

KAJIAN TEKNIS GEOMETRI JALAN ANGKUT TAMBANG UNTUK MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS OVERBURDEN REMOVAL PADA PENAMBANGAN BATUBARA PIT 14 PT DARMA HENWA SITE ASAM-ASAM, KALIMANTAN SELATAN

Evelyn Simaremare^{1a}, Wawong Dwi Ratminah¹, Edy Nursanto¹, Oktarian Wisnu Lusantono¹
¹Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral dan Energi, UPN “Veteran” Yogyakarta
^aemail: 112200068@student.upnyk.ac.id

ABSTRACT

Transportation activities are an important factor in achieving productivity targets, but the transportation process cannot be separated from road geometry calculations that must be taken into consideration. Based on observations made, most of the haul roads located at PT. Darma Henwa site ACP does not meet the applicable road geometry standards. This condition causes the speed of the transport equipment to be less than optimal, increasing the total value of the transport equipment circulation time and reducing the productivity value of the transport equipment. This research aims to determine the ideal standard size of haul road geometry and increase the productivity of haulage equipment after theoretical improvements through rimpull simulation. The results of the research showed that the minimum straight road width was 24 m and curved roads were 27 m. The road grade in segments C-D was improved to 7% of the actual condition of 8.48%. On the curved road segment, the superelevation value meets the standard, namely less than 5% and the curve radius value exceeds the minimum value of 31.85 m. The standard cross slope is 2% with a height difference in the middle of the straight road of 24 cm. The actual productivity of transportation equipment is 102.51 BCM/hour with a circulation time of transportation equipment of 24.95 minutes. After evaluating the road geometry and rimpull simulation, the transportation time decreased to 21.75 minutes and productivity increased by 117.28 BCM/hour in Alternative 1, while in Alternative 2 it became 20.13 minutes and productivity increased by 126.69 BCM /O'clock. This shows an increase in production from the company's productivity target of 117 BCM/hour.

Keywords: Mine Road Geometry, Circulation Time, Productivity, Overburden Transport, Total Resistance

ABSTRAK

Kegiatan pengangkutan menjadi salah satu faktor yang penting dalam mencapai target produktivitas, namun dalam proses pengangkutan tidak lepas dari perhitungan geometri jalan yang harus dipertimbangkan. Berdasarkan pengamatan yang dilakukan, sebagian besar jalan angkut yang terdapat pada PT. Darma Henwa site ACP belum memenuhi standar geometri jalan yang berlaku. Kondisi tersebut menyebabkan kecepatan alat angkut tidak optimal, memperbesar nilai total waktu edar alat angkut dan menurunkan nilai produktivitas alat angkut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui ukuran standar geometri jalan angkut yang ideal dan meningkatkan produktivitas alat angkut setelah dilakukan perbaikan secara teoritis melalui simulasi rimpull. Hasil dari penelitian diperoleh lebar jalan lurus minimum adalah sebesar 24 m dan jalan tikungan sebesar 27 m. Grade jalan pada segmen C-D diperbaiki menjadi 7% dari kondisi aktual sebesar 8,48%. Pada segmen jalan tikungan, nilai superelevasi sudah memenuhi standar yaitu kurang dari 5% dan nilai radius tikungan telah melebihi nilai minimum sebesar 31,85 m. Cross slope standar sebesar 2% dengan beda tinggi pada bagian tengah jalan lurus sebesar 24 cm. Produktivitas alat angkut aktual adalah sebesar 102,51 BCM/jam dengan waktu edar alat angkut sebesar 24,95 menit. Setelah dilakukan evaluasi geometri jalan dan simulasi rimpull, waktu edar alat angkut menurun menjadi 21,75 menit dan produktivitas meningkat sebesar 117,28 BCM/jam pada Alternatif 1, sedangkan pada Alternatif 2 menjadi 20,13 menit dan produktivitas meningkat sebesar 126,69 BCM/jam. Hal tersebut menunjukkan adanya peningkatan produksi dari target produktivitas perusahaan yaitu 117 BCM/jam.

Kata Kunci: Geometri Jalan Tambang, Waktu Edar, Produktivitas, Pengangkutan Overburden, Hambatan Total

I. PENDAHULUAN

PT Darma Henwa Tbk site Asam-asam Coal Project (PT Darma Henwa site ACP) merupakan salah satu perusahaan penyedia jasa pertambangan (kontraktor) batubara pada PT Arutmin Indonesia yang berlokasi di Desa Asam Asam Kecamatan Jorong, Kabupaten Tanah Laut, Provinsi Kalimantan Selatan.

Metode penambangan yang dilakukan adalah metode penambangan terbuka. Kegiatan yang dilakukan di PT

Darma Henwa site ACP meliputi kegiatan pengupasan dan pengangkutan lapisan penutup (overburden removal), penambangan batubara (coal getting), dan pengangkutan batubara (coal hauling). Kegiatan pengangkutan overburden menjadi salah satu faktor yang penting dalam mencapai target produksi. Kegiatan pengangkutan overburden dari Front Barat menuju Disposal menggunakan jalan angkut dengan dua jalur. Target produktivitas alat angkut Komatsu HD785-7 yang ditentukan oleh perusahaan ialah 117 BCM/jam dengan jarak pengangkutan 2,9 km. Target

kecepatan rata-rata alat angkut pada jalan standar kondisi kosong 22 km/jam dan kondisi bermuatan 18 km/jam.

Pada lokasi penelitian terdapat segmen jalan dengan geometri yang belum memenuhi standar parameter perusahaan. Keadaan jalan pada segmen tersebut mengakibatkan alat angkut tidak dapat mencapai target kecepatan yang diinginkan, sehingga akan mempengaruhi lamanya waktu tempuh alat angkut. Pada kondisi jalan tidak standar ini, produktivitas alat angkut yang dapat dicapai sebesar 102,51 BCM/jam.

Oleh karena itu diperlukan kajian geometri jalan angkut tambang serta membandingkan lamanya waktu tempuh alat angkut ketika kondisi aktual dan setelah dilakukan perbaikan jalan angkut secara teoritis menggunakan simulasi rimpull untuk mencapai target produktivitas alat angkut.

II. METODE

Metode penelitian yang digunakan untuk menyelesaikan masalah yang ada di lapangan menggunakan metode penelitian langsung dan tidak langsung antara lain:

Studi literatur dan observasi lapangan dilakukan dimana tujuannya untuk mempelajari serta memahami situasi dan kondisi yang ada di lapangan. Studi literatur dan observasi lapangan yang dilakukan yaitu mempelajari terkait alat mekanis yang digunakan, mencari spesifikasi alat serta standarnya, dan mengobservasi lapangan yang nantinya akan diteliti.

