

**EVALUASI JALAN ANGKUT PADA AKTIVITAS
PENGANGKUTAN BATU BARA DARI *FRONT NEWCASTEL*
MENUJU *STOCKPILE COAL CRUSHING PLANT SITE*
MUARA TIGA BESAR (MTB) PT BUKIT ASAM Tbk**

LAPORAN TUGAS AKHIR



**SOPYAN ERLANGGA
2023310071**

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PRABUMULIH
2026**

**EVALUASI JALAN ANGKUT PADA AKTIVITAS
PENGANGKUTAN BATU BARA DARI *FRONT NEWCASTEL*
MENUJU *STOCKPILE COAL CRUSHING PLANT SITE*
MUARA TIGA BESAR (MTB) PT BUKIT ASAM Tbk**

Diajukan Sebagai Syarat Menyelesaikan Tugas Akhir Program Studi Teknik
Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Prabumulih



**SOPYAN ERLANGGA
2023310071**

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PRABUMULIH
2026**

HALAMAN PENGESAHAN

**EVALUASI JALAN ANGKUT PADA AKTIVITAS
PENGANGKUTAN BATU BARA DARI *FRONT NEWCASTEL*
MENUJU *STOCKPILE COAL CRUSHING PLANT SITE*
MUARA TIGA BESAR (MTB) PT BUKIT ASAM Tbk**

LAPORAN TUGAS AKHIR

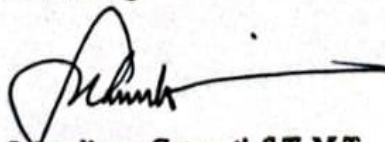
**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Ahli Madya
Program Studi Teknik Pertambangan Universitas Prabumulih**

Oleh:

**SOPYANERLANGGA
2023310071**

Prabumulih, 15 Juli 2026

Pembimbing I



**Suhardiman Gumanti, S.T., M.T.
NUPTK. 7553748650200002**

Pembimbing II



**Rodiyah Nursani, S.Si., M.T.
NUPTK. 3633756657230142**



**Ketua Program Studi
Teknik Pertambangan
Ridha Yovanda S.T., M.T.
NUPTK. 250771672130283**

HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir dengan Judul "Evaluasi jalan Angkut Pada Aktivitas Pengangkutan Batu Bara Dari *Front Newcastle Menuju Stockpile Coal Crushing Plant* Site Muara Tiga Besar (MTB) PT Bukit Asam Tbk " telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Tugas Akhir Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik, Universitas Prabumulih pada tanggal 17 juli 2026.

Prabumulih, 15 Juli 2026

Tim Penguji Tugas Akhir

Ketua :

1. Suhardiman Gumanti, S.T., M.T.
NUPTK. 7553748650200002



Anggota :

1. Rodiyah Nursani, S.Si., M.T.
NUPTK. 3633756657230142
2. Dr. Ir. Aris Susilo, S.T., M.T., IPM
NUPTK. 9944755656130172



Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik



Dr. Ir. Aris Susilo, S.T., M.T., IPM
NUPTK. 9944755656130172

Program Studi
Teknik Pertambangan



Ridho Yevanda, S.T., M.T.
NUPTK. 5250771672130283

PERNYATAAN INTEGRITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Sopyan Erlangga

Nim 2023310071

Program Studi : Teknik Pertambangan

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa, tugas akhir ini benar-benar merupakan hasil karya saya dan tidak terdapat karya orang lain, apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa tugas akhir ini hasil plagiasi, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku atas perbuatan tersebut.



Prabumulih, 15 juli 2026

Yang membuat pernyataan



Sopyan Erlangga

2023310071

ABSTRAK

Evaluasi jalan Angkut Pada Aktivitas Pengangkutan Batu Bara Dari *Front Newcastle* Menuju *Stockpile Coal Crushing Plant Site* Muara Tiga Besar (MTB) PT Bukit Asam Tbk

Sopyan Erlangga, 2023310071, 2026

Aktivitas pengangkutan merupakan komponen biaya terbesar dalam operasional penambangan terbuka, di mana performa alat angkut sangat dipengaruhi oleh kondisi geometri jalan tambang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi aktual dan mengevaluasi geometri jalan angkut batu bara dari *Front Newcastle* menuju *Stockpile Coal Crushing Plant (CCP) Site* Muara Tiga Besar (MTB) PT Bukit Asam Tbk berdasarkan standar Kepmen ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018. Metode penelitian dilakukan melalui observasi lapangan dan pengukuran langsung terhadap variabel geometri jalan. Hasil pengukuran menunjukkan kondisi rata-rata aktual jalan lurus sebesar 19,96 m, jalan tikungan 24,46 m, kemiringan jalan (*grade*) 5,07%, *cross slope* 0,21%, dan *superelevasi* 0,02%. Hasil evaluasi menunjukkan adanya beberapa segmen yang belum memenuhi standar ideal demi keselamatan dan produktivitas. Di antaranya, seluruh segmen pada jalan lurus belum mencapai lebar minimum standar sebesar 24,25 m untuk unit terbesar HD Komatsu 785-7. Selain itu, terdapat 3 segmen tikungan yang belum memenuhi lebar minimum 27,95 m, 3 segmen dengan kelandaian kritis yang melebihi batas maksimal 8% (mencapai 17,71% pada segmen C-D), serta 3 segmen *cross slope* di bawah standar minimum 2%. Rekomendasi perbaikan yang disarankan meliputi pengerjaan pelebaran jalur menggunakan *dozer* dan *grader*, rekonstruksi kelandaian jalan melalui metode *cut and fill* atau pembuatan desain lintasan baru (*switchback*), serta pemeliharaan berkala guna meminimalkan undulasi dan mengoptimalkan fungsi tanggul pengaman (*safety berm*).

Kata Kunci: Pengangkutan Batu Bara, Lebar Jalan, Lebar Tikungan, *Grade* Jalan, *Cross Slope*, *Superelevasi*, *Safety Berm*.

ABSTRACT

Evaluation of Transport Roads for Coal Hauling Activities from Newcastle Front to the Coal Crushing Plant Stockpile Site Muara Tiga Besar (MTB) PT Bukit Asam Tbk

Sopyan Erlangga, 2023310071, 2026

Hauling activities represent the largest cost component in open-pit mining operations, where the performance of hauling equipment is significantly influenced by the geometry conditions of the mine road. This study aims to determine the actual conditions and evaluate the geometry of the coal hauling road from the Newcastle Front to the Coal Crushing Plant (CCP) Stockpile at the Muara Tiga Besar (MTB) Site of PT Bukit Asam Tbk, based on the standards of the Decree of the Minister of Energy and Mineral Resources (Kepmen ESDM) No. 1827 K/30/MEM/2018. The research method was conducted through field observations and direct measurements of road geometry variables. The measurement results showed that the average actual straight road width was 19.96 m, curved road width was 24.46 m, road grade was 5.07%, cross slope was 0.21%, and superelevation was 0.02%. The evaluation findings revealed several segments that have not met the ideal standards for safety and productivity. Specifically, all segments of the straight road did not reach the minimum standard width of 24.25 m required for the largest hauling unit, the HD Komatsu 785-7. Furthermore, 3 curved segments fell short of the minimum standard width of 27.95 m, 3 segments exhibited critical grades exceeding the maximum threshold of 8% (reaching up to 17.71% in segment C-D), and 3 cross slope segments were below the minimum standard of 2%. Recommended improvements include road widening using dozers and graders, road grade reconstruction using cut-and-fill methods or designing new path alignments (switchbacks), and routine maintenance to minimize undulations and optimize safety berm performance.

Keywords: Coal Transportation, Road Width, Turn Width, Road Grade, Cross Slope, Superelevation, Safety Berm.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT atas limpahan Rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Evaluasi jalan Angkut Pada Aktivitas Pengangkutan Batu Bara Dari *Front Newcastel* Menuju *Stockpile Coal Crushing Plant Site* Muara Tiga Besar (MTB) PT Bukit Asam Tbk”. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Ahli Madya di Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Prabumulih. Penulis banyak menerima bantuan, arahan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Yuniar Pratiwi, S.Si., M.Si selaku Rektor Universitas prabumulih.
2. Dr. Ir. Aris Susilo, S.T., M.T., IPM selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Prabumulih sekaligus dosen penguji
3. Bapak Ridho Yovanda, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Pertambangan.
4. Bapak Ahmad Husni, S.T., M.T. selaku Pembimbing Akademik.
5. Bapak Suhardiman Gumanti, S.T., M.T. Sebagai Pembimbing I.
6. Ibu Rodiyah Nursani, S.Si., M.T. Sebagai Pembimbing II.
7. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Prabumulih.
8. Bapak/Ibu Staf Administrasi Fakultas Teknik Universitas Prabumulih.
9. Kedua Orang Tua Bapak Suherman dan Ibu Nurbaiti dan Eko Nurmanto dan Istri Elma Nur Syafitri selaku kakak dan kedua Keponaan tercinta Eca dan Eci yang selalu memberikan dukungan moral, nasehat, semangat yang luar biasa selama proses penelitian.
10. Rekan-rekan Mahasiswa Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Prabumulih khususnya angkatan 2021, 2022 dan 2023, serta semua pihak yang membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Akhirnya, dengan segala kerendahan hati penulis menyadari bahwa penulisan tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang konstruktif demi kesempurnaan penulisan tugas akhir ini. Penulis berharap semoga karya sederhana ini dapat bermanfaat dengan baik bagi semua pihak. Aamiin Allahuma aamiin.

Prabumulih, 15 Juli 2026

Sopyan Erlangga
2023310071



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
PERNYATAAN INTEGRITAS.....	iv
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
DAFTAR SINGKATAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Deskripsi Lokasi Penelitian.....	5
2.1.1 Sejarah Singkat Perusahaan.....	5
2.1.2 Visi dan Misi Perusahaan.....	6
2.1.3 Struktur Organisasi.....	7
2.1.4 Lokasi dan Kesampaian Daerah.....	7
2.1.5 Keadaan Geologi dan Stratigrafi.....	8
2.2 Landasan Teori.....	9
2.2.1 Jalan Angkut Tambang (Hauling Road).....	9
2.2.1.1 Definisi Jalan Angkut Tambang.....	9
2.2.1.2 Fungsi Jalan Angkut Tambang.....	11

2.2.1.3	Regulasi dan standar Jalan Angkut.....	12
2.2.2	Aspek Geometri Jalan Angkut.....	14
2.2.2.1	Lebar Jalan Angkut	15
2.2.2.2	Jari-Jari dan Superelevasi.....	19
2.2.2.3	Kemiringan Jalan Lurus (<i>Grade</i>).....	23
2.2.2.4	Kemiringan Melintang (<i>cross slope</i>).....	24
2.2.2.5	Tanggul Pengaman (<i>safety berm</i>).....	24
2.2.2.6	Undulasi (<i>Undulation</i>).....	25
2.2.2.7	Laminasi Jalan (<i>Laminating</i>).....	26
BAB III	MOTODE PENELITIAN.....	28
3.1	Lokasi Dan Waktu Penelitian.....	28
3.2	Tahapan Penelitian	28..
3.3	Bagan Alir Penelitian	31
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	32
4.1	Kondisi Geometri Jalan Angkut Aktual dari Front New Castel ke CCP.....	32
4.1.1	Lebar Jalan Lurus.....	33
4.1.2	Lebar Jalan Tikungan.....	34
4.1.3	Kemiringan Jalan (<i>Grade</i>)	34
4.1.4	Kemiringan Melintang (<i>Cross Slope</i>).....	36
4.1.5	Kemiringan Tikungan (Superelevasi)	37
4.1.6	Tinggi Tanggul (<i>safety Berm</i>).....	37
4.2	Evaluasi Geometri Jalan Angkut Aktual dari Front New Castel ke CCP.....	39
4.2.1	Lebar Jalan Lurus.....	39
4.2.2	Lebar Jalan Tikungan.....	43
4.2.3	Kemiringan Jalan (<i>Grade</i>)	44
4.2.4	Kemiringan Melintang (<i>Cross Slope</i>).....	47
4.2.5	Kemiringan Tikungan (Superelevasi)	48
4.2.6	Tinggi Tanggul Pengaman (<i>Safety Berm</i>).....	50
BAB V	PENUTUP.....	52
5.1	Kesimpulan	52

5.2 Saran	54
DAFTAR PUSTAKA	56
LAMPIRAN	56

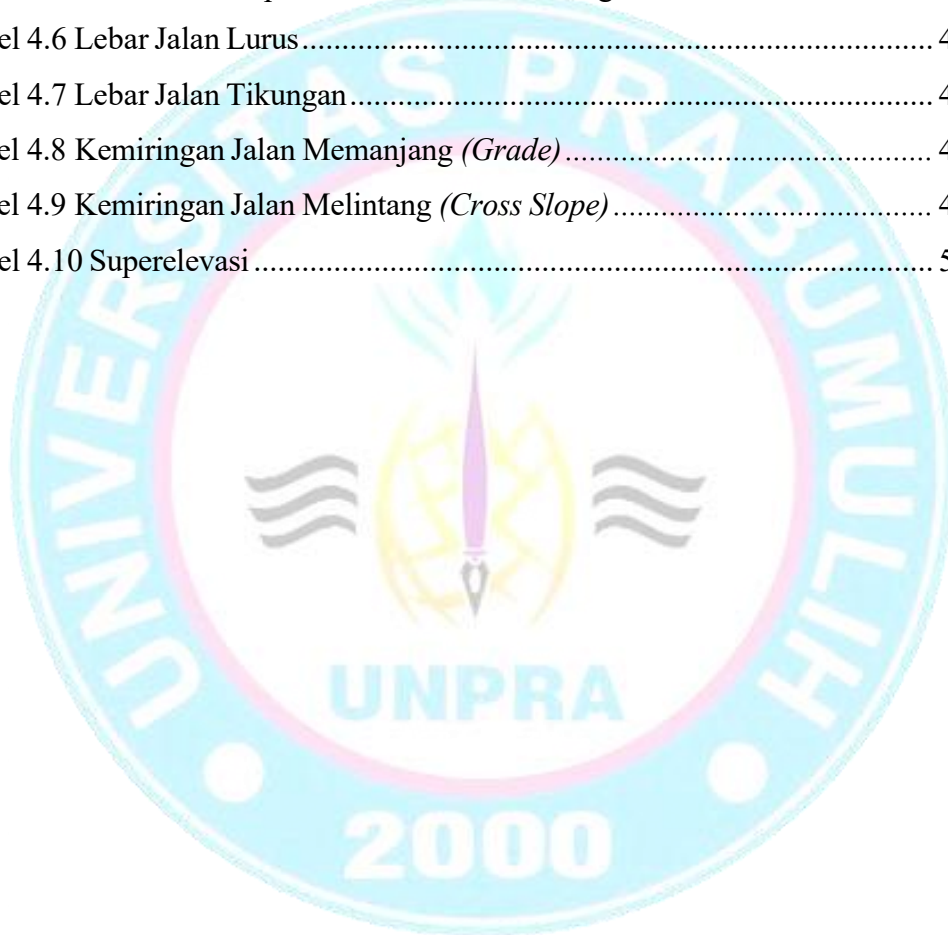


DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Peta Kesampaian Daerah.....	7
Gambar 2.2 Lebar Jalan Angkut Dua Jalur Jalan Lurus.....	16
Gambar 2.3 Lebar Jalan Angkut Pada Tikungan.....	19
Gambar 2.4 Gaya Sentrifugal Pada Tikungan.....	20
Gambar 2.5 Jari Jari Tikungan.....	21
Gambar 2.6 Superelevasi.....	21
Gambar 2.7 Penampang Melintang Jalan Angkut	24
Gambar 2.8 Alat <i>Grader</i>	25
Gambar 2.9 Alat <i>Compactor</i>	26
Gambar 3.1 Peta Kesampaian Daerah.....	28
Gambar 3.2 Bagan Alir Penelitian	31
Gambar 4.1 Pembagian Segmen Jalan Angkut Dari Front ke <i>Stockpile</i>	33
Gambar 4.2 Tinggi Tanggul Pengaman.....	37
Gambar 4.3 Tinggi Tanggul Sisi Kiri	38
Gambar 4.4 Segmen A-B	41
Gambar 4.5 Segmen B-C.....	41
Gambar 4.6 Segmen C-D.....	42
Gambar 4.7 Segmen D-E	42
Gambar 4.8 Segmen E-F.....	43
Gambar 4.9 Rekomendasi Superelevasi Segmen H-I.....	48
Gambar 4.10 Rekomendasi Superelevasi Segmen I-J.....	49
Gambar 4.11 Rekomendasi Superelevasi Segmen J-K.....	49
Gambar 4.12 Rekomendasi Superelevasi Segmen K-L.....	50

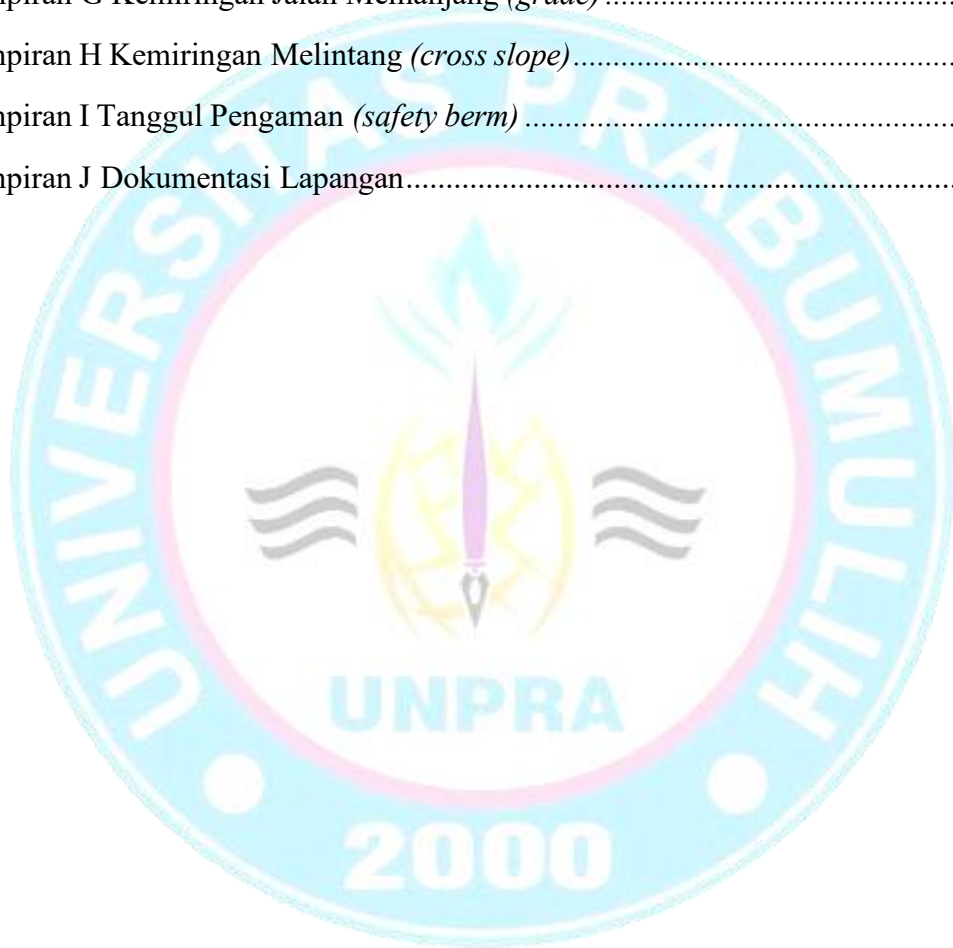
DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Superelevasi Sesuai Dengan Kelengkungan dan Kecepatan	
Tabel 4.1 Lebar Aktual Jalan Lurus	34
Tabel 4.2 Lebar Aktual Jalan Tikungan	34
Tabel 4.3 Kemiringan Memanjang (<i>Grade</i>) Aktual	35
Tabel 4.4 Kemiringan Melintang (<i>Cross Slope</i>) Aktual	36
Tabel 4.5 Data Aktual Superelevasi Keseluruhan Segmen.....	37
Tabel 4.6 Lebar Jalan Lurus.....	40
Tabel 4.7 Lebar Jalan Tikungan.....	43
Tabel 4.8 Kemiringan Jalan Memanjang (<i>Grade</i>)	44
Tabel 4.9 Kemiringan Jalan Melintang (<i>Cross Slope</i>)	47
Tabel 4.10 Superelevasi	50



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A Peta Izin Usaha Pertambangan	58
Lampiran B Data Curah Hujan.....	59
Lampiran C Spesifikasi Alat Angkut HD Komatsu 785-7 dan Hino 500FM.....	60
Lampiran D Lebar Jalan Angkut Lurus.....	64
Lampiran E Lebar Jalan Angkut Tikungan.....	66
Lampiran F Kemiringan Tikungan (superelevasi).....	68
Lampiran G Kemiringan Jalan Memanjang (<i>grade</i>)	73
Lampiran H Kemiringan Melintang (<i>cross slope</i>).....	75
Lampiran I Tanggul Pengaman (<i>safety berm</i>)	76
Lampiran J Dokumentasi Lapangan.....	78



DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Kepanjangan
AASHO	: American Association of State Highway and Transportation Officials
AI	: Artificial Intelligence
BUMN	: Badan Usaha Milik Negara
CCP	: Coal Crushing Plant
ESDM	: Energi dan Sumber Daya Mineral
GPS	: Global Positioning System
HD	: Heavy Duty
IFC	: International Finance Corporation
IOT	: Internet of Things
ISO	: International Organization for Standardization
IUP	: Izin Usaha Pertambangan
JORC	: Joint Ore Reserves Committee
Kepmen	: Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya
ESDM	: Mineral
LS	: Lintang Selatan
MTB	: Muara Tiga Besar
MTBS	: Muara Tiga Besar Selatan
MTBU	: Muara Tiga Besar Utara
OSHA	: Occupational Safety and Health Administration
PT	: Perseroan Terbatas
PTBA	: PT Bukit Asam Tbk
RKAP	: Rencana Kerja dan Anggaran Perusahaan
SBS	: Satria Bahana Sarana
SNI	: Standar Nasional Indonesia
TAL	: Tambang Air Laya
UTM	: Universal Transverse Mercator
WIUP	: Wilayah Izin Usaha Pertambangan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menurut Kepmen ESDM No 1827 K/30/MEM/2018, jalan pertambangan merupakan jalan khusus yang diperuntukkan untuk kegiatan pertambangan dan berada di area penambangan atau area proyek yang terdiri atas jalan penunjang dan jalan tambang. Sementara jalan tambang/produksi merupakan jalan yang terdapat pada area pertambangan atau area proyek yang digunakan dan dilalui oleh alat pemindah tanah mekanis dan unit penunjang lainnya dalam kegiatan pengangkutan tanah penutup, bahan galian tambang, dan kegiatan penunjang pertambangan. Baik jalan penunjang ataupun jalan tambang harus memenuhi persyaratan geometri yang sudah ditentukan agar operasional tambang dapat berjalan lancar dan aman.

