



Evaluasi Geometri Jalan Angkut untuk Meningkatkan Produktivitas Pengangkutan *Overburden* di Pit Pinang, PT Bukit Baiduri Energi Kabupaten Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur

Muhammad Aditya^{1*}, Shalaho Dina Devy², Albertus Jovensius Pontus³,
Harjuni Hasan⁴, Agus Winarno⁵

^{1,2,3,4,5}Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Indonesia

*Penulis Korespondensi: aditwow4@gmail.com

Abstract. *This study evaluates the geometry of the overburden haul road at PT Bukit Baiduri Energi (PT BBE), a coal mining company in Kutai Kartanegara Regency, East Kalimantan, to assess whether the road conforms to applicable technical standards and to determine its effect on hauling productivity. Field observations identified road narrowing at several straight segments and a relatively large number of intersections, both suspected of hindering truck movement and reducing safety. The geometric parameters examined include straight road width, curve width, curve radius, superelevation, cross slope, and grade, measured using a measuring tape and a total station/GPS instrument, then compared with the standards of KEPMEN ESDM No. 1827/2018 and AASHTO. Theoretical cycle time before and after improvement was derived from rimpull analysis based on the specifications of the CAT OHT 773E haul truck. Results show the average straight road width was 15 m against an ideal width of 15.6 m, curve width ranged from 10 to 18.8 m against ideal values of 17-22.7 m, and superelevation and cross slope at several segments fell below the standard, while curve radius and grade generally met requirements except at segment C-D, where grade reached 11.3%. After correcting the non-conforming parameters, simulated cycle time decreased from 21.4 to 15.6 minutes, raising overburden hauling productivity from 457 BCM/hour to 668 BCM/hour, exceeding the company target of 500 BCM/hour. These findings indicate that haul road geometry improvement is an effective, low-cost strategy for enhancing transportation efficiency and safety in open-pit coal mining.*

Keywords: *Cycle Time; Hauling Productivity; Haul Road; Haul Road Geometry Evaluation; Rimpull Analysis.*

Abstrak. Penelitian ini mengevaluasi geometri jalan angkut *overburden* di PT Bukit Baiduri Energi (PT BBE), perusahaan tambang batubara yang berlokasi di Kabupaten Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur, untuk menilai kesesuaian jalan penghubung antara *front* penambangan dan area disposal terhadap standar teknis yang berlaku serta pengaruhnya terhadap produktivitas pengangkutan. Permasalahan di lapangan teridentifikasi berupa penyempitan jalan pada beberapa segmen lurus dan banyaknya persimpangan yang diduga menghambat pergerakan alat angkut serta menurunkan tingkat keselamatan kerja. Parameter geometri yang dikaji meliputi lebar jalan lurus, lebar tikungan, jari-jari tikungan, superelevasi, *cross slope*, dan *grade*, yang diukur langsung menggunakan meteran serta alat survei total station/GPS, kemudian dibandingkan dengan standar KEPMEN ESDM Nomor 1827 Tahun 2018 dan AASHTO. *Cycle time* teoritis sebelum dan sesudah perbaikan dihitung menggunakan analisis *rimpull* berdasarkan spesifikasi unit alat angkut CAT OHT 773E. Hasil penelitian menunjukkan rata-rata lebar jalan lurus aktual sebesar 15 m terhadap lebar ideal 15,6 m, lebar tikungan berkisar 10-18,8 m terhadap nilai ideal 17-22,7 m, superelevasi dan *cross slope* pada beberapa segmen masih di bawah standar, sedangkan jari-jari tikungan dan *grade* secara umum telah memenuhi standar kecuali pada segmen C-D dengan *grade* 11,3%. Setelah parameter yang tidak sesuai diperbaiki, simulasi *cycle time* menurun dari 21,4 menit menjadi 15,6 menit, sehingga produktivitas pengangkutan *overburden* meningkat dari 457 BCM/jam menjadi 668 BCM/jam, melampaui target perusahaan sebesar 500 BCM/jam. Temuan ini menunjukkan bahwa perbaikan geometri jalan angkut merupakan strategi yang efektif dan berbiaya relatif rendah untuk meningkatkan efisiensi transportasi dan keselamatan operasional pada tambang batubara terbuka.

