

**EVALUASI KONDISI PERMUKAAN JALAN ANGKUT
TERHADAP *TIRE DAMAGE* PADA OPERASIONAL
PT SINAR TERANG MANDIRI TBK**

SKRIPSI



**Oleh
RIDWAN ZAID KURNIAWAN
NIM: 112210001**

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL DAN ENERGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
YOGYAKARTA
2026**

**EVALUASI KONDISI PERMUKAAN JALAN ANGKUT
TERHADAP *TIRE DAMAGE* PADA OPERASIONAL
PT SINAR TERANG MANDIRI TBK**

SKRIPSI



**Oleh
RIDWAN ZAID KURNIAWAN
NIM: 112210001**

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL DAN ENERGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN”
YOGYAKARTA
2026**

LEMBAR PENGESAHAN
EVALUASI KONDISI PERMUKAAN JALAN ANGKUT
TERHADAP *TIRE DAMAGE* PADA OPERASIONAL
PT SINAR TERANG MANDIRI TBK

Disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik dari
Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral dan Energi,
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta

Oleh :
RIDWAN ZAID KURNIAWAN
NIM: 112210001

Menyetujui
Yogyakarta, 23 Juni 2026

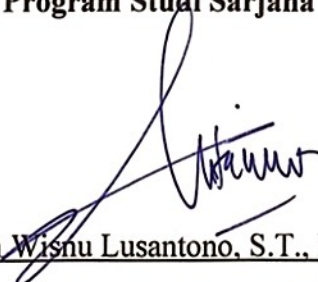
Dosen Pembimbing,



Dr. Edy Nursanto, S.T., M.T., IPM

NIP. 19660120 202121 1 002

Koordinator Program Studi Sarjana Teknik Pertambangan



Ir. Oktarian Wisnu Lusantono, S.T., M. Eng., M. Eng., IPP.

NIP. 19911026 202203 1 007

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Saya yang bertandatangan di bawah ini :

Nama: Ridwan Zaid Kurniawan

NIM: 112210001

menyatakan bahwa judul dan keseluruhan isi dari skripsi ini adalah asli karya ilmiah saya. Selama penyusunan karya ilmiah ini, saya selalu berkonsultasi dengan dosen pembimbing hingga menyelesaikan karya ilmiah ini dan tidak melakukan penjiplakan (plagiasi) terhadap karya ilmiah orang atau pihak lain baik karya lisan maupun tulisan, baik secara sengaja maupun tidak sengaja.

Apabila kemudian hari terbukti bahwa skripsi saya mengandung unsur penjiplakan (plagiasi) dari karya orang atau pihak lain, maka sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya, bukan tanggung jawab dosen pembimbing saya. Oleh karena itu saya bersedia bertanggung jawab secara hukum dan bersedia dibatalkan/dicabut gelar kesarjanaan saya oleh Rektor Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta dan diumumkan pada khalayak ramai.

Yogyakarta, 14 Agustus 2025



Ridwan Zaid Kurniawan

HALAMAN PERSEMBAHAN

Karya ini saya persembahkan kepada :

Sahabat, Saudara, dan Keluarga.

PRAKATA

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Kuasa atas rahmat dan hidayah-Nya penyusun dapat menyelesaikan skripsi ini. Pada kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Mohamad Irhas Effendi, S.E., M.Si., Rektor Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.
2. Bapak Dr. Ir. Raden Mas Basuki Rachmad, M.T., Dekan Fakultas Teknologi Mineral dan Energi.
3. Ibu Dr. Ir. Rika Ernawati, S.T., M.Si., Ketua Jurusan Teknik Pertambangan.
4. Bapak Ir. Oktarian Wisnu Lusantono, S.T., M.Eng., IPP., Koordinator Program Studi Teknik Pertambangan.
5. Bapak Dr. Ir. Edy Nursanto, S. T., M. T., IPM., Sebagai Dosen Pembimbing.
6. Bapak Ir. Shofa Rijalul Haq, S.T., M.Eng., Ph.D., Sebagai Dosen Pembahas I.
7. Bapak Ir. Aldin Ardian, S.T., M.T., M.B.A., Ph.D., Sebagai Dosen Pembahas II.
8. Bapak Ilham Firmansyah, S.T., M.T., Sebagai Dosen Pembahas III.
9. Bapak Ade Irawan, Excelsior, Desmart, Guntoro, Miftah, Gabriel, Excel, Ricky, Furqan, Zaneo, Renaldo, Misbah, Ishak dan seluruh staff karyawan PT Sinar Terang Mandiri *Jobsite* TOFU PT Weda Bay Nickel.
10. Keluarga saya yang selalu memberi semangat dan dukungan kepada saya.
11. Hana, Septian, Irfan, Amru, Arsyad, Angga, Nathan, Miftah, Wira, Ridho, Jihan, dan Ibnu serta teman teman yang telah menemani semua perjalanan ini.
12. Ikatan Alumni Tambang (IKATA) UPN “Veteran” Yogyakarta yang sudah membersamai setiap langkah perkuliahan saya.

Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis pada khususnya dan para pembaca serta pengembangan ilmu pengetahuan dibidang pertambangan.

Yogyakarta, 26 Oktober 2025

Penyusun,



Ridwan Zaid Kurniawan

ABSTRAK

EVALUASI KONDISI PERMUKAAN JALAN ANGKUT TERHADAP *TIRE DAMAGE* PADA OPERASIONAL PT SINAR TERANG MANDIRI TBK

Oleh

Ridwan Zaid Kurniawan

NIM: 112210001

(Program Studi Sarjana Teknik Pertambangan)

Efisiensi operasional dalam industri pertambangan nikel sangat bergantung pada manajemen armada alat berat, di mana biaya ban Off-the-Road (OTR) merupakan salah satu komponen biaya operasional terbesar. Penelitian ini dilakukan di PT Sinar Terang Mandiri (STM) jobsite PT Weda Bay Nickel, Maluku Utara, yang menghadapi tantangan tingginya frekuensi penggantian ban pada unit Articulated Dump Truck (ADT). Masalah utama dalam penelitian ini adalah adanya kerusakan ban yang melampaui standar perusahaan (40 kejadian/bulan) serta kondisi jalan angkut yang belum sesuai dengan pedoman ideal. Tujuan penelitian ini adalah mengevaluasi faktor eksternal penyebab kerusakan ban dan menilai kondisi permukaan jalan angkut dari Front Pit TOFU 8 menuju Dumping Point TOS menggunakan metode R.J. Thompson. Metode ini mengevaluasi lima parameter kerusakan utama: potholes, corrugations, rutting, loose material, dan stoniness. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa seluruh segmen jalan angkut berada pada kategori zona kuning (perlu pemeliharaan segera) dan zona merah (buruk/perlu perbaikan segera) dengan nilai Defect Score (DS) berkisar antara 38 hingga 69. Data historis periode Januari–Agustus 2025 mengidentifikasi dua jenis kerusakan ban paling dominan, yaitu Sidewall-Cut sebanyak 146 kejadian dan Spin Damage sebanyak 46 kejadian. Analisis korelasi regresi linear membuktikan hubungan sebab-akibat yang sangat kuat, di mana kerusakan Sidewall-Cut dipicu oleh kondisi *rutting* (amblasan) dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,8152, sedangkan kerusakan *Spin Damage* disebabkan oleh pengaruh gabungan parameter *loose material* dan *stoniness* dengan nilai (R^2) sebesar 0,8392 akibat sistem pemeliharaan jalan angkut yang kurang optimal. Perbaikan pada manajemen perawatan jalan (*road maintenance*) secara rutin direkomendasikan untuk meningkatkan umur pakai ban dan efisiensi operasional.

Kata kunci: Jalan angkut tambang, Kerusakan permukaan jalan, Kerusakan Ban, Analisis Korelasi, R.J. Thompson.

ABSTRACT

THE EFFECT OF ROAD SURFACE CONDITIONS ON TIRE DAMAGE: A CASE STUDY AT PT SINAR TERANG MANDIRI TBK

By

Ridwan Zaid Kurniawan

NIM: 112210001

(Mining Engineering Undergraduated Program)

Operational efficiency in the nickel mining industry is highly dependent on heavy equipment fleet management, where Off-the-Road (OTR) tire costs represent one of the largest operational cost components. This research was conducted at PT Sinar Terang Mandiri (STM) jobsite PT Weda Bay Nickel, North Maluku, which faces challenges due to the high frequency of tire replacements on Articulated Dump Truck (ADT) units. The primary problem identified is tire damage exceeding the company standard (40 incidents/month) and haul road conditions that do not meet ideal guidelines. The purpose of this study is to evaluate external factors causing tire damage and assess the surface condition of the haul road from Front Pit TOFU 8 to Dumping Point TOS using the R.J. Thompson method. This method evaluates five main defect parameters: potholes, corrugations, rutting, loose material, and stoniness. Evaluation results show that all haul road segments are in the yellow zone (requiring immediate maintenance) and red zone (poor/requiring immediate repair), with Defect Scores (DS) ranging from 38 to 69. Historical data for the January–August 2025 period identified the two most dominant types of tire damage: Sidewall-Cut with 146 incidents and Spin Damage with 46 incidents. Linear regression correlation analysis proves a very strong causal relationship, where Sidewall-Cut damage is highly triggered by rutting conditions with a coefficient of determination (R^2) of 0.8152, while Spin Damage is produced by the combined influence of loose material and stoniness parameters with an (R^2) value of 0.8392 due to suboptimal drainage. Routine improvements in road maintenance management are recommended to increase tire life and operational efficiency

Keywords: Mine haul road, rolling resistance, road surface distress, correlation analysis, R.J.Thompson.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
PRAKATA.....	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Lokasi Penelitian.....	3
1.5.1. Iklim dan Curah Hujan	5
1.5.2. Tinjauan Geologi	6
1.5.2.1 . Fisiografi	6
1.5.2.2 . Statigrafi	7
1.5.2.3 . Struktur Geologi.....	10
1.6. Kegiatan Penambangan.....	11
1.6.1. <i>Land Clearing</i>	11
1.6.2. Pengupasan Tanah Pucuk (<i>Stripping Topsoil</i>)	12
1.6.3. Pengupasan Tanah Penutup (<i>Stripping Overburden</i>).....	13
1.6.4. Penggalian dan Pemuatan Material (<i>Ore getting</i>).....	13
1.6.5. Pengangkutan Material (<i>Hauling Ore</i>)	14

1.6.6.	<i>Backfilling</i>	14
1.7.	Luaran Penelitian	15
1.8.	Manfaat Penelitian	15
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....		16
2.1.	Tinjauan Pustaka	16
2.2.	Landasan Teori.....	18
2.2.1.	Konsep Dasar Ban OTR (<i>Off-the-Road</i>).....	18
2.2.2.	Faktor yang mempengaruhi Kerusakan Ban.....	20
2.2.3.	Penilaian Kualitatif Jalan Angkut	22
2.2.4.	Hubungan Parameter Kerusakan Jalan dengan Kerusakan ban.....	25
2.2.5.	Analisis Korelasi dan Regresi Linear	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		30
3.1.	Metode Penelitian	30
BAB IV PENYAJIAN DAN PENGOLAHAN DATA		37
4.1.	Penyajian Data	37
4.1.1.	Visualisasi Kondisi Jalan Angkut	37
4.1.2.	Kondisi Kualitatif Kerusakan Jalan	38
4.2.	Pengolahan Data	50
4.2.1.	Data Kondisi Kualitatif Kerusakan Jalan.....	53
4.2.2.	Data Kerusakan Ban.....	50
4.2.3.	Korelasi Kerusakan Ban oleh Kondisi Permukaan Jalan Angkut.....	50
BAB V PEMBAHASAN		54
5.1.	Faktor eksternal yang mempengaruhi kerusakan ban.....	54
5.2.	Kondisi kerusakan permukaan jalan angkut.....	55
5.3.	Korelasi Kerusakan Jalan dengan Mekanisme Kerusakan ban	57
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		61
6.1.	Kesimpulan	61
6.2.	Saran	62
DAFTAR PUSTAKA.....		63
LAMPIRAN.....		65

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 1.1.	Peta Kesampaian Daerah	4
Gambar 1.2.	Peta Lokasi Penelitian	5
Gambar 1.3.	Curah Hujan Rata-Rata Periode 2015– 2024 (Kaorahai <i>Rainfall</i> Database, 2025)	6
Gambar 1.4.	Stratigrafi Halmahera Tengah (Supriatna, 1980)	9
Gambar 1.5.	Peta Geologi Pulau Halmahera.....	10
Gambar 1.8.	Kegiatan pembukaan lahan.....	12
Gambar 1.9.	Kegiatan pengupasan tanah pucuk	12
Gambar 1.10.	Kegiatan pengupasan tanah penutup	13
Gambar 1.11.	Kegiatan Gali-Muat <i>Material Ore</i>	13
Gambar 1.12.	Kegiatan Pengangkutan <i>Material Ore</i>	14
Gambar 1.13.	Kegiatan <i>Backfilling</i>	14
Gambar 2.1.	Kontruksi Radial (Modifikasi Caterpillar Handbook, 2022).....	19
Gambar 2.2.	<i>Visual Description</i> (Thompson,2011).....	24
Gambar 3.1.	Diagram Alir Penelitian.....	36
Gambar 4.1.	Dokumentasi Kerusakan Jalan Segmen A-B.....	39
Gambar 4.2.	Dokumentasi Kerusakan Jalan Segmen B-C.....	40
Gambar 4.3.	Dokumentasi Kerusakan Jalan Segmen C-D.....	41
Gambar 4.4.	Dokumentasi Kerusakan Jalan Segmen D-E.....	42
Gambar 4.5.	Dokumentasi Kerusakan Jalan Segmen E-F.....	43
Gambar 4.6.	Dokumentasi Kerusakan Jalan Segmen F-G.	44
Gambar 4.7.	Dokumentasi Kerusakan Jalan Segmen G-H.	45
Gambar 4.8.	Dokumentasi Kerusakan Jalan Segmen H-I.	46
Gambar 4.9.	Dokumentasi Kerusakan Jalan Segmen I-J.	47
Gambar 4.10.	Dokumentasi Kerusakan Jalan Segmen J-K.....	48
Gambar 4.11.	Dokumentasi Kerusakan Jalan Segmen K-L.....	49
Gambar 4.12.	Dokumentasi Kerusakan Jalan Segmen I-J.	50

Gambar 4.13. Variasi Kerusakan ban periode Januari-agustus 2025.....	51
Gambar 4.14. Intensitas Pemeliharaan Ban Periode januari-agustus 2025.....	52
Gambar 5.1. Persentase <i>defect score</i> jalan angkut.....	53
Gambar 5.2. Diagram <i>Scatterplot</i> hubungan <i>Sidewall-Cut</i> dengan <i>Rutting</i>	58
Gambar 5.3. Diagram <i>Scatterplot</i> hubungan <i>Spin-Damage</i> dengan <i>Loose Material</i> dan <i>Stoniness</i>	59



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Tinjauan Penelitian Terdahulu	16
Tabel 2.2. Description of Defect Degree and Extent (Thompson,2011).....	23
Tabel 2.3. Lembar Penilaian kualitas permukaan jalan (Thompson,2011).....	25
Tabel 2.4. Nilai Koefisien Korelasi (Sugiyono, 2010).....	28
Tabel 2.5. Klasifikasi Nilai Koefisien Determinasi (Sugiyono,2010).....	29
Tabel 4.1. Kerusakan dan Tingkat Keparahan Segmen A-B	39
Tabel 4.2. Kerusakan dan Tingkat Keparahan Segmen B-C.....	40
Tabel 4.3. Kerusakan dan Tingkat Keparahan Segmen C-D	41
Tabel 4.4. Kerusakan dan Tingkat Keparahan Segmen D-E.....	42
Tabel 4.5. Kerusakan dan Tingkat Keparahan Segmen E-F	43
Tabel 4.6. Kerusakan dan Tingkat Keparahan Segmen F-G.....	44
Tabel 4.7. Kerusakan dan Tingkat Keparahan Segmen G-H.....	45
Tabel 4.8. Kerusakan dan Tingkat Keparahan Segmen H-I.....	46
Tabel 4.9. Kerusakan dan Tingkat Keparahan Segmen I-J.....	47
Tabel 4.10. Kerusakan dan Tingkat Keparahan Segmen J-K.....	48
Tabel 4.11. Kerusakan dan Tingkat Keparahan Segmen K-L.....	49
Tabel 4.12. Kerusakan dan Tingkat Keparahan Segmen K-L.....	50
Tabel 4.13. Keterangan kerusakan ban	51
Tabel 5.1. Distribusi keseluruhan kerusakan permukaan jalan angkut	56

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
LAMPIRAN A	66
LAMPIRAN B	78
LAMPIRAN C	83



DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

SINGKATAN		Halaman
ADT	<i>Articulated Dump Truck</i>	1
DS	<i>Defect Score</i>	16
HSE	<i>Health Safety Environment</i>	32
IWIP	Indonesia Weda Industrial Park	4
K3	Kesehatan dan Keselamatan Kerja	1
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>	16
OHT	<i>Off-Highway Truck</i>	16
OTR	<i>Off-the-Road</i>	18
PT	Perseroan terbatas	1
RDS	<i>Roughness Defect Score</i>	23
STM	Sinar Terang Mandiri	1
TARA	<i>Tire and Rim Association</i>	20
TKPH	<i>Ton Kilometre Per Hour</i>	16
TOS	<i>Temporary Ore Stockpile</i>	15
TUR	<i>Tire Utilization Rate</i>	16
UTM	<i>Universal Transverse Mercator</i>	3
WBN	<i>Weda Bay Nickel</i>	1
WIUP	Wilayah Izin Usaha Pertambangan	3

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sektor pertambangan nikel merupakan salah satu pilar ekonomi yang vital di Indonesia. PT Sinar Terang Mandiri Tbk (STM) merupakan salah satu perusahaan nasional yang bergerak di bidang jasa kontraktor pertambangan dan konstruksi sipil. Salah satu lokasi operasional utama perusahaan berada di kawasan Weda Bay *Industrial Park*, tepatnya di Desa Lelilef Sawai, Kecamatan Weda Tengah, Kabupaten Halmahera Tengah, Maluku Utara. Di lokasi ini, PT STM Tbk mendukung operasional PT Weda Bay Nickel (WBN) melalui kegiatan pengupasan tanah penutup, pengangkutan bijih nikel, Serta pembangunan infrastruktur tambang.

Efisiensi operasional adalah kunci utama dalam menjaga keberlanjutan dan profitabilitas industri nikel. Salah satu aspek krusial dalam operasional pertambangan nikel itu sendiri adalah manajemen armada alat berat, khususnya dalam penelitian ini yaitu ban *Articulated Dump Truck* (ADT). Ban *Off-the-Road* (OTR) merupakan salah satu komponen yang memiliki biaya yang sangat signifikan dalam operasi alat berat. Hal ini disebabkan oleh harga ban OTR yang relatif mahal serta tingkat keausannya yang sangat dipengaruhi oleh kondisi jalan angkut, beban muatan, dan kondisi operasional alat. Dalam operasi pertambangan terbuka, ban alat berat adalah salah satu komponen biaya operasional terbesar pada alat angkut tambang, setelah bahan bakar (Wibowo, 2020).

PT Sinar Terang Mandiri Tbk *jobsite* PT Weda Bay Nickel, menghadapi tantangan yang sama. Angka yang telah ditetapkan perusahaan untuk pemeliharaan ban maksimal adalah 40/bulan, namun ketentuan tersebut mengalami ketidaksesuaian dengan data historis yang ada. Data historis periode Januari hingga Agustus 2025 menunjukkan frekuensi kegagalan ban aktual selalu melampaui ambang batas tersebut berkisar di antara 68 hingga 85 insiden per bulan. Dan berdasarkan data

historis, jenis kerusakan yang paling banyak terjadi adalah kegagalan struktural dinding samping (*Sidewall-Cut*) sebanyak 146 kasus dan kerusakan abrasif pada telapak ban (*Spin Damage*) sebanyak 46 kasus. Kedua kerusakan ban ini disebabkan oleh variabel eksternal berupa kondisi permukaan jalan angkut yang tidak ideal.

Maka untuk mengetahui penyebab tingginya frekuensi pergantian ban *articulated dump truck*, dilakukan evaluasi kondisi permukaan jalan angkut menggunakan metode R.J Thompson. Metode ini dipilih karena dianggap relevan dan efektif untuk mengukur kondisi jalan yang tidak beraspal, seperti yang umumnya ditemukan di area pertambangan. kemudian dapat dilakukan analisis terhadap masing-masing komponen jalan yang berpengaruh terhadap kerusakan ban yang paling sering terjadi. Analisis ini diharapkan mampu memberikan informasi kualitatif terkait kondisi jalan yang menyebabkan tingginya frekuensi pergantian ban yang melebihi target rencana perusahaan setiap bulannya. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi bagi perusahaan dan pembaca untuk keperluan akademik terkait dengan penyebab kerusakan ban yang paling banyak terjadi untuk meminimalkan kerusakan ban dan mengoptimalkan efisiensi operasional.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Terjadi kerusakan ban yang melebihi standar perusahaan yaitu 40 kejadian maksimal pergantian ban setiap bulannya.
2. Terdapat kondisi permukaan jalan angkut dari *Pit STM 08* menuju *Temporary Ore Stockpile STM 04* belum sesuai pedoman jalan tambang ideal sehingga menjadi penyebab kerusakan pada ban *articulated dumptruck (ADT)*.
3. Terdapat kerusakan ban yang belum teridentifikasi penyebabnya.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari Penelitian ini adalah :

1. Mengetahui faktor yang mempengaruhi kerusakan ban.
2. Mengetahui kondisi kerusakan permukaan jalan angkut

3. Mengkorelasikan kerusakan ban yang disebabkan oleh kondisi permukaan jalan angkut.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Spesifikasi dan ukuran ban yang digunakan semua ADT dalam penelitian sama yaitu 29.5R25.
2. Penelitian ini hanya membahas kerusakan fungsional pada permukaan jalan angkut antara lain : *Rutting, Corrugation, Pothole, Loose material, dan Stoniness*.
3. Faktor lain seperti curah hujan, beban angkut, tekanan angin ban, atau gaya mengemudi tidak dibahas dalam penelitian ini.
4. Penelitian ini tidak membahas biaya kehilangan yang dialami.

1.5. Lokasi Penelitian

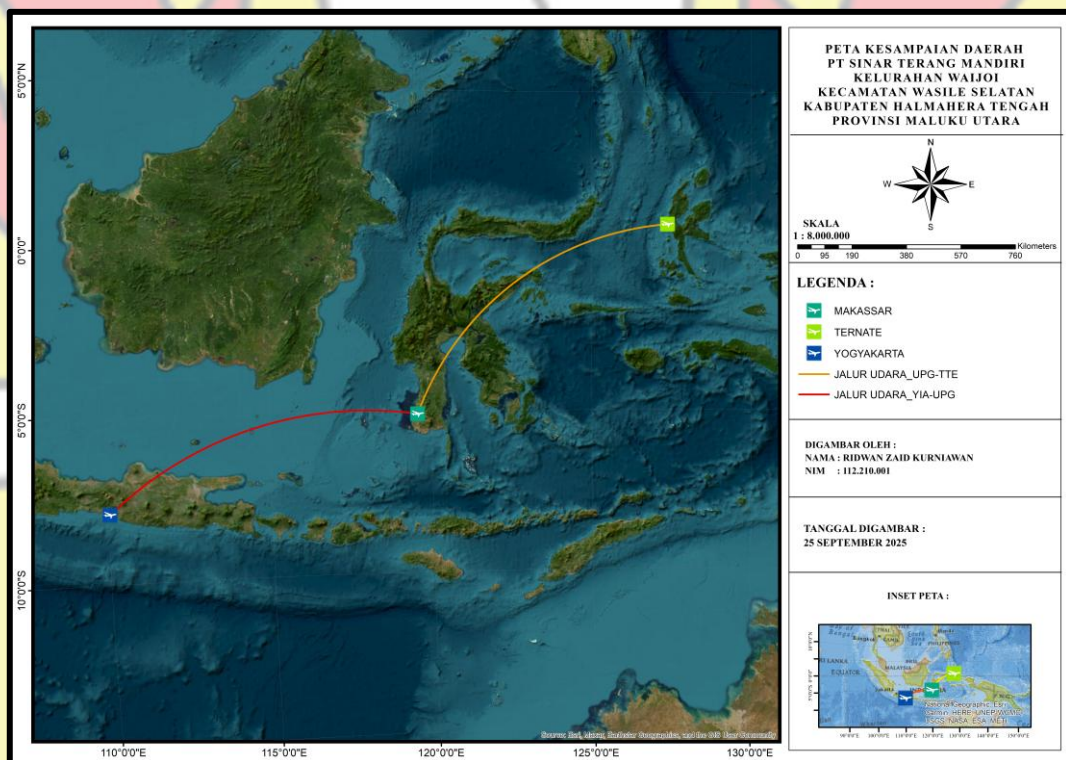
PT Sinar Terang Mandiri *jobsite* PT Weda Bay Nikel berlokasi di Kelurahan Ielief, kecamatan Weda Tengah, kabupaten Halmahera Tengah, provinsi Maluku Utara. Berdasarkan sistem proyeksi koordinat *Universal Transverse Mechator* (UTM), perusahaan terletak di 391905 mE Dan 89754 mN, Didalam WIUP PT Weda Bay Nickel diantara koordinat 391788 mE hingga 391676 mE dan 90088 mN hingga 90040 mN pada zona UTM 52 *Northern*. Untuk menuju lokasi penelitian dapat ditempuh melalui jalur berikut:

1. Melalui jalur udara dari Yogyakarta menuju Makassar ditempuh dengan menggunakan pesawat dari bandara Internasional Yogyakarta (YIA) menuju bandara Sultan Hassanudin (UPG) di Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan dengan jarak 1.045 km dan waktu tempuh 1 Jam 50 menit. Kemudian dilanjutkan dari Makassar menuju Ternate dengan menggunakan pesawat dari bandara Sultan Hassanudin (UPG) menuju bandara Sultan Babullah di kecamatan Ternate utara, kota Ternate, provinsi Maluku utara. Jalur penerbangan ke arah Timur Laut melewati pulau Jawa, selat Makassar, selat Banggai selat Obi hingga ke Ternate.
2. Perjalanan menuju pulau Halmahera dilanjutkan dengan menggunakan *speedboat* dari pelabuhan Semut di Ternate selatan menuju pelabuhan Sofifi di

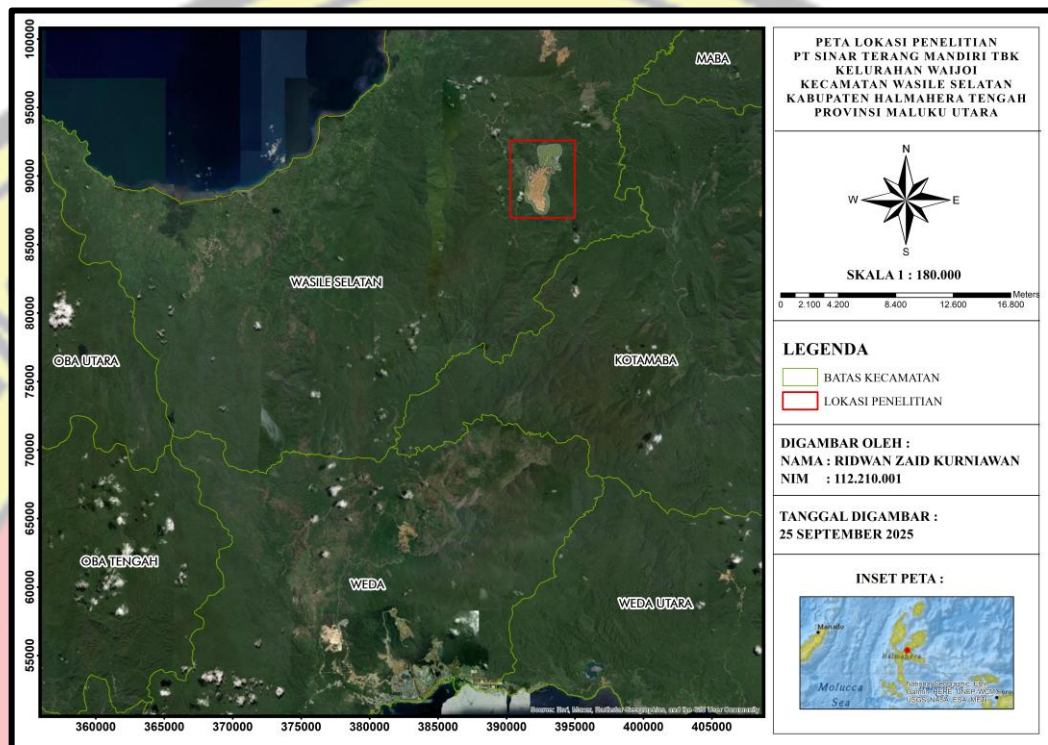
halmahera barat dengan jarak tempuh sejauh 21 km dan waktu perjalanan 55 menit.

