



Pengaruh Evaluasi *Grade* Serta *Jari Jari* Tikungan dan *Superelevasi* Terhadap Produktivitas Alat Angkut *Overburden* pada Pit Pinang PT Bukit Baiduri

Tito Arie Ananta Mahendra^{1*}, Agus Winarno², Rety Winonazada^{3*}, Harjuni Hasan^{4*}, Tommy Trides⁵

¹⁻⁵ Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Indonesia

Email: titoarieananta120203@gmail.com^{1*}, a.winarno@ft.unmul.ac.id²

*Penulis Korespondensi: titoarieananta120203@gmail.com

Abstract. PT. Bukit Baiduri Energi (BBE) is a coal mining company that utilizes hauling roads as the main infrastructure for material transportation. This study focuses on a 1.7 km road segment selected as the object of technical evaluation. The objective of this research is to analyze the effect of road geometry improvements on hauling time efficiency and equipment productivity. The method employed includes direct field measurements and calculations of operational parameters such as travel time, cycle time, and productivity. The results indicate that improvements in road grade reduced travel time from 10.13 minutes to 9.86 minutes. This reduction was followed by a decrease in cycle time from 16.29 minutes to 16.22 minutes. In addition, productivity increased from 65.4 bcm/hour to 66.69 bcm/hour. Also, improvements in curve radius and superelevation were implemented on the hauling road. These improvements resulted in a further decrease in travel time from 9.86 minutes to 8.6 minutes. Consequently, the cycle time also decreased from 16.22 minutes to 16.18 minutes. The productivity of hauling equipment increased from 66.69 bcm/hour to 67.02 bcm/hour. Overall, the evaluation of road geometry provided a positive contribution to operational performance. The productivity of overburden removal increased from 65.4 bcm/hour to 67.02 bcm/hour, representing an improvement of 2.48%.

Keywords: Cycletime; Oveburden; Productivity; Road geometry; Superelevation.

Abstrak. PT. BBE merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan batubara yang memiliki jalan angkut (hauling road) sebagai sarana utama pengangkutan material. Penelitian ini difokuskan pada segmen jalan sepanjang 1,7 km yang menjadi objek evaluasi teknis. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh perbaikan geometri jalan terhadap efisiensi waktu angkut dan produktivitas alat. Metode yang digunakan meliputi pengukuran langsung di lapangan serta perhitungan parameter operasional seperti *travel time*, *cycle time*, dan produktivitas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perbaikan *grade* jalan memberikan dampak terhadap penurunan *travel time* dari 10,13 menit menjadi 9,86 menit. Penurunan tersebut diikuti dengan berkurangnya *cycle time* dari 16,29 menit menjadi 16,22 menit. Dampak lainnya adalah peningkatan produktivitas dari 65,4 bcm/jam menjadi 66,69 bcm/jam. Selain itu, dilakukan pula perbaikan pada *radius* tikungan dan *superelevasi* jalan angkut. Hasilnya menunjukkan adanya penurunan *travel time* lebih lanjut dari 9,86 menit menjadi 8,6 menit. Penurunan ini juga berdampak pada penurunan *cycle time* dari 16,22 menit menjadi 16,18 menit. Produktivitas alat angkut meningkat dari 66,69 bcm/jam menjadi 67,02 bcm/jam. Dimana secara keseluruhan, evaluasi geometri jalan memberikan kontribusi positif terhadap kinerja operasional penggalan overurden yang awalnya 65,4 Bcm/jam menjadi 67,02 Bcm/jam (2,48%).

Kata kunci : Cycletime; Geometri jalan; Oveburden; Produktivitas; Superelevasi.

