

Kajian Pengaruh Geometri Jalan Angkut Terhadap Produktivitas di PT. Karebet Mas Indonesia, Site Kutai Energi Kalimantan Timur

Study Of The Effect of Haul Road Geometry on Productivity at PT. Karebet Mas Indonesia, Site Kutai Energy East Kalimantan

Yudho Dwi Galih Cahyono^{1*}, Fairus Atika Redanto Putri², Edward Dinoy³

^{1,2,3}Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral Dan Kelautan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Indonesia
e-mail: ^{1*}galih.1453@itats.ac.id, ²fairusatika@itats.ac.id, ³edwarddinoy@gmail.com

ABSTRAK

Pada PT. Kerebet Mas Indonesia jalan angkut berfungsi sebagai penghubung lokasi-lokasi yang penting pada area tambang. Salah satu area jalan yang perlu dilakukan analisis yaitu jalan angkut dari *front* penambangn menuju *disposal*. Geometri jalan yang baik tentunya dapat mendukung kelancaran kegiatan alat angkut dalam proses pemuatan material. Hal ini menunjang kegiatan produktivitas penambangan untuk mencapai target produksi. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode gabungan dengan pola matematis untuk menghitung dan mengetahui pengaruh geometri jalan terhadap produktivitas alat angkut. Pada kondisi aktual permasalahan yang terjadi adalah tidak tercapainya target produksi karena beberapa geometri jalan angkut belum sesuai dengan standart yang berlaku, salah satunya yaitu kemiringan jalan angkut yang lebih dari 8% (>8%) kondisi jalan yang cukup licin, karena tidak mempunyai *cross slope* yang sesuai dengan lebar jalan angkut, dan jari-jari tikungan yang kurang dari standart yang telah ditentukan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka perlu dilakukan perbaikan geometri jalan angkut, dimana *grade* jalan yang >8% dilakukan *regrading* dan juga penambahan *cross slope*, jari-jari tikungan dan superelevasi. Berdasarkan pengolahan data di lapangan produktivitas *actual Dump Truck* Mercedes Benz sebesar 29 Lcm/jam, setelah adanya perbaikan geometri jalan, produktivitas alat angkut meningkat menjadi 71,10 Lcm/jam, dengan target produksi yang ditetapkan yaitu 54 Lcm/Jam.

Kata-kata kunci: Geometri jalan, *Grade*, Rimpull, Produktivitas.

ABSTRACT

PT. The Kerebet Mas Indonesia haul road functions as a link between important locations in the mining area. One of the road areas that needs to be analyzed is the haul road from the mining front to the disposal. A good road geometry can certainly support the smooth operation of the conveyance in the material loading process. This supports mining productivity activities to achieve production targets. This research was conducted using a combined method with a mathematical pattern to calculate and determine the effect of road geometry on the productivity of the conveyance. In actual conditions, the problem that occurs is the production target is not achieved because some haul road geometries are not in accordance with applicable standards, one of which is the haul road slope which is more than 8% (> 8%), the road conditions are quite slippery, because it does not have a cross slope, which corresponds to the width of the haul road, and the bend radius that is less than the specified standard. To overcome these problems, it is necessary to improve the geometry of the haul roads, where road grades > 8% are reggraded and the addition of cross slopes, bend radii and superelevations. Based on data processing in the field, the actual productivity of the Mercedes Benz Dump Truck was 29 Lcm/hour, after the improvement of the road geometry, the productivity of the transport equipment increased to 71.10 Lcm/hour, with a set production target of 54 Lcm/hour.

Keywords: Haul Road geometry, Grade, Productivity. Rimpull

Submitted: 01-03-2022; Revised: 15-12-2022; Accepted: 20-02-2023; Available Online: 14-03-2023

Published by: Mining Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Lambung Mangkurat

This is an open access article under the CC BYND license <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

©2023, Geosapta

PENDAHULUAN

Setiap operasi kegiatan penambangan tentunya memerlukan jalan sebagai sarana infrastruktur di dalam lokasi penambangan dan sekitarnya. Jalan angkut sangat berperan penting dalam meningkatkan efisiensi kerja alat angkut. Jalan angkut tambang yang dimaksud yaitu dari *front* penambangan ke *disposal*. PT. Kutai Energi merupakan perusahaan batubara yang sistem penambanganya menggunakan sistem tambang terbuka. Jalan pada PT. Kutai Energi dipergunakan sebagai penghubung pada setiap lokasi yang penting pada area tambang seperti perkantoran, perumahan karyawan dan tempat-tempat penting lainnya di wilayah penambangan.

Geometri jalan merupakan suatu bangun jalan yang menggambarkan tentang bentuk atau ukuran jalan,

baik yang menyangkut penampang melintang, memanjang maupun aspek lain yang terkait dengan bentuk fisik jalan, yang meliputi : lebar jalan, jari-jari tikungan, kemiringan jalan, superelevasi, dan *cross slope*. [1]Dalam jalan angkut jika terjadi permasalahan pada geometri jalan angkut, dapat mempengaruhi kinerja dari alat angkut khususnya pada waktu tempuh (*travel time*) alat angkut baik berangkat ke dumping area maupun kembali ke lokasi area loading. [2]Salah satu area jalan yang perlu dilakukan analisis yaitu jalan angkut dari *front* penambangn menuju *disposal*, untuk itu PT. Kutai Energi yang bekerjasama dengan PT. Karebet Mas Indonesia sebagai kontraktor alat berat perlu melakukan manajemen terhadap kondisi jalan angkut di area penambangan.

