

ANALISIS GEOMETRI JALAN TAMBANG AREA LOADING POINT PIT 2 MENUJU STOCKPILE TERHADAP PRODUKTIVITAS ALAT ANGKUT FUSO 220 PS DI CV. DIAN PURNAMA, KABUPATEN SIJUNJUNG, PROVINSI SUMATERA BARAT

Rizto Salia Zakri ^{1*}, Muhammad Shidiq ^{1**}

¹Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

* riztoszakri@ft.unp.ac.id

** shiddiqmuhammad90@gmail.com

Abstract. *A good haul road is a road that can make the haul equipment run optimally. Distance from the front loading pit 2 area to the stockpile is 440 meters which consists of 4 segments. This research will analyze the condition of the Loading Point haul road to the current stockpile in each segment, make an improvement plan so that the haul road condition conforms to predetermined standards, analyze the effect of improving haul road geometry on the travel speed of the Mitsubishi Fuso 220 PS, and analyze the effect of improving haul road geometry on the productivity of the Mitsubishi Fuso 220 PS conveyance. With the haul road analysis, it is known that there is a need to improve the geometry of the haul road on a straight road with an ideal width of 4.92 meters, a bend road of 7.35 meters, the formation of a cross slope of 40 mm/m, making a superelevation so that the height difference that must be made is 0.29 meters, and the need for haul road pavement. Through these improvements, with a coal production target of 5,000 tons/month, it is known theoretically that productivity from 125.66 tons/hour has increased to 186.92 tons/hour.*

Keywords: Tambang Terbuka, Geometri Jalan, Cycle Time, Produktivitas, Target Produksi.

1 PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang memiliki kekayaan alam yang berlimpah dan tersebar hampir di seluruh wilayahnya. Kekayaan alam tersebut sudah selayaknya digunakan utama untuk kemajuan bangsa. Sektor industri pertambangan yang memiliki ciri kegiatan padat modal, padat teknologi, dan memiliki risiko pekerjaan yang sangat tinggi. Salah satu contoh hasil kekayaan alam tersebut adalah batubara yang merupakan batuan sedimen yang bisa terbakar, tercipta dari endapan organik yang kebanyakan dari sisa-sisa tumbuhan dan melalui proses pembatubaraan. Batubara dapat digunakan dalam hal pembangkit listrik, bahan campuran pada semen, kebutuhan industri logam, dan lainnya.

Diantara permintaan akan kebutuhan batubara dari konsumen tersebut disuplai oleh CV. Dian Purnama yang berlokasi di Kabupaten Sijunjung. Perusahaan harus mampu mencapai target produksi yang telah

ditetapkan meskipun kondisi aktual terjadi di lapangan terdapat beberapa hal yang menyebabkan tidak tercapainya target produksi yang telah ditetapkan sebelumnya. Salah satunya faktor yang menyebabkan hal demikian yaitu pada produktivitas alat angkut. Berdasarkan observasi yang telah dilakukan di lapangan, ditemukan masalah produktivitas pada kegiatan pengangkutan batubara (*hauling*), yaitu geometri jalan angkut tambang yang belum sesuai dengan standar yang ditetapkan perusahaan dan kondisi jalan angkut yang kurang memadai. Sedangkan jalan angkut tambang merupakan salah satu sarana yang sangat berperan bagi kegiatan pertambangan[1].

Berdasarkan data dilapangan, alat angkut Mitsubishi Fuso 220 PS memiliki *cycle time* 10,98 menit untuk melakukan satu ritase. Sementara itu, target produksi batubara yang ingin dicapai adalah 5.000 ton/bulan.

Menurut observasi dilapangan yang dilakukan terhadap kondisi jalan angkut tambang CV. Dian Purnama pada

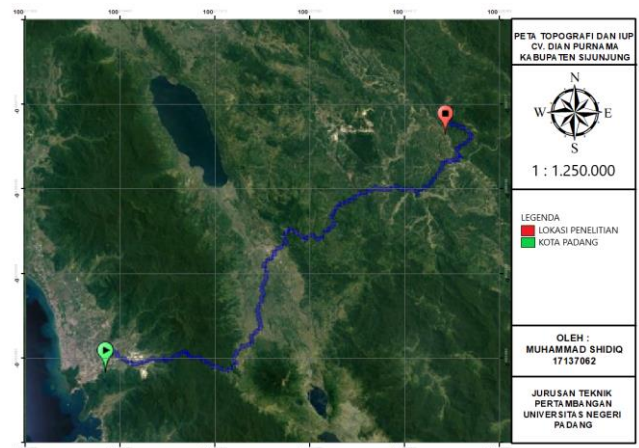
area Loading Point menuju Stockpile, terdapat segmen jalan angkut yang belum memenuhi unsur-unsur ideal geometri jalan angkut, contohnya yaitu belum adanya cross slope pada jalan angkut sedangkan CV. Dian Purnama menetapkan standar *grade* jalan angkut maksimal adalah 8%. Untuk *cycle time* sesungguhnya alat angkut Mitsubishi Fuso 220 PS dilapangan adalah 10,98 menit untuk satu kali ritase dengan *travel speed* pada keadaan *loaded* yaitu 9 km/jam dan dalam kondisi *unloaded* yaitu 13 km/jam. Untuk geometri jalan tambang aktual di lapangan berupa lebar jalan berkisar 3,13 meter hingga 5,74 meter, dengan *grade* bervariasi sekitar -3,65% hingga 11,30%.

Apabila kondisi jalan tambang yang direncanakan tidak disesuaikan dengan kondisi di lapangan, maka hal tersebut dapat menurunkan efisiensi kemampuan produksi batubara. Permasalahan pada jalan angkut tambang biasanya dipengaruhi oleh jumlah jalur alat yang digunakan, curah hujan, dan material penyusun jalan angkut tambang. Untuk itu dibutuhkan pengawasan geometri jalan angkut tambang, yaitu lebar jalan, jari-jari tikungan, superelevasi, kemiringan jalan, *cross slope*, dan sebagainya[2]. Dengan demikian, dapat diketahui bahwa geometri jalan angkut sangat berpengaruh terhadap kinerja alat angkut Mitsubishi Fuso 220 PS di area *Loading Point* menuju *stockpile*. Gambar 1 menunjukkan jalur akses menuju site CV. Dian Purnama. Jenis alat angkut yang digunakan turut serta mempengaruhi jalan angkut tambang. Dimana semakin besar dimensi alat angkut, maka lebar jalan yang dibutuhkan juga akan semakin besar. Perhitungan lebar jalan pun juga mempertimbangkan jumlah jalur, yaitu jalur tunggal untuk jalan satu arah atau jalur ganda untuk jalan dua arah[3]. Oleh karena itu dibutuhkan analisa mengenai geometri jalan angkut untuk meningkatkan produktivitas alat angkut dalam memenuhi target produksi yang ditetapkan.

