



# Kajian Geometri Jalan Angkut dari Lokasi Loading Point Menuju Lokasi Dumping

Arif Mangkusagara, Zaenal, Noor Fauzi Isniarno\*

*Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung, Indonesia.*

## ARTICLE INFO

### Article history :

Received : 3/10/2024

Revised : 23/12/2024

Published : 29/12/2024



Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

Volume : 4

No. : 2

Halaman : 109 - 116

Terbitan : **Desember 2024**

Terakreditasi Sinta [Peringkat 5](#)  
berdasarkan Ristekdikti  
No. 177/E/KPT/2024

## ABSTRAK

PT Silva Andia Utama adalah perusahaan tambang batu andesit yang beroperasi di Kecamatan Batujajar, Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat. Dengan metode tambang terbuka (surface mining), perusahaan ini menghadapi tantangan dalam mencapai target produksi. Pada September 2023, produksi aktual hanya mencapai 13.654,65 BCM dari target 24.000 BCM, setara dengan 56,89%. Faktor utama yang menghambat adalah geometri jalan yang tidak sesuai standar dan ketidakserasian (match factor) antara alat gali-muat dan alat angkut. Untuk mengatasi masalah ini, perusahaan melakukan evaluasi teknis berbasis Keputusan Menteri ESDM 1827 tahun 2018 dan AASHTO 1965. Fokus evaluasi adalah perbaikan geometri jalan untuk mendukung produktivitas. Awalnya, match factor tercatat sebesar 0,42, dengan produksi 47,74 BCM/jam menggunakan 1 unit excavator Hitachi Zaxis 350 H dan 2 unit dump truck Mitsubishi Fuso 220 PS. Setelah optimasi, match factor meningkat menjadi 0,74, dengan produksi 87,02 BCM/jam. Hasilnya, produksi bulanan mencapai 24.887,94 BCM, melampaui target dengan persentase ketercapaian 103,70%. Kajian ini menunjukkan pentingnya evaluasi teknis dalam meningkatkan efisiensi operasional, terutama terkait geometri jalan dan penggunaan alat mekanis, untuk mendukung pencapaian target produksi perusahaan.

**Kata Kunci :** Produksi, Produktivitas, Match Factor, Geometri Jalan

## ABSTRACT

PT Silva Andia Utama operates in the andesite stone mining sector, located in Batujajar District, West Bandung Regency, West Java. The company employs surface mining methods and faced challenges in September 2023 when actual production reached only 13,654.65 BCM, achieving 56.89% of the 24,000 BCM target. The shortfall was attributed to substandard road geometry and an inefficient match factor between loading and hauling equipment. To address these issues, a technical evaluation was conducted, referencing the Minister of Energy and Mineral Resources Decree 1827 of 2018 and AASHTO 1965 standards. The evaluation aimed to improve road geometry and optimize equipment performance. Findings revealed a match factor of 0.42 and production of 47.81 BCM/hour using one Hitachi Zaxis 350 H excavator and two Mitsubishi Fuso 220 PS dump trucks. Following optimization efforts, productivity increased to 87.02 BCM/hour, with the match factor improving to 0.74. Monthly production rose to 24,887.94 BCM, exceeding the target with a 103.70% achievement rate. This case highlights the critical role of technical evaluations in optimizing equipment operations and road conditions, ensuring effective and efficient achievement of production goals.

**Keywords:** Production, Productivity, Match Factor, Road Geometry

Copyright© 2024 The Author(s).

## A. Pendahuluan

Dalam pengangkutan kelancaran serta keamanan pada saat operasi pengangkutan itu akan selalu berkaitan dengan interaksi antara jalan angkut dan alat angkut itu sendiri (Dynand et al., 2022; Irham Firmansyah et al., 2022). Jika geometri jalan, penggunaan dimensi alat angkut yang digunakan serta distribusi beban terhadap jalan sesuai dengan persyaratan, maka jalan angkut ini akan memberikan kontribusi yang cukup besar untuk kelancaran dan keamanan operasi pengangkutan (Sukirman, 2015).

