



Analisis Perubahan Elevasi Geometri Jalan Hauling Road Terhadap Produktivitas Pertambangan Di Kabupaten Tanah Bumbu, Kalimantan Selatan

Febri Gunawan^{1*}, Moh. Abdul Basyid

¹Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Bandung, Bandung, Indonesia

Article Info

Article history:

Received Oktober 9, 2026
Revised Oktober 9, 2026
Accepted Oktober 9, 2026

Kata Kunci:

Hauling road,
RTK GNSS,
Grade Jalan,
Produktivitas,
Regresi Linier

Keywords:

Hauling road,
RTK GNSS,
Road gradient,
Productivity,
Linear regression

ABSTRAK

Penelitian ini menganalisis perubahan elevasi geometri hauling road sepanjang 3 km (STA 24+000 – STA 26+000) di PT Borneo Indobara serta dampaknya terhadap produktivitas Dump Truck Quester CWE 280. Pengukuran terestris menggunakan metode Real-Time Kinematic (RTK) GNSS, kemudian dianalisis dengan uji korelasi Pearson dan regresi linier sederhana. Hasil menunjukkan longitudinal grade memenuhi standar Kepmen ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018 ($\leq 8\%$). Namun, seluruh segmen mengalami deformasi kemiringan melintang ($> 3\%$). Persamaan regresi $Y = 27,315 - 1,969X$ ($r = -0,523$; $R^2 = 27,35\%$) membuktikan setiap kenaikan grade 1% menurunkan produktivitas 1,969 LCM/jam/unit. Rekayasa penimbunan (fill) dan perataan permukaan direkomendasikan untuk mengembalikan performa alat angkut.

ABSTRACT

This study analyzes changes in the geometric elevation of a 3 km haul road (STA 24+000 – STA 26+000) at PT Borneo Indobara and their impact on the productivity of Quester CWE 280 dump trucks. Terrestrial measurements were conducted using the Real-Time Kinematic (RTK) GNSS method, followed by analysis using Pearson correlation and simple linear regression. The results indicate that the longitudinal grade complies with the standards set by the Ministry of Energy and Mineral Resources Decree No. 1827 K/30/MEM/2018 ($\leq 8\%$). However, all segments exhibited cross-slope deformation exceeding the limit ($> 3\%$). The regression equation $Y = 27.315 - 1.969X$ ($r = -0.523$; $R^2 = 27.35\%$) demonstrates that every 1% increase in grade reduces productivity by 1.969 LCM/hour/unit. Fill engineering and surface leveling are recommended to restore the performance of the hauling equipment.

This is an open access article under the CC BY license



Corresponding Author:

Febri Gunawan
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Bandung,
Bandung, Indonesia
Email: febri.gunawan@mhs.itenas.ac.id

1. PENDAHULUAN

PT Karya Halim Sampoerna merupakan perusahaan konstruksi yang berpusat di Kota Palangkaraya, Kalimantan Tengah. Saat ini perusahaan tersebut mengerjakan proyek di bidang

pertambangan, salah satunya pekerjaan pada jalan hauling road di area PT Borneo Indobara yang berlokasi di Kabupaten Tanah Bumbu, Provinsi Kalimantan Selatan.

Pada tahun 2026, target produksi PT Borneo Indobara adalah sebesar 4.500.000 ton per bulan. Namun, realisasi produksi hanya mencapai 4.300.000 ton per bulan sehingga masih terdapat kekurangan produksi sebesar 200.000 ton per bulan.

Kondisi jalan tambang yang kurang baik, seperti lebar jalan yang belum ideal, superelevasi yang tidak sesuai, dan cross slope yang tidak tepat, dapat menyebabkan terjadinya antrian kendaraan, penurunan kecepatan alat, dan penurunan produktivitas. Selain itu, kondisi geometri yang tidak memenuhi standar dapat menyebabkan terbentuknya genangan air setelah hujan sehingga kelancaran operasi menjadi terganggu. [1], [2], [3], [4], [5]