Geometri jalan angkut merupakan aspek penting dalam kegiatan pertambangan, khususnya dalam pengangkutan. Jalan angkut yang memiliki geometri yang tidak ideal, seperti lebar jalan yang tidak mencukupi, kemiringan jalan berlebih, serta kondisi tikungan dan superelevasi yang tidak sesuai standar, dapat menyebabkan hambatan dalam operasional penambangan, dalam hal ini tahapan pengangkutan (*hauling*). Hal ini pada akhirnya menurunkan produktivitas alat angkut dan menghambat target produksi yang diharapkan. Oleh karena itu, melakukan evaluasi geometri jalan seperti lebar jalan, kemiringan (*grade*), *cross slope*, serta superelevasi menjadi penting untuk mendukung kelancaran aktivitas pengangkutan *overburden* dari *Front* penambangan ke *disposal area* (Yusup,2020) Kajian mengenai evaluasi geometri jalan angkut didasarkan pada pentingnya peran geometri jalan tambang dalam menunjang kelancaran kegiatan pengangkutan. Geometri jalan merupakan elemen fundamental yang secara langsung memengaruhi kecepatan alat angkut, konsumsi bahan bakar, waktu edar (*cycle time*), kestabilan alat, serta keselamatan operasi penambang.

Dalam operasional tambang terbuka, aktivitas pengangkutan merupakan komponen yang menyumbang lebih dari 50% biaya operasi. Oleh karena itu, faktor apa pun yang memengaruhi performa alat angkut perlu dianalisis secara mendalam. Salah satu faktor tersebut adalah kondisi geometri jalan, yang meliputi

1. Lebar jalan
2. Kemiringan (*grade*)
3. Tikungan (*radius turning*)
4. *Superelevasi*
5. Kondisi permukaan (*surface condition*)

Jika geometri jalan tidak sesuai standar, alat angkut tidak dapat beroperasi pada kondisi optimal, sehingga menurunkan produktivitas dan meningkatkan risiko kecelakaan.

Melihat pentingnya kajian mengenai evaluasi geometri jalan maka Penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul evaluasi jalan angkut pada aktivitas pengangkutan batu bara dari *Front Newcastle* menuju *Stockpile Coal Crushing Plant site* Muara Tiga Besar (MTB) PT Bukit Asam Tbk.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi aktual geometri jalan angkut pada aktivitas pengangkutan batu bara dari *Front Newcastle* menuju *Stockpile Coal Crushing Plant Site* Muara Tiga Besar (MTB) PT Bukit Asam Tbk?
2. Bagaimana geometri jalan angkut pada aktivitas pengangkutan batu bara dari *Front Newcastle* menuju *Stockpile Coal Crushing Plant*, dengan parameter lebar jalan, lebar tikungan, panjang jalan, kemiringan memanjang (*grade*), kemiringan melintang (*cross slope*), kemiringan tikungan (*superelevasi*) dan tinggi tanggul (*safety berm*), *Site* Muara Tiga Besar (MTB) PT Bukit Asam Tbk?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui kondisi aktual geometri jalan angkut pada aktivitas pengangkutan batu bara dari *Front Newcastle* menuju *Stockpile Coal Crushing Plant Site* Muara Tiga Besar (MTB) PT Bukit Asam Tbk.

2. Mengevaluasi geometri jalan angkut pada aktivitas pengangkutan batu bara dari *Front Newcastel* menuju *Stockpile Coal Crushing Plant*, dengan parameter lebar jalan, lebar tikungan, panjang jalan, kemiringan memanjang (*grade*), kemiringan melintang (*cross slope*), kemiringan tikungan (superelevasi) dan tinggi tanggul (*safety berm*), *Site* Muara Tiga Besar (MTB) PT Bukit Asam Tbk.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi geometri jalan angkut untuk meningkatkan produktivitas alat angkut dalam aktivitas pengangkutan batu bara dari *Front Newcastel* menuju *Stockpile Coal Crushing Plant Site* Muara Tiga Besar (MTB) PT Bukit Asam Tbk. Berikut adalah manfaat utama dari penelitian ini, yang dikategorikan berdasarkan aspek teoritis dan praktis:

1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat teoritis sebagai berikut:

- a. Menambah pengetahuan dalam ilmu pertambangan, khususnya terkait pengaruh geometri jalan angkut terhadap produktivitas alat angkut dalam kegiatan pengangkutan batu bara.
- b. Memberikan kontribusi terhadap pengembangan teori mengenai hubungan antara elemen geometri jalan angkut.
- c. Menjadi referensi ilmiah bagi peneliti dan akademisi yang berminat mengkaji optimasi jalan angkut tambang sebagai bagian dari upaya peningkatan produktivitas operasi pertambangan.

2. Manfaat Praktis

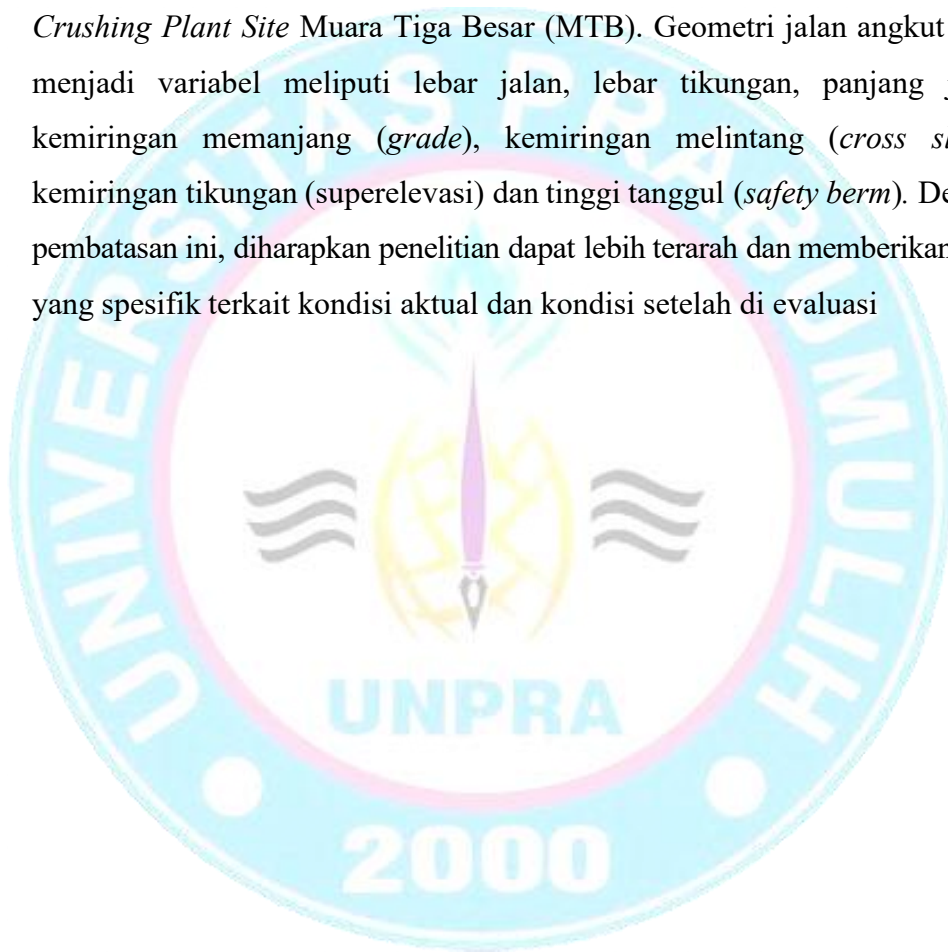
- a. Memberikan rekomendasi teknis kepada perusahaan tambang dalam meningkatkan efisiensi operasional melalui perbaikan dan optimasi geometri jalan angkut.
- b. Mendukung peningkatan produktivitas alat angkut dengan menyediakan data dan analisis berbasis penelitian terkait kondisi

jalan yang ideal untuk operasi pengangkutan batu bara.

- c. Membantu perusahaan dalam menekan biaya operasional melalui pengurangan hambatan pada proses *hauling road* akibat kondisi jalan yang kurang optimal.

1.5 Batasan Masalah

Penelitian ini akan dibatasi pada evaluasi geometri jalan angkut pada aktivitas pengangkutan batu bara dari *Front Newcastel* menuju *Stockpile Coal Crushing Plant Site* Muara Tiga Besar (MTB). Geometri jalan angkut yang menjadi variabel meliputi lebar jalan, lebar tikungan, panjang jalan, kemiringan memanjang (*grade*), kemiringan melintang (*cross slope*), kemiringan tikungan (superelevasi) dan tinggi tanggul (*safety berm*). Dengan pembatasan ini, diharapkan penelitian dapat lebih terarah dan memberikan hasil yang spesifik terkait kondisi aktual dan kondisi setelah di evaluasi



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Deskripsi Lokasi Penelitian

2.1.1 Sejarah Singkat Perusahaan

PT Bukit Asam Tbk adalah Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang didirikan pada tanggal 2 Maret 1981 dengan dasar Peraturan Pemerintah No 42 tahun 1980 yang berkantor pusat di Tanjung Enim, Sumatera Selatan. Diawali penyelidikan eksplorasi yang dilakukan oleh bangsa Belanda pada tahun 1915 sampai 1918 yang dipimpin Ir. Van Haat yang hasilnya menunjukkan ditemukannya kandungan batu bara yang besar di kawasan Bukit Asam mulai berproduksi, wilayah operasi penambangan pertama dilakukan di area Tambang Air Laya dengan sistem penambangan tambang bawah tanah.

Pada tahun 1981 PN TABA berubah menjadi perseroan terbatas yaitu PT Bukit Asam Tahun 1990, pemerintah menetapkan penggabungan perum tambang batu bara dengan perseroan. Tahun 2002 Perseroan mencatatkan diri sebagai perusahaan publik di Bursa Efek Indonesia dengan kode perdagangan “PTBA”. Pada tahun 2017 peubahan status Perseroan menjadi Non-Persero sehubungan dengan PP 47/2017 tentang penambahan penyertaan modal negara Republik Indonesia kedalam modal saham PT Inalum (Persero), dan berubah menjadi anggota *Holding* BUMN industri pertambangan. PT Bukit Asam Tbk. di Unit Pertambangan Tanjung Enim (UPTE) memiliki beberapa *site* dalam wilayah kuasa pertambangan, yaitu:

a. Tambang Air Laya (TAL).

Pada lokasi TAL, kegiatan penambangan dilakukan dengan dua metode, yaitu metode *conventional mining* kombinasi antara *excavator- dump truck* dan metode *continuous mining* yang merupakan suatu sistem penambangan yang berkesinambungan. Pada metode sistem ini sepenuhnya dilaksanakan oleh pihak PTBA sedangkan untuk penambangan dengan metode kombinasi *excavator- dump truck* dilaksanakan oleh pihak ketiga (kontraktor).

b. Tambang Muara Tiga Besar (MTB).

Tambang Muara Tiga Besar (MTB) terdiri atas dua lokasi, yaitu Muara Tiga Besar Utara (MTBU) dan Muara Tiga Besar Selatan (MTBS). Operasi penambangan di Muara Tiga Besar ini menggunakan metode kombinasi antara *excavator-dump truck* yang semuanya dikerjakan oleh pihak ketiga (kontraktor).

c. Tambang Bangko Barat.

Tambang Banko Barat saat ini terdiri atas Pit 1, Pit 2. Pekerjaan penambangan batu bara dilakukan oleh swakelola dengan kontraktor PT Perusahaan Pengelola Aset (PPA) dan kontraktor PT Satria Bahana Sarana (SBS), Pama Persada Nusantara (PAMA) dengan menggunakan metode kombinasi antara *excavator- dump truck*.

2.1.2 Visi dan Misi Perusahaan

Visi dan misi perusahaan Bukit Asam Tbk sebagai berikut:

1. Visi Perusahaan

"Menjadi perusahaan energi kelas dunia yang peduli lingkungan."

Visi ini menekankan ambisi PTBA untuk tidak lagi hanya dikenal sebagai perusahaan tambang batu bara, tetapi bertransformasi menjadi penyedia energi yang lebih luas dengan standar global dan komitmen tinggi terhadap kelestarian ekosistem.

2. Misi Perusahaan

Untuk mencapai visi tersebut, PTBA menetapkan misi sebagai berikut:

- a. Mengelola sumber energi dengan mengembangkan kompetensi korporasi dan keunggulan insani.
- b. Memberikan nilai tambah maksimal bagi pemangku kepentingan (*stakeholders*) dan lingkungan.

Sebagai bagian dari BUMN, PTBA menerapkan nilai-nilai AKHLAK dalam menjalankan operasionalnya:

1. Amanah: Memegang teguh kepercayaan yang diberikan.
2. Kompeten: Terus belajar dan mengembangkan kapabilitas.
3. Harmonis: Saling peduli dan menghargai perbedaan.
4. Loyal: Berdedikasi dan mengutamakan kepentingan Bangsa dan

Negara.

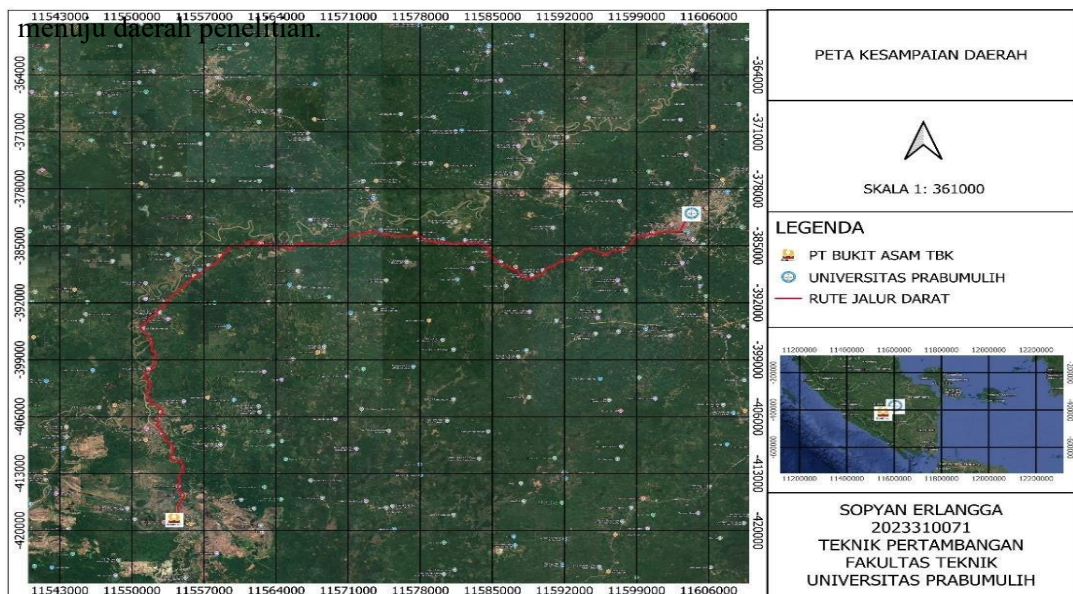
5. Adaptif: Terus berinovasi dan antusias dalam menggerakkan ataupun menghadapi perubahan.
6. Kolaboratif: Membangun kerja sama yang sinergis.

2.1.3 Struktur Organisasi

PT Bukit Asam Tbk memiliki struktur organisasi yang mumpuni pada setiap bidang yang mendukung operasional perusahaan, dengan organisasi yang jelas dan terorganisir dengan kolaborasi yang baik PT Bukit Asam siap untuk terus berkembang dimasa depan, dalam rangka pelaksanaan kegiatan pertambangan batu bara, PT Bukit Asam mempunyai struktur organisasi dan beberapa departemen diantaranya yaitu:

2.1.4 Lokasi dan Kesampaian Daerah

Untuk memberikan gambaran mengenai aksesibilitas menuju lokasi penelitian, diperlukan penyajian informasi spasial yang menunjukkan jalur perjalanan dari titik keberangkatan menuju lokasi penelitian. Peta ini disusun sebagai media visual untuk memperlihatkan posisi geografis, arah perjalanan, serta hubungan lokasi penelitian dengan titik awal keberangkatan. Dengan adanya peta kesampaian daerah, pembaca dapat memahami rute yang ditempuh, kondisi umum wilayah yang dilalui, serta letak lokasi penelitian secara lebih jelas. Informasi ini juga menjadi bagian penting dalam menjelaskan aspek logistik dan kemudahan akses



Sumber: Penulis (2026)

Gambar 2.1 Peta Kesampaian Daerah

Wilayah PT Bukit Asam Tbk. terletak pada posisi $103^{\circ}50'54.978''$ BT dan $3^{\circ}45'1.510''$ LS Universal Transverse Mercator (UTM). Secara administrasi lokasi PT Bukit Asam Tbk. di Desa Tanjung Enim, Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan. Jarak tempuh lewat jalan raya ± 97 kilometer dari kota Prabumulih. Akses menuju lokasi penelitian dapat ditempuh dengan jalur darat menuju ke kota Muara Enim membutuhkan waktu tempuh selama $\pm 2,5$ jam. Selanjutnya dari Muara Enim untuk sampai ke Tanjung Enim dibutuhkan waktu tempuh ± 25 menit. Wilayah Izin Usaha Penambangan (WIUP) PT Bukit Asam Tbk. terletak di daerah Tanjung Enim, Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan pada posisi $3^{\circ}42'30''$ LS - $4^{\circ}47'30''$ LS dan $103^{\circ}45'00''$ BT - $103^{\circ}50'00''$ BT atau garis bujur 9.583.200 – 9.593.2.00 dan lintang 360.600 – 367.000.

2.1.5 Keadaan Geologi dan Stratigrafi

Keadaan geologi dan stratigrafi PT Bukit Asam Tbk (PTBA) di Tanjung Enim, Sumatera Selatan, didominasi oleh cekungan sedimen Neogen yang berada pada zona tektonik Busur Sunda dan dipengaruhi oleh Sesar Sumatera. Formasi utamanya terdiri atas lapisan overburden Formasi Muara Enim berupa lempung, pasir, dan tuf vulkanik, diikuti lapisan batu bara utama dengan seam A, B, dan C yang memiliki nilai kalor 4.000–5.200 kcal/kg (adb), kadar air 20–35%, dan kadar sulfur di bawah 1%, serta underburden Formasi Sawahlunto yang tersusun atas lempung dan pasir kuarsa di atas batuan dasar granitoid Pre-Tersier. Struktur geologi wilayah ini dicirikan oleh sesar dan lipatan dengan kemiringan lapisan $5-20^{\circ}$ sehingga menghasilkan stripping ratio sekitar 7–8:1. Hingga 2024, cadangan batu bara terbukti mencapai sekitar 500 juta ton dengan total sumber daya 1,2 miliar ton (JORC). Dalam RKAP 2026, PTBA menargetkan produksi 29 juta ton, penambahan sumber daya melalui eksplorasi, serta efisiensi stripping ratio menjadi sekitar 7:1 melalui penerapan teknologi pemodelan 3D dan drone mapping.

monitoring seismik, meskipun tantangan utama tetap pada infiltrasi air tanah dan reaktivasi sesar akibat curah hujan tinggi pasca-El Niño 2024. Data ini bersumber dari Laporan Tahunan PTBA 2023, RKAP 2025, serta studi Badan Geologi ESDM dan BRGM hingga 2024, yang menegaskan potensi berkelanjutan tambang terbuka Tanjung Enim sebagai penyumbang utama batu bara lignit-subbituminus nasional.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Jalan Angkut Tambang (*Hauling Road*)

2.2.1.1 Definisi Jalan Angkut Tambang

Jalan tambang atau *hauling road* merupakan sarana tempat berlalu lalangnya truk bermuatan besar yang memindahkan hasil tambang dari satu tempat ke tempat lainnya. *Hauling road* dirancang untuk pengangkutan material berat atau curah dengan truk pengangkut di area pertambangan. Untuk menjaga efektivitas pada tingkat yang optimal, setiap jalan harus dalam kondisi baik. Pemeliharaan *hauling road* secara teratur dapat mempertahankan standar tinggi degradasi jalan. Meskipun jalan yang dibangun dengan baik tidak rentan terhadap kerusakan, pemeliharaan jalan tetap diperlukan untuk memaksimalkan keselamatan.