Permasalahan-permasalahan geometri jalan angkut yang ditemui pada PT. Karebet Mas Indonesia yaitu masih ada beberapa bagian lebar jalan lurus dan tikungan yang tidak memadai, kemiringan jalan dan tanjakan yang terlalu tinggi terutama jalan tanjakan di dispossal kemudian tidak terdapatnya kemiringan pada tikungan atau yang biasa disebut dengan superelevasi serta cross slope yang tidak memadai. Selain itu permasalahan ditemui adalah adanya genangan air pada permukaan jalan yang mengakibatkan permukaan jalan menjadi licin. Keadaan geometri jalan serta kondisi jalan tersebut, akan mengakibatkan lambatnya travel time[3] dari dump *truck* atau alat angkut pada PT. Karebet Mas Indonesia, sehingga menghambat tercapainya target produksi. Oleh karena itu, perlu dilakukan kajian terhadap geometri jalan angkut tersebut agar target produksi bisa tercapai.

Hambatan-hambatan yang ada pada jalan angkut tersebut dapat dilakukan penanganan yaitu dengan menganalisa dan memberikan solusi terhadap pengaruh hambatan tersebut dengan memperhatikan keadaan lapangan serta memperhatikan rencana produksi yang telah ditetapkan. Dalam hal ini pemilihan solusi atau penanganan hambatan didasarkan pada standar jalan *ASSHTO Manual Rural High Way Design*. [4]

METODOLOGI

Pada penelitian ini, jenis penelitian yang digunakan adalah metode gabungan. Dimana metode gabungan ini adalah jenis penelitian kuantitatif dan kualitatif. [5] Penelitian secara kuantitatif lebih berfokus pada data-data angka atau data hasil pengukuran, dengan instrumen maupun dengan alat ukur tertentu. Sedangkan penelitian kualitatif yaitu penelitian yang berfokus terhadap kualitas atau nilai dari suatu data yang telah diolah serta baik buruknya nilai dari data tersebut

Dalam proses penelitian ini, peneliti langsung melakukan observasi atau pengamatan langsung di lapangan. setelah melakukan orientasi lapangan maka dilanjutkan dengan melakukan pengukuran atau pengambilan data penelitian terkait dengan masalah yang akan diteliti atau dikaji. Penelitian ini penulis menggabungkan teori dengan data-data yang diukur atau diamati langsung di lapangan (primer) dan tak langsung (sekunder). Dari data yang telah didapatkan kemudian dianalisis secara deskriptif ataupun matematis.

Variabel Penelitian

Variabel data yang digunakan dalam melakukan penelitian ini sebagai berikut:

■ Data Primer

Merupakan data yang diambil dan diamati secara langsung dilapangan yang akan diolah lebih lanjut. Adapun beberapa data primer yang dimaksud adalah lebar jalan angkut, jari-jari tikungan, superelevasi, kemiringan jalan, *cross slope*, dan juga *cycle time* alat angkut.

■ Data Sekunder

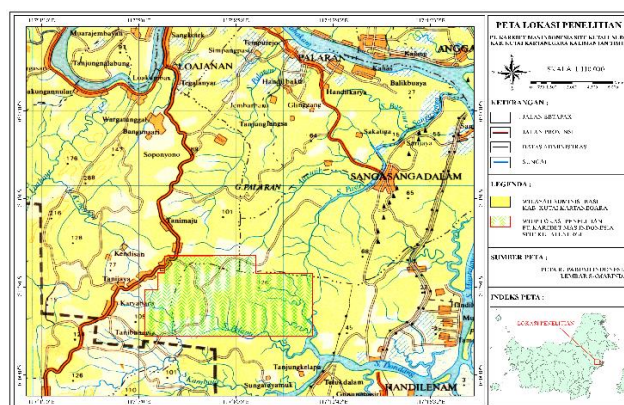
Data sekunder yang diambil adalah, profil perusahaan, peta lokasi perusahaan (peta *lay out* tambang), peta jalan angkut, peta topografi, peta kemajuan tambang, peta infrastruktur tambang, jadwal kerja perusahaan dan juga data kesediaan alat serta spesifikasi alat.

Tahap Persiapan

Pada tahap ini, kegiatan yang dilakukan ialah melakukan studi pustaka mengenai analisa pengaruh kondisi geometri jalan angkut terhadap produktivitas.[6] Hal ini bertujuan untuk mengumpulkan informasi awal dan melakukan studi literatur yang berkaitan dengan geometri jalan angkut dan produktivitas, serta mengenai tentang perusahaan tempat penelitian tersebut.

Tahap Penelitian

Pada tahap ini, kegiatan yang dilakukan peneliti ialah mengambil data primer dan data sekunder. Sebelum pengambilan data, maka perlu orientasi lapangan terlebih dahulu yaitu dengan melakukan pengamatan secara langsung aktivitas penambangan (penggalian, pemuatan dan pengangkutan), serta mengamati data pendukung lainnya yang berkaitan dengan permasalahan yang akan dibahas dan dikaji. Penelitian ini dilakukan di PT. Karebet Mas Indonesia tepatnya berada di Desa Tani Harapan, Kecamatan Loa Janan, Kabupaten Kalimantan Timur (Gambar-1).