Berdasarkan informasi pada PT Silva Andia Utama bahwa yang terjadi aktual di lapangan terdapat kendala yang menyebabkan tidak tercapainya target produksi sebesar 24.000 BCM/Bulan selama bulan September 2023. Terdapat beberapa faktor yang menyebabkan tidak tercapainya target, salah satunya terjadi pada kondisi geometri jalan aktual yang tidak sesuai dengan regulasi KEPMEN ESDM No. 1827/30/MEM/2018 (Anonim, 2018) dan standar AASHTO (*The American Association of State Highway and Transportation Officials*) (Anonim, 1993).

Kondisi geometri jalan sangat mempengaruhi produktivitas alat angkut yang melewati jalan tersebut (Talawi et al., n.d.). Dalam hal ini perlu dilakukannya evaluasi apa yang menjadi hambatan aktual dilapangan terutama pada geometri jalan dan distribusi beban terhadap jalan (Erlan Adiya Jamil et al., 2024), dikarenakan operasi pengangkutan ini merupakan peranan yang sangat penting dalam ketercapaian target pekerjaan (Ananda & Anaperta, 2019). Oleh karena itu, diperlukannya kajian mengenai rancangan geometri jalan yang baik guna tercapainya operasi pengangkutan yang sesuai dengan target (Arif & Adisoma, 2005).

## B. Metode Penelitian

### Teknik Pengambilan Data

Pengambilan data dalam penelitian ini menggunakan data primer dan sekunder. Data primer mencakup waktu kerja, waktu hambatan, *cycle time*, alat gali-muat dan angkut (Sarmidi et al., 2023), *fill factor*, *swell factor*, target produksi, koordinat jalan, jari-jari superelevasi, kemiringan melintang (*cross slope*), kemiringan jalan (*grade*), dan *rmpull*. Sementara itu, data sekunder meliputi peta topografi, spesifikasi alat, Kepmen ESDM No. 1827/K/MEM/2018, serta panduan dari *The American Association of Highway and Transportation Officials* (AASHTO).

### Teknik Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan rumus-rumus Pemindahan Tanah Mekanis dari data-data yang telah didapatkan pada pengukuran di lapangan seperti kondisi jalan, waktu kerja, waktu edar (*cycle time*) (Eva Indriani Sanggalangi et al., 2022), waktu hambatan, dan *fill factor* secara aktual dengan menggunakan *Microsost Excel* (Prodjosumanto, 1996).

### Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan metode perbandingan (komparatif) antara geometri jalan aktual dengan standar AASHTO, perbandingan antara produksi pengangkutan aktual dengan target produksi dan perbandingan produksi pengangkutan aktual dengan produksi setelah dilakukan perbaikan (Anonim, 2013).

## C. Hasil dan Pembahasan

### Geometri Jalan Tambang

Geometri jalan di lokasi penelitian meliputi lebar jalan, kemiringan jalan, kemiringan melintang, jari-jari tikungan, dan superelevasi (Prodjosumarto, 1993).

Jalan angkut di lokasi penelitian dari loading point menuju dumping point memiliki jarak 704,42 m. berdasarkan data geometri jalan yang didapatkan dibuat sketsa jalan angkut dan penampang yang dapat mempresentasikan keadaan di lokasi penelitian, dapat dilihat pada gambar (Suwandhi, 2004).