1. PENDAHULUAN

Superelevasi

Menurut (Nanda, 2018) *Superelevasi* dibuat dengan tujuan untuk memaksimalkan kecepatan kendaraan dalam mengatasi tikungan. rata rata besaran nilai serta Persamaan yang digunakan dalam menghitung besarnya *superelevasi* adalah sebagai berikut:

$$e+f = \frac{v^2}{g} \dots \dots \dots (1)$$

127 R

Keterangan:

e = *superelevasi*

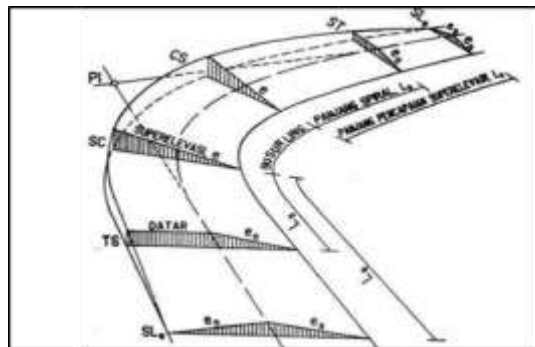
f = Koefisien gesekan melintang

V = Kecepatan rencana kendaraan (km/jam) R = Jari-jari tikungan (m)

(Veronika Neny , 2023)

Untuk kecepatan rencana < **80 km/jam**, maka: $f = (-0,00065 \times V) + 0,192$ (2)

Untuk kecepatan rencana **80 - 112 km/jam**, maka: $f = (-0,00125 \times V) + 0,2$ (3)



Gambar 1. Perubahan Kemiringan Melintang Pada Tikungan (Soludale, 2017).

Jari jari tikungan

Jari-jari tikungan minimum didasarkan pada ambang kenyamanan pengemudi yang memadai untuk memberikan batas keselamatan terhadap selip (tergelincir) dan kendaraan terguling. Jari-jari tikungan minimum berfungsi untuk memberi informasi kepada pengemudi bahwa kendaraan masih dapat melewati tikungan dengan aman (AASHTO, 2011; Anwar, 2020)

Menurut (Suwandhi, 2004) Besarnya jari-jari belokan minimum pada jalan dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$R_{min} = \frac{V^2}{127(e_{min} + f_{min})} \dots\dots\dots (4)$$

127 ($e_{min} + f_{min}$)

Keterangan :

R_{min} = Jari-jari belokan minimal, (m)

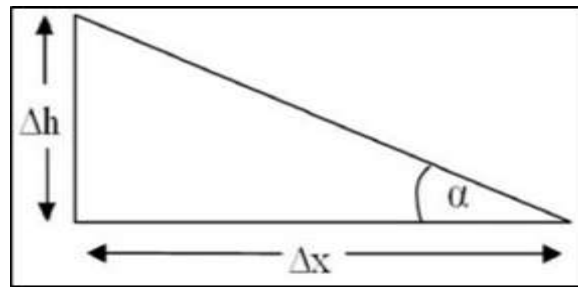
V = Kecepatan kendaraan, (km/jam)

e_{min} = *Superelevasi* minimal, (%)

f_{min} = *Fraction*

Grade jalan

dalam hal kemiringan/ *grade* jalan tambang/ produksi dibuat tidak boleh lebih dari 12% (dua belas persen) dilakukan kajian teknis dimana yang paling kurang mencakup : a.) kajian risiko; b.) spesifikasi teknis alat; dan;c.) spesifikasi teknis jalan; (kepmen ESDM 1827 K, 2018)



Gambar 2. Kemiringan Jalan Angkut (Putra & Kasim, 2019).

$$grade = \frac{\Delta h}{\Delta x} \times 100 \% \dots\dots\dots (5)$$

Δx

Keterangan :

Δh = Beda tinggi antara dua titik yang diukur (m) Δx = Jarak datar antara dua titik yang diukur (m) (Yusup , 2022)

