

**EVALUASI GEOMETRI JALAN ANGKUT BATUBARA
DARI *FRONT LOADING COAL GETTING* MENUJU
HOPPER DI PIT BARAT PT LEMATANG
COAL LESTARI *SITE CBE***

LAPORAN TUGAS AKHIR



**IMAM RENO SAPUTRA
2023310055**

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

**EVALUASI GEOMETRI JALAN ANGKUT BATUBARA
DARI *FRONT LOADING COAL GETTING* MENUJU
HOPPER DI PIT BARAT PT LEMATANG
COAL LESTARI *SITE CBE***

Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Ahli Madya Pada
Program Studi Teknik Pertambangan Universitas Prabumulih



**IMAM RENO SAPUTRA
2023310055**

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

HALAMAN PENGESAHAN

EVALUASI GEOMETRI JALAN ANGKUT BATUBARA DARI FRONT LOADING COAL GETTING MENUJU HOPPER DI PIT BARAT PT LEMATANG COAL LESTARI SITE CBE

Laporan TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan Tugas Akhir
Pada Program Studi Teknik Pertambangan Universitas Prabumulih**

Oleh:

Imam Rano Saputra

2023310055

Prabumulih, 18 Juni 2026

Pembimbing I

Pembimbing II



Ahmad Husni, S.T., M.T.
NUPTK.6338747650200003



Dedi Yansen, S.Si., M.Pd.
NUPTK.6545763664130213

**Ketua Program Studi
Teknik Pertambangan**



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

HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir dengan judul "Evaluasi Geometri Jalan Angkut Batubara dari *Front Loading Coal Geting Menuju Hopper* di Pit Barat PT Lematang Coal Lestari Site CBE" telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Tugas Akhir Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Prabumulih pada tanggal 18 Juni 2026.

Prabumulih, 18 Juni 2026

Tim Penguji Sidang Tugas Akhir

Ketua :

1. Ahmad Husni, S.T., M.T.
NUPTK. 6338747630200093

(*Signature*)

Anggota :

2. Dedi Yansen, S.Si., M.Pd.
NUPTK. 6545763664130213
3. Ridho Yovanda, S.T., M.T.
NUPTK. 5250771672130283

(*Signature*)

(*Signature*)

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Ir. Aris Susilo S.T., M.T.
NUPTK. 994475565130172

Ketua Program Studi

Teknik Pertambangan



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

PERNYATAAN INTEGRITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Imam Reno Saputra

Nim : 2023310055

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 di buktikan bahwa tugas akhir ini hasil plagiasi, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku atas perbuatan tersebut.



Prabumulih, 18 Juni 2026

Yang membuat pernyataan,



Imam Reno Saputra

2023310055

ABSTRAK

EVALUASI GEOMETRI JALAN ANGKUT BATUBARA DARI *FRONT LOADING COAL GETTING* MENUJU *HOPPER* DI PIT BARAT PT LEMATANG COAL LESTARI SITE CBE

Imam Reno Saputra, 2023310055, 2026

Infrastruktur jalan angkut merupakan faktor penentu utama dalam keberhasilan operasional penambangan batubara karena berpengaruh langsung terhadap efisiensi *cycle time* dan keselamatan kerja. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kesesuaian kondisi aktual geometri jalan angkut dari *front loading coal getting* menuju *hopper* di Pit Barat PT Lematang Coal Lestari Site CBE terhadap standar Kepmen ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018 serta memberikan rekomendasi perbaikan teknis yang diperlukan. Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif dengan melakukan observasi dan pengukuran langsung di lapangan pada 26 segmen jalan sepanjang 2,6 km. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa sebagian besar elemen geometri jalan belum sepenuhnya memenuhi standar regulasi yang berlaku. Ditemukan segmen jalan lurus (J-K, O-P, V-W) dan tikungan (K-L, U-V, W-X) yang lebarnya masih di bawah standar ideal. Namun, kemiringan jalan (*grade*) masih berada dalam batas aman dengan nilai maksimal 5,79%, di bawah ambang batas 12%. Selain itu, terdapat beberapa titik tanggul keselamatan yang tingginya belum mencapai minimal 3/4 dari diameter roda kendaraan terbesar. Rekomendasi perbaikan yang diberikan meliputi pelebaran jalan secara mekanis pada segmen yang tidak ideal, peningkatan tinggi tanggul keselamatan, serta perawatan jalan berkala untuk menjaga nilai *cross slope* sebesar 2% guna memastikan drainase yang efektif.

Kata Kunci: Geometri Jalan Angkut, Batubara, Kepmen ESDM No. 1827, Pit Barat, Keselamatan Pertambangan.

ABSTRACT

GEOMETRIC EVALUATION OF COAL HAUL ROADS FROM THE COAL GETTING LOADING FRONT TO THE HOPPER AT THE WEST PIT OF PT LEMATANG COAL LESTARI CBE SITE

Imam Reno Saputra, 2023310055, 2026

Mine haul road infrastructure is a major determining factor in the success of coal mining operations as it directly affects cycle time efficiency and occupational safety. This study aims to evaluate the compliance of the actual geometry of coal haul roads from the coal getting loading front to the hopper at the West Pit of PT Lematang Coal Lestari Site CBE against the standards of Kepmen ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018 and to provide necessary technical improvement recommendations. The research method used is descriptive quantitative by conducting direct observations and measurements in the field on 26 road segments along 2.6 km. The evaluation results show that most road geometry elements do not fully meet the applicable regulatory standards. Several straight road segments (J-K, O-P, V-W) and curves (K-L, U-V, W-X) were found to have widths below the ideal standard. However, the road grade remains within safe limits with a maximum value of 5.79%, below the 12% threshold. Additionally, several points of the safety berms have not reached the minimum height of $\frac{3}{4}$ of the largest vehicle's wheel diameter. Recommended technical improvements include mechanical road widening in non-ideal segments, increasing safety berm height, and routine road maintenance to maintain a cross slope value of 2% to ensure effective drainage.

Keywords: *Haul Road Geometry, Coal, Kepmen ESDM No. 1827, West Pit, Mining Safety.*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “Evaluasi Geometri Jalan Angkut Batubara dari *Front Loading Coal Getting* Menuju *Hopper* di Pit Barat PT Lematang Coal Lestari Site CBE”.

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. Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Yuniar Pratiwi, S.Si., M.Si. selaku Rektor Universitas Prabumulih.
2. Bapak Dr. Ir. Aris Susilo, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Prabumulih.
3. Bapak Ridho Yovanda, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Pertambangan.
4. Bapak Ahmad Husni, S.T., M.T. sebagai Pembimbing I.
5. Bapak Dedi Yansen, S.Si., M.Pd. sebagai pembimbing II.
6. Bapak/Ibu sebagai Tim Penguji.
7. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Prabumulih.
8. Bapak/Ibu staf administrasi Fakultas Teknik Universitas Prabumulih.
9. Kepala Teknik Tambang, Pimpinan, dan seluruh Staf PT Lematang Coal Lestari Site CBE yang telah memberikan izin tempat untuk melakukan penelitian nantinya.
10. Kedua orang tua serta keluarga penulis yang selalu memberikan semangat dan doa.
11. Rekan-rekan Mahasiswa Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Prabumulih khususnya angkatan 2023 serta semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan proposal tugas akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulisan tugas akhir ini masih terdapat kekurangan yang belum penulis sadari. Kritik dan saran yang bersifat membangun penulis harapkan dari semua pihak untuk

kesempurnaan Laporan Tugas Akhir ini. Akhir kata penulis berharap semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca. Aamiin.

Prabumulih, 18 Juni 2026

Imam Reno Saputra

2023310055



DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL DALAM	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
PERNYATAAN INTEGRITAS.....	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR SINGKATAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Deskripsi Lokasi Penelitian	5
2.2 Landasan Teori	6
2.2.1 Jalan Tambang.....	6
2.2.2 Geometri Jalan Angkut.....	6
2.2.3 Lebar Jalan Angkut Lurus	7
2.2.4 Lebar Jalan Pada Lajur Tikungan.....	9
2.2.5 Kemiringan Jalan (<i>Grade</i>).....	10
2.2.6 Kemiringan Melintang (<i>Cross slope</i>)	11
2.2.7 Superelevasi dan Jari Jari Tikungan	12

	Halaman
2.2.8 Sudut Belokan Pertigaan	15
2.2.9 Pemisah Jalur	16
2.2.10 Tanggul Keselamatan (<i>Safety Berm</i>)	17
2.3 Perbandingan Standar Jalan Angkut Berdasarkan AASHTO dan Kepmen ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018	18
BAB III METODE PENELITIAN	20
3.1 Lokasi dan Waktu dan Penelitian	20
3.2 Tahapan Penelitian.....	21
3.3 Bagan Alir Penelitian.....	23
3.4 Teknik Pengumpulan dan Pengolahan Data	24
BAB IV PEMBAHASAN.....	26
4.1 Evaluasi Geometri Jalan Angkut	26
4.1.1 Lebar jalan angkut lurus	26
4.1.2 Lebar Jalan Tikungan	27
4.1.3 Kemiringan jalan Angkut (<i>Grade</i>)	27
4.1.4 Kemiringan Melintang (<i>Cross Slope</i>).....	29
4.1.5 Jari jari Tikungan dan Superelevasi.....	30
4.1.6 Tanggul Keselamatan (<i>Safety Berm</i>)	30
4.2 Upaya Meningkatkan Kualitas Geometri Jalan Angkut	32
4.2.1 Pelebaran Jalan Angkut pada Segmen Lurus	32
4.2.2 Pelebaran Jalan pada Segmen Tikungan	33
4.2.3 Pemeliharaan Kemiringan Memanjang (<i>Grade</i>)	33
4.2.4 Optimalisasi Kemiringan Melintang (<i>Cross Slope</i>).....	34
4.2.5 Penerapan Superelevasi pada Tikungan	34
4.2.6 Peninggian Tanggul Keselamatan (<i>Safety Berm</i>)	35
4.2.7 Perataan Jalan Angkut	35
4.2.8 Pemadatan Jalan Angkut	36

4.2.9 Penyiraman Jalan Angkut.....	36
BAB V PENUTUP.....	38
5.1 Kesimpulan.....	38
5.2 Saran	39
DAFTAR PUSTAKA.....	41
LAMPIRAN.....	43



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Batas Laju Superelevasi	15
Tabel 2.2 Perbandingan Standar Jalan Angkut	19
Tabel 3.1 Rencana Jadwal Kegiatan	20



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Peta Lokasi PT Lematang Coal Lestari Site CBE	5
Gambar 2.2 Lebar Jalan Lurus	8
Gambar 2.3 Lebar Jalan pada Tikungan	9
Gambar 2.4 Kemiringan Jalan Angkut	10
Gambar 2.5 <i>Grade</i> Jalan Angkut	11
Gambar 2.6 Kemiringan Melintang Jalan Angkut	12
Gambar 2.7 Gaya Sentrifugal pada Tikungan	13
Gambar 2.8 Perubahan Melintang pada Tikungan	14
Gambar 2.9 Sudut Belokan Pertigaan	16
Gambar 2.10 Pemisah Jalur pada Belokan Pertigaan	17
Gambar 2.11 Tanggul Keselamatan (<i>safety berm</i>)	18
Gambar 3.1 Bagan Alir Pengolahan data Penelitian	23
Gambar 4.1 Lebar Jalan Lurus pada Segmen J-K	26
Gambar 4.2 Lebar Jalan Tikungan pada Segmen K-L	27
Gambar 4.3 <i>Grade</i> Jalan Terkecil pada Segmen K-L	28
Gambar 4.4 <i>Grade</i> Jalan Terbesar pada Segmen A-B	29
Gambar 4.5 Kemiringan Melintang pada Segmen D-E	29
Gambar 4.6 Jari Jari Tikungan dan Superelevasi pada Segmen W-X	30
Gambar 4.7 Tanggul Keselamatan pada Segmen F-G	31
Gambar 4.8 Sistem Drainase pada Jalan Tambang	31
Gambar 4.9 Pelebaran Jalan Angkut oleh Komatsu D85ESS-2	32
Gambar 4.10 Pelebaran Jalan Angkut pada tikungan	33
Gambar 4.11 Perataan Jalan Angkut oleh Komatsu GD705-5	35
Gambar 4.12 Pemadatan Jalan Angkut oleh Sakai SV526D	36
Gambar 4.13 Penyiraman Jalan Angkut oleh WT XCMG G5	37

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A Lebar Jalan Angkut Lurus	44
Lampiran B Lebar Jalan Angkut Tikungan	46
Lampiran C <i>Grade</i> Jalan Aktual	49
Lampiran D Kemiringan Melintang (<i>Cross Slope</i>).....	50
Lampiran E Superelevasi dan Jari Jari Tikungan	51
Lampiran F Tanggul Keselamatan (<i>Safety Berm</i>).....	53
Lampiran G Spesifikasi Alat Angkut TONLY TL859R	55
Lampiran H Spesifikasi Motor Grader GD 705-5	56
Lampiran I Spesifikasi Bulldozer D85ESS-2	57
Lampiran J Spesifikasi Compactor SV526d.....	58
Lampiran K Spesifikasi Water Truck XCMG G5	59
Lampiran L Spesifikasi Fuel Truck Isuzu GIGA FVR	60
Lampiran M Peta Ortho Maret 2026.....	61
Lampiran N Foto Dokumentasi Lapangan	62

DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Kepanjangan
AASHTO	: <i>American Associaton of State Highway and Tranportatioin Officials</i>
CBE	: Cakra Bumi Energi
ESDM	: Energi dan Sumber Daya Mineral
IUP	: Izin Usaha Pertambangan
KEPMEN	: Keputusan Menteri
ROM	: Run of Mine



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri pertambangan batubara di Indonesia yang menggunakan metode tambang terbuka (*open pit mining*) menuntut sinkronisasi yang presisi antara unit muat dan unit angkut. Dalam rantai produksi batubara, tahap *coal getting* merupakan fase penting di mana nilai ekonomis perusahaan mulai direalisasikan. Keberhasilan pencapaian target *output* batubara menuju *stockpile* tidak hanya ditentukan oleh kapasitas alat gali muat, tetapi sangat bergantung pada keandalan infrastruktur jalan angkut. Sebagai jalur utama distribusi komoditas, efisiensi di sektor ini menjadi penentu utama dalam optimalisasi biaya operasional dan pemenuhan komitmen pengiriman kepada konsumen (Bargawa, 2018).