Gambar-1. Lokasi Penelitian

Pengolahan Data

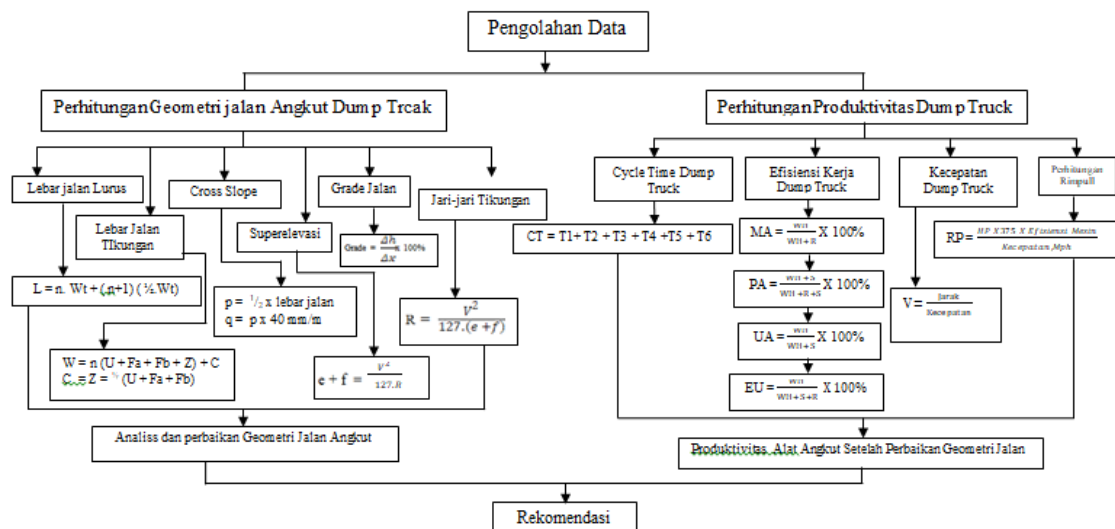
Pengolahan data (Gambar-2) merupakan perubahan data aktual yang diambil dari lapangan, kemudian dihitung nilai-nilai yang diperlukan sehingga hasilnya akan digunakan sebagai masukan-masukan dalam perhitungan serta analisis yang akan dilakukan selanjutnya.

HASIL DAN DISKUSI

Adapun hasil penelitian yang telah didapatkan adalah sebagai berikut.

Produktivitas Aktual

Berdasarkan produktivitas *dump truck* pada tabel-1 dapat dilihat bahwa produktivitas *dump truck* tersebut belum mencapai target produksi, dikarekan masih terdapatnya geometri jalan yang belum sesuai dengan standart yang berlaku.[6] Oleh karena itu perlu dilakukan perbaikan geometri jalan angkut agar kecepatan *dump truck* tersebut dapat meningkat sehingga dapat mencapai target produksi. [7] Adapun hasil geometri jalan angkut ahkut aktual dapat dilihat pada tabel-1.



Gambar-2. Diagram Alir Pengolahan

Tabel-1. Geometri Jalan Angkut

Tipe alat	Produktivitas Lcm/Jam	
Dump Truck	Menggunakan Exavator	29 Lcm
MERCEDEZ	Dosson 500-LCV	
BENZ 4846		

Kondisi Front Penambangan

Dari hasil pengamatan dilapangan diketahui bahwa jumlah alat yang digunakan yaitu 2 unit ekskavator dan 15 unit dumptruk. Alat tersebut digunakan untuk mengangkut tanah penutup atau *Over Burden* Ke *disposal* dengan jarak kurang lebih 1.355 km (Gambar-3). Pada kegiatan penambangan di PT. KMI dilakukan penggalian material terlebih dahulu kemudian melakukan persiapan *front* (*prepare loading point*), setelah itu dilanjutkan dengan pemuatan material (*start loading*)



Gambar-3. Kondisi front penambangan

Pola Pemuatan

Pola pemuatan yang digunakan dilapangan disesuaikan dengan keadaan *front* ataupun tingkat penggalian antara alat memuat serta alat angkut. Pola pemuatan yang digunakan yakni pola *top loading* dimana ekskavator menempatkan ataupun memposisikan dirinya diatas jenjang ataupun dump truck lebih rendah dari perlengkapan memuat (Gambar-4). Pola antrian buat pemuatan bersumber pada jumlah penempatan truck merupakan *single back up* dimana dump truck hendak memposisikan dirinya buat dimuati material di satu tempat, sebaliknya truck selanjutnya akan menunggu truck awal diisi hingga penuh.



Gambar-4. Pola Pemuatan

Pengangkutan Material ke Disposal

Kegiatan pengangkutan material *overburden*, dari *front* penambangan menuju *disposal* area menggunakan tiga merek atau 3 jenis *dump truck* yang berbeda, yaitu CWB, Scania, dan Mercedes Benz dengan total alat muat sebanyak 15 unit. Dimana CWB 9 unit, Scania 3 unit dan Mercy 3 unit. Adapaun proses pengangkutan material dapat dilihat pada Gambar -5.



Gambar-5. Kondisi Pemuatan Material

Kondisi Jalan Angkut

Kondisi jalan angkut dari *front* penambangan cukup baik, material jalan angkut tersebut didominasi oleh material lempung berpasir (*sandy clay*). Pada saat hujan turun kondisi jalan akan menjadi licin, yang mengakibatkan

dump truck tidak bisa melanjutkan pemuatan material terutama *dump truck* Mercedes Benz, yang sangat sensitif dengan licinnya jalan.



Gambar-6. Kondisi Jalan Angkut

Pada saat musim kemarau atau terik matahari kondisi jalan angkut akan berdebu sehingga menghalangi pandangan *driver dump truck* pada saat di jalan hauling sehingga berpengaruh terhadap kecepatan *dump truck* (Gambar-7).



Gambar-7. Kondisi Jalan Angkut Pada Saat Kemarau

Untuk perawatan jalan alat yang digunakan yaitu *Grader* baik pada saat jalan licin (*slipery*) dan juga pada jalan bergelombang (*andulating*) akibat beratnya beban atau *dump truck* yang melewati jalan tersebut. Jumlah jalur yang digunakan adalah 2 lajur. Perawatan jalan angkut dapat dilihat pada Gambar-8.