Hauling road atau jalan angkut juga jarang diaplikasikan oleh aspal atau beton seperti jalan biasa. Hal ini dikarenakan jalan tambang sering dilalui oleh kendaraan yang bermuatan besar sehingga permukaan jalan tidak beraturan karena terbentuknya lekukan dan bekas roda. *Hauling road* yang baik tentunya akan memengaruhi kinerja. Pemeliharaan *hauling road* secara teratur dapat memperpanjang umur jalan dalam kondisi baik sehingga menjamin kelancaran operasi *hauling*. Pemeliharaan *hauling* juga diperlukan dalam membuat kondisi jalan aman digunakan.

Adapun menurut pendapat para ahli mengenai jalan angkut, yaitu:

1. Menurut Thompson dan Visser (2010) jalan angkut harus dirancang dengan gradien maksimal 8-10% untuk meminimalkan konsumsi bahan bakar dan keausan truk, serta lebar minimal 20-30 meter untuk memungkinkan manuver truk besar. Mereka menekankan penggunaan material permukaan seperti agregat stabil atau beton untuk mencegah deformasi, dengan sistem drainase yang baik untuk menghindari genangan air yang dapat merusak permukaan. Pendekatan ini didasarkan pada studi kasus tambang Afrika Selatan, di mana desain yang buruk dapat meningkatkan biaya perawatan hingga 20-30%.
2. Menurut Kecojevic dan Radomsky (2008) mereka menggambarkan jalan angkut sebagai sistem dinamis yang memerlukan inspeksi rutin untuk mendeteksi retakan atau erosi, dengan fokus pada pengurangan risiko kecelakaan seperti tergelincir truk. Berdasarkan data dari tambang, mereka merekomendasikan penggunaan teknologi seperti GPS untuk pemantauan kondisi jalan, serta pelatihan operator untuk mengoptimalkan kecepatan dan beban. Pandangan ini melengkapi Thompson dengan menekankan aspek operasional jangka panjang, di mana keselamatan dapat mengurangi insiden hingga 50% melalui desain ergonomis.
3. Menurut Hartman (2002) dalam *Mining Engineering Handbook* memberikan perspektif lebih luas, mendefinisikan jalan angkut sebagai komponen integral dari sistem pertambangan terbuka yang harus terintegrasi dengan rencana keseluruhan tambang. Ia menyarankan evaluasi biaya manfaat antara jalan angkut permanen versus sementara, dengan pertimbangan lingkungan seperti pengendalian debu dan rehabilitasi lahan pasca-penggunaan. Pendekatan ini menunjukkan bahwa jalan angkut bukan hanya infrastruktur teknis, tetapi juga elemen strategis yang memengaruhi produktivitas dan keberlanjutan. Secara keseluruhan, ahli-ahli seperti Thompson, Kecojevic, dan Hartman menekankan bahwa

jalan angkut memerlukan desain multidimensi yang mencakup aspek teknis, operasional, dan lingkungan untuk memastikan efisiensi dan

2.2.1.2 Fungsi Jalan Angkut Tambang

Jalan angkut pada operasi tambang berfungsi sebagai infrastruktur kritis untuk memindahkan bahan (*ore, waste/overburden*) antara *Front* tambang, *crushers*, *stockpile*, dan *disposal area*. Fungsi utamanya meliputi: memastikan aliran *haulage* yang efisien sehingga mengurangi waktu siklus dan biaya per ton yang diangkut; menyediakan permukaan yang cukup kuat dan stabil agar truk tambang dapat beroperasi dengan aman; serta meminimalkan keausan kendaraan, konsumsi bahan bakar, dan frekuensi perbaikan alat. Studi dan pedoman desain menunjukkan hubungan langsung antara kualitas desain/perawatan jalan dengan produktivitas operasi dan keselamatan dengan kata lain, jalan angkut yang dirancang dan dipelihara dengan baik menurunkan biaya operasional dan risiko kecelakaan.

Para ahli menekankan aspek fungsional dan manajerial selain aspek *geometric /structural*, yaitu:

1. Menurut Thompson (2020) kajian desain fungsional menyatakan bahwa desain *hauling road* harus mempertimbangkan aspek geometri (lebar, radius tikungan, *superelevasi*, *grade*) dan aspek pemeliharaan karena biaya *haulage* dapat mencapai proporsi besar dari total biaya tambang; pendekatan empiris tanpa mempertimbangkan interaksi antara struktur jalan, geometri, dan operasi truk sering menyebabkan kenaikan biaya dan penurunan keselamatan.
2. Menurut Baek & Choi (2017) menambahkan bahwa optimasi tata letak jalan (*routing*) dan penggunaan metode analitik/spasial dapat meningkatkan efisiensi pergerakan truk dan mengurangi waktu tempuh. Kajian modern juga menyorot pentingnya *monitoring* kondisi jalan (termasuk sistem *real-time*) dan teknik perbaikan/stabilisasi material untuk mempertahankan performa jalan di kondisi musiman atau lingkungan yang berubah.

2.2.1.3 Regulasi dan standar Jalan Angkut

Jalan angkut, atau *hauling road*, merupakan infrastruktur penting dalam industri pertambangan dan konstruksi yang digunakan untuk mengangkut material berat seperti bijih, batu bara, atau tanah. Regulasi dan standar untuk jalan angkut di Indonesia diatur oleh berbagai peraturan pemerintah, termasuk Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Nomor 26 Tahun 2018 tentang Pelaksanaan Kegiatan Usaha Pertambangan Mineral dan Batu bara, yang menekankan aspek keselamatan, lingkungan, dan teknis. Standar ini mencakup persyaratan seperti lebar jalan minimal 10-15 meter untuk lalu lintas dua arah, kemiringan maksimal 10-12% untuk menghindari kecelakaan, serta penggunaan bahan konstruksi yang tahan lama seperti agregat keras. Selain itu, standar internasional seperti yang dikeluarkan oleh *International Organization for Standardization* (ISO) 45001 untuk manajemen keselamatan kerja, atau pedoman dari *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA) di Amerika Serikat, sering dijadikan referensi, meskipun di Indonesia lebih mengacu pada regulasi nasional untuk memastikan kepatuhan terhadap undang-undang perlindungan lingkungan seperti Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

Dalam praktiknya, standar jalan angkut juga melibatkan pemeliharaan rutin, seperti pemeriksaan kondisi permukaan jalan untuk mencegah erosi, pengendalian debu dengan penyemprotan air, dan pemasangan rambu-rambu keselamatan. Regulator seperti Direktorat Jenderal Mineral dan Batu bara (Ditjen Minerba) Kementerian ESDM melakukan inspeksi berkala untuk memastikan kepatuhan, dengan sanksi bagi pelanggaran yang dapat mencapai penutupan operasi. Standar ini bertujuan untuk mengurangi risiko kecelakaan, seperti tergelincir kendaraan berat atau longsor, serta meminimalkan dampak lingkungan seperti pencemaran tanah dan air. Di tingkat global, organisasi seperti *World Bank* atau IFC (*International Finance Corporation*) mendorong adopsi standar berkelanjutan, termasuk penggunaan teknologi seperti

sistem pemantauan otomatis untuk memantau kondisi jalan secara *real-time*.

Berikut beberapa pendapat para ahli di bidang pertambangan dan keselamatan infrastruktur, berdasarkan wawasan mereka tentang regulasi dan standar jalan angkut.

1. Menurut Fauzi (2020), "Regulasi jalan angkut di Indonesia perlu diperketat dengan integrasi teknologi digital, seperti sensor IoT untuk memantau kondisi jalan secara *real-time*. Standar saat ini cukup baik, tetapi sering kali tidak diterapkan secara konsisten di lapangan, sehingga risiko kecelakaan tetap tinggi. Kami perlu lebih banyak pelatihan bagi operator untuk memastikan kepatuhan."
2. Menurut Nurhaliza (2021), "Standar lebar dan kemiringan jalan angkut yang diatur oleh Permen ESDM sudah memadai, namun tantangannya adalah adaptasi terhadap kondisi geografis Indonesia yang beragam. Saya mendorong penggunaan bahan konstruksi lokal yang ramah lingkungan untuk mengurangi biaya dan dampak ekologi, sambil memastikan standar internasional seperti ISO diterapkan untuk daya saing global."
3. Menurut Santoso (2019), "Dari pengalaman di lapangan, regulasi saat ini terlalu kaku dan kurang fleksibel untuk skala operasi besar. Standar harus lebih fokus pada pemeliharaan *preventif*, bukan hanya inspeksi reaktif. Dengan adopsi AI untuk prediksi kerusakan jalan, kita bisa mengurangi *downtime* operasional dan meningkatkan efisiensi angkutan."
4. Menurut Elena (2018), "Standar jalan angkut harus lebih menekankan aspek keberlanjutan, seperti pengendalian erosi dan pengurangan emisi debu, sesuai dengan pedoman IFC. Di Indonesia, regulasi perlu diperluas untuk mencakup dampak sosial, seperti akses masyarakat lokal, agar tidak hanya teknis tapi juga etis. Ini akan membantu mencegah konflik lahan di sekitar area pertambangan."

5. Menurut Smith (2018), Spesialis Keselamatan dari University of Queensland (Australia): "Regulasi internasional seperti OSHA memberikan *benchmark* yang kuat untuk jalan angkut, namun Indonesia perlu menyesuaikannya dengan risiko lokal seperti cuaca tropis. Standar harus mencakup simulasi kecelakaan untuk pelatihan, dan saya sarankan kolaborasi antara pemerintah dan industri untuk audit independen yang lebih transparan, guna memastikan standar ini benar-benar melindungi pekerja dan lingkungan."

2.2.2 Aspek Geometri Jalan Angkut

Salah satu kegiatan yang terpenting dalam kegiatan penambangan adalah pengangkutan. Pengangkutan dalam hal ini dimaksudkan untuk mengangkut batu bara dari *Front* penggalian menuju *stockpile* ataupun *overburden* dari *Front* penggalian menuju *disposal*. Perencanaan jalan angkut melihat dari alat angkut ukuran terbesar yang digunakan yaitu yang kemudian digunakan untuk merencanakan geometri jalan yang ideal. Lebar jalan dipengaruhi oleh jumlah jalur dan lebar alat angkut yang digunakan, rancangan tikungan dipengaruhi oleh sifat membelok alat angkut sedangkan kelandaian jalan (*grade*) akan dipengaruhi oleh daya alat angkut itu sendiri. Dengan rancangan teknis jalan angkut yang sesuai dengan alat angkut yang direncanakan, maka diharapkan fungsi, umur dan pelayanan jalan akan maksimum. Alat angkut ini pun juga akan memengaruhi rencana konstruksi jalan angkut karena setiap alat angkut mempunyai kapasitas (berat dan daya angkut) yang bervariasi sehingga perlu penyesuaian antara alat angkut dengan rencana konstruksi jalan. Semakin lebar jalan angkut, akan semakin aman dan lancar untuk lalu lintas pengangkutan. Umumnya jalan angkut pada tambang dibuat untuk jalur tunggal dengan satu atau dua arah. Untuk menghitung lebar jalur angkut dibagi menjadi dua, yaitu lebar jalan angkut lurus dan lebar jalan angkut tikungan (Halawa, 2021).

Adapun beberapa penjelasan mengenai geometri jalan angkut menurut para ahli, yaitu:

1. Menurut Waterman (2010), geometri jalan tambang harus disesuaikan dengan ukuran alat angkut terbesar, mencakup lebar jalan lurus dan tikungan serta jari-jari untuk mendukung lalu lintas satu atau dua arah.
2. Menurut Halawa (2021), dalam analisisnya menyatakan geometri jalan memengaruhi produktivitas alat angkut, di mana perbaikan lebar dan kemiringan dapat meningkatkan produksi dari 55.000 menjadi 66.000 BCM/bulan.
3. Menurut Sanjaya (2020), mendefinisikan jalan angkut sebagai penghubung antar-lokasi tambang dengan geometri yang memengaruhi jari-jari tikungan dan efisiensi transportasi.

2.2.2.1 Lebar Jalan Angkut

Lebar jalan angkut pada lokasi tambang sangat memengaruhi kelancaran operasi penambangan terutama dalam kegiatan pengangkutan. Beberapa geometri yang perlu diperhatikan agar tidak menimbulkan gangguan ataupun hambatan yang dapat memengaruhi keberhasilan kegiatan pengangkutan. Perhitungan lebar jalan angkut didasarkan pada lebar kendaraan terbesar yang dioperasikan di area tambang tersebut.

1. Jalan angkut jalur lurus

Penentuan lebar jalan minimum yaitu jumlah jalur kali lebar truck ditambah setengah lebar *truck* untuk tepi kiri dan kanan jalan, juga jarak antara dua *truck* yang sedang bersilangan, dari ketentuan tersebut dapat digunakan cara sederhana untuk menentukan lebar jalan angkut minimum. Penentuan lebar jalan angkut minimum untuk jalan lurus didasarkan pada “*Rule of Thumb*” yang dikemukakan “*AASHTO Manual Rural Highway Design*”, lebar jalan minimum pada jalan lurus dengan lajur ganda ataupun lebih harus ditambah dengan setengah lebar alat angkut pada bagian tepi kiri dan kanan jalan. Penentuan lebar jalan minimum pada jalan lurus dapat digunakan cara *rule of thumb*, yaitu jumlah lajur dikali dengan lebar alat angkut ditambah setengah lebar alat angkut untuk masing- masing tepi kiri, kanan, dan jarak antara dua alat angkut yang sedang bersilangan. Persamaan yang digunakan yaitu:

$$L_{min} = n \times W_t + (n + 1) (1 \times W_t) \dots\dots\dots (2.1)$$

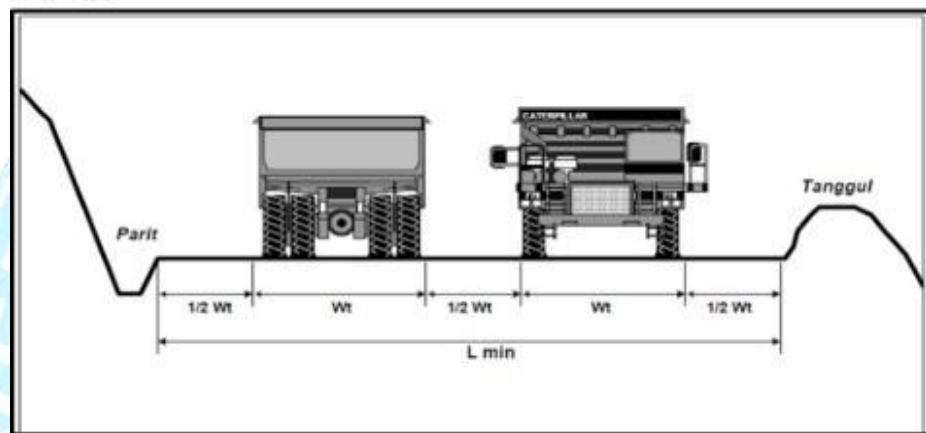
Keterangan:

L_{min} = Lebar jalan angkut minimum (m)

n = Jumlah jalur (buah)

W_t = Lebar alat angkut (m)

Lebar jalan angkut dalam keadaan lurus terlihat pada Gambar 2.1



Sumber: Sepriadi (2017)

Gambar 2.2 Lebar Jalan Angkut Dua Jalur Pada Jalan Lurus

2. Lebar jalan angkut pada jalur tikungan

Lebar jalan angkut pada jalur tikungan merujuk pada dimensi minimum lebar jalan yang dirancang khusus untuk jalur angkut *haul road* di area pertambangan, di mana jalur tersebut melibatkan tikungan. Lebar ini harus mempertimbangkan faktor-faktor seperti radius tikungan, dimensi kendaraan angkut misalnya truk besar, kecepatan operasional, serta keamanan untuk menghindari kecelakaan seperti tergelincir atau tabrakan. Pada dasarnya, lebar ini dihitung untuk memastikan kendaraan dapat berbelok dengan lancar tanpa melampaui batas jalan, sambil memperhitungkan *overhang* kendaraan dan jarak aman dari tepi jalan. Standar lebar ini sering diatur oleh pedoman teknik seperti AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*)

atau SNI (Standar Nasional Indonesia), yang menekankan bahwa lebar minimum pada tikungan harus lebih besar daripada pada jalur lurus untuk mengakomodasi lintasan kendaraan yang lebih lebar saat berbelok.

Beberapa pandangan para ahli, yaitu:

3. Menurut Santoso (2019), Dalam desain jalan angkut, lebar pada jalur tikungan sangat krusial untuk mengoptimalkan efisiensi transportasi bahan di sektor pertambangan. Saya telah melihat bahwa lebar minimum yang direkomendasikan untuk tikungan dengan radius kecil (misalnya 10-20 meter) harus mencapai 8-10 meter, tergantung pada ukuran truk. Ini memungkinkan truk dengan lebar badan 3-4 meter dan *overhang* roda untuk berbelok tanpa risiko tergelincir, terutama pada permukaan tanah yang licin. Faktor kecepatan juga berperan; pada kecepatan tinggi, lebar harus ditingkatkan untuk mencegah *rollover*. Selain itu, aspek keamanan pekerja dan lingkungan harus diintegrasikan. Pada tikungan tajam, saya sarankan penggunaan superelevasi (kemiringan jalan) untuk mengimbangi gaya sentrifugal, yang secara tidak langsung memengaruhi lebar efektif. Berdasarkan pengalaman lapangan, lebar yang kurang dari standar dapat meningkatkan biaya operasional akibat kerusakan kendaraan dan penundaan. Oleh karena itu, perhitungan lebar harus melibatkan simulasi komputer untuk memprediksi lintasan kendaraan, memastikan bahwa jalan angkut tidak hanya aman tetapi juga ekonomis dalam jangka panjang.
4. Menurut Nurhaliza 2021, Lebar jalan angkut pada tikungan merupakan elemen kunci dalam rekayasa transportasi berat, di mana kesalahan desain dapat berujung pada kecelakaan fatal. Menurut penelitian saya, lebar ideal untuk tikungan dengan radius sedang (20-50 meter) adalah 10-12 meter, dengan tambahan 1-2 meter untuk margin keselamatan. Ini mempertimbangkan dimensi *truk dump* yang umum digunakan, seperti panjang 10 meter dan lebar 4 meter, serta kebutuhan untuk manuver darurat. Pada tikungan kecil, lebar yang lebih besar diperlukan untuk menghindari pembentukan "jalur

mati" di mana kendaraan terjebak. Lebih lanjut, faktor lingkungan seperti curah hujan tinggi di Indonesia harus diperhitungkan, karena dapat mengurangi traksi dan memerlukan lebar tambahan untuk *drainase*. Saya telah mengembangkan model matematis yang mengintegrasikan radius tikungan dengan kecepatan maksimum, menunjukkan bahwa lebar yang optimal mengurangi emisi bahan bakar dan keausan ban. Dalam praktik, konsultasi dengan ahli geoteknik penting untuk menyesuaikan lebar berdasarkan kondisi tanah, memastikan bahwa jalan angkut tahan lama dan sesuai dengan regulasi internasional seperti ISO 9001 untuk manajemen kualitas.

5. Lebar jalan angkut pada tikungan selalu dibuat lebih lebar dari pada jalan lurus. Hal ini didasarkan pada lebar lintasan alat angkut yaitu lebar tonjolan kendaraan bagian depan dan bagian belakang pada saat membelok. Lebar jalan angkut pada belokan selalu lebih besar dari pada lebar jalan lurus. Pada jalur ganda, maka lebar minimum pada belokan didasarkan atas lebar jejak ban, lebar jantai (tonjolan), jarak antara alat angkut pada saat bersimpangan, dan jarak dari kedua tepi jalan (Sepriadi et. al 2017).

Untuk menghitung lebar jalan angkut pada belokan dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$w = n (U + f_a + f_b + z) + c \dots \dots \dots (2.2)$$

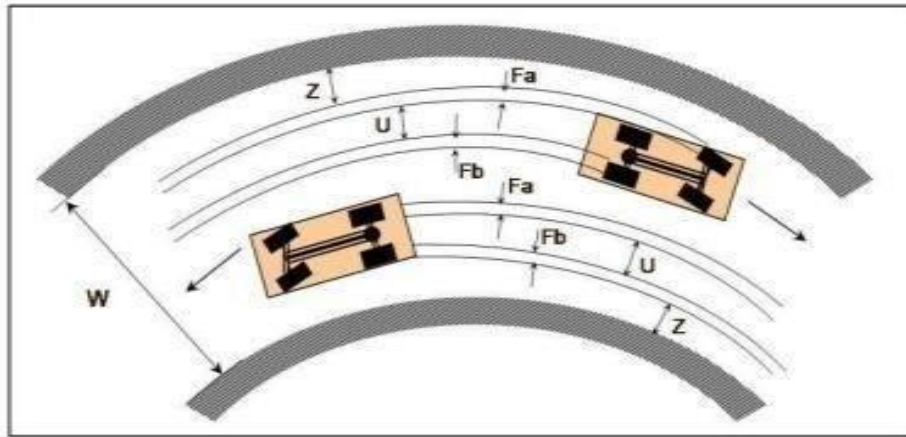
$$c = z_{\frac{1}{2}} (U + f_a + f_b) \dots \dots \dots (2.3)$$

$$f_a = A_d \times \sin \alpha$$

$$f_b = A_b \times \sin \alpha$$

$$\alpha = \frac{\sin^{-1} wa}{\text{Radius Putar}}$$

Lebar jalan angkut pada tikungan untuk dua jalur dapat dilihat pada Gambar 2.2 berikut.



