanjang dan dapat menyebabkan retaknya lapisan aspal jika diletakkan di permukaan lapisan pondasi semen seperti tanah semen dan pondasi dengan kestabilan semen. Pengaplikasian permukaan aspal di permukaan

lapisan yang telah terlihat dan juga dapat mengakibatkan retakan refleksi. Retakan melintang dan retak lelah merupakan contoh retakan refleksi yang perlu dipisahkan.

Kemungkinan penyebabnya antara lain:

- a. Retakan di bawah lapisan perkerasan semakin melebar dan mengecil.
- b. Sambungan perkerasan yang rapuh.
- c. Adanya akar pohon di bawah lapisan trotoar.
- d. Bahan tepi perkerasan kualitasnya buruk atau volumenya berubah akibat tanah liat tanah dasar yang mengembang.

7. Retak Melintang (*Transversal Cracks*)

Dua penyebab utama retakan melintang perlu diperhitungkan dalam model. Tentu saja retakan pantulan memodelkan efek pantulan yang juga dapat ditemukan pada retakan melintang. Opsi tambahannya adalah retakan melintang menjadi retakan termal dalam hal ini retakan tersebut dapat dimodelkan menggunakan proses prediksi retakan termal.

8. Alur Bekas Roda (*Rutting*)

Rutting merupakan deformasi jangka panjang pada lapisan perkerasan yang disebabkan oleh lalu lintas lintasan roda yang pada akhirnya menimbulkan alur pada perkerasan. Keausan permukaan, kerusakan material, atau struktur yang lemah semuanya akan menghasilkan alur. Pemantauan dan pengendalian aliran

mempengaruhi biaya operasional kendaraan, nilai traksi kendaraan, keselamatan, keberadaan genangan air, dan getaran beban yang semuanya berdampak pada kinerja perkerasan jalan.

Kemungkinan penyebabnya antara lain:

- a. Lapisan pondasi kembali memadat akibat beban lalu lintas karena pemadatan permukaan dan lapisan pondasi lebih sedikit.
- b. Buruknya kualitas campuran aspal terlihat dari pergerakannya ke samping dan ke bawah saat terkena beban roda yang besar.
- c. Satu atau lebih komponen bergerak kesamping membentuk lapisan perkerasan yang kurang padat.
- d. Terdapat tanah dasar yang tidak stabil atau agregat pondasi yang tidak memadai; infiltrasi air tanah menyebabkan kerusakan; dan terdapat agregat pondasi yang tidak memadai.

2.2.5. Jenis Kerusakan Pada Metode *Surface Distress Index*

Berdasarkan Bina Marga (2011), menyatakan bahwa metode *Surface Distress Index* mengalami sejumlah kerusakan diantaranya adalah:

1. Retak (*cracks*)

Salah satu hal yang membuat kerusakan menjadi parah adalah retakan yang merupakan tanda rusak atau pecahnya permukaan perkerasan jalan. Hal ini hendak memungkinkan air di permukaan

perkerasan masuk ke lapisan di bawahnya. Retakan dibedakan menjadi berkelok-kelok, garis, balok, kulit buaya, serta parabola berdasarkan bentuknya.

2. Lubang (*Potholes*)

Kerusakan ini memiliki kemampuan guna menampung serta menyerap air dari bahu jalan karena bentuknya yang menyerupai mangkok. Terkadang kerusakan ini dapat muncul di sekitar retakan atau area dengan drainase yang buruk sehingga menyebabkan perkerasan menjadi tergenang air.

3. Alur Bekas Roda (*Rutting*)

Terbentuk di jalur roda yang tegak lurus. Bekas-bekas kendaraan yang disebabkan oleh beban kendaraan yang berlebihan menjadi sumber kerusakan ini.

2.2.6. Penilaian Kondisi Permukaan Jalan

Penilaian kondisi permukaan jalan telah dikembangkan oleh Badan Investigasi Masalah Pertanahan dan Jalan yang saat ini merupakan Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan. Penetapan ini dilandaskan oleh bentuk serta tingkat kerusakan berkendaraan. Retak, lepas, lubang, alur, gelombang, amblesan, dan pecah merupakan beberapa jenis kerusakan yang diperiksa. Persentase permukaan jalan yang terjadi kerusakan relatif pada seluruh panjang jalan yang ditinjau merupakan besarnya kerusakan.

1. Kerusakan Jalan

$$A_r = P_r \times L_r \dots\dots\dots (1)$$

$$A_t = P_t \times L_t \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

A_r = Luas rusak jalan

A_t = Luas total jalan

L_r = Lebar rusak jalan

L_t = Lebar luas total jalan

P_r = Panjang rusak jalan

P_t = Panjang luas total jalan

2. Persentase Kerusakan (%)

$$\%r = \frac{\text{Luas jalan rusak}}{\text{Luas jalan keseluruhan}} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

Dimana:

$\%r$ = Prosentase kerusakan

Nilai persentase kerusakan jalan dihitung dengan membagi banyaknya permukaan jalan yang telah hancur dengan banyaknya seluruh ruas jalan yang sudah diamati.

3. *Surface Distress Index*

Berdasarkan (Bina Marga, 2011), pemeriksaan keadaan jalan dilakukan untuk memperoleh nilai SDI dengan menggunakan empat unsur pendukung yakni persentase luas retak, jumlah lubang tiap kilometer, lebar retak rata-rata, dan intensitas bekas roda rata-

rata. Rincian penilaian dapat ditemukan pada tabel 2.1, 2.2, 2.3, serta 2.4.

Tabel 2. 1 Penilaian Luas Retak

No	Kategori Luas Retak	Nilai SDI ^a
1	Tidak Ada	-
2	< 10%	5
3	10 – 30%	20
4	> 30%	40

Sumber : Bina Marga (2011)

Tabel 2. 2 Penilaian Lebar Retak

No	Kategori Lebar Retak	Nilai SDI ^b
1	Tidak Ada	-
2	Halus < 1 mm	-
3	Sedang 1 mm – 3 mm	-
4	Lebar > 3 mm	Nilai SDI ^a * 2

Sumber : Bina Marga (2011)

Tabel 2. 3 Penilaian Jumlah Lubang

No	Kategori Jumlah Lubang	Nilai SDI ^c
1	Tidak Ada	-
2	< 10/km	Hasil SDI ^b + 15
3	10/km – 50/km	Hasil SDI ^b + 75
4	> 50/km	Hasil SDI ^b + 225

Sumber : Bina Marga (2011)

Tabel 2. 4 Penilaian Alur Bekas Roda

No	Kategori Alur Bekas Roda	Nilai SDI ^c
1	Tidak Ada	-
2	< 1 cm dalam	Hasil SDI ^c + 5 * 0,5
3	1 cm dalam – 3 cm dalam	Hasil SDI ^c + 5 * 2
4	3 cm dalam	Hasil SDI ^b + 225

Sumber : Bina Marga (2011)

2.2.7. Volume Lalu Lintas

Menurut Sukirman (2010), mengatakan volume lalu lintas adalah total mobil yang melintasi suatu titik pengamatan pada jangka waktu tertentu seperti sehari, jam, atau menit. Kategori lalu lintas harian rata-rata diidentifikasi berdasarkan jumlah waktu yang dihabiskan untuk mengamati untuk menghitung nilai lalu lintas harian rata-rata adalah:

1. LHRT (Lalu Lintas Harian Rata-Rata Tahunan), berupa banyaknya lalu lintas per hari didapat dari rata-rata jumlah kendaraan dalam kurun waktu 1 tahun.

$$LHRT = \frac{\text{Jumlah kendaraan selama 1 tahun}}{360} \dots\dots\dots (4)$$

Bagi jalan dua arah tanpa median LHRT ditunjukkan pada kendaraan/hari/2 arah dan jalan dua lajur dengan median ditunjukkan untuk kendaraan/hari/arah.