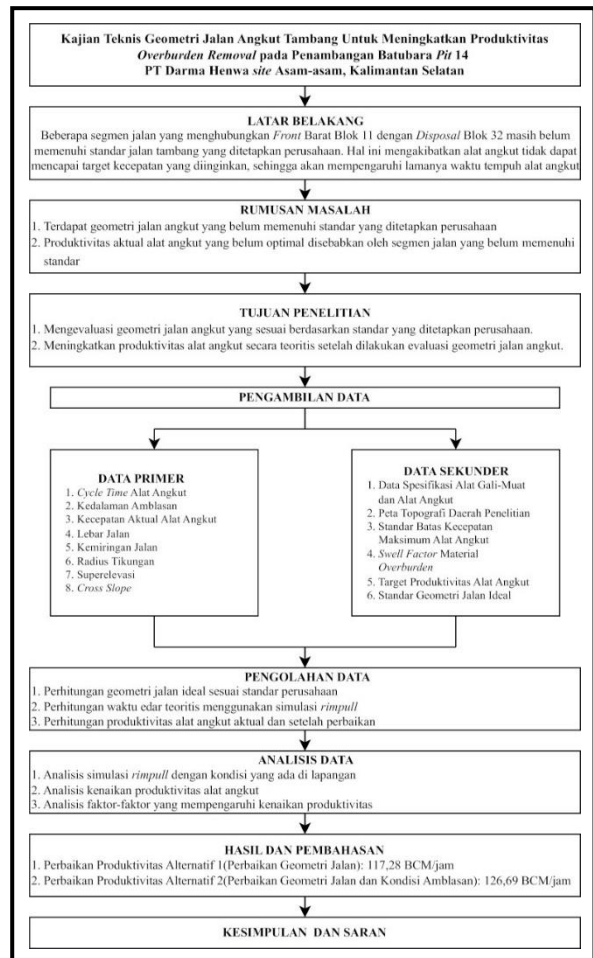
Data yang diperoleh berdasarkan observasi lapangan dibagi menjadi dua, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer yang didapatkan berupa cycle time alat angkut, kedalaman undulasi, kecepatan aktual alat angkut, lebar jalan, kemiringan jalan, radius tikungan, superelevasi, serta cross slope. Data sekunder berupa data spesifikasi alat gali-muat dan alat angkut, peta topografi daerah penelitian, standar batas kecepatan maksimum alat angkut, swell factor material overburden, target produktivitas alat angkut dan standar geometri jalan ideal.

Pengolahan data dalam penelitian ini dibagi menjadi dua yaitu pengolahan data geometri jalan dan perhitungan produktivitas alat angkut. Perhitungan geometri jalan ideal berdasarkan spesifikasi alat angkut. Perhitungan dilakukan untuk mendapatkan geometri jalan ideal yang berguna untuk melakukan analisis perbaikan geometri jalan dan peningkatan produktivitas. Pengolahan data geometri jalan ini dilakukan dengan software ArcGIS versi 10.4 (Lisensi PT. Darma Henwa site ACP).

Sedangkan pada perhitungan produktivitas, didapat dari data primer yaitu data cycle time yang diamati secara aktual di lapangan dan data sekunder sehingga didapatkan produktivitas aktual. Perhitungan rimpull yang dibutuhkan alat angkut dengan total resistance yang membahas mengenai rolling resistance dan grade

resistance pada jalan angkut sehingga diperoleh estimasi waktu edar secara teoritis. Selanjutnya adalah menentukan yang akan dilakukan untuk mencapai target produktivitas alat angkut setelah perbaikan geometri.

Setelah dilakukan pengolahan data dan analisis data mengenai data primer dan sekunder akan diberikan kesimpulan mengenai hasil penelitian yang telah dilakukan. Selain itu, pada penelitian ini diberikan saran- saran untuk penelitian selanjutnya supaya penelitian selanjutnya bisa lebih baik.



. Gambar 1. Tahapan Penelitian

III. HASIL

Untuk mengetahui produktivitas alat angkut, maka perlu dilakukan pengamatan terhadap faktor-faktor yang mempengaruhinya. Berdasarkan pengamatan dan tinjauan terhadap kegiatan kerja di lapangan didapatkan hal-hal sebagai berikut.

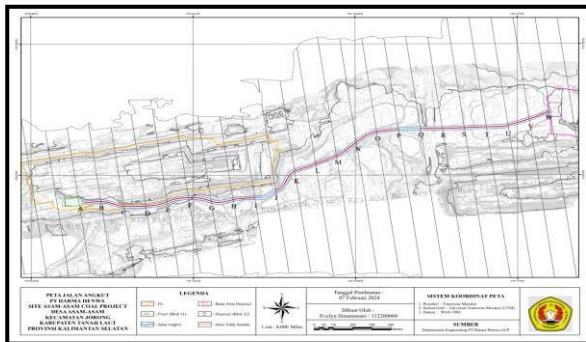
Front kerja penambangan merupakan area dimana alat mekanis akan bekerja. Geometri front penambangan pada Front Barat Blok 11 memiliki lebar front sebesar 12,60 m dan tinggi front sebesar 4,12 m (lihat Gambar 2). Lebar dan tinggi front tersebut masih belum memenuhi standar geometri front untuk alat angkut Komatsu HD785-7 dan alat gali-muat excavator Liebherr R9200, yaitu 30,44 m dan 4,295 m. Posisi track alat gali-muat harus sejajar dengan tinggi vessel

alat angkut agar meningkatkan efisiensi kerja alat gali-muat tersebut.



Gambar 2. Geometri Front Barat Blok 11

Kegiatan pengangkutan pada penelitian berlangsung dari front menuju disposal sepanjang 2,9 km. Data geometri jalan aktual pada lokasi penelitian dapat dilihat pada Tabel 1, sedangkan peta segmen jalan angkut dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Peta Segmen Jalan Angkut

Pada penelitian ini, alat angkut terbesar yang ada di PT Darma Henwa site ACP adalah dump truck Komatsu HD 785-7. Perhitungan yang telah dilakukan, lebar minimum jalan angkut untuk dua jalur sesuai dengan alat angkut terbesar yang digunakan oleh PT Darma Henwa site ACP yaitu 24 m untuk jalan lurus dan 27 m untuk jalan tikungan. Pada sepanjang jalan angkut, terdapat 15 segmen lebar jalan lurus dan 5 segmen lebar jalan tikungan yang perlu ditambah sesuai dengan lebar standar minimum. Tujuan penambahan lebar jalan ialah untuk mengurangi waktu tunggu pada jalan sempit, sehingga dapat mengurangi nilai total waktu tempuh alat angkut.