3. Perjalanan menuju Gate 9 PT *Indonesia Weda Industrial Park* (IWIP) membutuhkan waktu tempuh sekitar 5 jam dengan jarak tempuh 138 km dari pelabuhan sofifi di halmahera barat. Medan yang dilalui didominasi dengan jalan aspal yang menanjak dan berliku. Jalan yang dilalui merupakan jalan desa yang berada di daerah perbukitan dan hutan.
4. Kemudian dilanjutkan perjalanan menuju PT Sinar Terang Mandiri *jobsite* PT Weda Bay Nickel km70 'TOFU' dengan waktu tempuh 4 jam dengan jarak tempuh 70 km dari Gate 9 menggunakan *manhaul* melalui *hauling road*.

Rute kesampaian menuju PT Sinar Terang Mandiri Tbk *jobsite* Weda Bay Nickel dapat dilihat pada Gambar 1.1. Lokasi PT Sinar Terang Mandiri Tbk *jobsite* PT Weda Bay Nikel berlokasi di Kelurahan lielief, kecamatan Weda Tengah, kabupaten Halmahera Tengah, provinsi Maluku Utara. Peta Lokasi Penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.2.



Gambar 1.1. Peta Kesampaian Daerah



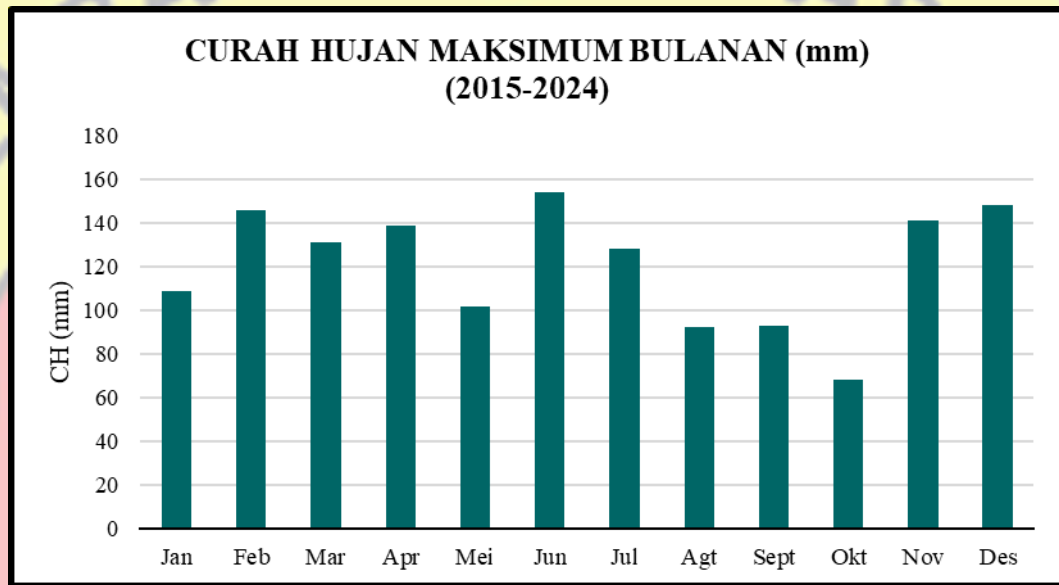
Gambar 1.2. Peta Lokasi Penelitian

1.5.1. Iklim dan Curah Hujan

Wilayah penelitian yaitu PT Sinar Terang Mandiri Tbk *Jobsite* PT Weda Bay Nickel yang berlokasi di Halmahera Tengah, Maluku Utara, berada dalam wilayah beriklim hutan hujan tropis menurut klasifikasi Köppen. Iklim ini ditandai dengan curah hujan tinggi sepanjang tahun tanpa musim kering yang nyata, dengan setiap bulan rata-rata menerima lebih dari 60 mm hujan. Suhu di wilayah ini juga cenderung stabil dan hangat sepanjang tahun, menciptakan kondisi lembap yang konsisten. Karakteristik ini berdampak langsung terhadap operasional tambang.

Berdasarkan data curah hujan tahun 2015 – 2024 diperoleh data curah hujan tertinggi selama periode 25 tahun terjadi pada bulan juni yaitu sebesar 154 mm. Kondisi ini memiliki dampak langsung terhadap degradasi fungsional permukaan jalan angkut. Tingginya intensitas curah hujan, yang tercatat mencapai puncaknya pada bulan Juni dengan rata-rata 28 hari hujan per bulan, mengakibatkan terjadinya peningkatan saturasi air pada material penyusun jalan (*wearing course*). Kondisi ini jalan menjadi licin dan berlumpur, yang berdampak langsung pada kegiatan operasional (Noveriandi,2026).

Selain itu, akumulasi air yang tidak teralirkan dengan baik oleh sistem drainase membuat permukaan jalan menjadi lunak, licin, dan berlumpur, yang secara teknis menurunkan koefisien traksi ban dan menjadi variabel eksternal pemicu terjadinya *spin damage*.



Gambar 1.3. Curah Hujan Rata-Rata Periode 2015– 2024 (Kaorahai *Rainfall Database*, 2025)

1.5.2. Tinjauan Geologi

Analisis geologi pada wilayah studi dibagi ke dalam tiga komponen utama, yakni fisiografi, stratigrafi, dan struktur geologi. Rincian dari masing-masing komponen tersebut dijabarkan sebagai berikut:

1.5.2.1. Fisiografi

Geologi daerah penelitian dibagi menjadi dua yaitu mandala geologi dan mandala fisiografi (Supriatna, 1980). Berdasarkan peta geologi lembar Halmahera, Maluku Utara, bagian fisiografi Pulau Halmahera terbagi menjadi tiga wilayah utama, yakni Mandala Halmahera Timur, Mandala Halmahera Barat, dan Mandala Busur Kepulauan Gunung Api Kuarter, dengan penjelasan sebagai berikut menurut Supriatna (1980):

A. Mandala Halmahera Timur

Mandala ini meliputi wilayah di lengan timur laut, lengan tenggara, serta beberapa pulau kecil sekitar Pulau Halmahera. Ciri morfologi wilayah ini ditandai oleh pegunungan dengan lereng yang curam dan sungai yang dalam, serta terdapat pula daerah dengan karakteristik morfologi *karst*. Pegunungan yang curam menunjukkan adanya batuan keras, terutama batuan ultrabasa, sementara wilayah *karst* muncul di daerah yang didominasi batuan gamping, dengan perbukitan rendah dan lereng yang lebih landai.

B. Mandala Halmahera Barat

Mandala ini mencakup bagian utara dan lengan selatan Pulau Halmahera. Morfologi di wilayah ini ditandai oleh perbukitan yang sebagian besar tersusun dari batuan sedimen, khususnya batu gamping dari periode Neogen, serta terdapat juga morfologi *karst*. Dibeberapa tempat, ditemukan juga morfologi kasar yang merupakan hasil aktivitas vulkanik pada periode Oligosen.

C. Mandala Busur Kepulauan Gunung Api Kuartar

Mandala ini terdiri dari sejumlah pulau kecil yang tersebar di sebelah barat Pulau Halmahera. Kepulauan ini membentuk sebuah busur yang terdiri dari gunung-gunung api yang masih aktif pada masa Kuartar. Fenomena ini menambah keunikan dan keragaman geologi daerah tersebut, sekaligus meningkatkan keindahan alamnya, sehingga wilayah ini menarik perhatian para peneliti dan pecinta alam. Kombinasi antara kondisi geologis yang kompleks dan panorama alam yang menawan menjadikan kawasan ini sangat mempesona.

1.5.2.2. Stratigrafi

Berdasarkan Peta Geologi Lembar Halmahera, wilayah penelitian termasuk ke dalam Mandala Halmahera Timur. Menurut Supriatna (1980), mandala ini dicirikan oleh keberadaan batuan dasar ultrabasa yang tertindih secara tidak selaras oleh batuan sedimen dari Formasi Dodaga dan Formasi Dorosagu yang berumur Paleosen hingga Eosen. Lingkungan pengendapan pada periode ini sangat dinamis, berkisar dari laut dangkal hingga laut dalam.

Memasuki akhir Eosen hingga awal Oligosen, aktivitas sedimentasi sempat terhenti (hiatus) sebelum akhirnya diikuti oleh periode vulkanisme yang intens. Memasuki Miosen Bawah, mulai terbentuk Formasi Tutuli yang didominasi oleh batuan karbonat klastik. Selanjutnya, pada transisi Miosen Bawah bagian atas, terbentuk cekungan luas di wilayah tengah dan selatan Pulau Halmahera. Cekungan ini kemudian menjadi pusat pengendapan Formasi Weda dan Formasi Tingteng yang saling menjari (berinteraksi) pada periode Miosen Akhir hingga Pliosen. Urutan formasi batuan di wilayah Halmahera Tengah dari yang tertua hingga termuda adalah sebagai berikut:

a. Satuan Batuan Ultrabasa

Merupakan batuan tertua yang terdiri dari serpentinit, piroksinit, dan dunit. Secara fisik, batuan berwarna hitam kehijauan ini memiliki sifat getas, sering ditemukan dalam kondisi terbreksikan, serta mengandung mineral ekonomi seperti garnierit dan asbes.

b. Formasi Dodaga

Formasi ini didominasi oleh perselingan batu lanau abu-abu dan serpih merah yang mengandung fosil *Radiolaria*. Selain itu, terdapat sisipan napal, batu pasir tufan, dan batu gamping merah dengan ketebalan tiap lapisan berkisar antara 10–30 cm.

c. Formasi Dorosagu

Formasi ini memiliki hubungan stratigrafi yang selaras di atas Formasi Dodaga. Formasi ini dicirikan oleh lapisan batu pasir yang kompak dan kaya akan fosil *Foraminifera*. Komposisi batu pasirnya meliputi kuarsa, feldspar, dan fragmen serpih dengan estimasi ketebalan mencapai 400 meter.

d. Formasi Tutuli

Tersusun atas dominasi batu gamping abu-abu tua dengan sisipan napal dan batu pasir gampingan. Formasi berumur Miosen Bawah ini memiliki tingkat kekerasan yang tinggi dan berhubungan secara tektonik dengan Formasi Weda.

e. Formasi Bacan

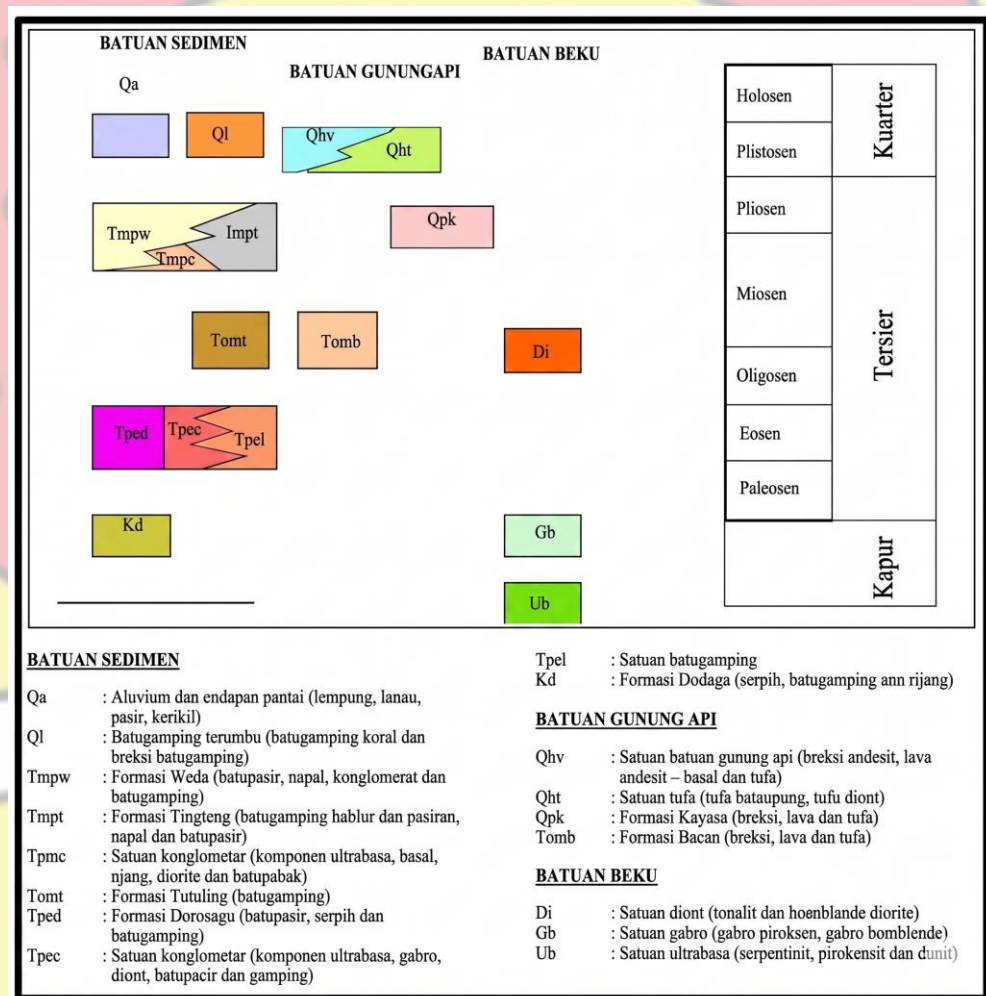
Merupakan produk aktivitas vulkanik berumur Oligosen hingga Miosen Bawah. Litologinya meliputi lava, breksi, dan tufa, klastik konglomerat dan batu pasir.

f. Formasi Weda

Terbentuk pada Miosen Tengah hingga Pliosen di dalam cekungan besar. Litologinya terdiri dari perselingan batu pasir arkosa dan *graywacke*, batu lempung, lanau, napal, serta konglomerat yang mencerminkan lingkungan sedimentasi yang luas.

g. Formasi Tingteng

Berumur seperti Miosen Akhir hingga Pliosen dan didominasi oleh batuan karbonat. Formasi ini dicirikan oleh munculnya morfologi karst yang khas seperti di daerah Subaim yang kaya akan kandungan fosil *Foraminifera* besar maupun kecil.

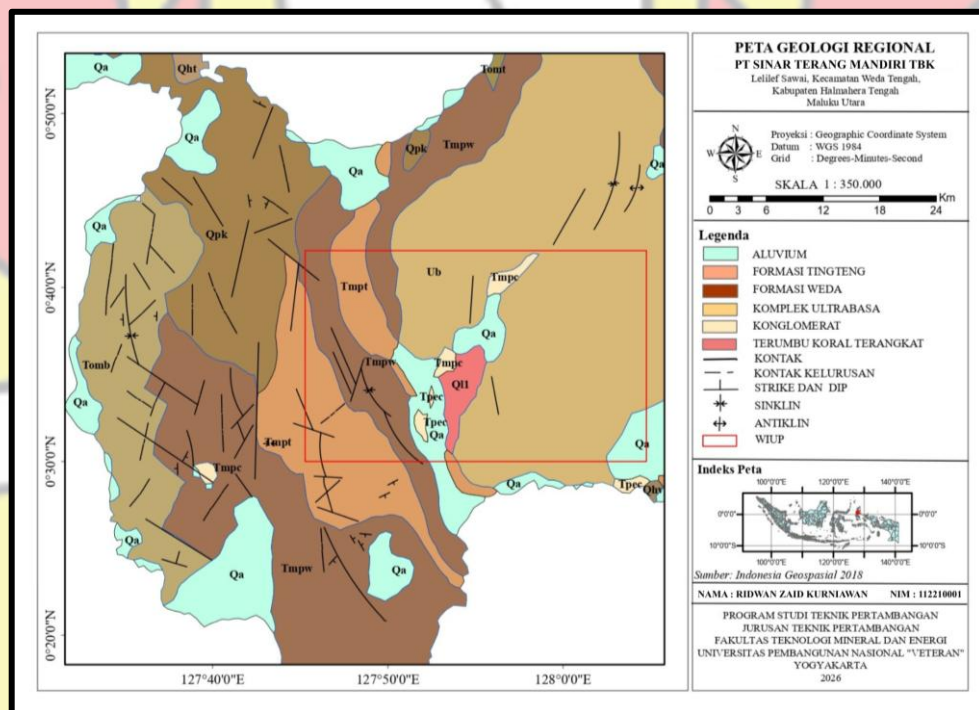


Gambar 1.4. Stratigrafi Halmahera Tengah (Supriatna, 1980)

1.5.2.3. Struktur Geologi

Karakteristik geologi di daerah penelitian memiliki kompleksitas tinggi yang didominasi oleh sistem sesar normal dan sesar naik dengan orientasi umum Utara–Selatan serta Barat Laut–Tenggara. Evolusi tektonik wilayah ini telah berlangsung sejak Zaman Kapur Awal hingga Tersier, yang dibuktikan dengan adanya ketidakselarasan batuan Paleosen–Eosen serta aktivitas vulkanik yang intens (Supriatna, 1980).

Mekanisme pergerakan vertikal pada Zaman Eosen–Oligosen memicu pengangkatan lapisan batuan secara masif sebagai hasil dari aktivitas tektonik regional. Hingga Zaman Holosen, dinamika tektonik ini masih tercatat aktif melalui fenomena pengangkatan terumbu laut serta pembentukan sesar normal yang memotong formasi batu gamping secara signifikan (Gambar 1.5). Kondisi sejarah geologis tersebut menegaskan bahwa wilayah Pulau Halmahera merupakan zona tektonik dinamis yang terus mengalami perubahan pola dan intensitas secara berkelanjutan.



Gambar 1.5. Peta Geologi Pulau Halmahera

Struktur geologi di wilayah Halmahera Timur, Dicitrakan oleh struktur sesar normal dan sesar naik, Hal ini memberikan pengaruh terhadap stabilitas dan kualitas struktural material penyusunnya (Syafirizal,2009), dalam penelitian ini khususnya permukaan jalan angkut di wilayah operasional PT STM Tbk. Struktur sesar ini mengakibatkan terbentuknya zona diskontinuitas pada batuan dasar, yang mempercepat proses pelapukan batuan dan menurunkan daya dukung tanah (*bearing capacity*) di sepanjang lintasan angkut. Secara mekanis, batuan yang berada di zona sesar cenderung lebih terfragmentasi dan memiliki tingkat porositas yang tinggi, sehingga sangat rentan terhadap infiltrasi air terutama saat curah hujan ekstrem (Raharjo,2025). Kondisi ini memicu pelemahan struktur lapisan *wearing course*, yang pada akhirnya mempercepat pembentukan kerusakan permukaan seperti *potholes* dan *rutting* yang dalam akibat tekanan beban dinamis dari unit ADT yang melintas (RJ.Thomson,2011). Dengan demikian, karakteristik geologi lokal bukan hanya menjadi faktor statis, melainkan variabel determinan yang secara aktif memengaruhi laju degradasi fungsional jalan dan risiko kerusakan ban di lapangan.

1.6. Kegiatan Penambangan

Perusahaan menggunakan sistem tambang terbuka (*surface mining*) dengan metode *Open Cut* dalam kegiatan penambangan pada endapan nikel laterit. Metode ini dipilih karena endapan nikel laterit terletak pada kedalaman yang relatif dangkal, biasanya dalam rentang 5 sampai 30 meter dari permukaan.

Proses penambangan dimulai dari pembukaan lahan (*land clearing*), pengupasan tanah pucuk (*stripping topsoil*), pengupasan tanah penutup (*overburden removal*), penggalian nikel (*ore getting*), hingga pemuatan dan pengangkutan menuju fasilitas pengolahan (*stockpile* atau *smelter*).

1.6.1. Land Clearing

Kegiatan pembukaan lahan (*Land Clearing*) bertujuan untuk membersihkan lahan dari vegetasi pada lahan yang akan ditambang. Setelah pembersihan lahan, pembuatan parit batas (*stacking*) dilakukan di lahan yang sudah dibersihkan.

Adapun alat mekanis yang digunakan pada kedua kegiatan tersebut adalah *excavator* SANY SY215C dan *bulldozer* Komatsu D85ES-2A. Gambaran mengenai kegiatan dapat dilihat pada Gambar 1.7.



Gambar 1.6 Kegiatan pembukaan lahan

1.6.2. Pengupasan Tanah Pucuk (*Stripping Topsoil*)

Pengupasan tanah pucuk bertujuan untuk menyelamatkan unsur hara agar dapat digunakan kembali untuk kegiatan reklamasi. Penimbunan tanah pucuk dilakukan di area penimbunan khusus yang terletak dekat dengan kegiatan penambangan. Dalam kegiatan pengupasan tanah pucuk, penggalian, penggusuran (*dozing*), dan pengangkutan tanah pucuk dilakukan menggunakan *excavator* SANY SY215C dan *bulldozer* Komatsu D85ES-2A. Gambaran mengenai kegiatan dapat dilihat pada Gambar 1.8.



Gambar 1.7. Kegiatan pengupasan tanah pucuk

1.6.3. Pengupasan Tanah Penutup (*Stripping Overburden*)

Setelah pengupasan tanah pucuk, dilakukan pengupasan tanah penutup (*overburden*). *Overburden* merupakan lapisan tanah yang terletak di bawah tanah pucuk dan menutup material bauksit yang akan ditambang. Pada lokasi penelitian, *Overburden* ditimbun di dekat *front* penambangan guna memudahkan kegiatan *backfilling*. Pengupasan tanah penutup dilakukan dengan menggunakan *excavator* SANY SY550H. Gambaran mengenai kegiatan dapat dilihat pada Gambar 1.9.



Gambar 1.8. Kegiatan pengupasan tanah penutup

1.6.4. Penggalian dan Pemuatan Material (*Ore getting*)

Ore getting merupakan kegiatan yang bertujuan material (*ore*) yang terkandung di tanah dapat diambil, dimuat ke alat angkut, dan diangkut menuju *Temporary Ore Stockpile* (TOS). Alat yang digunakan pada kegiatan ini adalah *excavator* SANY SY550H. Kegiatan *ore getting* dapat dilihat pada Gambar 1.10.



Gambar 1.9. Kegiatan Gali-Muat Material *Ore*

1.6.5. Pengangkutan Material (*Hauling Ore*)

Kegiatan pengangkutan merupakan proses pemindahan material *ore* yang telah ditambang menuju *Temporary Ore Stockpile* (TOS). Alat angkut yang digunakan adalah ADT Komatsu HM-400-5 dengan kapasitas 40 ton. Kegiatan pengangkutan material dapat dilihat pada Gambar 1.11.



Gambar 1.10. Kegiatan Pengangkutan Material *Ore*

1.6.6. Backfilling

Backfilling merupakan proses pengembalian tanah penutup (*overburden*) yang telah dipindahkan saat penambangan, ke tempat semula. Pengembalian ini dilakukan setelah material (*ore*) dari area yang ditambang telah selesai diambil. Alat yang digunakan pada kegiatan ini adalah *bulldozer* Komatsu D85ES-2A. Kegiatan *backfilling* dapat dilihat pada Gambar 1.12.