**Gambar 1.** Peta Situasi Hauling

**Lebar Jalan Angkut**

Lebar jalan di lokasi penelitian dibagi menjadi lebar jalan lurus dan lebar jalan tikungan. Berdasarkan spesifikasi alat angkut Mitsubishi fuso FN 527 ML didapatkan rekomendasi lebar jalan lurus satu jalur sebesar 4,92 m, dan lebar jalan lurus dua jalur sebesar 8,61 m. Pada jalan tikungan didapatkan rekomendasi jalan tikungan sebesar 13,12 m (Laksana & Iswandaru, 2022). Perhitungan lebar jalan angkut dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut:

Lebar jalan lurus

$$Lmin = (n \times Wt) + [(n + 1) \times (0,5 \times Wt)]$$

Lebar jalan tikungan

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

$$z = \frac{U + Fa + Fb}{2}$$

**Tabel 1.** Lebar Jalan Kondisi Lurus

KONDISI LURUS						
Segmen	Kondisi Jalur	Jumlah Jalur	Berdasarkan Perhitungan (m)	Lebar Jalan Lurus Aktual (m)	Penambahan Lebar dan Pengurangan Jalan (m)	Lebar Jalan Rekomendasi (m)
A - B	Lurus	1	4,92	6,20	0,00	6,20
B - C	Lurus	2	8,61	11,20	0,00	11,20
C - D	Lurus	2	8,61	24,30	-15,69	8,61
D - E	Lurus	2	8,61	18,45	-9,84	8,61
H - I	Lurus	2	8,61	9,70	0,00	9,70
I - J	Lurus	1	4,92	4,30	0,62	4,92
J - K	Lurus	1	4,92	3,90	1,02	4,92
K - L	Lurus	2	8,61	4,70	3,91	8,61
L - M	Lurus	2	8,61	7,10	1,51	8,61
P - Q	Lurus	1	4,92	6,39	0,00	6,39
Q - R	Lurus	1	4,92	4,00	0,92	4,92
R - S	Lurus	1	4,92	4,70	0,22	4,92
S - T	Lurus	2	8,61	12,10	-3,49	8,61
T - U	Lurus	1	4,92	5,35	0,00	5,35
U - V	Lurus	1	4,92	5,75	0,00	5,75

**Tabel 2.** Lebar Jalan Kondisi Tikungan

KONDISI TIKUNGAN				
Segmen	Rencana Berdasarkan Perhitungan (m)	Lebar Jalan Belokan Aktual (m)	Penambahan Lebar Jalan (m)	Lebar Jalan Rekomendasi (m)
E - F - G	13,12	9,40	3,72	13,12
M - N - O	13,12	10,1	3,02	13,12

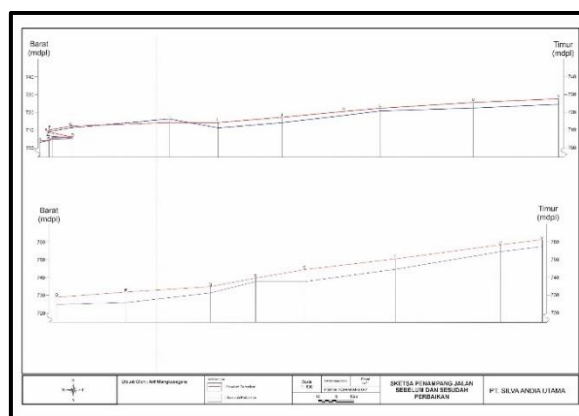
**Kemiringan (Grade) Jalan**

Kemiringan jalan diukur dengan melakukan perbandingan antara beda tinggi dengan jarak datar pada setiap segmen jalan. Berdasarkan Kepmen No. 1827/K/30/MEM/2018 (Anonim, 2018) kemiringan maksimum adalah sebesar 12%.