Kemiringan jalan atau grade berhubungan langsung dengan kemampuan hauler dalam mengatasi tanjakan maupun dalam pengereman. Grade yang bertanda negatif merupakan kondisi jalan menurun, sedangkan grade bertanda positif merupakan kondisi jalan menanjak. Grade jalan maksimum menurut perusahaan adalah sebesar 8%, dengan alasan agar grade jalan tidak terlalu mempengaruhi kecepatan alat angkut. Segmen jalan yang memiliki grade lebih dari 8% yaitu segmen jalan lurus C-D sebesar 8,48% yang memiliki panjang 130 meter.

Radius tikungan jalan angkut merupakan radius lintas perlengkungan yang dibentuk oleh alat angkut pada saat menikung. Radius tikungan minimum dengan kecepatan rencana sesuai standar perusahaan sebesar

30 km/jam dan superelevasi maksimum sebesar 5% yaitu 31,85 m. Nilai radius tikungan terbesar berada pada segmen jalan T-U yaitu 87 m dan nilai terkecil pada segmen jalan J-K yaitu 38 m.

Superelevasi merupakan kemiringan jalan pada tikungan yang terbentuk oleh batas antara tepi jalan terluar dengan tepi jalan terdalam karena perbedaan kemiringan. Tujuan dibuat superelevasi yaitu untuk menghindari atau mencegah kendaraan tergelincir keluar jalan atau terguling dan untuk mengimbangi gaya sentrifugal sewaktu kendaraan melintasi tikungan. Berdasarkan standar parameter perusahaan, superelevasi maksimum yang diizinkan sebesar 5% atau setara dengan 0,5 m/m. Nilai superelevasi terbesar berada pada segmen I-J yaitu 0,05 m/m dan nilai terkecil pada segmen F-G, J-K dan T-U yaitu 0,01 m/m.

Kemiringan melintang atau cross slope adalah sudut yang dibentuk oleh dua sisi permukaan jalan terhadap bidang horizontal. Pembuatan cross slope ditujukan agar saat hujan akir akan mengalir ke sisi jalan, sehingga air akan segera masuk kedalam parit dan mengurangi genangan pada badan jalan. Cross slope tidak secara langsung mempengaruhi kecepatan atau waktu tempuh alat angkut, tetapi memiliki dampak signifikan terhadap durabilitas jalan. Berdasarkan hasil observasi lapangan, tidak ada kemiringan melintang yang jelas di sepanjang jalan angkut (lihat Gambar 4).



Gambar 4. Kondisi Jalan Tanpa *Cross Slope*

Tanggul pengaman atau safety berm dirancang untuk mencegah kendaraan terguling dari jalan dan menghindari bahaya yang membahayakan keselamatan kerja dan peralatan. Ketinggian tanggul pengaman tambang harus $\frac{3}{4}$ dari diameter ban unit terbesar. Berdasarkan pengamatan di lapangan, pada sepanjang segmen jalan angkut terdapat tanggul pengaman dengan tinggi rata-rata kurang dari 1,5 m. Tinggi tanggul pada lokasi penelitian cenderung kurang dari $\frac{3}{4}$ roda terbesar.

Tabel 1. Geometri Jalan Aktual

Segmen Jalan	Keterangan	Panjang Segmen (m)	Lebar (m)	Elevasi (m)		Grade (%)	Radius Tikungan (m)	Beda Tinggi Tikungan (m)	Superelevasi (%)	Cross Slope (%)	
				Awal	Akhir						
SL A-B	Jalan Highwall	95	18	8	2	-6.32	-	-	-	Tidak terbentuk	
SL B-C		128	16	1	7	4.67	-	-	-		
SL C-D		130	18	7	18	8.48	-	-	-		
SL D-E		134	19	18	22	2.99	-	-	-		
SL E-F		134	18	22	29	5.24	-	-	-		
ST F-G		125	22	29	35	4.80	75	0.21	1%		
ST G-H		136	20	35	41	4.41	64	0.55	3%		
SL H-I		93	19	39	42	3.23	-	-	-		
ST I-J		96	30	41	42	1.04	47	0.15	5%		
ST J-K		144	24	41	46	3.47	38	0.26	1%		
SL K-L		Jalan Evi	78	21	46	48	2.55	-	-		-
SL L-M			98	21	47	50	3.06	-	-		-
SL M-N			200	18	50	47	1.50	-	-		-
ST N-O	129		24	47	43	-3.11	66	0.52	2%		
SL O-P	Simpang KPP 1	113	19	43	39	-3.54	-	-	-		
SL P-Q		142	24	39	34	-3.53	-	-	-		
SL Q-R	81	19	34	33	-1.24	-	-	-			
SL R-S	Jalan Disposol	118	19	33	36	2.54	-	-	-		
SL S-T		130	19	36	41	3.86	-	-	-		
ST T-U		127	22	41	43	1.58	87	0.13	1%		
SL U-V		98	16	43	41	-2.04	-	-	-		
SL V-W		96	16	41	40	-1.04	-	-	-		
Keterangan											
SL	Segmen Jalan Lurus										
ST	Segmen Jalan Tikungan										
	Tidak sesuai dengan standar jalan ideal										

Waktu Edar Alat Mekanis

Waktu edar merupakan jumlah total waktu yang diperlukan oleh sebuah alat mekanis untuk menyelesaikan satu siklus kerja. Waktu edar pada penelitian ini terdiri dari waktu edar alat gali-muat dan waktu edar alat angkut sebagai berikut.

Waktu Edar Alat Gali-Muat

Waktu siklus pemuatan digunakan untuk menilai kinerja sistem pemuatan material. Waktu edar alat gali-muat excavator Liebherr 9200 di Front Barat sebesar 30,55 detik (lihat Tabel 2).

Tabel 2. Waktu Edar Alat Gali-Muat

Waktu Edar (detik)				
Tm1	Tm2	Tm3	Tm4	CTm
15,46	4,26	4,99	5,83	30,55

Keterangan:

- CTm = Total waktu edar alat gali-muat (detik)
- Tm1 = Waktu penggalian (detik)
- Tm2 = Waktu ayunan bermuatan (detik)
- Tm3 = Waktu penumpahan muatan (detik)
- Tm4 = Waktu ayunan kosong (detik)

Waktu Edar Alat Angkut

Waktu edar alat angkut yang diperoleh merupakan waktu edar alat angkut rata-rata saat pengamatan. Waktu edar alat angkut aktual dari front menuju disposal sebesar 1474 detik atau setara dengan 24,60 menit (Tabel 3).