Gambar 1.11. Kegiatan *Backfilling*

1.7. Luaran Penelitian

1. Menghasilkan evaluasi kondisi jalan angkut berupa penilaian skor kondisi jalan berdasarkan klasifikasi kerusakan menggunakan metode R.J.Thompson.
2. Mengidentifikasi dan menjelaskan hubungan antara jenis kerusakan jalan menurut metode R.J. Thompson dengan tingkat serta jenis kerusakan ban pada *Articulated Dump Truck* (ADT).
3. Hasil penelitian akan disusun dalam bentuk artikel ilmiah yang bertujuan untuk mendiseminasikan pengetahuan dan temuan penelitian kepada masyarakat akademik maupun praktisi di bidang pertambangan.

1.8. Manfaat Penelitian

- a. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman lebih tentang kondisi permukaan Jalan angkut yang sesuai dengan standar agar dapat memaksimalkan umur penggunaan ban *articulated dumptruck* di PT Sinar Terang Mandiri Tbk.
- b. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan data dan analisis yang valid untuk mendukung pengambilan keputusan terkait manajemen konstruksi jalan angkut, sehingga dapat mengurangi biaya operasional, khususnya biaya penggantian ban akibat kondisi permukaan jalan yang belum optimal.
- c. Penelitian ini diharapkan juga dapat memberikan data dan informasi yang berguna untuk penelitian lebih lanjut khususnya di bidang teknik pertambangan dan manajemen alat berat.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Dalam menentukan arah serta metode penelitian, diperlukan kajian dan tinjauan mengenai penelitian terdahulu yang memiliki keterkaitan atau relevansi Penelitian ini diawali dengan tinjauan pustaka terhadap studi-studi sejenis yang telah dilakukan, sebagai landasan dalam pemilihan metode dan prosedur analisis data. Berikut ini disajikan daftar referensi penelitian serupa yang bersumber dari skripsi dan jurnal nasional :

Tabel 2.1. Tinjauan Penelitian Terdahulu

No	Peneliti	Judul	Hasil
1.	Thompson, R. J., & Visser, A. T. (2011)	<i>Mine Haul Road Maintenance Management Systems (2011)</i>	Mengembangkan dan memvalidasi metode R.J. Thompson untuk memprediksi potensi kerusakan ban berdasarkan kekasaran permukaan jalan dan ukuran batuan. Menjadi dasar manajemen pemeliharaan jalan tambang.
2.	Hassan, Y., & Mofokeng, L. (2018)	<i>The Impact of Haul Road Geometrics and Condition on Tire Life in Open Pit Mines</i>	Menyimpulkan bahwa gradien yang buruk, radius tikungan sempit, dan kondisi permukaan yang kasar adalah penyebab utama <i>overheating</i> dan <i>premature failure</i> pada <i>Off-The-Road (OTR) tire</i> .
3.	Croll, J. (2015)	<i>Optimising Haul Road Maintenance for Reduced Tire and Fuel Costs</i>	Menggunakan data sensor untuk menunjukkan korelasi langsung antara peningkatan <i>International Roughness Index (IRI)</i> jalan angkut dengan peningkatan beban dinamis pada <i>tire</i> dan sistem suspensi.
4.	Pienaar, P. A. (2015)	<i>Tire Management Systems for Mining Operations</i>	Menekankan bahwa 80% kegagalan ban OTR disebabkan oleh faktor eksternal (terutama kondisi jalan dan material berbahaya). Penelitian ini Merekomendasikan pemetaan bahaya material yang selaras dengan prinsip R.J. Thompson.

No	Peneliti	Judul	Hasil
5.	Shakenov, dkk (2022)	<i>Haul Road Condition Impact on Tire Life of Mining Dump Truck</i>	Penggunaan teknologi digital modern untuk memonitor kondisi jalan angkut terbukti efektif dalam memitigasi kerusakan ban lebih dini. Penelitian ini menyimpulkan bahwa biaya ban mencakup 10-20% dari total biaya transportasi, dan peningkatan kualitas permukaan jalan serta monitoring parameter suhu/tekanan ban secara <i>real-time</i> dapat meningkatkan durabilitas ban secara signifikan
6.	Laura Puspita Sari (2020)	Analisa Performance Ban Pada Unit Prouksi <i>Overburden</i> HD-785 Terhadap Produktivitas	Kondisi jalan tambang yang tidak terawat (<i>maintenance</i>) dengan baik menjadi faktor eksternal utama yang memperpendek <i>lifetime</i> ban. Ketidaksesuaian antara TKPH rating dan aktual di lapangan meningkatkan risiko kerusakan dini pada ban unit HD-785.
7.	Yusuf Abyan Satria Thoat (2024)	Rancangan Teknis Perbaikan Jalan Angkut Untuk Meningkatkan Usia Pakai Ban <i>Dumptruck</i>	Perbaikan geometri jalan dengan menekan <i>grade</i> maksimal dari 22% menjadi 10% terbukti efektif menurunkan nilai <i>total resistance</i> . Upaya tersebut diprediksi mampu meningkatkan usia pakai ban <i>dump truck</i> unit Quester dan AXOR rata-rata sebesar 97,67% atau menjadi 935,2 jam dan 884,9 jam.
8.	Figgo Febriawan (2025)	Evaluasi Jalan Tambang Berdasarkan Kerusakan Jalan Dalam Upaya Meningkatkan <i>Travel Speed</i> Alat Angkut	Kerusakan jalan angkut disebabkan oleh ketidakmampuan tanah dasar (<i>subgrade</i>) menahan beban kendaraan. Evaluasi menggunakan nilai <i>rolling resistance</i> (target 2%) menunjukkan bahwa perbaikan kondisi jalan sangat krusial untuk meningkatkan kecepatan tempuh (<i>travel speed</i>) alat angkut.
9.	Yoga Achmad (2025)	Evaluasi <i>Performance</i> Ban Micheline dan Brigstone Alat Angkut pada Pengangkutan <i>Overburden</i> dari <i>Front Kerja</i> Ke <i>Disposal</i>	Performa ban (TKPH, TUR, dan <i>lifetime</i>) dipengaruhi secara langsung oleh kondisi operasional. Hasil evaluasi menunjukkan perlunya pemantauan KPI secara rutin untuk mencapai target <i>lifetime</i> ban yang optimal pada unit OHT 777 di lokasi pembuangan (<i>disposal</i>).

Kesimpulan dari berbagai penelitian menunjukkan adanya korelasi yang sangat signifikan dan terukur secara kuantitatif antara kualitas kondisi jalan angkut dan

efektivitas operasional pertambangan, khususnya pada umur pakai ban *Off-The-Road* (OTR). Kondisi permukaan jalan yang kasar, bergelombang, atau mengandung material batuan tajam terbukti menjadi penyebab utama pemicu peningkatan hambatan, yang pada akhirnya, menyebabkan kerusakan ban. berdasarkan faktor eksternal ini manajemen pemeliharaan jalan angkut yang terstruktur melalui penerapan panduan optimal, metode untuk prediksi kerusakan, serta jadwal *grading* dan *watering* yang teratur menjadi strategi yang secara langsung menentukan efisiensi *hauling*, mengurangi *losstime*, dan menekan biaya operasional secara keseluruhan.

2.2. Landasan Teori

Landasan teori merupakan ulasan singkat dari teori-teori yang digunakan dalam penelitian, teori-teori yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat sebagai berikut :

2.2.1. Konsep Dasar Ban OTR (*Off-the-Road*)

Ban adalah sistem komposit yang terdiri dari berbagai material (karet, kain/tekstil, dan kawat baja) yang bekerja bersama untuk menopang beban, menyediakan traksi, dan meredam guncangan.

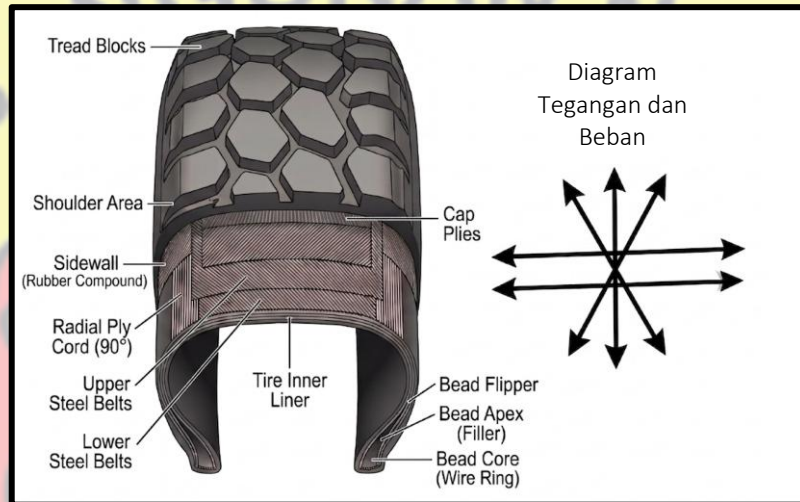
a. Fungsi Mekanis Ban OTR

Secara teknis, ban OTR berfungsi sebagai elemen penopang dan transmisi gaya gesek (traksi dan pengereman) pada kondisi permukaan yang ekstrem dan tidak rata (Schuring & Koutsky, 2012).

b. Struktur ban

Ban *Articulated Dump Truck* (ADT) yang beroperasi di lokasi penelitian menggunakan konstruksi radial, yang secara struktural ditandai dengan susunan *body ply cord* (benang lawon atau kawat baja) yang membentang tegak lurus 90⁰ dari *bead* ke *bead* terhadap garis tengah telapak ban. Konstruksi ini merupakan jantung dari sistem radial yang memberikan karakter lentur dan diperkuat oleh sabuk baja (*steel belts*) beberapa lapis di bawah telapak untuk memperkuat strukturnya (Caterpillar Handbook, 2022).

Secara teknis, keunggulan konstruksi ini meliputi reduksi *rolling resistance* untuk efisiensi bahan bakar dan ketahanan panas (*heat resistance*) yang baik karena minimalnya gesekan internal antar lapisan *ply* (Brewer, 2007).



Gambar 2.1. Kontruksi Radial (Modifikasi Caterpillar Handbook, 2022)

Berdasarkan Gambar 2.1, berikut adalah fungsi dari setiap komponen pembentuk ban radial:

- Diagram Tegangan dan Beban : Anak panah menunjukkan arah potensial tegangan internal dan eksternal yang bekerja pada struktur konstruksi ban radial.
- *Tread Blocks* : Bagian terluar yang bersentuhan langsung dengan jalan. Desain blok besar dan kokoh bertujuan memberikan traksi maksimal di medan *off-road*.
- *Shoulder Area* : Titik pertemuan antara telapak dan dinding samping yang dirancang untuk mendistribusikan panas operasional.
- *Sidewall* : Terbuat dari campuran karet fleksibel yang berfungsi sebagai penyerap guncangan (*shock absorber*). Namun, bagian ini merupakan area paling tipis dan rentan.
- *Radial Ply Cord (90°)* : Lapisan rangka utama yang memberikan fleksibilitas pada ban.
- *Upper & Lower Steel Belts* : Memperkuat area *tread*, melindungi dari tusukan, dan memastikan area kontak (*contact patch*) dengan tanah tetap rata.
- *Tire Inner Liner* : Lapisan dalam pengganti ban dalam (*tubeless*) untuk menahan udara bertekanan.

- *Bead Flipper, Apex, & Core* : Mengunci ban pada velg (*rim*) secara kuat untuk mencegah slip atau kebocoran udara.

Berdasarkan evaluasi terhadap data historis operasional unit ADT selama penelitian, ditemukan bahwa karakteristik konstruksi radial memiliki kaitan erat dengan jenis kerusakan yang sering terjadi :

- Kerusakan Dinding Samping (*Sidewall Cut*), Karena konstruksi *Radial Ply Cord* yang tegak lurus, dinding samping sangat fleksibel dan cenderung menggelembung saat sedang bermuatan. Kelenturan ini membuat posisi *sidewall* pada ban sangat rentan terhadap batuan tajam di jalan angkut, terutama jika terdapat banyak material lepas pada dinding samping ambelasan.
- Kerusakan Akibat Batu Selip (*Spin Damage*), *Steel Belts* memberikan traksi kuat, kondisi jalan yang licin dapat memicu terjadinya *spin*. Gaya gesek antara *Tread Blocks* dengan batuan keras saat unit dipaksa berputar di tempat menyebabkan potongan karet telapak terlepas (*chipping/cutting*).

2.2.2. Faktor yang mempengaruhi Kerusakan Ban

Kerusakan ban pada alat berat dapat dikategorikan menjadi dua kategori besar yaitu Kerusakan Eksternal (kerusakan yang dipicu oleh faktor luar, benturan, dan yang nampak langsung di permukaan fisik ban) dan Kerusakan Internal (kerusakan struktur di dalam ban, *overheat*, tekanan, dan kelelahan material). Faktor-faktor yang memengaruhi kerusakan ban dijabarkan sebagai berikut :

1. Kerusakan Eksternal (*External Damage*)

a. *Irregular Wear* (Kerusakan Tidak Teratur)

Kerusakan tapak yang tidak merata merupakan hasil dari distribusi tekanan kontak yang tidak optimal. Hal ini secara langsung berkaitan dengan tekanan inflasi (*under/over-inflation*) dan geometri *steering* dan *suspension* (misalnya, *toe-in/toe-out* yang tidak sesuai), menghasilkan konsentrasi keausan hanya terjadi di bagian tertentu (Clark & Lomas, 2017).

b. *Sidewall Cut & Shoulder Cut*

Kerusakan ini adalah jenis *impact damage* atau *cutting damage*. Dinding samping dan bahu ban memiliki ketahanan (*cut resistance*) yang lebih rendah

dibandingkan telapak. Potongan yang menembus ke lapisan *ply cord* baja akan menyebabkan kehilangan kekuatan tarik struktural di area tersebut, yang dapat memicu pemisahan atau *blow out* di bawah tekanan operasional (Tielkes, 2010).

d. *Spin Damage*

Kerusakan ini adalah bentuk keausan abrasif termal lokal. *Spinning* yang tidak terkontrol misalnya, di lumpur yang menghasilkan gesekan dan panas yang sangat tinggi di tapak, menyebabkan kerusakan parah dan hilangnya material karet secara cepat. Keterampilan operator adalah variabel penting dalam pencegahan kerusakan ini (Millington, 2015)..

e. *Tread Cut Penetration*

Kerusakan penetrasi melibatkan penetrasi benda asing ke dalam struktur sabuk baja. Selain menyebabkan kebocoran udara, kerusakan ini memungkinkan korosi (*rust*) pada kawat baja di dalam ban karena masuknya kelembaban, yang akan melemahkan sabuk dan menyebabkan pemisahan tapak (Meyer, 2008)

2. Kerusakan Internal (*Internal Damage*)

a. *Blow Out*

Kegagalan ini sering kali merupakan hasil akhir dari *fatigue* material dan panas berlebih. *Under-inflation* dan *overloading* menyebabkan defleksi berlebihan, yang menghasilkan panas tinggi (*Hysteresis Loss*). Panas ini merusak ikatan karet-kawat secara internal, memicu *Sidewall Separation*, dan akhirnya menyebabkan pecah mendadak (*blow out*) (Millington, 2015).

b. *Burned Bead*

Kerusakan pada *bead* disebabkan oleh gesekan yang tinggi antara ban dan *rim* karena *slippage* atau penggunaan tekanan yang terlalu rendah. Panas gesekan (*Frictional Heat*) dapat membakar kompon karet dan melelehkan kawat baja *bead*, merusak integritas kunci *bead* pada *rim* secara permanen (Brewer, 2007).

c. *Leaking*

Kebocoran lambat (*leaking*) adalah sumber utama dari *under-inflation* yang parah. Deteksi *leaking* lebih dini sangat krusial karena *under-inflation* secara signifikan meningkatkan defleksi, menghasilkan panas, dan menyebabkan *casing fatigue*, yang pada akhirnya juga menyebabkan *blow out* (Maxam Tire, 2023).

c. *Sidewall Separation*

Pemisahan lapisan terjadi ketika suhu di dalam ban melebihi batas toleransi vulkanisasi karet. Panas berlebihan (biasanya $> 100\text{ }^{\circ}\text{C}$) menyebabkan kegagalan ikatan adhesi antar komponen, menghasilkan rongga udara atau gelembung di dinding samping atau telapak (Gent, 2001).

2.2.3. Penilaian Kualitatif Jalan Angkut

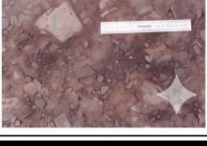
Sistem klasifikasi kerusakan jalan dapat diterapkan dengan mengidentifikasi kerusakan jalan yang paling mempengaruhi hambatan seperti beberapa faktor utama (*Rutting, Corrugation, Pothole, Loose material, dan Stoniness*). Hal tersebut dilakukan dengan cara memberikan skor untuk setiap kerusakan jalan dengan menggunakan Tabel 2.2. kerusakan jalan yang dinilai seperti Gambar 2.4 dan dapat dihitung menggunakan lembar penilaian sesuai dengan Gambar 2.5.

Tabel 2.2. *Description of Defect Degree and Extent* (Thompson,2011)

Deskripsi Tingkat Kerusakan Jalan					
Skor	1	2	3	4	5
<i>Extent</i>	Jarang terjadi, kurang dari 5% jalan terpengaruh.	Kerusakan berselang, antara 5-15% jalan yang terkena dampak	Biasa kejadian, antara 16-30% jalan terpengaruh.	Sering kejadian, antara 31-60% jalan terpengaruh.	Luas kejadian, lebih banyak dari 60% dari jalan terkena dampak
<i>Defect degree score</i>	1	2	3	4	5
<i>Potholes</i>	Permukaan bercak ditandai, ukuran diameter lubang < 50mm	Ukuran diameter lubang jalan 50-100 mm	Diameter Lubang 100-400 mm dan berpengaruh terhadap kualitas berkendara	Diameter Lubang jalan 400-800 mm, dihindari oleh sebagian besar kendaraan.	Diameter Lubang jalan >800mm, membutuhkan pengurangan kecepatan atau penghindaran total.
<i>Corrugation</i>	Sedikit Bergelombang, sulit untuk dirasakan dalam kendaraan.	Jalan bergelombang terlihat di kendaraan.	Bergelombang sangat terlihat dan mengurangi kualitas berkendara.	Jalan bergelombang terlihat di truk pengangkut dan menyebabkan pengemudi mengurangi kecepatan.	Jalan bergelombang terlihat dalam truk dan menyebabkan pengemudi mengurangi kecepatan secara signifikan.
<i>Rutting</i>	Sulit untuk membedakan tanpa bantuan, diameter <20mm.	Bisa dilihat dengan mata, diameter 20-50 mm.	Dapat dibedakan, diameter 50-80 mm.	Jelas dari kendaraan bergerak, diameter > 80 mm.	Parah, mempengaruhi stabilitas arah kendaraan.
<i>Loose material</i>	Sangat sedikit material lepas pada jalan, tebal <5mm	Jumlah material lepas sedikit Ketebalan 5-10 mm.	Material lepas Terdapat di jalan hingga ketebalan 10-20mm.	Terdapat material lepas yang signifikan pada jalan, berukuran 20-40mm.	Ukuran material lepas >40mm
<i>Stoniness</i>	Beberapa batu menonjol, tapi hampir tidak terasa di kendaraan.	Batu menonjol dan terasa dalam kendaraan.	Batu menonjol dan berpengaruh terhadap kualitas berkendara di kendaraan tapi masih dapat diterima	Batu menonjol dan kadang-kadang membutuhkan penghindaran dari kendaraan.	Batu yang menonjol membutuhkan penghindaran dari kendaraan.

Penilaian kondisi jalan didasarkan pada observasi visual yang mempertimbangkan seberapa parah kerusakan dan seberapa luas pengaruhnya terhadap total area jalan. Fokus evaluasi diarahkan pada lima jenis kerusakan utama (*potholes, corrugations, rutting, loose material, dan stoniness*) karena memiliki pengaruh besar terhadap nilai hambatan gulung kendaraan.

Penilaian fungsional jalan angkut dilakukan secara visual dengan memberi skor derajat kerusakan dan luas kerusakan pada tiap kerusakan kemudian totalnya menjadi *defect score* (DS) per segmen. Nilai DS memudahkan untuk mengetahui perbandingan kebutuhan pemeliharaan dan menandai segmen yang perlu dilakukan perbaikan (Thompson dkk., 2011). Untuk menilai kerusakan jalan ini didasarkan pada derajat atau luas kerusakannya. Deskripsi dari Tabel 2.2. dapat digunakan untuk menilai kondisi dari suatu kerusakan jalan, dan secara penilaian visual dapat dilihat melalui Gambar 2.2.

DEFECT	VISUAL DESCRIPTION		
	Degree 1	Degree 3	Degree 5
Potholes			
Corrugations			
Rutting			
Loose material			
Stoniness - fixed in wearing course			

Gambar 2.2. *Visual Description* (Thompson,2011)

Proses penilaian dilakukan menggunakan lembar evaluasi pada Tabel 2.3 yang memuat deskripsi setiap jenis kerusakan. Kondisi permukaan jalan yang teridentifikasi kemudian diberi bobot berdasarkan kriteria pada Tabel 2.2 untuk menghitung *Total Defect Score* (RDS). Skor total ini menjadi indikator tingkat keparahan jalan secara menyeluruh, yang selanjutnya digunakan sebagai acuan dalam menentukan langkah perbaikan atau pemeliharaan sesuai klasifikasinya.

Tabel 2.3. Lembar Penilaian kualitas permukaan jalan (Thompson,2011)

EVALUASI VISUAL TAHANAN GULIR JALAN ANGKUT TAMBANG			
TANGGAL		PENILAI	
RUAS JALAN		KECEPATAN (km/h)	
LOKASI		TRAFIK (Ton/hari)	
KERUSAKAN	DERAJAT (1-5)	CAKUPAN (1-5)	SKOR KERUSAKAN
Lubang		x	=
Gelombang		x	=
Amblasan		x	=
Material Lepas		x	=
Batuan Tertanam		x	=
TOTAL SKOR KERUSAKAN			

Setiap lokasi tambang perlu menetapkan ambang batas pemeliharaan jalan tambang sesuai dengan lembar penilaian pada Gambar 2.2, Untuk nilai DS (*defect score*) >45 diperlukan *maintenance* jalan, nilai $25 < DS < 45$ pemeliharaan jalan segera dilakukan tetapi masih dapat dilalui, dan nilai $DS < 25$ jalan dalam kondisi baik, tidak perlu pemeliharaan langsung.

2.2.4. Hubungan Parameter Kerusakan Jalan dengan Kerusakan ban

Kondisi permukaan jalan angkut memiliki peran kausatif yang sangat signifikan dalam memicu inisiasi kerusakan maupun memperburuk laju kegagalan ban pada operasional alat angkut. Interaksi dinamis antara ban dengan permukaan jalan yang tidak standar menciptakan anomali distribusi beban dan gaya gesek, yang secara teknis dapat dijelaskan melalui beberapa mekanisme berikut :

1. Kerusakan Jalan Pemicu Keausan Non-Traumatis

Jenis kerusakan ini secara struktural mengganggu kontak ban seperti:

a. *Rutting*

Rutting menyebabkan perubahan geometri kontak ban sehingga distribusi tekanan menjadi tidak merata. Ketidakseimbangan ini mempercepat *irregular wear* akibat konsentrasi tegangan pada area tertentu dari tapak (Gillespie, 1992).

b. *Corrugation*

Corrugation atau jalan yang bergelombang menghasilkan gaya dinamis vertikal tinggi dan berulang, memaksa ban menerima pembebanan yang fluktuatif. Hal ini meningkatkan laju abrasi ban dan secara langsung memicu *irregular wear* berbentuk pola *cupping* (Gillespie, 1992).

2. Kerusakan Jalan Pemicu Trauma dan Penetratif

Jenis kerusakan ini memberikan hambatan fisik atau *impact* tinggi:

a. *Pothole* (Lubang)

Pothole merupakan sumber utama beban kejut (*impact load*) yang menyebabkan *blow out* (Meledak Akibat Benturan). Tepi keras lubang dapat menjepit ban terhadap pelek, menyebabkan *Sidewall cut* dan kerusakan *bead* (De Putter, 2010).

b. Stoniness dan Loose Material

Kehadiran material tajam di jalan berkorelasi langsung dengan *tread cut penetration* dan *tread damage / puncture*, yang pada gilirannya menyebabkan *leaking*. Sementara *loose material* yang menyebabkan hilangnya traksi dapat memicu *spin damage*. (De Putter, 2010).