Produktivitas

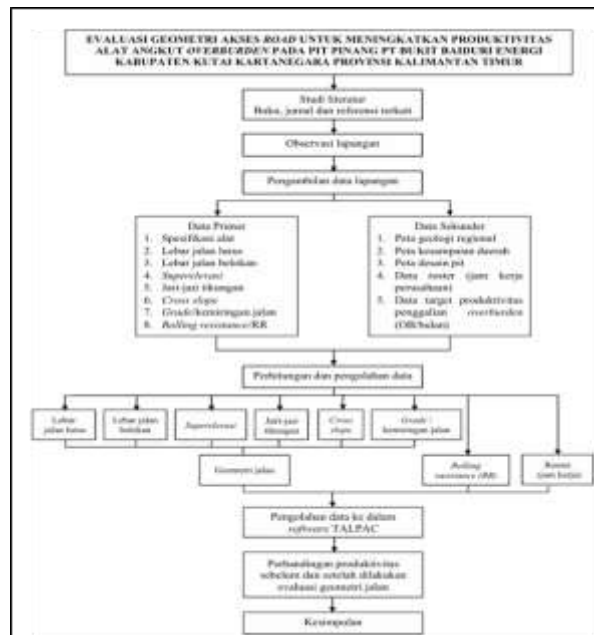
Menurut Rahman (2022) Produktivitas merupakan serangkaian kegiatan untuk mencapai target yang optimal pada aktivitas operasional alat berat. Faktor-faktor seperti jam kerja, jam operasional alat, waktu edar alat, ukuran mangkuk (*bucket*) alat muat, faktor pengisian mangkuk (*bucket fill factor*), efisiensi kerja serta faktor pengembangan material (*swell factor*). Program TALPAC dapat digunakan untuk menghitung waktu tempuh alat angkut pada suatu simulasi profil pengangkutan, memperkirakan kemampuan produksi untuk jangka pendek dan jangka panjang, memperkirakan dan membandingkan produktivitas dengan menggunakan beberapa metode untuk menentukan teknik pemuatan yang optimal (Santoso, 2016) . Sulitnya menentukan target hasil produksi yang tepat salah satunya disebabkan oleh sistem kerja alat-alat mekanis yang tidak efisien, misalnya adanya waktu yang hilang percuma karena kondisi alat-alat angkut yang mesti menunggu / antri (Utama dkk, 2021)

TALPAC (*Truck and Loader Productivity Analysis and Costing*)

Menurut Sudarmadji, 2023; Wijaya, 2018 TALPAC merupakan sebuah *software* yang dapat digunakan untuk menganalisa nilai produktivitas dari suatu alat mekanis yang digunakan di lapangan. Hasil dari simulasi tersebut memberikan informasi tentang waktu tempuh, jarak tempuh, konsumsi bahan bakar dan informasi tentang biaya. Pada *software* Talpac terdapat beberapa faktor yang harus diperhatikan seperti jenis material (*material type*), *shift* kerja (*roster*), siklus pengangkutan (*haul cycle*), data alat gali muat (*loader*), dan data alat angkut (*truck type*) dan *rolling resistance*. Menurut (Prodjosumarto, 1993) harus juga diingat bahwa untuk menentukan *rolling resistance* (RR) yang tepat bagi setiap macam jalan itu sukar dilakukan karena ukuran ban, tekanan ban dan kecepatan gerak kendaraan pun sebenarnya dapat mempengaruhi tahanan gulir.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode kuantitatif deskriptif dimana menggunakan proses data-data berupa angka untuk menganalisis dan melakukan kajian penelitian. Penelitian kali ini terdapat beberapa tahapan yaitu tahap pra lapangan, tahap lapangan dan tahap pasca lapangan.



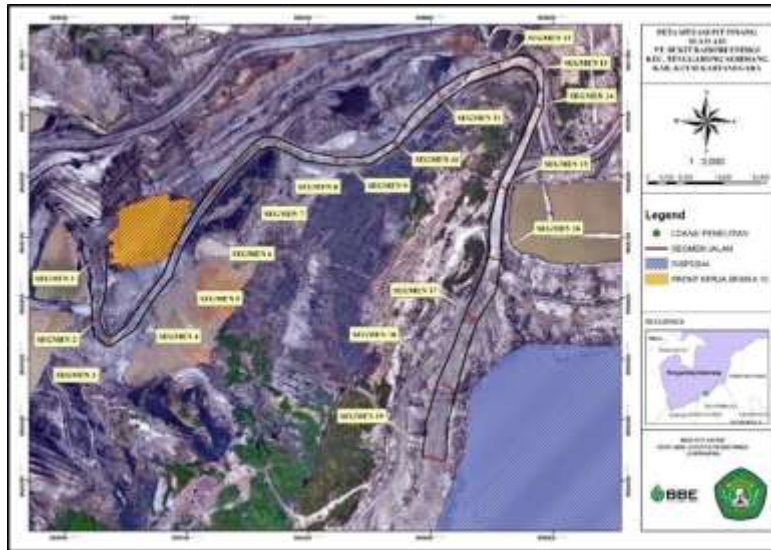
Gambar 3. Diagram alir penelitian.