Permasalahan tersebut menunjukkan pentingnya evaluasi terhadap elevasi dan geometri jalan tambang. Untuk memastikan kegiatan pengangkutan bahan galian berlangsung aman, efisien, dan produktif, penelitian ini dilakukan dengan fokus pada analisis perubahan elevasi geometri jalan hauling road. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan rekomendasi perbaikan yang mampu meningkatkan performa alat angkut serta mendukung ketercapaian target produksi perusahaan. [6], [7]

2. METODE

Dalam penelitian ini, metode penelitian yang digunakan adalah penggabungan antara teori dengan data - data lapangan. Adapun urutan pekerjaan dalam penelitian ini yaitu : [8]

2.1 Studi Literatur

Mencari dan mempelajari teori-teori yang berhubungan dengan masalah yang akan diteliti melalui buku, peraturan perundangan, modul kuliah, maupun penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya berupa penelitian dan skripsi atau laporan perusahaan. Dilakukan untuk mengetahui data yang akan diambil dan sebagai dasar teori yang akan diolah dengan data data yang didapatkan dari Lapangan.

2.2 Observasi Lapangan

Kegiatan orientasi lapangan yang dilakukan berupa pengamatan langsung terhadap kondisi umum di lokasi penelitian secara visual seperti pengamatan kondisi lapangan dan kegiatan yang terkait dengan pelaksanaan penelitian.

2.3 Pengambilan Data

- a. Data Primer 1) Data Geometri jalan angkut 2) Waktu edar alat angkut
- b. Data Sekunder 1) Spesifikasi alat angkut 2) Data produktivitas

2.4 Pengolahan Data

Data yang diperoleh kemudian dikelompokkan sesuai dengan kegunaannya untuk lebih memudahkan dalam menganalisisnya, yang selanjutnya disajikan dalam bentuk tabel pengamatan, grafik, atau perhitungan penyelesaian. Penentuan geometri jalan dianalisis menurut AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials).

2.5 Analisis Data

Hasil pengolahan data digunakan untuk mengetahui kemampuan produktivitas alat muat dan alat angkut yang digunakan. Kemudian menentukan faktor-faktor penyebab tidak tercapainya sasaran produktivitas.

2.6 Kesimpulan dan Saran

Faktor apa saja yang dapat mempengaruhi kemampuan produktivitas alat muat dan alat angkut, serta upaya apa saja yang dapat dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut dapat diketahui dari hasil pengolahan data.

2.7 Dasar Teori dan Parameter Geometri Jalan Tambang

Jalan Tambang menurut KEPMEN ESDM (2018), jalan pertambangan adalah jalan khusus yang diperuntukkan untuk kegiatan pertambangan dan berada di area pertambangan atau area proyek yang terdiri atas jalan penunjang dan jalan tambang. Jalan tambang/produksi adalah jalan yang terdapat pada area pertambangan dan/atau area proyek yang digunakan dan dilalui oleh alat pemindah tanah mekanis dan unit penunjang lainnya dalam kegiatan pengangkutan tanah penutup, bahan galian tambang, dan kegiatan penunjang pertambangan. Fungsi utama jalan angkut tambang secara umum adalah untuk menunjang kelancaran operasi penambangan terutama dalam kegiatan pengangkutan. Medan berat yang terdapat di sepanjang rute jalan tambang harus diatasi dengan mengubah rancangan jalan untuk meningkatkan manfaat dan keselamatan kerja. Geometri jalan angkut yang harus diperhatikan meliputi aspek yang sama seperti pada jalan raya pada umumnya, yaitu lebar jalan angkut, jari-jari tikungan dan superelevasi, kemiringan jalan, dan cross slope. Alat angkut atau truk-truk tambang umumnya berdimensi lebih lebar, panjang dan lebih berat dibanding kendaraan angkut yang bergerak di jalan raya. Oleh sebab itu, geometri jalan harus sesuai dengan dimensi alat angkut yang digunakan agar alat angkut tersebut dapat bergerak leluasa pada kecepatan normal dan aman [10]. Berdasarkan kondisinya, lebar jalan angkut dibagi menjadi 2, yaitu lebar jalan angkut pada kondisi lurus dan pada kondisi belokan. [9], [10]