2.2.5. Analisis Korelasi dan Regresi Linear

Analisis korelasi dan regresi digunakan untuk mengidentifikasi, mengukur, serta membuktikan secara kuantitatif kekuatan hubungan sebab-akibat (Sugiyono, 2010), yang fokusnya pada penelitian ini antara kondisi fungsional jalan tambang dengan kerusakan pada ban alat angkut.

a. Regresi Linear dan Gradien (m)

Menurut (Sugiyono, 2010) persamaan linear sederhana menunjukkan suatu hubungan antara 2 variabel yaitu variabel bebas (x) (*Defect Score*) dan variabel

terikat (y) (Jumlah insiden kerusakan ban). Persamaan regresi linear ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$Y = a + bX \quad (2-1)$$

Keterangan :

Y = Variabel Terikat

X = Variabel Bebas

a = Intersep (titik potong antara garis regresi dengan sumbu Y)

b = Koefisien Regresi / *Slope*

Persamaan tersebut dapat digunakan untuk menaksir nilai Y jika nilai a, b dan X diketahui. Nilai “a” merupakan nilai Y yang dipotong oleh kurva linear pada sumbu vertical Y, atau nilai “a” adalah nilai Y jika nilai X = 0. Nilai b adalah kemiringan (*slope*) kurva linear yang menunjukkan besarnya peubah nilai setiap unit nilai X, besarnya a dan b konstan sepanjang kurva linear. Koefisien regresi a dan b dapat dihitung dengan rumus seperti berikut.

$$a = \frac{(\sum Y)(\sum x^2) - (\sum X)(\sum XY)}{n(\sum x^2) - (\sum X)^2} \quad (2-2)$$

$$b = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{n(\sum x^2) - (\sum X)^2} \quad (2-3)$$

Gradien (m) ini merepresentasikan seberapa besar penambahan jumlah kasus kerusakan ban aktual (y) untuk setiap kenaikan satu satuan nilai skor kerusakan jalan (x).

b. Koefisien Korelasi (r)

Koefisien korelasi (r) adalah sebuah nilai yang dipergunakan untuk mengukur derajat hubungan antara dua variabel. (Sugiyono, 2010). Untuk menentukan koefisien korelasi dapat dihitung dengan menggunakan rumus koefisien korelasi pearson seperti berikut :

$$r = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{n(\sum X^2) - (\sum X)^2} \cdot \sqrt{n(\sum Y^2) - (\sum Y)^2}} \quad (2-4)$$

Dari rumus ini, dapat diketahui nilai r dalam kisaran 1 hingga -1, atau bisa ditulis ($1 < r < -1$). Hubungan antara variabel dapat dikelompokkan menjadi 3 jenis, yaitu seperti berikut :

1. Korelasi Positif

Suatu hubungan dapat disebut korelasi positif, apabila kenaikan atau penurunan nilai suatu variabel diikuti variabel lainnya dengan arah yang sama (berbanding lurus). Hal ini berarti, apabila suatu variabel mengalami kenaikan, maka variabel lainnya akan mengalami kenaikan juga, begitupula sebaliknya. Jika kedua variabel berkorelasi positif maka nilai r akan mendekati 1

2. Korelasi Negatif

Korelasi negatif terjadi apabila perubahan antara variabel yang satu diikuti oleh variabel lainnya dengan arah yang berlawanan (berbanding terbalik). Artinya apabila variabel yang satu meningkat maka akan diikuti penurunan variabel lainnya. Jika kedua variabel berkorelasi negatif maka nilai koefisien korelasinya akan mendekati -1.

Tabel 2.4. Nilai Koefisien Korelasi (Sugiyono, 2010)

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
$(-0,80) - (-1,00)$	Sangat Kuat
$(-0,60) - (-0,799)$	Kuat
$(-0,40) - (-0,599)$	Sedang
$(-0,20) - (-0,399)$	Rendah
$(-0,01) - (-0,199)$	Sangat Rendah
0	Tidak Ada Hubungan
0,01 – 0,199	Sangat Rendah
0,20 – 0,399	Rendah
0,40 – 0,599	Sedang
0,60 – 0,799	Kuat
0,80 – 1,00	Sangat Kuat

3. Korelasi Nihil

Korelasi nihil terjadi apabila perubahan antara variabel yang satu diikuti oleh variabel lainnya dengan arah yang tidak teratur (acak). Artinya apabila variabel yang satu meningkat, terkadang diikuti dengan peningkatan pada variabel lain dan terkadang diikuti dengan penurunan pada variabel lain. Jika kedua variabel tidak berkorelasi maka nilai koefisien korelasinya akan mendekati 0 maka kedua variabel tidak mempunyai hubungan. (Lihat Tabel 2.4)

Hubungan positif ($r > 0$) dalam penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan kerusakan permukaan jalan (*defect score*) akan diikuti oleh peningkatan jumlah kasus kerusakan ban di lapangan.

c. Koefisien Determinasi (R^2)

Koefisien korelasi apabila dikuadratkan akan menjadi koefisien determinasi yang berarti penyebab perubahan pada variabel bebas (X) datan dari variabel terikat (Y) yaitu sebesar kuadrat koefisien korelasinya. Koefisien determinasi ini menjadi suatu angka yang menjelaskan besarnya suatu pengaruh variabel terikat (Y) terhadap naik turunnya variabel bebas (X). Klasifikasi nilai R^2 dapat dilihat di Tabel 2.5. Adapun persamaan yang digunakan yaitu :

$$KD = r^2 \quad (2-5)$$

Keterangan :

KD = Koefisien Determinasi

r = Koefisien Korelasi

Tabel 2.5. Klasifikasi Nilai Koefisien Determinasi (Sugiyono,2010)

Nilai R^2	Kekuatan Hubungan
$0 \leq R^2 < 0,25$	Variabel independen tidak memiliki pengaruh terhadap variabel dependen
$0,25 < R^2 < 0,50$	Variabel independen memiliki pengaruh lemah terhadap variabel dependen
$0,50 < R^2 < 0,75$	Variabel independen memiliki pengaruh moderat terhadap variabel dependen
$0,75 < R^2 < 1$	Variabel independen memiliki pengaruh kuat terhadap variabel dependen
$R^2 = 1$	Variabel independen berpengaruh secara penuh terhadap variabel dependen

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian

Penelitian ini bertujuan menganalisis geometri serta derajat kerusakan jalan tambang dengan menilai indeks kerusakan fungsional desain. Menilai indeks kerusakan fungsional desain adalah metode kuantitatif dan sistematis untuk menilai kondisi jalan tanpa perkerasan seperti jalan yang tidak dilapisi beton, aspal, atau perlakuan permukaan lainnya yang umumnya dijumpai di area pertambangan. Tujuan utamanya mencakup penilaian kesesuaian parameter geometris jalan terhadap standar yang berlaku serta identifikasi dan pengukuran kerusakan permukaan secara kuantitatif. Adapun tahap-tahap penelitian dilaksanakan sebagai berikut.

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Studi literatur

Studi literatur dimulai sebelum kegiatan lapangan dan berlanjut hingga penyusunan draf akhir. Pengumpulan data bersumber dari referensi akademik dan teknis, antara lain buku *Mining Hauling Road, Theory and Practice* (RJ Thompson dkk., 2011), skripsi Teknik Pertambangan UPN “Veteran” Yogyakarta, Jurnal Teknologi Pertambangan. Selain itu, Spesifikasi alat mekanis diperoleh langsung dari situs resmi produsen serta data sekunder yang mendukung penelitian diambil dari dokumen perusahaan.

2. Orientasi lapangan/ Studi Lapangan

Observasi langsung di lapangan bertujuan untuk mendapatkan gambaran nyata tentang kondisi jalan angkut di area tambang dan menyelami persoalan yang muncul saat operasional. Pada tahap ini pemeriksa rute Jalan angkut dari area *front Pit* STM 08 menuju *dumping point temporary ore stockpile* STM 04. dilakukan observasi lapangan terstruktur untuk menilai kondisi permukaan. Ruas dibagi ke dalam segmen homogen, lalu setiap segmen diperiksa secara visual pada jejak roda,

tepi jalur, dan bidang tengah. Kerusakan utama fungsional, yaitu *rutting*, *corrugation*, *potholes*, *loose aggregate*, *stoniness*. Selanjutnya semua data lapangan dirangkum untuk merumuskan pokok permasalahan dan menetapkan ruang lingkup penelitian agar analisis dapat difokuskan pada aspek kritis yaitu penyebab kerusakan ban.

3. Pengumpulan data

Penelitian ini memanfaatkan dua sumber data utama, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh langsung di lapangan melalui observasi, pengukuran, dan wawancara untuk menggambarkan kondisi aktual objek penelitian. Data sekunder berasal dari sumber yang telah ada, seperti laporan perusahaan, publikasi ilmiah, buku, dan dokumen teknis. Data sekunder berfungsi mendukung dan membandingkan data primer sehingga analisis menjadi lebih komprehensif, akurat, dan dapat dipertanggung jawabkan. Kombinasi kedua sumber ini memungkinkan validasi temuan serta memperkaya interpretasi terhadap permasalahan yang diteliti. Data yang digunakan dalam penelitian adalah :

A. Data primer

Data primer merupakan data yang dikumpulkan secara langsung di lapangan melalui metode pengamatan serta pengukuran sehingga mencerminkan kondisi aktual objek penelitian. Data yang diperoleh diantaranya :

1) Permukaan Jalan Bergelombang (*Corrugation*)

Pengambilan Identifikasi *corrugation* dilakukan dengan mengamati permukaan jalan di setiap segmen untuk menemukan pola gelombang melintang yang sejajar dengan arah lalu lintas. Survei dilakukan secara visual, baik dengan berjalan kaki maupun berkendara pada kecepatan rendah agar pola gelombang terdeteksi secara akurat. Panjang total area yang terdampak diukur menggunakan pita ukur atau alat pengukur jarak (*odometer*). Data tersebut kemudian diklasifikasikan ke dalam tingkat keparahan (rendah, sedang, tinggi) merujuk pada kriteria sub-bab 2.2.3. Hasil pengukuran panjang dan tingkat keparahan digunakan untuk menghitung densitas kerusakan, yang selanjutnya

dikonversi menjadi *deduct value* melalui kurva penilaian untuk menentukan skor kondisi jalan.

2) Lubang (*Potholes*)

Pengambilan data lubang dilakukan melalui pemeriksaan menyeluruh pada setiap segmen jalan untuk mengidentifikasi hilangnya material permukaan secara lokal. Proses inspeksi dilakukan dengan berjalan kaki atau berkendara perlahan agar tidak ada lubang yang terlewatkan. Dimensi lubang (panjang atau luas) diukur secara linear atau melalui estimasi alat ukur, lalu dikategorikan berdasarkan tingkat keparahan (rendah, sedang, tinggi) dengan mempertimbangkan ukuran, kedalaman, serta frekuensi kemunculannya. Data ini menjadi dasar perhitungan densitas kerusakan yang dikonversi menjadi *deduct value* guna mengevaluasi kondisi jalan tidak beraspal.

3) Alur Ban (*Rutting*)

Identifikasi *rutting* dilakukan dengan mengamati alur memanjang pada jalur roda yang terbentuk akibat deformasi permanen. Kedalaman alur diukur menggunakan mistar atau penggaris baja yang diletakkan melintang di atas permukaan jalan, dengan menghitung jarak vertikal dari dasar alur ke elevasi tertinggi di sekitarnya. Selain kedalaman, panjang total area yang mengalami *rutting* juga diukur menggunakan pita ukur. Tingkat keparahan ditentukan berdasarkan kriteria pada sub-bab 2.2.3, yang kemudian diolah menjadi nilai densitas dan *deduct value* untuk menentukan skor akhir kondisi perkerasan.

4) *loose material*

Pengambilan Data *loose material* diperoleh dengan memeriksa keberadaan agregat seperti kerikil atau batu pecah yang tidak terikat pada permukaan jalan. Pemeriksaan dilakukan secara visual sepanjang segmen jalan dengan kecepatan rendah guna memastikan sebaran material terpantau jelas. Dimensi area yang memiliki material lepas diukur secara linear dan diklasifikasikan ke dalam tingkat keparahan berdasarkan jumlah serta distribusinya. Parameter panjang dan tingkat keparahan ini digunakan untuk menghitung densitas

kerusakan, yang kemudian dikonversi menjadi *deduct value* dalam sistem penilaian kondisi jalan.

5) *Stoniness*

Pengambilan data *stoniness* dilakukan melalui inspeksi visual terstruktur untuk mengidentifikasi butiran batu yang menonjol secara permanen pada lapis permukaan (*wearing course*). Pengukuran meliputi tinggi tonjolan di atas permukaan serta kepadatan sebarannya (*extent*). Kriteria penilaian didasarkan pada tingkat ketidaknyamanan akibat getaran dan potensi gangguan terhadap manuver kendaraan. Kerusakan ini diklasifikasikan menjadi tingkat keparahan rendah, sedang, atau tinggi, yang kemudian diolah menjadi densitas kerusakan dan *deduct value* melalui kurva penilaian khusus.

B. Data Sekunder

1) Peta Kesampaian Daerah

Dokumen ini dikumpulkan untuk memperoleh informasi mengenai aksesibilitas wilayah penelitian. Peta ini berfungsi sebagai landasan dalam menganalisis akses, merencanakan rute transportasi, serta mendukung aspek logistik dan operasional selama penelitian berlangsung.

2) Peta Jalan Angkut

Peta ini biasanya memuat informasi jalur utama jalan angkut serta konektivitasnya dengan lokasi pemuatan dan pembongkaran material. Peta jalan angkut ini digunakan sebagai acuan dalam menganalisis. Berdasarkan peta jalan angkut yang telah diperoleh, dapat ditentukan segmen jalan untuk mempermudah pengambilan data mengenai kerusakan jalan per segmen. Pada penelitian ini terdapat 12 segmen jalan yang telah dibuat mulai dari *front* menuju *dumping point*.

3) Data Topografi

Data topograafi diperoleh dari Departemen *MinePlan Engineering* PT STM Tbk. Data tersebut diolah untuk mengidentifikasi letak terjadinya kerusakan

jalan dan merumuskan strategi prioritas perbaikan jalan sesuai dengan penilaian yang dilakukan.

4) Data Historis Pemeliharaan Ban

Data Historis kerusakan ban diperoleh dari Departemen *Maintenace* PT STM Tbk. Data tersebut digunakan untuk mengetahui tingkat dan jenis kerusakan ban terkhususnya untuk ban ADT. Data ini kemudian menjadi dasar untuk perlu diketahui dan di validasi penyebab eskternalnya di lapangan secara langsung.

5) Spesifikasi Alat

Data spesifikasi alat sebagai data sekunder diperoleh dari *handbook* yang telah diterbitkan oleh pihak Komatsu. Data spesifikasi ini berguna sebagai acuan dalam menganalisis kerusakan ban yang digunakan oleh unit alat angkut.

6) Curah Hujan

Data curah hujan diperoleh dari Departemen *Health Safety Environment and Trainee* PT STM Tbk. Data curah hujan digunakan untuk mengetahui kondisi cuaca di tempat penelitian dan kaitannya dengan kerusakan permukaan jalan angkut.

7) Pengolahan data

Data yang terkumpul diolah untuk menghasilkan informasi yang sesuai tujuan penelitian. Fokus pada tiga aspek utama yaitu geometri jalan angkut aktual, kondisi permukaan jalan, dan produktivitas alat angkut. Perhitungan dan grafik dengan bantuan perangkat lunak Microsoft Excel. Ekstraksi jarak antar segmen dengan bantuan perangkat lunak DESWIK. Pemetaan segmen jalan dengan bantuan perangkat lunak ArcGIS. Pengolahan data yang dilakukan antara lain :

a. Penilaian Kondisi Kualitatif Jalan

Jalan angkut dibagi menjadi beberapa segmen. Setiap segmen dinilai berdasarkan jenis dan tingkat kerusakan. Pengolahan skor dilakukan diproses dengan bantuan perangkat lunak Microsoft Excel. Nilai DS dan RDS kemudian ditampilkan untuk mengetahui tingkat keparahan keseluruhan per-segmen jalan.

b. Analisis Kerusakan Ban ADT

Kerusakan ban historis diolah dan dianalisis dengan menyatukan semua data historis yang ada, sehingga didapatkan jenis kerusakan yang paling sering terjadi yang kemudian dibuktikan penyebabnya yang dalam penelitian ini dikaji dengan faktor penyebab eksternalnya yaitu kondisi permukaan jalan. Pengolahan dan visualisasi diproses dengan bantuan perangkat lunak Microsoft Excel.

c. Korelasi kerusakan Ban oleh kondisi permukaan jalan angkut.

Korelasi kerusakan dilakukan dengan pembuktian penyebab kerusakan ban yang paling banyak terjadi kemudian di kaitkan dengan penyebabnya, dalam penelitian ini adalah faktor eksternalnya/kondisi permukaan jalan angkut . Hasil akhir kemudian tersaji dalam bentuk peta, tabel, dan grafik kondisi jalan per-segmen berdasarkan hasil akhir klasifikasi kondisi permukaan jalan menggunakan metode R.J. Thompson. Seluruh keluaran digunakan untuk menganalisis masalah pada jalur angkut. Temuan tersebut kemudian dirumuskan menjadi langkah perbaikan.

C) Analisis Data

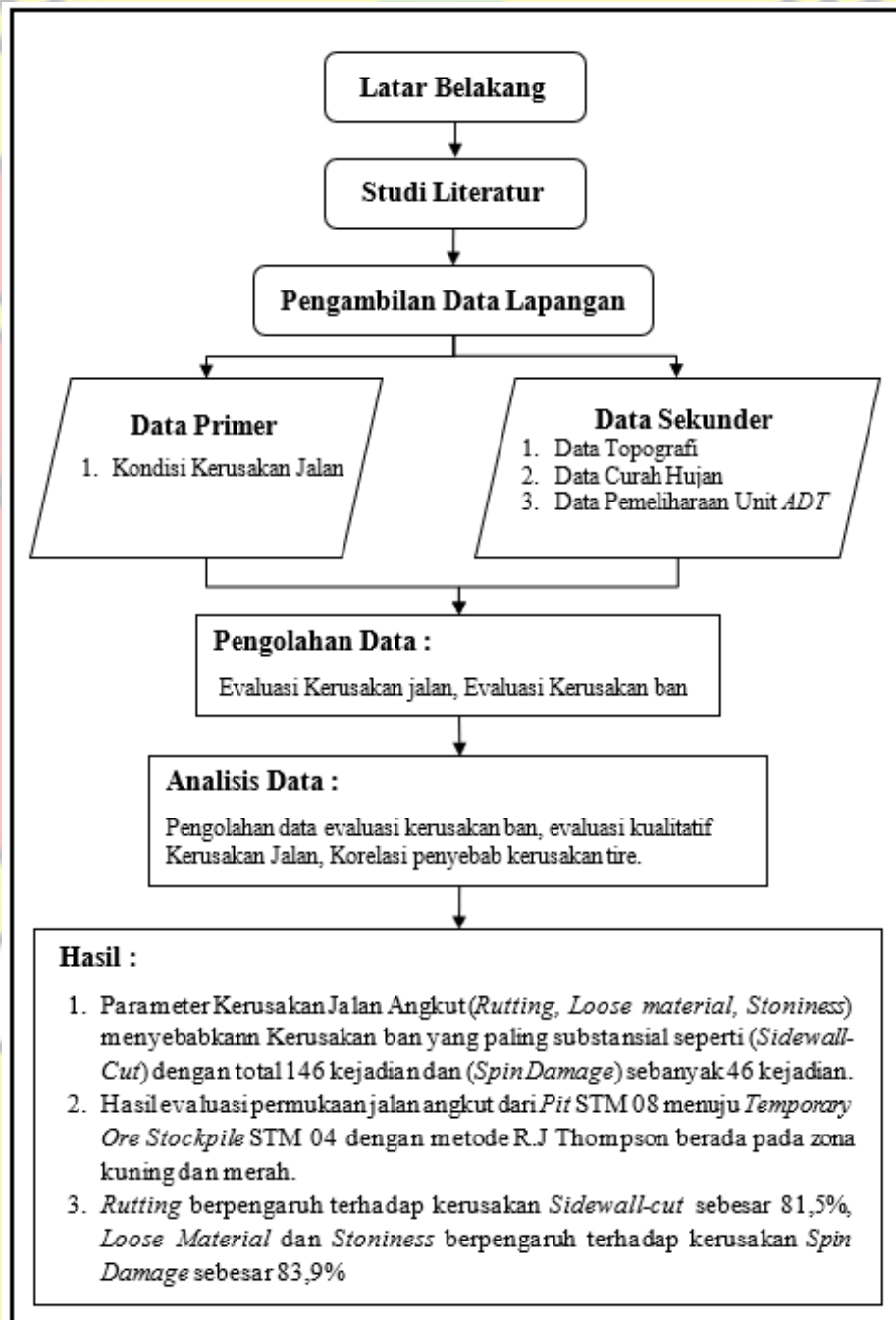
Analisis data dilakukan untuk menghasilkan temuan terukur dari pengolahan data sebagai dasar penarikan kesimpulan dan perumusan solusi. Metode yang digunakan adalah analisis korelasi untuk menafsirkan data numerik sehingga pola dan tren yang relevan untuk pengambilan keputusan dapat diidentifikasi.

Pada tahap ini dievaluasi kondisi kerusakan jalan terhadap kerusakan ban aktual. Kesesuaian kerusakan jalan dikaitkan dengan kerusakan ban yang terjadi serta ketentuan jumlah ban sesuai rencana operasional perusahaan. Seluruh hasil dianalisis secara terpadu untuk menyusun rekomendasi perbaikan jalan angkut dan pengelolaan operasional agar kinerja angkutan memenuhi target secara aman, optimal, dan efisien.

D) Kesimpulan dan Saran

Hasil riset dituangkan dalam laporan yang merangkum temuan utama dan menjadi dasar penyusunan kesimpulan terkait pengaruh tingkat kerusakan jalan angkut terhadap kerusakan ban. Dokumen disusun ringkas dan runtut yang

berawal dari pemaparan data, dilanjutkan metode, hingga interpretasi untuk menilai kesesuaian kondisi terhadap standar dan pengaruhnya pada alat angkut. Laporan ini juga menyajikan hasil evaluasi dan rekomendasi yang dapat dijadikan rujukan bagi penelitian sejenis agar pelaksanaannya lebih optimal dan efektif.



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian

BAB IV

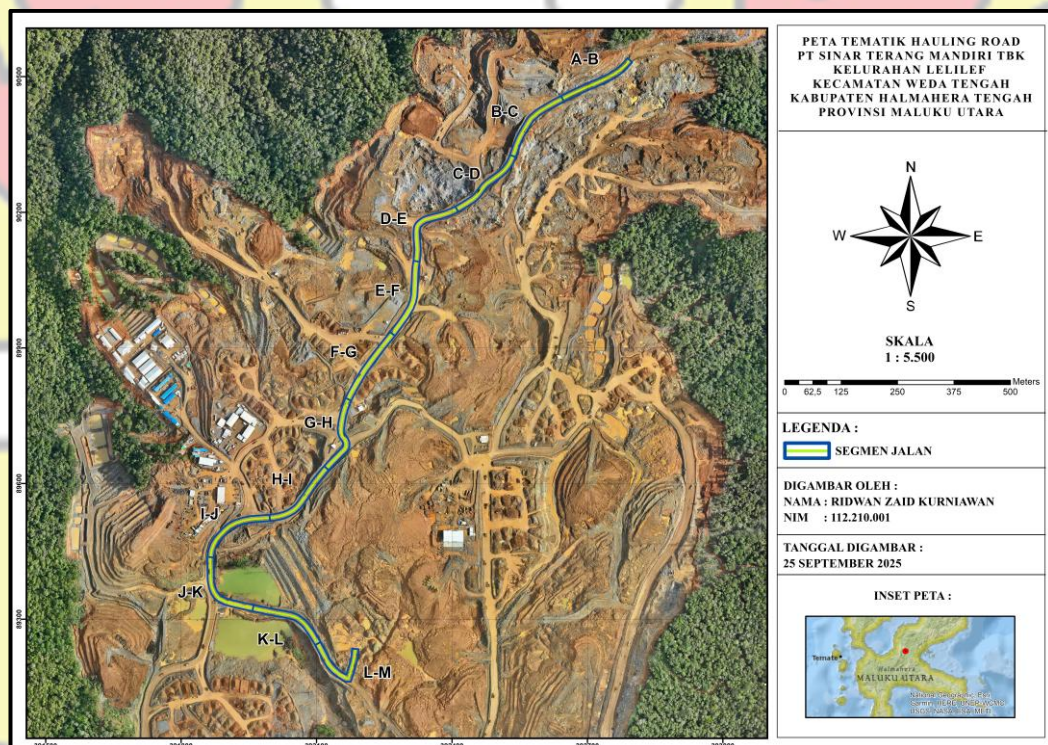
PENYAJIAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1. Penyajian Data

Penyajian data adalah tahap menampilkan hasil pengumpulan dan olahan data secara runtut agar mudah dibaca, dibandingkan, diinterpretasikan, serta dicantumkan guna memberi konteks awal sebelum tahap pengolahan atau analisis berikutnya. Secara umum, data yang disajikan mencakup variabel utama dan pendukung yang relevan dengan tujuan dan ruang lingkup penelitian. Berikut data yang disajikan dalam penelitian ini:

4.1.1. Visualisasi Kondisi Jalan Angkut

Kondisi permukaan jalan angkut pada lokasi penelitian dipetakan untuk memberikan gambaran spasial mengenai tingkat kerusakan pada setiap segmen jalan angkut. Peta tematik di bawah ini menyajikan pembagian 12 segmen jalan angkut dari titik A hingga M.



Gambar 4.1. Peta Tematik *Hauling Road*

Kondisi permukaan jalan pada setiap segmennya dijabarkan sebagai berikut dan lebih di detailnya dapat dilihat pada Sub-Bab 4.1.2.

1. Segmen berkategori merah

Segmen A-B, J-K, K-L, dan L-M ini memiliki skor tertinggi (skor 52 hingga 69) yang menunjukkan tingkat kerusakan paling parah. Pada area ini, ditemukan berbagai jenis kerusakan seperti *potholes* (lubang) yang dalam dan *rutting* (alur ban) yang signifikan. Kondisi ini masuk dalam kategori (Perbaikan Jalan Segera).

2. Segmen berkategori kuning

Segmen B-C, C-D, D-E, E-F, F-G, G-H, H-I, dan I-J ini memiliki skor antara 38 hingga 45. Secara visual, ditemukan adanya kerusakan berupa *corrugations* (gelombang) dan *loose material* (material lepas) pada permukaan jalan. Kondisi ini masuk dalam kategori (Perbaikan Jalan Direkomendasikan).