2. LHR (Lalu Lintas Harian Rata-Rata) atau lalu lintas harian yang banyaknya lalu lintas setiap hari didapatkan atas perolehan rata-rata besaran kendaraan yang diamati.

$$LHR = \frac{\text{Jumlah kendaraan selama pengamatan}}{\text{Jumlah hari pengamatan}} \dots\dots\dots (5)$$

Bagi jalan dua arah tanpa median LHRT ditunjukkan pada kendaraan/hari/2 arah dan jalan dua lajur dengan median ditunjukkan untuk kendaraan/hari/arah.

2.2.8. Karakteristik Arus Lalu Lintas

1. Kategori Kendaraan

Hanya ada lima kategori kendaraan yang digunakan untuk perencanaan geometrik (Bina Marga, 1997).

a. Kendaraan Ringan/Kecil (LV)

Termasuk mobil penumpang, bus kecil, oplet, truk pick-up, serta truk kecil. Merupakan kendaraan bermotor dengan 2 poros, 4 roda, serta jarak poros 2,0 hingga 3,0 meter.

b. Kendaraan Sedang (MHV)

Kendaraan bermotor roda 2 hingga jarak 5,0 m, seperti mikro bus dan truk roda 6 roda dua.

c. Kendaraan Berat/Besar (LB-LT)

1) Bus Besar (LB)

Bus yang mempunyai 2 atau 3 poros pada jarak lima sampai enam meter.

2) Truk Besar (LT)

Menurut klasifikasi Bina Marga, truk 3 gandar serta truk tiga kombinasi dengan jarak gandar (gandar pertama ke kedua) < 3,5 m.

d. Sepeda Motor (MC)

Kendaraan bermotor roda 2 atau 3, seperti sepeda motor serta kendaraan roda 3.

e. Kendaraan Tak Bermotor (UM)

Kendaraan beroda dengan dijalankan manusia atau hewan, misalnya kereta yang ditarik oleh kuda atau sepeda.

2.2.9. Uji Regresi

1. Regresi Sederhana

Analisis regresi konvensional bergantung pada hubungan sebab-akibat atau fungsional antara variabel bebas serta dependen (Nuryadi, Astuti, Utami, & Budiantara, 2017).

Persamaan atas analisis regresi sederhana yakni:

$$Y = a + bX \dots\dots\dots (6)$$

Dimana:

X = Variabel bebas

Y = Variabel terikat

a = Konstanta

b = Koefisien regresi

2. Regresi Berganda

Analisis regresi mengkaji terhadap suatu variabel terikat berbagai variabel bebas guna memperkirakan atau meramalkan rata-rata populasi atau nilai rata-rata variabel terikat dengan menggunakan nilai-nilai variabel bebas yang telah di dapati (Anwar, 2009).

Persamaan atas analisis regresi berganda yakni:

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n \dots\dots\dots (7)$$

Dimana :

Y = Variabel terikat

a = Konstanta

b₁, b₂, b_n = Koefisien regresi

X₁, X₂, X_n = Variabel bebas

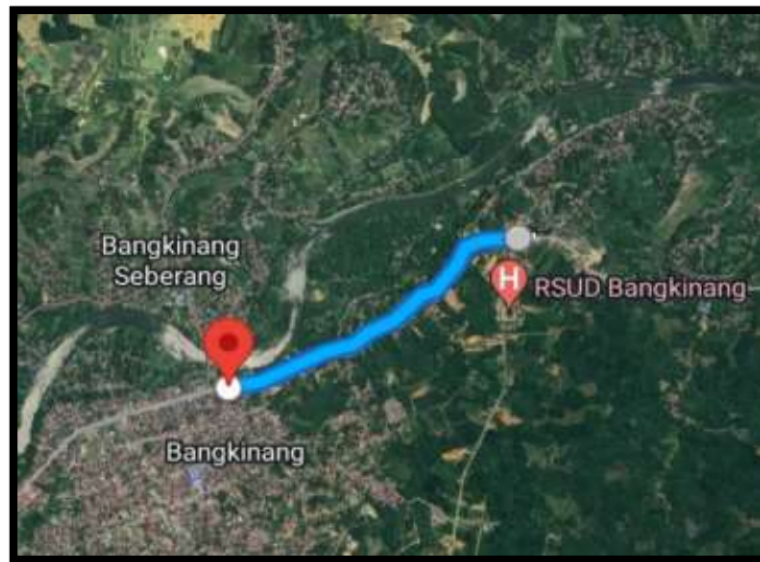
Variabel X yang nilai signifikansinya $\leq 0,05$ menjadi dasar dalam menghitung persamaan regresi baik sederhana maupun berganda andaikan perhitungan sig $\geq 0,05$ maka tidak ada pengaruh antar variabel X atas variabel Y.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Ruas Jalan Jalan Raya Pekanbaru – Bangkinang KM 56 – KM 59 Kabupaten Kampar, Provinsi Riau. Penelitian dilakukan selama seminggu. Data di ambil mulai pukul 07.00 - 09.00 WIB, 12.00 - 14.00 WIB, 16.00 - 18.00 WIB, diakhiri pukul 19.00 - 21.00 WIB.



Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian

Sumber : (Google, 2023)

3.2. Alat Penelitian

Pada penelitian ini instrumen yang diperlukan sebagai berikut:

1. Alat Tulis.
2. Alat Pengolah Data (Laptop).
3. Kalkulator.
4. Alat Pelindung Diri.
5. Meteran.

3.3. Data Yang Diperlukan

3.3.1. Data Primer

Data yang dikumpulkan langsung di lokasi penelitian melalui pengukuran dan observasi. Berikut adalah data primer yang diperlukan:

1. Data Jenis Kerusakan Jalan

Data ini guna menjabarkan perhitungan dari *Surface Distress Index* di ruas Jalan Raya Pekanbaru - Bangkinang KM 56 – KM 59 Kabupaten Kampar.

2. Data Ukuran Kerusakan Jalan

Data ini guna menjabarkan perhitungan dari kerusakan jalan pada ruas Jalan Raya Pekanbaru - Bangkinang KM 56 – KM 59 Kabupaten Kampar.

3. Data Volume Lalu Lintas

Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHRT) ataupun volume harian digunakan guna mengidentifikasi jumlah kendaraan yang melintasi jalan.

3.3.2. Data Sekunder

Sumber data atau informasi tak langsung yang didapatkan melalui pihak ketiga disebut sebagai data sekunder. Data sekunder yang diperlukan adalah:

1. Data Geometrik Jalan

Panjang dan lebar jalan, median jalan, jumlah jalur jalan sampai fasilitas jalan dipakai untuk melihat kondisi penampang melintang daerah penelitian yang di jabarkan melalui data geometrik jalan.

3.4. Variabel Penelitian

Variabel yang dipergunakan di penelitian:

1. Variabel Bebas (*Independent Variable*)

Komposisi lalu lintas seperti Kendaraan Ringan (X_1), Kendaraan Berat (X_2), Sepeda Motor (X_3), Kendaraan Tak Bermotor (X_4) yang akan di uji pada penelitian ini.