**Tabel 3.** Rekapitulasi Kemiringan Jalan

Rekapitulasi Kemiringan Jalan									
Segmen	Jarak Datar (m)	Elevasi (mdpl)	Beda Tinggi Topografi (m)	Jarak Aktual/Miring (m)	Grade Aktual (%)	Grade Standar	Pengurangan Beda Tinggi (m)	Grade Setelah Perbaikan (%)	Panjang Jalan Setelah Perbaikan
A - B	11,40	704	1,00	11,44	8,77	12,00	0	8,77	12,40
B - C	6,08	705	1,00	6,16	16,45	12,00	1,27	12,00	6,61
C - D	8,49	706	1,00	8,55	11,78	12,00	0	11,78	9,49
D - E	15,00	707	2,00	15,13	13,33	12,00	0,20	12,00	18,24
E - F	18,68	709	2,00	18,79	10,71	12,00	0	10,71	22,68
F - G	15,00	711	2,00	15,13	13,33	12,00	0,20	12,00	18,24
G - H	68,10	713	2,00	68,13	2,94	12,00	0	2,94	72,10
H - I	30,02	715	-1,00	30,04	-2,22	12,00	0	-3,33	31,02
I - J	46,04	714	3,00	46,14	6,52	12,00	0	6,52	55,04
J - K	28,00	717	3,00	28,16	10,71	12,00	0	10,71	37,00
K - L	26,02	720	2,00	26,10	7,69	12,00	0	7,69	30,02
L - M	13,45	722	2,00	13,60	14,87	12,00	0,39	12,00	16,05
M - N	120,62	724	2,00	120,64	1,66	12,00	0	1,66	124,62
N - O	20,88	726	2,00	20,98	9,58	12,00	0	9,58	24,88
O - P	41,48	728	3,00	41,59	7,23	12,00	0	7,23	50,48
P - Q	41,11	731	5,00	41,41	12,16	12,00	0,07	12,00	65,45
Q - R	36,50	736	5,00	36,84	13,70	12,00	0,62	12,00	55,69
R - S	26,68	741	3,00	26,85	11,24	12,00	0	11,24	35,68
S - T	53,15	744	6,00	53,49	11,29	12,00	0	11,29	89,15
T - U	41,05	750	8,00	41,82	19,49	12,00	3,07	12,00	65,32
U - V	36,67	758	3,00	36,79	8,18	12,00	0	8,18	45,67

Panjang jalan setelah dilakukan perbaikan mengalami penambahan yang semula 704,42 m menjadi 885,82 m.



**Gambar 2.** Sketsa Penampang Jalan Sebelum dan Sesudah Perbaikan

**Rimpull**

Pada saat dilapangan didapatkan nilai Coefficient of Traction untuk ban karet masuk kategori “wet, clay loam” dengan range 40-50%. Untuk nilai rolling resistance termasuk dalam kondisi “dirt road, average construction road, little maintained” yang menunjukkan bahwa kondisi jalan tidak terlalu bagus dan juga sedikit terawat dengan baik sehingga didapat nilai 100 lbs/ton. Sedangkan untuk nilai grade resistance didapat sebesar 20 lbs/ton/% dan untuk nilai acceleration didapat sebesar 20 lbs/ton. Daya mesin alat angkut (HP) sebesar 220 HP dengan efisiensi mesin sebesar 87%. Dari data tersebut dilakukan pengolahan rimpull untuk tiap gear dengan persamaan berikut (Dimas Gumelar et al., 2024; Rizki Purnama et al., 2021).

**Tabel 4.** Rimpull Setiap Gear

Gear	Kecepatan (mph)	Kecepatan (km/jam)	Efisiensi mesin	HP	Rimpull (lb)
1	2,20	3,54	87%	220	32.664
2	3,15	5,08	87%	220	22.767
3	4,24	6,83	87%	220	16.927
4	5,82	9,38	87%	220	12.327
5	7,82	12,60	87%	220	9.174
6	11,20	18,03	87%	220	6.409
7	15,01	24,18	87%	220	4.781
8	20,73	33,38	87%	220	3.463
9	27,77	44,7254	87%	220	2.584

**Produktivitas dan Produksi**

Produktivitas diperoleh berdasarkan perhitungan dari masing-masing rangkaian kegiatan yang sudah ditetapkan (Mariki et al., 2021). Data yang dibutuhkan untuk memperoleh nilai produktivitas alat muat dan alat angkut (Rizky Noor Fitriadi et al., 2024) didapatkan berdasarkan pengamatan di lokasi penelitian seperti waktu edar, kapasitas bucket alat muat, faktor pengembananagan material, faktor pengisian dan juga efisiensi kerja alat yang digunakan, dengan persamaan sebagai berikut (Jamaluddin, 2023).