4.1.2. Kondisi Kualitatif Kerusakan Jalan

Hasil penilaian kualitatif kondisi jalan angkut PT STM Tbk pada ruas jalan *pit* STM 08 menuju *temporary ore stockpile* STM 04 disusun dengan membagi menjadi beberapa segmen, dengan panjang 175 meter per-segmen. Evaluasi ini berfokus pada lima parameter kerusakan utama berdasarkan metode R.J.Thompson (2011), antara lain :

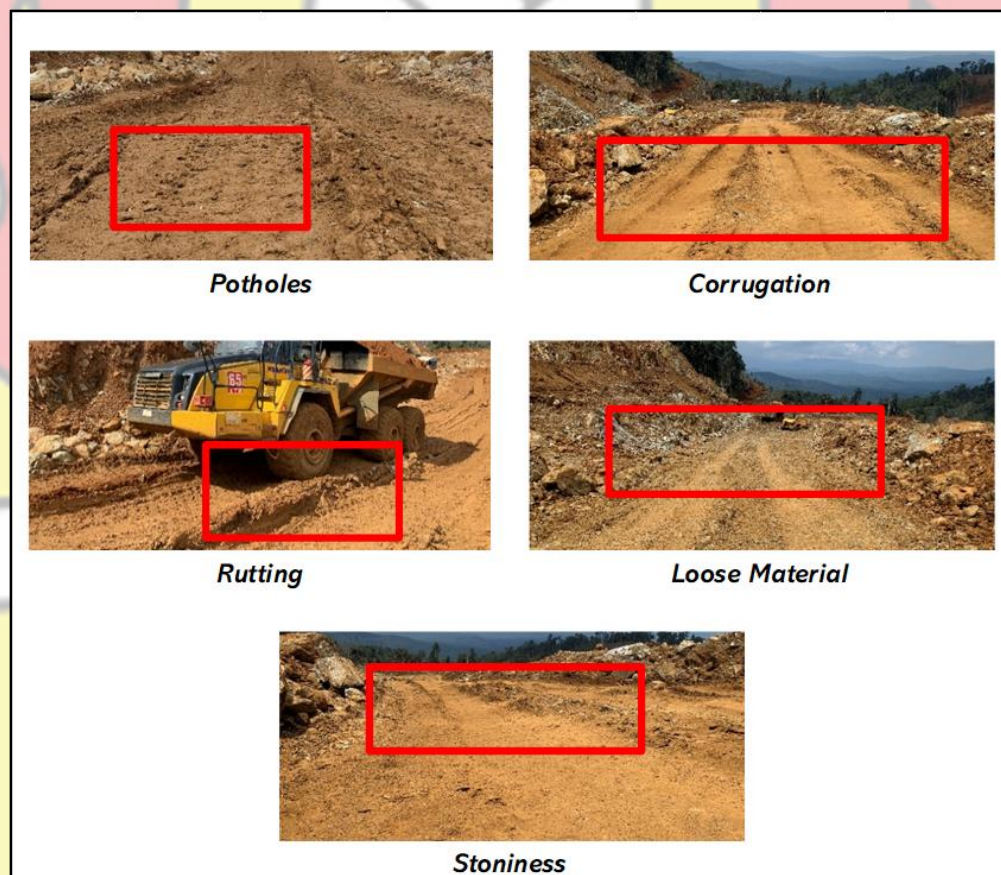
1. *Potholes* (Lubang): Identifikasi terhadap hilangnya material permukaan yang membentuk rongga sehingga kemudian di ukur diameter lubangnya.
2. *Corrugations* (Gelombang): Pengamatan pola gelombang melintang pada permukaan jalan.
3. *Rutting* (Alur Bekas Roda): Pengukuran kedalaman deformasi permanen pada jalur lintasan ban/amblasan.
4. *Loose Material* (Material Lepas): Penilaian akumulasi agregat yang tidak terikat pada lapisan permukaan jalan angkut.
5. *Stoniness* (Bebatuan Menonjol): Evaluasi terhadap material batu besar yang tertanam namun menonjol, yang berpotensi mengganggu stabilitas kendaraan.

1. Segmen A-B

Segmen A-B memiliki nilai Total DS 52 (lihat lampiran B), Termasuk dalam kategori buruk dan perlu segera dilakukan perbaikan jalan. Dimensi dan bobot dari setiap kerusakan pada jalan segmen A-B dapat dilihat pada Tabel 4.1. Sedangkan dokumentasi kerusakan jalan dapat dilihat pada Gambar 4.2.

Tabel 4. 1 Kerusakan dan Tingkat Keparahannya Segmen A-B

No	Jenis Kerusakan	Keterangan
1	Rutting	52 cm
2	Corrugation	Sedikit Bergelombang, sulit untuk dirasakan dalam kendaraan.
3	Potholes	Permukaan bercak ditandai, ukuran diameter lubang < 50mm
4	Loose Material	Terdapat material lepas yang signifikan, pada jalan, berukuran 20-40mm
5	Stoniness	Batu menonjol dan berpengaruh terhadap kualitas berkendara di kendaraan tapi masih dapat diterima



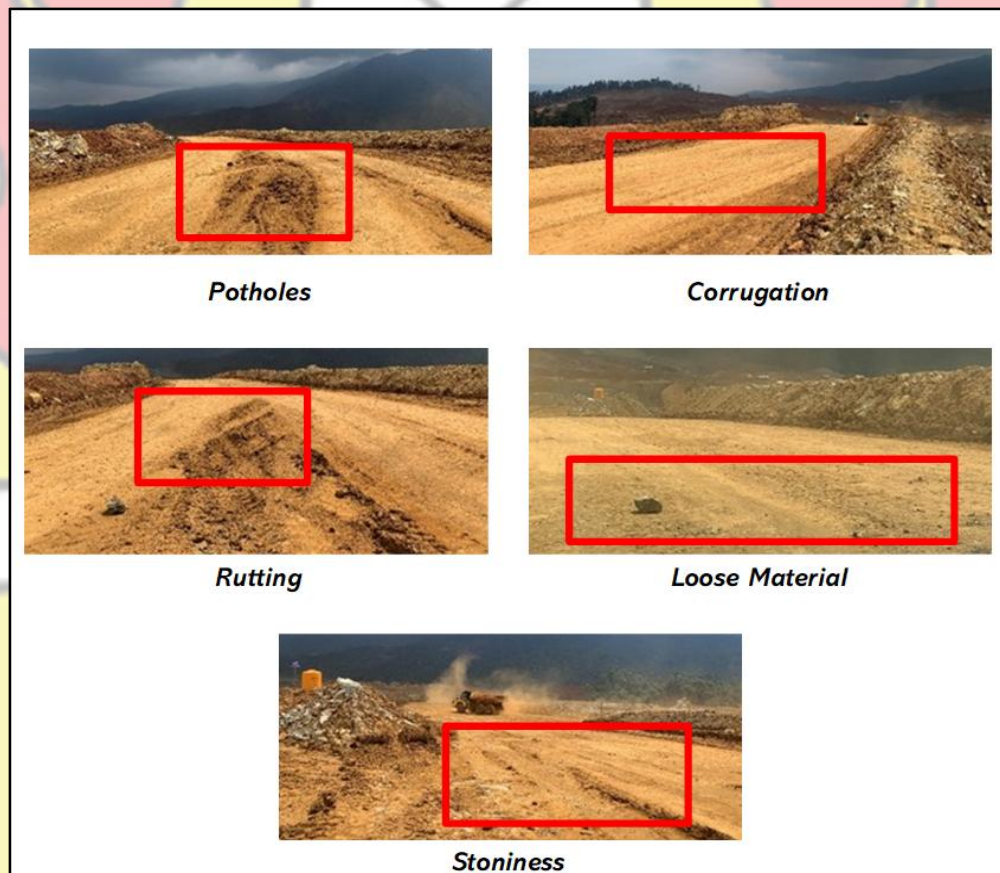
Gambar 4. 2 Dokumentasi Kerusakan Jalan Segmen A-B.

2. Segmen B-C

Segmen B-C memiliki nilai Total DS 42 (lihat lampiran B), Termasuk dalam kategori sedang dan pemeliharaan jalan direkomendasikan. Dimensi dan bobot dari setiap kerusakan pada jalan segmen B-C dapat dilihat pada Tabel 4.2. Sedangkan dokumentasi kerusakan jalan dapat dilihat pada Gambar 4.3.

Tabel 4.2. Kerusakan dan Tingkat Keparahan Segmen B-C

No	Jenis Kerusakan	Keterangan
1	Rutting	22 cm
2	Corrugation	Sedikit Bergelombang, sulit untuk dirasakan dalam kendaraan.
3	Potholes	Permukaan bercak ditandai, ukuran diameter lubang < 50mm
4	Loose Material	Terdapat material lepas yang signifikan, pada jalan, berukuran 20-40mm
5	Stoniness	Beberapa batu menonjol, tapi hampir tidak terasa di kendaraan



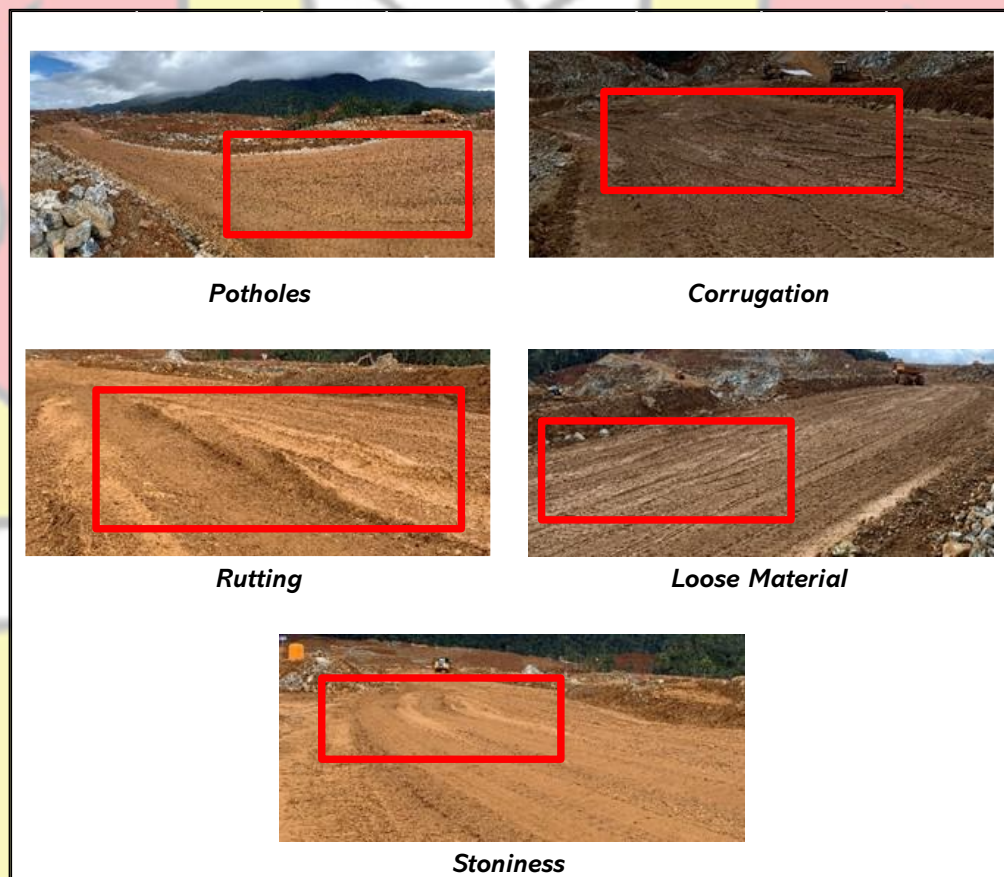
Gambar 4.3. Dokumentasi Kerusakan Jalan Segmen B-C.

3. Segmen C-D

Segmen C-D memiliki nilai Total DS 41 (lihat lampiran B), Termasuk dalam kategori sedang dan pemeliharaan jalan direkomendasikan. Dimensi dan bobot dari setiap kerusakan pada jalan segmen C-D dapat dilihat pada Tabel 4.3. Sedangkan dokumentasi kerusakan jalan dapat dilihat pada Gambar 4.4.

Tabel 4.3. Kerusakan dan Tingkat Keparahan Segmen C-D

No	Jenis Kerusakan	Keterangan
1	Rutting	28 cm
2	Corrugation	Sedikit Bergelombang, sulit untuk dirasakan dalam kendaraan.
3	Potholes	Permukaan bercak ditandai, ukuran diameter lubang < 50mm
4	Loose Material	Sangat sedikit material lepas pada jalan, tebal < 5mm
5	Stoniness	Beberapa batu menonjol, tapi hampir tidak terasa di kendaraan



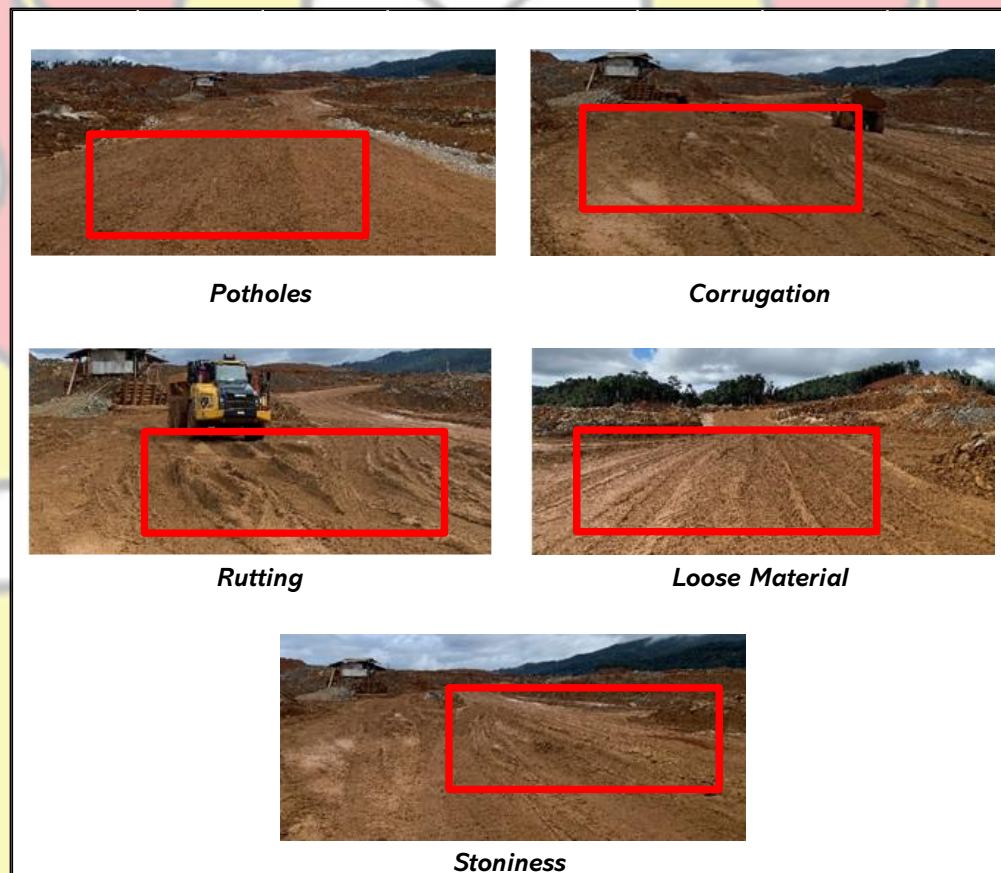
Gambar 4.4. Dokumentasi Kerusakan Jalan Segmen C-D.

4. Segmen D-E

Segmen D-E memiliki nilai Total DS 42 (lihat lampiran B), termasuk dalam kategori sedang dan pemeliharaan jalan direkomendasikan. dimensi dan bobot dari setiap kerusakan pada jalan segmen D-E dapat dilihat pada Tabel 4.4. Sedangkan dokumentasi kerusakan jalan dapat dilihat pada Gambar 4.5.

Tabel 4.4. Kerusakan dan Tingkat Keparahan Segmen D-E

No	Jenis Kerusakan	Keterangan
1	Rutting	22 cm
2	Corrugation	Sedikit Bergelombang, sulit untuk dirasakan dalam kendaraan.
3	Potholes	Permukaan bercak ditandai, ukuran diameter lubang < 50mm
4	Loose Material	Terdapat material lepas yang signifikan, pada jalan, berukuran 20-40mm
5	Stoniness	Beberapa batu menonjol, tapi hampir tidak terasa di kendaraan



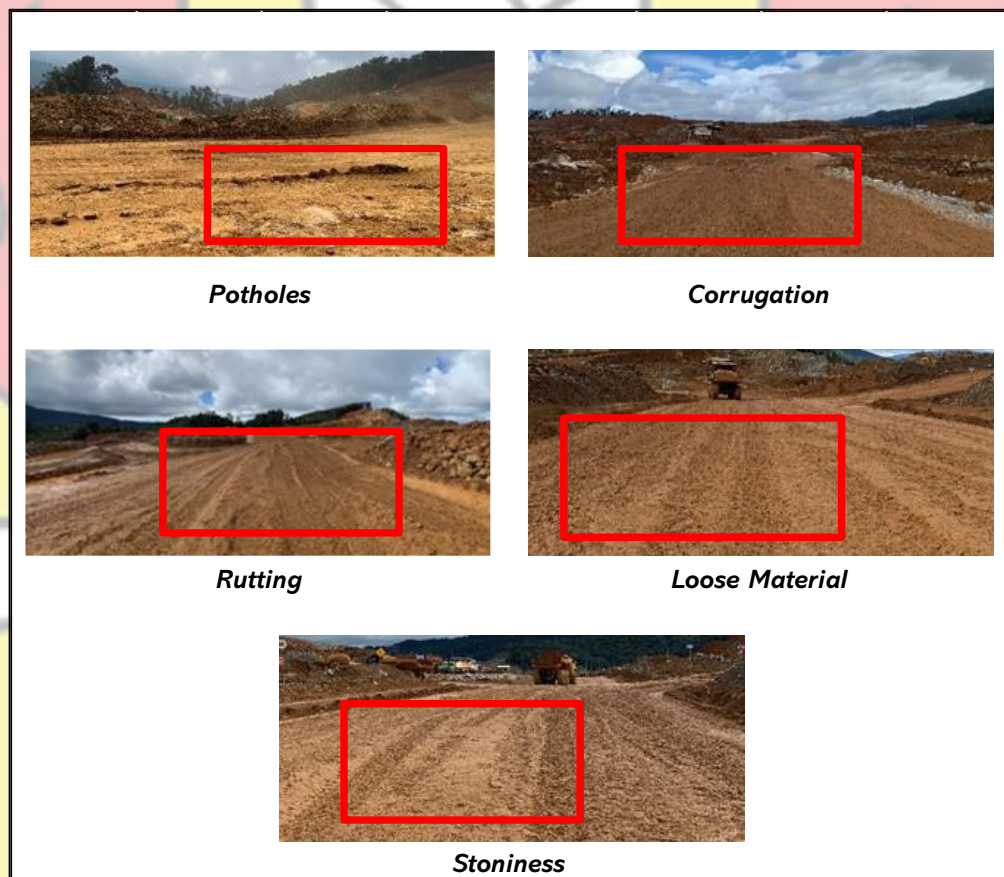
Gambar 4.5. Dokumentasi Kerusakan Jalan Segmen D-E.

5. Segmen E-F

Segmen E-F memiliki nilai Total DS 45 (lihat lampiran B), Termasuk dalam kategori sedang dan pemeliharaan jalan direkomendasikan. Dimensi dan bobot dari setiap kerusakan pada jalan segmen E-F dapat dilihat pada Tabel 4.5. Sedangkan dokumentasi kerusakan jalan dapat dilihat pada Gambar 4.6.

Tabel 4.5. Kerusakan dan Tingkat Keparahan Segmen E-F

No	Jenis Kerusakan	Keterangan
1	Rutting	58 cm
2	Corrugation	Sedikit Bergelombang, sulit untuk dirasakan dalam kendaraan.
3	Potholes	Permukaan bercak ditandai, ukuran diameter lubang < 50mm
4	Loose Material	Sangat sedikit material lepas pada jalan, tebal < 5mm
5	Stoniness	Beberapa batu menonjol, tapi hampir tidak terasa di kendaraan



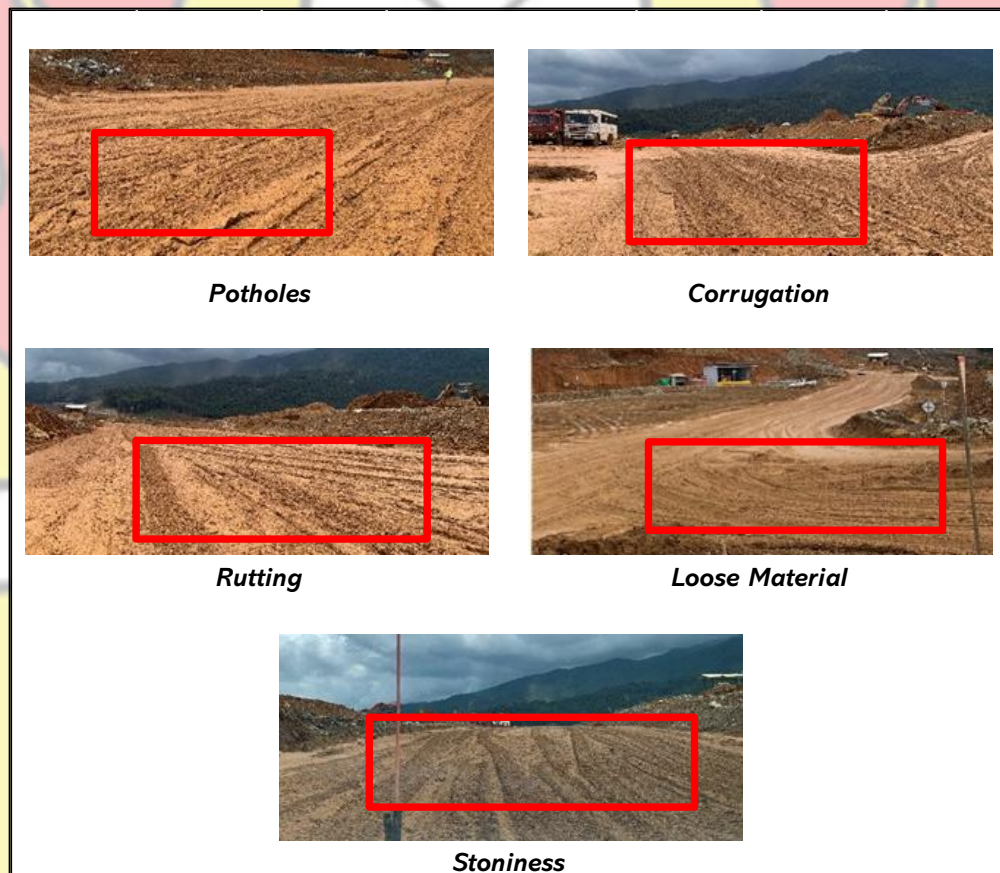
Gambar 4.6. Dokumentasi Kerusakan Jalan Segmen E-F.

6. Segmen F-G

Segmen F-G memiliki nilai Total DS 45 (lihat lampiran B), Termasuk dalam kategori sedang dan pemeliharaan jalan direkomendasikan. Dimensi dan bobot dari setiap kerusakan pada jalan segmen F-G dapat dilihat pada Tabel 4.6. Sedangkan dokumentasi kerusakan jalan dapat dilihat pada Gambar 4.7.

Tabel 4.6. Kerusakan dan Tingkat Keparahan Segmen F-G.

No	Jenis Kerusakan	Keterangan
1	Rutting	35 cm
2	Corrugation	Sedikit Bergelombang, sulit untuk dirasakan dalam kendaraan.
3	Potholes	Permukaan bercak ditandai, ukuran diameter lubang < 50mm
4	Loose Material	Terdapat material lepas yang signifikan, pada jalan, berukuran 20-40mm
5	Stoniness	Beberapa batu menonjol, tapi hampir tidak terasa di kendaraan



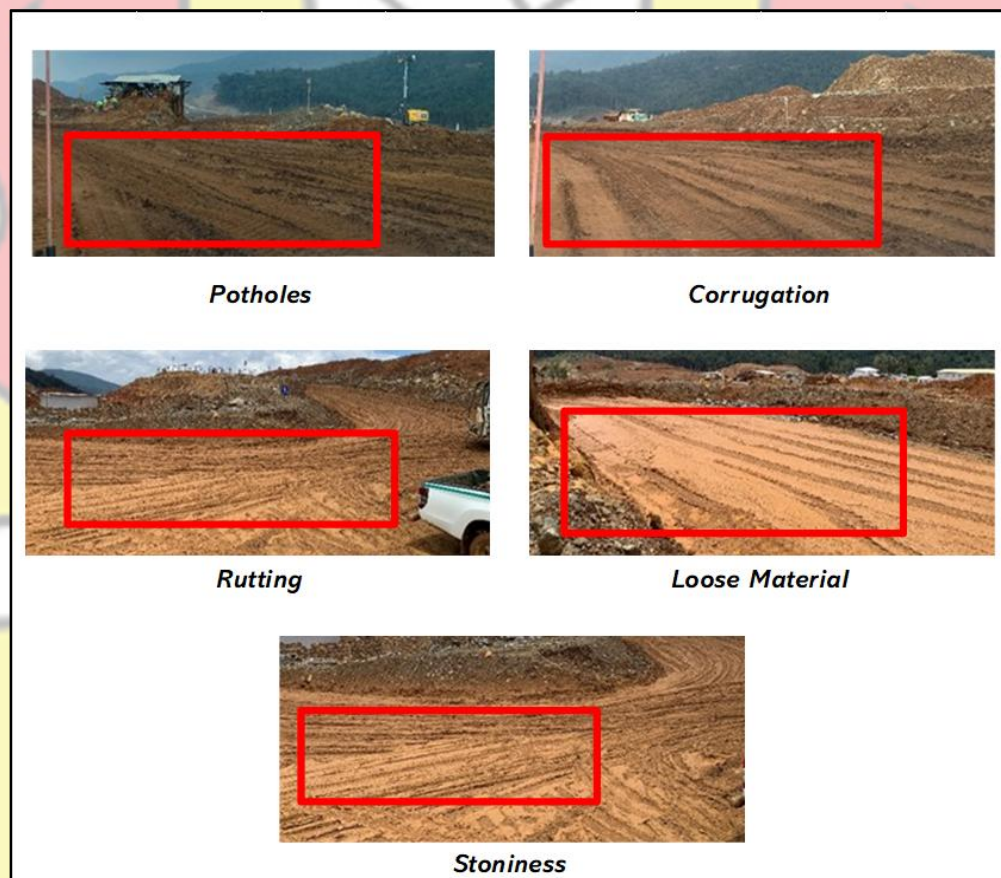
Gambar 4.7. Dokumentasi Kerusakan Jalan Segmen F-G.