Tabel 3. Waktu Edar Alat Angkut

Waktu Edar (detik)						
Ta1	Ta2	Ta3	Ta4	Ta5	Ta6	CTa
59	207	620	52	29	508	1474

Keterangan:

- CTa = Waktu edar alat angkut (detik)
- Ta1 = Waktu mengambil posisi dimuat (detik)
- Ta2 = Waktu diisi muatan (detik)
- Ta3 = Waktu mengangkut muatan (detik)
- Ta4 = Waktu posisi penumpahan (detik)
- Ta5 = Waktu muatan ditumpahkan (detik)
- Ta6 = Waktu kembali kosong (detik)

Target rata-rata kecepatan alat angkut yang ditentukan perusahaan pada kondisi jalan standar adalah sebesar 20 km/jam, dengan kecepatan saat bermuatan sebesar 18 km/jam dan kecepatan saat kembali kosong sebesar 22 km/jam. Pada hasil simulasi rimpull, didapatkan rata-rata kecepatan sesuai kemampuan maksimum alat angkut pada kondisi jalan aktual (tidak standar) sebesar 21 km/jam, dengan kecepatan saat bermuatan sebesar 21,52 km/jam dan kecepatan saat kembali kosong sebesar 20,48 km/jam.

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, rata-rata kecepatan aktual alat angkut sebesar 19,91 km/jam, dengan rincian kecepatan saat bermuatan sebesar 18,95 km/jam dan kecepatan saat kembali kosong sebesar 20,86 km/jam. Kecepatan rata-rata alat angkut belum mencapai target yang ditentukan, baik kecepatan pada saat pengangkutan muatan maupun saat kembali kosong.

Target produktivitas alat angkut Komatsu HD 785- 7 pada kondisi jalan standar dengan jarak pengangkutan

2.9 km yaitu sebesar 117 BCM/jam. Produktivitas alat angkut aktual berdasarkan pengamatan sebesar 102,51 BCM/jam dan berdasarkan data entry aktual perusahaan sebesar 99,48 BCM/jam. Setelah dilakukan simulasi rimpull aktual, prediksi produktivitas maksimal alat angkut yang dapat dicapai sebesar 107,93 BCM/jam. Sedangkan untuk produktivitas alat gali muat aktual didapat 652,79 BCM/jam.

Tidak tercapainya target produktivitas alat angkut dikarenakan adanya hambatan berupa kondisi jalan yang tidak standar.

Hambatan Total (Total Resistance) adalah penjumlahan dari rolling resistance dan grade resistance. Semakin tinggi nilai total resistance, maka energi yang dibutuhkan untuk alat angkut dapat bergerak semakin tinggi sehingga beban kerja alat semakin besar. Oleh karena itu, nilai perhitungan total resistance harus mendekati keadaan yang sebenarnya.

Rolling resistance pada jalan angkut digunakan untuk mengetahui energi yang hilang akibat kondisi permukaan jalan. Alat angkut dengan berat tertentu akan menghasilkan tyre penetration yang menyebabkan amblasan pada permukaan jalan. Pada Tabel 4, nilai RR dapat dinyatakan dalam bentuk persen yaitu setiap 20 lb/ton setara dengan 1% RR.

Grade resistance pada jalan angkut dilakukan untuk mengetahui sejumlah energi yang hilang akibat perbedaan elevasi pada setiap segmen jalan. Besarnya nilai kemiringan rata-rata untuk setiap 1% kemiringan yaitu 20 lb/ton. Pada lokasi penelitian, ditemukan grade tertinggi sebesar 8,48%, sehingga pada jalan angkut tersebut didapatkan grade resistance sebesar 169,60lb/ton. Pada Tabel 4, nilai grade resistance dapat dinyatakan dalam bentuk persen yaitu setiap 20 lb/ton setara dengan 1% GR.

Tabel 4. Hambatan Jalan Angkut Aktual

Segmen Jalan	Amblasan (Inch)		RR Total Muatan (lb/ton)		20 lb = 1%		Grade	Grade Resistance (lb/ton)		20 lb = 1%	
	Kosong	Muatan	Kosong	Muatan	Kosong	Muatan		Muatan	Kosong	Muatan	Kosong
SL A-B	5,12	5,91	212,18	244,82	10,61	12,24	-6,32	-20603,2	9100,8	-10,3	4,6
SL B-C	3,94	4,33	163,21	179,53	8,16	8,98	4,67	15224,2	-6724,8	7,6	-3,4
SL C-D	1,57	1,57	65,28	65,28	3,26	3,26	8,48	27644,8	-12211,2	13,8	-6,1
SL D-E	1,57	1,57	65,28	65,28	3,26	3,26	2,99	9747,4	-4305,6	4,9	-2,2
SL E-F	1,57	1,57	65,28	65,28	3,26	3,26	5,24	17082,4	-7545,6	8,5	-3,8
ST F-G	1,57	1,57	65,28	65,28	3,26	3,26	4,8	15648	-6912	7,8	-3,5
ST G-H	1,57	1,57	65,28	65,28	3,26	3,26	4,41	14376,6	-6350,4	7,2	-3,2
SL H-I	1,57	1,57	65,28	65,28	3,26	3,26	3,23	10529,8	-4651,2	5,3	-2,3
ST I-J	1,57	1,57	65,28	65,28	3,26	3,26	1,04	3390,4	-1497,6	1,7	-0,7
ST J-K	1,57	1,57	65,28	65,28	3,26	3,26	3,47	11312,2	-4996,8	5,7	-2,5
SL K-L	1,57	3,94	65,28	163,21	3,26	8,16	2,55	8313	-3672	4,2	-1,8
SL L-M	3,54	4,72	146,89	195,85	7,34	9,79	3,06	9975,6	-4406,4	5,0	-2,2
SL M-N	1,57	1,57	65,28	65,28	3,26	3,26	1,5	4890	-2160	2,4	-1,1
ST N-O	1,57	1,57	65,28	65,28	3,26	3,26	-3,11	-10138	4478,4	-5,1	2,2
SL O-P	1,57	1,57	65,28	65,28	3,26	3,26	-3,54	-11540	5097,6	-5,8	2,5
SL P-Q	1,57	1,57	65,28	65,28	3,26	3,26	-3,53	-11507	5083,2	-5,8	2,5
SL Q-R	1,57	1,57	65,28	65,28	3,26	3,26	-1,24	-4042,4	1785,6	-2,0	0,9
SL R-S	3,94	3,94	163,21	163,21	8,16	8,16	2,54	8280,4	-3657,6	4,1	-1,8
SL S-T	1,57	1,57	65,28	65,28	3,26	3,26	3,86	12583,6	-5558,4	6,3	-2,8
ST T-U	3,54	3,54	146,89	146,89	7,34	7,34	1,58	5150,8	-2275,2	2,6	-1,1
SL U-V	3,54	3,54	146,89	146,89	7,34	7,34	-2,04	-6650,4	2937,6	-3,3	1,5
SL V-W	3,54	3,54	146,89	146,89	7,34	7,34	-1,04	-3390,4	1497,6	-1,7	0,7