2.7.1 Lebar Jalan Angkut pada Kondisi Lurus

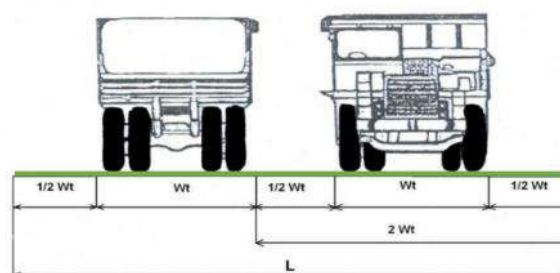
Lebar jalan angkut minimum untuk jalur ganda atau lebih, yang dapat dilihat pada Gambar 1 [11]. Rumus untuk menghitung lebar jalan minimum pada jalan lurus adalah : [11]

$$L(m) = n.Wt + (n + 1) (1/2.Wt)$$

Lm : Lebar jalan angkut minimum, (m)

n : Jumlah jalur

Wt : Lebar alat angkut, (m)



Gambar 1. Lebar Jalan Angkut Dua Jalur

2.7.2 Lebar Jalan Angkut pada Tikungan

Lebar jalan angkut minimum pada tikungan selalu lebih besar daripada jalan angkut pada jalan lurus. Rumus yang digunakan untuk menghitung lebar jalan angkut minimum pada belokan Gambar 2. adalah : [11]

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

$$C = Z = \frac{1}{2} (U + Fa + Fb)$$

Keterangan :

W : Lebar jalan angkut pada tikungan, (m)

n : Jumlah jalur

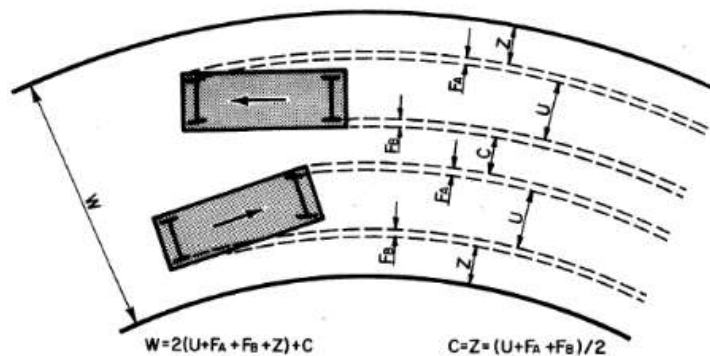
U : Jarak jejak roda kendaraan

Fa : Lebar jantai depan (m), (jarak as depan dengan bagian depan x sinus sudut penyimpangan roda)

Fb : Lebar jantai belakang (m), (jarak as belakang dengan bagian belakang x sinus sudut penyimpangan roda)

C : Jarak antara dua truk yang akan bersimpangan, (m)

Z : Jarak sisi luar truk ke tepi jalan, (m)



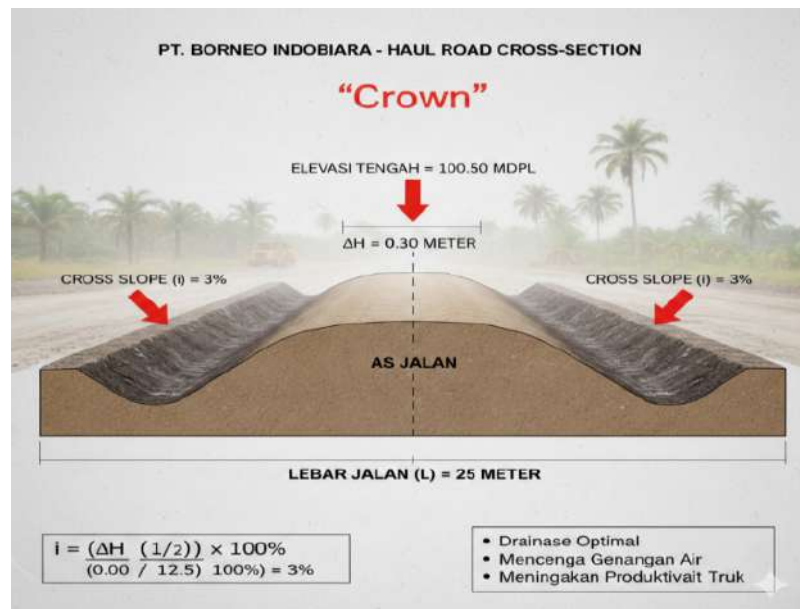
Gambar 2. Lebar Jalan Angkut untuk Dua Jalur pada Tikungan (Kaufman, 1979)