Sumber: Sepriadi (2017)

Gambar 2.3 Lebar jalan angkut pada tikungan

Keterangan:

W_{min} = Lebar jalan angkut pada belokan

(m) n = Jumlah jalur

U = lebar jejak roda (m)

F_a = Lebar jantai depan (m)

F_b = Lebar jantai belakang (m)

Z = Lebar bagian tepi jalan (m)

C = Jarak aman antar kendaraan (m)

A_d = jarak as roda depan dengan bagian depan dump truck (m)

A_b = jarak as roda belakang dengan bagian belakang dump truck

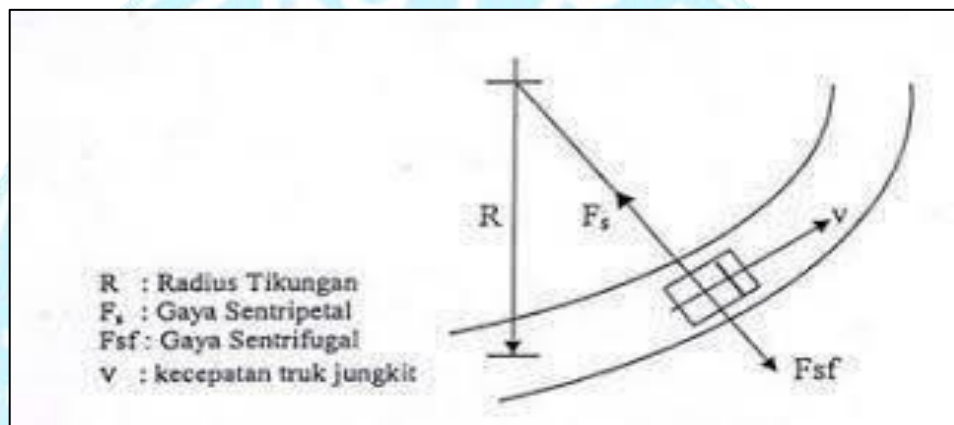
(m) W_a = jarak antara as roda depan dan belakang dari dump

truck (m) α = sudut penyimpangan (belok) roda depan ($^\circ$)

2.2.2.2 Jari-Jari dan Superelevasi

Menurut Bargawa *et. al* (2018), Superelevasi merupakan kemiringan jalan pada tikungan yang terbentuk oleh batas antara tepi jalan terluar dengan tepi jalan terdalam karena perbedaan ketinggian. Bagian tikungan jalan diberi superelevasi dengan cara meninggikan jalan pada sisi luar tikungan. Hal tersebut bertujuan untuk menghindari dan mencegah kendaraan agar tidak tergelincir keluar jalan atau terguling. Selain itu, kendaraan dapat mempertahankan kecepatan saat melewati tikungan.

Apabila suatu kendaraan bergerak dengan kecepatan tetap pada suatu lintasan datar atau miring yang berbentuk lengkung seperti lingkaran, maka pada kendaraan tersebut bekerja gaya sentrifugal yang mendorong kendaraan tersebut secara radikal keluar dari jalur jalannya, berarah tegak lurus terhadap kecepatan (Gambar 2.4). Untuk dapat mempertahankan kendaraan tersebut tetap pada jalurnya, maka perlu adanya gaya yang dapat mengimbangi gaya tersebut sehingga terjadi suatu keseimbangan Bargawa *et. al* (2018).

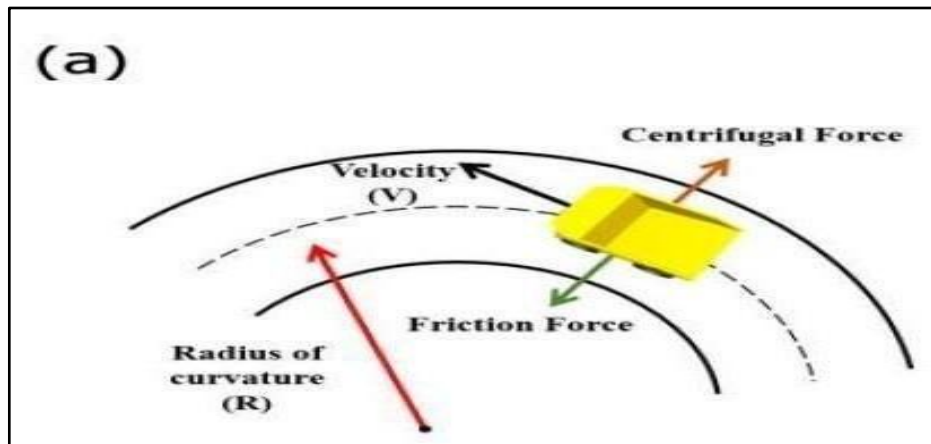


Sumber: Bargawa, Sulistyana Waterman (2018)

Gambar 2.4 Gaya Sentrifugal pada Tikungan

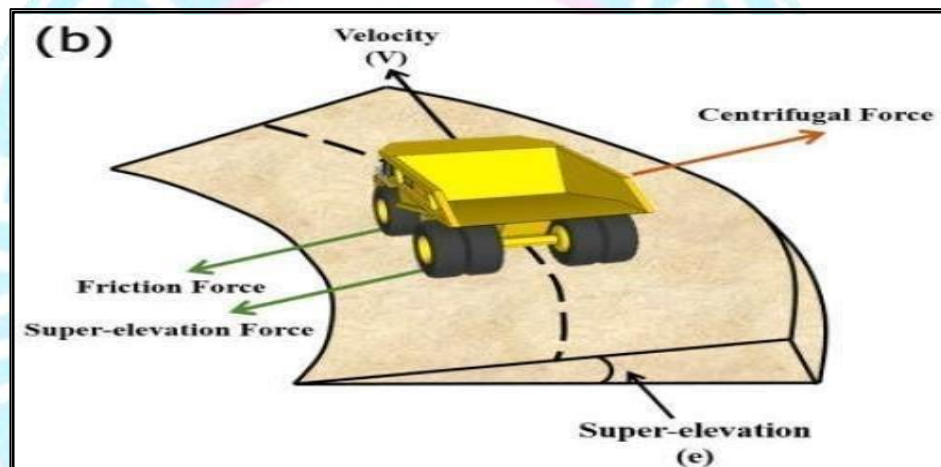
Untuk mengatasi gaya sentrifugal yang bekerja pada alat angkut yang sedang melewati tikungan jalan dapat dilakukan dengan membuat kemiringan ke arah titik pusat jari-jari tikungan. Kemiringan ini berfungsi untuk menjaga alat angkut agar tidak terguling saat melewati tikungan dengan kecepatan tertentu. Selain itu *superelevasi* juga berfungsi untuk mengalirkan air agar tidak menggenangi jalan angkut pada saat hujan Bargawa *et. al* (2018).

Pembuatan jalan tikungan harus menghitung besarnya *superelevasi* yang bertujuan untuk mengimbangi gaya sentrifugal diperoleh dengan cara membuat kemiringan melintang jalan dapat dilihat pada Gambar 2.4 dan Gambar 2.5 dibawah ini.



Sumber: Ardiansyah (2022)

Gambar 2.5 Jari-jari Tikungan



Sumber: Ardiansyah. (2022)

Gambar 2.6 *Superelevasi*

Superelevasi dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$F = -0,00065 \times V + 0,192 \dots\dots\dots (2.4)$$

$$\frac{R = V^2}{127 \times (e + f)} \dots\dots\dots (2.5)$$

$$e + f = \frac{v^2}{127 \times R} \dots\dots\dots (2.6)$$

$$\alpha = \tan^{-1} e \dots\dots\dots (2.7)$$

$$a = r \times \sin \alpha \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana:

f = koefisien gesekan

R = radius lengkung / jari-jari tikungan (m)

e = *superelevasi*

a = beda tinggi (cm)

v = kecepatan kendaraan (km/jam)

Menurut Bargawa *et.al* (2018). “Besarnya angka *superelevasi* untuk beberapa jari-jari tikungan dengan berbagai variasi kecepatan alat angkut dapat bermacam-macam, untuk itu penentuan *superelevasi* selain dengan menggunakan rumus juga dapat dilakukan dengan penggunaan tabel seperti ditunjukkan pada Tabel 2.1

Superelevasi sering dibuat 4%-5% ini dapat meminimalkan erosi permukaan selama kondisi operasi basah atau hujan. *Superelevasi* harus dirancang tidak melebihi 6%. Menurut Ardiansyah (2022), mengusulkan *superelevasi* pada jalan angkut sesuai dengan jari-jari kelengkungan dan kecepatan kendaraan (Tabel 2.1). Koefisien gesekan bervariasi sesuai dengan permukaan jalan dan diasumsikan 0,3 jika permukaannya berpasir dan lunak atau berlumpur, serta 0,45 jika permukaan jalan sebagian terdiri dari kerikil.

Pada Tabel 2.1 terdapat angka *superelevasi* yang sama untuk kecepatan dan jari-jari yang berbeda. Hal ini disebabkan oleh nilai koefisien gesek yang berbeda untuk kombinasi kecepatan dan jari-jari tikungan. Atau dengan kata lain dapat dikatakan bahwa untuk melintasi tikungan dengan jari-jari tikungan dan kecepatan yang berbeda, maka gaya sentrifugal yang dialami oleh alat angkut juga akan berbeda.

Untuk perencanaan AASHTO menganjurkan pemakaian beberapa nilai *superelevasi*, yaitu 0,02; 0,04; 0,06; 0,08; 0,10; dan 0,12. Untuk daerah tambang yang berupa pegunungan umumnya mengambil nilai 0,02 karena kendaraan bergerak relatif lambat.

Tabel 2.1 Superelevasi Sesuai Dengan Kelengkungan dan Kecepatan.

<i>Radius of Curve (m)</i>	Kecepatan (km/jam)				
	24	32	40	48	>56
15	4%	-	-	-	-
30	4%	4%	-	-	-
45	4%	4%	5%	-	-
75	4%	4%	4%	6%	-
90	4%	4%	4%	5%	6%
180	4%	4%	4%	4%	5%
360	4%	4%	4%	4%	4%

Sumber: Ardiansyah (2022)

2.2.2.3 Kemiringan Jalan Lurus (*Grade*)

Menurut Riyanto (2016), kemiringan adalah tanjakan yang dilewati oleh alat angkut, kecuraman atau kelandaian sangat berpengaruh terhadap produktivitas alat angkut, karena kemiringan jalan menimbulkan tahanan tanjakan yang harus diatasi oleh mesin alat angkut. Untuk tahanan kemiringan (*grade resistance*) dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Grade}\% = \frac{\Delta h}{\Delta x} \times 100\% \dots \dots \dots (2.9)$$

Keterangan:

Δh = Beda tinggi antara dua titik segmen yang diukur (m).

Δx = Jarak datar antara dua titik segmen jalan yang diukur (m).

Kemiringan suatu jalan maksimum yang dapat dilalui dengan baik oleh kendaraan alat angkut khususnya *dump truck*, sekitar 7%-10%. Sedangkan untuk jalan naik ataupun turun pada daerah perbukitan, agar lebih aman kemiringan jalan maksimum adalah 8%.

2.2.2.4 Kemiringan Melintang (*cross slope*)

Menurut Achida *et. al* (2021), *cross slope* adalah perbedaan ketinggian sisi jalan dengan bagian permukaan jalan di sisi yang lain. Besarnya angka *cross slope* pada jalan angkut dinyatakan dalam perbandingan jarak vertikal dan jarak horizontal. Pada konstruksi jalan angkut tambang terbuka dianjurkan mempunyai ketebalan 2% dari lebar jalan.



Sumber: Riyanto (2016)

Gambar 2.7 Penampang Melintang Jalan Angkut

Cross slope dapat di hitung menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Cross slope} = \frac{\Delta h}{\Delta x} \times 100\% \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana:

Δh = beda elevasi sisi kiri dan kanan jalan (m)

Δx = lebar jalan (m)

2.2.2.5 Tanggul Pengaman (*safety berm*)

Standar tinggi dari tanggul pengaman menurut Kepmen ESDM No 1827 K/30/MEM/2018 adalah tiga perempat diameter roda kendaraan terbesar. Tujuan dibuatnya tanggul pengaman yaitu untuk menghindari kecelakaan yang mungkin dapat terjadi. Maka pada setiap tepi jalan yang berbatasan dengan jurang perlu dibuat tanggul pengaman. Untuk perhitunga tinggi tanggul pengaman dapat menggunakan rumus berikut:

Tinggi tanggul pengaman = $\frac{3}{4}$ x Diameter roda

2.2.2.6 Undulasi (*Undulation*)

Undulasi adalah kondisi permukaan jalan angkut yang bergelombang atau tidak rata akibat adanya naik–turun kecil secara berulang di sepanjang jalan. Undulasi umumnya terjadi karena beban alat angkut yang berat dan berulang, kualitas material jalan yang kurang baik, serta sistem perawatan jalan yang tidak optimal.

Dalam geometri jalan angkut, undulasi sangat berpengaruh terhadap kenyamanan dan keselamatan operasi. Permukaan jalan yang bergelombang dapat menyebabkan getaran berlebih pada unit angkut, menurunkan kecepatan kendaraan, meningkatkan konsumsi bahan bakar, serta mempercepat kerusakan ban dan suspensi. Selain itu, undulasi juga berpotensi menyebabkan hilangnya kontrol kendaraan, terutama pada kecepatan tinggi.

Oleh karena itu, pengendalian undulasi dilakukan melalui perawatan jalan rutin, seperti perataan (*grader*), bisa dilihat pada gambar 2.7



Sumber: Wibisono (2024)

Gambar 2.8 Alat *Grader*

Proses pemadatan material jalan tambang menggunakan alat compactor bertujuan untuk meningkatkan daya dukung tanah agar mampu menahan beban alat angkut berat seperti *dump truck*, sehingga mencegah kerusakan seperti undulasi. Alat ini bekerja dengan prinsip getaran, tekanan, atau kombinasi keduanya untuk mengeluarkan udara dan air dari antar-partikel material. Pemadatan ulang jalan pertambangan bisa menggunakan alat yang bisa dilihat pada gambar 2.8



Sumber: Jaya Teknik (2025)

Gambar 2.9 Alat *Kompactor*

2.2.2.7 Laminasi Jalan (*Laminating*)

Proses *laminating* jalan penambangan adalah teknik pelapisan ulang (*top dressing*) permukaan jalan tambang dengan material agregat seperti sirtu, kerikil, atau batu split untuk meningkatkan kepadatan, mengurangi undulasi, dan memperkuat daya dukung terhadap beban alat angkut berat. Langkah ini dilakukan setelah grading dan pemadatan awal untuk menjaga kestabilan jalan dan mencegah erosi.

Proses dimulai dengan penambahan material pelapis setebal 8-30 cm di atas lapisan pondasi (*subbase*) yang terdiri dari kerikil bercampur tanah liat. Material kemudian dihampar (*spreading*) merata menggunakan dozer atau grader, diikuti pemadatan bertahap dengan compactor hingga mencapai kepadatan optimal. Evaluasi dilakukan untuk memastikan ketebalan perkerasan minimal 15-35 cm agar sesuai standar beban *dump truck*.

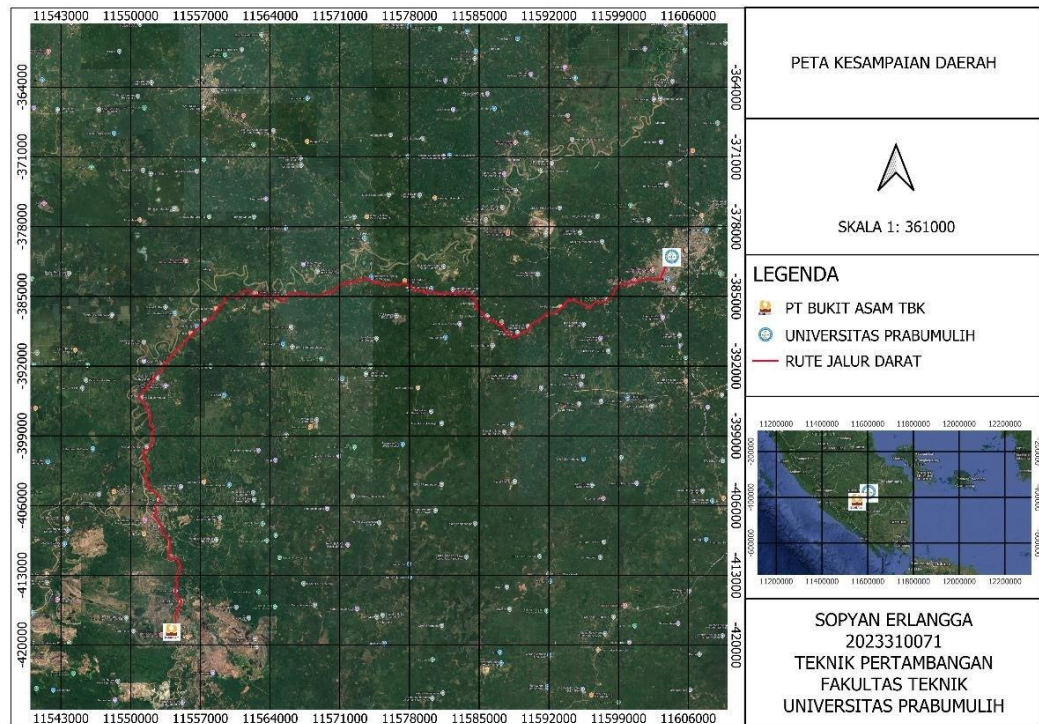
Dalam konteks geometri jalan angkut, laminating berfungsi untuk menjaga ketebalan dan kemiringan jalan, termasuk superelevasi dan *drainase* permukaan. Material laminasi umumnya berupa material granular yang memiliki daya dukung baik dan dipadatkan secara optimal. Penerapan *laminating* yang baik akan memperpanjang umur jalan angkut, mengurangi pembentukan undulasi, serta meningkatkan efisiensi dan keselamatan operasional. Alat berat utama dalam proses *laminating* jalan tambang meliputi grader untuk meratakan material pelapis, dozer untuk menghempar agregat, dan compactor untuk pemadatan akhir. Proses ini memastikan permukaan jalan stabil dan tahan beban dump truck.



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Dan Waktu Penelitian



Sumber: Penulis (2026)

Gambar 3.1 Peta Kesampaian Daerah

3.2 Tahapan Penelitian

Tahapan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini meliputi beberapa langkah yaitu:

1. Observasi lapangan

Observasi lapangan adalah kegiatan yang berupa kunjungan dan pengamatan langsung. Kegiatan observasi lapangan pada penelitian ini dilakukan di wilayah usaha tambang PT Bukit Asam TBK. Kegiatan ini bertujuan untuk mengumpulkan data yang terkait dengan penelitian Tugas Akhir. Data yang didapatkan dapat berupa data primer dan data sekunder.

2. Pengambilan data

Pengambilan data dilakukan bertujuan untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan dalam mencapai tujuan penelitian. Tujuan yang ingin dicapai

berkaitan dengan Solusi terhadap peningkatan produktivitas alat angkut batu bara dari aspek geometri jalan pada perusahaan. Data yang diambil pada saat penelitian dapat dikelompokkan menjadi data primer dan data sekunder. adanya rincian data primer dan sekunder yaitu sebagai berikut:

a. Data Primer dikumpulkan dengan melakukan pengamatan, dan pengukuran langsung di lapangan. Data yang diambil antara lain:

- 1) Lebar Jalan Lurus
- 2) Lebar Jalan Tikungan
- 3) Panjang Jalan Angkut
- 4) Data *Elevasi* Jalan
- 5) Data kemiringan melintang (*cross slope*)
- 6) Tinggi Tanggul (*safety berm*)
- 7) Undulasi (*undulation*)

b. Data sekunder adalah data yang dikumpulkan berdasarkan literatur dari berbagai referensi seperti:

- 1) Peta lokasi dan topografi
- 2) Peta Geologi
- 3) Peta IUP
- 4) Data Curah Hujan
- 5) Data Spesifikasi Alat Angkut

3. Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan beberapa perhitungan dan penggambaran, selanjutnya disajikan dalam bentuk Tabel, grafik, atau rangkaian perhitungan pada penyelesaian dalam suatu proses tertentu.

4. Evaluasi data

Dari evaluasi data yang diperoleh pada saat penelitian di lapangan ialah berupa kondisi jalan angkut tambang, geometri jalan angkut, pengukuran geometri jalan angkut aktual meliputi lebar jalan lurus dan tikungan, kemiringan *grade*, *cross slope*, superelevasi, tinggi tanggul pengaman. Data yang telah diperoleh kemudian diklasifikasikan berdasarkan jenis data

Kemudian dilakukan evaluasi serta perhitungan dengan rumus yang telah ditentukan.