IV. PEMBAHASAN

Tidak tercapainya target produktivitas dikarenakan oleh adanya segmen jalan angkut dengan geometri tidak standar dan kondisi yang kurang baik. Hal tersebut akan mempengaruhi alat angkut dalam mencapai target kecepatannya, sehingga memperoleh waktu edar yang kurang optimal. Oleh karena itu penelitian ini memperhitungkan kajian teknis geometri jalan angkut dan cycle time alat angkut untuk meningkatkan hasil produktivitas.

Hasil evaluasi geometri jalan ideal (lihat Tabel 5) disesuaikan dengan standarisasi yang berlaku mengacu pada aturan-aturan yang ada, serta pendapat para ahli yang. Lebar jalan angkut pada jalan lurus atau tikungan didapatkan berdasarkan spesifikasi alat angkut terbesar yaitu dump truck Komatsu HD 785-7. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, lebar

minimum jalan angkut untuk dua jalur yaitu 24 meter untuk jalan lurus dan 27 meter untuk jalan tikungan.

Pada sepanjang jalan angkut, terdapat beberapa segmen jalan yang belum sesuai lebar standar minimum, yaitu 9 segmen di Jalan Highwall, 5 segmen di Jalan Evi, 1 segmen di Simpang KPP-1 dan 5 segmen di Jalan Disposal. Oleh karena itu, pada segmen tersebut diperlukan evaluasi berupa penambahan lebar jalan.

Upaya pelebaran jalan angkut dapat meningkatkan kapasitas dan mobilitas kegiatan pengangkutan, tetapi hal tersebut harus memperhatikan aspek keamanan dan kondisi topografi. Jalan Highwall memiliki resiko tinggi dalam melakukan upaya pelebaran jalan karena berada di tepi tebing jenjang Highwall yang relatif curam, sehingga diperlukan evaluasi mengenai identifikasi risiko bahaya potensial pada jalan tersebut.

Sedangkan segmen jalan angkut pada Jalan Evi, Simpang KPP-1 dan Jalan Disposal dapat upaya pelebaran jalan.

Standar kemiringan jalan maksimum yang ditetapkan oleh perusahaan adalah 8% dan direkomendasikan kurang dari 8%. Perbaikan grade jalan dibuat tidak melebihi batas tersebut dan menyesuaikan dengan kondisi topografi.

Segmen C-D mengalami perbaikan grade dari 8,48% menjadi 7%, sehingga segmen D-E juga diperlukan perubahan grade dari 2,99% menjadi 4% untuk menyesuaikan pada perbaikan tersebut.

Radius tikungan jalan angkut mengacu pada radius lintasan lengkung yang dibentuk oleh alat angkut saat melakukan tikungan. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, radius tikungan minimum dengan kecepatan rencana sesuai standar perusahaan sebesar 30 km/jam dan superelevasi maksimum sebesar 0,05 m/m yaitu 31,85 m. Oleh karena itu, semua segmen tikungan sudah memenuhi standar minimum radius tikungan

Superelevasi memainkan peran penting dalam menentukan kecepatan kendaraan saat melewati

tikungan. Standar parameter perusahaan untuk nilai superelevasi maksimum yang diizinkan adalah sebesar 5% atau setara 0,05 m/m. Superelevasi pada segmen jalan tikungan perlu dilakukan perbaikan dengan membuat beda tinggi dengan tepi jalan sebesar 1,4 m.

Menurut Kepmen ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018 pasal 19 ayat (6), nilai cross slope tidak kurang dari 2% atau dalam artian tidak boleh kurang dari 20 mm/m. Berdasarkan hasil observasi lapangan, tidak ada kemiringan melintang yang jelas di sepanjang jalan angkut, sehingga diperlukan perbaikan pada segmen jalan lurus.

Tanggul pengaman (safety berm) berfungsi untuk menghindari tergulirnya kendaraan ke arah tepi jalan. Tanggul pengaman pada sepanjang jalan angkut memiliki rata-rata tinggi yang kurang dari 1,5 m artinya lebih kecil dari $\frac{3}{4}$ diameter ban unit terbesar. Pada lokasi penelitian, unit alat angkut terbesar yaitu dump truck Komatsu HD 785-7 yang memiliki diameter ban 2,25 m. Oleh karena itu, tinggi tanggul pengaman yang direkomendasikan sebesar 1,69 m.

Tabel 5. Geometri Jalan Perbaikan

Segmen Jalan	Keterangan	Panjang Segmen (m)	Lebar (m)	Elevasi (m)		Grade (%)	Radius Tikungan (m)	Beda Tinggi Tikungan	Superelevasi	
				Awal	Akhir					
SL A-B	Jalan Highwall	99	24	8	2	-6,32	-	-	-	
SL B-C		135	24	1	7	4,67	-	-	-	
SL C-D		126	24	7	16	7,00	-	-	-	
SL D-E		127	24	16	22	4,00	-	-	-	
SL E-F		128	24	22	29	5,24	-	-	-	
ST F-G		134	27	29	35	4,80	75	1,4	5%	
ST G-H		128	27	35	41	4,41	64	1,4	5%	
SL H-I		126	24	39	42	3,23	-	-	-	
ST I-J		135	27	41	42	1,04	47	1,4	5%	
ST J-K		178	27	41	46	3,47	38	1,4	5%	
SL K-L		Jalan Evi	130	24	46	48	2,55	-	-	-
SL L-M			132	24	47	50	3,06	-	-	-
SL M-N			150	24	50	47	1,50	-	-	-
ST N-O	139		27	47	43	-3,11	66	1,4	5%	
SL O-P	125		24	43	39	-3,54	-	-	-	
SL P-Q	Simpang KPP 1	126	24	39	34	-3,53	-	-	-	
SL Q-R		126	24	34	33	-1,24	-	-	-	
SL R-S	Jalan Disposal	127	24	33	36	2,54	-	-	-	
SL S-T		124	24	36	41	3,86	-	-	-	
ST T-U		126	27	41	43	1,58	87	1,4	5%	
SL U-V		128	24	43	41	-2,04	-	-	-	
SL V-W		123	24	41	40	-1,04	-	-	-	

Upaya Peningkatan Produktivitas Alat Angkut
Perhitungan produktivitas aktual berdasarkan pada pengamatan cycle time di lapangan. Dari perhitungan produktivitas aktual didapatkan produktivitas satu unit dump truck Komatsu HD 785-7 rata-rata 102,51 BCM/Jam. Produktivitas tersebut belum mencapai target produktivitas yang ditetapkan oleh perusahaan yaitu sebesar 117 BCM/jam. Oleh karena itu, dilakukan upaya perbaikan produktivitas alat angkut.