Kata kunci: Analisis *Rimpull*; Evaluasi Geometri Jalan Angkut; Jalan Angkut; Produktivitas Pengangkutan; Waktu Edar.

1. LATAR BELAKANG

Geometri jalan angkut merupakan bagian dari perencanaan jalan tambang yang dititikberatkan pada bentuk fisik jalan agar mampu memenuhi fungsi dasarnya, yaitu memberikan arus lalu lintas yang optimum, aman, dan efisien bagi alat angkut yang beroperasi di atasnya. Komponen geometri jalan angkut meliputi lebar jalan pada kondisi lurus, lebar jalan pada tikungan, jari-jari tikungan, *cross slope*, dan kemiringan jalan (*grade*) (Sukirman, 1999).

PT Bukit Baiduri Energi (PT BBE) merupakan perusahaan tambang batubara yang berlokasi di Kelurahan Bukit Raya, Kecamatan Tenggarong Seberang, Kabupaten Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur. Jalan angkut *overburden* dari *front loading* menuju disposal di PT BBE memiliki panjang sekitar 1,7 km. Pada beberapa titik jalan lurus ditemukan penyempitan lebar jalan yang menghambat alat angkut ketika berpapasan dengan alat angkut lain dari arah berlawanan, sementara banyaknya persimpangan turut menjadi faktor penghambat lalu lintas pengangkutan sekaligus meningkatkan risiko keselamatan kerja. Penyebab utama kondisi tersebut diduga adalah kurangnya perawatan rutin terhadap geometri jalan, yang berpotensi menghambat pencapaian target produksi (Suwandhi, 2004).

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi geometri jalan angkut aktual dan pengaruhnya terhadap *cycle time* alat angkut, mengevaluasi geometri jalan angkut tersebut terhadap standar KEPMEN ESDM Nomor 1827 Tahun 2018 dan AASHTO, serta mengetahui perbedaan produktivitas alat angkut sebelum dan sesudah geometri jalan *overburden* dievaluasi. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi rekomendasi perbaikan geometri jalan angkut yang ideal bagi PT BBE dengan tetap memperhatikan aspek keselamatan alat dan pekerja.

2. KAJIAN TEORITIS

Jalan tambang/produksi adalah jalan yang terdapat pada area pertambangan dan/atau area proyek yang digunakan dan dilalui oleh alat pemindah tanah mekanis serta unit penunjang lainnya dalam kegiatan pengangkutan tanah penutup, bahan galian, dan kegiatan penunjang pertambangan (KEPMEN ESDM 1827 K/30/MEM/2018). Berbeda dengan jalan umum, permukaan jalan tambang umumnya tidak menggunakan beton atau aspal, namun tetap harus mampu dilewati oleh alat berat *ber-crawler track* maupun alat angkut beroda besar pada kecepatan operasi yang aman (Suwandhi, 2004).

Dalam perencanaan geometri jalan angkut terdapat tiga tujuan utama, yaitu memberikan keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan, menjamin perencanaan yang ekonomis, serta memberikan keseragaman geometri sesuai jenis medan. Lebar jalan minimum pada jalan lurus dan berbelok dengan lajur ganda dirumuskan oleh Suwandhi (2004) sebagai berikut.

$$L_{min} = (n \times Wt) + (n + 1)(0,5 \times Wt) \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

L min = Lebar jalan minimum (m)

n = Jumlah jalur

Wt = Lebar alat angkut (m)

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

Keterangan:

Wmin = Lebar jalan pada tikungan minimum, (m)

n = Jumlah jalur

U = Lebar jejak roda (*center to center tire*), (m)

Fa = Lebar jantai depan (Jarak as roda depan dengan bagian depan *truck*), dikoreksi dengan sinus penyimpangan roda, (m)

Fb = Lebar jantai belakang (Jarak as roda belakang dengan bagian belakang *truck*), dikoreksi

C = Jarak antar alat angkut, (m)