2. Variabel Terikat (*Dependent Variable*)

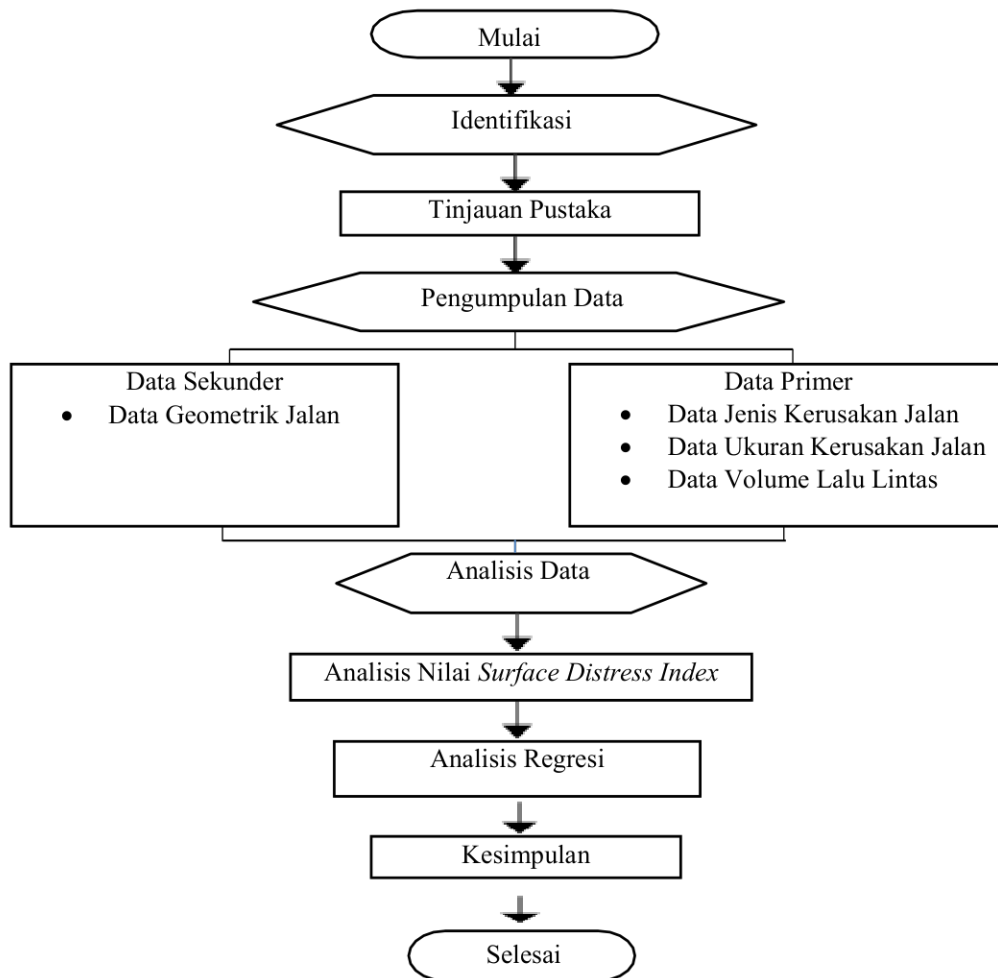
Variabel terikat yang digunakan pada penelitian ini berupa kerusakan perkerasan lentur atau hasil penilaian *Surface Distress Index* (Y).

3.5. Metode Analisis

1. Untuk nilai kerusakan jalan digunakan metode analisis volume kendaraan serta metode *Surface Distress Index*.
2. Untuk hubungan volume kendaraan serta tingkat kerusakan jalan digunakan metode analisis regresi. Selain itu metode analisis regresi ini diperlukan buat melihat apakah volume kendaraan berpengaruh kepada jenis kendaraan terhadap tingkat kerusakan jalan.

3.6. Bagan Alir Penelitian

Prosedur penelitian yang dilaksanakan dapat diperhatikan pada bagan alir penelitian di bawah ini.



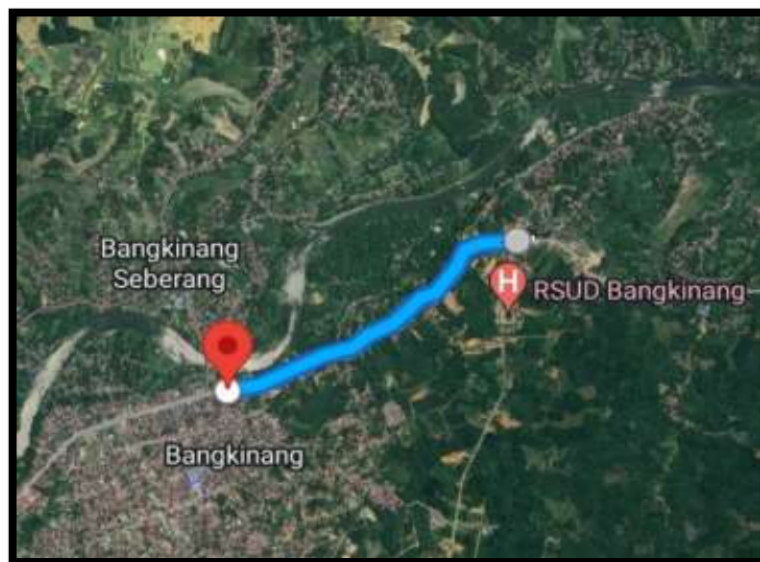
Gambar 3. 2 Bagan Alir Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAAN

4.1. Deskripsi Lokasi Penelitian

Obyek penelitian pada Tugas Akhir ini ada di wilayah Kabupaten Kampar, Provinsi Riau yakni ruas Jalan Raya Pekanbaru – Bangkinang KM 56 – KM 59 Kabupaten Kampar. Penelitian yang dilakukan pada ruas jalan ini dibagi menjadi tiga titik pengamatan yaitu Batu Belah, Kumantan, Bangkinang.



Gambar 4. 1 Lokasi Penelitian

Sumber : (Google, 2023)

4.2. Kondisi Volume Lalu Lintas

Jalur utama masyarakat melakukan perjalanan antar lokasi adalah ruas Jalan Raya Pekanbaru – Bangkinang KM 56 – KM 59 Kabupaten Kampar yaitu merupakan daerah penelitian. Kendaraan yang melintas merupakan kendaraan yang dipergunakan baik untuk angkutan orang maupun barang.

Data volume lalu lintas dikumpulkan melalui survei yang dilaksanakan di setiap lokasi penelitian. Data primer termasuk pada data ini. Data primer pada Jalan Raya Pekanbaru – Bangkinang KM 56 – KM 59 Kabupaten Kampar meliputi data jenis kendaraan dan volume lalu lintas. Pengambilan data dilakukan pada pukul 07.00 - 09.00 WIB, 12.00 - 14.00 WIB, 16.00 - 18.00 WIB, serta diakhiri dengan 19.00 - 21.00 WIB dengan komposisi jenis kendaraan di setiap titik yang di amati.

4.3. Kondisi Kerusakan Jalan

Hasil penelitian di ruas Jalan Raya Pekanbaru - Bangkinang KM 56 – KM 59 Kabupaten Kampar digunakan untuk mengetahui keadaan kerusakan jalan. Meskipun persentase kerusakannya bervariasi, jenis kerusakan yang terjadi pada dasarnya sama. Berikut kerusakan yang ditemukan di jalan yang tersebut:

1. Retak (*cracks*)

Salah satu yang menyebabkan suatu kerusakan jalan adalah retak dan jenis retakan pada ruas Jalan Raya Pekanbaru - Bangkinang KM 56 – KM 59 Kabupaten Kampar yang diteliti hampir sama yaitu retakan kulit buaya. Retakan ini memungkinkan air di permukaan perkerasan masuk ke lapisan di bawahnya.



Gambar 4. 2 Retak

Sumber : Dokumentasi Lapangan

2. Lubang (*Potholes*)

Di ruas Jalan Raya Pekanbaru – Bangkinang KM 56 – KM 59 Kabupaten Kampar dijumpai kerusakan lubang berbentuk seperti mangkuk yang dapat menampung air.