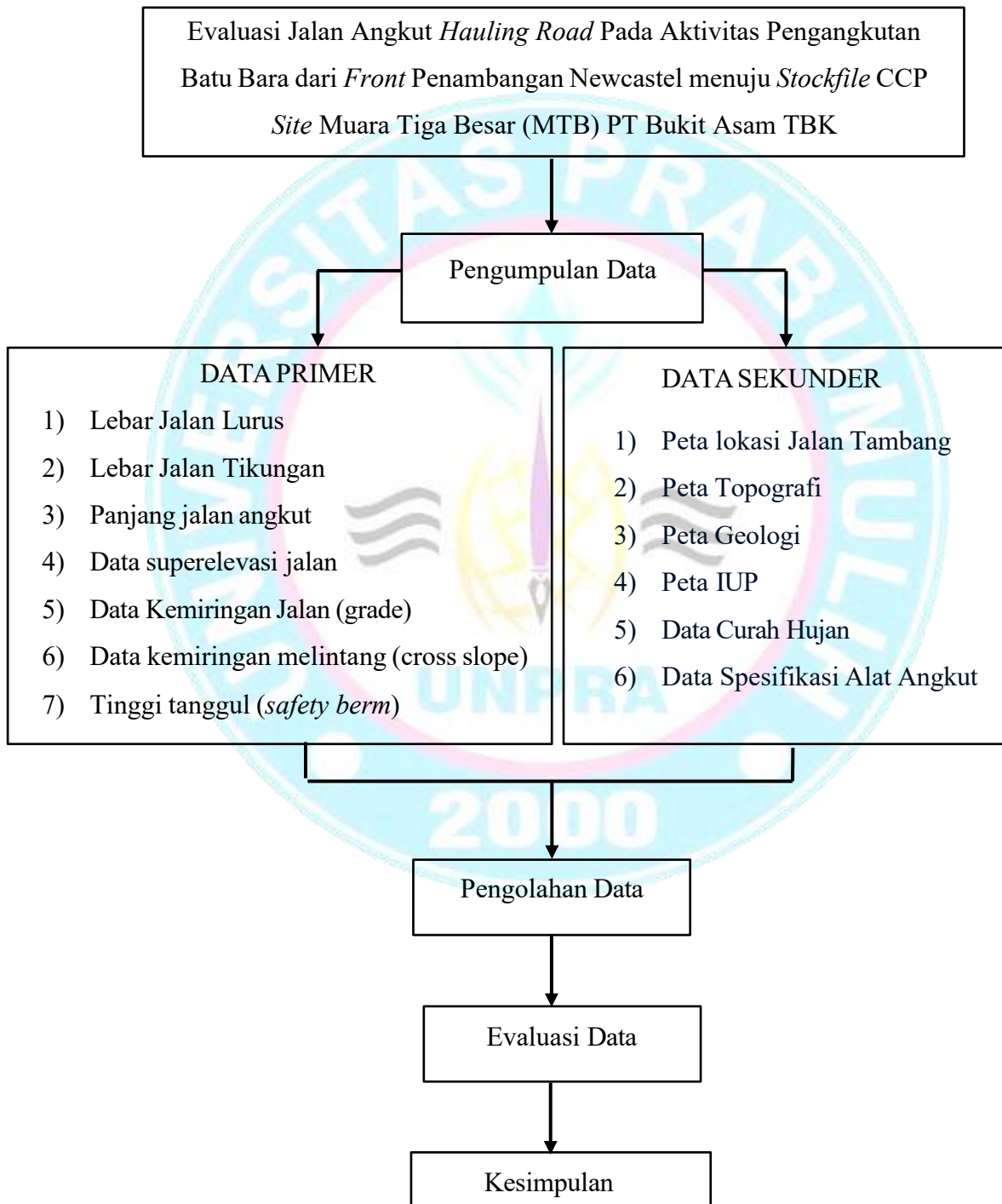
5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil evaluasi kemudian ditarik kesimpulan dari penelitaan yang dilakukan dan selanjutnya memberikan rekomendasi yang mendasar kepada perusahaan terkait. Kesimpulan menjadi poin penting yang akan menjadi akhir penyelesaian dari penelitian yang dilakukan dalam evaluasi geometri jalan.



3.3 Bagan Alir Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan melalui beberapa tahapan yang saling berkaitan, Untuk mempermudah pemahaman mengenai urutan pelaksanaan penelitian, tahapan-tahapan tersebut disajikan dalam bentuk bagan alir sebagai gambaran sistematis proses penelitian yang dilakukan.



Sumber : Penulis (2025)

Gambar 3.2 Bagan Alir Penelitian

BAB IV

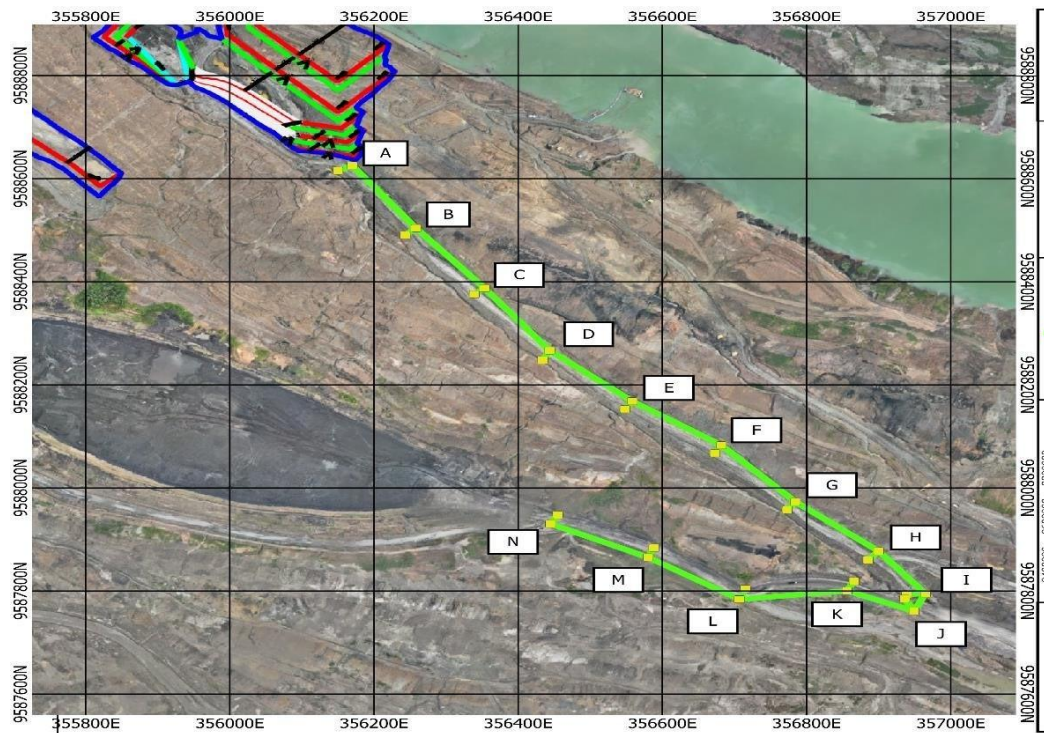
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Geometri Jalan Angkut Aktual dari Front New Castel ke CCP

Kondisi aktual jalan angkut pada aktivitas pengangkutan batu bara dari *Front* Newcastel menuju *Stockpile* CCP *site* Muara Tiga Besar (MTB) PT Bukit Asam Tbk yang diukur secara langsung di lapangan. Panjang jalan angkut ini sejauh 1.747 m. Pada saat pengukuran lebar dan tikungan jalan, terdapat 2 unit alat angkut yang beroperasi yaitu HD Komatsu 785-7 dengan lebar unit 6,9 m dan DT Hino 500 FM 350PB dengan lebar unit 2,5 m (Lampiran C).

Mekanisme pengukuran dilakukan dengan membagi panjang jalan menjadi segmen-segmen. Banyaknya segmen dibagi menjadi 13 segmen yaitu segmen A-B, B-C, C-D, D-E, E-F, F-G, G-H, serta segmen H-I, I-J, J-K, K-L, L-M, M-N. Pengukuran segmen A-B, B-C, C-D, D-E, E-F, F-G, G-H mengacu kepada unit HD Komatsu 785-7 sedangkan segmen H-I, I-J, J-K, K-L, L-M, M-N mengacu kepada DT Hino 500 FM 350PB. Tiga belas segmen ini terdiri dari jalan dengan kondisi lurus dan juga kondisi tikungan (Gambar 4.1.)

Perbedaan kondisi pengukuran disebabkan perbedaan jenis alat mekanis yang menggunakan jalan tersebut pengguna jalan yang dilalui. Pengangkutan *overburden* dan batu bara pada segmen A-B sampai segmen G-H menggunakan unit terbesar yaitu HD Komatsu 785-7 dengan lebar kendaraan sebesar 24,15 m (Lampiran C), sedangkan pada segmen H-I sampai ke segmen M-N menggunakan unit terbesar yaitu DT Hino 500 FM 350PB dengan lebar kendaraan sebesar 2,5 m (Lampiran C). Setiap komponen geometri jalan diamati dan dianalisis, meliputi lebar jalan, *grade*, *superelevasi*, *cross slope*, dan tinggi tanggul pengaman (*safety berm*).



Sumber: Muara Tiga Besar PT Bukit Asam 2026

Gambar 4.1. Pembagian Segmen Jalan Angkut dari *Front Newcastle* ke *Stockpile CCP*

Berdasarkan hasil perhitungan kondisi aktual beberapa parameter jalan angkut dari *Front Newcastle* sampai ke *stockpile CCP* meliputi lebar jalan dan grade dapat dilihat pada Tabel 4.1. berikut ini.

4.1.1 Lebar Jalan Lurus

Jalan lurus pada ruas jalan angkut ini menunjukkan variasi lebar yang cukup signifikan. Jalan tersempit terdapat pada segmen F-G yaitu 17,92 m menggunakan perhitungan unit HD Komatsu 785-7, sedangkan yang paling lebar berada pada segmen A-B dengan lebar mencapai 22,51 m, bisa dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Lebar Aktual Jalan Lurus

Lebar Jalan Angkut Lurus		
Segmen	Lebar Jalan Aktual (m)	Alat Angkut
A-B	22,51	HD Komatsu 785-7
B-C	20,31	
C-D	18,62	
D-E	20,83	
E-F	18,47	
F-G	17,92	
G-H	19,23	DT Hino 500 FM 350PB
L-M	21,99	
M-N	19,81	

Sumber : Penulis, 2026

4.1.2 Lebar Jalan Tikungan

Pada segmen tikungan, lebar jalan juga bervariasi. Segmen K-L memiliki lebar tikungan paling kecil yaitu 21,42 m. Sementara segmen dengan lebar tikungan terbesar ditemukan pada J-K yaitu 27,63 m, yang menunjukkan bahwa sebagian besar tikungan cukup lebar untuk alat angkut DT Hino 500 FM 350PB melakukan *manuver*.

Tabel 4.2 Lebar Aktual Jalan Tikungan

Lebar Jalan Angkut Tikungan		
Segmen	Lebar Jalan Aktual (m)	Alat Angkut
H-I	22,54	Hino 500 FM 350PB
I-J	26,27	
J-K	27,63	
K-L	21,42	

Sumber : Penulis, 2026

4.1.3 Kemiringan Jalan (*Grade*)

Kemiringan jalan menunjukkan kondisi medan yang bervariasi. *Grade* tertinggi tercatat pada segmen C-D dengan nilai 17,71%, yang merupakan tanjakan paling curam sepanjang jalur. Sebaliknya, *grade* terkecil terjadi pada segmen K-L dengan nilai 0,11%.

Tabel 4.3 Kemiringan Memanjang (*Grade*) Aktual

Segmen	Elevasi (m)	Beda Elevasi (m)	Panjang Jalan (m)
A-B	88,41	5,01	150,55
	93,42		
B-C	93,42	3,92	150,39
	89,50		
C-D	89,50	26,73	150,62
	116,23		
D-E	116,23	14,08	150,75
	102,15		
E-F	102,15	10,66	150,17
	91,49		
F-G	91,49	4,86	150,41
	96,35		
G-H	96,35	0,16	150,09
	96,19		
H-I	96,19	4,47	104,94
	91,72		
I-J	91,72	4,14	37,72
	87,58		
J-K	87,58	2,82	100,95
	84,78		
K-L	84,78	0,17	150,44
	84,59		
L-M	84,59	5,25	150,43
	89,84		
M-N	89,84	1,26	150,19
	91,10		

4.1.4 Kemiringan Melintang (*Cross Slope*)

Nilai *cross slope* pada jalan lurus menunjukkan keragaman antar sisi jalan. Nilai tertinggi dicatat pada segmen F-G dengan 4,30%, sedangkan nilai terendah ada pada segmen M-N sebesar -1,41%, Perbedaan ini menunjukkan adanya pengaruh topografi dan sistem drainase lokal yang bervariasi.

Tabel 4.4 Kemiringan Melintang (*Cross Slope*) Aktual

Segmen	Elevasi		Beda Elevasi	Lebar Jalan	Cross Slope (%)
	Elevasi Kiri	Elevasi Kanan			Max (2%)
A-B	88.41	88.06	0.35	22.51	1.55%
B-C	93.42	92.83	0.59	20.31	2.90%
C-D	89.5	89.83	-0.33	18.62	-1.77%
D-E	116.23	117.04	-0.81	20.83	-3.89%
E-F	102.15	102.54	-0.39	18.47	-2.11%
F-G	91.49	92.26	-0.77	17.92	-4.30%
G-H	96.35	96.82	-0.47	19.23	-2.44%
H-I	96.19	95.54	0.65	22.54	2.88%
I-J	91.72	90.85	0.87	26.27	3.31%
J-K	87.58	86.95	0.63	27.63	2.28%
K-L	84.76	85.25	-0.49	21.42	-2.29%
L-M	84.59	84.02	0.57	21.99	2.59%
M-N	89.84	90.12	-0.28	19.81	-1.41%

4.1.5 Kemiringan Tikungan (Superelevasi)

Data data aktual yang dibutuhkan dalam memperoleh superelevasi itu meliputi koefisien gesekan (f), radius lengkung jalan (R), elevasi (e), dan kecepatan kendaraan (v), superelevasi pada jalan tikungan umumnya menunjukkan nilai rendah. Nilai tertinggi tercatat pada segmen I-J dan J-K dengan perbedaan elevasi antar sisi sebesar 0,53 m, menghasilkan nilai superelevasi 0,02. Nilai terendah tercatat pada segmen H-I dan K-L dengan nilai sebesar 0,02.

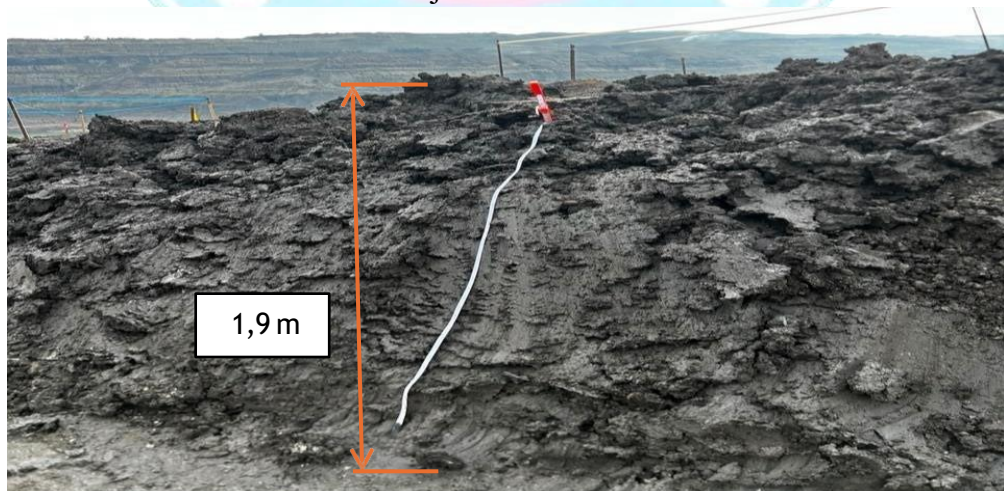
Tabel 4.5 Data Aktual Superelevasi Keseluruhan Segmen

Koefisien gesekan	f	0,179
Radius lengkung	R	15,83m
Elevasi	e	0,02
Kecepatan kendaraan	v	20Km/jam

Sumber : Penulis, 2026

4.1.6 Tinggi Tanggul (*safety Berm*)

Tinggi tanggul pada keseluruhan segmen memiliki nilai yang bisa dilihat pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 gambar tersebut menunjukkan bahwa kondisi aktual pada area *Front* menuju *stockpile* memiliki tanggul yang berada di sisi kanan dan sisi kiri jalan.



Sumber: penulis (2026)

Gambar 4.2 Tinggi Tanggul Sisi Kanan



Sumber: Penulis (2026)

Gambar 4.3 Tinggi Tanggul Sisi Kiri



4.2 Evaluasi Geometri Jalan Angkut Aktual dari Front New Castel ke CCP

Geometri jalan angkut yang akan dibahas disini meliputi lebar jalan angkut baik lebar jalan lurus maupun lebar jalan tikungan, kemiringan jalan (*grade*), kemiringan melintang (*cross slope*), superelevasi, tinggi tanggul pengaman. Berdasarkan pada Gambar 4.1 segmen jalan angkut pada aktivitas pengangkutan batu bara dari *Front Newcastel* menuju *Stockpile CCP* dengan total jarak $\pm 1,747$ m.

Pada Gambar 4.1 terdapat 13 segmen dari *Front Newcastel* ke *Stockpile CCP*. Pada saat pengukuran lebar dan tikungan jalan terdapat 2 unit alat angkut yang menggunakan jalan tersebut yaitu HD Komatsu 785-7 dan DT Hino 500 FM 350PB. Dalam operasionalnya segmen A-B sampai segmen G-H menggunakan HD komatsu 785-7 dan segmen H-I sampai segmen M-N menggunakan DT Hino 500 FM 350PB, terdapat 9 lebar jalan angkut lajur lurus yaitu segmen A-B, B-C, C-D, D-E, E-F, F-G, G-H, L-M dan M-N (Tabel 4.2) dan Segmen jalan tikungan meliputi segmen H-I, I-J, J-K, K-L (Tabel 4.3).

4.2.1 Lebar Jalan Lurus

Perhitungan lebar jalan lurus terbagi menjadi 2 pengukuran yaitu HD Komatsu 785-7 lebar alat 6,9 m (Lampiran C) dengan segmen A-B, B-C, C-D, D-E, E-F, F-G, G-H dan pengukuran DT Hino 500 FM 350PB lebar alat 2,5 m (Lampiran C) dengan segmen H-I, I-J, J-K, K-L, L-M, M-N. Pengukuran ideal dapat dilihat dari unit terbesar, yaitu HD Komatsu 785-7 pada segmen A-B sampai segmen G-H dan DT Hino 500 dengan segmen H-I sampai segmen M-N. Berdasarkan perhitungan pada lampiran D dapat diketahui lebar jalan ideal dalam keadaan lurus dari *Front Newcastel* menuju *Stockpile CCP* untuk dua jalur di PT Bukit Asam Tbk adalah 24,15 m (Lampiran D)

Lebar jalan angkut produksi sangat memengaruhi kelancaran operasi pengangkutan. Pengukuran lebar jalan menggunakan alat *survey* yaitu *total station* (TS) dan juga bisa dilakukan menggunakan aplikasi Avenza. Berdasarkan hasil observasi lebar jalan angkut dari *Front Newcastel* menuju

Stockpile CCP keseluruhan segmen tidak memenuhi standar lebar jalan lajur lurus (Tabel 4.6).

Tabel 4.6 Lebar Jalan Lurus

Lebar Jalan Angkut Lurus					
Segmen	Lebar Jalan minimum (m)	Lebar Jalan Aktual (m)	Selisih Lebar Jalan (m)	Kategori	Alat Angkut
A-B	24,15	22,51	1,64	Tidak ideal	HD Komatsu 785-7
B-C	24,15	20,31	3,84	Tidak ideal	
C-D	24,15	18,62	5,53	Tidak ideal	
D-E	24,15	20,83	3,32	Tidak ideal	
E-F	24,15	18,47	5,68	Tidak ideal	
F-G	24,15	17,92	6,23	Tidak ideal	
G-H	24,15	19,23	4,92	Tidak ideal	DT Hino 500 FM 350PB
L-M	8,75	21,99	13,24	Ideal	
M-N	8,75	19,81	11,06	Ideal	

Sumber: Hasil penelitian penulis (2026)

Pada segmen A-B sampai segmen G-H kondisi jalan belum memenuhi standar Kepmen 1827 yaitu dengan minimum 24,15 kondisi ini bisa terjadi karena pada saat penelitian pengukuran dilakukan setelah kondisi hujan yang menyebabkan area tanggul pengaman mengalami penurunan atau longsor, pada saat kondisi jalan mengalami pengecilan langkah yang peneliti lakukan yaitu memberikan masukan pada pengawas lapangan agar segera melakukan pelebaran jalan dengan mendatangkan alat berat seperti dozer dan grader.