Penyediaan jalan angkut batubara memiliki karakteristik tantangan yang berbeda dibandingkan jalan angkut *overburden*. Jalan ini harus mampu mengakomodasi frekuensi lalu lintas yang tinggi dengan menjaga integritas material batubara agar tidak banyak yang terbuang (*coal loss*) selama perjalanan. Desain geometri jalan yang tidak memadai seperti lebar jalan yang sempit, tikungan tajam, atau tanjakan yang curam akan menghambat waktu siklus (*cycle time*) armada angkut. Kondisi ini secara langsung akan menurunkan produktivitas harian dan meningkatkan biaya perawatan alat angkut akibat beban kerja mesin yang berlebihan (Bargawa, 2018).

Geometri jalan angkut juga memegang peranan sentral dalam mitigasi risiko kecelakaan tambang. Geometri yang buruk, terutama pada parameter kemiringan dan radius tikungan, sering kali menjadi faktor utama terjadinya insiden terguling atau tabrakan antar unit. Hal ini menjadi perhatian utama dalam Keputusan Menteri ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018, yang mewajibkan setiap pemegang izin usaha pertambangan untuk menerapkan kaidah teknik pertambangan yang baik. Regulasi secara tegas mengatur standar keselamatan transportasi tambang demi terciptanya lingkungan kerja yang aman dan terkendali (Cahyadi, 2021)

PT Lematang Coal Lestari Site CBE saat ini menghadapi tantangan operasional seiring dengan dinamika bukaan tambang yang semakin meluas dan

mendalam. Perubahan jarak serta elevasi dari *front loading* batubara menuju *stockpile* menuntut evaluasi geometris yang berkelanjutan untuk memastikan jalur tersebut tetap layak dan sesuai dengan standar keselamatan yang berlaku. Ketidaksesuaian antara kondisi aktual di lapangan dengan standar teknis bukan sekadar masalah administratif, melainkan ancaman nyata terhadap kelancaran arus produksi dan keselamatan tenaga kerja (Cahyadi, 2021).

Berdasarkan urgensi tersebut, penelitian akhir ini akan berfokus pada “Evaluasi Geometri Jalan Angkut Batubara dari *Front Loading Coal Getting* Menuju *Hopper* di Pit Barat PT Lematang Coal Lestari Site CBE”. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kesesuaian parameter geometri jalan secara kuantitatif serta memberikan rekomendasi perbaikan teknis guna menjamin efisiensi pengangkutan dan pencapaian target *zero accident*.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana kesesuaian kondisi aktual geometri jalan angkut (lebar jalan lurus, lebar jalan pada tikungan, *grade*, *cross slope*, jari-jari tikungan, *safety berm* dan *superelevasi*) dari *front loading coal getting* menuju *hopper* di PT Lematang Coal Lestari Site CBE terhadap standar regulasi yang berlaku Kepmen ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018?
2. Apa rekomendasi perbaikan teknis yang diperlukan untuk mengoptimalkan geometri jalan angkut tersebut agar memenuhi standar keamanan Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 1827 K/30/MEM/2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik dan mendukung efisiensi operasional alat angkut?

1.3 Batasan Masalah

Fokus utama analisis dalam penelitian ini adalah hanya mencakup “Evaluasi Geometri Jalan Angkut Batubara dari *Front Loading Coal Getting* Menuju *Hopper* di Pit Barat PT Lematang Coal Lestari Site CBE”. Parameter yang akan diukur dan di analisis meliputi lebar jalan lurus, lebar jalan tikungan, kemiringan jalan

memanjang (*grade*), kemiringan jalan melintang (*cross slop*), Tanggul Keselamatan (*Safety Berm*), jari jari tikungan dan superelevasi.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang akan dibahas dalam penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengevaluasi dan menganalisis kesesuaian berbagai elemen geometri jalan angkut yang digunakan untuk mengangkut batubara dari area pemuatan hingga ke *hopper*. Analisis ini mencakup pengukuran dan perbandingan terhadap standar teknis, khususnya untuk lebar jalan (pada bagian lurus dan tikungan), kemiringan memanjang (*grade*), kemiringan melintang (*cross slope*), tanggul keselamatan (*safety berm*), jari jari tikungan dan superelevasi.
2. Merekomendasikan upaya perbaikan yang nyata dan terukur yang diperlukan guna optimasi serta peningkatan kualitas geometri jalan angkut batubara di lingkungan kerja perusahaan.

1.5 Manfaat Penelitian

Sebagai sebuah proses untuk memecahkan masalah dan dasar pengambilan keputusan, penelitian ini mencakup dua manfaat yaitu:

1. Manfaat Teoritis

Secara teoritis, hasil penelitian ini diharapkan mampu memberikan ilmu pengetahuan, khususnya dalam ilmu pertambangan yang berkaitan dengan perencanaan dan pengelolaan infrastruktur jalan tambang. Penelitian ini dapat menjadi sumber referensi ilmiah dan bahan studi perbandingan bagi akademisi, mahasiswa, serta peneliti lain yang hendak melakukan kajian serupa pada variabel yang berbeda.

2. Manfaat Praktis

Secara praktis, manfaat utama dari penelitian ini ditujukan langsung kepada perusahaan PT Lematang Coal Lestari *Site* CBE Hasil analisis dan evaluasi kondisi aktual geometri jalan tambang dapat menjadi data dasar serta masukan yang sangat berharga bagi perusahaan. Rekomendasi

perbaikan yang dihasilkan dari penelitian ini dapat menjadi acuan teknis untuk melakukan peningkatan pada segmen-segmen jalan yang berisiko.

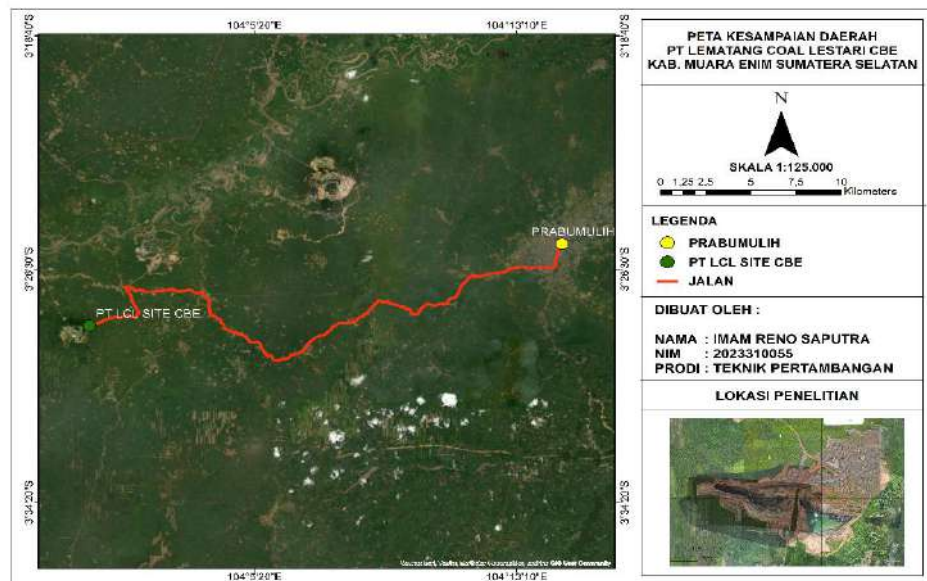


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Deskripsi Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini terletak pada area operasional pertambangan batubara PT Lematang Coal Lestari yang berada di dalam wilayah konsesi PT Cakra Bumi Energi. Secara administratif, lokasi ini berada di Desa Tanjung Menang, Kecamatan Rambang Niru, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan dengan luas Izin Usaha Pertambangan (IUP) PT Cakra Bumi Energi (CBE), yang menjadi lokasi operasional (*site*) bagi PT Lematang Coal Lestari (LCL), adalah sekitar 9.815 hektar. Wilayah ini secara geografis menempati bagian dari Cekungan Sumatera Selatan yang memiliki karakteristik topografi berupa dataran rendah dengan perbukitan bergelombang yang mengandung potensi endapan batubara dari Formasi Muara Enim.



Sumber: Suwandhi, A. (2004)

Gambar 2.1 Peta Lokasi PT Lematang Coal Lestari Site CBE

Area ini merupakan area tambang terbuka yang berfungsi sebagai penyuplai utama kebutuhan batubara bagi pembangkit listrik tenaga uap Sumsel 1 di wilayah setempat. Lingkungan di sekitar lokasi penelitian mencakup perpaduan antara area

penambangan aktif, fasilitas pengolahan batubara, serta kawasan perkebunan dan pemukiman penduduk yang masuk dalam kategori Ring 1 operasional perusahaan. Sebagai kontraktor penambangan, PT Lematang Coal Lestari mengelola infrastruktur mulai dari area penggalian atau pit hingga jalur pengangkutan yang terintegrasi untuk mendukung stabilitas produksi energi nasional di wilayah tersebut.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Jalan Tambang

Jalur angkut tambang sangatlah penting dalam mengintegrasikan titik penambangan dengan seluruh area pendukung, mulai dari fasilitas pemrosesan hingga kantor administrasi. Berbeda signifikan dengan jalan umum, permukaan jalan tambang jarang menggunakan material pengerasan seperti aspal atau beton, sebab jalur ini secara rutin dilewati oleh alat berat berjenis *crawler track*. Kondisi jalan yang kurang memadai harus dicegah karena menimbulkan serangkaian dampak buruk, termasuk ketidaknyamanan operasional, penurunan usia aset (alat berat), terganggunya produktivitas, dan potensi insiden keselamatan (Aldiyansyah, 2016).

Kondisi jalan angkut yang baik merupakan faktor penentu utama dalam keberhasilan operasional penambangan karena berpengaruh langsung terhadap efisiensi waktu siklus serta efektivitas kerja alat angkut sekaligus menjamin aspek keselamatan kerja di lapangan. Performa alat angkut dipastikan akan mengalami penurunan drastis apabila dipaksa beroperasi pada jalur yang memiliki dimensi terlalu sempit, tanjakan yang sangat curam, atau permukaan jalan yang mengalami kerusakan parah. Secara teknis, infrastruktur jalan yang buruk atau memiliki tingkat kemiringan yang melampaui batas wajar akan meningkatkan nilai *rolling resistance* atau tahanan gelinding yang harus ditanggung oleh mesin dump truck (Rochim *et al.*, 2021).

2.2.2 Geometri Jalan Angkut

Fungsi utama jalan angkut adalah untuk menjamin kelancaran operasi penambangan, khususnya dalam aktivitas pengangkutan material. Jalan angkut yang ideal harus memenuhi kriteria geometri yang ditetapkan oleh standar Kepmen ESDM 1827. Perencanaan jalan angkut harus mempertimbangkan

spesifikasi alat angkut terbesar yang akan melintasinya. Pada bagian tikungan, lebar jalan harus diperluas (pelebaran) dan dilengkapi dengan Superelevasi (kemiringan melintang ke arah dalam tikungan) sebagai cara untuk menetralkan gaya sentrifugal dan mencegah risiko tergulingnya alat berat (Cahyadi *et al.*, 2021).

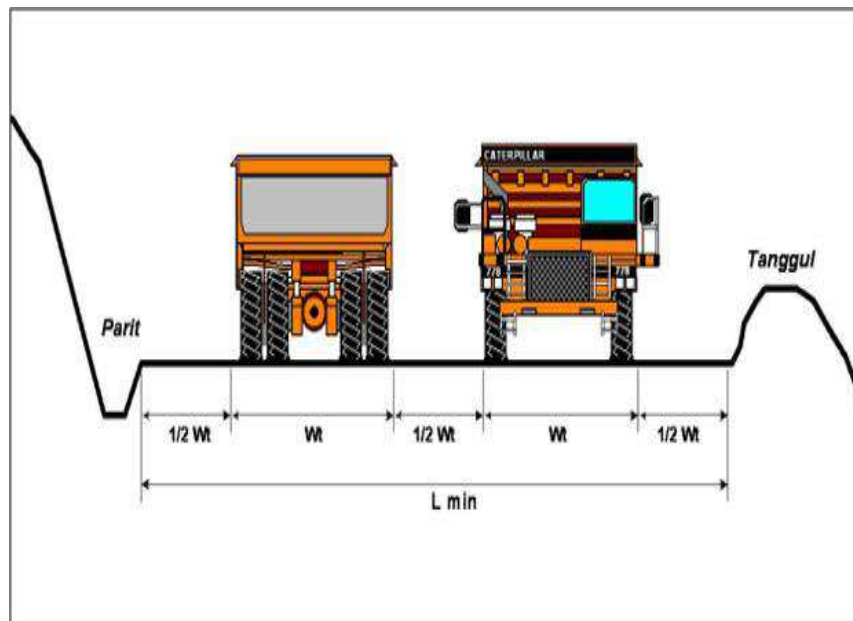
kemiringan memanjang jalan juga harus dijaga seminimal mungkin. Kemiringan yang terlalu curam akan membebani mesin, meningkatkan potensi rem blong, dan menurunkan kecepatan truk saat bermuatan. Permukaan jalan juga harus memiliki kemiringan ke samping (*cross slope*) yang memadai untuk memastikan drainase air yang cepat. Air adalah ancaman besar bagi jalan tambang karena genangan air dapat melemahkan daya dukung lapisan dasarnya (Cahyadi *et al.*, 2021).

2.2.3 Lebar Jalan Angkut Lurus

Lebar jalan angkut pada segmen lurus didefinisikan sebagai jarak horizontal yang perhitungannya harus menjamin keamanan, kemudahan manuver, dan menyediakan ruang bebas (*safety clearance*) yang memadai. Tujuannya adalah memastikan keselamatan lalu lintas dengan mencegah senggolan atau tabrakan saat dua unit alat berat berpapasan pada kecepatan operasional, serta menjaga stabilitas operasi dengan memberikan ruang gerak yang nyaman bagi operator, khususnya dalam kondisi jalan licin atau berdebu (Cahyadi *et al.*, 2021).