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

Jari-jari tikungan jalan angkut berkaitan dengan konstruksi alat angkut, khususnya jarak horizontal antara poros roda depan dan belakang, serta kecepatan rencana dan superelevasi yang digunakan, dengan rumus (Suwandhi, 2004):

$$R = \frac{v^2}{127(e+f)} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

R = Radius tikungan, (m)

v = Kecepatan kendaraan, (km/jam)

e = Superelevasi, (%)

f = Koefisien gesek

Cross slope merupakan kemiringan melintang badan jalan yang berguna untuk mengalirkan air permukaan agar tidak menggenang di badan jalan; menurut KEPMEN ESDM 1827/2018, nilai *cross slope* minimum adalah 2%. Kemiringan jalan (*grade*) dihitung dengan persamaan segitiga siku-siku terhadap beda tinggi dan jarak datar antara dua titik (Suwandhi,

2004 dalam Yusran dkk., 2022), dan menurut KEPMEN ESDM 1827/2018 nilai *grade* jalan tambang tidak boleh melebihi 12%, kecuali telah melalui kajian teknis khusus.

Kemampuan alat angkut dalam mengatasi tahanan jalan dianalisis melalui konsep *rimpull*, yaitu gaya tarik yang dapat diberikan mesin pada permukaan jalan (Prodjosumarto, 1996). Waktu edar (*cycle time*) alat angkut terdiri atas waktu pemuatan, pengangkutan bermuatan, manuver, penumpahan, kembali kosong, dan waktu mengambil posisi pemuatan (Komatsu, 2009), sedangkan produktivitas alat angkut per jam dihitung dari hasil bagi antara kapasitas produksi per siklus dengan *cycle time*, dikalikan efisiensi kerja dan jumlah unit yang beroperasi (Komatsu, 2009).

3. METODE PENELITIAN

Metode Pengumpulan Data

Data primer dikumpulkan melalui pengukuran langsung berupa lebar jalan pada segmen lurus menggunakan meteran dengan interval pengukuran 30-100 m, lebar jalan pada tikungan, kemiringan jalan (*grade*), *cross slope*, dan superelevasi menggunakan alat survei total station/GPS dengan prinsip pengukuran beda tinggi pada dua titik, serta jari-jari tikungan melalui pengukuran sudut dan panjang lengkung tikungan. Selain itu, dilakukan pengambilan data *cycle time* alat muat dan alat angkut secara langsung di lapangan untuk mengetahui waktu tempuh aktual pada kondisi geometri jalan yang ada. Data sekunder berupa spesifikasi alat angkut diperoleh dari katalog resmi serta data perusahaan.

Metode Analisis Data

Analisis kesesuaian setiap parameter geometri jalan terhadap standar KEPMEN ESDM 1827/2018 dan AASHTO dengan mempertimbangkan spesifikasi alat angkut CAT OHT 773E yang digunakan PT BBE. Selanjutnya dilakukan analisis *rimpull* untuk menentukan *cycle time* teoritis pada kondisi geometri jalan yang telah dievaluasi, kemudian dibandingkan dengan *cycle time* aktual untuk memperoleh perbedaan produktivitas alat angkut sebelum dan sesudah perbaikan geometri jalan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Lebar Jalan Lurus

Berdasarkan perhitungan Persamaan (1) dengan mengacu pada lebar alat angkut CAT OHT 773E, diperoleh lebar jalan ideal pada jalan lurus sebesar 15,6 m. Hasil pengukuran lapangan pada sebelas segmen menunjukkan rata-rata lebar aktual sebesar 15 m, dengan dua

segmen, yaitu E-E' dan F-F', masih berada di bawah standar dan memerlukan pelebaran masing-masing sekitar 3,5 m dan 3,4 m, sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Lebar Jalan Lurus.