Pengambilan data-data di lapangan dilakukan dengan pengamatan secara langsung dan juga terdapat data yang diperoleh dari perusahaan. Adapun sumber data yang digunakan pada penelitian kali ini adalah :a.) pengambilan superelevasi dilakukan pada area tikungan lalu di ambil elevasi pada tikungan untuk mengukur panjang dan beda tinggi pada tikungan;b.) Jari

jari tikungan didapat dengan mengambil kordinat pada tikungan lalu data tersebut hitung untuk mendapatkan radius pada tikungan yang ideal;c.) Pengambilan data dilakukan pada jalan menanjak lalu dicatat elevasi terendah dan tertinggi lalu dihitung grade jalan aktual yang ada di lapangan;d.) Pengambilan data rolling resistance di sesuaikan dengan kondisi di lapangan;e.) Perhitungan produktivitas alat angkut dengan menggunakan simulasi pada software TALPAC 10.2

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pengamatan di lapangan pada proses pengangkutan overburden PT. Bukit Baiduri Energi dari *front* penambangan menuju Disposal akan melalui jalan sepanjang 1,7 km yang terdiri dari 19 segmen pengukuran, yang dimana terdapat 3 segmen jari jari tikungan dan *superelevasi* yaitu pada segmen 3, 18 dan 13 selanjutnya terdapat 3 STA



Gambar 4. Peta Geometri Jalan Keseluruhan.

Grade jalan

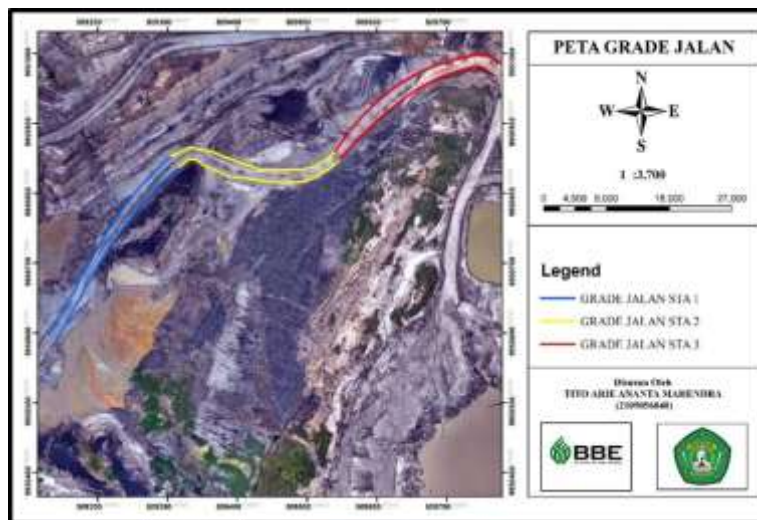
Adapun hasil pengambilan data baik secara aktual serta perbaikan sesuai dengan standar yang ditetapkan dapat dilihat pada Tabel 1. berikut

Tabel 1. Hasil perhitungan *grade* jalan.

STA	Segmen	Elevasi	Beda Tinggi (y)	Panjang bidang miring (r)	panjang datar (x)	Grade (aktual)	grade rata rata (average)	Standar	Evaluasi
1	4	-75,23	0.05	104.256	104.25	0.05%			
	5	-75,18							
	5	-75,18	1.966	104.578	104.56	2%	4.69%	—	—
	6	-73,21							
	6	-73,21	12.45	103.26	102.50	12%			
	7	-60,75							

	7	-60,76	5.091	31.408	30.993	16%			
	8	-55,67							
2	8	-55,67	10.95	106.459	105.89	10%	15%	12%	— 3%
	9	-44,71							
	9	-44,71	18.29	102.522	100.87	18%			
	10	-26,42							
	10	-26,42	15.31	108.198	107.11	14%			
	11	-11.11							
3	11	-11.11	14.77	107.680	106.66	14%	13%	12%	— 1%
	12	3.67							
	12	3.67	6.51	57.752	57.384	11%			
	13	10.18							