Penetapan dimensi lebar jalan angkut, baik pada segmen lurus maupun tikungan, merupakan aspek krusial yang harus mengadopsi standar regulasi sesuai dengan Keputusan Menteri ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018. Dalam implementasinya, perhitungan lebar jalan lurus di area pertambangan ditentukan berdasarkan dimensi unit truk terbesar yang melintas, di mana untuk penggunaan dua jalur diperlukan lebar minimal sebesar 3,5 kali lebar kendaraan, sedangkan untuk penggunaan jalur tunggal diperlukan lebar minimal 2 kali lebar kendaraan. Perancangan jalur tersebut tidak hanya difokuskan untuk mengakomodasi fisik badan truk semata, melainkan juga harus mengintegrasikan celah keamanan (*safety clearance*) yang memadai pada sisi kiri, kanan, serta bagian tengah jalan. Hal ini bertujuan untuk

memberikan ruang toleransi yang cukup bagi operator agar tetap mampu mengendalikan kendaraan dengan stabil, aman, dan nyaman, meskipun dihadapkan pada berbagai dinamika serta kondisi medan lapangan yang menantang sebagaimana ditegaskan dalam kajian Cahyadi et al. (2021).



Sumber: Suwandhi, A. (2004)

Gambar 2.2 Lebar Jalan Angkut pada Jalan lurus

Lebar jalan angkut untuk dua jalur ditentukan berdasarkan lebar kendaraan terbesar (w_t) ditambah dengan jarak aman di setiap sisinya sebesar $0,5 \times w_t$. Penggunaan faktor 0,5 terhadap lebar kendaraan ini bertujuan untuk memberikan ruang gerak yang cukup saat berpapasan (Suwandhi, A. 2004).

Rumus penentuan lebar jalan angkut lurus adalah sebagai berikut:

$$L_{min} = n \cdot w_t + (n + 1) 1/2 \cdot w_t \dots\dots\dots (2.1)$$

Di mana:

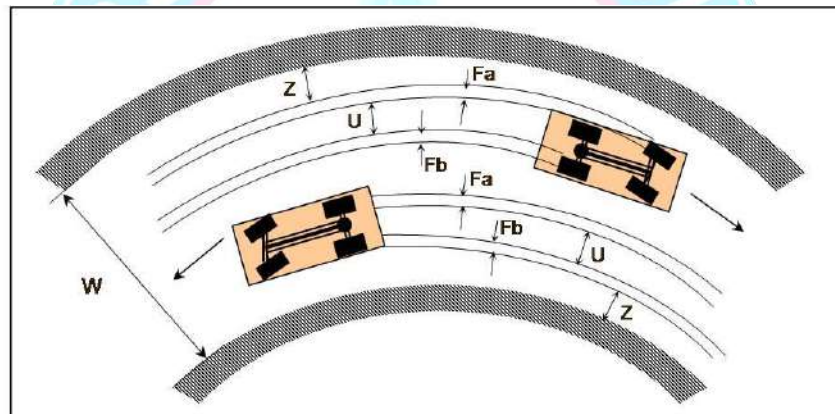
L_{min} : lebar jalan angkut minimum

n : Jumlah lajur (2)

w_t : Lebar alat angkut terbesar (m)

2.2.4 Lebar Jalan Pada Lajur Tikungan

Penetapan lebar jalan di tikungan didasarkan pada perhitungan lebar lintasan yang dibutuhkan oleh alat angkut, yaitu ruang yang wajib dialokasikan untuk mengakomodasi tonjolan kendaraan di bagian depan dan belakang selama manuver membelok. Lebar jalan di tikungan selalu melebihi lebar yang diterapkan pada segmen jalan lurus. Khusus untuk jalan angkut dua lajur, lebar minimal di tikungan ditentukan oleh beberapa variabel, termasuk lebar jejak ban, lebar jantai (bagian kendaraan yang menonjol saat berbelok), jarak antar alat angkut ketika berpapasan, dan jarak aman dari tepi bahu jalan. Semua faktor ini mengakibatkan kendaraan membutuhkan ruang gerak ekstra saat menikung (Cahyadi *et al.*, 2021).



Sumber: Suwandhi, A. (2004)

Gambar 2.3 Lebar Jalan pada Tikungan

Desain lebar jalan pada tikungan harus lebih lebar dibandingkan dengan jalan lurus. Hal ini dikarenakan kendaraan khususnya truk besar membutuhkan ruang tambahan saat berbelok akibat perbedaan lintasan roda depan dan roda belakang (Suwandhi, A. 2004).

Rumus menghitung lebar jalan angkut pada tikungan yaitu:

$$W_{min} = 2(U + Fa + Fb + z) + C \dots\dots\dots(2.2)$$

$$Z = \frac{U + fA + fB}{2} \dots\dots\dots(2.3)$$

dimana:

U : lebar jejak roda (m)

Fa : lebar jantai depan (m)

Fb : lebar jantai belakang (m)

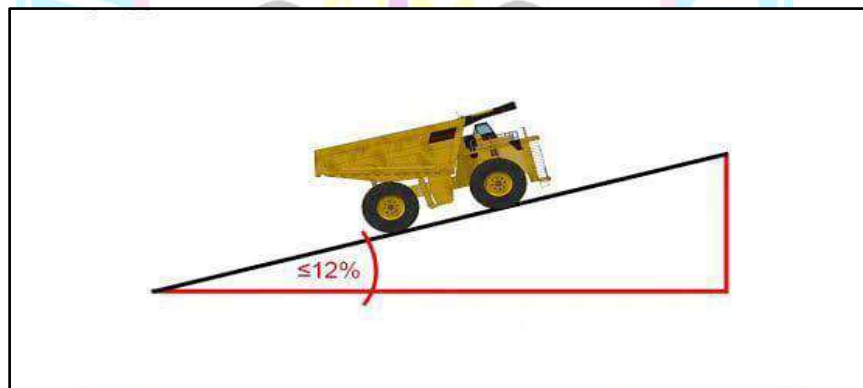
Z : lebar bagian tepi jalan (m)

C : jarak antara kendaraan (m)

W_{min} : lebar jalan angkut belokan (m)

2.2.5 Kemiringan Jalan (*Grade*)

Kemiringan jalan angkut (*grade*) merujuk pada kondisi tanjakan atau turunan yang terbentuk akibat perubahan elevasi di sepanjang jalur. Variabel kemiringan ini sangat memengaruhi kapabilitas alat angkut, baik dalam aspek pengereman maupun saat harus mendaki. Secara konvensional, sudut kemiringan ini diekspresikan dalam satuan persen, yang merupakan perbandingan antara perbedaan ketinggian vertikal per seratus satuan jarak horizontal (Halawa, 2021).

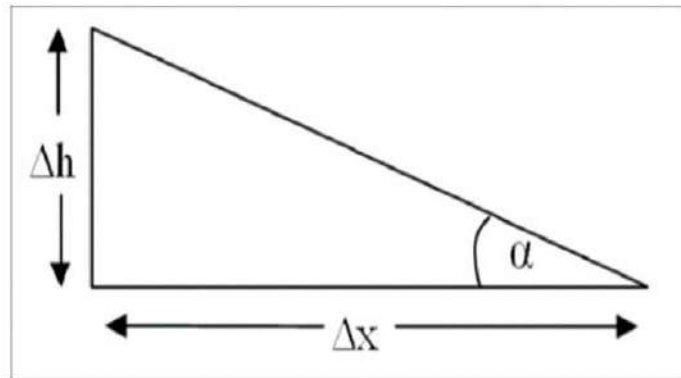


Sumber: Suwandhi, A. (2004)

Gambar 2.4 Kemiringan jalan angkut

Penentuan kemiringan jalan angkut (*grade*) merupakan faktor penting dalam desain infrastruktur tambang, di mana standar yang umum diterapkan adalah maksimal 12% atau setara dengan kenaikan 12 meter untuk setiap 100 meter jarak mendatar dengan keseimbangan ideal guna menjamin kendaraan dapat menanjak dengan stabil tanpa memaksa kinerja mesin secara berlebihan. Dengan menjaga kemiringan tetap di bawah ambang batas ini, perusahaan

dapat mengoptimalkan efisiensi konsumsi bahan bakar, memperpanjang usia pakai komponen transmisi, serta meminimalisir risiko kecelakaan akibat kegagalan rem atau slip pada medan yang terjal. (Suwandhi, A. 2004).



Sumber: Neny, F. 2023

Gambar 2.5 *Grade Jalan Angkut*

Nilai *grade* ditentukan melalui perhitungan matematis yang membandingkan selisih ketinggian vertikal antara dua titik dengan jarak mendatar horizontal yang ditempuh, kemudian hasilnya dikonversikan ke dalam satuan persen dengan cara dikalikan 100% (Neny, *et al.* 2023).

$$Grade = \frac{\Delta h}{\Delta x} \times 100\% \dots\dots\dots(2.4)$$

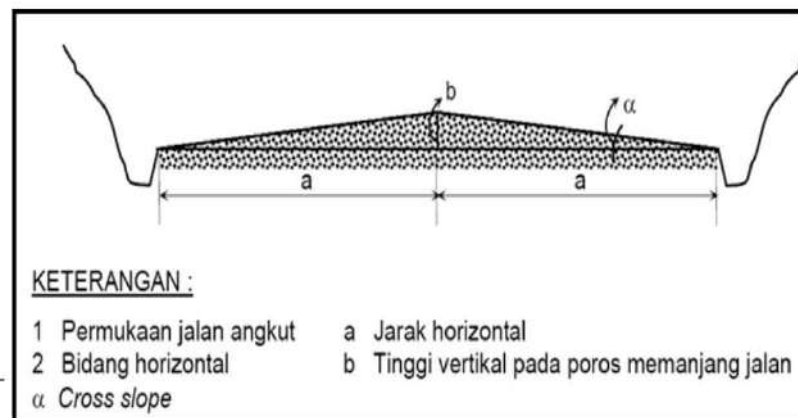
Dimana:

Δh : beda tinggi antar dua titik yang diukur (meter)

Δx : jarak antar dua titik yang diukur (meter)

2.2.6 Kemiringan Melintang (*Cross slope*)

Kemiringan melintang (*cross slope*) didefinisikan sebagai sudut yang dibentuk antara dua sisi permukaan jalan dengan bidang horizontal, yang bertujuan utama untuk memperlancar proses penyaliran air. Penerapan *cross slope* diperlukan pada setiap jalur tambang yang menghubungkan area penambangan yang berbeda. Secara teknis, *cross slope* dibuat dengan meninggikan bagian tengah jalan dibandingkan bagian tepinya (Silalahi *et al.*, 2018).



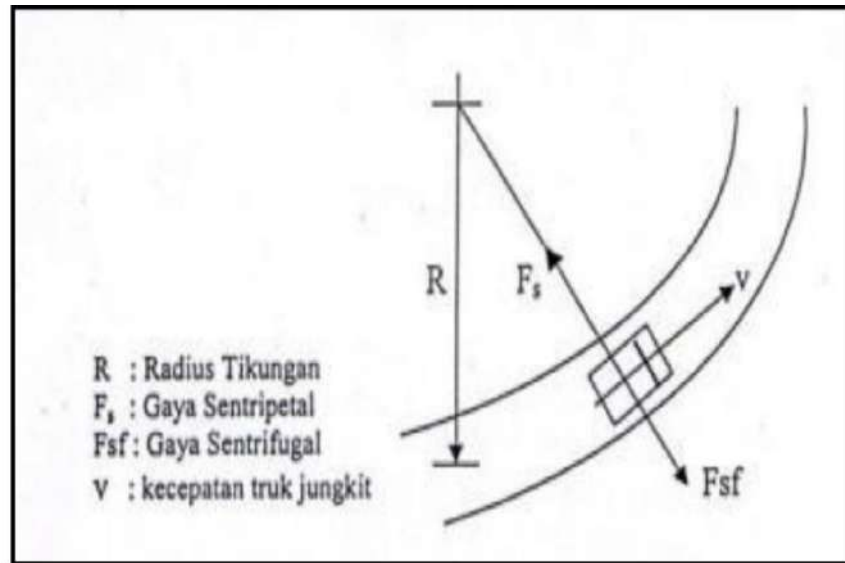
Sumber: Suwandhi, A. (2024)

Gambar 2.6 Kemiringan Melintang Jalan Angkut

Rekomendasi bahwa untuk jalan tambang dua jalur, perbedaan elevasi (beda tinggi) antara titik tengah jalan dan tepi jalan sebaiknya berkisar pada nilai 2%. Nilai persentase ini dipilih karena dianggap paling optimal untuk konstruksi *cross slope*. Tujuannya adalah untuk memastikan air hujan dapat mengalir sempurna dan tidak menyebabkan kerusakan pada permukaan jalan. Tingkat kemiringan ini menjamin drainase yang efektif, mencegah terjadinya genangan, dan menjaga stabilitas struktur jalan tetap baik dan meminimalkan potensi insiden kecelakaan nilai. *cross slope* dihitung menggunakan perbandingan antara tinggi vertikal pada poros memanjang jalan dengan jarak horizontal dari poros ke tepi jalan (Silalahi *et al.*, 2018).

2.2.7 Superelevasi dan Jari Jari Tikungan

Superelevasi adalah kemiringan melintang yang sengaja dibentuk pada jalur tikungan. Kemiringan ini dihasilkan dari perbedaan elevasi antara tepi jalan terluar dan tepi jalan terdalam. Penentuan jari-jari tikungan minimum ditetapkan berdasarkan ambang batas kenyamanan yang layak bagi operator. Kriteria ini berfungsi untuk memberikan margin keselamatan yang cukup guna mencegah risiko selip (tergelincir) dan tergulingnya kendaraan. Saat truk tambang bermuatan penuh melewati tikungan, muncul gaya sentrifugal yang mendorong kendaraan ke arah luar tikungan (Neny *et al.*, 2023).