7. Segmen G-H

Segmen G-H memiliki nilai Total DS 40 (lihat lampiran B), Termasuk dalam kategori sedang dan pemeliharaan jalan direkomendasikan. Dimensi dan bobot dari setiap kerusakan pada jalan segmen G-H dapat dilihat pada Tabel 4.7. Sedangkan dokumentasi kerusakan jalan dapat dilihat pada Gambar 4.8.

Tabel 4.7. Kerusakan dan Tingkat Keparahan Segmen G-H.

No	Jenis Kerusakan	Keterangan
1	Rutting	22 cm
2	Corrugation	Sedikit Bergelombang, sulit untuk dirasakan dalam kendaraan.
3	Potholes	Permukaan bercak ditandai, ukuran diameter lubang < 50mm
4	Loose Material	Sangat sedikit material lepas pada jalan, tebal < 5mm
5	Stoniness	Beberapa batu menonjol, tapi hampir tidak terasa di kendaraan



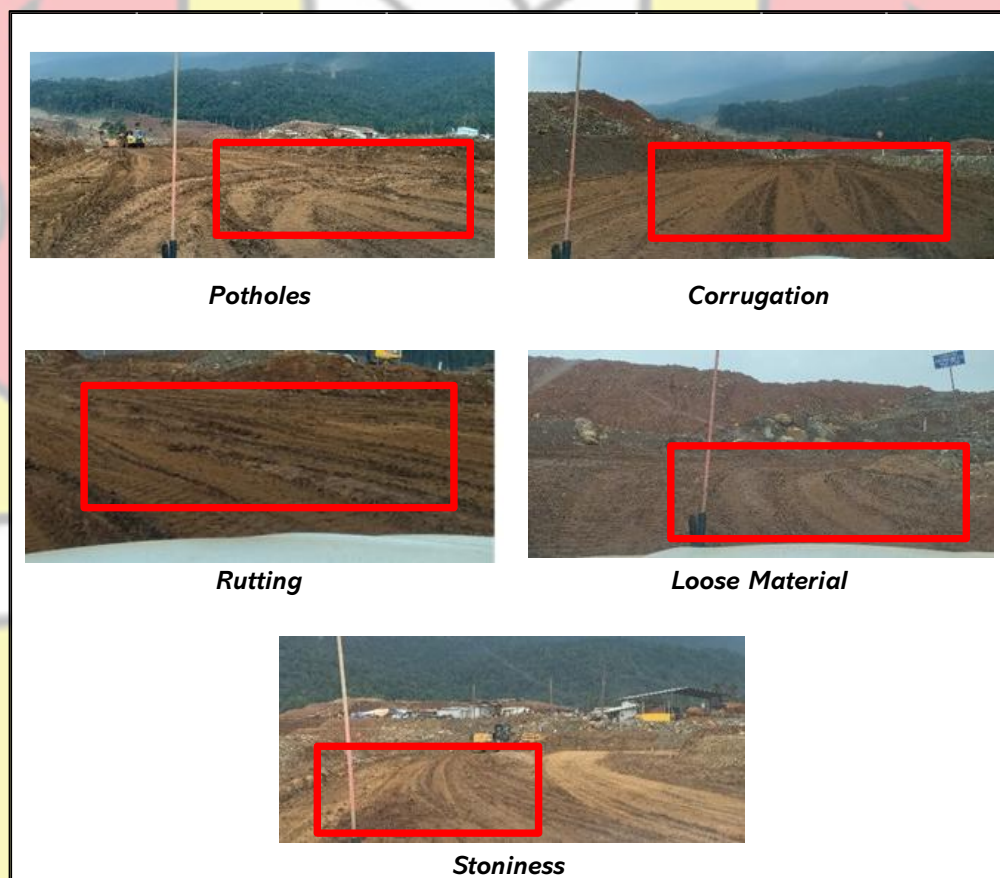
Gambar 4.8. Dokumentasi Kerusakan Jalan Segmen G-H.

8. Segmen H-I

Segmen H-I memiliki nilai Total DS 40 (lihat lampiran B), Termasuk dalam kategori sedang dan pemeliharaan jalan direkomendasikan. Dimensi dan bobot dari setiap kerusakan pada jalan segmen H-I dapat dilihat pada Tabel 4.8. Sedangkan dokumentasi kerusakan jalan dapat dilihat pada Gambar 4.9.

Tabel 4.8. Kerusakan dan Tingkat Keparahannya Segmen H-I.

No	Jenis Kerusakan	Keterangan
1	Rutting	24 cm
2	Corrugation	Sedikit Bergelombang, sulit untuk dirasakan dalam kendaraan.
3	Potholes	Permukaan bercak ditandai, ukuran diameter lubang < 50mm
4	Loose Material	Sangat sedikit material lepas pada jalan, tebal < 5mm
5	Stoniness	Beberapa batu menonjol, tapi hampir tidak terasa di kendaraan



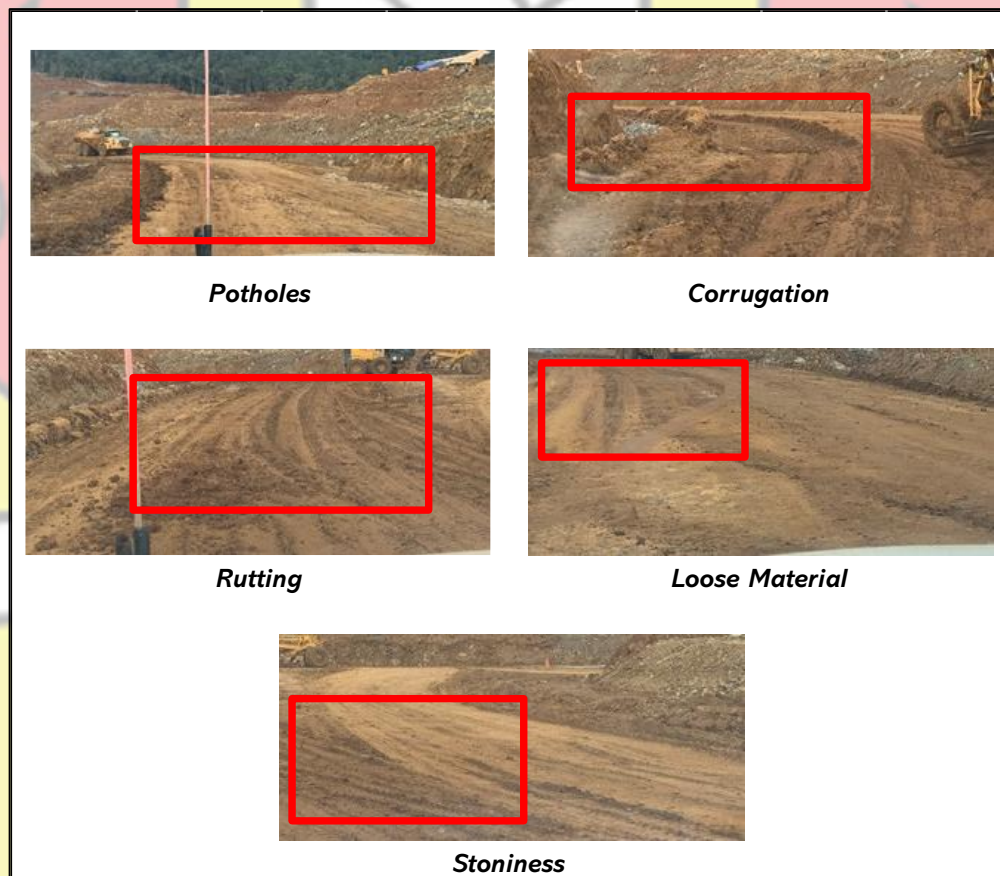
Gambar 4.9. Dokumentasi Kerusakan Jalan Segmen H-I.

9. Segmen I-J

Segmen I-J memiliki nilai Total DS 38 (lihat lampiran B), Termasuk dalam kategori sedang dan pemeliharaan jalan direkomendasikan. Dimensi dan bobot dari setiap kerusakan pada jalan segmen I-J dapat dilihat pada Tabel 4.9. Sedangkan dokumentasi kerusakan jalan dapat dilihat pada Gambar 4.10.

Tabel 4.9. Kerusakan dan Tingkat Keparahan Segmen I-J.

No	Jenis Kerusakan	Keterangan
1	Rutting	22 cm
2	Corrugation	Sedikit Bergelombang, sulit untuk dirasakan dalam kendaraan.
3	Potholes	Permukaan bercak ditandai, ukuran diameter lubang < 50mm
4	Loose Material	Sangat sedikit material lepas pada jalan, tebal < 5mm
5	Stoniness	Beberapa batu menonjol, tapi hampir tidak terasa di kendaraan



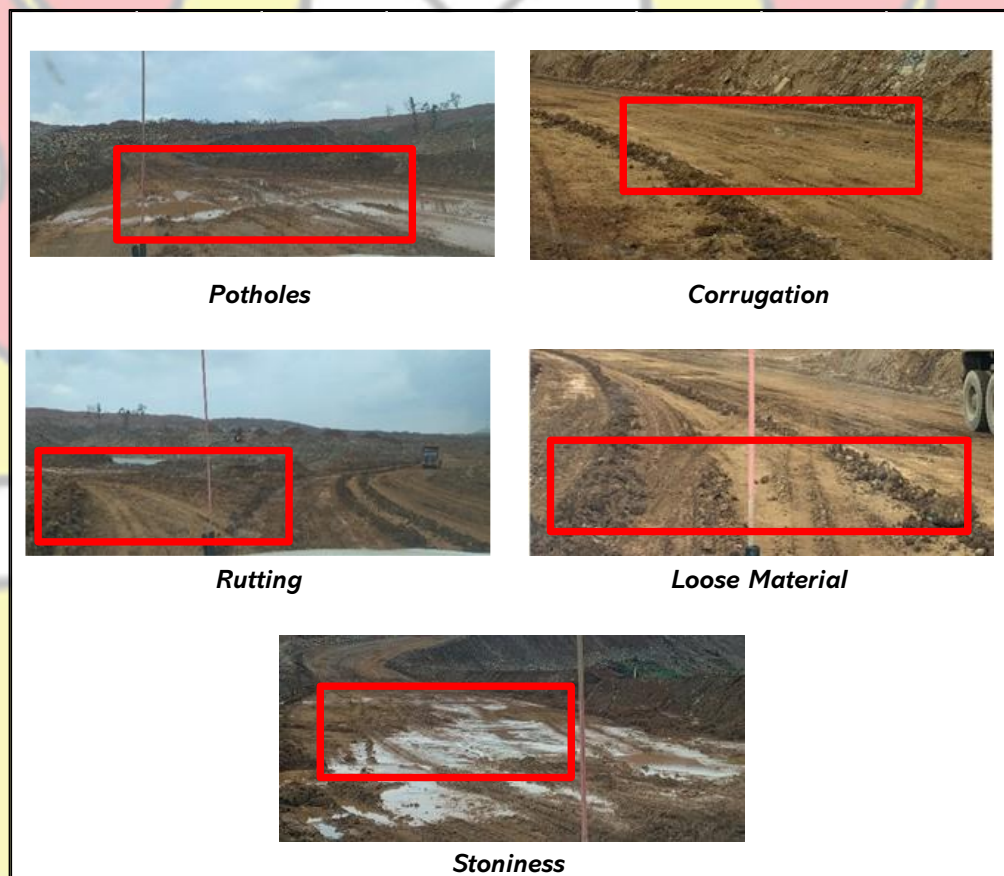
Gambar 4.10. Dokumentasi Kerusakan Jalan Segmen I-J.

10. Segmen J-K

Segmen J-K memiliki nilai Total DS 54 (lihat lampiran B), Termasuk dalam kategori buruk dan perlu segera dilakukan perbaikan jalan. Dimensi dan bobot dari setiap kerusakan pada jalan segmen J-K dapat dilihat pada Tabel 4.10. Sedangkan dokumentasi kerusakan jalan dapat dilihat pada Gambar 4.11.

Tabel 4.10. Kerusakan dan Tingkat Keparahan Segmen J-K.

No	Jenis Kerusakan	Keterangan
1	Rutting	28 cm
2	Corrugation	Jalan bergelombang terlihat di truk pengangkut dan menyebabkan pengemudi mengurangi kecepatan.
3	Potholes	Diameter Lubang jalan >800mm, membutuhkan pengurangan kecepatan atau penghindaran total
4	Loose Material	Terdapat material lepas yang signifikan, pada jalan, berukuran 20-40mm
5	Stoniness	Batu menonjol dan berpengaruh terhadap kualitas berkendara di kendaraan tapi masih dapat diterima



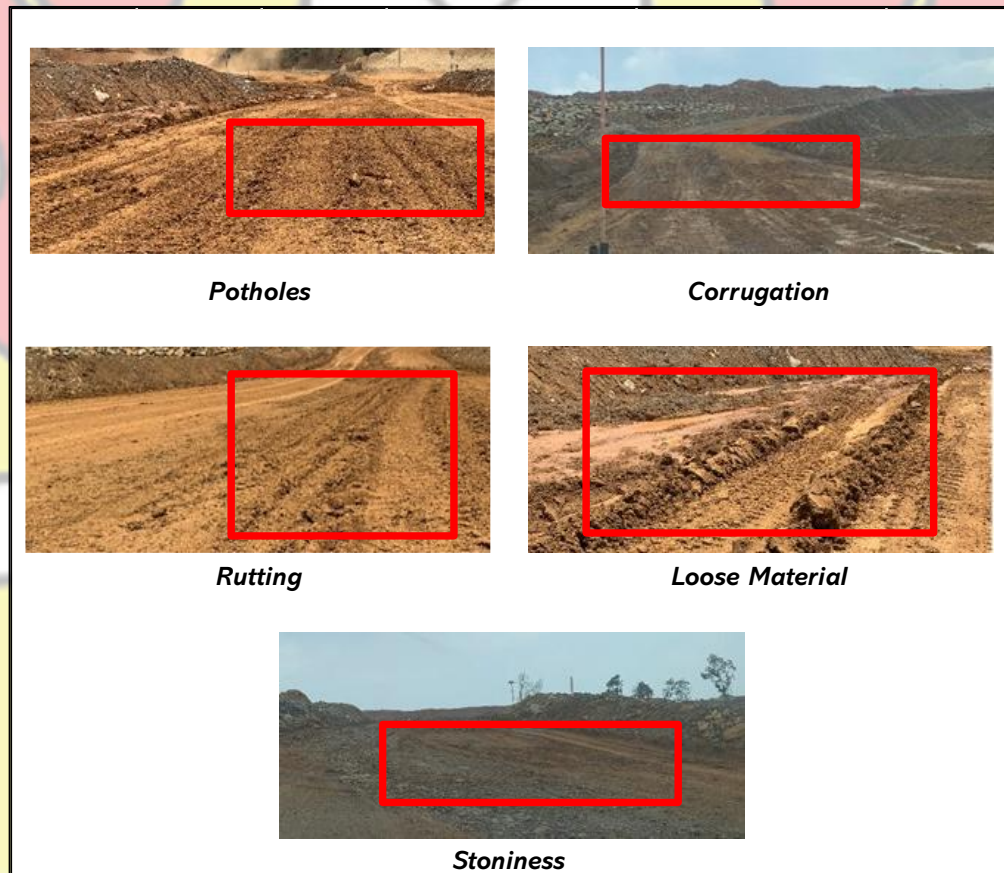
Gambar 4.11. Dokumentasi Kerusakan Jalan Segmen J-K.

11. Segmen K-L

Segmen K-L memiliki nilai Total DS 60 (lihat lampiran B), Termasuk dalam kategori buruk dan perlu segera dilakukan perbaikan jalan. Dimensi dan bobot dari setiap kerusakan pada jalan segmen K-L dapat dilihat pada tabel 4.11. Sedangkan dokumentasi kerusakan jalan dapat dilihat pada Gambar 4.12.

Tabel 4.11. Kerusakan dan Tingkat Keparahan Segmen K-L.

No	Jenis Kerusakan	Keterangan
1	Rutting	42 cm
2	Corrugation	Jalan bergelombang terlihat di truk pengangkut dan menyebabkan pengemudi mengurangi kecepatan.
3	Potholes	Diameter Lubang jalan >800mm, membutuhkan pengurangan kecepatan atau penghindaran total
4	Loose Material	Terdapat material lepas yang signifikan, pada jalan, berukuran 20-40mm
5	Stoniness	Batu menonjol dan berpengaruh terhadap kualitas berkendara di kendaraan tapi masih dapat diterima



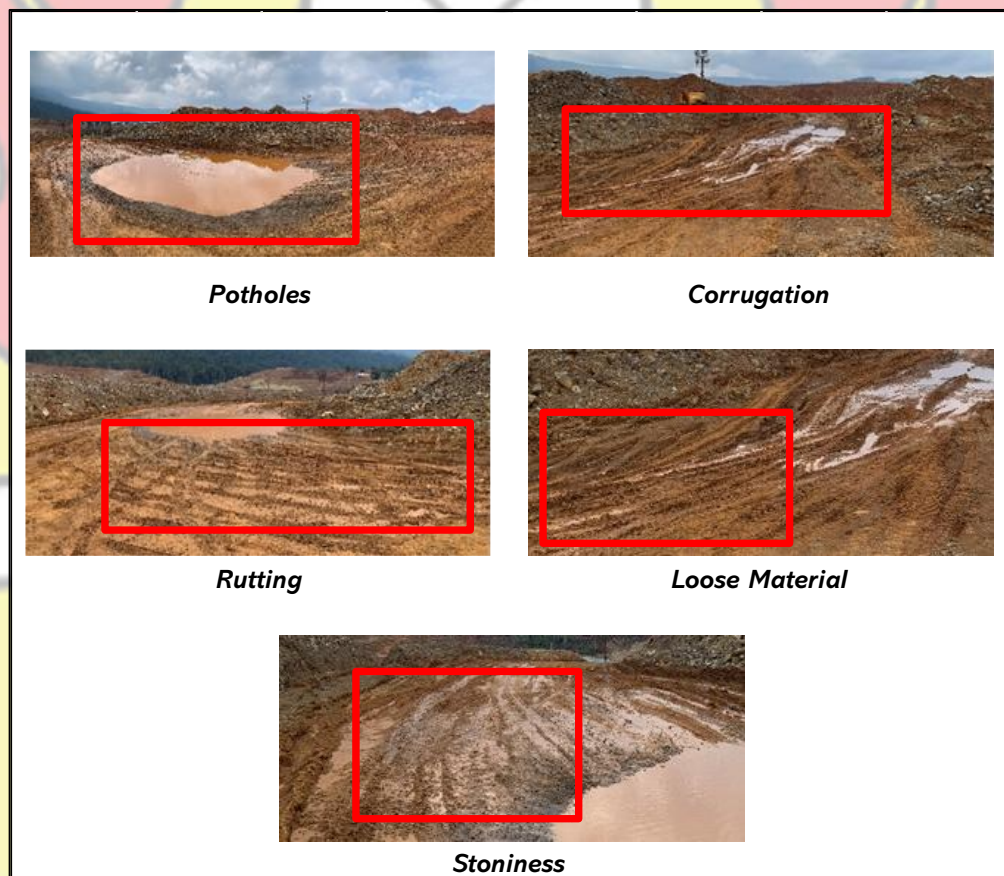
Gambar 4.12. Dokumentasi Kerusakan Jalan Segmen K-L.

12. Segmen L-M

Segmen L-M memiliki nilai Total DS 69 (lihat lampiran B), Termasuk dalam kategori buruk dan perlu segera dilakukan perbaikan jalan. Dimensi dan bobot dari setiap kerusakan pada jalan segmen L-M dapat dilihat pada Tabel 4.12. Sedangkan dokumentasi kerusakan jalan dapat dilihat pada Gambar 4.13.

Tabel 4.12. Kerusakan dan Tingkat Keparahan Segmen L-M.

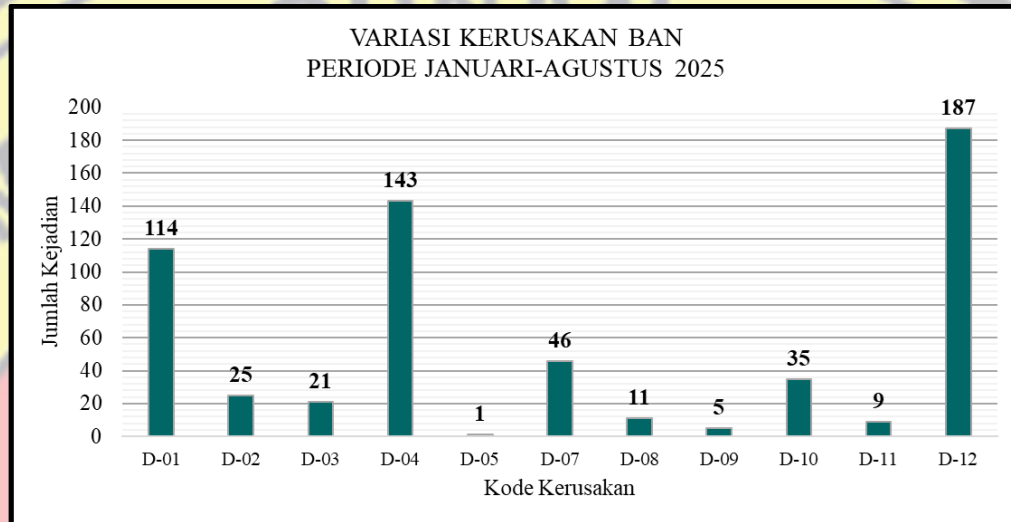
No	Jenis Kerusakan	Keterangan
1	Rutting	35 cm
2	Corrugation	Jalan bergelombang terlihat di truk pengangkut dan menyebabkan pengemudi mengurangi kecepatan.
3	Potholes	Diameter Lubang 200-400 mm dan berpengaruh terhadap kualitas berkendara
4	Loose Material	Terdapat material lepas yang signifikan, pada jalan, berukuran 20-40mm
5	Stoniness	Batu menonjol dan berpengaruh terhadap kualitas berkendara di kendaraan tapi masih dapat diterima



Gambar 4.13. Dokumentasi Kerusakan Jalan Segmen L-M.

4.1.3. Data Kerusakan Ban

1. Data Historis Periode Januari-September 2025



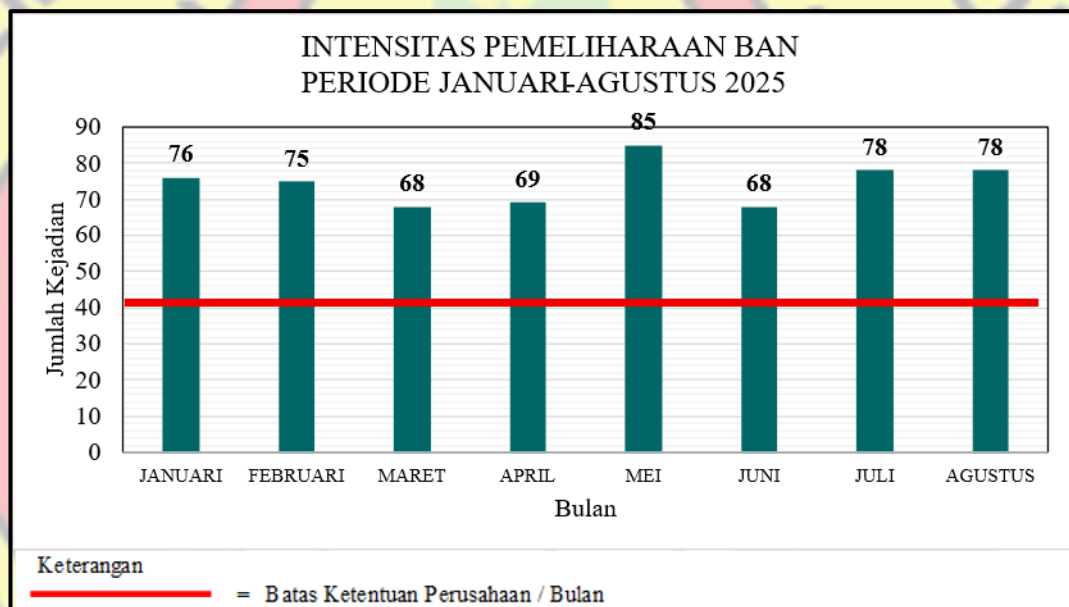
Gambar 4.14. Variasi Kerusakan ban periode Januari-agustus 2025

Tabel 4.13. Keterangan kerusakan ban

KODE	KETERANGAN
D-01	LIMIT (Sudah Mencapai Limit Pemakaian)
D-02	TREAD DAMAGE (Sobek Pada Bagian Alas Ban)
D-03	LEAKING (Kebocoran Pada Ban)
D-04	SIDEWALL-CUT (Kerusakan Pada Dinding Ban)
D-05	SHOULDER-CUT (Kerusakan Pada Bahu Alas Ban)
D-06	BURNED BEAD (Terbakar Pada Bagian Tepi Ban)
D-07	SPIN DAMAGE (Kerusakan Akibat Kehilangan Traksi ban)
D-08	TREAD CUT PENETRATION (Kerusakan Akibat Tertusuk Benda)
D-09	BLOW OUT (Meledak Akibat Benturan)
D-10	IRREGULER WEAR (AUS Di Satu Sisi Alas Ban)
D-11	SIDEWALL SEPARATION (Pengelupasan Pada Ban)
D-12	ROTATION (Rotasi Posisi Ban)

Berdasarkan visualisasi data pada Gambar 4.14, dapat diidentifikasi bahwa kategori *Sidewall-Cut* (D-04) dan *Spin Damage* (D-07) menjadi dua jenis kerusakan teknis yang paling menonjol selama periode pengamatan. Data menunjukkan bahwa insiden *Sidewall-Cut* (D-04), yang merujuk pada adanya sobekan pada dinding samping ban, mencatatkan angka kejadian yang sangat signifikan yakni mencapai 143 kasus. Jumlah tersebut menempatkan kerusakan dinding ban sebagai jenis kerusakan fisik yang paling sering ditemui dibandingkan kategori kerusakan lainnya dalam laporan ini. Sejalan dengan temuan tersebut, kategori *Spin Damage*

(D-07) yang dipicu oleh kondisi ban yang kehilangan traksi saat beroperasi, menjadi jenis kejadian kerusakan dengan angka yang cukup tinggi yaitu total 46 kejadian. Akumulasi angka pada kedua kode kerusakan ini memberikan gambaran objektif mengenai karakteristik kendala fisik serta hambatan operasional yang dominan dialami oleh unit *Articulated Dump Truck* selama beroperasi di sepanjang periode tersebut.