Segmen	Jumlah Lajur	Lebar Aktual (m)	Lebar Standar (m)	Pelebaran Jalan (m)	Keterangan
A-A'	2	18	15.6		Ideal
B-B'	2	15	15.6		Ideal
C-C'	2	17	15.6		Ideal
D-D'	2	16	15.6		Ideal
E-E'	2	12	15.6	+3.5	Tidak Ideal
F-F'	2	12	15.6	+3.4	Tidak Ideal
G-G'	2	16	15.6		Ideal
H-H'	2	17	15.6		Ideal
I-I'	2	16	15.6		Ideal
J-J'	2	24	15.6		Ideal
K-K'	2	21	15.6		Ideal

Lebar Tikungan

Jalan angkut dari *front* menuju disposal memiliki empat segmen tikungan (T1 T4). Berbeda dengan penelitian Cahyono (2025) dan Warman (2022) yang menggunakan satu nilai lebar ideal rata-rata, pada penelitian ini lebar ideal dihitung pada setiap segmen tikungan menggunakan Persamaan (2). Hasilnya menunjukkan hanya segmen T1 yang telah memenuhi standar, sedangkan T2, T3, T4 memerlukan pelebaran antara 1,2 m hingga 8,3 m (Tabel 2).

Tabel 2. Lebar Tikungan.

Segmen	Jumlah Lajur	Lebar Aktual (m)	Lebar Standar (m)	Pelebaran Jalan (m)	Keterangan
T1	2	17	17		Ideal
T2	2	10.0	17,0	+7.0	Tidak Ideal
T3	2	14.4	22,7	+8.3	Tidak Ideal
T4	2	18.8	20,0	+1.2	Tidak Ideal

Superelevasi dan Jari-jari Tikungan

Jari-jari tikungan dan superelevasi merupakan dua parameter yang saling berkaitan dalam menjamin keselamatan kendaraan saat menikung; semakin kecil jari-jari tikungan, semakin besar superelevasi yang dibutuhkan agar alat angkut tetap stabil. Berbeda dari penelitian terdahulu yang menghitung kedua parameter secara terpisah, penelitian ini menggunakan nilai jari-jari aktual di lapangan sebagai kontrol untuk menentukan superelevasi ideal melalui Persamaan (3). Hasil evaluasi pada Tabel 3 menunjukkan bahwa segmen T1, T3, dan T4 memerlukan penyesuaian superelevasi, sedangkan T2 telah memenuhi standar.

Tabel 3. Superelevasi dan Jari-jari Tikungan.

Segmen	Radius aktual	Superelevasi aktual	Kecepatan rencana	Superelevasi standar	Superelevasi yang dievaluasi	Keterangan
T1	45.4	1%	18	6%	+4%	Tidak ideal
T2	90.3	3%	18	3%		Ideal
T3	40	4%	18	6%	+2%	Tidak ideal
T4	88.6	-4%	18	3%	+7%	Tidak ideal

Cross slope dan Kemiringan Jalan (*grade*)

Pengambilan data *cross slope* menggunakan segmen yang sama dengan pengukuran lebar jalan lurus, diolah dari data survei menggunakan perangkat lunak Surpac untuk memperoleh beda tinggi antara tepi dan tengah jalan. Berdasarkan lebar jalan ideal 15,6 m, diperoleh nilai *cross slope* ideal sebesar 0,156 m atau setara kemiringan 2-4% sesuai standar AASHTO. Hasil pengukuran menunjukkan delapan dari sebelas segmen telah memenuhi standar, sedangkan segmen B-B' dan D-D' masih berada di bawah standar minimum 2%.

Tabel 4. Perbandingan *Cross slope* Aktual dan *Cross slope* Ideal.

Segmen	Beda Tinggi	Setengah Lebar Jalan	<i>Cross slope</i> Aktual (%)	<i>Cross slope</i> Standar (%)	<i>Cross slope</i> yang dievaluasi	Keterangan
A-A'	0,26	8,8	3%	2%		Ideal
B-B'	0,08	7,5	1%	2%	+1%	Tidak Ideal
C-C'	0,30	8,7	3%	2%		Ideal
D-D'	0,00	7,7	0%	2%	+2%	Tidak Ideal
E-E'	0,31	7,7	4%	2%		Ideal
F-F'	0,09	6	2%	2%		Ideal
G-G'	0,22	8	3%	2%		Ideal
H-H'	0,36	8	4%	2%		Ideal
I-I'	0,29	8,2	4%	2%		Ideal
J-J'	0,23	12,2	2%	2%		Ideal
K-K'	0,28	10,2	3%	2%		Ideal