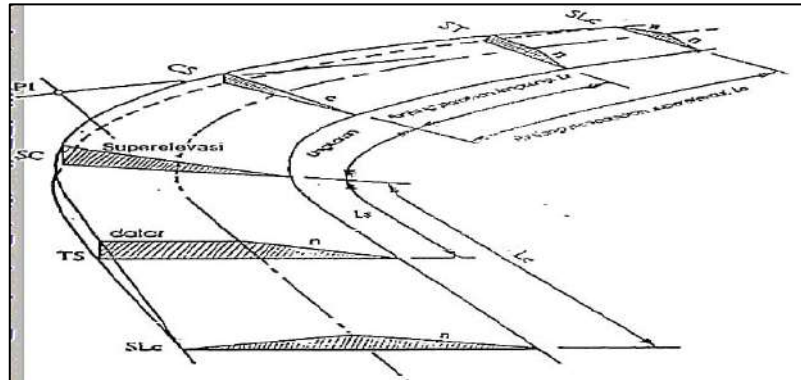
Sumber : Halawa, A (2021)

Gambar 2.7 Gaya Sentrifugal pada Tikungan

Gaya sentrifugal merupakan gaya inersia atau gaya semu yang timbul saat sebuah benda melakukan gerak melingkar, dengan arah gaya yang secara konsisten mendorong unit menjauhi pusat rotasi (seperti gambar yang diilustrasikan pada gambar 2.7). Dalam operasional pertambangan, fenomena ini terjadi secara signifikan ketika unit angkut bermuatan besar, seperti dump truck, bermanuver melewati tikungan yang dapat memicu ketidakstabilan posisi kendaraan. Untuk mengantisipasi efek tersebut, diterapkanlah konsep superelevasi, yaitu penyesuaian teknis berupa pemiringan melintang permukaan jalan ke arah titik pusat jari-jari tikungan guna menciptakan gaya lawan yang menstabilkan kendaraan (Neny *et al.*, 2023).

Penerapan superelevasi pada tikungan jalan angkut berfungsi utama untuk menghasilkan komponen gaya berat yang berlawanan dengan gaya sentrifugal, sehingga stabilitas kendaraan tetap terjaga dan risiko terguling (*overturning*) atau selip ke luar jalur dapat diminimalisir saat berbelok pada kecepatan tertentu. Dalam perancangannya, besaran kemiringan melintang ini sangat bergantung pada jari-jari tikungan minimum sebagai parameter kontrol krusial semakin kecil radius tikungan, maka semakin besar gaya sentrifugal

yang timbul, sehingga diperlukan tingkat superelevasi yang lebih tinggi untuk menyeimbangkannya (Neny *et al.*, 2023).



Sumber: Neny, F. (2023)

Gambar 2.8 Perubahan Melintang pada Tikungan

kemiringan melintang jalan pada tikungan yang bertujuan untuk mengimbangi gaya sentrifugal kendaraan saat berbelok dengan nilai 8% diakui sebagai batas maksimum yang wajar untuk tingkat superelevasi guna menjaga keseimbangan kendaraan (Neny *et al.*, 2023).

Persamaan yang digunakan untuk menghitung besarnya superelevasi adalah sebagai berikut:

$$f = (-0,00065XV) 0,192 \dots \dots \dots (2.6)$$

$$R = \frac{v_r^2}{127.(e+f)} \dots \dots \dots (2.7)$$

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

dimana:

e : Angka superelevasi

f : Koefisien gesekan melintang

V : Kecepatan kendaraan

R : Jari jari tikungan

kemiringan melintang jalan pada tikungan yang bertujuan untuk mengimbangi gaya sentrifugal kendaraan saat berbelok dengan nilai 8% diakui sebagai batas maksimum yang wajar untuk tingkat superelevasi guna menjaga keseimbangan kendaraan (Neny *et al.*, 2023).

Tabel 2.1 Batas Laju Superelevasi

Kecepatan (km/jam)	kendaraan	Batas tingkat Superelevasi (%)
20		8
30		8
40		10
50		11
60		11
70		12

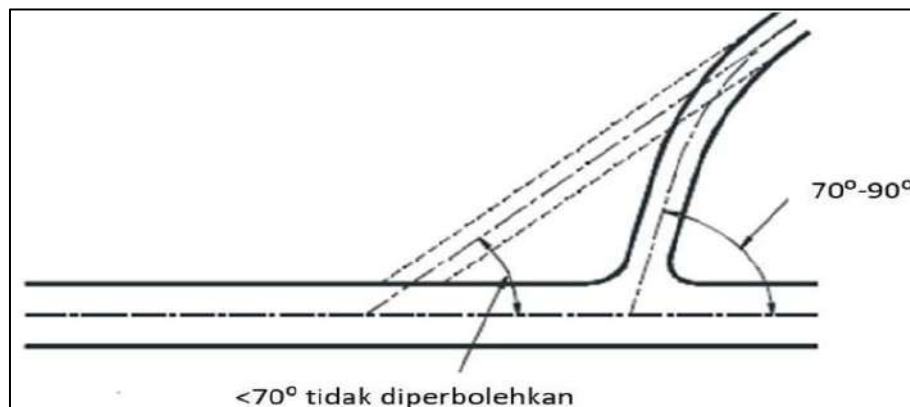
Sumber: Neny, F. (2023)

2.2.8 Sudut Belokan Pertigaan

Dalam infrastruktur jalan tambang, penentuan sudut belokan pada persimpangan merupakan salah satu faktor utama dalam menjamin kelancaran operasional dan mitigasi risiko insiden di lapangan. Untuk memastikan pengemudi alat berat mendapatkan jarak pandang yang luas dari setiap sisi, desain teknis setiap pertemuan jalan idealnya diarahkan membentuk sudut siku-siku, perancangan sudut ini sangat penting karena berkaitan langsung dengan kemampuan manuver unit angkut berdimensi besar yang memiliki radius putar luas (Nanda, M. D, 2021).

Berdasarkan spesifikasi teknis yang berlaku, sudut belokan tidak diperkenankan kurang dari 70 derajat guna mengakomodasi radius putar kendaraan angkut raksasa agar tetap bisa bergerak lancar di jalurnya sendiri. Penerapan standar sudut minimal ini sangat penting untuk mencegah kendaraan memakan lajur lawan saat berbelok, yang pada akhirnya akan meningkatkan

efisiensi kerja serta meminimalisir potensi tabrakan di area pertambangan yang sibuk (Nanda, M. D, 2021).



Sumber: Minerco Media. (2024)

Gambar 2.9 Sudut Belokan Pertigaan

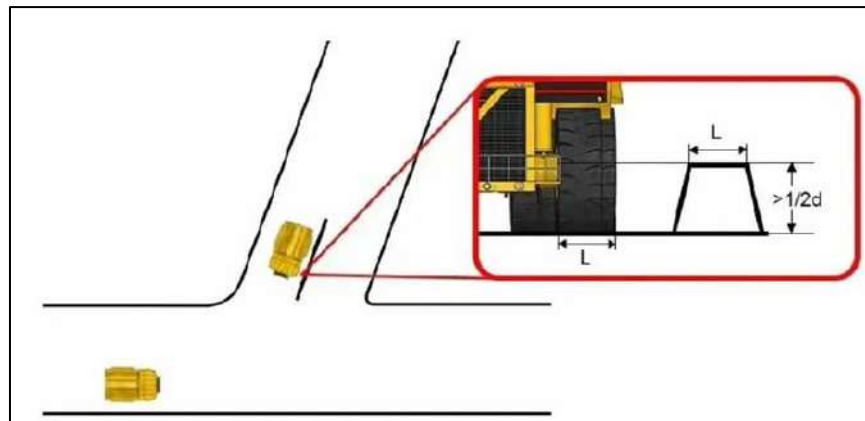
Batasan sudut minimal tersebut sangat penting untuk mengurangi titik buta (*blind spot*) dan menjaga agar kendaraan tetap berada di jalurnya saat berbelok. Apabila sudut yang tersedia lebih kecil dari 70 derajat, kendaraan besar cenderung memakan lajur dari arah berlawanan demi menyelesaikan putaran belokan, yang secara langsung memperbesar peluang terjadinya tabrakan. Dengan demikian, analisis dalam tugas akhir ini perlu menitikberatkan pada kesesuaian antara sudut simpang dengan jenis kendaraan yang melintas serta ruang bebas yang tersedia guna menciptakan desain jalan yang aman (Nanda, M. D, 2021).

2.2.9 Pemisah Jalur

Implementasi pemisah jalur pada jalan tambang merupakan syarat teknis yang penting guna menjaga standar keselamatan serta efisiensi pergerakan alat berat. Secara regulasi, pemasangan pembatas fisik ini menjadi kewajiban di setiap titik rawan, terutama pada tikungan dan persimpangan jalan angkut. Berfungsi memisahkan arus kendaraan dari arah berlawanan, sehingga risiko benturan antar-unit di area yang membutuhkan manuver intensif dapat ditekan secara optimal (Nanda, M. D, 2021).

Dalam perancangannya, dimensi pemisah jalur ditentukan berdasarkan ukuran kendaraan terbesar yang melintas, dengan diameter roda sebagai

variabel utamanya. Tinggi median diwajibkan mencapai minimal setengah dari diameter roda ($>1/2d$) agar efektif menahan laju kendaraan saat terjadi penyimpangan jalur. Tanpa pemenuhan ambang batas tinggi $1/2d$ tersebut, terdapat risiko besar unit alat berat melompati pembatas dan masuk ke jalur lawan, yang dapat berakibat fatal bagi keselamatan kerja (Nanda, M. D, 2021).



Sumber: Minerco Media. (2024)

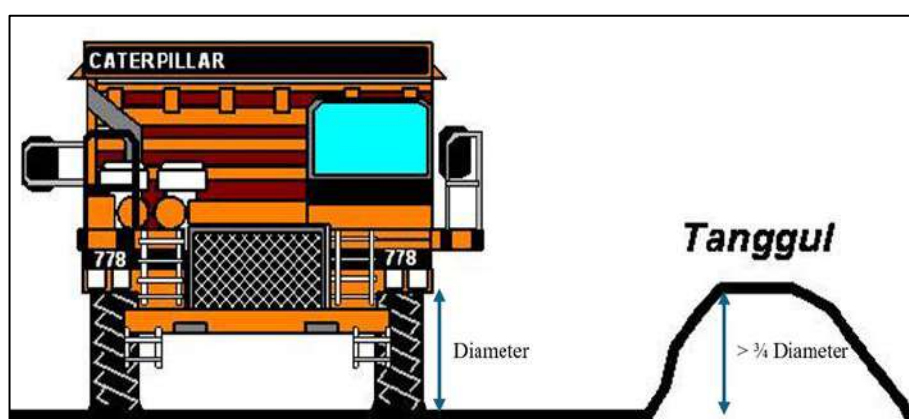
Gambar 2.10 Pemisah Jalur pada Belokan Pertigaan

Gambar 2.9 tersebut mengilustrasikan standar teknis pembangunan pemisah jalur atau median yang wajib diimplementasikan pada setiap tikungan dan persimpangan di area jalan tambang di mana tinggi median harus dibuat paling kurang setengah dari diameter roda ($>1/2d$) kendaraan tersebut. Ketentuan ini sangat penting agar tanggul pengaman tersebut mampu menahan ban unit saat terjadi penyimpangan jalur dan mencegah kendaraan melompati pembatas (Nanda, M. D, 2021).

2.2.10 Tanggul Keselamatan (*Safety Berm*)

Tanggul keselamatan (*safety berm*) adalah tanggul pengaman yang dibuat di tepi sepanjang jalan angkut pertambangan memiliki perbedaan ketinggian dengan daerah di sekitarnya. Keberadaan tanggul ini berfungsi sebagai pengaman untuk mencegah kendaraan terperosok atau keluar jalur saat terjadi kendala teknis maupun operasional, selain itu tanggul keselamatan ini sangat penting dibangun di sepanjang pinggir jalan tambang sebagai benteng pertahanan terakhir (Cahyadi, 2021).

Fungsi pembuatan tanggul keselamatan (*safety berm*) adalah untuk menahan atau mengarahkan kembali unit alat berat yang hilang kendali agar tidak keluar dari jalur atau masuk ke dalam jurang. Tanggul ini juga membantu sopir mengetahui batas pinggir jalan dengan jelas, terutama saat malam hari atau ketika pandangan tertutup debu tebal. Sesuai dengan standar keselamatan kerja pertambangan, dimensi tinggi minimal tanggul ini wajib mencapai sekurang-kurangnya $\frac{3}{4}$ dari tinggi roda atau ban unit kendaraan terbesar yang beroperasi di jalur tersebut (Cahyadi, 2021).



Sumber: Suwandhi, A. (2024)

Gambar 2.11 Tanggul Keselamatan (*safety berm*)

Berdasarkan regulasi keselamatan pertambangan, tanggul ini wajib ditempatkan secara kontinu di sepanjang sisi luar jalan dengan dimensi tinggi minimal mencapai tiga perempat dari diameter roda kendaraan terbesar yang melintas. Spesifikasi ketinggian ini bertujuan untuk memberikan hambatan fisik yang efektif dalam mencegah unit alat berat terperosok atau keluar dari jalur utama apabila terjadi kegagalan fungsi kemudi maupun kesalahan operasional (Cahyadi, 2021).

2.3 Perbandingan Standar Jalan Angkut Berdasarkan AASHTO dan Kepmen ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018

Pengembangan infrastruktur jalan tambang perlu menggabungkan standar teknik yang telah diakui secara internasional dengan kerangka regulasi domestik yang berlaku di Indonesia. Sinergi ini diwujudkan dengan menggabungkan literatur

teknis global, seperti pedoman AASHTO, dengan aturan resmi pemerintah melalui Kepmen ESDM Nomor 1827 K/30/MEM/2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik. Kepatuhan terhadap standar ini memastikan bahwa setiap aspek geometri jalan mulai dari lebar, kelandaian, hingga fasilitas pengaman telah memenuhi persyaratan legalitas dan teknis guna menciptakan lingkungan kerja yang aman, stabil, dan berkelanjutan (Kepmen ESDM 1827, 2018).