2.7.3 Superelevasi

Superelevasi adalah kemiringan jalan pada tikungan yang terbentuk oleh batas antara tepi jalan terluar dengan tepi jalan terdalam dikarenakan perbedaan kemiringan. Tujuan superelevasi pada daerah tikungan jalan angkut agar menghindari agar menghindari atau mencegah kendaraan tergelincir keluar jalan atau terguling. Superelevasi juga berguna untuk mengimbangi gaya sentrifugal sewaktu kendaraan melintasi tikungan.

2.7.4 Cross Slope

Cross slope merupakan sudut yang dibentuk oleh dua sisi permukaan jalan terhadap bidang horizontal. Jalan angkut umumnya memiliki bentuk penampang melintang cembung, hal tersebut bertujuan untuk memperlancar penyaliran di jalan angkut sehingga apabila hujan turun atau sebab lain, air yang ada di permukaan jalan akan segera mengalir menuju tepi jalan [10]. Dengan demikian air tidak akan terkumpul pada permukaan jalan sehingga jalan akan tetap terpelihara dengan baik dan tidak membahayakan kendaraan. Cross slope dapat dihitung berdasarkan Gambar 3 di bawah ini: [10]



Gambar 3. Penampang Melintang Jalan Angkut

2.7.5 Kemiringan Jalan Angkut

Kemiringan (grade) jalan angkut merupakan suatu faktor penting yang harus diamati secara detail dalam kegiatan kajian terhadap kondisi jalan tambang. Kemiringan jalan angkut biasanya dinyatakan dalam persen (%) yang dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut : [8], [12]

$$S = \Delta h / L$$

Keterangan :

S : Cross slope (dalam persen)

Δh : Perbedaan tinggi vertikal antara titik tertinggi (biasanya crown atau as jalan) dan titik terendah (tepi jalan).

L (jarak horizontal) : panjang mendatar (m)

2.7.6 Waktu Edar (Cycle Time)

Waktu yang dibutuhkan suatu unit untuk menyelesaikan produksi dari awal sampai akhir. Waktu Edar Alat Angkut Terdiri dari waktu mengatur posisi untuk dimuati, waktu diisi muatan, waktu menngangkut muatan, waktu dumping dan waktu kembali kosong. Rumusan untuk menghitung waktu edar alat angkut adalah:

$$CTa = Ta1 + Ta2 + Ta3 + Ta4 + Ta5 + Ta6$$

Keterangan :

Cta : Waktu edar alat angkut, menit

Ta1 : Waktu pemuatan material, menit

Ta2 : Waktu mengangkut muatan, menit

Ta3 : Waktu penumpahan muatan, menit

Ta4 : Waktu antri dan manuver, menit

Ta5 : Waktu mengambil posisi siap dimuati, menit

2.7.7 Produktivitas Alat Angkut

Rumus yang umum dipakai untuk perhitungan produktivitas alat angkut adalah:

$$Q = N \times 60 \times k_t \times E_k \times SFCT \dots\dots (\text{Persamaan.16})$$

Dimana :

Kt : Kapasitas vessel (m3)

Ek : Efisiensi (%)

Ct : Cycle time dari dumptruck (menit)

SF : Swell Faktor

Na : Jumlah alat angkut (unit)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Evaluasi Geometri Jalan Aktual

3.1.1 Profil Memanjang (Longitudinal Grade)

Hasil pengukuran terestris profil memanjang dari STA 24+000 hingga STA 26+050 menunjukkan nilai kemiringan bervariasi antara -4,13% hingga +2,48% (Tabel 1). Seluruh segmen berada di bawah ambang batas maksimum $\leq 8,00\%$ sesuai standar Kepmen ESDM No. 1827 Tahun 2018, sehingga dinyatakan aman dan memenuhi standar teknis memanjang. [9]