2 LOKASI PENELITIAN

Lokasi CV. Dian Purnama terletak di Sijunjung, sekitar 21 Km di sebelah Barat Laut Muaro Sijunjung, secara administrasi termasuk dalam Kecamatan Koto VII, Kabupaten Sijunjung, Provinsi Sumatera Barat dengan ketinggian 380 m di atas permukaan laut. Secara topografi terletak di kaki Bukit Barisan yang membujur dari arah barat laut ke tenggara, dan secara geografis terletak pada koordinat 100°54'30" BT – 100°54'46" BT dan 00°34'56" LS – 00°36'03"LS. Sijunjung berbatasan di arah Barat dengan Kota Sawahlunto, sebelah Timur dengan Provinsi Riau, sebelah Utara dengan Kabupaten Tanah Datar dan sebelah Selatan berbatasan dengan Kabupaten Solok dan Kabupaten Dharmasraya.

Lokasi dapat diakses melalui jalan beton dan jalan tanah. untuk kendaraan yang dapat digunakan yaitu kendaraan roda dua maupun roda empat yang dengan estimasi waktu tempuh yaitu 45 menit dari Jembatan Silokek.



Gambar 1. Akses Menuju Site

3 TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Lebar jalan angkut pada jalan lurus

Menurut AASHTO *Manual Rural High Way Design*, lebar jalan angkut pada kondisi jalan lurus dengan jalur tunggal maupun jalur ganda atau lebih yaitu minimal setengah dari lebar alat angkut yang digunakan, dengan rumus :

$$L_{min} = n \cdot W_t + (n + 1) \left(\frac{1}{2} \cdot W_t \right) \quad (1)$$

Keterangan :

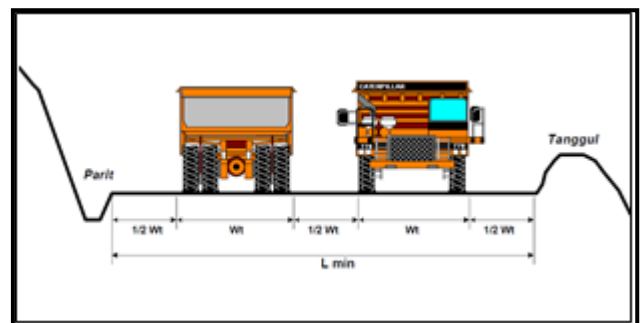
L_{min} = lebar jalan angkut minimum (m)

n = jumlah jalur

W_t = lebar alat angkut (m)

Tabel 1. Lebar Jalan Angkut Minimum

Jalur	Rumus	Lebar Min.
1	$1 + (2 \times \frac{1}{2})$	2,00
2	$2 + (3 \times \frac{1}{2})$	3,50
3	$3 + (4 \times \frac{1}{2})$	5,00
4	$4 + (5 \times \frac{1}{2})$	6,50



Gambar 2. Lebar Jalan Angkut Pada Jalan Lurus

3.2 Lebar jalan angkut pada belokan

Ukuran jalan angkut pada belokan lebih lebar dari pada kondisi jalan lurus. Untuk jalur ganda, maka lebar jalan minimum pada belokan ditentukan dengan mempertimbangkan lebar jarak ban, lebar *overhang* alat angkut bagian depan dan belakang pada saat manuver belokan, jarak antar alat angkut atau kendaraan pada saat bersimpangan, jarak dari kedua tepi jalan[4].

Lebar jalan angkut tambang diukur menggunakan rumus sebagai berikut :

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

$$Z = \{ (U + Fa + Fb) \div 2 \} \quad (3)$$

Keterangan :

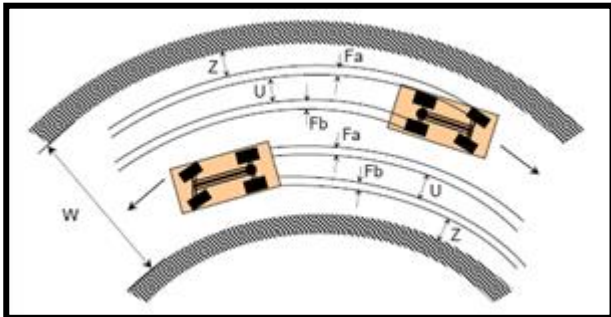
U = Lebar jejak roda (center to center) (m)

Fa = lebar overhang depan (m)

Fb = lebar overhang belakang (m)

Z = lebar bagian tepi jalan (m)

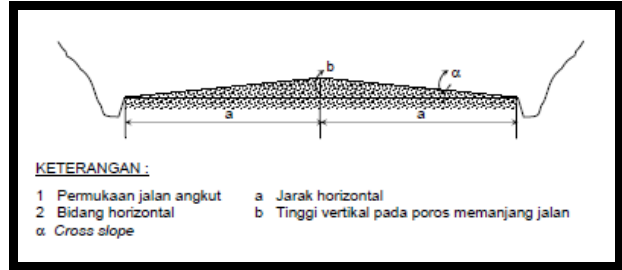
C = Jarak antar alat angkut yang berpapasan (m)



Gambar 3. Lebar Jalan Tikungan

3.3 Cross slope

Cross slope adalah sudut kemiringan yang membentuk dua sisi terhadap bidang horizontal jalan tambang. *Cross slope* harus memiliki beda tinggi untuk mencegah air hujan maupun air limpasan tergenang di jalan angkut tambang, karena air yang tergenang dapat mempengaruhi struktur permukaan jalan angkut, meningkatkan biaya perawatan jalan angkut, dan mempengaruhi produktivitas alat angkut. *Cross slope* memiliki satuan mm/m atau m/m yang merupakan perbandingan jarak vertikal dan jarak horizontal. Umumnya rata-rata *cross slope* yang digunakan adalah 1/50 hingga 1/25, 20 mm/m hingga 40 mm/m, atau 2% hingga 4% [5].