Tabel 2.2 Perbandingan Standar Jalan Angkut

No	Geometri Jalan Angkut	Nilai Standar AAHTO	Nilai Standar Kepmen ESDM 1827 Tahun 2018
1	Lebar Jalan Lurus	3,5> Kendaraan Terbesar	3,5> Kendaraan Terbesar
2	Lebar Jalan Tikungan	> Lebar Jalan Lurus	> Lebar Jalan Lurus
3	Kemiringan Jalan	10%	12%
4	Kemiringan Melintang	2%	2%
5	Superelevasi	8%	10%

Sumber: AASHTO (1973) dan Kepmen ESDM 1827 (2018)

Tabel ini menjelaskan secara terperinci mengenai perbandingan ukuran jalan mulai dari seberapa lebar jalan di jalur lurus maupun di Tikungan, sudut kemiringan jalan, sudut keiringan melintang, hingga superelevasi agar kendaraan angkut tidak tergelincir ataupun terguling. Perbandingan ini dilakukan antara standar AASHTO yang menjadi acuan dunia dan Kepmen ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018 yang menjadi kewajiban hukum di Indonesia (Cahyadi, 2

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Waktu dan Penelitian

Penelitian tugas akhir ini dilaksanakan di area operasional pertambangan batubara PT Lematang Coal Lestari yang bertindak sebagai kontraktor di wilayah izin usaha pertambangan milik PT Cakra Bumi Energi (CBE). Secara geografis dan administratif, lokasi penelitian ini terletak di Desa Tanjung Menang, Kecamatan Rambang Niru, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan. Fokus pengamatan dan pengambilan data dilakukan secara spesifik pada jalur infrastruktur jalan angkut batubara yang menghubungkan antara area *front loading coal getting* menuju *hopper* di Pit Barat. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada kondisi geometri jalan yang memerlukan evaluasi guna mendukung kelancaran arus transportasi material dari tambang menuju tempat penimbunan atau pemrosesan. Penelitian ini dilaksanakan pada periode semester akhir tahun akademik 2025/2026 dari tanggal 01 Maret 2026 sampai 31 Maret 2026.

Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian

No	Kegiatan	Jadwal Pelaksanaan (Bulan ke, Minggu ke)			
		1			
		1	2	3	4
1	Observasi				
2	Pengumpulan dan Referensi Data				
3	Pengolahan Data				
4	Analisis Data				
5	Konsultasi dan Bimbingan				

Sumber: Penulis, 2026

3.2 Tahapan Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif kuantitatif. Pendekatan ini dipilih untuk menggambarkan kondisi aktual geometri jalan angkut di lapangan secara sistematis, kemudian hasil pengukurannya dianalisis menggunakan perhitungan matematis untuk mengevaluasi tingkat kelayakannya. Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan utama, yaitu:

1. Observasi Lapangan

Kegiatan ini berupa kunjungan dan pengamatan langsung di lokasi. Tujuannya adalah untuk mengumpulkan data primer dan sekunder yang relevan dengan Tugas Akhir.

2. Pengambilan Data

Data yang diambil diklasifikasikan menjadi:

- a. Data Primer yaitu data yang dikumpulkan melalui pengamatan dan pengukuran langsung di lapangan. Contoh data yang diambil meliputi:
 - 1) Lebar Jalan Lurus
 - 2) Lebar Jalan Pada Tikungan
 - 3) Tinggi Tanggul Keselamatan
 - 4) Panjang Jalan Angkut
- b. Data Sekunder yaitu data yang dikumpulkan dari berbagai referensi atau literatur, seperti:
 - 1) Peta lokasi
 - 2) Peta Kesampaian Daerah
 - 3) Data Curah Hujan
 - 4) Data Spesifikasi Alat Angkut
 - 5) Data Elevasi Jalan

3. Pengumpulan Data

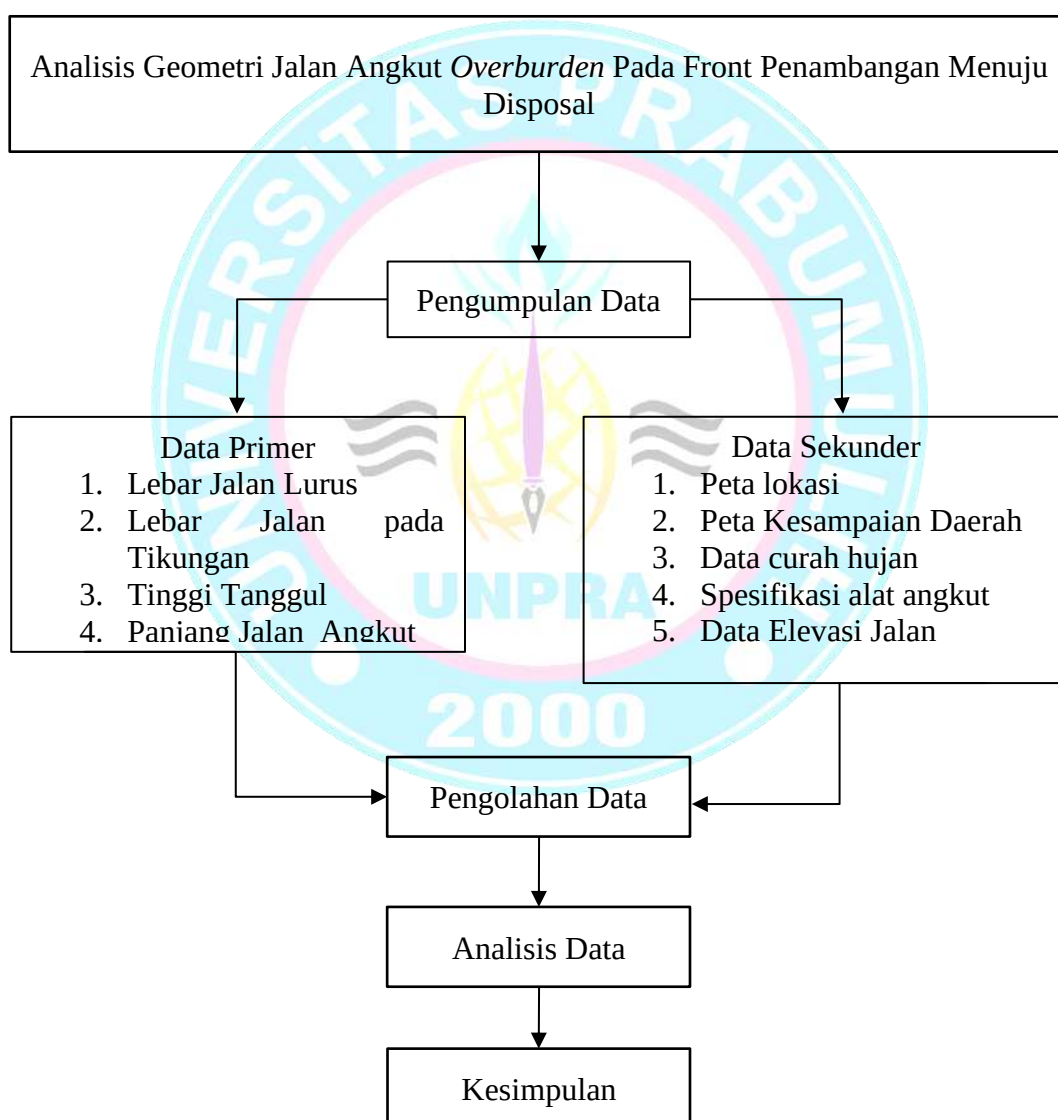
Pengumpulan data dilakukan dengan tiga cara yaitu:

Proses pengumpulan data dilakukan secara sistematis untuk mendapatkan informasi yang akurat dan relevan dengan tujuan penelitian. Adapun metode yang digunakan dalam pengumpulan data ini meliputi:

- a. Studi Pustaka, Studi pustaka dilakukan dengan mengumpulkan, menelaah, dan mempelajari berbagai sumber referensi seperti buku teks, jurnal ilmiah, laporan penelitian terdahulu, serta literatur teknis lainnya yang berkaitan dengan geometri jalan angkut pertambangan.
 - b. Studi Lapangan, Studi lapangan merupakan inti dari pengumpulan data primer yang dilakukan melalui observasi dan pengukuran langsung pada objek penelitian. Data teknis yang diambil mencakup dimensi riil geometri jalan angkut, antara lain lebar jalan pada kondisi lurus dan tikungan, nilai elevasi serta kemiringan jalan (*grade*), dimensi tanggul pengaman (*safety berm*), hingga total panjang lintasan angkut. Pengukuran ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran nyata mengenai kondisi infrastruktur jalan di area operasional PT Lematang Coal Lestari.
 - c. Dokumentasi, dokumentasi berfungsi sebagai data pendukung untuk memperkuat validitas hasil penelitian. Data yang dikumpulkan meliputi dokumentasi visual berupa foto-foto kondisi jalan di lapangan, laporan internal perusahaan yang diizinkan untuk diakses, data statistik mengenai pemeliharaan jalan, serta catatan teknis lainnya yang relevan dengan aspek geometri dan keselamatan jalan tambang.
4. Pengolahan Data dan Analisis Data
- Data yang telah didapatkan dari hasil pengamatan di lapangan kemudian akan diolah melalui perhitungan dengan menggunakan persamaan (rumus-rumus) relevan yang dikumpulkan dan dikalkulasikan berdasarkan standar Kepmen ESDM 1827.
5. Kesimpulan
- Tahap ini dilakukan dengan tujuan memperoleh kesimpulan yang hanya dapat dicapai setelah serangkaian aktivitas analisis dan manipulasi data telah diselesaikan secara menyeluruh dan sistematis. Hasil dari pengolahan data selanjutnya akan di gunakan untuk membandingkan dengan standar teknis yang berlaku yaitu berdasarkan standar Kepmen ESDM 1827.

3.3 Bagan Alir Penelitian

Alur dalam penelitian ini dibuat dalam diagram alir penelitian secara terstruktur untuk memastikan setiap parameter geometri jalan tambang dievaluasi dengan akurat. Seluruh tahapan tersebut, yang mencakup identifikasi masalah di jalur angkut, pengukuran dimensi aktual di lapangan, hingga pemberian rekomendasi teknis, divisualisasikan secara sistematis melalui Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian. Bagan alir ini berfungsi sebagai panduan operasional agar proses penelitian berjalan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan.



Sumber: Penulis, 2025

Gambar 3.1 Bagan Alir Pengolahan data Penelitian

3.4 Teknik Pengumpulan dan Pengolahan Data

1. Teknik pengumpulan dan pengolahan data dilakukan dengan cara yaitu:

- a. Studi Pustaka yaitu kegiatan membaca buku Jurnal maupun literatur terkait masalah yang diteliti. Tujuannya adalah agar informasi tersebut dapat dijadikan sebagai dasar atau landasan teoretis penyelesaian masalah.
- b. Studi Lapangan yaitu kegiatan ini adalah pengumpulan data yang diperlukan seperti lebar jalan angkut lurus, lebar jalan pada tikungan, elevasi jalan, tinggi tanggul dan panjang jalan dengan cara melakukan pengamatan dan pengukuran langsung di lapangan.
 - a) Data lebar jalan angkut yang diukur pada kondisi lurus dan tikungan di setiap segmen penelitian.
 - b) Data kemiringan jalan (*Grade*) yang diukur pada tanjakan maupun turunan di jalur angkut.
 - c) Data superelevasi atau kemimiringan melintang pada tikungan yang di ambil dengan mengukur beda tinggi sisi luar dan sisi dalam untuk melawan gaya sentrifugal.
 - d) Data tinggi tanggul keselamatan pada sisi jalan angkut dengan mengukur tinggi tanggul berdasarkan tinggi roda ban terbesar alat angkut yang melintas.
- c. Dokumentasi digunakan sebagai pelengkap dalam proses pengumpulan data. Jenis-jenis dokumentasi yang dikumpulkan mencakup foto, laporan resmi perusahaan, data statistik kerusakan jalan, dan catatan lain yang berkaitan dengan geometri jalan tambang.

2. Data yang telah didapatkan dari hasil pengamatan di lapangan kemudian akan diolah melalui perhitungan dengan menggunakan persamaan (rumus-rumus) relevan yang dikumpulkan dan dikalkulasikan berdasarkan standar Kepmen ESDM 1827 dengan langkah langkah yaitu:

- a. Menghitung lebar jalan ideal pada jalan lurus (minimal 3,5 x lebar unit terbesar) dan jalan tikungan.
- b. Mengevaluasi Batas Kemiringan Jalan (*Grade*) Melakukan analisis mendalam terhadap tingkat kecuraman jalan angkut untuk memastikan kemiringan rata-rata tidak melampaui batas maksimal 12%

- c. Menentukan besaran kemiringan yang tepat pada tikungan untuk mencegah unit selip atau terbalik.
- d. Menentukan dan mengevaluasi tinggi tanggul keselamatan sebagai batas aman apabila alat angkut tergelincir keluar jalur.



BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Evaluasi Geometri Jalan Angkut

Penelitian pada aktivitas penggalian batubara ini dilakukan pada Pit barat PT Lematang Coal Lestari site Cakra Bumi Energi yang berlokasi di Tanjung Menang, Sumatera Selatan. Berdasarkan hasil pengamatan, mineral batubara diangkut dari *front loading coal getting* menuju *hopper* dengan jarak tempuh sekitar 2,6 km, yang secara teknis terbagi ke dalam 26 segmen mencakup jalur lurus dan tikungan. Operasi ini melibatkan kombinasi alat gali muat Excavator SANY SY550 HD dengan alat angkut unit terbesar berupa TONLY TL589R. Penelitian ini di fokuskan pada analisis geometri jalan, yang meliputi aspek lebar jalan pada jalur lurus maupun tikungan, kemiringan jalan (*grade*), kemiringan melintang (*cross slope*), superelevasi, jari-jari tikungan, serta tanggul pengaman jalan tambang.