Pada 3 lokasi pengambilan data, terdapat 2 titik yang memiliki *grade* jalan lebih dari 12%, sehingga dilakukan evaluasi *grade* jalan pada STA 2 dan STA 3 sebesar 3% dan 1%. Adapun pengaruh dari perbaikan *grade* jalan yaitu terjadi penurunan *travel time* yang pada awalnya 10,13 menit menjadi 9,86 menit. Sejalan dengan hal tersebut, terjadi penurunan *cycle time* yang pada awalnya 16,29 menit menjadi 16,22 menit. Kemudian terjadi peningkatan produktivitas pada kondisi aktual sebesar 65,4 bcm/jam menjadi 66,69 bcm/jam.



Gambar 5. Peta *Grade* Jalan.

Superelevasi dan Jari Jari Tikungan

berikut merupakan hasil pengambilan data baik secara aktual maupun setelah dilakukan evaluasi. Perhitungan *superelevasi* dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3 berikut

Tabel 2. Perhitungan *superelevasi*.

STA	Segmen Jalan	X	Y	Z	Lebar Jalan	Beda Tinggi	<i>Superelevasi</i> (Aktual)	<i>Superelevasi</i> Minimum	Rekomendasi
1	3	509073	9950521	-76.52					
		509074	9950529	-76.75	7	0,47	6,7%	6%	—
		509075	9950536	-77.22					
2	8	509341	9950848	-55.96					
		509344	9950854	-55.67	7,8	0,21	3%	6%	+3%
		509351	9950865	-54.87					
3	13	509775	9950987	11.10					
		509770	9950977	10.18	11,2	0,91	8%	6%	—
		509764	9950969	9.60					

Tabel 3. perhitungan jari jari tikungan.

STA	Segmen Jalan	Kordinat			Jari Aktual (m)	Jari Minimum (m)	Jari Evaluasi
		X	Y	Z			
1	3	509072.5	9950521	-76.519	10	42	+32 meter
		509073.6	9950529	-76.752			
		509074.6	9950536	-77.223			
2	8	509341.5	9950848	-55.96	37	42	+5 meter
		509344.2	9950854	-55.67			
		509351.2	9950865	-54.87			
3	13	509774.9	9950987	11.096	23	42	+19 meter
		509769.8	9950977	10.181			
		509764.1	9950969	9.596			

Adapun pengaruh dari perbaikan jari jari tikungan dan *superelevasi* yaitu terjadi penurunan *travel time* yang pada awalnya 9,86 menit menjadi 8,6 menit. Sejalan dengan hal tersebut, terjadi penurunan *cycle time* yang pada awalnya 16,22 menit menjadi 16,18 menit. Kemudian terjadi peningkatan produktivitas dari 66,69 menit menjadi 67,02 bcm/jam .



Gambar 6. Jari Jari Tikungan

Produktivitas

Simulasi Perhitungan produktivitas kali ini dilakukan dengan menggunakan *software* TALPAC 10.2. Adapun parameter yang dibutuhkan dalam melakukan simulasi tersebut diantaranya jenis material yang ada di lapangan, jam kerja (*roster*), *grade* jalan, jari - jari dan *superelevasi* aktual serta spesifikasi alat muat yang di gunakan oleh perusahaan.