Gambar 4. Cross Slope Jalan

3.4 Superelevasi dan Jari-Jari Belokan

Ketika kendaraan melewati belokan, maka terjadi gaya tarik yang berlawanan dengan arah kemudi alat angkut. Hal ini dinamakan gaya sentrifugal yang dapat menyebabkan kondisi tidak aman pada alat angkut ketika melintasi jalan belokan seperti yang terlihat pada gambar 5. Oleh karena itu dibutuhkan superelevasi pada belokan jalan angkut berupa kemiringan jalan terhadap sudut pusat belokan untuk mengurangi gaya sentrifugal yang terjadi pada alat angkut, superelevasi dihitung menggunakan rumus :

$$E + f = V^2 / (127 \times R) \quad (4)$$

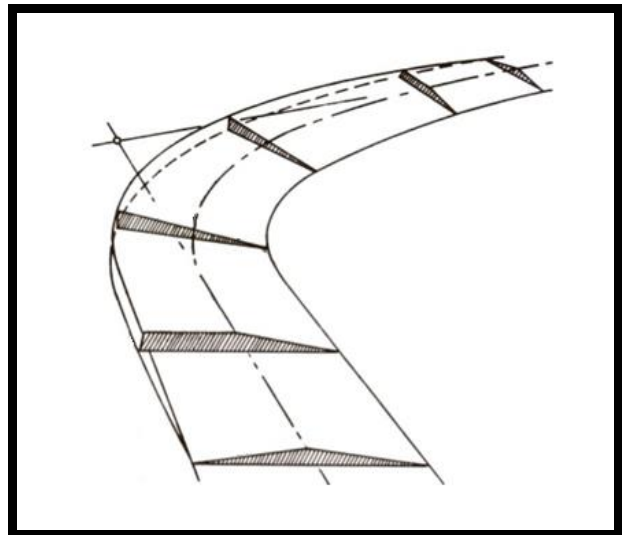
Keterangan

E = Superelevasi maks. pada tikungan jalan

f = Koefisien gesekan (friction)

V = Kecepatan rencana (km/jam)

R = jari-jari lengkungan belokan (m)



Gambar 5. Superelevasi Jalan Angkut

3.5 Grade Jalan Tambang

Grade merupakan perbandingan ketinggian yang ditempuh kendaraan dalam satuan jarak horizontal tertentu, *grade* umumnya dinyatakan dalam satuan persen (%), semakin besar nilai *grade* yang ada pada jalan angkut pertambangan, maka akan semakin besar biaya operasional alat angkut yang digunakan, durabilitas pada part alat angkut sehingga perlu untuk

diganti, dengan demikian juga menyebabkan mempercepat waktu alat angkut untuk dilakukan perawatan, dan sebagainya.

Grade jalan angkut pertambangan dapat berupa tanjakan dan turunan yang berhubungan dengan kemampuan alat angkut seperti pengereman (*braking*) pada penurunan maupun kemampuan mendaki jalan yang tinggi, jenis alat angkut mempengaruhi kemampuan dari setiap alat angkut[6].

$$Grade (\alpha) = \Delta h / \Delta x \times 100\% \quad (5)$$

Keterangan :

Δh = Beda ketinggian jalan angkut

Δx = Selisih Jarak Jalan Angkut yang diukur

3.6 Drainase

Paritan ataupun pipa saluran merupakan struktur untuk menyalurkan air agar operasional *Dump truck* dapat bekerja secara aman dan optimal. Drainase merupakan sarana pendukung yang penting karena sangat mempengaruhi kondisi jalan angkut tambang, penggenangan air hujan maupun air limpasan yang terjadi di jalan angkut harus dicegah, karena keberadaan air di jalan angkut tambang akan mempercepat kerusakan pada jalan dan menambah frekuensi perawatan jalan angkut[7].

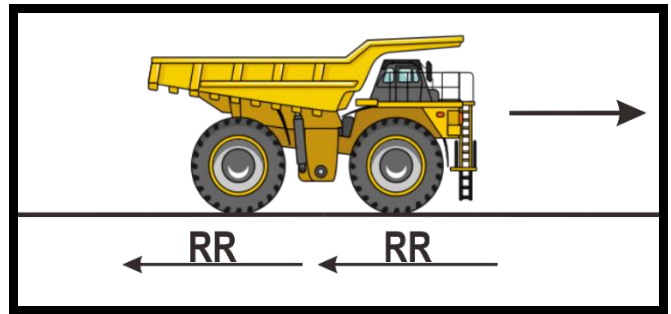
Saluran drainase dapat digali dalam bentuk V-cut pada batas kedalaman 0.3 m dan digali ulang ketika kedalaman parit sudah berkurang 50%. Semua sistem drainase harus mampu mengatasi aliran runoff yang telah diperkirakan, khususnya pada musim penghujan. Jalan angkut tambang pun harus didesain sedemikian rupa sehingga air yang mengalir di jalan angkut tidak mengakibatkan erosi pada jalan.

3.7 Total Resistance

Total Resistance setiap segmen jalan merupakan hasil penjumlahan dari *rolling resistance* dengan *grade resistance*, untuk jalan menanjak, maka perhitungan *total resistance* adalah $RR + GR$, sedangkan untuk jalan menurun maka perhitungan *total resistance* adalah $RR - GR$. *Total Resistance* berhubungan dengan fuel off dump truck, yaitu batas wajar konsumsi bahan bakar alat angkut berdasarkan *resistance* yang ada. *Dump truck* akan memiliki *speed* yang lebih lambat pada saat nilai *total resistance* lebih besar dari pada kondisi jalan yang memiliki nilai *total resistance* yang rendah sehingga dibutuhkan usaha mesin atau *rimpull* yang sedikit[8].