Selain menggunakan *grader* perawatan jalan juga menggunakan *water truck*, untuk menyirami jalan angkut atau jalan *hauling* agar debu tidak beterbangan pada saat kendaraan alat angkut muat material dari *front* penambangan ke *disposal*. Berikut merupakan perawatan jalan menggunakan *water truck* untuk mengoptimalkan proses pemuatan material dapat dilihat pada Gambar-9.



Gambar-8. Perawatan Jalan Menggunakan *Grader*



Gambar-9. Perawatan Jalan Untuk Optimalisasi Pemuatan Material

Lebar Dan Jarak Jalan Angkut Aktual

Jalan angkut PT. Karebet Mas Indonesia dari *front* Penambangan Menuju *disposal* Menempuh jarak ± 1.355 m. Jalan angkut tambang meliputi lebar jalan, jari-jari tikungan, kemiringan jalan (*grade*), kemiringan melintang, (*Cross Slope*), *Superelevasi*, drainase, dan *safety berm* sebagai faktor pendukung keselamatan dan kelancaran kerja pada jalan angkut. Berikut ini merupakan koordinat jalan angkut yang telah didapatkan dari lapangan berdasarkan pembagian segmen dapat dilihat pada tabel-2.

Jari-jari Tikungan Aktual

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan terdapat 3 (tiga) tikungan yang menghubungkan *front* penambangan ke *disposal*. Jari-jari tikungan pada setiap tikungan memiliki radius atau jari-jari tikungan yang berbeda-beda (Tabel-3).

Tabel-2. Lebar dan Jarak Angkut Aktual

Jalur	Segmen	Jarak datar (m)	Lebar Jalan (m)	Keterangan
L1	A-B	111,672	14,580	2 jalur
T1	B-C	68,54	19,490	2 jalur
L2	C-D	70,977	16,710	2 jalur
T2	D-E	37,473	17,340	2 jalur
L3	E-F	815,133	10,360	2 jalur
T3	F-G	64,947	23,570	2 jalur
L4	G-H	186,178	20,623	2 jalur

Tabel-3. Jari-jari Tikungan Aktual

Jalur	Segmen	Jari-jari Tikungan (m)	Superelevasi (m/m)
T1	B – C	36,31	0,00
T2	D - E	27,73	0,00
T3	H - I	47,24	0,02

Kemiringan Melintang (*Cross Slope*)

Tabel-4. Keringan Melintang Aktual

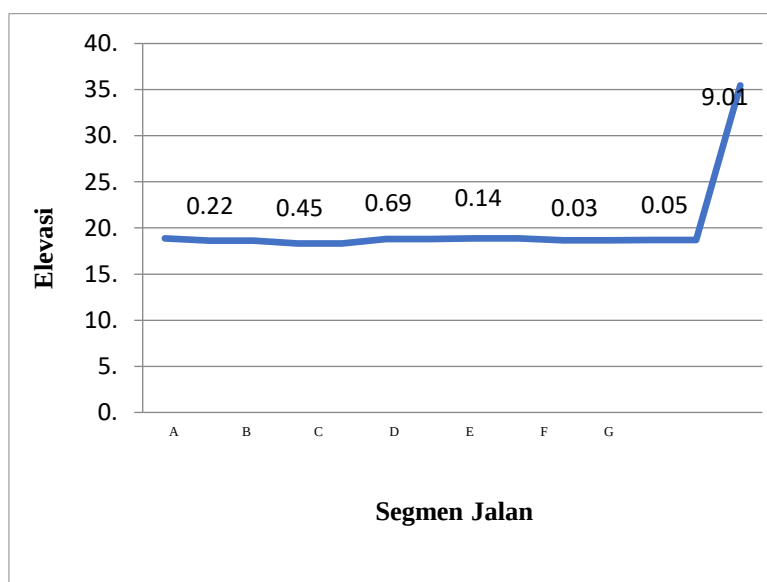
Jalur	Segmen	Lebar Jalan (m)	Cross Slope (mm/m)
L1	A-B	28,756	0
L2	C-D	18,091	0
L3	E-F	12,780	0
L4	G-H	25,023	0

Kemiringan Jalan (*Grade*)

Adapun kemiringan (*Grade*) jalan angkut aktual dapat dilihat pada tabel-5.

Tabel-5. Kemiringan Jalan Aktual

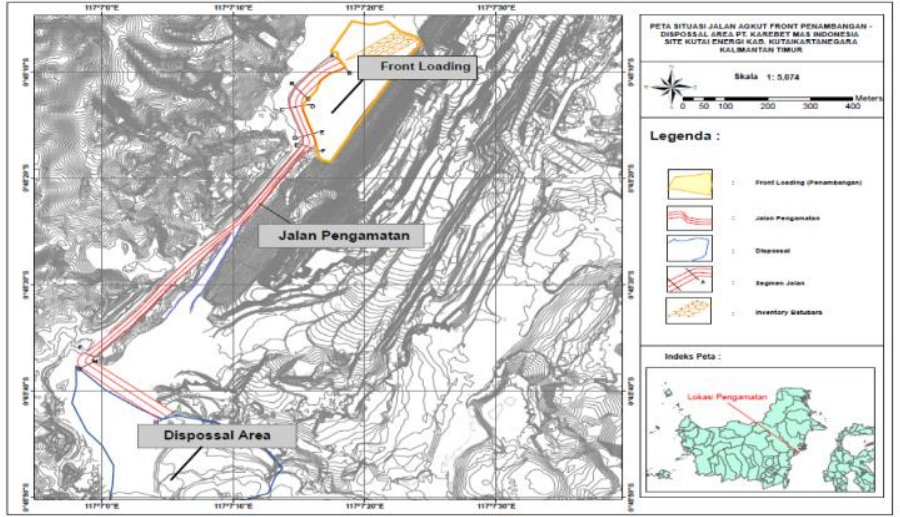
Jalur	Ketinggian (mdpl)	Jarak Datar (m)	Beda Tinggi (m)	Grade (%)
L1	18,87	111,6720	0,24	0,22
	18,63			
T1	18,63	68,540	0,31	0,45
	18,32			
L2	18,32	70,977	0,49	0,69
	18,81			
T2	18,81	37,4730	0,06	0,14
	18,87			
L3	18,87	815,133	0,21	0,03
	18,66			
T3	18,66	64,947	0,03	0,05
	18,69			
L4	18,69	186,178	16,77	9,01
	35,46			