Berikut gambar segmen yang belum memenuhi standar kepmen ESDM 1827-K-2018 dengan spesifikasi unit HD Komatsu 785-7 dengan minimum lebar 24,15 m dan unit DT Hino 500 FM350PB dengan minimum lebar 8,75 m (Gambar 4.4 – Gambar 4.8)



Sumber: Hasil penelitian penulis (2026)

Gambar 4.4 Segmen A-B



Sumber: Hasil penelitian penulis (2026)

Gambar 4.5 Segmen B-C



Sumber: Hasil penelitian penulis (2026)

Gambar 4.6 Segmen C-D



Sumber: Hasil penelitian penulis (2026)

Gambar 4.7 Segmen D-E



Sumber: Hasil penelitian penulis (2026)

Gambar 4.8 Segmen E-F

4.2.2 Lebar Jalan Tikungan

Perhitungan lebar jalan tikungan pada segmen H-I, I-J, J-K, K-L, menggunakan unit DT Hino 500 FM 350PB dengan lebar alat 2,5 m (Lampiran C), maka dengan menggunakan persamaan (2.2) dan (2.3) dan lebar tikungan minimum dengan unit yang melalui adalah 14,23 m (Lampiran E).

Tabel 4.7 Lebar Jalan Tikungan

Lebar Jalan Angkut Tikungan				
Segmen	Lebar Jalan Minimum (m)	Lebar Jalan Aktual (m)	Kategori	Alat Angkut
H-I	14,23	22,54	Ideal	Hino 500 FM 350PB
I-J	14,23	26,27	Ideal	
J-K	14,23	27,63	Ideal	
K-L	14,23	21,42	Ideal	

Sumber: Hasil Penelitian Penulis (2026)

Berdasarkan hasil penelitian kondisi lebar jalan tikungan pada seluruh segmen memenuhi standar minimum yaitu 14,23 m, walaupun mengalami kondisi hujan area tanggul mengalami penurunan tetapi lebar jalan pada

tikungan yang yang dibuka sangat lebar akibatnya perbaikan dilakukan pada saat kondisi tanggul benar benar mengalami penurunan drastis.

4.2.3 Kemiringan Jalan (*Grade*)

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil pengukuran dan perhitungan, kemiringan jalan (*grade*) pada setiap segmen jalan dari titik A-B hingga M-N dapat dianalisis. *Grade* jalan dihitung berdasarkan perbedaan elevasi (beda elevasi) dan panjang jalan, yang kemudian dinyatakan dalam persentase pada Lampiran G. *Grade* jalan yang ideal biasanya tidak melebihi 8%. Dan juga ada *grade* yang menunjukkan angka minus artinya jalan menurun, hal ini sesuai dengan standar yang umum digunakan dalam perencanaan jalan (Table 4.8).

Tabel 4.8 Kemiringan Jalan Memanjang Aktual (*grade*)

Segmen	Elevasi (m)	Beda Elevasi (m)	Panjang Jalan (m)	<i>Grade</i> (%) Max(8%)	Kategori
A-B	88,41 93,42	5,01	150,55	3,33	Ideal
B-C	93,42 89,50	3,92	150,39	2,61	Ideal
C-D	89,50 116,23	26,73	150,62	17,71	Tidak Ideal
D-E	116,23 102,15	14,08	150,75	9,34	Tidak Ideal
E-F	102,15 91,49	10,66	150,17	7,10	Ideal
F-G	91,49 96,35	4,86	150,41	3,23	Ideal
G-H	96,35 96,19	0,16	150,09	0,11	Ideal
H-I	96,19 91,72	4,47	104,94	4,26	Ideal
I-J	91,72 87,58	4,14	37,72	10,98	Tidak Ideal
J-K	87,58 84,78	2,82	100,95	2,79	Ideal
K-L	84,78 84,59	0,17	150,44	0,11	Ideal
L-M	84,59 89,84	5,25	150,43	3,49	Ideal

Segmen	Elevasi (m)	Beda Elevasi (m)	Panjang Jalan (m)	Grade(%) Max(8%)	Kategori
M-N	$\frac{89,84}{91,10}$	1.26	150,19	0,84	Ideal

Sumber: Hasil Penelitian Penulis (2026)

Pada segmen C-D, D-E dan I-J kondisi *grade* melebihi batas maksimal yaitu 8%, pengawas lapangan bisa mengarahkan agar tim *engineering* melakukan desain ulang alur jalan dengan memperpanjang lintasan horizontal atau menerapkan sistem *switchback* (jalur zig-zag) pada area yang terjal. Langkah ini bertujuan untuk membagi beban elevasi vertikal sehingga persentase kelandaian dapat diturunkan kembali ke batas aman di bawah 8% dan juga pengawas lapangan perlu melakukan investasi jangka pendek berupa pengerjaan *cut and fill* secara masif pada titik kritis, yaitu dengan memangkas area puncak bukit yang terlalu tinggi dan menimbun area lembah di bawahnya demi menciptakan transisi kelandaian yang lebih landai dan konstan.

Berdasarkan Tabel di atas, berikut adalah penjelasan rinci untuk setiap segmen:

1. Segmen A-B

Pada segmen A-B, *grade* jalan sebesar 3,33% dengan beda elevasi sebesar 5,01m dan panjang jalan 150,55 m. *Grade* ini termasuk dalam kategori ideal karena tidak melebihi batas maksimal 8%. Kemiringan positif menunjukkan adanya kenaikan elevasi, namun masih dalam batas yang aman dan nyaman untuk dilalui.

2. Segmen B-C

Segmen B-C memiliki *grade* jalan sebesar 2,61% dengan beda elevasi 3,92 m dan panjang jalan 150,39 m. *Grade* ini juga termasuk dalam kategori ideal karena masih di bawah batas maksimal 8%. *Grade* ini masih dalam batas yang dapat diterima untuk kenyamanan dan keselamatan pengendara.

3. Segmen C-D

Pada segmen C-D, *grade* jalan mencapai 17,71% perlu di kurangi sebesar 9,71% agar bisa tidak melebihi batas maksimal 8% dengan beda elevasi 26,73 m dan panjang jalan 150,94 m, *grade* Segmen ini memerlukan perhatian khusus agar kemiringan yang curam dapat menyesuaikan

keselematan pengendara dengan cara mengurangi 9,71% *grade* jalan pada segmen C-D.

4. Segmen D-E

Pada segmen D-E, *grade* jalan mencapai 9,34% perlu dikurangi sebesar 1,34% agar mencapai batas maksimal yaitu 8% dengan beda elevasi 14,08 m dan panjang jalan 150,75 m. Segmen ini juga memerlukan tindakan khusus agar kemiringan yang curam tidak memengaruhi keselamatan pengendara.

5. Segmen E-F hingga H-I

Pada segmen E-F hingga H-I, *grade* jalan bervariasi antara 0,11% hingga 7,10%. Semua segmen ini termasuk dalam kategori ideal karena tidak melebihi batas maksimal 8%. *Grade* yang stabil dan tidak terlalu curam ini memastikan kenyamanan dan keamanan bagi pengendara.

6. Segmen I-J

Segmen M-N memiliki *grade* sebesar 10,98% dengan panjang jalan 37,72 m, dan beda elevasi 4,14. *Grade* ini tidak ideal karena melebihi batas maksimal 8%. Segmen ini harus mendapatkan perhatian khusus karena kemiringan yang sangat curam dan bisa memengaruhi keselamatan pengendara.

7. Segmen J-K hingga M-N

Segmen J-k hingga M-N memiliki *grade* bervariasi antara 0,11% hingga 3,49. Semua segmen ini termasuk kedalam ideal kerana tidak melebihi batas maksimal 8%. *Grade* ini untuk ukuran panjang 150 m termasuk landai dan stabil untuk pengandara.

Pada segmen jalan dari titik A hingga N memiliki *grade* yang ideal, yaitu tidak melebihi batas maksimal 8%. Namun, terdapat beberapa segmen, yaitu C-D, D-E dan I-J yang memiliki *grade* diatas 8% dan dikategorikan sebagai tidak ideal. segmen ini memerlukan perhatian lebih dalam hal perencanaan dan perbaikan untuk memastikan keselamatan dan kenyamanan pengendara. Secara keseluruhan, *grade* jalan yang stabil dan tidak terlalu curam pada segmen-segmen lainnya menunjukkan bahwa jalan ini dirancang dengan baik untuk meminimalkan risiko kecelakaan dan meningkatkan kenyamanan berkendara.

4.2.4 Kemiringan Melintang (*Cross Slope*)

Kemiringan melintang jalan (*cross slope*) merupakan salah satu parameter penting dalam perencanaan jalan, pada jalan *coal hauling* dari *Front* Newcastle di buat cendrung miring ke sisi kanan jalan atau miring ke *Pit* penambangan batu bara. *Cross slope* yang di gunakan pada jalan ini yaitu tipe *single cross slope* atau hanya miring ke satu sisi jalan, yang berfungsi untuk mengalirkan air permukaan ke sisi jalan agar mencegah genangan air yang dapat membahayakan kendaraan yang melintas. *Cross slope* dihitung berdasarkan perbedaan elevasi antara dua titik di sisi jalan dan lebar jalan pada Lampiran H Standar umum untuk *cross slope* yang ideal adalah tidak kurang 2% dan maksimal idealnya 4%. Berikut adalah analisis *cross slope* pada setiap segmen jalan dari titik A hingga N berdasarkan data yang diperoleh dapat di lihat pada Tabel 4.9

Tabel 4.9 Kemiringan Jalan Melintang (*cross slope*)

Segmen	Elevasi (m)		Beda Elevasi (m)	Lebar Jalan (m)	Cross slope (Min2%) (Max. 4%)	Kategori
	Elevasi kiri	Elevasi kanan	Beda Elevasi			
A-B	88,41	88,06	0,35	22,51	1,55	Tidak Ideal
B-C	93,42	92,83	0,59	20,31	2,90	Ideal
C-D	89,50	89,83	-0,33	18,62	-1,77	Tidak Ideal
D-E	116,23	117,04	-0,81	20,83	-3,89	Ideal
E-F	102,15	102,54	-0,39	18,47	-2,11	Ideal
F-G	91,49	92,26	-0,77	17,92	-4,30	Ideal
G-H	96,35	96,82	-0,47	19,23	-2,44	Ideal
H-I	96,19	95,54	0,65	22,54	2,88	Ideal
I-J	91,72	90,85	0,87	26,27	3,31	Ideal
J-K	87,58	86,95	0,63	27,63	2,28	Ideal
K-L	84,76	85,25	-0,49	21,42	-2,29	Ideal
L-M	84,59	84,02	0,57	21,99	2,59	Ideal
M-N	89,84	90,12	-0,28	19,81	-1,41	Tidak Ideal

Sumber: Hasil Penelitian Penulis (2026)

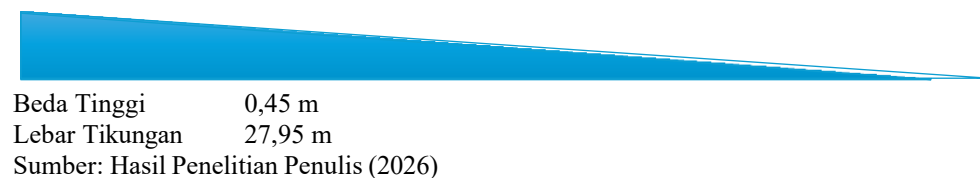
Pada saat melakukan penelitian di lapangan dan dapat di lihat pada tabel di atas pada jalan angkut *coal hauling* di dapatkan *cross slope* dari *Front Newcastel* menuju *Stockpile CCP* pada seluruh segmen *cross slope* ada beberapa segmen yang melebihi standar sehingga *cross slope* terlalu miring atau terlalu datar, pada *cross slope* C-D menunjukkan angka minus -1,77 artinya jalan tambang miring kearah kiri dan pada segmen A-B 1,55 menunjukkan angka plus artinya jalan miring ke arah kanan. Dan ada segmen yang belum memenuhi standar minimal 2% yaitu pada segmen A-B, C-D dan M-N.

4.2.5 Kemiringan Tikungan (Superelevasi)

Superelevasi adalah kemiringan jalan pada tikungan yang terbentuk oleh batas antara tepi jalan terluar dengan tepi jalan terdalam karena perbedaan ketinggian. Bagian tikungan jalan diberi superelevasi dengan cara meninggikan jalan pada sisi luar tikungan. Hal tersebut bertujuan untuk menghindari dan mencegah kendaraan agar tidak tergelincir keluar jalan atau terguling.

Untuk perhitungan rekomendasi superelevasi pada segmen (H-I, I-J, J-K, K-L.) sebagai berikut:

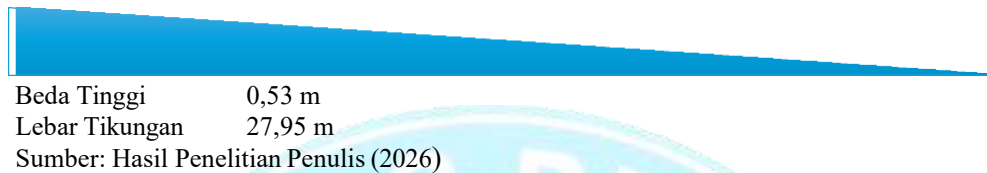
1. Untuk perhitungan rekomendasi superelevasi dan jari-jari tikungan pada segmen H-I dapat dilihat pada Lampiran F. Berdasarkan pada Tabel 2.1 dan Tabel 2.2, dengan menggunakan kecepatan 20 km/jam dan jari-jari tikungan 15,83 m dan lebar jalan tikungan 22,54 m, maka angka superelevasi yang disarankan sebesar 0,02 dan beda tinggi yang harus dibuat yaitu 45 cm (0,45 m) untuk lebar minimum pada jalan tikungan sebesar 27,95 m (Lampiran F).



Gambar 4.9 Rekomendasi Superelevasi Segmen H-I

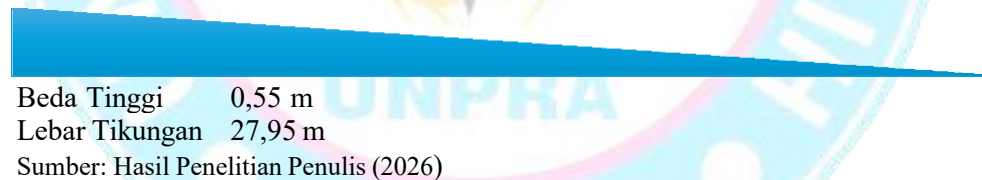
2. Untuk perhitungan rekomendasi superelevasi dan jari-jari tikungan pada segmen I-J dapat dilihat pada Lampiran F . Berdasarkan pada Tabel 2.1

dan Tabel 2.2, dengan menggunakan kecepatan 20 km/jam dan jari-jari tikungan 15,83 m dan lebar jalan tikungan 26,27 m, maka angka *superelevasi* yang disarankan sebesar 0,02 dan beda tinggi yang harus dibuat yaitu 53 cm (0,53 m) untuk lebar minimum pada jalan tikungan sebesar 27,95 m (Lampiran F).



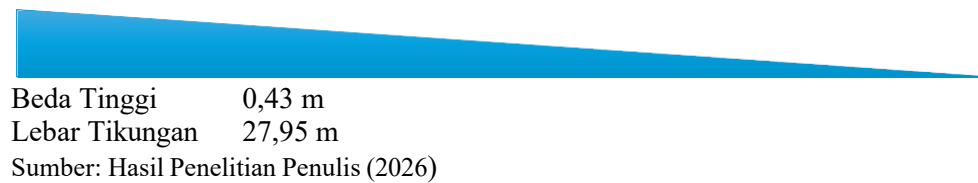
Gambar 4.10 Rekomendasi Superelevasi Segmen I-J

3. Untuk perhitungan rekomendasi superelevasi dan jari-jari tikungan pada segmen J-K dapat dilihat pada Lampiran F. Berdasarkan pada Tabel 2.1 dan Tabel 2.2, dengan menggunakan kecepatan 20 km/jam dan jari-jari tikungan 15,83 m dan lebar jalan tikungan 27,63 m, maka angka superelevasi yang disarankan sebesar 0,02 dan beda tinggi yang harus dibuat yaitu 55 cm (0,55 m) untuk lebar minimum pada jalan tikungan sebesar 27,95 m (Lampiran F).



Gambar 4.11 Rekomendasi Superelevasi Segmen J-K

4. Untuk perhitungan rekomendasi superelevasi dan jari-jari tikungan pada segmen K-L dapat dilihat pada Lampiran F. Berdasarkan pada Tabel 2.1 dan Tabel 2.2, dengan menggunakan kecepatan 20 km/jam dan jari-jari tikungan 15,83 m dan lebar jalan tikungan 21,42 m, maka angka superelevasi yang disarankan sebesar 0,02 dan beda tinggi yang harus dibuat yaitu 43 cm (0,43 m) untuk lebar minimum pada jalan tikungan sebesar 27,95 m (Lampiran F).



Gambar 4.12 Rekomendasi Superelevasi Segmen K-L

Untuk perhitungan aktual superelevasi pada segmen (H-I, I-J, J-K, K-L.) sebagai berikut:

Perhitungan Superelevasi berdasarkan hasil pengukuran di lapangan ada yang belum mencapai standar minimum superelevasi jalan tikungan, seperti pada segmen (H-I, I-J, J-K, K-L.) Berikut lebar jalan tikungan dapat dilihat pada Tabel 4.10

Tabel 4.10 *Superelevasi*

Segmen	Lebar Jalan Mendatar Tikungan (m)	Beda Tinggi (m)	Superelevasi Aktual (m)	Superelevasi Minimum (m)	Keterangan	Koreksi (m)
H-I	22,54	0,65	0,02	0,02	Ideal	-
I-J	26,27	0,87	0,02	0,02	Ideal	-
J-K	27,63	0,63	0,02	0,02	Ideal	-
K-L	21,42	-0,49	0,02	0,02	Ideal	-

Sumber: Hasil Penelitian Penulis (2026)

4.2.6 Tinggi Tanggul Pengaman (*Safety Berm*)

Berdasarkan standarr KEPMEN ESDM NO 1827-K-30-MEM-2018 tinggi tanggul yang harus dibuat yaitu $\frac{3}{4}$ diameter roda unit terbesar yang melalui jalan tersebut, pengukuran tinggi tanggul terbagi ke seluruh segmen yaitu pada kondisi segmen A-B hingga segmen G-H menggunakan pengukuran HD Komatsu 785-7 dengan tinggi ban sebesar 2,62 m di (ampiran I dan segmen H-I hingga segmen M-N menggunakan pengukuran DT Hino 500 FM 350PB dengan tinggi ban sebesar 1,1 m di lampiran I.

Berdasarkan hasil penelitian tinggi tanggul dari segmen A-B hingga G-H menggunakan unit HD Komatsu 785-7 menunjukkan hasil yang sesuai dengan standar yang dibutuhkan dengan ukuran minimum yaitu, 1,96 m dan aktual 1,8 m hingga 2 m lampiran I dan pengukuran lebar dasar tanggul untuk unit HD yaitu selebar 3,92 m. pengukuran dari segmen G-H hingga M-N dengan unit DT Hino 500 FM 350PB menunjukkan hasil yang cukup rendah karena unit terbesar yang melalui yaitu DT Hino 500 FM 350PB kondisi aktual 0,5 m hingga 1,2 m dan standar yang harus digunakan yaitu 0,8 m dan pengukuran lebar dasar tanggul unit DT yaitu 1,6 m.