Pengukuran *grade* jalan dilakukan pada segmen yang sama dengan jalan lurus, dengan standar maksimum perusahaan sebesar 10% (Departemen Mineplan PT BBE). Hasil evaluasi pada Tabel 4 menunjukkan bahwa hampir seluruh segmen telah memenuhi standar tersebut, kecuali segmen C-D yang memiliki *grade* aktual 11,3%, melebihi batas sekitar 1,3 poin persen. Kondisi ini berpotensi meningkatkan beban kerja mesin, konsumsi bahan bakar, dan risiko kehilangan traksi terutama saat jalan basah.

Tabel 5. Kemiringan Jalan.

Segmen	Jarak Mendatar	Beda Tinggi	<i>Grade</i> Aktual	<i>Grade</i> Standar	<i>Grade</i> yang perlu dievaluasi	Keterangan
A-B	111.5	9.1	8.2%	10%		Ideal
B-C	96	8.6	9.0%	10%		Ideal
C-D	187.0	21.2	11.3%	10%	-1,3%	Tidak Ideal
D-E	235	21.4	9.1%	10%		Ideal
E-F	160.9	15.9	9.9%	10%		Ideal
F-G	43.5	0.4	1.0%	10%		Ideal
G-H	291.9	3.1	1.1%	10%		Ideal
H-I	74.7	7	9.2%	10%		Ideal
I-J	127.8	12.8	10.0%	10%		Ideal
J-K	118.7	6.4	5.4%	10%		Ideal

Analisis *Rimpull* dan Produktivitas Alat Angkut

Analisis *rimpull* digunakan untuk memperhitungkan kemampuan alat angkut CAT OHT 773E dalam mengatasi tahanan jalan pasca evaluasi geometri, dengan data kecepatan dan *rimpull* tiap *gear* merujuk pada *handbook Caterpillar*. Mengingat batas kecepatan operasi PT BBE sebesar 20 km/jam, simulasi dibatasi hingga gear 3 dengan kecepatan maksimum 18 km/jam meskipun kapasitas *rimpull* alat masih memungkinkan penggunaan gear yang lebih tinggi. Dari simulasi tersebut diperoleh waktu tempuh bermuatan (*hauling*) sebesar 6,5 menit dan waktu kembali kosong (*returning*) sebesar 5,1 menit, sehingga total *cycle time* alat angkut setelah perbaikan geometri jalan adalah 15,6 menit.

Tabel 6. *Rimpull* yang Tersedia.

<i>Gear</i>	Kecepatan (kmpj)	mph	Efisiensi Mesin	HP	<i>Rimpull</i> (lb)
1	10	6,2	83%	670	33560,86
2	13,9	8,6	83%	670	24144,5
3	18,7	11,6	83%	670	17946,98
4	25,1	15,6	83%	670	13370,86
5	34	21,1	83%	670	9870,84
6	45,9	28,5	83%	670	7311,73
7	65,8	40,9	83%	670	5100,43

Tabel 7. Analisis *Rimpull* Alat Angkut (Pergi).

Segmen Jalan	Panjang Jalan (m)	Grade (%)	<i>Rimpull</i> RR (lb)	<i>Rimpull</i> GR (lb)	<i>Rimpull</i> Total (lb)	Kecepatan (Asumsi) (kmpj)	Waktu (detik)
A-B	215	8,2	3456	15040,44	18496,44	14	55.29
B-C	96	9	3456	16507,80	19963,8	14	24.69
C-D	180	10	3456	18342,00	21798	14	46.29
D-E	235	9,1	3456	16691,22	20147,22	14	60.43
E-F	160	9,85	3456	18066,87	21522,87	14	41.14
F-G	43,5	1	3456	1834,20	5290,2	15	8.70
G-H	285	1,1	3456	2017,62	5473,62	18	57.00
H-I	73	9,2	3456	16874,64	20330,64	14	18.77
I-J	127,8	10	3456	18342,00	21798	14	32.86
J-K	218,5	5,4	3456	9904,68	13360,68	15	43.70
Total (detik)							388.86
Waktu pengangkutan (menit)							6,5

Tabel 8. Analisis *Rimpull* Alat Angkut (Kembali Kosong).