Gambar-10 Grade Jalan Aktual

Tabel-6. Geometri Jalan Angkut Aktual

Jalur	Segmen	Jarak datar (m)	Lebar jalan (m)	Grade jalan (%)	Cross Slope Aktual (mm/m)	Jari-jari Tikungan (m)	Super elevasi Aktual (m)	Keterangan
L1	A – B	111,62	14,58	0,22	0,00	-		2 Jalur
T1	B – C	68,54	19,49	0,45	0,00	36,31	0,002	2 Jalur
L2	C – D	70,977	16,71	0,69	0,00	-		2 Jalur
T2	D – E	37,473	17,34	0,16	0,00	27,72	0,002	2 Jalur
L3	E – F	815,13	10,36	0,11	0,00			2 Jalur
T3	F – G	64,947	23,57	0,18	0,00	47,23	0,002	2 Jalur
L4	G – H	186,18	20,62	9,01	0,00			2 Jalur



Gambar-11. Peta Hauling Sebelum Perbaikan

Berdasarkan dari data tabel geometri aktual diatas, dapat dilihat bahwa masih masih terdapat beberapa segmen jalan yang belum sesuai dengan standart ASSHTO.[2] Hal ini yang menyebabkan produktivitas *dump truck Mercedes Benz Actross 4846* belum tercapai. Selain itu disebabkan juga oleh kondisi jalan angkut dari *front* penambangan ke dispossal yang tidak sesuai dengan baik. Pada kondisi aktual kondisi jalan masih terdapat beberapa ruas jalan yang mempunya kubangan air, karena belum diterapkan *cross slope* dengan baik. Selain itu pada segmen T2 jari-jari tikungan pada kondisi aktual masih dibawah standart ASSHTO, [8]hal ini menyebabkan kendaraan tersebut harus mengurangi kecepatan yang telah ditetapkan. Hal tersebut akan memperlambat kecepatan *dump truck* untuk proses pengangkutan material. Berdasarkan hasil analisis dan membandingkan dengan kondisi jalan angkut aktual di

lapangan maka standart yang bisa ditetapkan ialah standart *The American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)*[9].

Tabel-7. Geometri Standart AASHTO

Spesifikasi		Geometri Jalan Angkut Menurut AASHTO	
Model	Merek	Lebar Minimum	9.1 meter
Actross 4846	Mercedes Benz	Grade Minimum	8%
		Jari-jari Tikungan	34 meter
		Superelevai	0.04 m/m
		Cross Slope	40 mm/m

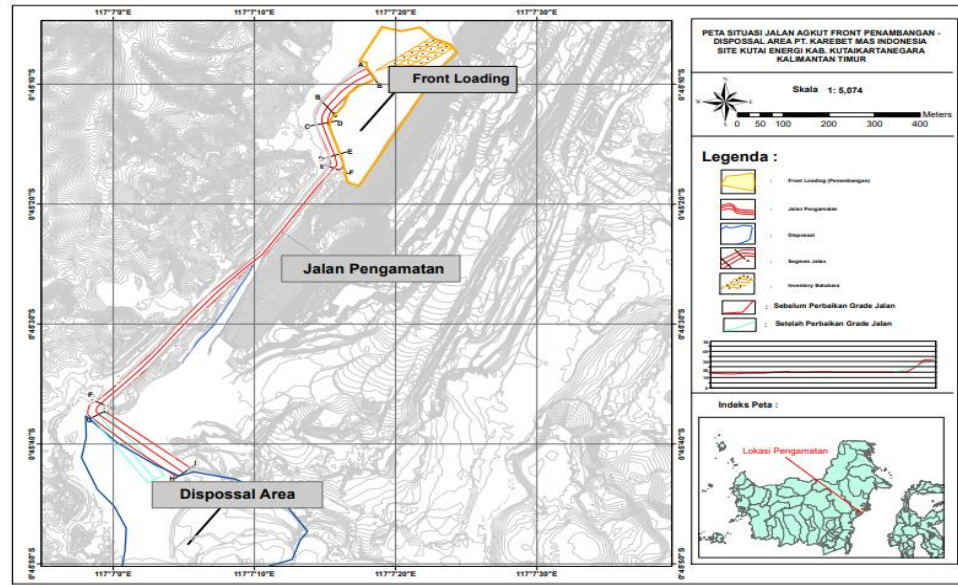
Tabel-8. Geometri Jalan Angkut Setelah Perbaikan

Jalur	Segmen	Jarak datar (m)	Lebar Jalan (m)	Grade Jalan (%)	Cross Slope (mm/m)	Jari-jari Tikungan (m)	Super elevasi (m/m)	Ket
L1	A - B	111,62	14,58	0.22	40	-		2 Jalur
T1	B - C	68,54	19,49	0.45		36.313	0,04	2 Jalur
L2	C - D	70,977	16,71	0.69	40	-		2 Jalur
T2	D - E	37,473	17,34	0.16		34	0,04	2 Jalur
L3	E - F	815,13	10,36	0.11	40			2 Jalur
T3	F - G	64,947	23,57	1.79		47.239	0,04	2 Jalur
L4	G - H	186,18	20,62	7.09	40			2 Jalur