3.8 Rolling Resistance

Merupakan gaya yang bekerja tidak searah dengan arah gerak kendaraan, dengan kata lain merupakan usaha mesin pada *Dump truck* yang harus dikeluarkan untuk menggulirkan atau menarik roda agar bergerak terhadap permukaan jalan angkut.



Gambar 6. Ilustrasi *Rolling Resistance*

Untuk menghitung *rolling resistance* yang dibutuhkan alat angkut agar dapat menggerakkan roda terhadap permukaan jalan angkut digunakan rumus berikut :

Tabel 2. Klasifikasi *Rolling Resistance* Jalan

Surfaces	High Pressure Tires (Radial)		Low-Pressure Tires	
	Kg/ton (lb/ton)	% of weight	Kg/ton (lb/ton)	% of weight
Concrete	15 (30)	1.5	20 (40)	2.0
Asphalt	18 (36)	1.8	24 (48)	2.4
Packed Gravel	22.5 (45)	2.3	30 (60)	3.0
Packed Earth	30 (60)	3.0	40 (80)	4.0
Unplowed Earth Terrain	75 (150)	7.5	50 (100)	5.0
Rutten and Uneven Earth	105 (210)	10.5	90 (180)	9.0
Loose Sand and Gravel	140 (280)	14.0	120 (240)	12.0
Soft, Muddy	175 (350)	17.5	160 (320)	16.0
Deeply Rutted Snow-Packed	25 (50)	2.5	35 (70)	3.5

$$RR = 2\% GVW + 0.6\% GVW \text{ per cm tire penetration} \quad (6)$$

Keterangan :

RR = *Rolling Resistance*

GVW = *Gross Vehicle Weight*

3.9 Grade Resistance

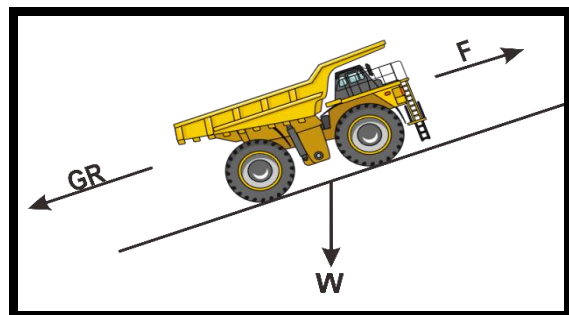
digunakan untuk mengukur usaha mesin yang dibutuhkan alat angkut untuk menggerakkan alat angkut melewati tanjakan ataupun grade jalan angkut yang tinggi. *Grade Resistance* juga digunakan untuk mengukur usaha yang dibutuhkan untuk membantu pergerakan mesin pada turunan[9].

$$GR = 1\% GVW \times \% \text{ Grade} \quad (7)$$

Keterangan :

GR = *Grade Resistance*

GVW = *Gross Vehicle Weight*



Gambar 7. *Grade Resistance* Pada *Dump Truck*

3.10 Rimpull

Rimpull adalah kemampuan tarikan yang dapat dihasilkan oleh mesin alat angkut atau kekuatan yang diberikan terhadap ban penggerak yang menyentuh permukaan jalan angkut suatu kendaraan. Satuan yang umum digunakan dalam *rimpull* adalah kg atau lbs. Ukuran *rimpull* bergantung pada kecepatan *gear* yang dipakai. *Rimpull* biasanya dinyatakan dalam pound (lb)[10]. *Rimpull* dapat dihitung dengan rumus persamaan berikut :

$$RP = (HP \times 375 \times Eff) / V \quad (8)$$

Keterangan :

RP = Rimpull, kekuatan tarik kendaraan (lbs)
 HP = Horse Power (Tenaga Mesin) (HP)
 Eff = Efisiensi mesin
 V = kecepatan mesin (km/h)

3.11 Produktivitas

Kemampuan produktivitas alat gali muat dan alat angkut adalah banyaknya produktivitas yang terpenuhi secara aktual oleh alat gali muat dan alat angkut berdasarkan kondisi sebenarnya yang ada di lapangan.

$$Q = (q \times 60 \times E) / Cm \quad (9)$$

Keterangan :

Q = Produksi *excavator* (m³ / jam)
 q = Kapasitas produksi per *cycle time* (m³)
 E = Efisiensi kerja
 Cm = Waktu siklus (menit)

Kapasitas Produksi Persiklus (Q)

$$q = qL \times K \quad (10)$$

Keterangan :

qL = Kapasitas *bucket*
 K = Faktor *bucket*

Waktu Siklus (Cm)

$$Cm = T1 + T2 + T3 + T4 \quad (11)$$

Keterangan :

T1 = Waktu gali
 T2 = Waktu putar
 T3 = Waktu buang
 T4 = Waktu *swing* kosong

Produktivitas *Dump Truck*

$$C = (n \times ql \times k \times 3600) / Cm \quad (12)$$

$n = \text{Kapasitas DT} / (ql \times K)$

Keterangan

C = Kapasitas produksi *Dump truck* (ton)
 n = Jumlah siklus *excavator* untuk memuat

K = *Factor bucket*

ql = Kapasitas *bucket*

Rumus untuk menghitung waktu siklus *Dump truck* sebagai berikut:

$$Cmt = Aa + Ba + Ca + Da + Ea + Fa \quad (13)$$

Keterangan :

Cmt = Cycle Time
 Aa = Parkir Muat
 Ba = Muat Isi
 Ca = Angkut Isi
 Da = Parkir Dump
 Ea = Dump
 Fa = Angkut Kosong

4 METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini termasuk dalam metode penelitian terapan, yaitu penelitian yang berupa analisis teori, pengumpulan data, kemudian dianalisis dengan menggunakan rumus berdasarkan kajian teori. Penelitian terapan adalah penelitian yang bertujuan untuk meningkatkan pengetahuan ilmiah dengan suatu tujuan praktis. Penelitian terapan berkepentingan dengan penemuan-penemuan yang berkenaan dengan aplikasi dan suatu konsep-konsep teoritis tertentu[11].