$$Pm1 = \frac{Em \times 60 \times Hmt \times FFm \times SF}{Cm}$$

$$Pa1 = \frac{Ea \times 60 \times (Hmt \times np \times FFm) \times SF}{Ca}$$

**Tabel 5.** Produktivitas dan Produksi Alat Muat

Keterangan	Sebelum Perbaikan	Sesudah Perbaikan
Kembali Kosong (menit)	4,01	3,87
Manuver Kosong (menit)	0,79	0,79
Muat (menit)	1,72	1,72
Berangkat Isi (menit)	5,70	4,33
Manuver Isi (menit)	0,77	0,77
Dumping (menit)	0,36	0,36
CT (menit)	13,35	11,85
Kapasitas Bucket (LCM)	2,00	2,00
Banyak Pemuatan	6,07	9,00
Fill Factor	0,88	88,01%
Swell Factor	0,57	57,00%
Efisiensi Kerja (%)	87,20%	95,12%
Produktivitas BCM/jam/alat	23,87	43,50
Produksi (ton/jam)	47,75	87,01

**Tabel 6.** Selisih Produksi Alat Gali-Muat dan Angkut

Tanggal	Hari Pengamatan	Hari ke	Selisih Produksi Aktual Alat Gali-Muat dan Angkut			Selisih
			Produksi Excavator Type: HITACHI ZAXIS 350H (BCW/Jam)	Produksi Dumptruck Type: FUSO PS 001 (BCW/Jam)	Produksi Dumptruck Type: FUSO PS 002 (BCW/Jam)	
9/18/2023	Senin	1	Orientasi Kantor dan Mess			
9/19/2023	Selasa	2	50,48	24,94	24,81	0,73
9/20/2023	Rabu	3	48,32	21,98	23,59	2,74
9/21/2023	Kamis	4	53,15	27,65	25,47	0,03
9/22/2023	Jumat	5	38,64	24,16	22,42	-7,94
9/23/2023	Sabtu	6	Libur			
9/24/2023	Minggu	7	Libur			
9/25/2023	Senin	8	48,67	23,75	24,17	0,75
9/26/2023	Selasa	9	49,37	24,78	24,56	0,03
9/27/2023	Rabu	10	45,97	23,07	22,85	0,05
9/28/2023	Kamis	11	49,96	27,59	22,34	0,03
9/29/2023	Jumat	12	45,35	22,85	22,45	0,05
9/30/2023	Sabtu	13	Libur			
10/1/2023	Minggu	14	Libur			
10/2/2023	Senin	15	48,49	23,62	24,13	0,74
10/3/2023	Selasa	16	50,88	25,81	25,01	0,05
10/4/2023	Rabu	17	48,00	24,18	22,74	1,07
10/5/2023	Kamis	18	43,51	23,20	20,29	0,02
10/6/2023	Jumat	19	47,39	23,28	24,07	0,04
10/7/2023	Sabtu	20	Libur			
10/8/2023	Minggu	21	Libur			
10/9/2023	Senin	22	48,92	25,30	23,59	0,03
10/10/2023	Selasa	23	47,12	23,80	23,28	0,04
10/11/2023	Rabu	24	48,68	23,76	24,89	0,03
10/12/2023	Kamis	25	47,86	23,94	23,20	0,72
10/13/2023	Jumat	26	47,39	21,80	25,54	0,05
10/14/2023	Sabtu	27	Libur			
10/15/2023	Minggu	28	Libur			
10/16/2023	Senin	29	46,01	22,17	22,43	1,40
10/17/2023	Selasa	30	49,16	24,67	24,45	0,03
Rata - Rata			47,78	24,11	23,63	0,03
			47,78	47,74		