Tabel 1. Hasil Pengolahan Data Profil Memanjang Jalan Hauling Phase 7

Segmen / STA	Jarak Horizontal (m)	Beda Tinggi (m)	Grade Aktual (%)	Standar ESDM	Keterangan
STA 24+000 - STA 24+175	175,00	2,78	1,59%	$\leq 8,00\%$	Memenuhi Standar
STA 24+175 - STA 24+275	100,00	0,10	0,10%	$\leq 8,00\%$	Memenuhi Standar
STA 24+275 - STA 24+475	200,00	2,93	1,47%	$\leq 8,00\%$	Memenuhi Standar
STA 25+200 - STA 25+400	200,00	-8,26	-4,13%	$\leq 8,00\%$	Memenuhi Standar
STA 25+725 - STA 25+925	200,00	4,95	2,48%	$\leq 8,00\%$	Memenuhi Standar

3.1.2 Profil Melintang (Cross Slope/Lateral Grade)

Sebaliknya, pengamatan profil melintang pada kondisi akhir menunjukkan deviasi signifikan akibat degradasi perkerasan jalan. Pada kondisi awal, kemiringan melintang berada pada kisaran ideal 1,91% - 3,00%. Namun, pada pengamatan akhir operasional, seluruh segmen melampaui batas toleransi 2 - 3% dengan nilai grade berkisar antara 2,65% hingga 3,89% (Tabel 2). [4]

Tabel 2. Perbandingan Kemiringan Melintang Awal dan Akhir (Sisi Muatan)

Segmen / STA	Grade Awal (%)	Grade Akhir (%)	Lebar Jalan (m)	Evaluasi Standar ESDM
STA 24+000 - STA 24+200	2,87%	3,89%	5,60	Tidak Memenuhi Standar
STA 24+200 - STA 24+400	2,86%	3,56%	5,60	Tidak Memenuhi Standar
STA 25+000 - STA 25+200	2,82%	3,57%	5,65	Tidak Memenuhi Standar
STA 25+800 - STA 26+000	2,94%	3,60%	5,64	Tidak Memenuhi Standar

Peningkatan kemiringan melintang ($> 3\%$) berpotensi memicu pembentukan alur (rutting), ketidakrataan permukaan, pengikisan bahu jalan, serta bahaya ketidakstabilan fisik kendaraan angkut bermuatan berat. [2]

3.2 Efisiensi Kerja dan Produktivitas Alat Angkut

Dari total jam kerja tersedia sebesar 540 menit/shift (9 jam/hari), diperoleh rata-rata hambatan kerja sebesar 117,16 menit. Hambatan yang dapat dihindari mencakup 33,25 menit/hari, sedangkan hambatan tidak dapat dihindari mencapai 83,91 menit/ hari. Dengan demikian, diperoleh waktu kerja efektif sebesar: [13]

Sehingga tingkat efisiensi kerja operasional (Ek) ditetapkan sebesar 78,30%. Berdasarkan pengamatan waktu edar rata-rata Dump Truck Quester CWE 280 ($CT = 38,86$ min pada kondisi jalan mengalami deviasi), produktivitas rata-rata aktual tercapai sebesar 20,55 LCM/jam/unit.

$$W_e = 540 - 117,16 = 422,84 \text{ min/shift (7,05 jam/hari)}$$

Sehingga tingkat efisiensi kerja operasional (Ek) ditetapkan sebesar 78,30%. Berdasarkan pengamatan waktu edar rata-rata Dump Truck Quester CWE 280 ($CT = 38,86$ min pada kondisi jalan mengalami deviasi), produktivitas rata-rata aktual tercapai sebesar 20,55 LCM/jam/unit.