4.2 Tahapan Penelitian

Tahapan studi literatur merupakan tahapan awal yang bertujuan untuk mempelajari teori-teori yang akan diterapkan, mengumpulkan referensi yang sesuai dan menunjang kegiatan penelitian, referensi studi literatur dapat diperoleh dari buku-buku, literatur dari internet, dan juga dapat diperoleh dari penelitian-penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan topik.

Setelah tahapan studi literatur kemudian dilakukan orientasi lapangan bersama karyawan perusahaan untuk menentukan objek pengamatan.

Pengambilan data dilakukan setelah studi literatur dan penelitian langsung di lapangan. Data yang diambil berupa data primer dan data sekunder. Adapun data yang akan diambil yaitu data primer seperti jarak tempuh jalan tambang dari area *loading point* menuju *stockpile*, ukuran jalan angkut pada jalan lurus dan belokan, superelevasi, grade jalan angkut, *rolling resistance*, *grade resistance*, *cross slope* jalan angkut, *cycle time* alat angkut dan alat muat, sedangkan data sekunder berupa a) Peta jalan angkut area Loading Point menuju Stockpile, Peta IUP CV. Dian Purnama, spesifikasi alat angkut Mitsubishi Fuso 220 PS, dan spesifikasi Komatsu PC 200.

4.3 Teknik Pengolahan Data

Analisis yang dilakukan untuk pengumpulan data yaitu melalui beberapa perhitungan. Data-data disajikan dalam bentuk tabel-tabel atau melalui rangkaian perhitungan dan dalam penyelesaian masalah yang ada. Penentuan geometri jalan dianalisis menurut AASHTO dan didasarkan pada alat angkut Mitsubishi Fuso 220 PS. Produktivitas *Dump truck* dianalisis dengan melakukan perhitungan pengaruh perbaikan terhadap efisiensi kerja alat angkut, yaitu memperbaiki waktu yang dapat dihindari dan menghitung produktivitas alat angkut setelah dilakukan perbaikan efisiensi kerja serta perbaikan kondisi geometri jalan yang ideal [12].

Analisis geometri jalan, dilakukan pengukuran secara langsung dilapangan untuk mengetahui aktual kondisi jalan angkut di area *Loading Point* menuju *Stockpile*. Analisis produktivitas alat angkut aktual dilakukan dengan membandingkan *cycle time* alat angkut Mitsubishi Fuso 220 PS terhadap geometri jalan angkut sebelum perbaikan dengan geometri jalan angkut setelah perbaikan, selain *cycle time*, juga diperhatikan *travel speed* alat angkut, dan produktivitas harian.

Kesimpulan didapat setelah menemukan hubungan antara permasalahan yang diteliti dengan hasil pengolahan data dan memberikan saran mengenai jalan angkut agar adanya peningkatan produktivitas alat angkut dan produksi.

5 HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Penelitian

5.1.1 Geometri Jalan

Berdasarkan peninjauan di lapangan, jalan angkut *loading Pit 2* menuju *Stockpile* di CV. Dian Purnama berjarak 441.23 meter. Untuk ruas jalan yang saat ini digunakan adalah satu ruas. Untuk pengumpulan dan pengolahan data, penulis membuat pengukuran lebar jalan, *grade* jalan, dan superelevasi dengan interval 20 meter, adapun rata-rata lebar jalan yang diperoleh dari data lapangan berkisar 3.66 meter hingga 4.68 meter. Untuk *Grade* diketahui jalan angkut memiliki *grade* - 3.65% hingga 11.30%. Dengan menggunakan standar AASHTO *Manual Rural Highway Design* terdapat beberapa segmen yang belum memenuhi standar. Hal itu dapat berupa lebar jalan angkut, superelevasi, dan jari-jari jalan pada titik tikungan.

Dari perhitungan yang dilakukan, lebar jalan angkut lurus minimal adalah 4,92 meter, lebar jalan pada tikungan adalah 7,35 meter. Untuk jalan tikungan terdapat segmen yang menyebabkan adanya waktu hambatan pada alat angkut ketika berpapasan dengan alat angkut lainnya. Hal ini tentu mempengaruhi produktivitas alat angkut menuju *stockpile*.

5.1.1.1 Lebar Jalan Angkut

Lebar jalan angkut produksi berpengaruh pada produktivitas pengangkutan. Ukuran jalan angkut dari *loading point* menuju *stockpile* bervariasi yang dapat diketahui dengan melakukan pengukuran menggunakan meteran pada masing-masing segmen [13].

CV. Dian Purnama memiliki jalan angkut jalur tunggal. Dalam upaya menentukan lebar jalan angkut yang ideal, maka penentuan lebar jalan tersebut mengacu kepada dimensi lebar alat angkut yang digunakan yaitu alat angkut Mitsubishi Fuso 220 PS. Berdasarkan pengukuran yang dilakukan, alat angkut Mitsubishi Fuso 220 PS memiliki lebar 2,46 meter.

Maka lebar jalan lurus minimal untuk satu jalur adalah 4,92 m, sedangkan jalan lurus minimal untuk dua jalur adalah 8,61 m. Oleh sebab itu, perbandingan jalan lurus minimum dengan lebar jalan lurus aktual dapat dilihat pada tabel 3 berikut.

Tabel 3. Evaluasi Lebar Jalan Lurus

No	Jarak (m)	Lebar (m)	Lebar Min (m)	Koreksi Lebar (m)
1	0	3,34	4,92	1,58
2	20	3,13	4,92	1,79
3	40	3,16	4,92	1,76
4	60	3,41	4,92	1,51
5	80	3,13	4,92	1,79
6	100	3,55	4,92	1,37
7	120	3,32	4,92	1,6
8	140	3,31	4,92	1,61
9	160	3,32	4,92	1,6
10	180	3,62	4,92	1,3
11	200	4,85	4,92	0,07
12	220	5,74	4,92	ideal
13	320	4,49	4,92	0,43
14	340	4,93	4,92	ideal
15	360	4,44	4,92	0,48
16	380	4,76	4,92	0,16
17	400	5,03	4,92	ideal
18	420	4,47	4,92	0,45
19	440	4,53	4,92	0,39

Untuk menentukan lebar jalan pada tikungan, digunakan persamaan (2) dan (3) maka lebarnya 7,35 m. Untuk koreksi lebar jalan tikungan dapat dilihat pada tabel 4 berikut.