Gambar 4. 3 Lubang

Sumber : Dokumentasi Lapangan

3. Alur Bekas Roda (*Rutting*)

Berbeda dengan kerusakan retak atau lubang kerusakan bekas roda jarang terjadi di ruas Jalan Raya Pekanbaru - Bangkinang KM 56 – KM 59 Kabupaten Kampar. Bekas alur roda disebabkan oleh beban kendaraan yang berlebihan dan menjadi sumber kerusakan ini.



Gambar 4. 4 Alur Bekas Roda

Sumber : Dokumentasi Lapangan

4.4. Analisa Metode *Surface Distress Index (SDI)*

Dengan menggunakan informasi dari survei lapangan yang didapatkan, maka penilaian kondisi kerusakan dapat dilakukan untuk memastikan nilai SDI di beberapa titik yang telah ditentukan sebelumnya. Untuk mendokumentasikan keadaan permukaan aspal jalan yang diamati, gambar hasil dari kamera digital dari kondisi jalan yang diamati diambil sebagai dokumentasi survei. Hasil gambar ini diambil di setiap titik yang diperiksa dan tentunya akan digunakan dalam perhitungan klasifikasi nilai SDI. Berikut adalah contoh gambar titik pengamatan:



Gambar 4. 5 Kondisi Titik Pengamatan Di Batu Belah

Sumber : Dokumentasi Lapangan



Gambar 4. 6 Kondisi Titik Pengamatan Di Kumantan

Sumber : Dokumentasi Lapangan



Gambar 4. 7 Kondisi Titik Pengamatan Di Bangkinang

Sumber : Dokumentasi Lapangan

Berikut ini adalah penilaian *Surface Distress Index* (SDI) di beberapa titik pengamatan:

Tabel 4. 1 Rekapitulasi Ukuran Kerusakan Jalan Pada Titik Pengamatan

Titik Pengamatan	Ruas Jalan	Jenis Kerusakan			
		Luas Retak (m ²)	Lebar Retak (mm)	Jumlah Lubang	Alur Bekas Roda (cm)
Batu Belah	Arah Bangkinang	237,5	9500	6	1
	Arah Pekanbaru	78	6500	5	-
Kumantan	Arah Bangkinang	184	8000	3	2
	Arah Pekanbaru	150	7500	11	-
Bangkinang	Arah Bangkinang	680	17000	13	2
	Arah Pekanbaru	779	19000	12	-

Sumber : Survey Di Lapangan

➤ **PENILAIAN SDI PADA TITIK PENGAMATAN DI BATU BELAH
RUAS JALAN ARAH BANGKINANG**

1. Luas Retak

$$\begin{aligned}\text{Luas Retak} &= \text{Luas Retak} \times 100\% / \text{Luas Jalan} \\ &= 237,5 \times 100\% / 7000 \\ &= 0,03 \%\end{aligned}$$

Bahwasanya luas retak 0,03% di kategorikan dalam penilaian < 10% maka nilai SDI 5.

2. Lebar Retak

Lebar retak 9500 mm di kategorikan dalam penilaian > 3 mm maka nilai SDI^a x 2 = 5 x 2 = 10.

3. Jumlah Lubang

Dikarenakan jumlah lubang 6 pada 1000 m sehingga :

$$\begin{aligned}\text{Jumlah lubang/Km} &= \text{Jumlah Lubang} \times 1000 \text{ m} / 1000 \\ &= 6 \times 1000/1000 \\ &= 6 \text{ Lubang/Km}\end{aligned}$$

Dikarenakan jumlah lubangnya 6 per kilometer maka nilai SDI = Nilai SDI b + 15 = 10 + 15 = 25.

4. Alur Bekas Roda

Dikarenakan bekas roda 1-3 cm dalam maka nilai SDI = Nilai SDI c + 5 x 2 = 25 + 10 = 35.

➤ **PENILAIAN SDI PADA TITIK PENGAMATAN DI BATU BELAH
RUAS JALAN ARAH PEKANBARU**

1. Luas Retak

$$\begin{aligned}\text{Luas Retak} &= \text{Luas Retak} \times 100\% / \text{Luas Jalan} \\ &= 78 \times 100\% / 7000 \\ &= 0,01\%\end{aligned}$$

Bahwasanya luas retak 0,01% di kategorikan dalam penilaian < 10% maka nilai SDI 5.

2. Lebar Retak

Lebar retak 6500 mm di kategorikan dalam penilaian > 3 mm maka nilai SDI^a x 2 = 5 x 2 = 10.

3. Jumlah Lubang

Dikarenakan jumlah lubang 5 pada 1000 m sehingga :

$$\begin{aligned}\text{Jumlah lubang/Km} &= \text{Jumlah Lubang} \times 1000 \text{ m} / 1000 \\ &= 5 \times 1000/1000 \\ &= 5 \text{ Lubang/Km}\end{aligned}$$

Dikarenakan jumlah lubangnya 5 per kilometer maka nilai SDI = Nilai SDI b + 15 = 10 + 15 = 25.

4. Alur Bekas Roda

Penilaian tidak ada dikarenakan pada bekas roda tidak ada maka nilai SDI tetap 25.

➤ **PENILAIAN SDI PADA TITIK PENGAMATAN DI KUMANTAN
RUAS JALAN ARAH BANGKINANG**

1. Luas Retak

$$\begin{aligned}\text{Luas Retak} &= \text{Luas Retak} \times 100\% / \text{Luas Jalan} \\ &= 184 \times 100\% / 7000 \\ &= 0,02 \%\end{aligned}$$

Bahwasanya luas retak 0,02% di kategorikan dalam penilaian < 10% maka nilai SDI 5.

2. Lebar Retak

Lebar retak 8000 mm di kategorikan dalam penilaian > 3 mm maka nilai SDI^a x 2 = 5 x 2 = 10.

3. Jumlah Lubang

Dikarenakan jumlah lubang 3 pada 1000 m sehingga :

$$\begin{aligned}\text{Jumlah lubang/Km} &= \text{Jumlah Lubang} \times 1000 \text{ m} / 1000 \\ &= 3 \times 1000/1000 \\ &= 3 \text{ Lubang/Km}\end{aligned}$$

Dikarenakan jumlah lubangnya 3 per kilometer maka nilai SDI = Nilai SDI b + 15 = 10 + 15 = 25.

4. Alur Bekas Roda

Dikarenakan bekas roda 1-3 cm dalam maka nilai SDI = Nilai SDI c + 5 x 2 = 25 + 10 = 35.

➤ **PENILAIAN SDI PADA TITIK PENGAMATAN DI KUMANTAN
RUAS JALAN ARAH PEKANBARU**

1. Luas Retak

$$\begin{aligned}\text{Luas Retak} &= \text{Luas Retak} \times 100\% / \text{Luas Jalan} \\ &= 150 \times 100\% / 7000 \\ &= 0,02\%\end{aligned}$$

Bahwasanya luas retak 0,02% di kategorikan dalam penilaian < 10% maka nilai SDI 5.

2. Lebar Retak

Lebar retak 7500 mm di kategorikan dalam penilaian > 3 mm maka nilai SDI^a x 2 = 5 x 2 = 10.

3. Jumlah Lubang

Dikarenakan jumlah lubang 11 pada 1000 m sehingga :

$$\begin{aligned}\text{Jumlah lubang/Km} &= \text{Jumlah Lubang} \times 1000 \text{ m} / 1000 \\ &= 11 \times 1000/1000 \\ &= 11 \text{ Lubang/Km}\end{aligned}$$

Dikarenakan jumlah lubangnya 5 per kilometer maka nilai SDI = Nilai SDI b + 75 + 10 = 85.

4. Alur Bekas Roda

Penilaian tidak ada dikarenakan pada bekas roda tidak ada maka nilai SDI tetap 85.