3.3 Analisis Hubungan Elevasi (Grade) terhadap Produktivitas

Uji statistik korelasi dan regresi linier dilakukan pada dua kondisi operasional untuk mengevaluasi dampak degradasi elevasi:

Kondisi Awal (Sebelum Perubahan Elevasi): Pada saat geometri jalan masih ideal ($X_{rata-rata} = 2,858\%$), diperoleh nilai $r = 0,083$ dan persamaan $Y = 25,209 + 1,732X$. Hal ini menunjukkan korelasi yang sangat lemah dan tidak signifikan saat geometri masih memenuhi standar. Kondisi Akhir (Setelah Degradasi Elevasi): Setelah terjadi deformasi melintang ($X_{rata-rata} = 3,42\%$), hasil uji statistik berubah secara signifikan:

Korelasi Pearson (r): Bernilai $-0,523$, mengindikasikan korelasi negatif yang kuat dan moderat. Kenaikan persentase grade jalan berbanding terbalik dengan produktivitas. Persamaan Regresi Linier:

$$Y = 27,315 - 1,969X$$

Konstanta $a = 27,315$ menunjukkan produktivitas teoritis maksimum pada jalan datar (0%). Koefisien regresi $b = -1,969$ mengindikasikan bahwa setiap kenaikan grade jalan sebesar 1% , produktivitas berkurang sebesar 1,969 LCM/ jam/unit. Koefisien Determinasi (R^2): Diperoleh nilai $R^2 = 27,35\%$. Sebesar $27,35\%$ variasi penurunan produktivitas disebabkan oleh perubahan elevasi geometri jalan, sementara $72,65\%$ sisanya dipengaruhi variabel lain (kondisi mekanis, hambatan antrean, cuaca).

3.3.1 Temuan Utama dan Ringkasan Model Statistik

Persamaan Regresi Aktual: $Y = 27,315 - 1,969X$ ($r = -0,523$, $R^2 = 27,35\%$). Degradasi elevasi melintang $> 3\%$ terbukti secara signifikan menurunkan efisiensi cycle time dan ritase kendaraan angkut. [14]

3.4 Pembahasan Teknis dan Rekomendasi Rekayasa

Peningkatan grade melintang $> 3\%$ pada segmen kritis (seperti STA 24+000–24+100 dengan grade $3,90\%$ dan STA 25+150 dengan grade $3,57\%$) memicu fenomena keterbatasan daya tarik (rimpull limitation). Pengemudi Dump Truck terpaksa menurunkan transmisi ke gigi rendah (Gigi 1 atau 2), yang menyebabkan penurunan kecepatan dari $25\text{--}30$ km/jam menjadi hanya $8\text{--}10$ km/jam. Penurunan kecepatan ini memperpanjang komponen waktu angkut (t_3) dan menaikkan total cycle time, yang berimbas pada pembengkakan konsumsi bahan bakar (fuel consumption) per LCM material. [1], [14]

3.4.1 Rekomendasi Perbaikan Geometri

Pekerjaan Penimbunan (Fill) dan Perataan (Grade Reduction): Melakukan perbaikan ulang (redesign) pada segmen kritis STA 24+000–24+475 dan STA 25+575–26+025 untuk mengembalikan kemiringan ke batas aman standar 3,00%. [3] Perawatan Rutin Berkelanjutan (Road Maintenance): Pengoperasian unit motor grader dan compactor secara teratur untuk mencegah deformasi permukaan akibat lintasan beban berat. [4] Pemantauan Geodetik Berbasis RTK GNSS: Pelaksanaan survei monitoring geometri jalan secara berkala (minimal 1 bulan sekali) menggunakan RTK GNSS untuk mendeteksi deviasi elevasi secara dini. [7]

4. KESIMPULAN

Profil memanjang jalan hauling Phase 7 (STA 24+000 - 26+050) secara keseluruhan memenuhi standar Kepmen ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018 ($\leq 8,00\%$). Namun, kondisi profil melintang akhir mengalami penurunan kualitas dengan kemiringan melampaui standar (2,65% - 3,89%) pada segmen-segmen kritis.

Produktivitas rata-rata aktual Dump Truck Quester CWE 280 saat terjadi perubahan elevasi adalah 20,55 LCM/jam/unit dengan cycle time 38,86 menit dan efisiensi kerja 78,30%. Terdapat korelasi negatif yang kuat ($r = -0,523$) antara kemiringan jalan (grade) dan produktivitas. Persamaan regresi $Y = 27,315 - 1,969X$ menunjukkan bahwa setiap kenaikan grade sebesar 1% menuntun pada penurunan produktivitas sebesar 1,969 LCM/jam/unit, dengan kontribusi pengaruh perubahan elevasi sebesar 27,35%.