Pada Alternatif 1 ini, perbaikan geometri jalan dilakukan dengan tidak memperhatikan kondisi ambelasan di sepanjang jalan angkut. Simulasi rimpull dilakukan untuk menentukan gear maksimum yang akan digunakan alat angkut, sehingga mendapatkan kecepatan maksimum secara teoritis yang disesuaikan

dengan batas kecepatan maksimum perusahaan yaitu 30 km/jam. Total Resistance yang dianalisis dalam simulasi rimpull Alternatif 1 merupakan penjumlahan antara rolling resistance aktual dan grade resistance perbaikan (lihat Tabel 6).

Dalam hal ini, didapatkan peningkatan rata-rata kecepatan alat angkut sebesar 24,93 Km/jam dari kondisi aktual yaitu 19,91 Km/jam. Peningkatan kecepatan tersebut mengakibatkan turunnya waktu tempuh alat angkut dari kondisi aktual sebesar 1128 detik (18,81 menit) menjadi 958 detik (15,96 menit), dengan rincian waktu tempuh kondisi muatan 575 detik (9,58 menit) dan waktu tempuh kondisi kosong 383 detik (6,38 menit), sehingga perbaikan total waktu edar alat angkut menjadi 1305 detik (21,75 menit).

Hasil perbaikan waktu edar secara teoritis menghasilkan peningkatan produktivitas alat angkut sebesar 117,28 BCM/jam atau 100,53% dari target produktivitas perusahaan sebesar 117 BCM/jam.

Upaya perbaikan amblesan dimulai dengan pengurukan dan pembuangan (dumping) material guna menyesuaikan elevasi jalan, selanjutnya dilakukan pemadatan permukaan jalan untuk meningkatkan kekokohan struktur badan jalan. Pemantauan dan perbaikan amblesan pada sepanjang jalan angkut harus dilakukan secara rutin karena akan mempengaruhi nilai rolling resistance pada jalan tersebut. Nilai rolling resistance pada alternatif ini dihitung dengan menggunakan pendekatan Tabel Rolling Resistance oleh Yanto Indonesianto (2005).

Hal tersebut dilakukan dengan standarisasi nilai rolling resistance sebesar 65 lb/ton yaitu kurang dari 2% pada sepanjang jalan angkut. Total resistance yang dianalisis adalah penjumlahan antara rolling resistance perbaikan dan grade resistance perbaikan. Selanjutnya,

simulasi rimpull untuk menentukan gear maksimum yang tepat dengan memperhatikan batas kecepatan maksimum perusahaan, yaitu 30 km/jam (lihat Tabel 7).

Dalam hal ini, didapatkan peningkatan rata-rata kecepatan alat angkut sebesar 26,61 Km/jam dari kondisi aktual yaitu 19,91 Km/jam. Peningkatan kecepatan tersebut mengakibatkan turunnya waktu tempuh alat angkut dari kondisi aktual sebesar 1128 detik (18,81 menit) menjadi 861 detik (14,35 menit), dengan rincian waktu tempuh kondisi muatan 478 detik (7,97 menit) dan waktu tempuh kondisi kosongan 383 detik (6,38 menit), sehingga perbaikan total waktu edar alat angkut menjadi 1208 detik (20,13 menit). Hasil perbaikan waktu edar secara teoritis menghasilkan peningkatan produktivitas alat angkut sebesar 126,69 BCM/jam atau 108,59% dari target produktivitas perusahaan sebesar 117 BCM/jam.

Tabel 6. Simulasi Rimpull Setelah Perbaikan Jalan Alternatif 1

Segmen Jalan	Jarak (m)	Grade (%)	Kondisi Bermuatan						Kondisi Kosongan							
			RP RR (lb)	RP GR (lb)	RP a (lb)	RP TR (lb)	Gear	Kec Maks (km/jam)	Waktu (detik)	RP RR (lb)	RP GR (lb)	RP a (lb)	RP TR (lb)	Gear	Kec Maks (km/jam)	Waktu (detik)
SL A-B	99	-6,32	10602	-20615,84	3262	-6752,34	4	30	12	4686,5	9113,44	1442	15241,94	4	30	11,9
SL B-C	135	4,67	10602	15233,54	3262	29097,04	1	10,5	46	4686,5	-6734,14	1442	-605,64	4	30	16,2
SL C-D	126	7	10602	22834	3262	36697,5	2	15	30	4686,5	-10094	1442	-3965,5	4	30	15,1
SL D-E	127	4	10602	13048	3262	26911,5	3	20	23	4686,5	-5768	1442	360,5	4	30	15,2
SL E-F	128	5,24	10602	17092,88	3262	30956,38	2	15	31	4686,5	-7556,08	1442	-1427,58	4	30	15,4
SL F-G	134	4,8	10602	15657,6	3262	29521,1	3	20	24	4686,5	-6921,6	1442	-793,1	4	30	16,1
SL G-H	128	4,41	10602	14385,42	3262	28248,92	3	20	23	4686,5	-6359,22	1442	-230,72	4	30	15,4
SL H-I	126	3,23	10602	10536,26	3262	24399,76	3	20	23	4686,5	-4657,66	1442	1470,84	4	30	15,1
SL I-J	135	1,04	10602	3392,48	3262	17255,98	4	30	16	4686,5	-1499,68	1442	4628,82	4	30	16,2
SL J-K	178	3,47	10602	11319,14	3262	25182,64	3	20	32	4686,5	-5003,74	1442	1124,76	4	30	21,4
SL K-L	130	2,55	10602	8318,1	3262	22181,6	2	15	31	4686,5	-3677,1	1442	2451,4	4	30	15,6
SL L-M	132	3,06	10602	9981,72	3262	23845,22	1	10,5	45	4686,5	-4412,52	1442	1715,98	4	30	15,8
SL M-N	150	1,5	10602	4893	3262	18756,5	4	30	18	4686,5	-2163	1442	3965,5	4	30	18,0
SL N-O	139	-3,11	10602	-10144,8	3262	3718,68	4	30	17	4686,5	4484,62	1442	10613,12	4	30	16,7
SL O-P	125	-3,54	10602	-11547,48	3262	2316,02	4	30	15	4686,5	5104,68	1442	11233,18	4	30	15,0
SL P-Q	126	-3,53	10602	-11514,86	3262	2348,64	4	30	15	4686,5	5090,26	1442	11218,76	4	30	15,1
SL Q-R	126	-1,24	10602	-4044,88	3262	9818,62	1	10,5	53	4686,5	1788,08	1442	7916,58	1	10,5	53,2
SL R-S	127	2,54	10602	8285,48	3262	22148,98	2	15	30	4686,5	-3662,68	1442	2465,82	4	30	15,2
SL S-T	124	3,86	10602	12591,32	3262	26454,82	3	20	22	4686,5	-5566,12	1442	562,38	4	30	14,9
SL T-U	126	1,58	10602	5153,96	3262	19017,46	2	15	30	4686,5	-2278,36	1442	3850,14	4	30	15,1
SL U-V	128	-2,04	10602	-6654,48	3262	7209,02	4	30	15	4686,5	2941,68	1442	9070,18	4	30	15,4
SL V-W	123	-1,04	10602	-3392,48	3262	10471,02	3	20	22	4686,5	1499,68	1442	7628,18	4	30	14,8
Total Waktu Tempuh									575							383