Quick Estimate Results			
Machine System: gannoni jalan SRELLUM EVALUASI (JARTALK2_Cross_perpart_superelemak_RFLIM_2)		Machine: (PDA) SRT 700A SRELLUM EVALUASI	
Shift: 12.00			
Availability	%	12.00	
Bucket Fill Factor	%	0.99	
Average Bucket Load Volume	m ³ /bucket	3.04	
Average Payload	ton	3.20	
Operating Hours per Month	Cycle/Month	432.75	Cyc. hrs factored by availability
Average Operating Shifts per Month	shifts/Month	36.75	Shifts factored by availability
Average Bucket Cycle Time	min	0.47	
Production per Operating Hour	ton	576.89	
Production per Loader Operating Shift	ton	2,127	Max. prod. based on 100% avail.
Production per Month	ton	180,187	Avg. production factored by avail.
Wait Time per Operating Hour	min	0.04	
Shift: 12.00			
Availability	%	96.00	
Payload in Template	ton	30.31	
Operating Hours per Month	Cycle/Month	406.04	
Average Payload	ton	19.23	
Production per Operating Hour	ton	65.91	
Production per Loader Operating Shift	ton	828	
Production per Month	ton	30,808	
Queue Time at Loader	min Cycle	2.41	
Spot Time at Loader	min Cycle	0.58	
Average Loading Time	min Cycle	16.13	
Travel Time	min Cycle	0.37	
Spot Time at Dump	min Cycle	0.58	
Average Dump Time	min Cycle	0.30	
Average Cycle Time	min Cycle	16.29	
Fleet Size		6	
Average No. of Buckets per Cycle		0	
Production per Month	ton/Month	180,187	
Disassembled Capital Cost	\$/ton	0.04	Loading Methodology
Disassembled Operating Cost	\$/ton	0.00	Single Bucket
Excavation Target	ton	38,181.08	Full Bucket
Time to move Excavation Target	Days	10.48	
Loader Hrs to move Target	Cyc. Hours	142	
Total Truck Hrs to move Target	Cyc. Hours	845	
Total cost to move Target	\$	0	

Gambar 7. Hasil Produktivitas Aktual.

Quick Estimate Results			
Machine System: gannoni SRELLUM EVALUASI (RUI) PDA Cross_perpart_superelemak_SRELLUM_EVALUASI		Machine: (PDA) SRT 700A SRELLUM EVALUASI	
Shift: 12.00			
Availability	%	73.00	
Bucket Fill Factor	%	0.99	
Average Bucket Load Volume	m ³ /bucket	2.96	
Average Payload	ton	3.20	
Operating Hours per Month	Cycle/Month	431.75	Cyc. hrs factored by availability
Average Operating Shifts per Month	shifts/Month	36.25	Shifts factored by availability
Average Bucket Cycle Time	min	0.45	
Production per Operating Hour	ton	580.00	
Production per Loader Operating Shift	ton	4,247	Max. prod. based on 100% avail.
Production per Month	ton	188,879	Avg. production factored by avail.
Wait Time per Operating Hour	min	0.01	
Shift: 12.00			
Availability	%	96.00	
Payload in Template	ton	29.31	
Operating Hours per Month	Cycle/Month	414.40	
Average Payload	ton	19.23	
Production per Operating Hour	ton	67.02	
Production per Loader Operating Shift	ton	738	
Production per Month	ton	27,791	
Queue Time at Loader	min Cycle	4.40	
Spot Time at Loader	min Cycle	0.53	
Average Loading Time	min Cycle	8.69	
Travel Time	min Cycle	0.37	
Spot Time at Dump	min Cycle	0.58	
Average Dump Time	min Cycle	0.30	
Average Cycle Time	min Cycle	16.18	
Fleet Size		6	
Average No. of Buckets per Cycle		0	
Production per Month	ton/Month	188,879	Loading Methodology
Disassembled Capital Cost	\$/ton	0.01	Single Bucket
Disassembled Operating Cost	\$/ton	0.00	Full Bucket
Excavation Target	ton	38,181.08	
Time to move Excavation Target	Days	10.08	
Loader Hrs to move Target	Cyc. Hours	142	
Total Truck Hrs to move Target	Cyc. Hours	823	
Total cost to move Target	\$	0	

Gambar 8. Hasil Produktivitas Setelah Dilakukan Evaluasi.

Setelah dilakukan perhitungan dan simulasi maka diketahui nilai produktivitas penggalian OB secara aktual di lapangan selama 1 jam mampu mencapai 65,4 BCM dengan rata rata *travel time hauler* adalah 10,13 menit, serta rata rata *cycle time hauler* pada keadaan jalan aktual adalah 16,29 menit. Sedangkan setelah dilakukan nya evaluasi jalan produktivitas penggalian *overburden* bisa mencapai 67,02 BCM selama 1 jam, dengan rata rata *travel time hauler* turun menjadi 8,6 menit sehingga terdapat penurunan *cycle time* menjadi 16,18 menit. Adapun selisih produktivitas penggalian *Overburden* sebelum dan sesudah dilakukan nya evaluasi geometri jalan adalah sebanyak 1,62 BCM (2,48%) dan selisih *travel time* sebesar 1,53 menit (15,1%) dan selisih *cycletime* adalah 0,11 menit (0,68%). Hasil simulasi pada *software* TALPAC dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8.