➤ **PENILAIAN SDI PADA TITIK PENGAMATAN DI BANGKINANG**
RUAS JALAN ARAH BANGKINANG

1. Luas Retak

$$\begin{aligned} \text{Luas Retak} &= \text{Luas Retak} \times 100\% / \text{Luas Jalan} \\ &= 680 \times 100\% / 7000 \\ &= 0,09\% \end{aligned}$$

Bahwasanya luas retak 0,09% di kategorikan dalam penilaian < 10% maka nilai SDI 5.

2. Lebar Retak

Lebar retak 17000 mm di kategorikan dalam penilaian > 3 mm maka nilai SDI^a x 2 = 5 x 2 = 10.

3. Jumlah Lubang

Dikarenakan jumlah lubang 13 pada 1000 m sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah lubang/Km} &= \text{Jumlah Lubang} \times 1000 \text{ m} / 1000 \\ &= 13 \times 1000/1000 \\ &= 13 \text{ Lubang/Km} \end{aligned}$$

Dikarenakan jumlah lubangnya 13 per kilometer maka nilai SDI = Nilai SDI b + 75 + 10 = 85.

4. Alur Bekas Roda

Dikarenakan bekas roda 1-3 cm dalam maka nilai SDI = Nilai SDI c + 5 x 2 + 85 = 95.

➤ **PENILAIAN SDI PADA TITIK PENGAMATAN DI BANGKINANG
RUAS JALAN ARAH PEKANBARU**

1. Luas Retak

$$\begin{aligned}\text{Luas Retak} &= \text{Luas Retak} \times 100\% / \text{Luas Jalan} \\ &= 779 \times 100\% / 7000 \\ &= 0,11\%\end{aligned}$$

Bahwasanya luas retak 0,11% di kategorikan dalam penilaian > 10% maka nilai SDI 20.

2. Lebar Retak

Lebar retak 19000 mm di kategorikan dalam penilaian > 3 mm maka nilai SDI^a x 2 = 20 x 2 = 40.

3. Jumlah Lubang

Dikarenakan jumlah lubang 12 pada 1000 m sehingga :

$$\begin{aligned}\text{Jumlah lubang/Km} &= \text{Jumlah Lubang} \times 1000 \text{ m} / 1000 \\ &= 12 \times 1000/1000 \\ &= 12 \text{ Lubang/Km}\end{aligned}$$

Dikarenakan jumlah lubangnya 12 per kilometer maka nilai SDI = Nilai SDI b + 75 + 40 = 115.

4. Alur Bekas Roda

Penilaian tidak ada dikarenakan pada bekas roda tidak ada maka nilai SDI tetap 115.

Berikut adalah hasil analisa penilaian *Surface Distress Index* (SDI) di beberapa titik pengamatan:

Tabel 4. 2 Penilaian SDI Pada Titik Batu Belah Ruas Jalan Arah Bangkinang

No	Jenis Kerusakan	Kategori	Rumus	Nilai
1	Luas Retak	< 10 %	-	5
2	Lebar Retak	Lebar >3 mm	Nilai SDI ^a * 2	10
3	Jumlah Lubang	<10/km	Hasil SDI ^b + 15	25
4	Alur Bekas Roda	1-3 cm dalam	Hasil SDI ^c + 5 x 2	35
Nilai SDI				35

Sumber : Hasil Analisa

Tabel 4. 3 Penilaian SDI Pada Titik Batu Belah Ruas Jalan Arah Pekanbaru

No	Jenis Kerusakan	Kategori	Rumus	Nilai
1	Luas Retak	< 10 %	-	5
2	Lebar Retak	Lebar >3 mm	Nilai SDI ^a * 2	10
3	Jumlah Lubang	<10/km	Hasil SDI ^b + 15	25
4	Alur Bekas Roda	Tidak Ada	Tidak Ada	25
Nilai SDI				25

Sumber : Hasil Analisa

Tabel 4. 4 Penilaian SDI Pada Titik Kumantan Ruas Jalan Arah Bangkinang

No	Jenis Kerusakan	Kategori	Rumus	Nilai
1	Luas Retak	< 10 %	-	5
2	Lebar Retak	Lebar >3 mm	Nilai SDI ^a * 2	10
3	Jumlah Lubang	<10/km	Hasil SDI ^b + 15	25
4	Alur Bekas Roda	1-3 cm dalam	Hasil SDI ^c + 5 x 2	35
Nilai SDI				35

Sumber : Hasil Analisa

Tabel 4. 5 Penilaian SDI Pada Titik Kumantan Ruas Jalan Arah Pekanbaru

No	Jenis Kerusakan	Kategori	Rumus	Nilai
1	Luas Retak	< 10 %	-	5
2	Lebar Retak	Lebar >3 mm	Nilai SDI ^a * 2	10
3	Jumlah Lubang	10/km - 50/km	Hasil SDI ^b + 75	85
4	Alur Bekas Roda	Tidak Ada	Tidak Ada	85
Nilai SDI				85

Sumber : Hasil Analisa

Tabel 4. 6 Penilaian SDI Pada Titik Bangkinang Ruas Jalan Arah Bangkinang

No	Jenis Kerusakan	Kategori	Rumus	Nilai
1	Luas Retak	< 10 %	-	5
2	Lebar Retak	Lebar >3 mm	Nilai SDI ^a * 2	10
3	Jumlah Lubang	10/km - 50/km	Hasil SDI ^b + 75	85
4	Alur Bekas Roda	1-3 cm dalam	Hasil SDI ^c + 5 x 2	95
Nilai SDI				95

Sumber : Hasil Analisa

Tabel 4. 7 Penilaian SDI Pada Titik Bangkinang Ruas Jalan Arah Pekanbaru

No	Jenis Kerusakan	Kategori	Rumus	Nilai
1	Luas Retak	1-30 %	-	20
2	Lebar Retak	Lebar >3 mm	Nilai SDI ^a * 2	40
3	Jumlah Lubang	10/km - 50/km	Hasil SDI ^b + 75	115
4	Alur Bekas Roda	Tidak Ada	Tidak Ada	115
Nilai SDI				115

Sumber : Hasil Analisa

4.5. Volume Lalu Lintas

Kendaraan yang melintas adalah kendaraan yang dipergunakan baik angkutan orang maupun barang. Data volume lalu lintas yang dikumpulkan

yaitu data survei. Rata-rata lalu lintas harian di titik pengamatan wilayah penelitian Kabupaten Kampar dihitung dengan menggunakan data tersebut.

Berikut ini adalah volume lalu lintas harian di berbagai titik pengamatan dihitung sebagai berikut:

Tabel 4. 8 Rekapitulasi Total Volume Kendaraan Selama Pengamatan

Titik Pengamatan	Hari	Jenis Kendaraan							
		Ruas Jalan Arah Bangkinang				Ruas Jalan Arah Pekanbaru			
		LV	LB-LT	MC	UM	LV	LB-LT	MC	UM
Batu Belah	Senin	2930	244	4305	15	3055	268	4220	6
	Selasa	2384	246	4070	8	2689	233	4021	9
	Rabu	2130	249	3642	11	2291	167	3467	6
	Kamis	2336	250	3792	6	2246	184	3822	5
	Jumat	3805	258	5747	16	3251	255	4964	7
	Sabtu	3600	270	6409	7	3761	286	6001	17
	Minggu	4138	289	6422	6	4173	288	6566	15
Kumantan	Senin	3043	251	4528	12	3388	275	4468	7
	Selasa	2580	219	4239	9	2901	233	4155	9
	Rabu	2347	207	3903	10	2526	158	3590	11
	Kamis	2594	219	3981	7	2563	180	3970	13
	Jumat	4028	252	6104	21	3625	253	5193	8
	Sabtu	4058	253	6653	17	4116	279	6356	24
	Minggu	4402	261	6773	14	4478	278	6865	16
Bangkinang	Senin	3349	260	4832	15	3715	284	4782	13
	Selasa	3075	208	4618	14	3213	242	4371	12
	Rabu	2765	219	3928	11	2786	196	3929	10
	Kamis	2594	221	3981	9	2563	180	3970	11
	Jumat	4449	253	5749	15	4140	243	5398	11
	Sabtu	4503	242	7070	17	4474	271	6634	16
	Minggu	4774	270	6967	19	4719	276	7229	17