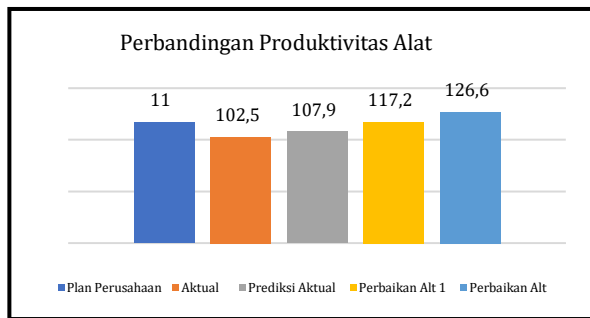
Tabel 7. Simulasi Rimpull Setelah Perbaikan Jalan Alternatif 2

Segmen Jalan	Jarak (m)	Grade (%)	Kondisi Bermuatan						Kondisi Kosongan							
			RP RR (lb)	RP GR (lb)	RP a (lb)	RP TR (lb)	Gear	Kec Maks (km/jam)	Waktu (detik)	RP RR (lb)	RP GR (lb)	RP a (lb)	RP TR (lb)	Gear	Kec Maks (km/jam)	Waktu (detik)
SL A-B	99	-6,32	10602	-20615,84	3262	-6752,34	4	30	12	4686,5	9113,44	1442	15241,94	4	30	11,9
SL B-C	135	4,67	10602	15233,54	3262	29097,04	3	20	24	4686,5	-6734,14	1442	-605,64	4	30	16,2
SL C-D	126	7	10602	22834	3262	36697,5	2	15	30	4686,5	-10094	1442	-3965,5	4	30	15,1
SL D-E	127	4	10602	13048	3262	26911,5	3	20	23	4686,5	-5768	1442	360,5	4	30	15,2
SL E-F	128	5,24	10602	17092,88	3262	30956,38	2	15	31	4686,5	-7556,08	1442	-1427,58	4	30	15,4
SL F-G	134	4,8	10602	15657,6	3262	29521,1	3	20	24	4686,5	-6921,6	1442	-793,1	4	30	16,1
SL G-H	128	4,41	10602	14385,42	3262	28248,92	3	20	23	4686,5	-6359,22	1442	-230,72	4	30	15,4
SL H-I	126	3,23	10602	10536,26	3262	24399,76	3	20	23	4686,5	-4657,66	1442	1470,84	4	30	15,1
SL I-J	135	1,04	10602	3392,48	3262	17255,98	4	30	16	4686,5	-1499,68	1442	4628,82	4	30	16,2
SL J-K	178	3,47	10602	11319,14	3262	25182,64	3	20	32	4686,5	-5003,74	1442	1124,76	4	30	21,4
SL K-L	130	2,55	10602	8318,1	3262	22181,6	4	30	16	4686,5	-3677,1	1442	2451,4	4	30	15,6
SL L-M	132	3,06	10602	9981,72	3262	23845,22	3	20	24	4686,5	-4412,52	1442	1715,98	4	30	15,8
SL M-N	150	1,5	10602	4893	3262	18756,5	4	30	18	4686,5	-2163	1442	3965,5	4	30	18,0

Lanjutan tabel 7. Simulasi Rimpull Setelah Perbaikan Jalan Alternatif 2

Segmen Jalan	Jarak (m)	Grade (%)	Kondisi Bermuatan							Kondisi Kosongan						
			RP RR (lb)	RP GR (lb)	RP a (lb)	RP TR (lb)	Gear	Kec Maks (km/jam)	Waktu (detik)	RP RR (lb)	RP GR (lb)	RP a (lb)	RP TR (lb)	Gear	Kec Maks (km/jam)	Waktu (detik)
ST N-O	139	-3,11	10602	-10144,82	3262	3718,68	4	30	17	4686,5	4484,62	1442	10613,12	4	30	16,7
SL O-P	125	-3,54	10602	-11547,48	3262	2316,02	4	30	15	4686,5	5104,68	1442	11233,18	4	30	15,0
SL P-Q	126	-3,53	10602	-11514,86	3262	2348,64	4	30	15	4686,5	5090,26	1442	11218,76	4	30	15,1
SL Q-R	126	-1,24	10602	-4044,88	3262	9818,62	1	10,5	53	4686,5	1788,08	1442	7916,58	1	10,5	53,2
SL R-S	127	2,54	10602	8285,48	3262	22148,98	4	30	15	4686,5	-3662,68	1442	2465,82	4	30	15,2
SL S-T	124	3,86	10602	12591,32	3262	26454,82	3	20	22	4686,5	-5566,12	1442	562,38	4	30	14,9
ST T-U	126	1,58	10602	5153,96	3262	19017,46	4	30	15	4686,5	-2278,36	1442	3850,14	4	30	15,1
SL U-V	128	-2,04	10602	-6654,48	3262	7209,02	4	30	15	4686,5	2941,68	1442	9070,18	4	30	15,4
SL V-W	123	-1,04	10602	-3392,48	3262	10471,02	4	30	15	4686,5	1499,68	1442	7628,18	4	30	14,8
Total Waktu Tempuh									478							383

Berdasarkan dari analisis perhitungan simulasi rimpull dalam upaya perbaikan produktivitas secara teoritis, didapatkan perbandingan produktivitas alat angkut seperti pada Gambar 6 berikut



Gambar 6. Perbandingan Produktivitas Alat Angkut

V. KESIMPULAN/CONCLUSION

1. Geometri jalan angkut direkomendasikan memiliki lebar pada jalan lurus sebesar 24 m dan tikungan sebesar 27 m, radius tikungan 31,85 m, superelevasi 5% dengan beda tinggi tepi dan dalam tikungan sebesar 1,35 m, cross slope sebesar 2% dengan beda tinggi pada bagian tengah jalan sebesar 24 cm, dan grade jalan maksimum 7% menyesuaikan kondisi topografi, serta tinggi tanggul pengaman lebih dari 1,69 m.