4.1.1 Lebar jalan angkut lurus

Penentuan dimensi lebar jalan lurus yang ideal di PT Lematang Coal Lestari didasarkan pada spesifikasi unit terbesar yang beroperasi, yaitu Tonly TL589R yang memiliki lebar 3,80 meter (Lampiran G). Berdasarkan perhitungan menggunakan Persamaan (2.1), diperoleh lebar jalan ideal untuk jalur ganda dari *front loading coal getting* menuju *hopper* sebesar 12,5 meter (Lampiran A).



Sumber: Dokumentasi Penulis, 2026

Gambar 4.1 Lebar Jalan Lurus pada Segmen J-K

Data tersebut diperoleh melalui pengukuran langsung di lapangan secara manual dengan menggunakan alat ukur meteran dengan data hasil pengamatan menunjukkan bahwa lebar jalan angkut pada segmen J-K, O-P, dan V-W masih di bawah standar ideal yang ditetapkan (Lampiran A).

4.1.2 Lebar Jalan Tikungan

Lebar jalan tikungan ideal untuk dua jalur di area penambangan ditetapkan sebesar 17,5 meter, yang dihitung berdasarkan dimensi unit TONLY TL859R dengan lebar 3,8 meter menggunakan Persamaan (2.2). Berdasarkan data pengukuran aktual teridentifikasi bahwa segmen K-L, U-V dan W-X masih memiliki lebar yang berada di bawah standar minimum. Kurangnya ruang jalan di area tikungan sangat krusial karena dapat membatasi ruang gerak dan meningkatkan risiko hilangnya kendali pada kendaraan.



Sumber: Dokumentasi Penulis, 2026

Gambar 4.2 Lebar Jalan Tikungan pada Segmen K-L

4.1.3 Kemiringan jalan Angkut (*Grade*)

Pada area penambangan pit barat, jalur pengangkutan batubara yang menghubungkan lokasi pemuatan menuju *stockpile* menunjukkan karakteristik kemiringan yang cukup beragam di setiap segmennya. Berdasarkan hasil pemantauan dan pengukuran mendalam pada tiap segmen, secara keseluruhan jalur angkut ini masih berada dalam batas operasional

karena tidak ada kemiringan yang melampaui ambang batas maksimal 8%. Kondisi ini dinilai sangat ideal untuk menjaga performa unit angkut agar tetap bekerja pada efisiensi tertinggi tanpa membebani mesin secara berlebihan. Data hasil olahan di lapangan menunjukkan Titik kemiringan terkecil ditemukan pada segmen K-L dengan nilai hanya sebesar 1,47%, yang mengindikasikan bahwa jalur tersebut cenderung landai dan memberikan hambatan kemiringan (*grade resistance*) yang sangat minim bagi kendaraan.

Sumber: Dokumentasi Penulis, 2026



Gambar 4.3 *Grade* Jalan Terkecil pada Segmen K-L

Titik maksimal kemiringan tercatat pada segmen A-B yang ditunjukkan pada (gambar 4.4) dikarenakan lokasi jalan tambang berhubungan langsung dengan lokasi penggalian dan pemuatan batubara dengan *grade* angka mencapai 5,79%, Meskipun segmen ini merupakan area paling terjal di sepanjang jalur angkut tersebut, nilainya masih jauh di bawah standar maksimal 10% yang umumnya ditetapkan oleh regulasi keselamatan pertambangan (Kepmen ESDM No. 1827).

Sumber: Dokumentasi Penulis, 2026



Gambar 4.4 *Grade Jalan Terbesar* pada Segmen A-B

4.1.4 Kemiringan Melintang (*Cross Slope*)

Berdasarkan pengamatan langsung dilapangan Penerapan *cross slope* dengan nilai rata-rata dibawah 2% pada jalan angkut batu bara di Pit Barat PT Lematang Coal Lestari site Cakra Bumi Energi telah memenuhi kriteria ideal. Pada saat pengamatan secara langsung standar kemiringan melintang ini terbukti efektif dalam mengalirkan aliran air dari permukaan jalan angkut.



Sumber: Dokumentasi Penulis, 2026

Gambar 4.5 Kemiringan Melintang pada Segmen D-E

4.1.5 Jari jari Tikungan dan Superelevasi

Untuk mengantisipasi pengaruh gaya sentrifugal di jalur berbelok, diterapkan superelevasi atau kemiringan melintang jalan yang bertujuan meningkatkan keamanan serta stabilitas kendaraan agar tidak terguling. Perhitungan teknis untuk jari-jari tikungan dan superelevasi telah dilaksanakan pada sembilan segmen jalan (B-C, E-F, G-H, K-L, M-N, P-Q, Q-R, T-U, U-V dan W-X) Kesimpulan dari analisis tersebut menunjukkan bahwa rancangan tikungan pada jalan angkut ini telah mempertimbangkan standar kenyamanan operator.



Sumber: Dokumentasi Penulis, 2026

Gambar 4.6 Jari Jari Tikungan dan Superelevasi pada Segmen W-X

Nilai superelevasi yang disarankan adalah 2% di semua segmen, dengan variasi beda tinggi sisi jalan antara 50 cm dan 70 cm yang disesuaikan dengan dimensi lebar jalan. Sebagai langkah preventif, penyesuaian nilai tersebut harus dipertimbangkan kembali jika terjadi perubahan kecepatan rencana kendaraan di kemudian hari

4.1.6 Tanggul Keselamatan (*Safety Berm*)

Data hasil pengukuran lapangan menunjukkan bahwa dimensi tanggul keselamatan pada beberapa segmen jalur angkut memiliki variasi ketinggian dan lebar yang beragam. Pengukuran dilakukan secara manual menggunakan

alat ukur meteran untuk memastikan akurasi data dimensi tanggul di setiap titik. Tinggi ideal tanggul yang harus di terapkan adalah 1,13 m (Lampiran F)



Sumber: Dokumentasi Penulis, 2026

Gambar 4.7 Tanggul Keselamatan pada Segmen F-G

Penulis menumukan adanya tinggi tanggul yang belum memenuhi standar yaitu pada segmen (A-B, F-G, O-P, P-Q dan V-W) dimana penulis menyarankan menambah tinggi tanggul berdasarkan standar teknis yang berlaku, tinggi tanggul keselamatan yang ideal adalah minimal 1/2 (setengah) dari diameter ban terbesar yang melintasi jalur tersebut.



Sumber: Dokumentasi Penulis, 2026

Gambar 4.8 Sistem Drainase pada Jalan Tambang

Sistem penyaliran permukaan pada lokasi penelitian diaplikasikan dalam bentuk saluran terbuka (*drainage ditch*) yang diposisikan sejajar di sepanjang sisi jalan angkut (*haul road*). Berdasarkan pengamatan di lapangan, parit ini dirancang untuk menampung dan mengalirkan air limpasan (*run-off*) langsung menuju kolam pengendap, guna mencegah akumulasi air yang dapat merusak struktur badan jalan.

4.2 Upaya Meningkatkan Kualitas Geometri Jalan Angkut

Berdasarkan hasil evaluasi aktual di lapangan yang telah diuraikan pada sub bab sebelumnya, diketahui bahwa secara umum beberapa parameter geometri jalan angkut dari *front loading coal getting* menuju *hopper* di Pit Barat PT Lematang Coal Lestari Site CBE telah dikelola dengan baik. Namun, masih terdapat beberapa segmen jalan yang belum sepenuhnya memenuhi standar Kepmen ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018. Guna mengoptimalkan keselamatan kerja dan efisiensi waktu siklus (*cycle time*) alat angkut TONLY TL859R, berikut adalah rekomendasi teknis dan upaya perbaikan yang perlu diterapkan

4.2.1 Pelebaran Jalan Angkut pada Segmen Lurus

Berdasarkan data observasi lapangan, segmen J-K, O-P, dan V-W belum mencapai dimensi lebar jalan ideal minimal 12,5 meter untuk jalur ganda. Upaya perbaikan yang harus dilakukan adalah melakukan pelebaran jalan secara mekanis.



Sumber: Dokumentasi Penulis, 2026

Gambar 4.9 Pelebaran Jalan Angkut oleh Komatsu D85ESS-2

Bulldozer Komatsu D85ESS-2 melakukan pemotongan tebing (*cut*) atau penimbunan material (*fill*) pada sisi-sisi jalan yang sempit. Pelebaran ini mutlak diperlukan untuk menyediakan ruang bebas (*safety clearance*) yang cukup, sehingga unit angkut dengan lebar 3,80 meter tidak bersinggungan saat berpapasan pada kecepatan operasional.

4.2.2 Pelebaran Jalan pada Segmen Tikungan

Ruang jalan di area tikungan membutuhkan dimensi yang lebih besar dibandingkan jalan lurus untuk mengakomodasi perbedaan lintasan roda depan dan belakang, serta bagian tonjolan kendaraan (*juntai*).



Sumber: Dokumentasi Penulis, 2026

Gambar 4.10 Pelebaran Jalan Angkut pada tikungan

Pada segmen tikungan K-L, U-V, dan W-X, lebar jalan aktual masih berada di bawah standar minimum 17,5 meter. Upaya peningkatan kualitas dilakukan dengan memangkas atau memperlebar radius tikungan pada sisi dalam jalur. Apabila area tikungan ini tidak diperlebar, keterbatasan ruang gerak berpotensi besar memicu insiden hilangnya kendali pada unit TONLY TL859R.

4.2.3 Pemeliharaan Kemiringan Memanjang (*Grade*)

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, kemiringan memanjang (*grade*) jalur angkut batubara di Pit Barat sudah sangat ideal, dengan nilai maksimal tercatat sebesar 5,79% pada segmen A-B. Angka ini masih jauh di bawah ambang batas maksimal 12% yang ditetapkan dalam standar Kepmen

ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018. Karena parameter ini sudah memenuhi standar, upaya yang harus dilakukan difokuskan pada pemeliharaan profil kelandaian jalan. Pihak operasional harus meratakan jalan secara berkala menggunakan *Motor Grader* agar kelandaian tetap konsisten. Hal ini bertujuan untuk mencegah pembentukan lubang atau tonjolan yang dapat membebani kinerja transmisi dan sistem pengereman alat angkut TONLY TL859R saat beroperasi dengan muatan penuh.

4.2.4 Optimalisasi Kemiringan Melintang (*Cross Slope*)

Penerapan *cross slope* pada jalan angkut secara umum telah memenuhi kriteria ideal dengan nilai rata-rata di bawah 2%, yang terbukti efektif mengalirkan air dari permukaan jalan. Upaya peningkatan kualitas yang direkomendasikan adalah melakukan perawatan jalan secara berkala, terutama setelah area tambang diguyur hujan. Pihak *Engineering* dan pemeliharaan jalan harus memastikan bagian tengah jalan tetap memiliki elevasi yang sedikit lebih tinggi dari bagian tepi jalan (*crown*). Penggunaan *Motor Grader* (Komatsu GD705-5) yang diikuti dengan pemadatan menggunakan *Compactor* (Sv526d) sangat diperlukan untuk memastikan drainase berjalan efektif, menghindari terbentuknya genangan air yang dapat melemahkan daya dukung lapisan dasar jalan tambang.

4.2.5 Penerapan Superelevasi pada Tikungan

Untuk menjaga keseimbangan unit alat angkut saat bermanuver dan mengimbangi gaya sentrifugal, jalan pada area tikungan wajib diberikan kemiringan melintang atau superelevasi ke arah dalam pusat putaran. Berdasarkan perhitungan teknis yang telah dilakukan, direkomendasikan penerapan superelevasi dengan nilai 2% pada tikungan. Upaya teknis di lapangan dilakukan dengan membentuk beda tinggi antara sisi jalan bagian dalam dan sisi bagian luar sekitar 50 cm hingga 70 cm (sebagai contoh, beda tinggi 50 cm direkomendasikan untuk segmen tikungan B-C). Sebagai langkah pengawasan yang berkelanjutan, penyesuaian nilai beda elevasi ini harus dipertimbangkan dan dievaluasi kembali oleh bagian *Engineering* apabila di kemudian hari terjadi perubahan kecepatan rencana (*design speed*) unit kendaraan.

4.2.6 Peninggian Tanggul Keselamatan (*Safety Berm*)

Fungsi utama tanggul keselamatan adalah sebagai benteng pertahanan terakhir untuk menahan atau mengarahkan kembali unit yang hilang kendali agar tidak keluar dari jalur atau masuk ke jurang. Berdasarkan perhitungan ideal menggunakan spesifikasi roda terbesar yang beroperasi (diameter 1,13 meter), tinggi minimal tanggul yang disyaratkan adalah 0,85 meter. Namun, pada segmen A-B, F-G, O-P, P-Q, dan V-W, tinggi tanggul masih belum memenuhi spesifikasi tersebut. Perbaikan segera harus dilakukan dengan mendistribusikan material tanah atau *overburden* ke sisi luar jalan, kemudian membentuk dan memadatkannya secara kontinu menggunakan *Compactor* Sv526d hingga mencapai tinggi 0,85 meter secara konsisten.

4.2.7 Perataan Jalan Angkut

Frekuensi lalu lintas kendaraan yang padat dengan beban muatan yang sangat berat. Interaksi antara roda ban alat angkut dan permukaan jalan angkut secara terus-menerus berpotensi besar menimbulkan kerusakan struktural maupun fungsional pada badan jalan. Oleh karena itu, kegiatan perataan jalan angkut (*grading operation*) secara rutin wajib diperlukan sebagai langkah pemeliharaan preventif guna mempertahankan kerataan permukaan lintasan.



Sumber: Dokumentasi Penulis, 2026

Gambar 4.11 Perataan Jalan Angkut oleh Komatsu GD705-5

4.2.8 Pemadatan Jalan Angkut

Pemadatan jalan angkut (*road compaction*) secara mekanis menggunakan unit *Compactor (Vibratory Roller)* Sakai SV526D. Proses pemadatan teknis ini ditujukan untuk meningkatkan kerapatan massa tanah dengan cara mengeluarkan pori-pori udara serta air yang terjebak di antara butiran material pembuat jalan. Melalui getaran dan tekanan berat dari drum *compactor*, butiran material akan saling mengunci secara mekanis sehingga meningkatkan daya dukung tanah (*bearing capacity*) dalam menahan beban gandar (*axle load*) alat angkut terbesar tanpa mengalami deformasi yang berarti.