Sumber : Survey Di Lapangan

➤ **PERHITUNGAN VOLUME LHR PADA TITIK PENGAMATAN DI BATU BELAH RUAS JALAN ARAH BANGKINANG**

1. Kendaraan Ringan

$$LHR = \frac{\text{Jumlah kendaraan selama pengamatan}}{\text{Jumlah hari pengamatan}}$$

$$LHR = \frac{2930 + 2384 + 2130 + 2336 + 3805 + 3600 + 4138}{7}$$

$$= \frac{21323}{7} = 3046 \text{ (Kend/hari)}$$

2. Kendaraan Berat

$$LHR = \frac{\text{Jumlah kendaraan selama pengamatan}}{\text{Jumlah hari pengamatan}}$$

$$LHR = \frac{244 + 246 + 249 + 250 + 258 + 270 + 289}{7}$$

$$= \frac{1806}{7} = 258 \text{ (Kend/hari)}$$

3. Sepeda Motor

$$LHR = \frac{\text{Jumlah kendaraan selama pengamatan}}{\text{Jumlah hari pengamatan}}$$

$$LHR = \frac{4305 + 4070 + 3642 + 3792 + 5747 + 6409 + 6422}{7}$$

$$= \frac{34387}{7} = 4912 \text{ (Kend/hari)}$$

4. Kendaraan Tak Bermotor

$$LHR = \frac{\text{Jumlah kendaraan selama pengamatan}}{\text{Jumlah hari pengamatan}}$$

$$LHR = \frac{15+8+11+6+16+7+6}{7}$$

$$= \frac{79}{7} = 11 \text{ (Kend/hari)}$$

➤ **PERHITUNGAN VOLUME LHR PADA TITIK PENGAMATAN DI BATU BELAH RUAS JALAN ARAH PEKANBARU**

1. Kendaraan Ringan

$$LHR = \frac{\text{Jumlah kendaraan selama pengamatan}}{\text{Jumlah hari pengamatan}}$$

$$LHR = \frac{3055 + 2689 + 2291 + 2246 + 3251 + 3761 + 4173}{7}$$

$$= \frac{21466}{7} = 3066 \text{ (Kend/hari)}$$

2. Kendaraan Berat

$$LHR = \frac{\text{Jumlah kendaraan selama pengamatan}}{\text{Jumlah hari pengamatan}}$$

$$LHR = \frac{268 + 233 + 167 + 184 + 255 + 286 + 288}{7}$$

$$= \frac{1681}{7} = 240 \text{ (Kend/hari)}$$

3. Sepeda Motor

$$LHR = \frac{\text{Jumlah kendaraan selama pengamatan}}{\text{Jumlah hari pengamatan}}$$

$$\begin{aligned} LHR &= \frac{4220 + 4021 + 3467 + 3822 + 4964 + 6001 + 6566}{7} \\ &= \frac{33061}{7} = 4723 \text{ (Kend/hari)} \end{aligned}$$

4. Kendaraan Tak Bermotor

$$LHR = \frac{\text{Jumlah kendaraan selama pengamatan}}{\text{Jumlah hari pengamatan}}$$

$$\begin{aligned} LHR &= \frac{6 + 9 + 6 + 5 + 7 + 17 + 15}{7} \\ &= \frac{65}{7} = 9 \text{ (Kend/hari)} \end{aligned}$$

➤ PERHITUNGAN VOLUME LHR PADA TITIK PENGAMATAN DI KUMANTAN RUAS JALAN ARAH BANGKINANG

1. Kendaraan Ringan

$$LHR = \frac{\text{Jumlah kendaraan selama pengamatan}}{\text{Jumlah hari pengamatan}}$$

$$\begin{aligned} LHR &= \frac{3043 + 2580 + 2347 + 2594 + 4028 + 4058 + 4402}{7} \\ &= \frac{23052}{7} = 3293 \text{ (Kend/hari)} \end{aligned}$$

2. Kendaraan Berat

$$LHR = \frac{\text{Jumlah kendaraan selama pengamatan}}{\text{Jumlah hari pengamatan}}$$

$$LHR = \frac{251 + 219 + 207 + 219 + 252 + 253 + 261}{7}$$

$$= \frac{1662}{7} = 237 \text{ (Kend/hari)}$$

3. Sepeda Motor

$$LHR = \frac{\text{Jumlah kendaraan selama pengamatan}}{\text{Jumlah hari pengamatan}}$$

$$LHR = \frac{4528 + 4239 + 3903 + 3981 + 6104 + 6653 + 6773}{7}$$

$$= \frac{36081}{7} = 5154 \text{ (Kend/hari)}$$

4. Kendaraan Tak Bermotor

$$LHR = \frac{\text{Jumlah kendaraan selama pengamatan}}{\text{Jumlah hari pengamatan}}$$

$$LHR = \frac{12 + 9 + 10 + 7 + 21 + 17 + 14}{7}$$

$$= \frac{90}{7} = 13 \text{ (Kend/hari)}$$

➤ **PERHITUNGAN VOLUME LHR PADA TITIK PENGAMATAN DI KUMANTAN RUAS JALAN ARAH PEKANBARU**

1. Kendaraan Ringan

$$LHR = \frac{\text{Jumlah kendaraan selama pengamatan}}{\text{Jumlah hari pengamatan}}$$

$$\begin{aligned} LHR &= \frac{3388 + 2901 + 2526 + 2563 + 3625 + 4116 + 4478}{7} \\ &= \frac{23597}{7} = 3371 \text{ (Kend/hari)} \end{aligned}$$

2. Kendaraan Berat

$$LHR = \frac{\text{Jumlah kendaraan selama pengamatan}}{\text{Jumlah hari pengamatan}}$$

$$\begin{aligned} LHR &= \frac{275 + 233 + 158 + 180 + 253 + 279 + 278}{7} \\ &= \frac{1656}{7} = 236 \text{ (Kend/hari)} \end{aligned}$$

3. Sepeda Motor

$$LHR = \frac{\text{Jumlah kendaraan selama pengamatan}}{\text{Jumlah hari pengamatan}}$$

$$\begin{aligned} LHR &= \frac{4468 + 4155 + 3590 + 3970 + 5193 + 6356 + 6865}{7} \\ &= \frac{34597}{7} = 4942 \text{ (Kend/hari)} \end{aligned}$$

4. Kendaraan Tak Bermotor

$$LHR = \frac{\text{Jumlah kendaraan selama pengamatan}}{\text{Jumlah hari pengamatan}}$$

$$LHR = \frac{7+9+11+13+8+24+16}{7}$$

$$= \frac{88}{7} = 12 \text{ (Kend/hari)}$$

➤ PERHITUNGAN VOLUME LHR PADA TITIK PENGAMATAN DI BANGKINANG RUAS JALAN ARAH BANGKINANG

1. Kendaraan Ringan

$$LHR = \frac{\text{Jumlah kendaraan selama pengamatan}}{\text{Jumlah hari pengamatan}}$$

$$LHR = \frac{3349 + 3075 + 2765 + 2594 + 4449 + 4503 + 4774}{7}$$

$$= \frac{25509}{7} = 3644 \text{ (Kend/hari)}$$

2. Kendaraan Berat

$$LHR = \frac{\text{Jumlah kendaraan selama pengamatan}}{\text{Jumlah hari pengamatan}}$$

$$LHR = \frac{260 + 208 + 219 + 221 + 253 + 242 + 270}{7}$$

$$= \frac{1673}{7} = 239 \text{ (Kend/hari)}$$

3. Sepeda Motor

$$LHR = \frac{\text{Jumlah kendaraan selama pengamatan}}{\text{Jumlah hari pengamatan}}$$

$$\begin{aligned} LHR &= \frac{4832 + 4618 + 3928 + 3981 + 5749 + 7070 + 6967}{7} \\ &= \frac{37145}{7} = 5306 \text{ (Kend/hari)} \end{aligned}$$