4. KESIMPULAN

Produktivitas penggalian OB secara aktual selama 1 jam mampu mencapai 65,4 BCM/jam sedangkan setelah dilakukannya evaluasi geometri jalan, produktivitas penggalian *overburden* selama 1 jam menjadi 67,02 BCM/jam. Sehingga terdapat peningkatan produktivitas penggalian yaitu sebanyak 1,62 BCM (2,48%), serta terdapat penurunan *travel time* sebesar 1,53 menit (15,1%) dan penurunan *cycletime* sebesar 0,11 menit (0,68%).

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada pihak-pihak yang membantu dalam penelitian ini sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini dengan baik dan lancar

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO. (2011). *A policy on geometric design of highways and streets*. American Association of State Highway and Transportation Officials.
- Anwar, H. (2020). Evaluasi geometri jalan angkut tambang dari stockpile Tanjung Gunung ke Pit Damar Selatan pada penambangan batubara di PT Sebuku Iron Lateritic Ores (SILO) Kalimantan Selatan. *Geosapta*, 6(1), 1–11. <https://doi.org/10.20527/jg.v6i1.7033>
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2018). *Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 1827 K/30/MEM/2018 tentang pedoman pelaksanaan kaidah teknik pertambangan yang baik*. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia.
- Nanda, M. D. (2018). Kajian geometri jalan tambang berdasarkan AASHTO dan Kepmen No. 1827/K/30/MEM/2018 pada penambangan andesit di PT XYZ. *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, 1(1), 107–116.
- Prodjosumarto, P. (1993). *Pemindahan tanah mekanis*. Jurusan Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Bandung.
- Putra, R. N., & Kasim, T. (2019). Evaluasi teknis geometri jalan angkut produksi sebagai upaya pencapaian target produksi batubara 20.000 ton/bulan di tambang terbuka PT Allied Indo Coal Jaya (AICJ). *Jurnal Bina Tambang*, 4(3), 77–88.
- Rahman, A. S. (2022). *Alat angkut dalam menangani penggalian overburden di PT Adaro Indonesia* [Skripsi, Universitas Islam Negeri Antasari].
- Santoso, E. (n.d.). *Optimalisasi produktivitas alat angkut* [Naskah tidak dipublikasikan].
- Soludale, N. (2017). Jurnal siartek. *Siartek*, 3(1), 1–10.
- Sudarmadji, R. A. (2023). Pengaruh *swing angle* terhadap produktivitas alat gali muat pada kegiatan penambangan andesit di PT Lotus SG Lestari. *Jurnal Pertambangan*, 1–10.
- Suwandhi, A. (2004). Perencanaan jalan tambang. Dalam *Diklat perencanaan tambang terbuka* (pp. 12–22).

- Utama, K. H., Adnyano, A. A., & Mukarrom, F. (2021). Kajian teknis produktivitas alat gali muat dan angkut pada batu tras. *Mining Insight*, 2(2), 61–70.
- Veronika Neny, V., Nirmala, A., & Syafrianto, M. K. (2023). Evaluasi geometri jalan angkut tambang berdasarkan standar AASHTO pada penambangan batu granit PT Hansindi Mineral Persada Kabupaten Mempawah Provinsi Kalimantan Barat. *JeLAST: Jurnal Teknik Kelautan, PWK, Sipil, dan Tambang*, 10(1), 1–8.
- Wijaya, T. M. (2018). *Skripsi teknik sipil* [Skripsi sarjana].
- Yusup, D., Purnomo, H., Mohamad, M. A., & Putra, B. P. (2022). Kajian teknis geometri jalan angkut pada kegiatan pengupasan overburden PT Bara Prima Pratama Kabupaten Indragiri Hilir Provinsi Riau. *Prosiding Nasional Rekayasa Teknik Pertambangan*, 1–10.