Sumber: Dokumentasi Penulis, 2026

Gambar 4.12 Pemadatan Jalan Angkut oleh Sakai SV526D

Pemadatan ini sangat wajib dilakukan karena apabila kondisi jalan yang gembur ini langsung dilewati oleh unit angkut batubara, material akan kembali amblas dengan cepat dan membentuk alur roda yang dalam sehingga merusak struktur jalan yang baru diperbaiki.

4.2.9 Penyiraman Jalan Angkut

Aktivitas penyiraman jalan secara rutin (*dust suppression*) dengan mengandalkan unit *Water Truck XCMG G5*. Rencana operasional penyiraman ini diatur secara cermat menggunakan metode penyemprotan kabut (*sprinkling mode*) melalui pipa *rear sprinkler* di bagian belakang truk. Air disebarkan dalam bentuk curahan kabut halus yang merata ke seluruh

permukaan lintasan, bukan dalam bentuk aliran air deras, dengan tujuan agar tidak merusak ikatan partikel tanah yang telah dipadatkan oleh unit *compactor*.



Sumber: Dokumentasi Penulis, 2026

Gambar 4.13 Penyiraman Jalan Angkut oleh WT XCMG G5

pelaksanaan penyiraman ini bersifat situasional dan sangat bergantung pada kondisi aktual di lapangan. Pada saat jalur angkut dalam keadaan basah atau lembap, seperti sesaat setelah diguyur hujan maupun akibat tingginya kelembapan alami tanah di area tertentu, aktivitas penyiraman jalan sepenuhnya tidak perlu dilakukan. Penghentian operasional *water truck* pada kondisi ini didasarkan pada pertimbangan teknis untuk menjaga kestabilan permukaan lintasan. Jika jalan yang sudah basah tetap dipaksakan untuk disiram, volume air yang berlebihan akan merusak ikatan partikel material yang telah dipadatkan oleh unit *compactor*. Hal tersebut dapat memicu terbentuknya lapisan lumpur (*slurry*) di permukaan jalan, membuat lintasan menjadi sangat licin, mengurangi traksi roda ban, dan menyebabkan kendaraan rawan mengalami slip atau amblas.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan pengambilan data secara langsung di lapangan serta menganalisis kondisi geometri jalan angkut sepanjang 2,6 km yang terbagi menjadi 26 segmen dari *front loading coal getting* menuju *hopper* di Pit Barat PT Lematang Coal Lestari Site CBE.

1. Beberapa kesimpulan utama yang dapat ditarik adalah:
 - Pada segmen jalan lurus masih ditemukan adanya penyempitan jalur pada lebar jalan lurus yang belum memenuhi batas ideal tersebut, tepatnya pada segmen J-K, O-P, dan V-W.
 - Pada area belokan atau tikungan, ruang gerak dua lajur yang aman membutuhkan lebar minimal sebesar 17,5. Namun, lajur tikungan pada segmen K-L, U-V, dan W-X diketahui masih terlalu sempit dan berada di bawah standar spesifikasi minimum.
 - Tanjakan paling terjal berada di segmen A-B dengan nilai kemiringan sebesar 5,79% , sedangkan area yang paling landai berada di segmen K-L dengan kelandaian hanya sebesar 1,47%.
 - Kemiringan melintang jalan (*cross slope*) di jalur angkut batubara ini sudah tergolong ideal dengan rata-rata di kisaran 2%.
 - Tanggul keselamatan (*safety berm*) ideal sebesar 1,13 meter, namun masih ditemukan beberapa lokasi masih belum mencapai standar yaitu pada segmen A-B, F-G, O-P, P-Q, dan V-W.
2. Rekomendasi perbaikan yang di dapat antara lain:
 - Melakukan pelebaran jalan secara mekanis menggunakan *Bulldozer Komatsu D85ESS-2* untuk memotong tebing (*cut*) atau menimbun material (*fill*) pada sisi-sisi jalan yang sempit.
 - Memangkas atau memperlebar radius tikungan pada sisi dalam jalur guna mengakomodasi perbedaan lintasan roda depan-belakang serta bagian tonjolan kendaraan (*juntai*).

- Pemeliharaan profil kelandaian jalan secara berkala menggunakan *Motor Grader*. Perataan rutin ini penting untuk mencegah pembentukan lubang atau tonjolan yang dapat membebani kinerja transmisi serta sistem pengereman alat angkut saat bermuatan penuh.
- pemeliharaan jalan harus memastikan bagian tengah jalan memiliki elevasi yang lebih tinggi dari tepi (*crown*) menggunakan *Motor Grader Komatsu GD705-5* dan dipadatkan dengan *Compactor Sakai SV526D* agar tidak terbentuk genangan air yang melemahkan daya dukung lapisan dasar jalan.
- Membentuk superelevasi sebesar 2% pada area tikungan dengan membentuk beda tinggi antara sisi jalan bagian dalam dan luar sekitar 50 cm hingga 70 cm.
- Melakukan peninggian tanggul dengan dibentuk dan dipadatkan secara kontinu menggunakan *Compactor Sakai SV526D* hingga mencapai tinggi minimal 0,85 meter secara konsisten di sepanjang jalur.

5.2 Saran

Dilihat dari kendala teknis dan ketidaksesuaian dimensi aktual yang ditemukan langsung selama pengamatan di area Pit Barat, beberapa saran perbaikan yang dapat diajukan untuk meningkatkan efisiensi operasional dan keselamatan kerja adalah:

1. Perusahaan disarankan untuk memasang cermin tikungan dengan ukuran yang memadai. Penambahan fasilitas keselamatan ini bertujuan agar operator *dump truck* maupun unit sarana lainnya dapat memantau pergerakan kendaraan dari arah berlawanan sebelum memasuki tikungan tersebut..
2. Perusahaan disarankan untuk melakukan penempatan *tower lamp* portabel secara stasioner pada area-area yang memiliki tingkat risiko tinggi, terutama pada titik persimpangan (*intersection*), tikungan tajam yang masuk dalam kategori *blind spot*, serta jalur turunan atau tanjakan yang terjal.

3. Pemasangan rambu-rambu lalu lintas tambang, seperti batas kecepatan maksimal dan petunjuk arah, sebaiknya menggunakan material yang bersifat reflektif agar tetap terlihat jelas saat terpapar lampu utama unit pada kondisi cuaca buruk atau berdebu..



DAFTAR PUSTAKA

- Aldiyansyah, A. (2016). Analisis Geometri Jalan di Tambang Utara pada PT. Ifishdeco Kecamatan Tinanggea Kabupaten Konawe Selatan Provinsi Sulawesi Tenggara. *jurnal Geomine*, 4(01): 39-43.
- AASHTO. (2011). *A Policyon Design of Highway and Streets: American Assosiation of State Highway and Transportation Officials Sixth Edition*. ISBN: 978-1-56051-508-1.
- Bargawa, W. S., Amri, N. A. (2018) Rencana Teknis Kemajuan Penambangan pada Penambangan Batubara di Pt. Sarana Makmur Bersaudara Kalimantan Timur. *Prosiding Seminar Nasional sains dan Teknologi Terapan IX*: 393-405
- 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. *Jurnal Teknik Patra Akademika*, 12(02): 55-64
- Halawa, A. (2021). Analisa Geometri Jalan Angkut Guna Meningkatkan Cycletime dan Produktivitas Alat Angkut pada Kegiatan Pengupasan Overburden dari Front Pengupasan Overburden Dari Front Pengupasan Ke Disposol Area Pada Kegiatan Penambangan Batubara. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 16(01): 90-103
- Hangewa, H., Manoppo, F. J., & Rumambi, R. C. (2023). Evaluasi Geometri Jalan Angkut Tambang Pt. Nusa Halmahera Minerals.
- Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Republik Indonesia Nomor 1827 K/30/MEM/2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik.
- Nanda, M. D. (2021). Kajian Geometri Jalan Tambang berdasarkan AASHTO da n Kepmen No. 1827/K/30/Mem/2018 pada Penambangan Andesit di PT XYZ, Kecamatan Rumpin, Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat. *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, 01(02): 107-116
- Neny, V., Nirmala, A., & Syafrianto, M. K. (2023). Evaluasi Geometri Jalan Angkut Tambang Berdasarkan Standar Aashto Pada Penambangan Batu Granit Pt. Hansindo Mineral Persada Kabupaten Mempawah Provinsi Kalimantan Barat. *Jurnal Geosapta*, 06(01): 1-11
- Rachim, V., & Yulhendra, D. (2022). Analisis Kinerja Belt Conveyor dalam Memenuhi Target Produksi 1000 TPJ pada Coal Handling Facility PT Surya Global Makmur Kabupaten Muaro Jambi, Jambi. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 2022, 06(02): 9340-9349

- Rochim, N., Triantoro, A., & Hakim, R. N. (2021). Evaluasi Kondisi Jalan Tambang Berdasarkan Geometri Untuk Meningkatkan Produktifitas Alat Angkut Pada Pt Madhani Talatah Nusantara. *Jurnal Himasapta*, 06(01): 27-32
- Silalahi, J. R., Andini, D. E., & Guskarnali, G. (2018). Kajian Teknis Geometri Jalan Tambang Front 242 Untuk Pencapaian Produktivitas Alat Angkut Di PT Semen Padang (Persero) Tbk. *Jurnal Teknik Pertambangan Universitas Bangka Belitung*, 03(02): 1-6
- Suwandhi, A. (2004). Perencanaan Jalan Tambang. *Perencanaan Jalan Tambang*, Universitas Islam Bandung.



LAMPIRAN A

LEBAR JALAN ANGKUT LURUS

Penentuan dimensi lebar jalan angkut didasarkan pada spesifikasi unit terbesar yang digunakan, yaitu TONLY TL859R dengan lebar badan kendaraan sebesar 3,80 meter. Untuk menghitung kebutuhan lebar jalan pada jalur lurus dengan dua lajur, digunakan rumus sebagai berikut:

Dimana:

L_{min} : lebar jalan angkut minimum

n : Jumlah lajur (2)

w_t : Lebar alat angkut terbesar (m)

Dengan lebar kendaraan (w_t) 3,80 meter dan jumlah lajur (n) sebanyak 2 unit, maka:

Diketahui:

$$w_t = 3,80 \text{ m}$$

$$n = 2$$

Jawab:

$$L_{min} = n \cdot w_t + (n + 1) (1/2 \cdot w_t)$$

$$L_{min} = 2 \cdot 3,80 + (2 + 1) (1/2 \cdot 3,80)$$

$$L_{min} = 12,5 \text{ m}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, lebar jalan ideal adalah 12,5 meter. Namun penelitian di lapangan menunjukkan bahwa segmen L-M, O-P, dan V-W belum memenuhi standar ideal tersebut karna beberapa faktor, jika dibandingkan dengan data pada Tabel B mengenai Lebar Jalan Angkut Jalur Lurus.

Lebar Jalan Angkut Lurus				
Segmen	Lebar jalan ideal (m)	Lebar Jalan Aktual (m)	Kategori	Koreksi Penambahan Lebar Jalan (m)
A-B	12,5	22,45	Ideal	-
C-D	12,5	20,03	Ideal	-
D-E	12,5	21,20	Ideal	-
F-G	12,5	19,20	Ideal	-
H-I	12,5	22,85	Ideal	-
I-J	12,5	14,64	Ideal	-
J-K	12,5	11,03	Tidak Ideal	1,47
L-M	12,5	16,73	Ideal	-
N-O	12,5	18,41	Ideal	-
O-P	12,5	10,74	Tidak ideal	1,76
R-S	12,5	19,25	Ideal	-
S-T	12,5	20,18	Ideal	-
V-W	12,5	11,02	Tidak Ideal	1,48
Y-Z	12,5	15,21	Ideal	-

LAMPIRAN B

LEBAR JALAN ANGKUT TIKUNGAN

Perhitungan ruang jalan di area tikungan dilakukan untuk memastikan alat angkut terbesar, TONLY TL859R, dapat melintas dengan aman. Secara teknis, lebar jalan angkut minimum pada belokan (W_{min}) dipengaruhi oleh lebar jejak roda unit (U), serta lebar jantai depan (Fa) dan lebar jantai belakang (Fb) unit saat membelok. Berdasarkan pengamatan pada unit TONLY TL859R . Untuk menghitung kebutuhan lebar jalan pada jalur lurus dengan dua lajur, digunakan rumus sebagai berikut:

$$W_{min} = 2(U + Fa + Fb + z) + C$$

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

Dimana:

- U : lebar jejak roda (m)
- Fa : lebar jantai depan (m)
- Fb : lebar jantai belakang (m)
- Z : lebar bagian tepi jalan (m)
- C : jarak antara kendaraan (m)
- W_{min} : lebar jalan angkut belokan (m)

Berdasarkan pengamatan pada unit TONLY TL859R, didapatkan data sebagai berikut:

Diketahui:

- U : Lebar jejak roda = 2,76 m
- Fa : Lebar jantai depan = 2,06 m
- Fb : Lebar jantai belakang = 1,85 m
- α : Sudut penyimpangan roda = 35°

$$\begin{aligned}
 Fa &= (\text{Lebar jantai depan}) \times (\sin \alpha) \\
 &= 2,06 \text{ m} \times \sin 35^\circ \\
 &= 1,18 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Fb &= (\text{Lebar jantai belakang}) \times (\sin \alpha) \\
 &= 1,85 \text{ m} \times 35^\circ \\
 &= 1,06 \text{ m}
 \end{aligned}$$