Tabel 4. Koreksi Lebar Jalan Tikungan

No	Segmen	Lebar (m)	Lebar Min (m)	Koreksi Lebar (m)
1		6,4	7,35	0,95
2		6,57	7,35	0,78
3		4,82	7,35	2,53
4		5,04	7,35	2,31

5.1.1.2 Cross Slope

Cross slope bertujuan untuk mengalihkan air hujan, air limpasan, dan sebagainya agar tidak menggenang dipermukaan jalan angkut. Untuk kemiringan jalan

angkutan yang baik yaitu 40 mm/m, maksudnya untuk setiap satu meter lebar jalan angkutan terdapat beda tinggi sebesar 40 mm atau 4% [14]. *Cross slope* untuk jalan angkutan yang memiliki lebar 4,92 meter pada jalan lurus dapat dibuat *cross slope* sebesar 40 mm/m dengan beda tinggi 10 cm.

5.1.1.3 Superelevasi

Superelevasi diterapkan pada bagian jalan yang memiliki tikungan. Hal demikian bertujuan agar alat angkut yang digunakan dapat melewati tikungan dengan baik dan aman, untuk superelevasi yang digunakan sebaiknya memiliki radius atau jari-jari lebih dari kemampuan radius tikungan alat angkut yang digunakan, atau seminimal mungkin sama dengan radius tikungan alat angkut tersebut[15].

5.1.1.4 Grade Jalan

Kemiringan (*grade*) jalan angkutan berhubungan dengan kesanggupan alat angkut dalam melintasi jalanan yang mendaki maupun melintasi turunan. Kemiringan jalan angkutan disesuaikan dengan kemampuan alat angkut agar alat dapat bekerja sesuai kemampuan dan agar keselamatan kerja dapat tercapai. Kemiringan jalan angkutan biasanya ditampilkan dalam persen atau beda tinggi yang diperoleh setiap jarak tempuh mendatar sejauh 100 meter. Kemiringan jalan angkutan yang baik berada pada nilai di bawah atau sama dengan 8% menurut AASHTO, namun hal tersebut disesuaikan dengan kemampuan setiap alat dalam mengatasi kemiringan jalan.

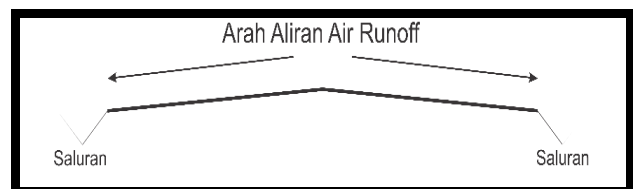
Tabel 5. Grade jalan

No	Segmen	Jarak (m)	Elevasi (mdpl)	Grade (%)
1		0	335,07	
2		20	333,22	
3		40	333,31	
4		60	333,39	
5		80	333,35	
6		100	332,24	
7		120	331,05	
8		140	329,95	
9		160	331,34	
10		180	333,04	
11		200	334,71	
12		220	336,54	
13		240	338,95	
14		260	341,22	
15		280	342,58	
16		300	343,91	
17		320	347,84	
18		340	351,22	
19		360	353,60	
20		380	355,12	
21		400	355,78	
22		420	356,92	
23		440	357,19	

5.1.1.5 Drainase

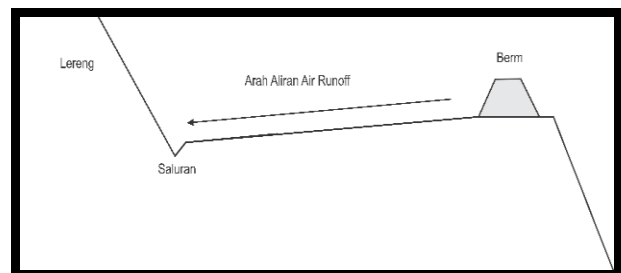
Drainase merupakan saluran yang berfungsi untuk mengalirkan air permukaan yang berada di sisi luar jalan angkutan. Pelaksanaan drainase pada jalan digunakan untuk mengalihkan air agar mudah dikelola untuk dialirkan dengan tujuan mencegah erosi pada jalan angkutan, keselamatan kerja alat angkut, mencegah/mengurangi masuknya air kedalam lapisan jalan[16].

Untuk menanggulangi erosi pada jalan angkutan dan mencegah masuknya air ke dalam lapisan jalan secara berlebihan, maka pada jalan tambang harus dibuat saluran drainase dipinggir jalan tambang, baik di kiri kanan jalan ataupun hanya pada sisi luar lereng.



Gambar 8. Drainase Pada Jalan Angkut Lurus

Pada umumnya bentuk saluran drainase berbentuk V karena mudah membuatnya, dapat digunakan pada beberapa tempat serta pemeliharaannya yang relatif mudah, drainase yang berada di sisi kiri atau kanan jalan angkutan diharuskan berfungsi dengan baik agar dapat mengatasi kendala terhadap jalan angkutan pada kondisi cuaca hujan, perbandingan dimensi yang digunakan saat ini yaitu 2:1.



Gambar 9. Drainase Pada Jalan Tikungan

Tabel 6. Perbaikan Drainase

No	Segmen	Jarak	Drainase		Koreksi	
			Lebar (m)	Dalam (m)	Lebar (m)	Dalam (m)
1		0	-	-	0,6	0,3
2		20	-	-	0,6	0,3
3		40	-	-	0,6	0,3
4		60	-	-	0,6	0,3
5		80	-	-	0,6	0,3
6		100	-	-	0,6	0,3
7		120	-	-	0,6	0,3
8		140	-	-	0,6	0,3
9		160	-	-	0,6	0,3
10		180	-	-	0,6	0,3
11		200	-	-	0,6	0,3
12		220	-	-	0,6	0,3
13		240	-	-	0,6	0,3
14		260	-	-	0,6	0,3
15		280	-	-	0,6	0,3
16		300	-	-	0,6	0,3
17		320	0,59	0,34	0,6	0,34
18		340	0,64	0,31	0,64	0,31
19		360	0,56	0,34	0,6	0,34
20		380	0,62	0,38	0,62	0,38
21		400	0,61	0,36	0,61	0,36
22		420	0,65	0,36	0,65	0,36
23		440	0,58	0,37	0,6	0,37

5.1.1.6 Rimpull

Untuk menentukan *rimpull* yang sesuai dengan gear kendaraan, dapat menggunakan persamaan (7), sehingga *rimpull* yang tersedia untuk setiap *gear* yang digunakan terlampir pada tabel 7 berikut.