Segmen Jalan	Panjang Jalan (m)	Grade (%)	<i>Rimpull</i> RR (lb)	<i>Rimpull</i> GR (lb)	<i>Rimpull</i> Total (lb)	Kecepatan (asumsi) (kmpj)	Waktu (detik)
J-K	218,5	-5,4	1732,4	-4677,48	-2945,08	18	43.70
I-J	127,8	-10	1732,4	-8662,00	-6929,6	18	25.56
H-I	73	-9,2	1732,4	-7969,04	-6236,64	18	14.60
G-H	285	-1,1	1732,4	-952,82	779,58	18	57.00
F-G	43,5	-1	1732,4	-866,20	866,2	18	8.70
E-F	160	-9,85	1732,4	-8532,07	-6799,67	18	32.00
D-E	235	-9	1732,4	-7882,42	-6150,02	18	47.00
C-D	180	-10,0	1732,4	-8662,00	-6929,6	18	36.00
B-C	96	-9	1732,4	-7795,80	-6063,4	18	19.20
A-B	115	-8,2	1732,4	-7102,84	-5370,44	18	23.00
Total (detik)							306.76
Waktu kembali kosong (menit)							5,1

Produktivitas aktual alat angkut CAT OHT 773E sebelum perbaikan geometri jalan tercatat sebesar 457 BCM/jam, masih berada di bawah target perusahaan sebesar 500 BCM/jam (capaian 91%). Kondisi ini dipengaruhi oleh penyempitan jalan, banyaknya persimpangan, serta percabangan jalan yang menyebabkan alat angkut tidak selalu melalui jalur yang sama, sehingga memperpanjang *cycle time* aktual menjadi 21,4 menit. Setelah parameter geometri yang belum ideal diperbaiki, hasil simulasi pada Tabel 5 menunjukkan peningkatan produktivitas menjadi 668 BCM/jam, atau meningkat sekitar 46% dan telah melampaui target produksi perusahaan.

Tabel 9. Perbandingan Produktivitas Alat Angkut Sebelum dan Sesudah Evaluasi.

Parameter	Sebelum Evaluasi	Sesudah Evaluasi
<i>Cycle time</i> (menit)	21,4	15,6
Kapasitas (BCM)	22	22
Jumlah unit	9	9
Produktivitas (BCM/jam)	457	668
Capaian terhadap target 500 BCM/jam	91%	134%

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Geometri jalan angkut aktual di Pit Pinang PT Bukit Baiduri Energi masih memiliki beberapa segmen yang belum memenuhi standar KEPMEN ESDM 1827/2018 dan AASHTO, khususnya pada lebar jalan lurus segmen E-E' dan F-F', lebar tikungan segmen T2-T4, superelevasi pada segmen T1, T3, dan T4, serta *cross slope* pada segmen B-B' dan D-D'. Sebaliknya, jari-jari tikungan dan kemiringan jalan secara umum telah memenuhi standar, kecuali *grade* pada segmen C-D yang melebihi batas maksimum perusahaan. Kondisi geometri yang belum ideal tersebut berkontribusi terhadap *cycle time* aktual sebesar 21,4 menit dan produktivitas alat angkut sebesar 457 BCM/jam, yang berada di bawah target perusahaan. Setelah parameter geometri yang tidak sesuai diperbaiki, hasil simulasi menunjukkan penurunan *cycle time* menjadi 15,6 menit dan peningkatan produktivitas pengangkutan *overburden* menjadi 668 BCM/jam, atau meningkat sekitar 46% dari kondisi sebelumnya.

Untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan instrumen pengukuran yang lebih presisi, melakukan pengamatan *cycle time* langsung dari dalam unit alat angkut untuk memperoleh data yang lebih rinci, serta mempertimbangkan kajian biaya dan *volume cut/fill* dalam implementasi perbaikan geometri jalan angkut agar rekomendasi yang dihasilkan lebih aplikatif bagi perusahaan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan ikut berpartisipasi dalam penelitian ini baik secara langsung maupun tidak langsung terkhusus kepada dosen pembimbing, dosen penguji, orang tua, saudara, sahabat dan teman serta semua pihak yang tidak dapat penulis ucapkan satu persatu.

DAFTAR REFERENSI

- AASHTO. (2018). *A policy on geometric design of highways and streets* (7th ed.). American Association of State Highway and Transportation Officials.
- Cahyono, I., Nugroho, W., Oktaviani, R., Magdalena, H., & Hasan, H. (2025). Evaluasi geometri *access road overburden* di Pit Anugerah PT Anugerah Wijaya Dwikarya Utama Kabupaten Kutai Kartanegara. *Jurnal Pertambangan*, 5(1).
- Hustrulid, W., Kuchta, M., & Martin, R. (2013). *Open pit mine planning and design* (Vol. 1): *Fundamentals*. AA Balkema.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. (2018). *Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 1827 K/30/MEM/2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik*. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia.
- Komatsu. (2009). *Specification and application handbook* (30th ed.). Komatsu Ltd.
- Multriwahyuni, A., Gusman, M., & Anaperta, M. (2023). Evaluasi geometri jalan tambang menggunakan teori AASHTO untuk peningkatan produktivitas alat angkut dalam proses pengupasan *overburden* di Pit Timur PT Artamulia Tatapatama, Desa Tanjung Belit, Kecamatan Jujuhan, Kabupaten Bungo, Provinsi Jambi. *Jurnal Teknik Pertambangan*, 3(4).
- Pemerintah Republik Indonesia. (2006). *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 34 Tahun 2006 tentang Jalan*. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2006 Nomor 86.
- Prodjosumarto, P. (1996). *Pemindahan tanah mekanis* [Diktat kuliah]. Institut Teknologi Bandung.
- Sanjaya. (2020). Geometri jalan angkut dan jari-jari tikungan menggunakan teori AASHTO pada PT Pro Intertech Indonesia Kota Sorong Provinsi Papua Barat. *Jurnal Penelitian Tambang*, 3(2).
- Setiawan, A., & Sumarya. (2024). Evaluasi jalan tambang untuk pengupasan *overburden* dari *front ke disposal area* di Block 10 PT Inti Bara Perdana, Kecamatan Taba Penanjung, Kabupaten Bengkulu Tengah, Provinsi Bengkulu. *Jurnal Teknik Pertambangan*, 2(1), 279–283.
- Sukirman, S. (1999). *Dasar-dasar perencanaan geometri jalan*. Nova.
- Suwandhi, A. (2004). *Perencanaan jalan tambang* [Diktat perencanaan tambang terbuka]. Universitas Islam Bandung.

- Warman, N., Hasan, H., Winarno, A., Trides, T., & Devi, S. D. (2022). Studi pengaruh geometri jalan akses terhadap produktivitas alat angkut dalam mencapai target produksi *overburden* pada PT Energi Cahaya Industritama. *Jurnal Teknologi Pertambangan*, 10(1), 31–37.
- Yeriko, K., Nugroho, W., Magdalena, H., Pontus, A. J., & Trides, T. (2024). Evaluasi geometri jalan angkut batubara pada PT Trubaindo Coal Mining, Kampung Bunyut, Kecamatan Melak, Kabupaten Kutai Barat, Provinsi Kalimantan Timur. *Jurnal Teknik Pertambangan*, 2(1).
- Yusran, M. I., Nursanto, E., & Ratminah, W. D. (2022). Technical design of mine sequence (trimonth) in coal mining based on existing mechanical equipment at PT Mega Bara Semesta Jobsite PT SBP, Muara Enim Regency, South Sumatera. *BIRCI-Journal*, 5(2), 8569–8582.