4. Kendaraan Tak Bermotor

$$LHR = \frac{\text{Jumlah kendaraan selama pengamatan}}{\text{Jumlah hari pengamatan}}$$

$$\begin{aligned} LHR &= \frac{15 + 14 + 11 + 9 + 15 + 17 + 19}{7} \\ &= \frac{100}{7} = 14 \text{ (Kend/hari)} \end{aligned}$$

➤ PERHITUNGAN VOLUME LHR PADA TITIK PENGAMATAN DI BANGKINANG RUAS JALAN ARAH PEKANBARU

1. Kendaraan Ringan

$$LHR = \frac{\text{Jumlah kendaraan selama pengamatan}}{\text{Jumlah hari pengamatan}}$$

$$\begin{aligned} LHR &= \frac{3715 + 3213 + 2786 + 2563 + 4140 + 4474 + 4719}{7} \\ &= \frac{25610}{7} = 3658 \text{ (Kend/hari)} \end{aligned}$$

2. Kendaraan Berat

$$LHR = \frac{\text{Jumlah kendaraan selama pengamatan}}{\text{Jumlah hari pengamatan}}$$

$$LHR = \frac{284 + 242 + 196 + 180 + 243 + 271 + 276}{7}$$

$$= \frac{1692}{7} = 241 \text{ (Kend/hari)}$$

3. Sepeda Motor

$$LHR = \frac{\text{Jumlah kendaraan selama pengamatan}}{\text{Jumlah hari pengamatan}}$$

$$LHR = \frac{4782 + 4371 + 3929 + 3970 + 5398 + 6634 + 7229}{7}$$

$$= \frac{36313}{7} = 5187 \text{ (Kend/hari)}$$

4. Kendaraan Tak Bermotor

$$LHR = \frac{\text{Jumlah kendaraan selama pengamatan}}{\text{Jumlah hari pengamatan}}$$

$$LHR = \frac{13 + 12 + 10 + 11 + 11 + 16 + 17}{7}$$

$$= \frac{90}{7} = 13 \text{ (Kend/hari)}$$

Berikut adalah hasil analisa volume lalu lintas di satuan kendaraan/hari bisa diperhatikan dibawah ini:

Tabel 4. 9 Volume Lalu Lintas (Kend/Hari)

No	Titik Pengamatan	Ruas jalan	Kendaraan Ringan (LV)	Kendaraan Berat (LB-LT)	Sepeda Motor (MC)	Kendaraan Tak Bermotor (UM)
1	Batu Belah	Arah Bangkinang	3046	258	4912	11
		Arah Pekanbaru	3066	240	4723	9
2	Kumantan	Arah Bangkinang	3293	237	5154	13
		Arah Pekanbaru	3371	236	4942	12
3	Bangkinang	Arah Bangkinang	3644	239	5306	14
		Arah Pekanbaru	3658	241	5187	13

Sumber : Hasil Analisa

4.6. Pengaruh Dan Hubungan Volume Kendaraan Terhadap Nilai Kerusakan Jalan.

Regresi berganda nonlinier dilakukan untuk menganalisis temuan penelitian mengenai volume kendaraan dan nilai kerusakan jalan. Variabel yang di pakai adalah kategori kendaraan yang diklasifikasikan di antaranya kendaraan ringan, kendaraan berat, sepeda motor, kendaraan tak bermotor (variabel X_1 , X_2 , X_3 , X_4) serta nilai kerusakan jalan (variable Y). Analisis dilaksanakan mempergunakan aplikasi SPSS. Tabel 4.10 menyajikan rekapitulasi nilai X_1 , X_2 , X_3 , X_4 serta Y .

Tabel 4. 10 Rekapitulasi Variabel X_1 , X_2 , X_3 , X_4 , dan Y

No	Titik Pengamatan	Ruas Jalan	Nilai Kerusakan /SDI (Y)	Kendaraan Ringan (X_1)	Kendaraan Berat (X_2)	Sepeda Motor (X_3)	Kendaraan Tak Bermotor (X_4)
1	Batu Belah	Arah Bangkinang	35	3046	258	4912	11
		Arah Pekanbaru	25	3066	240	4723	9
2	Kumantan	Arah Bangkinang	35	3293	237	5154	13
		Arah Pekanbaru	85	3371	236	4942	12
3	Bangkinang	Arah Bangkinang	95	3644	239	5306	14
		Arah Pekanbaru	115	3658	241	5187	13

Sumber : Hasil Analisa

Analisis regresi berganda menjelaskan bahwasanya variabel X_1 , X_2 , X_3 , X_4 berpengaruh pada variabel Y . Besarnya koefisien korelasi menjelaskan bahwasanya variabel X_1 , X_2 , X_3 , X_4 memberi pengaruh yang lebih besar kepada Y . Temuan regresi yang dihitung dengan SPSS masing-masing disajikan di Tabel 4.11, 4.12, serta 4.13.

Tabel 4. 11 Model Summary

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	1.000 ^a	1.000	.999	1.459

a. Predictors: (Constant), Kendaraan Tak Bermotor, Kendaraan Berat, Kendaraan Ringan, Sepeda Motor

Tabel 4. 12 Anova

ANOVA ^a						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	7197.870	4	1799.468	844.856	.026 ^b
	Residual	2.130	1	2.130		
	Total	7200.000	5			

a. Dependent Variable: Nilai Kerusakan / SDI

b. Predictors: (Constant), Kendaraan Tak Bermotor, Kendaraan Berat, Kendaraan Ringan, Sepeda Motor

Tabel di atas menyajikan nilai F hitung senilai 844.856. Selanjutnya F hitung dibandingkan pada F tabel α 0,05 yang mempunyai derajat kebebasan 225 serta derajat pembilang 4 serta derajat penyebut 1. F hitung > F tabel, berarti menjelaskan bahwasanya signifikan. Berdasarkan hasil observasi probabilitas (Sig) < tingkat signifikansi yang sudah ditentukan (0,026 < 0,05), bisa disimpulkan validitas model persamaan $Y = a X_1 + b X_2 + C$.

Tabel 4. 13 Coefficients

Coefficients ^a						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-18.187	50.021		-.364	.778
	Kendaraan Ringan	.224	.005	1.581	42.016	.015
	Kendaraan Berat	1.472	.098	.316	14.961	.042
	Sepeda Motor	-.243	.014	-1.381	-17.360	.037
	Kendaraan Tak Bermotor	16.922	1.582	.798	10.695	.059

a. Dependent Variable: Nilai Kerusakan / SDI

Tabel diatas menjelaskan kondisi variabel X_1 , X_2 , X_3 serta X_4 di dapatkan pada persamaan t hitung atas X_1 yaitu 42,016 dengan prob. (Sig) $0,015 < 0,05$ pengaruh X_1 signifikan. t hitung atas X_2 yaitu 14,961 pada

prob. (Sig) $0,042 < 0,05$, pengaruh X_2 signifikan. t hitung untuk X_3 yaitu -17,360 dengan prob. (Sig) $0,037 < 0,05$, pengaruh X_3 signifikan. t hitung atas X_4 ialah 10,695 dengan prob. (Sig) $0,059 < 0,05$, pengaruh X_4 tidak signifikan dimana didapat persamaan berikut:

$$Y = 0,015 X_1 + 0,042 X_2 + 0,037 X_3 + 0,059 X_4 + (-18,187)$$

$$R^2 = 1,000 = 100\%$$

Nilai $R^2 = 1,000$, hal ini menjelaskan bahwasanya kemampuan model atas menjelaskan variasi variabel terikat senilai 100%, dimana berarti 100% kerusakan perkerasan dipengaruhi variabel X. Hubungannya antara variabel X serta Y yakni $Y = 0,015 X_1 + 0,042 X_2 + 0,037 X_3 + 0,059 X_4 + (-18,187)$.