Tabel 7. Rimpull yang tersedia

Gear	Kecepatan		HP	Efisiensi Mekanis (%)	Rimpull (lb)
	Km/h	mph			
1	6	3,7			12.177,9
2	11	6,8			6.642,5
3	14	8,7			5.219,1
4	19	11,8			3.845,7
5	24	14,9			3.044,5
6	28	17,4			2.609,6
7	32	19,9			2.283,4
8	45	27,9			1.623,7
9	63	39,1			1.159,8

Tabel 8. Perbandingan Kecepatan Aktual dan Chart

No	Segmen	RR (%)	GR (%)	TR (%)	Kecepatan	
					Aktual	Maks.
1	SG-01-1	10,50	-3,65	7,67	7,48	11
2	SG-01-2	10,50	4,30	14,80	7,48	15
3	TK-1	10,50	11,30	21,80	5,60	16
4	SG-2	10,50	9,35	19,85	9,39	14

Produktivitas aktual didasarkan terhadap pengamatan *cycle time Dump truck* Mitsubishi Fuso 220 PS terhadap segmen-segmen jalan angkut terlampir pada tabel 9.

Tabel 9. Cycle time aktual dump truck

Parkir Muat (Aa)	Muat Isi (Ba)	Angkut Isi (Ca)	Cycle Time
62,15	168,70	215,30	
Parkir Dump (Da)	Dump (Ea)	Angkut Kosong (Fa)	
26,50	47,28	133,32	

Maka dapat dihitung produktivitas *Dump truck* Mitsubishi Fuso 220 PS aktual sebelum perbaikan dengan persamaan (13) dan hasilnya dapat dilihat pada tabel 10 dibawah ini.

Tabel 10. Produktivitas *Dump truck* Aktual

Parameter	Unit	Nilai
CT	menit	10,89
WT	jam	8
	ton/jam	13,094
	ton/hari	125,66

Tabel di atas menunjukkan bahwa produktivitas *Dump truck* Mitsubishi Fuso 220 PS sebelum perbaikan adalah 13,09 ton/jam atau 125,66 ton/hari. Cara yang ditempuh untuk meningkatkan produktivitas alat angkut selain memperbaiki kondisi geometri jalan angkut yaitu dilakukan peningkatan *travel speed* pada alat angkut dan peningkatan *payload* yang semula 12.69 ton menjadi 14.77 ton. Hasil perubahan dapat dilihat pada tabel 11 dibawah ini.

Tabel 11. Perubahan Rolling dan Grade Resistance

Segmen	Aktual		Simulasi	
	RR	GR	RR	GR
SG-01-1	10,5	-3,65	8	-3,65
SG-01-2	10,5	4,3	8	4,3
TK-1	10,5	11,3	8	11,3
SG-2	10,5	9,35	8	9,35

Tabel 12. Pengaruh Perubahan terhadap Kecepatan

Segmen	Kecepatan Aktual		Kecepatan Optimal	
	Bermuatan	Kosong	Bermuatan	Kosong
SG-01-1	7,48	12,02	11	18
SG-01-2	7,48	12,02	15	18
TK-1	5,6	10,69	16	18
SG-2	9,39	12,80	14	18

Sehingga dengan kecepatan tersebut, maka waktu tempuh secara teoritis dapat dilakukan dalam waktu 115,49 detik, dengan *cycle time* keseluruhan menjadi :

Tabel 13. Cycle Time Aktual *Dump truck* Perbaikan

Parkir Muat (Aa)	Muat Isi (Ba)	Angkut Isi (Ca)	Cycle Time
62,15	168,70	115,49	
Parkir Dump (Da)	Dump (Ea)	Angkut Kosong (Fa)	
26,50	47,28	127,72	

Tabel 13 di atas menunjukkan bahwa *cycle time Dump truck* Mitsubishi Fuso 220 PS setelah perbaikan adalah

547,84 detik atau 9,13 menit. Hasil produktivitas *dump truck* rekomendasi dapat dilihat pada tabel 14 berikut.

Tabel 14. Produktivitas *Dump truck* Rekomendasi

Parameter	Unit	Nilai
CT	menit	9,13
WT	jam	8
	ton/jam	23,37
	ton/hari	186,92

Kemudian terhadap produktivitas dilakukan perhitungan dan ditemukan peningkatan produktivitas sebesar 20 ton/jam atau 19% dari produktivitas sebelumnya sehingga produktivitas *Dump truck* meningkat dari 125,66 ton/hari menjadi 186,92 ton/hari.

6 KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Jalan angkut yang terdapat pada Area Front Loading Pit 2 menuju stockpile memiliki Jarak 441,23 m, Lebar jalan Lurus 3,13 m - 5,74 m, Lebar tikungan 4,82 m - 6,57 m, Grade -3,65% - 11.30%. Pada jalan angkut belum terdapat *cross slope* sehingga dapat memicu terjadinya penggenangan air di badan jalan, kerusakan jalan, dan jalan angkut menjadi licin pada kondisi tertentu. Sedangkan untuk drainase belum berfungsi secara keseluruhan pada jalan angkut..

Secara matematis, lebar jalan angkut minimal pada kondisi jalan lurus adalah 4,92 meter untuk jalan jalur tunggal, lebar jalan pada tikungan adalah 7,35 meter, sehingga perlu dilakukan penambahan lebar jalan angkut baik pada kondisi lurus maupun pada jalan tikungan. Untuk kemiringan (grade) jalan angkut yang ideal pada area pertambangan yang berada di lereng perbukitan adalah < 8%. Pada superelevasi dengan nilai 4%, sehingga terdapat beda tinggi yang terbentuk adalah 0,29 m pada belokan. Untuk *cross slope* perlu diterapkan yaitu 40 mm/m dengan beda tinggi 0,1 m. Dari data aktual jalan angkut yang ada dilapangan ditemukan grade jalan angkut yang melebihi grade 8%, meskipun grade tersebut masih dapat dilalui oleh alat angkut, namun hal tersebut meningkatkan konsumsi bahan bakar dibandingkan dengan grade ideal, mengurangi tingkat keamanan kerja, memperpendek usia suku cadang alat angkut, hingga kecelakaan kerja.

