

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

Evaluation of Coal Haul Road Geometry from the Coal Extraction Loading Front to the Hopper at the West Pit of PT Lematang Coal Lestari (CBE Site)

Imam Reno Saputra^{*1}, Ahmad Husni², Dedi Yansen³

Universitas Prabumulih^{1,2,3}

*imamrenosaputra@gmail.com

Abstrak

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, Keselamatan Pertambangan.

Abstract

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 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, Mining Safety.



© 2026 Imam Reno Saputra. Published by Yayasan Pendidikan Literasi Borneo (Nomor AHU-0031523.AH.01.04.Tahun 2025). This is Open Access article under the CC-BY-SA License (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

PENDAHULUAN

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.

METODOLOGI

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. 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

Tujuan penelitian ini meliputi: 1) evaluasi dan analisis 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) rekomendasi upaya perbaikan yang nyata dan terukur yang diperlukan, khususnya pada segmen segmen jalan seperti lebar jalan (pada bagian lurus dan tikungan), kemiringan memanjang (grade), kemiringan melintang (cross slope), tanggul keselamatan (safety berm), jari jari tikungan dan superelevasi; 3) optimasi serta peningkatan kualitas geometri jalan angkut batubara di lingkungan kerja perusahaan¹. Jenis dan Desain Penelitian. Menjelaskan bentuk pendekatan yang dipakai, apakah kuantitatif, kualitatif, atau metode campuran (mixed methods). Menyebutkan desain atau strategi spesifik yang digunakan, misalnya eksperimen, deskriptif, studi kasus, atau survei.

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: Observasi Lapangan, Pengambilan Data, Pengumpulan Data (studi pustaka, studi lapangan, dokumentasi), Pengolahan Data dan Analisis Data (diolah melalui perhitungan dengan menggunakan persamaan/ rumus-rumus relevan yang dikumpulkan dan dikalkulasikan berdasarkan standar Kepmen ESDM 1827), dan Kesimpulan (hasil dari pengolahan data selanjutnya akan di gunakan untuk membandingkan dengan standar teknis yang berlaku yaitu berdasarkan standar Kepmen ESDM 1827.)

HASIL DAN PEMBAHASAN

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.

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. Berdasarkan perhitungan, diperoleh lebar jalan ideal untuk jalur ganda dari front loading *coal getting* menuju *hopper* sebesar 12,5 meter.

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. 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. 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.

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). Berdasarkan pengamatan langsung di lapangan 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. 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.

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, 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 diterapkan adalah 1,13 m (Lampiran F)

Penulis menemukannya 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 $\frac{1}{2}$ (setengah) dari diameter ban terbesar yang melintasi jalur tersebut. 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.

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

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 menggunakan *bulldozer*. *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. 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*). 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.

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.

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.

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.

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.

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 seperti terbentuknya alur (*rutting*), gelombang, hingga amblasan (*pothles*). Oleh karena itu, kegiatan perataan jalan angkut (*grading operation*) secara rutin wajib diperlukan sebagai langkah pemeliharaan preventif guna mempertahankan kerataan permukaan lintasan dan menjaga kestabilan kemiringan melintang (*cross slope*) agar tidak menggenang saat hujan, serta mengembalikan kualitas kenyamanan berkendara demi menjaga produktivitas dan keselamatan operasional penambangan.

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. 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. 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*.

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.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengambilan data secara langsung di lapangan serta menganalisis kondisi geometri jalan angkut sepanjang 2,6 km di Pit Barat PT Lematang Coal Lestari Site CBE maka dapat ditarik kesimpulan yaitu:

1. Kondisi aktual geometri jalan angkut yaitu:
 - a. 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.
 - b. 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.
 - c. 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%.
 - d. Kemiringan melintang jalan (*cross slope*) di jalur angkut batubara ini sudah tergolong ideal dengan rata-rata di kisaran 2%.
 - e. 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:

- a. Melakukan pelebaran jalan secara mekanis menggunakan *Bulldozer Komatsu D85ESS-2* untuk memotong tebing (*cut*) atau menimbun material (*fill*) pada sisi-sisi jalan yang sempit.
- b. Memangkas atau memperlebar radius tikungan pada sisi dalam jalur guna mengakomodasi perbedaan lintasan roda depan-belakang serta bagian tonjolan kendaraan (*juntai*).
- c. 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.
- d. 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.
- e. Membentuk superelevasi sebesar 2% pada area tikungan dengan membentuk beda tinggi antara sisi jalan bagian dalam dan luar sekitar 50 cm hingga 70 cm.
- f. 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.

Berdasarkan hasil dari penelitian, 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.

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. Kesimpulan dibuat dalam satu paragraf tanpa sitasi memuat simpulan akhir serta saran untuk kegiatan.

REFERENSI

- 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 Disposal 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 dan 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.