Perbaikan Geometri Jalan Angkut

Berdasarkan data geometri jalan angkut aktual yang telah didapatkan di lapangan, ada beberapa komponen geometri jalan angkut yang perlu dilakukan perbaikan. Hal tersebut adalah superelevasi, kemiringan melintang. Jari-jari tikungan serta penurunan *grade* jalan khususnya pada segmen L4. [10] Geometri jalan angkut yang baik atau

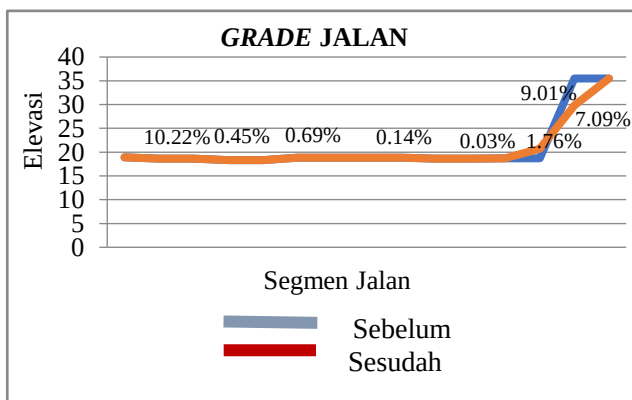
sesuai dengan standart yang berlaku dapat menunjang kegiatan penambangan, khususnya dalam proses pengangkutan material dari *front* penambangan menuju *disposal*. [11] Adapun perbaikan geometri jalan angkut aktual dapat dilihat pada tabel-8.



Gambar-12 Peta Hauling Setelah Perbaikan

Penurunan Grade

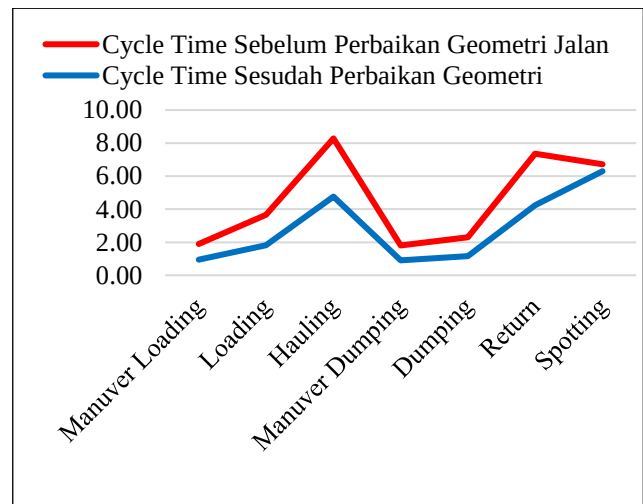
Selain perbaikan lebar jalan, tikungan dan kemiringan melintang, perlu juga dilakukan penuruna *grade* atau kemiringan jalan agar alat angkut tersebut mampu melewati jalan angkut tersebut pada saat pemuatan material dari *front* penambangan ke *disposal*. Penurunan *grade* dilakukan pada segemen L4 dan T3. Dimana *grade* jalan pada segmen L4 melebihi standart minimal yang ditetapkan oleh AASHRO, hal ini akan menghambat kecepatan alat angkut, dalam proses pengangkutan material. [12]



Gambar-13 Grade Setiap Segmen

Optimasi Cycle Time

Untuk mengoptimasi kecepatan alat angkut maka perlu dilakukan analisa kecepatan berdasarkan analisa *rimpull*. Dalam hal ini yang perlu dianalisa adalah kecepatan alat angkut pada saat pemuatan material ke *disposal* dan juga pada saat kembali kosong menuju *front* penambangan. [13]

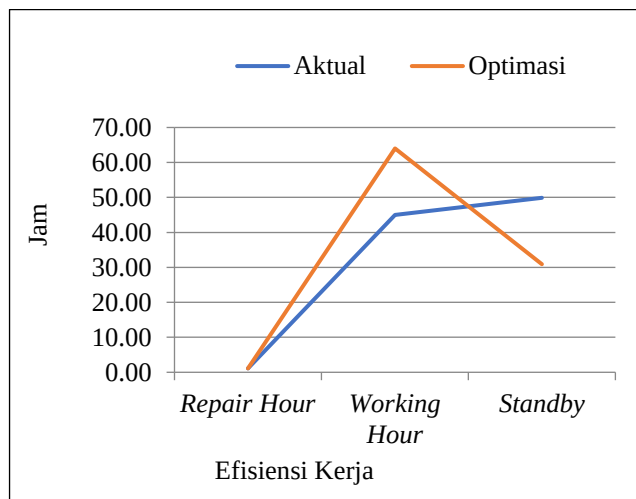


Gambar-14. Estimasi Kecepatan Alat Angkut

Berdasarkan estimasi kecepatan alat angkut berdasarkan analisa *rimpull* dapat dilihat bahwa kecepatan alat angkut meningkat setelah di estimasi. Sehingga dapat meningkatkan produktivitas dari alat angkut tersebut.

Optimasi Efisiensi Kerja

Efisiensi kerja dari suatu alat menentukan kinerja dari alat tersebut, apakah dapat bekerja secara efektif atau tidak. [6] Efektifnya alat angkut yang bekerja, maka target produksi dapat tercapai. Selain optimasi kecepatan, perlu dilakukan estimasi efisiensi kerja alat angkut untuk meningkatkan produktivitas dari alat angkut tersebut.[14] Adapun estimasi efisiensi alat angkut dapat dilihat pada gambar-15.



Gambar-15. Estimasi efisiensi Kerja Alat Angkut

Berdasarkan hasil estimasi efisiensi kerja pada gambar diatas dapat dilihat bahwa, jam kerja alat angkut menjadi meningkat dan waktu alat angkut *standby* menjadi turun. Dalam hal ini dapat meningkatkan produktivitas dari alat angkut tersebut.