2. Nilai produktivitas alat angkut aktual dibagi menjadi 3 cara perolehan data, yaitu berdasarkan pengamatan sebesar 102,51 BCM/jam, berdasarkan data entry aktual perusahaan sebesar 99,48 BCM/jam dan berdasarkan simulasi rimpull prediksi aktual sebesar 107,93 BCM/jam.

3. Upaya peningkatan produktivitas alat angkut dapat dilakukan dengan dua alternatif, yaitu:

a. Pada alternatif 1 dilakukan perbaikan geometri jalan secara teoritis tanpa memperhatikan kondisi amblasan jalan angkut. Berdasarkan simulasi rimpull, didapatkan peningkatan produktivitas alat angkut dari kondisi aktual menjadi 117,28 BCM/jam, dan telah melebihi dari target produktivitas sebesar 117 BCM/jam.

b. Pada alternatif 2 dilakukan perbaikan geometri jalan secara teoritis dengan melakukan pemantauan dan perbaikan amblasan agar kondisi jalan dalam keadaan baik. Berdasarkan simulasi rimpull, didapatkan peningkatan produktivitas alat angkut dari kondisi

aktual menjadi 126,69 BCM/jam, dan telah melebihi dari target produktivitas sebesar 117 BCM/jam.

VI. DAFTAR PUSTAKA

AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials). (2011). A Policy on Geometric Design of Highways and Streets. Washington, DC.

Azzahra, Irza. (2022). Analisis Pengaruh Geometri dan Kondisi Jalan Angkut Terhadap Produktivitas dan Konsumsi Bahan Bakar Hauler di PT. Antareja Mahada Makmur. (Skripsi Sarjana, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah).

Cahyono, Yudho., Putri, Fairus., Dinoy, Edward. (2023) Study Of The Effect of Haul Road Geometry on Productivity at PT. Karebet Mas Indonesia, Site Kutai Energy East Kalimantan. Jurnal GEOSAPTA, Vol.09 No.01, Hal 53-62.

Caterpillar. (2019). Caterpillar Performance Handbook 49. Caterpillar Inc.

Chamidah, Nur. (2023). Kajian Teknis Geometri Jalan Tambang Untuk Meningkatkan Produksi Overburden Removal pada Penambangan Batubara Pit Blok 4 PT Inti Bara Perdana, Bengkulu. (Skripsi Sarjana, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta).

Hidayat, Sutanto., Iskandar, T., Ludiantoro, F.F., Wijayaningtyas, M. (2019). Heavy Equipment Efficiency, Productivity and Compatibility Of Coal Mine Overburden Work In East Kalimantan. International Journal of Mechanical Engineering and Technology, Vol.10 No 06, Hal 194-202.

Hustrulid, W., Kuchta, M., and R. Martin. (2013). Open Pit Mine Planning & Design 3rd Edition. CRC Press, Florida.

Kaufman, W.W., dan J.C. Ault. (1977). Design of Surface Mine Haulage Roads – A Manual. USBM IC 8758

Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2018). Kepmen ESDM Nomor 1827 K/30/MEM/2018 tentang Pedoman

- Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik. Jakarta. Komatsu. (2007). Specification and Application Handbook Edition 28. Komatsu Ltd.
- Monenco. (1989). Design Manual for Surface Mine Haul Roads. Alberta: Monenco Consultants Limited.
- Noor, Djauhari. (2012). Pengantar Geologi. Bogor: Fakultas Teknik Universitas Pakuan.
- Partanto, Prodjosumarto. (1996). Pemindahan Tanah Mekanis. Bandung: Jurusan Teknik Pertambangan ITB.
- PT Darma Henwa Tbk. 2024. Standard Working Instruction (SWI) Desain Jalan Tambang. Kalimantan Selatan.
- Ramadan, Deni., Anaperta, Yoszi. (2024). Optimizing Production by Increasing The Speed Of Komatsu HD 785-7 PT. Kalimantan Prima Persada Site Indexim Kaliorang, East Kutai, East Kalimantan. Jurnal Bina Tambang, Vol. 9, No. 1s, Hal 8-19.
- Sikumbang, N, Heryanto. R. (1994). Peta Geologi Lembar Banjarmasin Kalimantan Selatan. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Sulistiyana, W. (2017). Perencanaan Tambang. Yogyakarta: Program Studi Sarjana Teknik Pertambangan, UPN "Veteran" Yogyakarta.
- Tannant, D.D., and B. Regensburg. (2001). Guidelines for Mine Haul Road Design. Canada. Thompson, R.J. (2011). Principles of Mine Haul Road Design and Construction. Australia.
- Warman, Neni., Hasan, Harjuni., Winarno, Agus., Trides, Tommy., Devy, Shalaho. (2022). Studi Pengaruh Geometri Jalan Akses Terhadap Produktivitas Alat Angkut Dalam Mencapai Target Produksi Overburden Pada PT Energi Cahaya Industritama. Jurnal Teknologi Mineral FT UNMUL, Vol.10, No. 1, Hal 31-37.
- Yanto, Indonesianto. (2005). Pemindahan Tanah Mekanis. Yogyakarta: Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta.
- Yusup, D., Purnomo, H., Mohamad, M. A., & Putra B. P. (2022). Kajian Teknis Geometri Jalan Angkut Tambang pada Kegiatan Pengupasan Overburden PT Bara Prima Pratama Kabupaten Indragiri Hilir Provinsi Riau. Prosiding Nasional Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi, Vol. 17, Hal. 652-663.
- Zara, Mutia., Prabowo, Heri. (2020). Kajian Teknis Geometri Jalan Angkut dan Pengaruhnya Terhadap Produksi Alat Angkut pada Penambangan Batu Andesit di PT. Ansar Terang Crushindo 1 Kecamatan Pangkalan Koto Baru, Kabupaten Lima Puluh Kota, Sumatera Barat. Jurnal Bina Tambang, Vol.5, No.05, Hal 20-31.