**Tabel 7.** Rekapitalasi Data Aktual dan Setelah Optimasi

Rekapitulasi Data Aktual dan Rekomendasi Optimasi			
Keterangan		Aktual	Perbaikan
Lebar Jalan Angkut Kondisi Lurus (m)		8,22	7,03
Lebar Jalan Angkut Kondisi Tikungan (m)		8,28	13,12
Grade Jalan (%)		13,78	12
Cycle Time Excavator (detik)		27,18	24,23
Cycle Time Dump Truck (menit)	DT 009	13,26	11,81
	DT 010	13,44	11,88
Efisiensi Kerja Excavator (%)		81,80	58,41
Efisiensi Kerja Dump truck (%)	DT 009	85,73	94,69
	DT 010	85,87	94,76
Match Factor		0,42	0,74
Produktivitas Excavator (BCM/Jam/Alat)		47,78	87,06
Produktivitas Dump Truck (BCM/Jam/Alat)	DT 009	24,11	43,62
	DT 010	23,63	43,40
Produksi Excavator (BCM/Jam)		47,78	87,06
Produksi Dump Truck (BCM/Jam)		47,74	87,02

#### D. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian pada CV Riza Pratama, diperoleh beberapa kesimpulan. Kondisi lebar jalan secara aktual dibagi menjadi dua jenis, yaitu kondisi lurus dan tikungan. Untuk jalan angkut dalam kondisi lurus, lebar rata-rata aktual adalah 10,70 meter, sedangkan menurut perhitungan dengan standar AASHTO (The American Association of State Highway and Transportation Officials) (Anonim, 1993) dibutuhkan 8,22 meter. Untuk jalan angkut dalam kondisi tikungan, lebar rata-rata aktual adalah 9,75 meter, sedangkan secara teoritis dibutuhkan 13,12 meter, sehingga kondisi jalan aktual belum memenuhi standar.

Pada bulan September, produksi penambangan tercatat sebesar 13.673,76 BCM per bulan. Jika dibandingkan dengan target produksi perusahaan sebesar 24.000 BCM per bulan, ketercapaian produksi aktual masih jauh dari target. Ketidaktercapaian ini disebabkan oleh beberapa faktor, termasuk hambatan operasional akibat kurangnya disiplin operator dan kondisi geometri jalan yang belum sesuai standar. Oleh karena itu, diperlukan perbaikan efisiensi kerja alat mekanis.

Setelah dilakukan optimasi, produksi alat gali-muat dan alat angkut meningkat secara teoritis menjadi 24.894,81 BCM per bulan dari angka aktual sebelumnya sebesar 13.673,76 BCM per bulan. Dengan hasil ini, target produksi perusahaan telah berhasil dicapai.

#### Daftar Pustaka

- [1] Ananda, N. N., & Anaperta, Y. M. (2019). Evaluasi Efisiensi Alat Gali-Muat Terhadap Produktivitas Setelah Delay Shift Change pada Pembongkaran Overburden Bulan Februari 2019 di Pit AB RTS (Roto South) Tambang Batubara PT. Bukit Makmur Mandiri Utama Jobsite PT. Kideco Jaya Agung. *Jurnal Bina Tambang*, Vol. 4, No. 4.
- [2] Anonim. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures. In American Association of State Highway and Transportation Officials.
- [3] Anonim. (2013). Hitachi Zaxis 350H – Zaxis-5G Series Specification.
- [4] Anonim. (2018). Keputusan Menteri ESDM 1827 K/30/MEM/2018. Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral.
- [5] Arif, I., & Adisoma, G. S. (2005). Perencanaan Tambang. Program Studi Teknik Pertambangan Institut Teknologi Bandung.
- [6] Dimas Gumelar, Zaenal, & Elfida Moralista. (2024). Kajian Pengaruh Geometri Jalan Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Alat Angkut. *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, 31–40. <https://doi.org/10.29313/jrtp.v4i1.3817>