Perhitungan Rimpull

Berdasarkan hasil rimpull yang didapatkan menunjukkan bahwa dari total total rimpull sebesar 20.034 lbs dapat dilalui kendaraan alat angkut dengan menggunakan gear 2 dengan kecepatan maksimal 12,9 km/jam dengan total maksimal rimpull berdasarkan spesifikasi alat pada gear 2 adalah 20.818 lbs. Adapun hasil perhitungan rimpull dapat dilihat pada tabel-9.

Table-9. Perhitungan Rimpull Aktual

Gear	Kecepatan		Rimpull
	(mph)	(km/jam)	
1	5,28	8,5	31.595,668
2	8,02	12,9	20.818,851
3	14,98	24,1	11.143,700
4	16,16	26,00	10.329,353
5	20,51	33,00	8.138,278
6	21,75	35,00	7.673,233
7	24,86	40,00	6.714,079
8	27,97	45,01	5.966,744

Penurunan *grade* ini tidak hanya berpatokan pada alat angkut Mercedes Benz saja, tetapi juga perlu mempertimbangkan alat angkut yang mempunyai spesifikasi yang kecil, sehingga alat [15]angkut tersebut bisa sama-sama mampu menanjak pada segmen L4. PT.KMI mempunyai alat angkut dengan spesifikasi yang paling rendah yaitu Nissan Diesel Motor (CWB45A), dengan kebutuhan rimpull setiap gear pada tabel-10.

Tabel-10. Perhitungan Rimpull Setelah Optimasi

Kecepatan masing - masing Gear Nissan Diesel (CWB45A)			
Gear	Kecepatan		Rimpull
	(mph)	(km/jam)	
1	8.15	13.60	15.739,707
2	9.21	14.82	13.381,937
3	10.39	16.71	11.868,361
4	14.18	22.81	8.694,4459
5	18.65	30.01	6.608,4742
6	25.66	41.28	4.804,2711
7	24.86	40.00	4.958,0078
8	27.97	45.01	4.406,1389

Kecepatan Aktual

- Waktu tempuh bermuatan

Berdasarkan hasil pengamatan dilapangan data *cycle time* DT.400 diperoleh waktu tempuh saat bermuatan sebesar 4,75 menit, sehingga kecepatan rata-rata lat angkut pada saat bermuatan adalah sebagai berikut:

Waktu tempuh bermuatan = 4,75 = 0.0791 jam

$$V = \frac{1,355}{0,0791} = 17,13 \text{ km/jam} \quad (1)$$

- Waktu tempuh kosong

Berdasarkan hasil pengamatan dilapangan data *cycle time* DT.400 diperoleh waktu tempuh saat kembali kosong 4,24 menit, sehingga kecepatan rata-rata lat angkut pada saat kembali kosong adalah sebagai berikut:

$$V = \frac{1,355}{0,070} = 19,35 \text{ km/jam} \quad (2)$$

Kecepatan Setelah Estimasi

- Waktu Alat Angkut Bermuatan

Berdasarkan hasil perhitungan estimasi waktu tempuh diperoleh total waktu tempuh pada saat bermuatan adalah sebesar 3,35 menit, maka kecepatan rata-rata alat angku pada saat bermuatan adalah sebagai berikut.

Waktu tempuh bermuatan = 3,35 = 0,055 jam

$$v = \frac{1,355 \text{ km}}{0,055} = 25 \text{ km/jam} \quad (3)$$

- Waktu Tempuh Kembali Kosong

Berdasarkan hasil perhitungan estimasi waktu tempuh diperoleh total waktu tempuh pada saat kembali kosong adalah sebesar 3,12 menit, maka kecepatan rata-rata alat angku pada saat bermuatan adalah sebagai berikut.

Waktu tempuh bermuatan 3,12 = 0,052 jam

$$V = \frac{1,355 \text{ km}}{0,052} = 26 \text{ km/jam} \quad (4)$$

Berdasarkan hasil estimasi waktu tersebut dilihat bahwa kecepatan alat angkut meningkat setelah perbaikan geometri dan penurunan *grade* dilakukan. Sedangkan untuk nilai produktivitas setelah dilakukan perbaikan terdapat pada tabel-11 dan tabel -12.

Tabel-11. Produktivitas Aktual

Tipe		Produktivitas Lcm/jam
DT	Menggunakan Exavator	29 LCM
Mercedes Benz 4648	Dossan 500 – LCV	

Tabel-12. Produktivitas Setelah Optimasi

Tipe		Produktivitas Lcm/jam
DT	Menggunakan Exavator	71,10 LCM
Mercedes Benz 4648	Dossan 500 – LCV	

Produktivitas *Dump Truck* Mercedes Benz 4648 sebelum dilakukan perbaikan adalah 29 LCM dan setelah dilakukan perbaikan menjadi 71,10 LCM. Hal ini menunjukkan perubahan geometri pada jalan angkut mempengaruhi peningkatan produktivitas alat angkut.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan dan perhitungan terhadap geometri jalan angkut yang menghubungkan antara *front* penambangan menuju dispossal area di PT. Karebet Mas Indonesia dengan jarak ± 1.355 km dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