Dengan simulasi perbaikan terhadap jalan angkut dimana kecepatan semula pada masing-masing segmen berupa 7,48 km/jam, 5,6 km/jam, dan 9,39 km/jam pada kondisi bermuatan, dapat dioptimal kan menjadi 11 km/jam, 15 km/jam, dan 14 km/jam sehingga waktu tempuh dapat diminimalisir sebesar 115,39 detik.

Produktivitas aktual pada kondisi jalan saat ini menggunakan *Dump truck* Mitsubishi Fuso 220 PS adalah 125,66 ton/hari dengan cycle time 10,89 menit. Produktivitas tersebut belum mencapai target produksi

yang ditetapkan yaitu 166,6 ton/hari. Sedangkan hasil analisis perbaikan jalan angkut terhadap produktivitas adalah 186,92 ton/hari yang sudah memenuhi target produksi yang ditetapkan sebelumnya.

5.2 Saran

1. Geometri jalan angkut diharapkan dapat memenuhi ukuran standar yang sesuai dengan ukuran alat angkut yang digunakan, dalam hal ini diharapkan pula agar dapat menjadi perhatian dari pengawas serta operator alat bantu dalam melakukan perawatan jalan angkut agar lebih aman dilalui bagi kendaraan.
2. Dalam perawatan jalan angkut diharapkan dapat dilakukan secara berkala, perawatan ini berupa pemadatan jalan, penambahan lapisan permukaan jalan, pembersihan runtuh lereng, dan penyiraman jalan angkut pada saat kondisi cuaca terik berdebu. Serta memperhatikan sisi luar berupa safety berms untuk perlindungan aktivitas hauling dan trench untuk pengairan genangan air.

Daftar Pustaka

- [1] Aldiansyah, Husain, J. R., & Nurwaskito, A. Analisis Geometri Jalan Di Tambang Utara Pada PT. Ifishdeco Kecamatan Tinanggea Kabupaten Konawe Selatan Provinsi Sulawesi Tenggara. *Jurnal Geomine*, 04(1), 39–43. (2016).
- [2] Desmawita, I. Perhitungan Kebutuhan Alat Muat dan Alat Angkut Pada Kegiatan Penambangan Soil di Area 412 Ha Untuk Memenuhi Target Produksi Pada Blending Soil 2.500 Ton/Hari. (2016).
- [3] Ikmal, M.. *Jurnal Teknologi Informasi dan Pendidikan*. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Kependidikan*, 11(2). (2018).
- [4] Doirebo, H. Y. E. Evaluasi Geometri Jalan Angkut Tambang Pada PT Adikarya Tanrisau Kampung Dosay Distrik Sentani Barat Kabupaten Jayapura Provinsi Papua. 7(2), 1–8. (2018).
- [5] Oktafian, N., & Sumarya. Evaluasi Pengaruh Geometri Jalan Angkut Terhadap Produktivitas *Dump Truck* pada Pengangkutan Batubara dari Loading Point ke Stockpile di Site Ampelu PT . Nan Riang Kecamatan Muara Tembesi Kabupaten Batanghari Provinsi. *Jurnal Bina Tambang*, 3(4), 1377–1386.
- [6] Sevendra, D. Analisis Hubungan Total Resistance Dan Kecepatan Terhadap Konsumsi Bahan Bakar *Dumprtruck* Komatsu HD 785 Dan Caterpillar HD 777 Di PT. Semen Padang. (2018).
- [7] Putra, I. L., & Dedi Yulhendra. Evaluasi Kinerja Ban Hd 785-7 Dan 777 Pada Jalan Angkut Tambang Dari Front 2 Ke Crusher Iii A Dan Iii B Penambangan Batubara PT. Semen Padang. *Jurnal Bina Tambang*, 6(1), 239–250.
- [8] Muri Yusuf. *Metodologi Penelitian*. Padang: UNP Press. (2013)
- [9] Saputra, A., & Heriyadi, B. Evaluasi dan Perbaikan Jalan Tambang Menggunakan Software Garmin Virb Xe di PT Riung Mitra Lestari Job Site

- Embalut Kalimantan Timur. *Jurnal Bina Tambang*, 4(3), 22–31. (2017).
- [10] Suryaputra, A. Kajian Teknis Produksi Alat Muat dan Alat Angkut Pada Kegiatan Pengupasan Tanah Penutup PT Marunda Grahamineral di Kecamatan Laung Tuhup Kabupaten Murung Raya Kalimantan Tengah. (2009).
- [11] Amalia, S., & Yulhendra, D. Kajian Pengaruh Total Resistance Terhadap Produktivitas Pengangkutan Batubara Di Front C PT . Semen Padang, Kecamatan Lubuk Kilangan, Kota Padang, Sumatera Barat. *Jurnal Bina Tambang*, 5(3), 7–17.
- [12] Saputra, A. W., Saismana, U., Hakim, R. N., & Londong, C. Evaluasi Jalan Angkut Tambang Berdasarkan Geometri Dan Daya Dukung Pada Lapisan Tanah Dasar. 13–17.
- [13] Sari, A. S., Fadillah, A., & Saputra, R. A. Kajian Teknis Analisis Resiko Jalan Tambang Batubara PT. Pasir Walannae, Kabupaten Bone, Provinsi Sulawesi Selatan. 2(1), 53–59. (2020).
- [14] Sasmito, Agus. Loading and Haulage Equipment. McGill University. Kanada. (2021).
- [15] Suwandhi, A. Perencanaan Jalan Tambang, Diklat Perencanaan Tambang Terbuka. 12–22. (2004).
- [16] Umar, M. R. Rencana Teknis Jalan Angkut Pada Perluasan Penambangan Sirtu. *Jurnal Teknik Dintek*, 2(2), 56–66. (2008).