BAB V

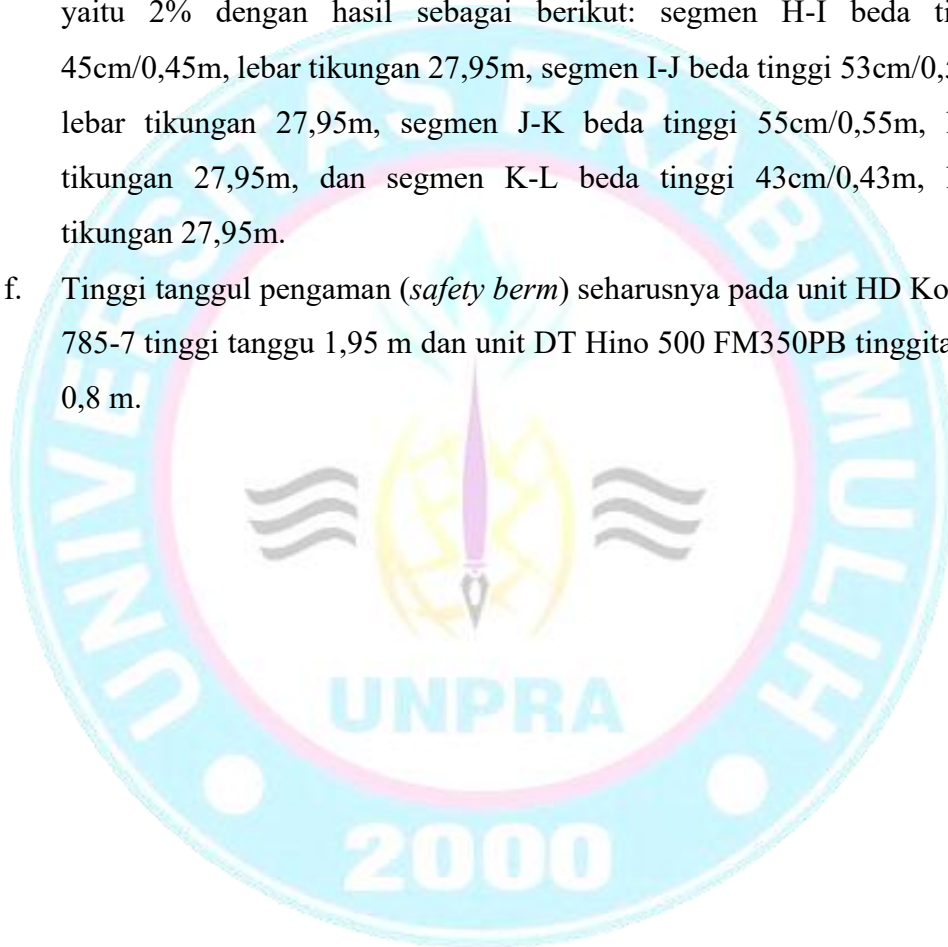
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengolahan data, pengamatan dan pembahasan pada bab sebelumnya, maka kesimpulan yang dapat diambil dari penulisan Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Geometri jalan angkut aktual pada aktivitas pengangkutan Batu bara dari *Front* penambangan Newcastle menuju *stockfile* CCP *site* Muara Tiga Besar Utara (MTBU) adalah sebagai berikut:
 - a. Rata-rata lebar jalan lurus adalah 19,96 m
 - b. Rata-rata jalan tikungan adalah 24,46 m
 - c. Rata-rata kemiringan *Grade* seluruh segmen adalah 5,07%
 - d. Rata-rata *Cross Slope* dari semua segmen yang diamati adalah 0,21%
 - e. Rata-rata Superelevasi dari seluruh segmen tikungan adalah 0,02%
 - f. Tinggi tanggul pengaman dengan ketentuan $\frac{3}{4} \times \text{Diameter tyre}$ yang mana kondisi aktual antara 1,9 m sampai dengan 2,1 m.
2. Hasil evaluasi geometri jalan angkut pada aktivitas penambangan dari *Front* penambangan Newcastle menuju *stockfile* CCP *site* Muara Tiga Besar Utara (MTBU) adalah sebagai berikut:
 - a. Lebar jalan lurus pada aktivitas pengangkutan batu bara dari *Front* Newcastle menuju *stockfile* CCP terdapat semua segmen yang belum ideal, diantaranya segmen (A-B: 22,51), (B-C:20,31), (C-D:18,62), (D-E:20,83), (E-F:18,47), (F-G:17,92), (G-H:19,23), (L-M:21,99), (M-N:19,81). Dengan lebar jalan kurang dari minimum sebesar 24,25m.
 - b. Lebar jalan tikungan pada kondisi pengangkutan Batu bara dari *Front* penambangan Newcastle menuju *stockfile* CCP terdapat 1 segmen yang ideal dan 3 segmen yang belum ideal, diantaranya segmen yang belum ideal (H-I:22,54), (I-J:26,27), (K-L:21,42) dan segmen yang ideal (J-K:27,63). Dengan lebar jalan tikungan minimum 27,95m.
 - c. Kemiringan Memanjang (*Grade*) terdapat 3 segmen yang belum ideal yaitu: C-D, D-E dan I-J. Dengan *grade* melebihi maksimal yaitu: 8%

- d. Kemiringan Melintang (*Cross slope*) terdapat 10 segmen yang sudah memenuhi standar minimal 2% dan maksimal 4% diantaranya: (B-C:2,90%), (D-E:-3,89), (E-F:-2,11%), (F-G:-4,30) (G-H:-2,44%), (H-I:2,88%), (I-J:3,31). (J-K:2,28%), (K-L:-2,29%), (L-M:2,59%), dan terdapat 3 segmen yang tidak memenuhi standar minimal 2% diantaranya: (A-B:1,55%), (C-D:-1,77%), (M-N:-1,41%),
- e. Superelevasi terdapat 4 segmen yang sudah di sesuaikan superelevasinya yaitu 2% dengan hasil sebagai berikut: segmen H-I beda tinggi 45cm/0,45m, lebar tikungan 27,95m, segmen I-J beda tinggi 53cm/0,53m, lebar tikungan 27,95m, segmen J-K beda tinggi 55cm/0,55m, lebar tikungan 27,95m, dan segmen K-L beda tinggi 43cm/0,43m, lebar tikungan 27,95m.
- f. Tinggi tanggul pengaman (*safety berm*) seharusnya pada unit HD Komatsu 785-7 tinggi tanggu 1,95 m dan unit DT Hino 500 FM350PB tinggitanggul 0,8 m.



5.2 Saran

Berdasarkan hasil evaluasi kondisi geometri jalan angkut pada aktivitas pengangkutan Batu bara dari *Front* penambangan *Newcastel* menuju *Stockfile* CCP *site* Muara Tiga Besar (MTB) PT Bukit Asam Tbk, maka disampaikan beberapa saran perbaikan diantaranya sebagai berikut:

1. Lebar jalan lurus pada keseluruhan masih belum memenuhi standar minimum sebesar 24,25m diantaranya segmen (A-B: 22,51), (B-C:20,31), (C-D:18,62), (D-E:20,83), (E-F:18,47), (F-G:17,92), (G-H:19,23), (L-M:21,99), (M-N:19,81). Oleh karena itu, perlu dilakukan pelebaran jalan pada segmen A-B 1,74m, B-C 3,94m, C-D 5,63m, D-E 3,42m, E-F 5,78m, F-G 6,33m, G-H 5,02m, L-M 2,26m, M-N 4,44m, agar kendaraan angkut dapat melintas dengan aman dan efisien.
2. Lebar jalan tikungan di beberapa segmen juga belum memenuhi standar minimum sebesar 27,95 terutama pada segmen H-I dengan aktual 22,54m, I-J aktual 26,27m dan K-L aktual 21,42. Oleh karena itu, perlu dilakukannya koreksi lebar tikungan pada segmen H-I sebesar 5,41m, segmen I-J sebesar 1,68m, dan segmen K-L sebesar 6,53m untuk menjamin kelancaran manuver kendaraan berat di tikungan.
3. Kemiringan Memanjang (*Grade*) pada segmen C-D ditemukan nilai kemiringan Jalan (*grade*) sebesar 17,71% yang pastinya melebihi batas maksimum ideal yaitu 8%. Maka perlu dilakukan pengurangan kemiringan sebesar 9,71%, yang dapat dicapai melalui pemotongan elevasi, perpanjangan jalur, atau pengubahan desain jalan menjadi lantai agar kendaraan tidak mengalami kesulitan saat menanjak maupun menurun.
4. Kemiringan Melintang (*Cross slope*) yang ideal adalah minimal 2% dan maksimal 4%, *cross slope* dibawah minimal 2% seperti segmen A-B, C-D, dan M-N maka harus dilakukannya peningkatan nilai *cross slope* untuk mendukung system *drainase* dan juga mencegah genangan air yang dapat merusak permukaan jalan.
5. Kemiringan Tikungan (superelevasi) terdapat 4 segmen jalan yang disesuaikan elevasinya sebesar 2% diantaranya segmen, H-I dengan beda tinggi 45cm/0,45m dan lebar tikungan 27,95m, segmen I-J dengan beda tinggi

53cm/0,53m dan lebar tikungan 27,95m, segmen J-K dengan beda tinggi 55cm/0,55m dan lebar tikungan 27,95m, segmen K-L dengan beda tinggi 43cm/0,43m dan lebar tikungan 27,95m, penyesuaian elevasi ini agar kendaraan dapat bermanuver dengan stabil ditikungan.

6. Tanggul Pengaman (*safety Berm*) yang ideal setidaknya memiliki tinggi 1,96m dan lebar dasar tanggul sebesar 3,92m berdasarkan $\frac{3}{4}$ dari diameter roda HD Komatsu 7



DAFTAR PUSTAKA

- Azwari, R., Maryanto, M., & Usman, D. N. 2015. Evaluasi Jalan Angkut dari Front Tambang Batu bara menuju Stockpile Block B pada Penambangan Batu bara di PT Minemex Indonesia, Desa Talang Serdang Kecamatan Mandiangin Kabupaten Sarolangun Provinsi Jambi. *Prosiding Teknik Pertambangan*, 92-100.
- Ashari, R.H & Julius, S.S. 2025. *Evaluasi Geometri Jalan Hauling Overburden Pit X untuk Menunjang Operasional yang Aman*. Universitas Kristen Petra, vol.03: 48-53.
- Bargawa, & W.S 2018. *Perencanaan Tambang*. Yogyakarta: Kilau ,Book.
- Cahyadi, R., Perdana, T., & Harsiga, E. 2021. *Evaluasi geometri jalan angkut menggunakan standar aashto untuk meningkatkan produktivitas alat angkut overburden pada pit 1 pt benal aiti bara perkasa*. Politeknik Akamigas Palembang. Vol.12: 55-61.
- Halawa, A. 2021. *Analisa geometri jalan angkut guna meningkatkan cycletime dan produktivitas alat angkut pada kegiatan pengupasan overburden dari Front pengupasan ke disposal area pada kegiatan penambangan Batu bara*. Dosen Pertambangan Institut Sains dan Teknologi TD. Pardede Medan, vol.16: 90-103.
- Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 1827 K/30/MEM/2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik.
- Sepriadi, K. W. (2017). *Evaluasi Geometri Jalan Angkut Terhadap Produktifitas Overburden Di Pit Mt 4 Penambangan Air Laya Pt Bukit Asam (Persero)*, Tbk. *Sumatera Selatan*.
- Wijaya, Ardiansyah. 2022. *Evaluasi Geometri Jalan Angkut Dari Front Ke Area Disposal PT Baturona Adimulya, Kecamatan Babat Supat, Kabupaten Musi Banyuasin, Sumatera Selatan*. Politeknik Akamigas Palembang.
- Riyanto, T. (2016). *Evaluasi Jalan Tambang Berdasarkan Geometri Dan Daya Dukung Pada Lapisan Tanah Dasar PIT Tutupan Area Highwall PT Pamapersada Nusantara Kabupaten Tabalong Provinsi Kalimantan Selatan*.
- Achida, M., Firdaus, & Nafiu, W. R. A. (2021). *Evaluasi dan redesign geometri jalan angkut tambang dari Pit Alaska menuju stockpile pada PT. Bumi Nikel Nusantara Kabupaten Konawe Utara*. *Jurnal Riset Teknologi Pertambangan (J-Ristam)*, 1(2), 1–10.

- Ardy, H., Rande, S. A., & Sidiq, H. (2020). Kajian Teknis Sistem Penimbunan Batubara Pada Rom Stockpile Bwe 203 Di Muara Tiga Besar Utara (Mtbu) Pt. Bukit Asam Tbk, Tanjung Enim, Sumatera Selatan. *Mining Insight*, 1(02), 185-196.
- Hadi, I. A. P. (2022). Analisis pengaruh geometri dan kondisi jalan angkut terhadap produktivitas dan konsumsi bahan bakar hauler di PT. Antareja Mahada Makmur studi kasus: Tambang Batubara, PT. Antareja Mahada Makmur (Bachelor's thesis, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta).

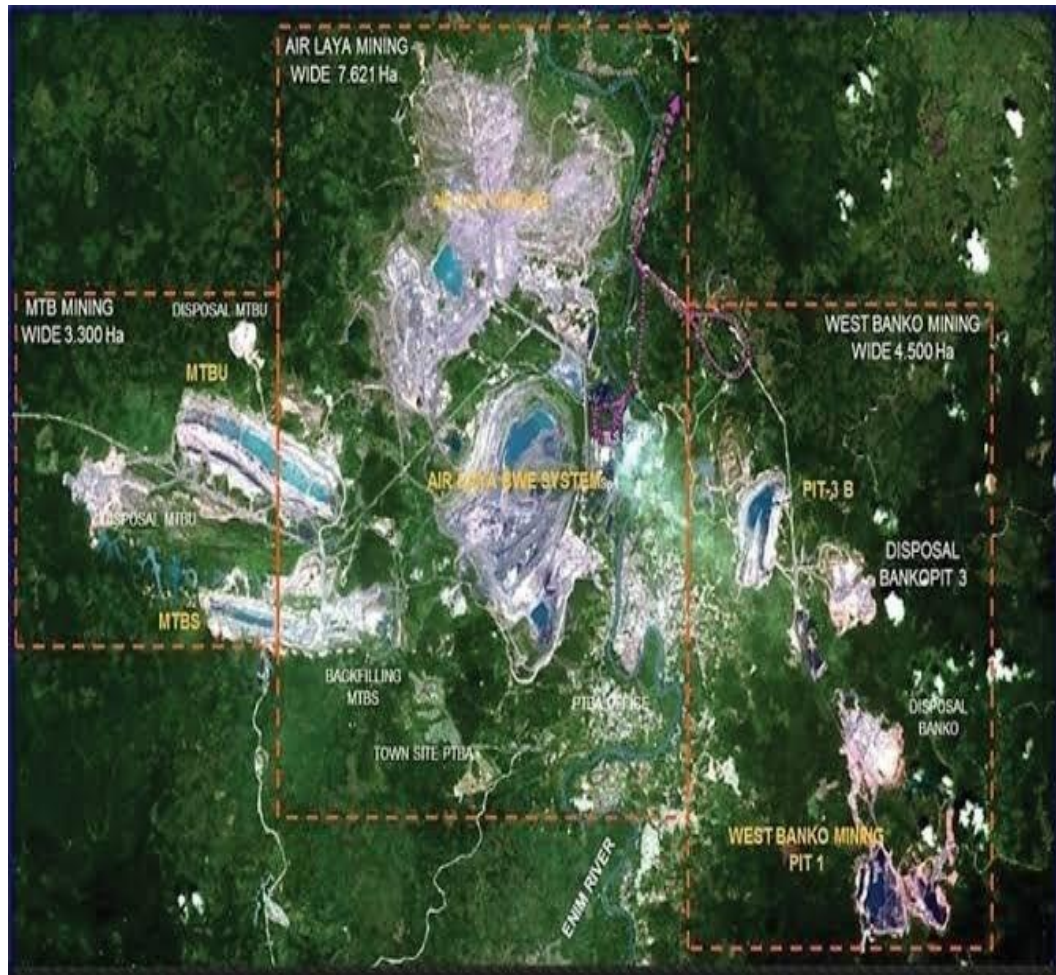




LAMPIRAN

Lampiran A Peta Izin Usaha Pertambangan

Tabel A.1 Peta Izin Usaha Pertambangan



Lampiran B Data Curah Hujan

Tabel B.1 Data Curah Hujan Bulan Maret 2026

Data Curah Hujan Maret 2026		
Date	Rencana Jam hujan (Jam)	Aktual Jam Hujan (Jam)
01-Mar-26	2,42	0
02-Mar-26	2,42	0
03-Mar-26	2,42	0
04-Mar-26	2,42	0
05-Mar-26	2,42	2,88
06-Mar-26	2,42	2,38
07-Mar-26	2,42	1,72
08-Mar-26	2,42	14
09-Mar-26	2,42	5,45
10-Mar-26	2,42	7,71
11-Mar-26	2,42	6,5
12-Mar-26	2,42	2,2
13-Mar-26	2,42	0
14-Mar-26	2,42	5,6
15-Mar-26	2,42	0
16-Mar-26	2,42	11,22
17-Mar-26	2,42	6,58
18-Mar-26	2,42	0
19-Mar-26	2,42	5,18
20-Mar-26	2,42	5,78
21-Mar-26	2,42	4
22-Mar-26	2,42	0
23-Mar-26	2,42	4,08
24-Mar-26	2,42	3,38
25-Mar-26	2,42	0
26-Mar-26	2,42	6,87
27-Mar-26	4,42	5,17
28-Mar-26	4,42	14,22
29-Mar-26	4,42	10,38
30-Mar-26	4,42	4
31-Mar-26	4,42	6
TOTAL	75	135,3

Sumber: PTBA (2026)

**Lampiran C Spesifikasi Alat Angkut HD Komatsu 785-7 dan Hino 500 Fm
350PB**



Sumber: *Handbook Komatsu 785-7*

Gambar C1.Komatsu 785-7

Tabel C.1 Spesifikasi Alat

No	Kategori	Spesifikasi	Detail Teknis
1	Mesin	Model	Komatsu SAA12V140E-3
2		Tipe	Pendingin air, 4-siklus
3		Aspirasi	Turbo-charged, after-cooled
4		Tenaga Kuda (Gross)	895 kW (1.200 HP) / 1.900 rpm
5		Tenaga Kuda (Net)	879 kW (1.178 HP) / 1.900 rpm
6		Torsi Maksimum	5080 N.m (518 kg.m)
7	Dimensi Alat	Panjang Keseluruhan	10.290 mm
8		Lebar Keseluruhan	6.900 mm
9		Tinggi Keseluruhan	5.050 mm
10		Tinggi Saat Bak Terangkat	10.080 mm
11		Jarak Sumbu Roda (Wheelbase)	4.950 mm

No		Spesifikasi	Detail Teknis
12		Jarak Terendah ke Tanah (Ground Clearance)	892 mm
13		Radius Putar Minimum	10,1 m
14		Tipe	Full-automatic, planetary-gear
15	Transmisi	Jumlah Gigi	7 Maju dan 2 Mundur (RH, RL)
16		Kecepatan Maksimum	65 km/jam
17		Kapasitas Struck	40 m ³
18		Kapasitas Heaped (2:1, SAE)	60 m ³
19	Kapasitas Bak	Muatan Terukur (Rated Payload)	91,7 metrik ton
20		Sudut Tuang (Dumping Angle)	48°
21	Berat Alat	Berat Kosong Kendaraan	72.000 kg
22		Berat Kotor Kendaraan (GVW)	163.780 kg
23		Rem Servis	Kontrol hidrolik penuh, tipe cakram majemuk terendam oli
24	Sistem Rem	Rem Parkir	Tipe cakram majemuk dengan pegas (pada semua roda)
25		Retarder	Rem depan & belakang berfungsi sebagai retarder
26		Tangki Bahan Bakar	1.308 Liter
27	Kapasitas Isi	Oli Mesin	129 Liter

28		Sistem Hidrolik	175 Liter
29	Ban	Ukuran Standar	27.00 R49





Sumber: *Handbook* Hino 500 Fm350PB

Gambar C2. DT Hino 500 FM350PB

Tabel C.2 Spesifikasi Alat

No	Kategori	Spesifikasi	Detail
1	Performa	Kecepatan Maksimum	106 km/jam
2		Daya Tanjak	65 tan
3		Model	P11C-UB
4		Tipe	Mesin Diesel 4 Langkah Segaris; <i>Direct Injection; Turbo Charge Intercooler</i>
5	Mesin	Tenaga Maksimum (PS/rpm)	350 / 2.100
6		Torsi Maksimum (Kgm/rpm)	134 / 1.100
7		Jumlah Silinder	6
8		Diameter x Langkah Piston	122 x 150 mm
9		Isi Silinder	10.520 cc

No	Kategori	Spesifikasi	Detail
10		Jarak Sumbu Roda (Wheelbase)	4.130 + 1.300
11		Total Panjang	8.645
12		Total Lebar	2.49
13		Total Tinggi	2.76
14	Dimensi	Lebar Jejak Depan	2.06
15	(mm)	Lebar Jejak Belakang	1.855
16		<i>Julur Depan</i> (Front Overhang)	1.255
17		<i>Julur Belakang</i> (Rear Overhang)	1.96
18	Berat (kg)	<i>Gross Vehicle Weight</i> (GVW)	26
19		Berat Kosong (Chassis)	8.78
20	Kapasitas	Tangki Bahan Bakar	200 Liter

21	Transmisi	Model	M009
----	-----------	-------	------

22	Tipe	9 Kecepatan
23	Ukuran Ban	11.00 - 20 - 16PR
Roda & Ban		
24	Jumlah Roda	10 (+1 cadangan)



Lampiran D Lebar Jalan Angkut Lurus

Perhitungan lebar jalan angkut berdasarkan data lebar alat angkut terbesar yaitu HD Komatsu 785-7 dengan lebar alat 6,9 m (lampiran C). Untuk lebar jalan angkut lurus ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

Keterangan:

L_{min} = lebar jalan minimum (m)

n = jumlah jalur

W_t = lebar alat angkut terbesar

1. Untuk perhitungan lebar ideal jalan lurus dengan dua jalur sebagai berikut:

Diketahui:

$$W_t = 6,885 = 6,9$$

$$n = 2 \text{ jalur}$$

Jawab:

$$\begin{aligned} L_{min} &= n.W_t + (n + 1)(1/2.W_t) \\ &= 2 \cdot 6,9 + (2 + 1) \cdot (1/2 \cdot 6,9) \\ &= 2 \cdot 6,9 + (3) \cdot 3,45 \\ &= 2 \cdot 6,9 + 10,45 \\ &= 24,15 \text{ m} \end{aligned}$$

2. Untuk perhitungan lebar ideal jalan lurus dengan satu jalur sebagai berikut:

Diketahui:

$$W_t = 6,885 = 6,9$$

$$n = 1 \text{ Jalur}$$

Jawab:

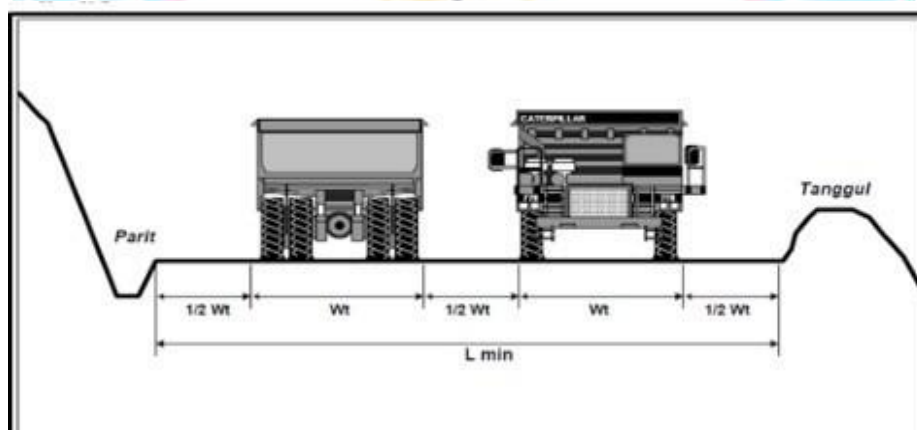
$$\begin{aligned} L_{min} &= n.W_t + (n + 1)(1/2.W_t) \\ &= 1 \cdot 6,9 + (1 + 1) \cdot (1/2 \cdot 6,9) \\ &= 1 \cdot 6,9 + (2) \cdot 3,45 \\ &= 1 \cdot 6,9 + 6,9 \\ &= 13,8 \text{ m} \end{aligned}$$

Pada lebar jalan angkut lajur lurus yang didapatkan pada saat penelitian dilapangan seluruh segmen belum ideal untuk memenuhi standar lebar jalan lajur lurus seperti segmen (A-B, B-C, C-D, D-E, E-F, F-G, G-H, L-M, M-N.)