- Kondisi jalan angkut dari *front* penambangan menuju dispossal area, pada beberapa segmen jalan masih memiliki geometri jalan angkut yang belum memenuhi standart. Selain jalan angkut tersebut sangat licin pada saat musim hujan dan juga berdebu yang cukup tinggi jika musim kemarau. Sehingga pada kondisi aktual ini menghambat atau mempengaruhi kegiatan pengangkutan material dari *front* penambangan menuju *dispossal area*. Dari target produksi yang telah ditetapkan oleh PT. Karebet Mas Indonesia yaitu sebesar 54 LCM, dengan kondisi jalan tersebut pada produktivitas aktual hanya mampu mencapai 28,60 LCM.
- Berdasarkan hasil pengamatan pada geometri jalan angkut aktual setelah dilakukan perbaikan berdasarkan analisa *rimpull*, produktivitas alat angkut MERCEDES BENS 4846 menjadi meningkat yaitu 71,10 LCM. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan kondisi geometri jalan angkut sangat berpengaruh terhadap produktivitas alat angkut MERCEDES BENZ 4846.
- Superelevasi pada jalur T3, T2 dan T3 harus dilakukan penambahan 0.04 m/m pada semua segmen tikungan belum memenuhi standar minimum.
- *Cross slope* pada semua segmen jalan lurus (L1, L2, L3, dan L4) juga perlu dilakukan penambahan *cross sope* 40mm/m karena belum memenuhi standar minimum.

- Jari-jari tikungan pada segmen T2 perlu dilakukan penambahan sebesar 2,6 meter karena masih kurang dari standar minimum yang ditetapkan.
- *Grade* aktual di lapangan yaitu mulai dari 0,22% - 9.01%. Sehingga *grade* jalan yang melebihi standar (8%) dilakukan perbaikan *grade* jalan. Untuk itu, pada segmen F – G dan segmen H – I dilakukan perbaikan *grade* jalan.

DAFTAR ACUAN

- [1] T. Y. Lambung, U. Saismana, R. N. Hakim, and M. Fakhturozi, "Evaluasi Jalan Tambang untuk Meningkatkan Produktivitas Alat Angkut Pada Aktivitas Pemindahan Overburden," *J. Geosapta*, vol. 2, no. 2, 2017.
- [2] M. R. Wicaksono, Z. Zaenal, and E. Moralista, "Evaluasi Jalan Tambang Berdasarkan Teori AASHTO untuk Meningkatkan Produksi Pengupasan dan Pengangkutan Overburden pada Kegiatan Penambangan Batubara di Area Roto South PIT G PT Kideco Jaya Agung, Desa Batu Kajang, Kecamatan Batu Sopang, Kabupaten Paser, Kalimantan Timur," 2020.
- [3] A. Rifandy, "Kajian Teknis Geometri Jalan Hauling Pada Pt. Guruh Putra Bersama Site Desa Gunung Sari Kecamatan Tabang Kabupaten Kutai Kartanegara," *J. Geol. Pertamb.*, vol. 1, no. 19, 2016.
- [4] A. Multriwahyuni, M. Gusman, and Y. M. Anaperta, "Evaluasi Geometri Jalan Tambang Menggunakan Teori AASHTO Untuk Peningkatan Produktivitas Alat Angkut Dalam Proses Pengupasan Overburden Di PIT Timur PT. Artamulia Tatapratama Desa Tanjung Belit, Kecamatan Jujuhan, Kabupaten Bungo Provinsi Jambi," *Bina Tambang*, vol. 3, no. 4, pp. 1513–1522, 2018.
- [5] E. Winarno, I. Inmarlinianto, and A. Suretno, "Kajian Teknis Produksi Alat Muat dan Alat Angkut pada Pengupasan Overburden Tambang Batubara di PT Mandiri Intiperkasa, Kalimantan Utara," *J. Teknol. Pertamb.*, vol. 4, no. 2, pp. 144–153, 2018.
- [6] R. V. Martono, *Analisis Produktivitas dan efisiensi*. Gramedia Pustaka Utama, 2019.
- [7] P. R. Kristiawan, D. A. S. Dewi, and S. Suharto, "Implementasi Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006 Tentang Jalan Berkaitan Dengan Pemeliharaan Jalan (Studi Kasus Jalan yang Menjadi Kewenangan Kabupaten Magelang)," *Borobudur Law Rev.*, vol. 2, no. 1, pp. 30–39, 2020.
- [8] M. C. YUSUF, "Analisa Pengaruh Geometri Jalan Angkut Terhadap Produkstivitas Articulated Dump Truck Terex Ta 400 Dari *Front* Penambangan-Disposal Area PT. Prolindo Cipta Nusantara, Kabupaten Tanah Bumbu, Kalimantan Selatan," 2018.
- [9] M. Changes, "AASHTO Policy on Geometric Design of Highways and Streets," *Design*, vol. 1, no. 990, pp. 1–47, 2002.
- [10] W. W. Kaufman and J. C. Ault, *Design of surface mine haulage roads: a manual*, vol. 8758. Department of the Interior, Bureau of Mines, 1978.
- [11] Y. D. Galih, F. Riza, and H. Saputra, "Evaluasi geometri jalan angkut pada penambangan batu andesit desa kalisari kecamatan banyuglugur kabupaten situbondo," *Pros. Semin. Teknol. Kebumian dan Kelaut.*, vol. 3, no. 1, pp. 43–50, 2021.

- [12] D. T. Dwayne and B. Regensburg, "Guidelines for mine haul road design," *Sch. Min. Pet. Eng. Dep. Civ. Environ. Eng. Univ. Alberta*, 2001.
- [13] I. Partanto Prodjosumarto, "Prof., 1993,," *Pemindahan Tanah Mekanis*.
- [14] H. Y. Wigroho and H. Suryadharma, "Pemindahan Tanah Mekanis," *Univ. Atmajaya, Yogyakarta*, 1992.
- [15] A. Suwandhi, "Perencanaan Jalan Tambang," *Diklat Perenc. Tambang Terbuka. Bandung*, 2004.
- [16] F. A. R. Putri, "Optimalisasi Produktivitas Alat Angkut Tambang Pasir," in *Prosiding Seminar Teknologi Kebumihan dan Kelautan*, 2020, vol. 2, no. 1, pp. 437–441.