REFERENSI

- [1] Y. D. G. Cahyono, F. A. R. Putri, and E. Dinoy, "Kajian Pengaruh Geometri Jalan Angkut Terhadap Produktivitas di PT. Karebet Mas Indonesia, Site Kutai Energi Kalimantan Timur," *Jurnal GEOSAPTA*, vol. 9, no. 1, pp. 53–59, 2023, doi: 10.20527/jg.v9i1.12860.
- [2] R. Cahyadi, T. Perdana, and E. Harsiga, "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*, vol. 12, no. 2, pp. 55–64, 2021, doi: 10.52506/jtpa.v12i02.135.
- [3] K. M. A. Isnaeni, R. Cahyadi, L. Rianti, and S. Haryadi, "Evaluasi Geometri Jalan Angkut untuk Meningkatkan Produktivitas Alat Angkut Overburden di PT ABC," *Jurnal Teknik Patra Akademika*, vol. 13, no. 2, 2022, doi: 10.52506/jtpa.v13i02.169.
- [4] S. Aqla and S. Sartika, "Evaluasi Produktivitas Alat Angkut Berdasarkan Grade Jalan PT. XYZ Kabupaten Sanggau Kalimantan Barat," *Jurnal GEOSAPTA*, vol. 9, no. 2, 2023, doi: 10.20527/jg.v9i2.15109.
- [5] M. Puspita, Bochori, and A. P. Usman, "Effect of Haul Road Geometry on the Hauler Productivity in Coal Mining," *Jurnal Pertambangan*, vol. 10, no. 3, 2026, doi: 10.36706/0g7gwj92.
- [6] M. Aditya, S. D. Devy, A. J. Pontus, H. Hasan, and A. Winarno, "Evaluasi Geometri Jalan Angkut untuk Meningkatkan Produktivitas Pengangkutan Overburden di Pit Pinang, PT Bukit Baiduri Energi Kabupaten Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur," *Venus: Jurnal Publikasi Rumpun Ilmu Teknik*, vol. 4, no. 2, pp. 76–85, 2026, doi: 10.61132/venus.v4i2.1437.
- [7] A. Mangkusagara, Zaenal, and N. F. Isniarno, "Kajian Geometri Jalan Angkut dari Lokasi Loading Point Menuju Lokasi Dumping," *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, vol. 4, no. 2, 2024, doi: 10.29313/jrtp.v4i2.5144.
- [8] W. Hustrulid, M. Kuchta, and R. Martin, *Open Pit Mine Planning and Design*, 3rd ed. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 2013.

- [9] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, “Keputusan Menteri ESDM Nomor 1827 K/30/MEM/2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik,” Jakarta, 2018. Available: <https://jdih.esdm.go.id/dokumen/view?id=1805>.
- [10] A. Suwandhi, “Perencanaan Jalan Tambang,” Diklat Perencanaan Tambang Terbuka, Universitas Islam Bandung, 2004.
- [11] W. W. Kaufman and J. C. Ault, Design of Surface Mine Haulage Roads: A Manual. U.S. Bureau of Mines, Information Circular 8758, 1978.
- [12] A. Rifandy and Hefni, “Kajian Teknis Geometri Jalan Hauling pada PT Guruh Putra Bersama Site Desa Gunung Sari Kecamatan Tabang Kabupaten Kutai Kartanegara,” Jurnal Geologi Pertambangan, vol. 1, no. 19, 2016, doi: 10.53640/jgp.v1i19.132.
- [13] A. Febriansyah, P. Misdiyanta, M. Paradise, and A. T. Barata, “Evaluasi Geometri Jalan Angkut dari P6000BK14 ke Disposol di PT Sinar Nirwana Sari, Kutai Barat, Kalimantan Timur,” Jurnal Rekayasa Lingkungan, vol. 26, no. 1, 2026, doi: 10.37412/jrl.v26i1.459.
- [14] D. N. R. Efendi, J. Andas, H. Prabowo, and S. R. Yanti, “Dump truck productivity enhancement through haul road geometry correction: a rimpull-based cycle time simulation,” JRTI (Jurnal Riset Tindakan Indonesia), pp. 267–278, 2026, doi: 10.29210/30037011000.