Gambar 4.15. Intensitas Pemeliharaan Ban Periode Januari-agustus 2025

Berdasarkan visualisasi data pada Gambar 4.15, dapat diketahui bahwa garis mendatar berwarna merah, merepresentasikan ambang batas maksimal pemeliharaan yang telah ditetapkan oleh kebijakan perusahaan di angka 40 kejadian/bulan. Namun, pada data aktual yang tercatat sepanjang periode tersebut, seluruh aktivitas pemeliharaan selalu melampaui batas ketentuan operasional di setiap bulannya, Dengan rentang angka aktual antara 68 hingga 85 kejadian pemeliharaan. Angka tertinggi tercatat terjadi pada bulan Mei dengan total 85 kejadian, sedangkan angka terendah berada pada bulan Maret dan Juni dengan masing-masing 68 kejadian.

4.2. Pengolahan Data

4.2.1. Data Kondisi Kualitatif Kerusakan Jalan

Hasil pengolahan data kondisi kualitatif kerusakan jalan diolah dengan memberikan bobot nilai kerusakan sesuai dengan deskriptif keadaan jalan aktual yang disandingkan dengan ketentuan pembobotan sesuai dengan Tabel 2.2. Data tersebut kemudian menghasilkan nilai total kerusakan (*Defect Score*) yang digunakan untuk mengetahui tingkat keparahan jalan pada masing masing segmen jalan yang telah ditentukan. Data hasil pengolahan terdapat pada Lampiran B.

4.2.2. Data Kerusakan Ban

Berdasarkan data kerusakan yang ada, dianalisis kerusakan ban yang paling sering terjadi, dalam hal ini adalah Sobek pada Dinding Samping (*Sidewall-Cut*) sebanyak 146 kejadian dan Kerusakan Akibat Selip (*Spin Damage*) sebanyak 46 kejadian. Data tersebut kemudian disandingkan dengan penyebabnya, dalam hal ini adalah faktor eksternalnya yaitu kondisi permukaan jalan.

4.2.3. Korelasi Kerusakan Ban oleh Kondisi Permukaan Jalan Angkut

Setelah Didapatkan 2 jenis kerusakan ban yang paling sering terjadi dan menyebabkan banyaknya pergantian ban yang harus dilakukan, diantaranya *sidewall-cut* dan *spin damage*. Kemudian dilakukan analisis regresi untuk mengetahui bagaimana korelasi kondisi permukaan jalan angkut menyebabkan tingginya angka kerusakan ban pada unit ADT di tempat penelitian. Analisis ini dilakukan dengan menghubungkan data *defect score* parameter/segmen dengan jenis kejadian kerusakan/segmen (dapat dilihat pada LAMPIRAN C). Khususnya skor alur ban dengan jumlah kejadian kerusakan *Sidewall-Cut*/segmen jalan angkut serta skor material lepas dan batuan menonjol dengan jumlah kejadian kerusakan *spin damage*/segmen jalan angkut.

BAB V

PEMBAHASAN

Berdasarkan observasi di lapangan, beberapa segmen jalan angkut menunjukkan hasil bahwa masih terdapat beberapa segmen jalan angkut yang belum sesuai dengan standar perusahaan, yang berdampak pada penurunan kecepatan operasional alat angkut. Pada penelitian ini, dilakukan evaluasi kondisi geometri serta tingkat kerusakan jalan untuk mengetahui efektivitasnya dalam mendukung aktivitas transportasi di pertambangan. Segmen jalan yang tidak sesuai standar, direkomendasikan untuk diperbaiki agar kecepatan dan produktivitas angkut dapat meningkat. Rincian hasil evaluasi dan rekomendasi perbaikan dapat dilihat pada uraian berikut.

5.1. Faktor eksternal yang mempengaruhi kerusakan ban

Berdasarkan hasil observasi dan pengumpulan data di lapangan, ditemukan bahwa kerusakan ban yang terjadi paling banyak tidak dipicu oleh faktor internal kendaraan, melainkan dipengaruhi oleh variabel lingkungan atau faktor eksternalnya dalam pembahasan skripsi ini adalah kondisi permukaan jalan angkut. Data aktual di lapangan menunjukkan adanya korelasi yang kuat antara kondisi operasional dengan tingkat degradasi material ban yang terjadi sebelum mencapai usia pakai optimalnya. Oleh karena itu, untuk memahami akar permasalahan secara komprehensif, perlu dilakukan peninjauan terhadap faktor-faktor eksternal berikut yang secara dominan mempercepat proses kerusakan struktur ban. faktor-faktor eksternal tersebut dijabarkan sebagai berikut:

1. *Sidewall & Shoulder Cut*, dimana Kerusakan ini terjadi pada bagian dinding samping ban akibat benturan keras dengan material tajam atau dinding jalan angkut. Tekanan mekanis dari luar yang ekstrem dapat memutus lapisan *ply cord* baja, yang secara langsung melemahkan struktur ban dan sering kali mengakibatkan ban harus segera diganti sebelum masa pakainya habis.

2. *Tread Cut Penetration* Merupakan penetrasi benda tajam (seperti batuan keras atau fragmen material) ke dalam *tread* hingga mencapai sabuk baja (*steel belt*). Masuknya material asing ini memicu korosi pada kawat baja akibat paparan air dan udara, yang kemudian menyebabkan pemisahan tapak (*tread separation*) dan kegagalan ban secara katastropik.
3. *Spin Damage*, yaitu Kerusakan abrasif pada permukaan tapak ban yang disebabkan oleh kondisi jalan yang licin, lunak, atau berlumpur. Rendahnya koefisien traksi pada permukaan jalan tersebut menyebabkan ban berputar di tempat (*slip*) secara tidak terkontrol, sehingga mengakibatkan pengikisan karet tapak secara paksa dalam waktu singkat.

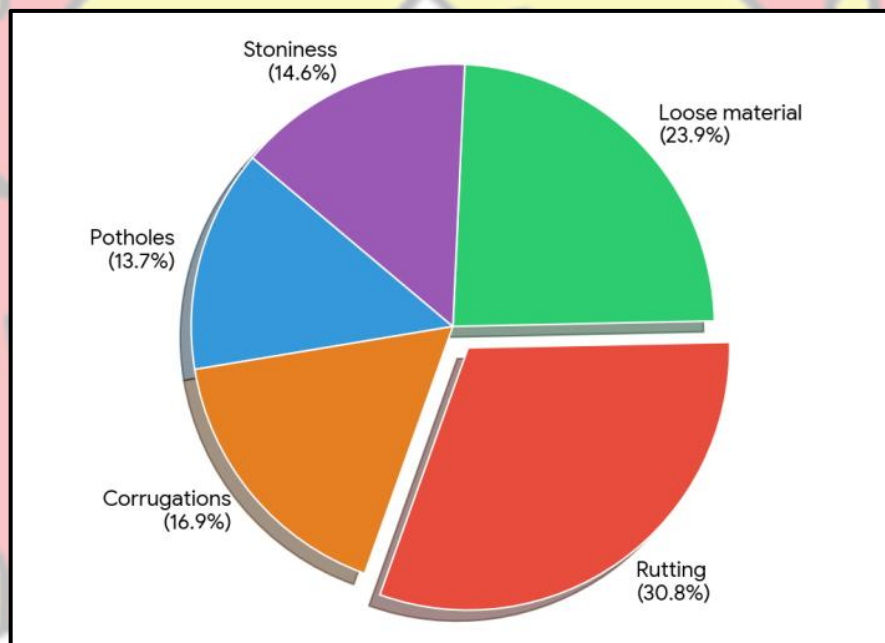
Data kerusakan yang paling banyak terjadi selama penelitian Berdasarkan data adalah Sobek pada Dinding Samping (*Sidewall-Cut*) sebanyak 146 kejadian dan Kerusakan Akibat Selip (*Spin Damage*) sebanyak 46 kejadian. Data tersebut kemudian disandingkan dengan penyebabnya, dalam hal ini adalah faktor eksternalnya yaitu kondisi permukaan jalan seperti *Rutting*, *Loose material* dan *Stoniness*.

5.2. Kondisi kerusakan permukaan jalan angkut

Setelah dilakukan evaluasi data kondisi permukaan jalan, didapatkan bahwa banyak terdapat tingkat kerusakan permukaan jalan yang melebihi standar aman dan sangat tinggi, hal ini dibuktikan dengan total *defect score* pada masing masing segmen yang masuk dalam kategori kuning dan merah sesuai dengan parameter klasifikasi pada Tabel 2.2. serta hasil skor setiap parameter kerusakan permukaan jalan pada segmen tersebut. Evaluasi kondisi permukaan jalan angkut dilakukan pada setiap segmen jalan angkut yang hasilnya dapat dilihat pada LAMPIRAN B. Berikut adalah data kesimpulan hasil evaluasi kondisi permukaan jalan angkut menggunakan metode R.J. Thompson :

Tabel 5.1. Distribusi Keseluruhan kerusakan permukaan jalan angkut

SEGMENT	DEFECT (Degree & Extent)					Total
	Potholes	Corrugations	Rutting	Loose material	Stoniness	
A-B	6	6	15	16	9	52
B-C	4	6	12	12	8	42
C-D	6	6	15	8	6	41
D-E	6	6	12	12	6	42
E-F	6	6	15	12	6	45
F-G	6	6	15	12	6	45
G-H	6	8	12	8	6	40
H-I	6	8	12	8	6	40
I-J	6	6	12	8	6	38
J-K	6	12	15	12	9	54
K-L	10	10	15	16	9	60
L-M	10	16	25	12	6	69
Perbaikan Jalan Segera Dilakukan					(DS > 45)	
Pemeliharaan jalan Direkomendasikan					(25 < DS < 45)	
Jalan Dalam Kondisi Baik					(DS ≤ 25)	



Gambar 5.1. Persentase *defect score* jalan angkut

Berdasarkan hasil evaluasi kondisi permukaan jalan angkut yang direpresentasikan pada Tabel 5.1 dan Gambar 5.1, dapat disimpulkan bahwa parameter Rutting merupakan jenis kerusakan yang paling dominan dengan kontribusi sebesar 30,8% dari total defect. Tingginya angka ini mengindikasikan adanya deformasi berupa alur roda yang signifikan pada sepanjang jalur angkut. Berdasarkan klasifikasi kemudian menghasilkan nilai *Defect Score*, Menunjukkan bahwa tidak terdapat satu pun segmen jalan yang berada dalam kategori "Baik" ($DS \leq 25$). Terdapat

empat segmen, yaitu A-B, J-K, K-L, dan L-M, dikategorikan memerlukan Perbaikan Segera ($DS > 45$), sedangkan delapan segmen lainnya masuk dalam kategori pemeliharaan yang direkomendasikan ($25 < DS < 45$). Oleh karena itu, langkah-langkah teknis terhadap kondisi jalan perlu segera diimplementasikan untuk mempertahankan produktivitas operasional dan memperpanjang umur pakai ban unit *Articulated Dump Truck*.

5.3. Korelasi Kerusakan Jalan dengan Mekanisme Kerusakan ban

Berdasarkan data yang disajikan pada sub-bab sebelumnya, Didapatkan 2 jenis kerusakan ban yang paling sering terjadi dan menyebabkan banyaknya pergantian ban yang harus dilakukan, diantaranya *sidewall-cut* dan *spin damage*. Kemudian dilakukan analisis regresi untuk menentukan sejauh mana kondisi permukaan jalan angkut menyebabkan tingginya angka kerusakan ban pada unit *ADT* di tempat penelitian. Analisis ini dilakukan dengan menghubungkan data *defect score* parameter/segmen dengan jenis kejadian kerusakan ban/segmen. Hubungan sebab-akibat tersebut dijelaskan sebagai berikut:

A. Analisis Kerusakan *Sidewall-Cut*

Tingginya angka kerusakan *sidewall-cut* memiliki korelasi positif yang signifikan dengan tingginya nilai *Defect score* pada segmen jalan tertentu, khususnya pada parameter lebar jalan dan tingginya dinding bekas alur ban (*Rutting*) / Amblasan. Dinding samping ban (bagian paling tipis dan rentan) mengalami kontak langsung dengan batuan tajam atau material tumpahan yang didegradasi lebih lanjut dengan adanya amblasan pada jalan bekas jalur ban unit yang melintas. Berbeda dengan area *tread*, *sidewall* tidak memiliki lapisan baja (*steel belt*) yang kuat, sehingga gesekan kecil dengan batuan keras pada kondisi jalan yang buruk dapat langsung mengakibatkan robek permanen pada dinding samping ban (*sidewall*).

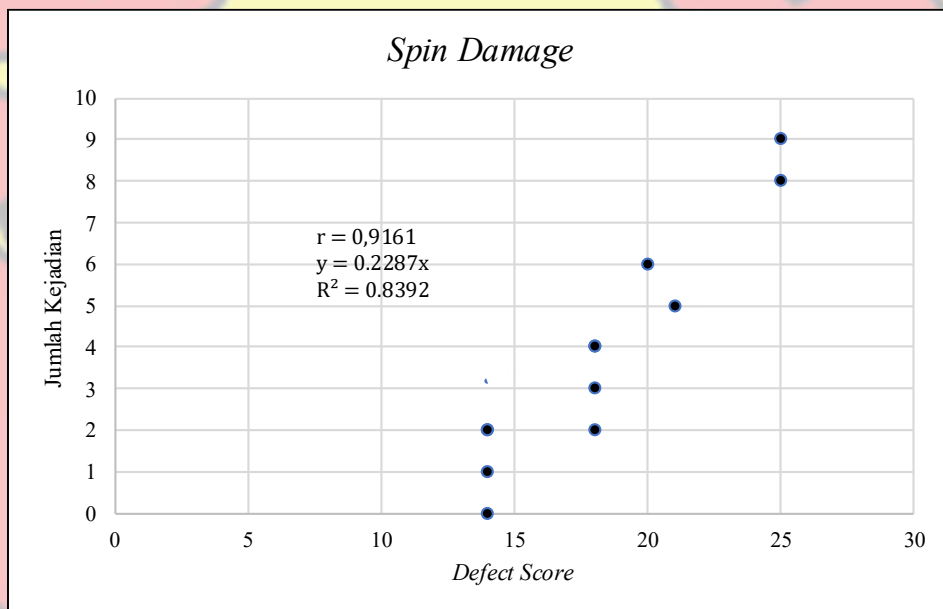


Gambar 5.2. Diagram *Scatterplot* hubungan *Sidewall-Cut* dengan *Rutting*

Berdasarkan hasil analisis statistik melalui diagram *scatterplot*, Untuk jenis kerusakan *Sidewall-CUT*, data menunjukkan hubungan linier dengan parameter kerusakan berupa alur ban (*Rutting*). Dalam analisis hubungan antara Variabel (x) (*Defect Score*) dan Variabel (y) (Jumlah insiden kerusakan ban), penelitian ini menerapkan model regresi tanpa intersep ($\alpha = 0$). Justifikasi penggunaan model ini didasarkan pada argumen teoritis bahwa ketika (*Defect Score*) bernilai nol, maka (Jumlah insiden kerusakan ban) juga bernilai nol (Gujarati, 2009). Hubungan ini menghasilkan persamaan regresi $y = 0,9106x$ dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,8152. Nilai gradien sebesar 0,9106 menunjukkan tingkat kepekaan yang tinggi. Dimana setiap kenaikan 10 poin pada skor kerusakan amblasan (*rutting*), akan memicu kerusakan sobek pada dinding samping ban sebanyak kurang lebih 9 kejadian pada segmen jalan angkut. Kemudian nilai R^2 yang melebihi 0,8 tersebut mengindikasikan bahwa kejadian *Sidewall-CUT* dapat dijelaskan sebesar 81,5% oleh tingkat keparahan *rutting*. Secara teknis, amblasan yang dilewati oleh unit ADT memaksa dinding samping ban (*sidewall*) bersentuhan langsung dengan area tajam atau material keras di tepi alur ban, sehingga memicu robekan pada bagian ban yang paling rentan tersebut. (Data dapat dilihat pada LAMPIRAN C).

B. Analisis Kerusakan *Spin Damage*

kerusakan jenis *Spin Damage* memiliki hubungan erat dengan keberadaan material lepas (*Loose Material*) dan batuan menonjol (*Stoniness*). Kondisi ini menurunkan koefisien traksi sehingga memicu ban berputar di tempat (*spin wheel*) yang mengakibatkan pengikisan tapak ban secara paksa. Hal ini menyebabkan Saat unit ADT bermuatan melewati jalan, akan terjadi kehilangan traksi yang memicu ban berputar di tempat (*spin wheel*). Gesekan berlebih antara ban yang berputar cepat dengan material jalan yang kasar menyebabkan pengikisan tapak ban secara paksa (*spin damage*).



Gambar 5.3. Diagram *Scatterplot* hubungan *Spin-Damage* dengan *Loose Material* dan *Stoniness*

Dalam analisis hubungan antara Variabel (x) (*Defect Score*) dan Variabel (y) (Jumlah insiden kerusakan ban), penelitian ini menerapkan model regresi tanpa intersep ($\alpha = 0$). Justifikasi penggunaan model ini didasarkan pada argumen teoritis bahwa ketika (*Defect Score*) bernilai nol, maka (Jumlah insiden kerusakan ban) juga bernilai nol (Gujarati, 2009). Nilai kerusakan gabungan antara material lepas (*Loose Material*) dan bebatuan menonjol (*Stoniness*) (x) terhadap kerusakan ban *Spin Damage* (y) menghasilkan persamaan regresi $y = 0,2287x$ dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,8392. Nilai gradien sebesar 0,2287

menunjukkan bahwa setiap terjadi peningkatan akumulasi material lepas dan batu yang menonjol sebesar 10 poin pada lapis permukaan (*wearing course*), maka frekuensi kejadian ban mengalami selip atau tergerus di tempat akan meningkat secara linear sebanyak 2 hingga 3 insiden per segmen jalan. Kemudian tingginya nilai determinasi (83,9%) membuktikan bahwa faktor material lepas dan batuan di permukaan jalan merupakan penyebab terjadinya kehilangan traksi pada roda. Kondisi jalan yang tidak padat dan berbatu menyebabkan roda mengalami selip atau putaran berlebih (*spinning*) saat melakukan akselerasi atau menanjak, yang pada akhirnya mengakibatkan permukaan *tread* ban tergerus dan mengalami kerusakan prematur. (Data dapat dilihat pada LAMPIRAN C).

Secara keseluruhan, akumulasi nilai kerusakan jalan pada LAMPIRAN B menunjukkan bahwa segmen jalan dengan tingkat keparahan tinggi menjadi penyebab banyaknya kejadian kerusakan ban. Hal ini dapat dibuktikan juga dengan penyebab kerusakan ban yang terjadi telah di validasi sesuai dengan keparahan setiap parameter penyebabnya. korelasi ini membuktikan bahwa perbaikan pada manajemen perawatan jalan (*road maintenance*) akan secara linear menurunkan angka kejadian *Sidewall-Cut* dan *Spin Damage*, yang pada akhirnya akan meningkatkan umur pakai ban (*tire life*) pada unit *Articulated dumptruck*.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, pengolahan data, dan analisis yang telah dilakukan mengenai evaluasi kondisi permukaan jalan angkut terhadap kerusakan ban di PT Sinar Terang Mandiri Tbk, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Kerusakan ban dipengaruhi oleh berbagai faktor teknis dan operasional, Pada penelitian ini faktor eksternal merupakan penyebab paling dominan jika dibandingkan dengan penyebab dari kerusakan ban yang paling banyak terjadi. Data historis menunjukkan bahwa jenis kerusakan yang paling banyak selama penelitian dilakukan adalah sobek pada dinding samping (*Sidewall-Cut*) oleh karena tingginya dengan total 146 kejadian dan kerusakan akibat selip (*Spin Damage*) sebanyak 46 kejadian. Dua jenis kerusakan ban tersebut berkorelasi dengan penyebabnya yaitu adanya *rutting*, *loose material* dan *stoniness* pada permukaan jalan angkut yang mana berdasarkan data hasil evaluasi, tiga parameter tersebut merupakan parameter yang nilai skornya paling parah dan dominan terjadi di setiap segmen jalan angkut.
2. Hasil evaluasi fungsional menggunakan metode R.J. Thompson menunjukkan bahwa kondisi permukaan jalan angkut dari *Pit* STM 08 menuju *Temporary Ore Stockpile* STM 04 secara keseluruhan berada pada kategori zona kuning ($25 < DS < 45$) dan merah ($DS > 45$). Hal ini mengindikasikan bahwa jalur tersebut masih layak dilalui, namun memerlukan tindakan pemeliharaan segera untuk mencegah kerusakan ban lebih dini.
3. Korelasi Kondisi Permukaan Jalan dengan Kerusakan Ban:
 - *Sidewall-Cut*, Kerusakan ini memiliki korelasi positif dengan perolehan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,8152 dan persamaan regresi $y = 0,9106x$. Nilai R^2 yang melebihi 0,8 tersebut mengindikasikan bahwa variasi kejadian *Sidewall-CUT* dapat dijelaskan sebesar 81,5% oleh tingkat keparahan *rutting*.

Hal ini menyebabkan dinding samping ban yang tipis mengalami kontak langsung dengan material tajam tersebut.

- *Spin Damage*, Kerusakan ini berkorelasi positif dengan perolehan nilai R sebesar 0,8392 dengan persamaan regresi $y = 0,2287x$. Tingginya nilai determinasi ini (83,9%) membuktikan bahwa faktor material lepas dan batuan menonjol di permukaan jalan angkut merupakan penyebab utama terjadinya kehilangan traksi pada roda. Kondisi jalan yang tidak padat dan berbatu menyebabkan roda mengalami selip atau putaran berlebih (*spinning*) saat melakukan akselerasi atau menanjak, yang pada akhirnya mengakibatkan permukaan *tread* ban tergerus dan mengakibatkan pengikisan tapak ban secara paksa.

6.2. Saran

1. Perusahaan perlu meningkatkan intensitas pemeliharaan dan perawatan jalan angkut untuk meminimalkan kerusakan ban pada unit yang beroperasi melalui kegiatan *grading* dan *rock picking* secara berkala.
2. Implementasi sistem inspeksi jalan terstruktur dengan menerapkan prosedur inspeksi rutin yang mengacu pada parameter dengan metode R.J. Thompson, khususnya parameter utama kerusakan pada jalan angkut (*potholes, corrugation, rutting, loose material, stoniness*) agar setiap indikasi kerusakan permukaan dapat teridentifikasi lebih dini sebelum berdampak pada kerusakan ban.
3. Melakukan evaluasi daya dukung lapisan perkuatan jalan angkut agar sesuai dengan beban operasional unit yang melintas. Penerapan standar pembuatan jalan harus disesuaikan dengan daya dukung dan ukuran material yang tepat demi meminimalkan risiko undulasi serta kerusakan struktur jalan angkut lainnya, sehingga dampak pada unit yang beroperasi dapat di minimalisir.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, Y. (2025). Evaluasi *Performance* Ban Micheline dan Brigstone Alat Angkut pada Pengangkutan *Overburden* dari *Front Kerja* ke *Disposal*. *Jurnal Riset Teknologi Pertambangan*.
- Brewer, R. (2007). *OTR Tire Handbook: Basic Principles and Tire Management*. Michelin North America.
- Bridgestone. (2017). *BSNOR Tyre Debris Study Report 2015-17*. Bridgestone Corporation.
- Caterpillar. (2020). *Caterpillar performance handbook* (50th ed.). Caterpillar Inc.
- Croll, J. (2015). *Optimising Haul Road Maintenance for Reduced Tire and Fuel Costs*. Brisbane: Mining Engineering Analysis Publications.
- Febriawan, F. (2025). *Evaluasi Jalan Tambang Berdasarkan Kerusakan Jalan Dalam Upaya Meningkatkan Travel Speed Alat Angkut* (Laporan Penelitian). Program Studi Teknik Pertambangan.
- Gent, A. N. (2012). *Engineering with Rubber: How to Design Rubber Components*. Carl Hanser Verlag GmbH Co KG.
- Gillespie, T. (Ed.). (2021). *Fundamentals of Vehicle Dynamics*. SAE International.
- Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2009). *Basic Econometrics* (5th ed.). McGraw-Hill Irwin
- Hassan, Y., & Mofokeng, L. (2018). *The Impact of Haul Road Geometrics and Condition on Tire Life in Open Pit Mines*. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 118(1), 45-52.
- Maxam Tire. (2023). *How to Identify Damaged OTR Tires: Technical Guide and Failure Analysis*. Maxam Tire Systems.
- Meyer, S., & Tielkes, K. (2008). *Factors Influencing Tire Life and Performance in Mining Operations*. *International Journal of Mining Engineering*, 2 (1), 45-58.
- Millington, A. (2019). *The effect of low ground pressure and controlled traffic farming systems on soil properties and crop development for three tillage systems* (Doctoral dissertation). Harper Adams University.
- Noveriady, Sinaga, W. G. M., & Sinaga, A. (2026). Analisis sensitivitas produktivitas alat berat terhadap faktor cuaca dan kondisi jalan di area tambang. *Jurnal Teknik Pertambangan (JTP)*, 26(1), 24–30.