- [7] Dynand, R. R., Linda Pulungan, & Rully Nurhasan. (2022). Evaluasi Produksi Crushing Plant Batu Andesit di PT. XYZ Pamoyanan Purwakarta. *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, 141–146. <https://doi.org/10.29313/jrtp.v2i2.1412>
- [8] Erlan Adiya Jamil, Indra Karna Wijaksana, & Zaenal. (2024). Kajian Geometri dan Daya Dukung Perkerasan Jalan pada Pengangkutan Batubara. *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, 73–82. <https://doi.org/10.29313/jrtp.v4i1.3894>
- [9] Eva Indriani Sanggalangi, Shalaho Dina Devy, & Windhu Nugroho. (2022). Analisis Pengaruh Number of Cycles Terhadap Pengujian Durabilitas Batulanau di Sidomulyo Samarinda. *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, 157–162. <https://doi.org/10.29313/jrtp.v2i2.1618>
- [10] Irham Firmansyah, Solihin, & Rully Nurhasan. (2022). Evaluasi Batas Nilai Efektif Kadar Sn Menggunakan Analisis Mikroskop dan UC Balance. *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, 9–14. <https://doi.org/10.29313/jrtp.v2i1.780>
- [11] Jamaluddin, F. (2023). Perancangan Geometri Jalan Tambang Pada Pit 3E PT. *Aneka Nusantara Internasional. Indonesian Mining Professionals Journal*, 5(1), 21–28. <https://doi.org/10.36986/impj.v5i1.69>
- [12] Laksana, V. B., & Iswandaru. (2022). Kajian Pengaruh Geometri Jalan Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Alat Angkut pada Penambangan Andesit. *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, 147–156. <https://doi.org/10.29313/jrtp.v2i2.1421>
- [13] Mariki, I. W. W., Arpilanoor, D., & Hedayanti. (2021). ANALISA PRODUKTIVITAS EXCAVATOR KOMATSU PC 2000 PADA OVERBURDER REMOVAL DI PT. JHONLIN BARATAMA. *Scientific Journal of Mechanical Engineering Kinematika*, 6(2), 107–118. <https://doi.org/10.20527/sjmekinematika.v6i2.194>
- [14] Prodjosumanto, P. (1996). *Pemindahan Tanah Mekanis*.
- [15] Prodjosumarto, P. (1993). *Tambang Terbuka (Surface Mining)*. Jurusan Teknik Pertambangan Institut Teknologi Bandung.
- [16] Rizki Purnama, Zaenal, & Noor Fauzi Isniarno. (2021). Kajian Teknis dan Ekonomis dalam Merencanakan Penggantian Alat Angkut Lama dengan Alat Angkut Baru di Area Penambangan Andesit PT XYZ Kecamatan Cariu, Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat. *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, 1(2), 123–131. <https://doi.org/10.29313/jrtp.v1i2.412>
- [17] Rizky Noor Fitriadi, Iswandaru, & Elfida Moralista. (2024). Pengaruh Geometri Jalan Terhadap Produktivitas Alat Angkut. *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, 41–48. <https://doi.org/10.29313/jrtp.v4i1.3821>
- [18] Sarmidi, S., Mases, Y., & Nuryanneti, I. (2023). Kajian Produktivitas Alat Gali-Muat dan Alat Angkut pada Pengupasan Overburden di PIT TSBC, Tambang Air Laya, PT. Bukit Asam, Tbk. *Jurnal Surya Teknik*, 10(2), 900–907. <https://doi.org/10.37859/jst.v10i2.6400>
- [19] Sukirman, S. (2015). *Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan (2nd ed.)*. Karyamanunggal Lithomas.
- [20] Suwandhi, A. (2004). *Perencanaan Jalan Tambang Diktat Perencanaan Tambang Terbuka*. Jurusan Teknik Pertambangan UNISBA.
- [21] Talawi, K., Sawalunto, K., Rizky, S. B., Putra, N., & Kasim, T. (n.d.). Evaluasi Teknis Geometri Jalan Angkut Produksi Sebagai Upaya Pencapaian Target Produksi Batubara 20000 ton/bulan di Tambang Terbuka PT. Allied Indo Coal Jaya (AICJ). *Jurnal Bina Tambang*, 3.