Tabel D.1 Lebar Jalan Lurus

Segmen	Lebar Jalan Angkut Lurus		
	Lebar Jalan minimum (m)	Lebar Jalan Aktual (m)	Kategori
A-B	24,25	22,51	Tidak ideal
B-C	24,25	20,31	Tidak ideal
C-D	24,25	18,62	Tidak ideal
D-E	24,25	20,83	Tidak ideal
E-F	24,25	18,47	Tidak ideal
F-G	24,25	17,92	Tidak ideal
G-H	24,25	19,23	Tidak ideal
L-M	24,25	21,99	Tidak ideal
M-N	24,25	19,81	Tidak ideal

Sumber: Hasil Penelitian Penulis (2026)



Sumber: AASHTO, 1990

Gambar D1 Lebar Jalan Lurus 2 Jalur

Lampiran E Lebar Jalan Angkut Tikungan

Perhitungan lebar jalan angkut berdasarkan data lebar alat angkut terbesar yaitu HD Komatsu 785-7 dengan lebar alat 6,9 m (lampiran ..). Untuk lebar jalan angkut tikungan dapat ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

Diketahui:

$$W = n (U + Fa + Fb + Z) + C$$

$$\frac{C = Z = U + Fa + Fb}{2}$$

Dimana:

W = lebar alat angkut minimum pada belokan (m)

U = lebar alat angkut dari poros roda kanan dan kiri (m)

Fa = lebar jantai depan (m)

Fb = lebar jantai belakang(m)

Z = lebar bagian tepi jalan

C = jarak antara dua dump truck saat bersampingan (m)

n = jumlah jalur

Berdasarkan dari alat angkut yang digunakan adalah HD Komatsu 785-7 jalan pada tikungan minimum yang diperlukan dari data yang diperoleh adalah:

$$U = \text{Lebar alat angkut dari poros roda kanan dan kiri (m)} = (\text{RD } 4,65) (\text{RB } 3,49)$$

$$Fa = \text{Jarak as roda depan dengan bagian depan alat} = (2400\text{mm}) (2,40\text{m})$$

$$Fb = \text{Jarak as roda belakang dengan bagian belakang alat} = (2940\text{mm}) (2,94\text{m})$$

$$\text{Sudut penyimpangan roda depan } (\alpha) = 39^\circ$$

$$\text{Radius putar} = 10,1\text{m}$$

$$Fa = (\text{jarak as roda depan dengan bagian depan alat}) \times (\sin \alpha)$$

$$Fa = 2,40 \times 39^\circ$$

$$Fa = 2,40 \times 0,629$$

$$Fa = 1,50$$

$F_b = (\text{jarak as roda belakang dengan bagian belakang alat}) \times (\sin \alpha)$

$$F_b = 2,94 \times 39^\circ$$

$$F_b = 2,94 \times 0,629$$

$$F_b = 1,84 \text{ m}$$

$$C = Z = \frac{U + F_a + F_b}{2}$$

$$C = Z = \frac{4,65 + 1,50 + 1,84}{2}$$

$$= \frac{7,99}{2}$$

$$C = Z = 3,99 \text{ m}$$

Sehingga:

Untuk dua jalur

$$W = n (U + F_a + F_b + Z) + C$$

$$W = 2 (4,65 + 1,50 + 1,84 + 3,99) + 3,99$$

$$= 2 (11,98) + 3,99$$

$$W = 27,95 \text{ m}$$

Lebar Minimum Jalan Tikungan

Lebar jalan minimal 2 lajur untuk jalan tikungan adalah 27,95 m. Koreksi lebar jalan angkut tikungan dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel E.1 Lebar Jalan Tikungan

Segmen	Lebar Jalan Angkut Tikungan		Kategori
	Lebar Jalan minimum (m)	Lebar Jalan Aktual (m)	
H-I	27,95	22,54	Tidak ideal
I-J	27,95	26,27	Tidak ideal
J-K	27,95	27,63	Ideal
K-L	27,95	21,42	Tidak ideal

Sumber: Hasil Penelitian Penulis (2026)

Lampiran F Kemiringan Tikungan Superelevasi

1. Untuk perhitungan rekomendasi superelevasi dan jari-jari tikungan pada segmen H-I sebagai berikut:

Diketahui:

$$v = 20 \text{ km/jam}$$

Ditanya:

f , R , $e+f$, α dan a ?

Jawab:

$$f = -0,00065 \times v +$$

$$0,192$$

$$f = -0,00065 \times V + 0,192$$

$$f = -0,00065 \times 20 + 0,192$$

$$f = 0,179$$

$$R = \frac{V^2}{127 \cdot (e+f)}$$

$$R = \frac{(20 \text{ km/jam})^2}{127 \cdot (0,02 + 0,179)}$$

$$R = 15,83 \text{ m}$$

$$e + f = \frac{(v)^2}{127 \times R}$$

$$e + f = \frac{(20)^2}{127 \cdot 15,83}$$

$$e + 0,179 = 0,20$$

$$e + 0,20 - 0,179$$

$$e = 0,02$$

Dengan menggunakan kecepatan 20km/jam dan jari jari tikungan 15,83m dan lebar jalan tikungan 22,54m, maka angka superelevasi yang di sarakan sebesar 0,02 dan beda tinggi yang harus di buat pada tikungan H-I yaitu:

$$\alpha = \tan^{-1} 0,02 = 1,15^\circ$$

$$a = r \times \sin \alpha$$

$$22,54m \times \sin 1,15^\circ$$

Hasil 0,45 m (H-I)

Beda tinggi antara sisi dalam dan sisi luar tikungan yang harus dibuat adalah 0,45 m atau 45 cm untuk lebar minimum pada jalan tikungan sebesar 27,95m



Beda Tinggi 0,45m
Lebar Tikungan 27,95m

2. Untuk perhitungan rekomendasi superelevasi dan jari-jari tikungan pada segmen I-J sebagai berikut:

Diketahui:

$$v = 20 \text{ km/jam}$$

Ditanya:

f, R, e+f, α dan a....?

Jawab:

$$f = -0,00065 \times v +$$

$$0,192$$

$$R = \frac{V^2}{127 \cdot (e+f)}$$

$$f = -0,00065 \times V + 0,192$$

$$R = \frac{(20 \text{ km/jam})^2}{127 \cdot (0,02 + 0,179)}$$

$$f = -0,00065 \times 20 + 0,192$$

$$f = 0,179$$

$$R = 15,83 \text{ m}$$

$$e + f = \frac{(v)^2}{127 \times R}$$

$$e + f = \frac{(20)^2}{127 \cdot 15,83}$$

$$e + 0,179 = 0,20$$

$$e + 0,20 - 0,179$$

$$e = 0,02$$

Dengan menggunakan kecepatan 20km/jam dan jari jari tikungan 15,83m dan lebar jalan tikungan 26,27m, maka angka superelevasi yang di sarakan sebesar 0,02 dan beda tinggi yang harus di buat pada tikungan I-J yaitu:

$$\alpha = \tan^{-1} 0,02 = 1,15^\circ$$

$$a = r \times \sin \alpha$$

$$26,27m \times \sin 1,15^\circ$$

Hasil 0,53 m (I-J)

Beda tinggi antara sisi dalam dan sisi luar tikungan yang harus dibuat adalah 0,53 m atau 53 cm untuk lebar minimum pada jalan tikungan sebesar 27,95m



Beda Tinggi 0,53m
Lebar Tikungan 27,95m

3. Untuk perhitungan rekomendasi superelevasi dan jari-jari tikungan pada segmen J-K sebagai berikut:

Diketahui:

$$v = 20 \text{ km/jam}$$

Ditanya:

f, R, e+f, α dan a?

Jawab:

$$f = -0,00065 \times v + 0,192$$

$$f = -0,00065 \times V + 0,192$$

$$f = -0,00065 \times 20 + 0,192$$

$$f = 0,179$$

$$R = \frac{V^2}{127 \cdot (E+f)}$$

$$R = \frac{(20 \text{ km/jam})^2}{127 \cdot (0,02 + 0,179)}$$

$$R = 15,83 \text{ m}$$

$$e + f = \frac{(v)^2}{127 \times R}$$

$$e + f = \frac{(20)^2}{127 \cdot 15,83}$$

$$e + 0,179 = 0,20$$

$$e + 0,20 - 0,179$$

$$e = 0,02$$

Dengan menggunakan kecepatan 20km/jam dan jari jari tikungan 15,83m dan lebar jalan tikungan 27,63m, maka angka superelevasi yang di sarakan sebesar 0,02 dan beda tinggi yang harus di buat pada tikungan J-K yaitu:

$$\alpha = \tan^{-1} 0,02 = 1,15^\circ$$

$$a = r \times \sin \alpha$$

$$27,63m \times \sin 1,15^\circ$$

Hasil 0,55 m (J-K)

Beda tinggi antara sisi dalam dan sisi luar tikungan yang harus dibuat adalah 0,55 m atau 55 cm untuk lebar minimum pada jalan tikungan sebesar 27,95m

Beda Tinggi 0,55m
Lebar Tikungan 27,95m

4. Untuk perhitungan rekomendasi superelevasi dan jari-jari tikungan pada segmen K-L sebagai berikut:

Diketahui:

$$v = 20 \text{ km/jam}$$

Ditanya:

$$f, R, e+f, \alpha \text{ dan } a \dots?$$

Jawab:

$$f = -0,00065 \times v + 0,192$$

$$R = \frac{V^2}{127 \times e}$$

$$\begin{aligned}
 f &= -0,00065 \times V + 0,192 & 127. (E+f) \\
 f &= -0,00065 \times 20 + 0,192 & R = (20 \text{ km/jam})^2 \\
 f &= 0,179 & \frac{127. (0,02 + 0,179)}{R = 15,83 \text{ m}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e + f &= \frac{(v)^2}{127 \times R} \\
 e + f &= \frac{(20)^2}{127 \cdot 15,83} \\
 e + 0,179 &= 0,20 \\
 e + 0,20 - 0,179 & \\
 e &= 0,02
 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan kecepatan 20km/jam dan jari jari tikungan 15,83m dan lebar jalan tikungan 21,42m, maka angka superelevasi yang di sarakan sebesar 0,02 dan beda tinggi yang harus di buat pada tikungan K-L yaitu:

$$\begin{aligned}
 \alpha &= \tan^{-1} 0,02 = 1,15^\circ \\
 a &= r \times \sin \alpha \\
 21,42m &\times \sin 1,15^\circ \\
 \text{Hasil } &0,43 \text{ m (J-K)}
 \end{aligned}$$

Beda tinggi antara sisi dalam dan sisi luar tikungan yang harus dibuat adalah 0,43m atau 43 cm untuk lebar minimum pada jalan tikungan sebesar 27,95m



Beda Tinggi 0,43m
Lebar Tikungan 27,95m

Lampiran G Kemiringan Jalan Memanjang (*Grade*)

Berdasarkan kemiringan suatu jalan biasanya dinyatakan dalam persen, kemiringan 1 % adalah kemiringan permukaan yang menaik atau menurun 1 meter atau 1 feet secara vertikal dalam jarak horizontal 100 m atau 100 feet. *Grade* jalan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Grade (}\alpha\text{)} = \frac{\Delta h}{\Delta x} \times 100\%$$

Dimana:

Δh = beda elevasi antara dua titik yang diukur (m)

Δx = jarak datar antara dua titik yang diukur (m)

Contoh perhitungan *grade* pada segmen A-B sebagai berikut:

$$\text{Grade (}\alpha\text{)} = \frac{5,01}{150,55} \times 100\%$$

$$\text{Grade (}\alpha\text{)} = 3,33 \%$$

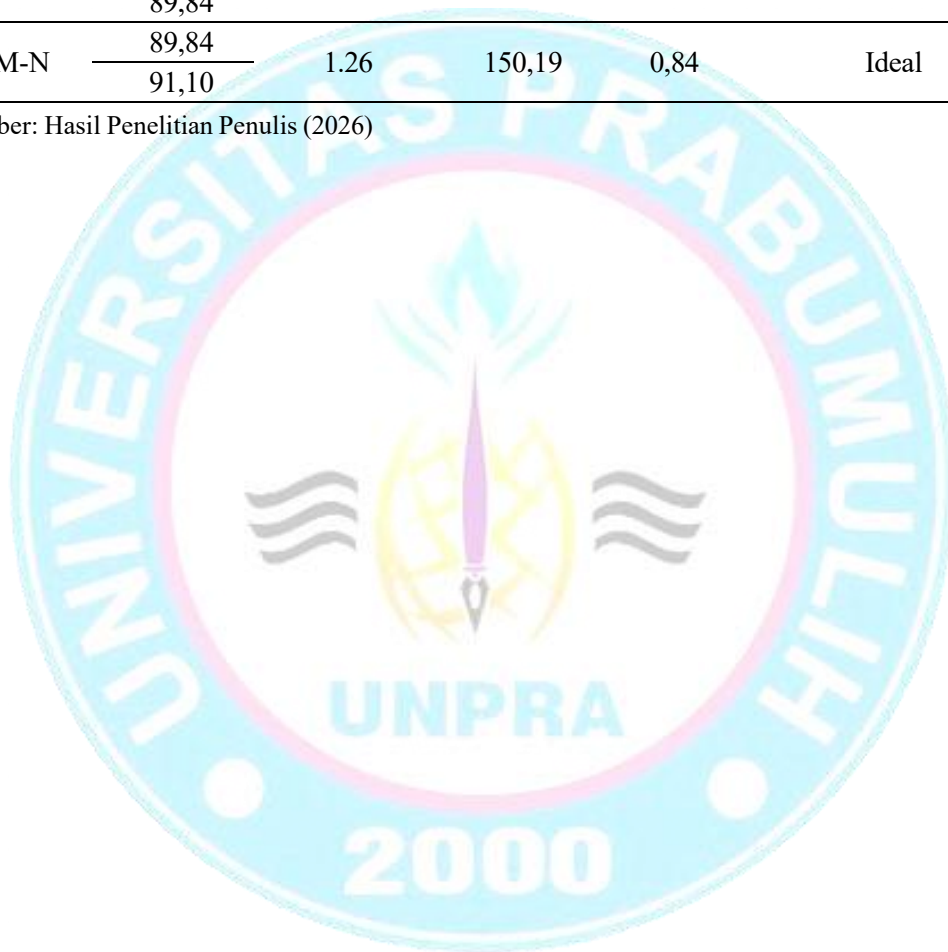
Untuk lebih jelas nya dapat di lihat pada tabel di bawah ini:

Tabel G.1 Data *Grade*

Segmen	Elevasi (m)	Beda Elevasi (m)	Panjang Jalan (m)	Grade(%) Max(8%)	Kategori
A-B	$\frac{88,41}{93,42}$	5,01	150,55	3,33	Ideal
B-C	$\frac{93,42}{89,50}$	3,92	150,39	2,61	Ideal
C-D	$\frac{89,50}{116,23}$	26,73	150,62	17,71	Tidak Ideal
D-E	$\frac{116,23}{102,15}$	14,08	150,75	9,34	Tidak Ideal
E-F	$\frac{102,15}{91,49}$	10,66	150,17	7,10	Ideal
F-G	$\frac{91,49}{96,35}$	4,86	150,41	3,23	Ideal
G-H	$\frac{96,35}{96,19}$	0,16	150,09	0,11	Ideal

Segmen	Elevasi (m)	Beda Elevasi (m)	Panjang Jalan (m)	Grade(%) Max(8%)	Kategori
H-I	$\frac{96,19}{91,72}$	4,47	104,94	4,26	Ideal
I-J	$\frac{91,72}{87,58}$	4,14	37,72	10,98	Tidak Ideal
J-K	$\frac{87,58}{84,78}$	2,82	100,95	2,79	Ideal
K-L	$\frac{84,78}{84,59}$	0,17	150,44	0,11	Ideal
L-M	$\frac{84,59}{89,84}$	5,25	150,43	3,49	Ideal
M-N	$\frac{89,84}{91,10}$	1,26	150,19	0,84	Ideal

Sumber: Hasil Penelitian Penulis (2026)



Lampiran H Kemiringan Melintang (*Cross Slope*) Aktual

Cross slope dapat di hitung menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Cross Slope} = \frac{\Delta h}{\Delta x} \times 100\%$$

Dimana :

Δh = beda elevasi sisi kiri dan kanan jalan (m)

Δx = lebar jalan (m)

Contoh perhitungan *cross slope* pada segmen A-B sebagai berikut:

$$\text{Cross Slope} = \frac{0,35}{22,51} \times 100\%$$

$$\text{Cross Slope} = 1,55\%$$

Untuk lebih jelas nya dapat di lihat pada tabel di bawah ini:

Tabel H.1 Data *Cross Slope*

Segmen	Elevasi (m)		Beda Elevasi (m)	Lebar Jalan (m)	Cross slope (%) (Max. 2%)	Kategori
	E kiri	E kanan				
A-B	88,41	88,06	0,35	22,51	1,55	Tidak Ideal
B-C	93,42	92,83	0,59	20,31	2,90	Ideal
C-D	89,50	89,83	-0,33	18,62	-1,77	Tidak Ideal
D-E	116,23	117,04	-0,81	20,83	-3,89	Ideal
E-F	102,15	102,54	-0,39	18,47	-2,11	Ideal
F-G	91,49	92,26	-0,77	17,92	-4,30	Ideal
G-H	96,35	96,82	-0,47	19,23	-2,44	Ideal
H-I	96,19	95,54	0,65	22,54	2,88	Ideal
I-J	91,72	90,85	0,87	26,27	3,31	Ideal
J-K	87,58	86,95	0,63	27,63	2,28	Ideal
K-L	84,76	85,25	-0,49	21,42	-2,29	Ideal
L-M	84,59	84,02	0,57	21,99	2,59	Ideal
M-N	89,84	90,12	-0,28	19,81	-1,41	Tidak Ideal

Sumber: Hasil Penelitian Penulis (2026)

Lampiran I Tanggul Pengaman (*safety berm*)

Standar tinggi dari tanggul pegaman menurut KepMen ESDM No 1827 K/30/MEM/2018 adalah (tiga perempat) diameter roda kendaraan terbesar. Tujuan dibuatnya tanggul pengaman yaitu untuk menghindari kecelakaan yang mungkin dapat terjadi. Maka pada setiap tepi jalan yang berbatasan dengan jurang perlu dibuat tanggul pengaman. Untuk perhitunga tinggi tanggul pengaman dan lebar dasar tanggul dapat menggunakan rumus berikut:

JENIS HD	DIAMETER TYRE	TINGGI TANGGGUL
HD 785-7	262cm	$\frac{3}{4}(D) = 196\text{cm} = 1,96\text{m}$
		$\frac{2}{3}(D) = 175\text{cm} = 1,75\text{m}$

1. Perhitungan tinggi tanggul dengan menggunakan rumus ($\frac{3}{4} \times$ Diameter Tyre)

Dik : HD Komatsu 785-7
 Tinggi Ban 262cm = 2,62m
 Penyelesaian :
 Perhitungan : $\frac{3}{4}(D = \text{Tinggi ban alat hauling terbesar})$
 $\frac{3}{4}(D)$
 $\frac{3}{4}(2,62\text{m})$
 Tinggi Tanggul : 196cm = 1,96m

2. Perhitungan lebar tanggul dengan menggunakan rumus (2 x safety Berm)

Dik : HD Komatsu 785-7
 Tinggi Ban 262cm = 2,62m
 Tinggi Tanggul 196cm = 1,96m
 Penyelesaian :
 perhitungan : 2 . Tinggi Tanggul
 $2 \cdot 1,96\text{m}$
 Lebar Dasar : 392cm = 3,92m

3. Perhitungan tinggi tanggul menggunakan rumus ($\frac{2}{3} \times \text{Diameter Tyre}$)

Dik: HD Komatsu 785-7

Tinggi Ban $262\text{cm} = 2,62\text{m}$

Penyelesaian:

Perhitungan: $\frac{2}{3} (D = \text{Tinggi ban alat hauling terbesar})$

$\frac{2}{3} (D)$

$\frac{2}{3} (2,62)$

Tinggi Tanggul $175\text{cm} \quad 1,75\text{m}$



Lampiran J Dokumentasi Lapangan

Gambar J.1 Pengecekan Area Stockpile CCP



Gambar J.2 Monitoring Jalan Area Front Newcastel



Gambar J.3 Monitoring Jalan Hauling



Area Front Newcastel

Gambar J.4 Monitoring Jalan Hauling



Area Stockpile CCP