- Pienaar, P. A. (2015). *Tire Management Systems for Mining Operations*. Johannesburg: South African Institute of Mining and Metallurgy (SAIMM).
- Raharjo, O. F., Mudiyono, R., & Rochim, A. (2025). Inovasi material geosintetik (geocell) dan kimia (geopoll) untuk optimalisasi perbaikan jalan hauling di PT. Maruwai Coal. *Wahana TEKNIK SIPIL*, 30(1), 98–110.
- Syafrizal, Heriawan, M. N., Notosiswoyo, S., Anggayana, K., & Samosir, J. F. (2009). Hubungan kemiringan lereng dan morfologi dalam distribusi ketebalan horizon laterit pada endapan nikel laterit: Studi kasus endapan nikel laterit di Pulau Gee dan Pulau Pakal, Halmahera Timur, Maluku Utara. *Jurnal Teknologi Mineral (JTM)*, 16(3), 149–160.
- Saputra, M. F., Fajrin, L. N., Kusnandar, Arrosyid, M. J., & Kurniawan, F. (2025). *Lifetime-based tire rotation strategy to minimize premature failure cost loss at critical position dump truck HD785-7*. *Journal of Social Research*, 4(11), 3040-3057.
- Sari, L. P. (2020). *Analisa Performance Ban pada Unit Produksi Overburden HD-785 terhadap Produktivitas*. Politeknik Negeri Samarinda.
- Sayers, M. W., & Karamihas, S. M. (1998). *The Little Book of Profiling: Basic Information about Measuring and Interpreting Road Roughness*. University of Michigan Transportation Research Institute.
- Shakenov, A., dkk. (2022). Haul Road Condition Impact on Tire Life of Mining Dump Truck. *Journal of Mining and Geotechnical Engineering*, 14(2), 112-125.
- Sugiyono, D. (2010). Metode penelitian pendidikan pendekatan kuantitatif, kualitatif dan R&D.
- TARA Standard. (2020). *Tire and Rim Association Yearbook. The Tire and Rim Association, Inc.*
- Thoat, Y. A. S. (2024). Rancangan Teknis Perbaikan Jalan Angkut Untuk Meningkatkan Usia Pakai Ban Dumptruck (Skripsi). Teknologi Pertambangan.
- Thompson, R. J., & Visser, A. T. (2011). *Mine Haul Road Maintenance Management Systems*. Pretoria: University of Pretoria.
- Tielkes, K. (2010). *Tire Failures and Their Analysis in Off-Highway Vehicles*. Paper presented at the International Mining Conference.
- Wibowo, D. S. (2020). Optimasi Biaya Penggantian Pada Ban Alat Berat Pertambangan Dengan Metode *Goal Programming* Di PT. Vale Indonesia (Doctoral dissertation). Institut Teknologi Sepuluh November.



LAMPIRAN

LAMPIRAN A
DATA EMPIRIS

1. Segmen A-B

NO	SEGMENT	Parameter Kualitas Permukaan Jalan				
		Rutting (cm)	Corrugation	Potholes	Loose Material	Stoniness
1	A-B	52	Sedikit Bergelombang, sulit untuk dirasakan dalam kendaraan.	Permukaan bercak ditandai ukuran diameter lubang < 50mm	Terdapat material lepas yang signifikan pada jalan berukuran 20-40mm	Batu menonjol dan berpengaruh terhadap kualitas berkendara di kendaraan tapi masih dapat diterima
		52				
		22				
		20				
		40				
		53				
		52				
		32				
		38				
		52				
		52				
		44				
		52				
		52				
		35				
		22				
		24				
		54				
		40				
		45				
		22				
		23				
		24				
		29				
		22				
		50				
		52				
		27				
		22				
		28				
20						
22						
23						
40						
27						
20						
55						
44						
50						
50						

2. Segmen B-C

2	B-C	22	Sedikit Bergelombang, sulit untuk dirasakan dalam kendaraan.	Permukaan bercak ditandai ukuran diameter lubang < 50mm	Terdapat material lepas yang signifikan pada jalan berukuran 20-40mm	Beberapa batu menonjol, tapi hampir tidak terasa di kendaraan
		23				
		28				
		24				
		20				
		27				
		32				
		35				
		22				
		20				
		28				
		26				
		24				
		28				
		32				
		50				
		25				
		22				
		26				
		22				
		22				
		25				
		24				
		26				
		29				
		22				
		22				
		22				
		7				
		8				
		22				
		20				
		25				
		28				
		22				
		22				
		20				
		22				
		27				
		29				

3. Segmen C-D

3	C-D	28	Sedikit Bergelombang, sulit untuk dirasakan dalam kendaraan.	Permukaan bercak ditandai ukuran diameter lubang < 50mm	Sangat sedikit material lepas pada jalan dengan tebal < 5mm	Beberapa batu menonjol, tapi hampir tidak terasa di kendaraan
		24				
		28				
		23				
		29				
		25				
		28				
		20				
		22				
		23				
		28				
		25				
		20				
		9				
		28				
		6				
		22				
		22				
		24				
		23				
		22				
		22				
		28				
		22				
		26				
		20				
		9				
		5				
		20				
		22				
		6				
		23				
		8				
		23				
		25				
		23				
		5				
		22				
		25				
		23				

4. Segmen D-E

4	D-E	22	Sedikit Bergelombang, sulit untuk dirasakan dalam kendaraan.	Permukaan bercak ditandai ukuran diameter lubang < 50mm	Terdapat material lepas yang signifikan pada jalan berukuran 20-40mm	Beberapa batu menonjol, tapi hampir tidak terasa di kendaraan
		40				
		44				
		32				
		52				
		52				
		37				
		54				
		24				
		33				
		55				
		38				
		52				
		40				
		52				
		55				
		20				
		22				
		35				
		28				
		23				
		22				
		22				
		50				
		52				
		30				
		27				
		42				
		20				
		22				
		6				
		28				
		22				
		23				
		45				
		49				
		33				
		28				
		23				
		24				

5. Segmen E-F

5	E-F	58				
		33				
		22				
		23				
		52				
		53				
		32				
		52				
		54				
		22				
		33				
		22				
		29				
		22				
		28				
		22				
		26				
		22				
		20				
		20	Sedikit Bergelombang, sulit untuk dirasakan dalam kendaraan.	Permukaan bercak ditandai ukuran diameter lubang < 50mm	Sangat sedikit material lepas pada jalan tebal < 5mm	Beberapa batu menonjol, tapi hampir tidak terasa di kendaraan
		24				
		23				
		22				
		22				
		29				
		22				
		27				
		28				
		24				
		22				
		28				
		23				
		26				
		28				
		26				
		22				
		29				
		27				
		27				
		22				

6. Segmen F-G

6	F-G	35	Sedikit Bergelombang, sulit untuk dirasakan dalam kendaraan.	Permukaan bercak ditandai ukuran diameter lubang < 50mm	Terdapat material lepas yang signifikan pada jalan berukuran 20-40mm	Beberapa batu menonjol, tapi hampir tidak terasa di kendaraan
		27				
		29				
		25				
		22				
		29				
		22				
		24				
		20				
		22				
		24				
		23				
		26				
		27				
		23				
		25				
		24				
		22				
		20				
		22				
		20				
		26				
		24				
		25				
		20				
		23				
		20				
		28				
		22				
		22				
		28				
		20				
		9				
		22				
		23				
		20				
		25				
		23				
		22				
		23				

7. Segmen G-H

7	G-H	22	Sedikit Bergelombang, sulit untuk dirasakan dalam kendaraan.	Permukaan bercak ditandai ukuran diameter lubang < 50mm	Sangat sedikit material lepas pada jalan tebal < 5mm	Beberapa batu menonjol, tapi hampir tidak terasa di kendaraan
		32				
		27				
		29				
		23				
		26				
		25				
		24				
		20				
		20				
		27				
		25				
		22				
		29				
		28				
		24				
		25				
		24				
		27				
		20				
		27				
		28				
		22				
		27				
		22				
		22				
		25				
		22				
		23				
		20				
		27				
		23				
		22				
		23				
		30				
		22				
		25				
		26				
		22				
		22				

8. Segmen H-I

8	H-I	24	Sedikit Bergelombang, sulit untuk dirasakan dalam kendaraan.	Permukaan bercak ditandai ukuran diameter lubang < 50mm	Sangat sedikit material lepas pada jalan tebal < 5mm	Beberapa batu menonjol, tapi hampir tidak terasa di kendaraan
		27				
		27				
		30				
		26				
		20				
		27				
		25				
		20				
		25				
		27				
		22				
		32				
		28				
		28				
		22				
		22				
		22				
		25				
		25				
		22				
		24				
		22				
		22				
		23				
		26				
		22				
		23				
		24				
		22				
		25				
		23				
		29				
		27				
		23				
		20				
		22				
		27				
		29				
		20				

9. Segmen I-J

9	I-J	22	Sedikit Bergelombang, sulit untuk dirasakan dalam kendaraan.	Permukaan bercak ditandai ukuran diameter lubang < 50mm	Sangat sedikit material lepas pada jalan tebal < 5mm	Beberapa batu menonjol, tapi hampir tidak terasa di kendaraan
		23				
		20				
		27				
		25				
		24				
		29				
		25				
		30				
		22				
		24				
		22				
		23				
		22				
		26				
		22				
		20				
		29				
		22				
		32				
		28				
		23				
		25				
		20				
		22				
		24				
		25				
		27				
		27				
		28				
		27				
		20				
		27				
		23				
		22				
		26				
		22				
		22				
		25				
		27				

10.Segmen J-K

10	J-K	28	Jalan bergelombang terlihat di truk pengangkut dan menyebabkan pengemudi mengurangi kecepatan.	Diameter Lubang jalan >800mm membutuhkan pengurangan kecepatan atau penghindaran total	Terdapat material lepas yang signifikan pada jalan berukuran 20-40mm	Batu menonjol dan berpengaruh terhadap kualitas berkendara di kendaraan tapi masih dapat diterima
		52				
		27				
		27				
		22				
		32				
		24				
		22				
		26				
		28				
		23				
		22				
		24				
		29				
		22				
		26				
		54				
		22				
		29				
		22				
		33				
		28				
		26				
		20				
		23				
		52				
		22				
		29				
		22				
		22				
		23				
		20				
		53				
		33				
		28				
		27				
		22				
		22				
		22				
		22				

11.Segmen K-L

11	K-L	42	Jalan bergelombang terlihat di truk pengangkut dan menyebabkan pengemudi mengurangi kecepatan.	Diameter Lubang jalan >800mm membutuhkan pengurangan kecepatan atau penghindaran total	Terdapat material lepas yang signifikan pada jalan berukuran 20-40mm	Batu menonjol dan berpengaruh terhadap kualitas berkendara di kendaraan tapi masih dapat diterima
		23				
		52				
		40				
		26				
		52				
		22				
		22				
		38				
		23				
		28				
		22				
		54				
		52				
		24				
		49				
		52				
		55				
		44				
		20				
		37				
		35				
		55				
		40				
		27				
		22				
		22				
		28				
		45				
		30				
		24				
		20				
		22				
		28				
		52				
		32				
		50				
		23				
		33				
		33				

12.Segmen L-M

12	L-M	35	Jalan bergelombang terlihat di truk pengangkut dan menyebabkan pengemudi mengurangi kecepatan.	Diameter Lubang 200-400 mm dan berpengaruh terhadap kualitas berkendara	Terdapat material lepas yang signifikan pada jalan berukuran 20-40mm	Beberapa batu menonjol, tapi hampir tidak terasa di kendaraan
		27				
		29				
		25				
		22				
		29				
		22				
		24				
		20				
		22				
		24				
		23				
		26				
		27				
		23				
		25				
		24				
		22				
		20				
		22				
		20				
		22				
		20				
		26				
		24				
		25				
		20				
		22				
		20				
		28				
		22				
		22				
		28				
		20				
		9				
		22				
		23				
		20				
		25				
		23				
		22				
		23				

LAMPIRAN B

PERHITUNGAN METODE R.J.THOMPSON

Langkah Perhitungan Metode R.J.Thompson :

1. Menentukan bobot setiap jenis kerusakan (*Defect Degree*) dari setiap parameter kerusakan yang telah didapatkan nilai dan keterangannya pada data lapangan (*Rutting, Corrugation, Pothole, Loose material, stoninnes*). Nilai tersebut diberikan bobot penilaian berdasarkan tingkat keparahannya sesuai dengan tabel deskripsi tingkat kerusakan jalan.
2. Menentukan bobot nilai intensitas terjadinya setiap kerusakan permukaan jalan pada masing masing segmen jalan (*Extent Score*)
3. Menghitung nilai bobot kerusakan per kondisi kerusakan menggunakan rumus

$$\text{Defect Score (functionality)} = \text{Extent score} \times \text{Defect degree score}$$

4. Menjumlahkan seluruh Defect Score dari setiap kerusakan
5. Nilai hasil penjumlahan menunjukan angka yang dapat langsung menentukan langkah yang dapat diambil terhadap jalan angkut berdasarkan total *defect degree*-nya.

1. Segmen A-B

MINE HAUL ROAD FUNCTIONAL ASSESSMENT					
DATE	27/08/2025	ASSESSOR	RIDWAN		
ROAD	SEG. A-B	VEHICLE SPEED km/hr	20		
LOCATION	TOFU 8	TRAFFIC bcm/day	45,000		
DEFECT	Defect (Functionality)			DEFECT SCORE	
	DEGREE (1-5)		EXTENT (1-5)		
Potholes	2	x	3	=	6
Corrugations	2	x	3	=	6
Rutting	5	x	3	=	15
Loose material	4	x	4	=	16
Stoniness - fixed	3	x	3	=	9
TOTAL FUNCTIONAL DEFECT SCORE (DS)				52	
Perbaikan Jalan Segera Dilakukan				(DS>45)	
Pemeliharaan jalan Direkomendasikan				(25<DS<45)	
Jalan Dalam Kondisi Baik				(DS<=25)	

2. Segmen B-C

MINE HAUL ROAD FUNCTIONAL ASSESSMENT					
DATE	27/08/2025	ASSESSOR		RIDWAN	
ROAD	SEG. B-C	VEHICLE SPEED km/hr		20	
LOCATION	TOFU 8	TRAFFIC bcm/day		45,000	
DEFECT	Defect (Functionality)			DEFECT SCORE	
	DEGREE (1-5)		EXTENT (1-5)		
Potholes	2	x	2	=	4
Corrugations	2	x	3	=	6
Rutting	4	x	3	=	12
Loose material	3	x	4	=	12
Stoniness - fixed	2	x	4	=	8
TOTAL FUNCTIONAL DEFECT SCORE (DS)				42	
Perbaikan Jalan Segera Dilakukan				(DS>45)	
Pemeliharaan jalan Direkomendasikan				(25<DS<45)	
Jalan Dalam Kondisi Baik				(DS<=25)	

3. Segmen C-D

MINE HAUL ROAD FUNCTIONAL ASSESSMENT					
DATE	27/08/2025	ASSESSOR		RIDWAN	
ROAD	SEG. C-D	VEHICLE SPEED km/hr		20	
LOCATION	TOFU 8	TRAFFIC bcm/day		45,000	
DEFECT	Defect (Functionality)			DEFECT SCORE	
	DEGREE (1-5)		EXTENT (1-5)		
Potholes	2	x	3	=	6
Corrugations	2	x	3	=	6
Rutting	5	x	3	=	15
Loose material	2	x	4	=	8
Stoniness - fixed	2	x	3	=	6
TOTAL FUNCTIONAL DEFECT SCORE (DS)				41	
Perbaikan Jalan Segera Dilakukan				(DS > 45)	
Pemeliharaan jalan Direkomendasikan				(25 < DS < 45)	
Jalan Dalam Kondisi Baik				(DS <= 25)	

4. Segmen D-E

MINE HAUL ROAD FUNCTIONAL ASSESSMENT					
DATE	27/08/2025	ASSESSOR		RIDWAN	
ROAD	SEG. D-E	VEHICLE SPEED km/hr		20	
LOCATION	TOFU 8	TRAFFIC bcm/day		45,000	
DEFECT	Defect (Functionality)			DEFECT SCORE	
	DEGREE (1-5)		EXTENT (1-5)		
Potholes	3	x	2	=	6
Corrugations	3	x	2	=	6
Rutting	4	x	3	=	12
Loose material	3	x	4	=	12
Stoniness - fixed	2	x	3	=	6
TOTAL FUNCTIONAL DEFECT SCORE (DS)				42	
Perbaikan Jalan Segera Dilakukan				(DS>45)	
Pemeliharaan jalan Direkomendasikan				(25<DS<45)	
Jalan Dalam Kondisi Baik				(DS<=25)	

5. Segmen E-F

MINE HAUL ROAD FUNCTIONAL ASSESSMENT					
DATE	27/08/2025	ASSESSOR	RIDWAN		
ROAD	SEG. E-F	VEHICLE SPEED km/hr	20		
LOCATION	TOFU 8	TRAFFIC bcm/day	45,000		
DEFECT	Defect (Functionality)		DEFECT SCORE		
	DEGREE (1-5)	EXTENT (1-5)			
Potholes	2	x	3	=	6
Corrugations	2	x	3	=	6
Rutting	5	x	3	=	15
Loose material	3	x	4	=	12
Stoniness - fixed	2	x	3	=	6
TOTAL FUNCTIONAL DEFECT SCORE (DS)				45	
Perbaikan Jalan Segera Dilakukan				(DS>45)	
Pemeliharaan jalan Direkomendasikan				(25<DS<45)	
Jalan Dalam Kondisi Baik				(DS<=25)	

6. Segmen F-G

MINE HAUL ROAD FUNCTIONAL ASSESSMENT					
DATE	27/08/2025	ASSESSOR	RIDWAN		
ROAD	SEG. F-G	VEHICLE SPEED km/hr	20		
LOCATION	TOFU 8	TRAFFIC bcm/day	45,000		
DEFECT	Defect (Functionality)		DEFECT SCORE		
	DEGREE (1-5)	EXTENT (1-5)			
Potholes	2	x	3	=	6
Corrugations	2	x	3	=	6
Rutting	5	x	3	=	15
Loose material	3	x	4	=	12
Stoniness - fixed	2	x	3	=	6
TOTAL FUNCTIONAL DEFECT SCORE (DS)				45	
Perbaikan Jalan Segera Dilakukan				(DS>45)	
Pemeliharaan jalan Direkomendasikan				(25<DS<45)	
Jalan Dalam Kondisi Baik				(DS<=25)	

7. Segmen G-H

MINE HAUL ROAD FUNCTIONAL ASSESSMENT					
DATE	27/08/2025	ASSESSOR	RIDWAN		
ROAD	SEG. G-H	VEHICLE SPEED km/hr	20		
LOCATION	TOFU 8	TRAFFIC bcm/day	45,000		
DEFECT	Defect (Functionality)		DEFECT SCORE		
	DEGREE (1-5)	EXTENT (1-5)			
Potholes	2	x	3	=	6
Corrugations	2	x	4	=	8
Rutting	4	x	3	=	12
Loose material	2	x	4	=	8
Stoniness - fixed	2	x	3	=	6
TOTAL FUNCTIONAL DEFECT SCORE (DS)				40	
Perbaikan Jalan Segera Dilakukan				(DS>45)	
Pemeliharaan jalan Direkomendasikan				(25<DS<45)	
Jalan Dalam Kondisi Baik				(DS<=25)	

8. Segmen H-I

MINE HAUL ROAD FUNCTIONAL ASSESSMENT					
DATE	27/08/2025	ASSESSOR	RIDWAN		
ROAD	SEG. H-I	VEHICLE SPEED km/hr	20		
LOCATION	TOFU 8	TRAFFIC bcm/day	45,000		
DEFECT	Defect (Functionality)		DEFECT SCORE		
	DEGREE (1-5)	EXTENT (1-5)			
Potholes	2	x	3	=	6
Corrugations	2	x	4	=	8
Rutting	4	x	3	=	12
Loose material	2	x	4	=	8
Stoniness - fixed	2	x	3	=	6
TOTAL FUNCTIONAL DEFECT SCORE (DS)				40	
Perbaikan Jalan Segera Dilakukan				(DS>45)	
Pemeliharaan jalan Direkomendasikan				(25<DS<45)	
Jalan Dalam Kondisi Baik				(DS<=25)	

9. Segmen I-J

MINE HAUL ROAD FUNCTIONAL ASSESSMENT					
DATE	27/08/2025	ASSESSOR	RIDWAN		
ROAD	SEG. I-J	VEHICLE SPEED km/hr	20		
LOCATION	TOFU 8	TRAFFIC bcm/day	45,000		
DEFECT	Defect (Functionality)		DEFECT SCORE		
	DEGREE (1-5)	EXTENT (1-5)			
Potholes	2	x	3	=	6
Corrugations	2	x	3	=	6
Rutting	4	x	3	=	12
Loose material	2	x	4	=	8
Stoniness - fixed	2	x	3	=	6
TOTAL FUNCTIONAL DEFECT SCORE (DS)				38	
Perbaikan Jalan Segera Dilakukan				(DS>45)	
Pemeliharaan jalan Direkomendasikan				(25<DS<45)	
Jalan Dalam Kondisi Baik				(DS<=25)	

10. Segmen J-K

MINE HAUL ROAD FUNCTIONAL ASSESSMENT					
DATE	27/08/2025	ASSESSOR	RIDWAN		
ROAD	SEG. J-K	VEHICLE SPEED km/hr	20		
LOCATION	TOFU 8	TRAFFIC bcm/day	45,000		
DEFECT	Defect (Functionality)		DEFECT SCORE		
	DEGREE (1-5)	EXTENT (1-5)			
Potholes	2	x	3	=	6
Corrugations	4	x	3	=	12
Rutting	5	x	3	=	15
Loose material	3	x	4	=	12
Stoniness - fixed	3	x	3	=	9
TOTAL FUNCTIONAL DEFECT SCORE (DS)				54	
Perbaikan Jalan Segera Dilakukan				(DS>45)	
Pemeliharaan jalan Direkomendasikan				(25<DS<45)	
Jalan Dalam Kondisi Baik				(DS<=25)	

11.Segmen K-L

MINE HAUL ROAD FUNCTIONAL ASSESSMENT					
DATE	27/08/2025	ASSESSOR	RIDWAN		
ROAD	SEG. K-L	VEHICLE SPEED km/hr	20		
LOCATION	TOFU 8	TRAFFIC bcm/day	45,000		
DEFECT	Defect (Functionality)		DEFECT SCORE		
	DEGREE (1-5)	EXTENT (1-5)			
Potholes	5	x	2	=	10
Corrugations	5	x	2	=	10
Rutting	5	x	3	=	15
Loose material	4	x	4	=	16
Stoniness - fixed	3	x	3	=	9
TOTAL FUNCTIONAL DEFECT SCORE (DS)					60
Perbaikan Jalan Segera Dilakukan					(DS>45)
Pemeliharaan jalan Direkomendasikan					(25<DS<45)
Jalan Dalam Kondisi Baik					(DS<=25)

12.Segmen L-M

MINE HAUL ROAD FUNCTIONAL ASSESSMENT					
DATE	27/08/2025	ASSESSOR	RIDWAN		
ROAD	SEG. L-M	VEHICLE SPEED km/hr	20		
LOCATION	TOFU 8	TRAFFIC bcm/day	45,000		
DEFECT	Defect (Functionality)		DEFECT SCORE		
	DEGREE (1-5)	EXTENT (1-5)			
Potholes	5	x	2	=	10
Corrugations	4	x	4	=	16
Rutting	5	x	5	=	25
Loose material	3	x	4	=	12
Stoniness - fixed	2	x	3	=	6
TOTAL FUNCTIONAL DEFECT SCORE (DS)					69
Perbaikan Jalan Segera Dilakukan					(DS>45)
Pemeliharaan jalan Direkomendasikan					(25<DS<45)
Jalan Dalam Kondisi Baik					(DS<=25)

LAMPIRAN C

SUMMARY DATA JENIS KERUSAKAN PER-SEGMENT JALAN ANGKUT DAN PENGOLAHAN KORELASI KERUSAKAN BAN OLEH KONDISI PERMUKAAN JALAN ANGKUT

1. Summary Data

AREA	SEGMENT	KODE KERUSAKAN											TOTAL
		D-01	D-02	D-03	D-04	D-05	D-07	D-08	D-09	D-10	D-11	D-12	
TOFU 8	A-B	7	4	1	16	0	9	0	0	4	0	16	57
	B-C	8	2	1	3	0	6	4	0	4	0	11	39
	C-D	11	1	2	12	1	2	1	0	2	0	11	43
TOFU 7	D-E	13	2	3	6	0	2	1	2	0	1	13	43
	E-F	8	1	2	16	0	4	2	0	1	0	18	52
	F-G	6	3	1	13	0	3	0	1	3	1	15	46
TOFU 5	G-H	7	1	4	4	0	2	1	0	3	1	15	38
	H-I	7	4	1	3	0	1	0	1	1	3	11	32
	I-J	8	0	1	1	0	0	0	0	4	0	11	25
TOFU 4	J-K	12	1	2	23	0	5	1	1	3	1	19	68
	K-L	12	3	3	27	0	8	1	0	4	2	24	84
	L-M	15	3	0	19	0	4	0	0	6	0	23	70
Total		114	25	21	143	1	46	11	5	35	9	187	597

2. Data Pengolahan Scatterplot

SEGMENT	D04		SEGMENT	D07			
	DEFCT R	KEJADIAN		DEFCT L S			KEJADIAN
A-B	15	16	A-B	16	9	25	9
B-C	12	3	B-C	12	8	20	6
C-D	15	12	C-D	8	6	14	2
D-E	12	6	D-E	12	6	18	2
E-F	15	16	E-F	12	6	18	4
F-G	15	13	F-G	12	6	18	3
G-H	12	4	G-H	8	6	14	2
H-I	12	3	H-I	8	6	14	1
I-J	12	1	I-J	8	6	14	0
J-K	15	18	J-K	12	9	21	5
K-L	15	15	K-L	16	9	25	8
L-M	25	36	L-M	12	6	18	4
		143					46