Tabel tersebut juga bisa melihat variabel yang dimasukkan atau di keluarkan di persamaan. Dengan metode *enter* ternyata bisa dideteksi bahwasanya variabel kendaraan ringan (X_1) bahwasanya t sig $0,015 < 0,05$ serta variabel kendaraan berat (X_2) dimana t sig $0,042 < 0,05$ dan variabel sepeda motor (X_3) dimana t sig $0,037 < 0,05$ memberi pengaruh yang nyata pada nilai kerusakan jalan serta kendaraan tak bermotor (X_4) ternyata tak memberi pengaruh yang nyata pada nilai kerusakan jalan.

Adapun temuan atas penerapan analisis regresi linier memberikan wawasan tentang sejauh mana variabel X mempengaruhi variabel Y. Naiknya koefisien korelasi, maka naik juga pengaruh variabel X terhadap variabel Y.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berlandaskan hasil penelitian dan pembahasan, peneliti mengambil kesimpulan:

1. Terdapat pengaruh variabel kendaraan ringan (X1), kendaraan berat (X2) serta sepeda motor (X3) memberi pengaruh yang nyata terhadap nilai kerusakan jalan serta kendaraan tak bermotor (X4) ternyata tidak memberi pengaruh yang nyata pada nilai kerusakan jalan.
2. Terdapat hubungan volume jenis kendaraan dan nilai kerusakan jalan. Dimana hasil $R^2 = 1,000$ bahwasanya hasil persamaan antar kendaraan ringan (X1), kendaraan berat (X2), sepeda motor (X3), kendaraan tak bermotor (X4) serta nilai kerusakan jalan (Y) yaitu $Y = 0,015 X_1 + 0,042 X_2 + 0,037 X_3 + 0,059 X_4 + (-18,187)$.

5.2. Saran

Berlandaskan hasil penelitian dan pembahasan, peneliti memberi saran:

1. Perawatan secara berkala sangat diperlukan guna menurunkan tingkat kerusakan jalan yang terjadi dikarenakan naiknya volume kendaraan maka naik pula tingkat kerusakan yang terjadi.
2. Volume kendaraan dan umur jalan bukan satu-satunya faktor yang mempengaruhi nilai kerusakan jalan. Penelitian di masa depan

diharapkan dapat memperluas korelasi antara nilai kerusakan dan variabel lain, seperti jumlah mobil yang melaju di sepanjang jalan.

3. Penambahan data dan faktor-faktor lain yang mempengaruhi tingkat kerusakan jalan, dapat digunakan untuk melanjutkan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adeswastoto, H. (2021). Tinjauan Tingkat Kerusakan Jalan Lingkungan Di Kecamatan Bangkinang Kota Menggunakan Metode Bina Marga. *Jurnal ArTSip*, 04(01), 9–18. Retrieved from <https://journal.universitaspahlawan.ac.id/index.php/artsip/article/view/10100>
- Anwar, A. (2009). *Statistika Untuk Penelitian Pendidikan* (Vol. 53). Kediri: IAIT Press.
- Bina Marga, D. (1997). *Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga.
- Bina Marga, D. (2011). *Survei Kondisi Jalan Untuk Pemeliharaan Rutin*. Jakarta: Kementian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga.
- Da Cunha, V. C. P. (2022). Pengaruh Volume Kendaraan Terhadap Tingkat Kerusakan Jalan Pada Perkerasan Lentur. *CRANE: Civil Engineering Research Journal*, 3(1), 29–35. https://doi.org/https://www.google.com/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0CAIQw7AJahcKEwiA09uotNH_AhUAAAAAHQAAAAAQAg&url=https%3A%2F%2Flibrary.unikom.ac.id%2F1250%2F&psig=AOvVaw1IOGIHLv8Nz2YF133fwlhL&ust=1687335372875008&opi=89978449
- Faisal, A. (2022). Pengaruh Volume Kendaraan Terhadap Tingkat Kerusakan Jalan Pada Perkerasan Lentur Di Kabupaten Kuantan Singingi. *CRANE: Civil Engineering Research Journal*, 3(1), 1–8. https://doi.org/https://www.google.com/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0CAIQw7AJahcKEwiA09uotNH_AhUAAAAAHQAAAAAQBg&url=https%3A%2F%2Fwww.neliti.com%2Fpublications%2F446825%2Fpengaruh-volume-kendaraan-terhadap-tingkat-kerusakan-jalan-pada-perker
- Google, M. (2023). Ruas Jalan Raya Pekanbaru - Bangkinang KM 57 – KM 60 Kabupaten Kampar, Provinsi Riau. Retrieved April 19, 2023, from <https://www.google.com/maps/>

- Khaerat Nur. (2020). *Perancangan Perkerasan Jalan* (Vol. 5). Medan: Yayasan Kita Menulis.
- Nain Dhaniarti, R. (2022). *Dasar perencanaan geometrik jalan raya*. Jember: Cerdas Ulet Kreatif.
- Nanda, S. A., & Zidan, D. N. (2021). Pengaruh Jumlah Kendaraan Terhadap Kerusakan Jalan Aspal Kelas II. *Jurnal Teknologi Terapan and Sains*, 3(2), 42–61.
https://doi.org/https://www.google.com/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0CAIQw7AJahcKEwiQn8nxtH_A
- Nuryadi, Astuti, T. D., Utami, E. S., & Budiantara, M. (2017). *Dasar - Dasar Statistik Penelitian*. Yogyakarta: Gramasurya.
- Sukirman. (2010). *Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur* (Vol. 53). Bandung: Nova.
- Undang Undang No 38, 2004. (2004). *Undang-Undang Replubik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004* (Vol. 30, pp. 1–21). Vol. 30, pp. 1–21. Metallurgical and Materials Transactions A.
<https://doi.org/http://eprints.uanl.mx/5481/1/1020149995.PDF>
- Utami, N. S. A. (2021). *Analisis Pengaruh Volume Kendaraan Terhadap Tingkat Kerusakan Jalan Pada Perkerasan Lentur (Studi Kasus : Jalan Raya Sudamanik, Kab. Bogor)* (Universitas Mercu Buana, Jakarta; Vol. 3). Universitas Mercu Buana, Jakarta. <https://doi.org/10.34010/crane.v3i1.7137>
- Widayanti, N. L. P. A. V. (2022). Pengaruh Volume Kendaraan Terhadap Tingkat Kerusakan Jalan Pada Perkerasan Lentur. *CRANE: Civil Engineering Research Journal*, 3(1), 109–115.
https://doi.org/https://www.google.com/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0CAIQw7AJahcKEwiAztm8t9H_AhUAAAQHQAQAg&url=http%3A%2F%2Fjournal.unmasmataram.ac.id%2Findex.php%2FSOSINTEK%2Farticle%2Fdownload%2F296%2F268&psig=AOvVaw195QpDQn8T5GHyEToFF