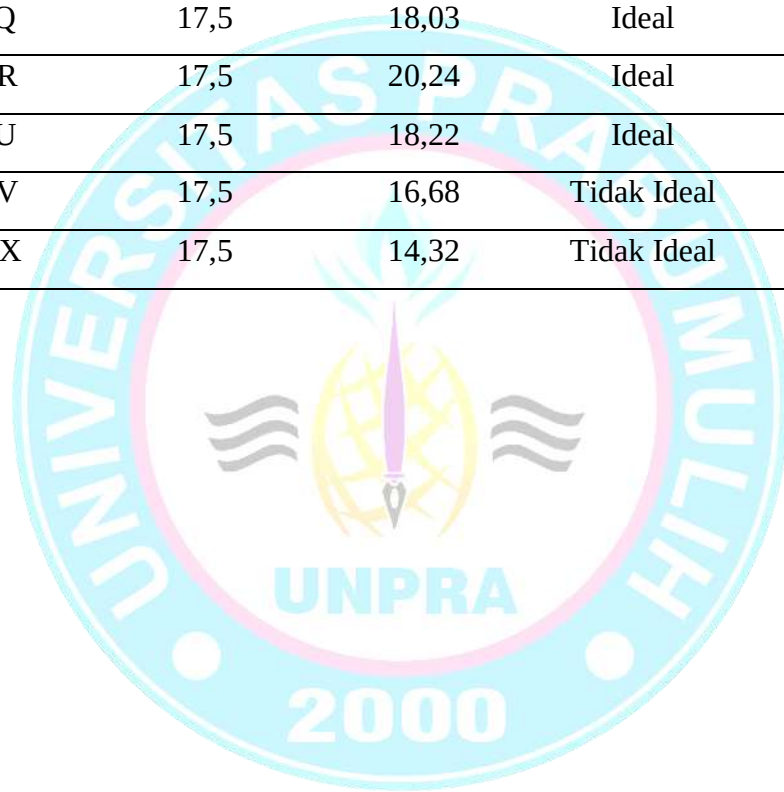
$$C = Z = \frac{U + fA + fB}{2} = \frac{2,76 + 1,18 + 1,06}{2} = 2,5 \text{ m}$$

Sehingga untuk menentukan lebar tikungan untuk dua jalur yaitu:

$$\begin{aligned}
 W_{min} &= 2(U + Fa + Fb + z) + C \\
 &= 2(2,76 + 1,18 + 1,06 + 2,5) + 2,5 \\
 &= 17,5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Didapatkan bahwa batas minimal lebar jalan angkut pada tikungan untuk dua jalur adalah 17,5 meter. Koreksi yang diperlukan untuk menentukan lebar jalan angkut di area tikungan dapat dilihat pada data dibawah ini.

Lebar Jalan Angkut Tikungan				
Segmen	Lebar Jalan Ideal (m)	Lebar Jalan Aktual (m)	Kategori	Koreksi
B-C	17,5	23,31	Ideal	-
E-F	17,5	20,30	Ideal	-
G-H	17,5	18,60	Ideal	-
K-L	17,5	15,92	Tidak Ideal	1,58
M-N	17,5	20,70	Ideal	-
P-Q	17,5	18,03	Ideal	-
Q-R	17,5	20,24	Ideal	-
T-U	17,5	18,22	Ideal	-
U-V	17,5	16,68	Tidak Ideal	0,82
W-X	17,5	14,32	Tidak Ideal	3,18



LAMPIRAN C

GRADE JALAN AKTUAL

Nilai *grade* ditentukan melalui perhitungan yang membandingkan selisih ketinggian vertikal antara dua titik dengan jarak mendatar horizontal yang ditempuh, kemudian hasilnya dikonversikan ke dalam satuan persen dengan cara dikalikan 100%. Untuk menghitung kebutuhan *grade* jalan, digunakan rumus sebagai berikut:

$$Grade = \frac{\Delta h}{\Delta x} \times 100\%$$

Dimana:

Δh : beda tinggi antara dua titik yang diukur (m)

Δx : jarak antar dua titik yang diukur (m)

Contoh perhitungan *grade* pada segmen A-B

$$\begin{aligned} Grade &= \frac{\Delta h}{\Delta x} \times 100\% \\ &= \frac{5,25}{100} \times 100\% \\ &= 5,25\% \end{aligned}$$

Pada area penambangan pit barat, jalur pengangkutan batubara menuju lokasi stockpile menunjukkan karakteristik kemiringan yang beragam. Berdasarkan pemantauan tiap segmen, seluruh jalur masih berada dalam batas aman dengan kemiringan maksimal di bawah 8%. Data menunjukkan rentang *grade* jalan berada di angka 1,47% pada segmen S-T sebagai yang terkecil, hingga mencapai titik maksimal 5,79% pada segmen A-B.

LAMPIRAN D

KEMIRINGAN MELINTANG (*CROSE SLOPE*)

Kriteria jalan angkut yang memenuhi standar teknis adalah yang memiliki kemiringan melintang sebesar 40 mm/m. Hal ini berarti permukaan jalan memiliki kemiringan setinggi 4 cm untuk setiap meter lebar horizontalnya guna memastikan drainase berfungsi dengan baik. Untuk menghitung *crose slope* digunakan rumus sebagai berikut:

$$a = \frac{1}{2} \times \text{lebar jalan}$$

Jadi beda tinggi yang harus di buat

$$\text{Crore slope} = \frac{\Delta h}{\Delta x}$$

Dimana:

a : horizontal (m)

Δh : beda tinggi anatra dua titik yang yang di ukur (m)

Δx : jarak antar dua titik yang di ukur (m)

Contoh perhitungan *crose slope* pada segmen A-B

$$a = \frac{1}{2} \times 22,45 \text{ m} = 11,22 \text{ m}$$

$$\text{Crore slope} = \frac{0,85}{11,22} = 0,07$$

Penerapan cross slope dengan nilai rata-rata dibawah 2% pada jalan angkut batu bara di Pit Barat PT Lematang Coal Lestari site Cakra Bumi Energi telah memenuhi kriteria ideal. Pada saat pengamatan secara langsung standar kemiringan melintang ini terbukti efektif dalam mengalirkan aliran air dari permukaan jalan angkut.

LAMPIRAN E

SUPERELEVASI DAN JARI JARI TIKUNGAN

Rincian kalkulasi untuk menetapkan parameter rekomendasi superelevasi dan jari jari tikungan pada segmen B-C sebagai berikut

Diketahui:

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

Ditanya:

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

Jawab:

$$\begin{aligned} f &= -0,00065 \times V + 0,192 \\ &= -0,00065 \times 20 \text{ km/jam} + 0,192 \\ &= 0,179 \end{aligned}$$

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

$$R = \frac{20^2}{127(0,02+0,179)}$$

$$R = 15,83$$

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

$$e + 0,179 = \frac{20^2}{127 \cdot 15,83}$$

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

$$e = 0,20 - 0,179$$

$$e = 0,02$$

Berdasarkan kecepatan rencana 20 km/jam, jari jari tikiungan sejauh 15,83 meter, serta lebar jalan pada tikungan sebesar 23,31 meter, maka nilai superelevasi yang direkomendasikan adalah 0,02. Adapun perhitungan beda tinggi yang perlu di terapkan adalah:

$$\alpha = \tan^{-1} (0,02)$$

$$= 1,15$$

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

$$= 23,31 \times 1,15$$

$$= 0,50 \text{ meter}$$

Jadi, untuk lebar jalan minimal 23,31 meter pada area tikungan, diperlukan pembuatan beda tinggi sebesar 0,50 meter atau setara dengan 55 cm antara sisi bagian dalam dan sisi luar jalan

Lebar Jalan Angkut Tikungan				
Segmen	Lebar Jalan Ideal (m)	Lebar Jalan Aktual (m)	Kategori	Koreksi
B-C	17,5	23,31	Ideal	-
E-F	17,5	20,30	Ideal	-
G-H	17,5	18,60	Ideal	-
K-L	17,5	15,92	Tidak Ideal	1,58
M-N	17,5	20,70	Ideal	-
P-Q	17,5	18,03	Ideal	-
Q-R	17,5	20,24	Ideal	-
T-U	17,5	18,22	Ideal	-
U-V	17,5	16,68	Tidak Ideal	0,82
W-X	17,5	14,32	Tidak Ideal	3,18

LAMPIRAN F

TANGGUL KESELAMATAN (*SAFETY BERM*)

Perhitungan tanggul wajib mencapai sekurang kurangnya 3/4 dari tinggi roda atau ban unit kendaraan terbesar yaitu sany 380 HP yang melewati jalur tersebut. Untuk mengetahui tinggi tanggul minimum jalan pada jalur hauling dengan dua lajur, digunakan persamaan sebagai berikut:

Dimana:

H = Tinggi Tanggul

0,75 = Standar Tanggul

D = Diameter Roda

Dengan diameter roda alat muat sny 380 HP 1,13 meter maka

Diketahui:

$D = 1,13$ meter

Jawab:

$$H = 0,75 \times D$$

$$H = 0,75 \times 1,13$$

$$H = 0,85 \text{ meter}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, tinggi tanggul minimum yang harus dibust adalah 0,85 meter. Data aktual di lapangn pun ditemukan tinggi tanggul sudah sesuai dengan standar. Data tinggi aktual tanggul dapat di lihat pada tabel di bawah ini

Tinggi Tanggul (<i>Safety Berm</i>)				
Segmen	Tinggi Tanggul Ideal (m)	Tinggi Tanggul Aktual (m)	Kategori	Koreksi Penambahan Tinggi Tanggul (m)
A-B	0,85	-	Tidak Ideal	0,85
B-C	0,85	1,21	Ideal	-
C-D	0,85	1,47	Ideal	-
D-E	0,85	1,18	Ideal	-
E-F	0,85	0,98	Ideal	-
F-G	0,85	0,75	Tidak Ideal	0,1
G-H	0,85	2,19	Ideal	-
H-I	0,85	1,95	Ideal	-
I-J	0,85	2,03	Ideal	-
J-K	0,85	1,92	Ideal	-
K-L	0,85	1,74	Ideal	-
L-M	0,85	1,86	Ideal	-
M-N	0,85	1,38	Ideal	-
N-O	0,85	1,30	Ideal	-
O-P	0,85	0,88	Tidak ideal	0,07
P-Q	0,85	0,84	Tidak ideal	0,01
Q-R	0,85	1,16	Ideal	-
R-S	0,85	1,28	Ideal	-
S-T	0,85	1,52	Ideal	-
T-U	0,85	1,60	Ideal	-
U-V	0,85	1,74	Ideal	-
V-W	0,85	1,83	Tidak Ideal	0,13
W-X	0,85	1,95	Ideal	-
X-Y	0,85	1,97	Ideal	-
Y-Z	0,85	1,82	Ideal	-

LAMPIRAN G

SPESIFIKASI ALAT ANGKUT TONLY TL859R



Sumber: Dokumentasi Penulis, 2026

NO	Uraian	Speesifikasi
	Nama	
1	Mesin	Weichai 460 HP
2	Transmisi	Automatic Transmission
3	Konfigurasi Gandar	6 x 6
5	Kapasitas Vessel	24 m ³
6	Kecepatan Maksimum	50 km/jam
7	Sistem Kemudi	Full Hydraulic Steering

Sumber: <https://www.sanyglobal.com>

LAMPIRAN H

SPESIFIKASI MOTOR GRADER GD705-5



Sumber: Dokumentasi Penulis, 2026

NO	Uraian	Speesifikasi
	Nama	Komatsu GD705-5
1	Mesin	Komatsu SAA6D114E-3
2	Tenaga Mesin	250 HP
3	Transmisi	Powershift
4	Panjang Blade	4,32 m
5	Kecepatan Maksimum Maju	42,5 km/jam
6	Radius Putar	7,6 m

Sumber: <https://product.unitedtractors.com>

LAMPIRAN I

SPESIFIKASI BULLDOZER D85ESS-2



Sumber: Dokumentasi Penulis, 2026

NO	Uraian	Spesifikasi
	Nama	Komatsu D85ESS-2
1	Mesin	Komatsu S6D125E-2
2	Tenaga	215 HP
3	Jumlah Silinder	6
4	Berat Operasi	20,6 Ton
5	Kapasitas Blade	3,4 m ³
6	Panjang Keseluruhan	5,5 m
7	Kapasitas Tangki Bahan Bakar	400 Liter
8	Sistem Hidrolik	OLSS

Sumber: <https://product.unitedtractors.com>

LAMPIRAN J

SPESIFIKASI COMPACTOR SV526D



Sumber: Dokumentasi Penulis, 2026

NO	Uraian	Speesifikasi
	Nama	SV526D
1	Mesin	Isuzu 4BG1T
2	Berat Operasional	10,32 Ton
3	Panjang Unit	5,8 m
5	Lebar Unit	2,3 m
6	Diameter Drum	1,5 m
7	Frekuensi Getaran	33,3 Hz
8	Gaya Sentrifugal	172 kN

Sumber: <https://TeknologiSurvey.com>

LAMPIRAN K

SPESIFIKASI WATER TRUCK XCMG G5



Sumber: Dokumentasi Penulis, 2026

NO	Uraian Nama	Speesifikasi XCMG G5
1	Mesin	Weichai Euro 2
2	Transmisi	Manual 9 Percepatan
3	Tenaga	290 HP
5	Sistem Pompa	Pompa Sentrifugal Self Priming
6	Jangkauan Water Cannon	30 m
7	Lebar Penyiraman	14 m
8	Kapasitas Tangki	25.000 L

Sumber: <https://xcmg.com>

LAMPIRAN L

SPESIFIKASI FUEL TRUCK ISUZU GIGA FVR



Sumber: Dokumentasi Penulis, 2026

NO	Uraian	Speesifikasi
	Nama	Isuzu Giga FVR
1	Mesin	6HK1-TCS
2	Silinder	7.7990 cc
3	Tenaga Maksimum	285 HP
5	Torsi Maksimum	2.400 rpm
6	Berat Unit	16 Ton
7	Kapasitas Tangki	200 Liter

Sumber: <https://isuzu-astra.com>

LAMPIRAN M
PETA ORTHO MARET 2026



LAMPIRAN N

DOKUMENTASI LAPANGAN



