

EVALUASI GEOMETRI JALAN ANGKUT UNTUK MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS ALAT ANGKUT OVERBURDEN DI PT ABC

EVALUATION OF TRANSPORT ROAD GEOMETRY TO INCREASE OVERBURDEN PRODUCTIVITY OF TRANSPORT EQUIPMENT AT PT ABC

Kemas Moh. Ade Isnaeni¹⁾, Robi Cahyadi²⁾, Lina Rianti³⁾, Sondi Haryadi⁴⁾

^{1,2,3,4)}Program Studi Teknik Pertambangan Batubara Politeknik Akamigas Palembang, 30257, Indonesia

Corresponding Author E-mail: ade_presiden@pap.ac.id, robby.cahyadi@pap.ac.id dan linarianti@pap.ac.id

Abstract: Mining roads are a support for smooth mining operations, especially in transportation activities from front loading to dumping points.. Field observations are carried out by observing and measuring in the field directly. From the results of the evaluation of the haul road geometry in the pit in April 2021. There are 3 segments on a straight line that are not ideally wide, namely the C-D segment (9,8 m), D-E (9.9 m), and the F-G segment (8.7 m). The grade road that is not ideal is the BC segment (12.60%). Cross slopes on mining roads are not ideal or not formed. The superelevation on the mine road is not ideal at standard superelevation (4.86%). Repairing the width of the haul road that is not ideal is carried out by hoarding in pits used excavation and excavation of slopes in the segment (C-D) and filling for widening on the right and left sides of the segment (F-G). Cycle time actual (12,91 minutes), from the total calculation rimpull obtained data cycle time in theory for (10.53 minutes) and after repairing the geometry of the road for (10,63 minutes) from the total calculation rimpull. There is an increase in production on the means of transportation between the actual conditions (34.880,88 Bcm/Month), theoretical conditions (53.480)

Keywords : Road Geometric, Cycle Time and Production.

Abstrak: Jalan tambang merupakan fasilitas utama kelancaran operasi penambangan terutama dalam kegiatan pengangkutan dari front loading menuju dumping point. Observasi lapangan dilakukan dengan mengamati dan melakukan pengukuran di lapangan secara langsung. Dari hasil evaluasi geometri jalan angkut pada pit charly di bulan Mei 2022. Terdapat 3 segmen pada lajur lurus yang lebar tidak ideal yaitu segmen C-D (9,8 m), D-E (9,9 m) dan segmen F-G (8,7 m). Grade jalan yang tidak ideal, yaitu segmen A-B (11,40%). Cross slope pada jalan tambang tidak ideal atau tidak terbentuk. Superelevasi pada jalan tambang tidak ideal pada standar superelevasi-nya (4,86%). Perbaikan lebar jalan angkut yang tidak ideal dilakukan dengan cara penimbunan pada pit bekas galian dan penggalian lereng pada segmen (C-D) dan penimbunan untuk pelebaran pada sisi kanan dan kiri pada segmen (F-G). Data cycle time aktual (12,91 menit), dari perhitungan total rimpull didapatkan data cycle time secara teori selama (10,53 menit) dan setelah perbaikan pada geometri jalan selama (10,68 menit) dari perhitungan total rimpull. Terdapat peningkatan produktivitas pada alat angkut antara kondisi aktual, yaitu (34.880,88 Bcm/Bulan), kondisi teori yaitu (53.480,1 bcm/Bulan), dan kondisi ideal yaitu (52.692,45 bcm/Bulan), maka produktivitas yang direkomendasikan yaitu dengan kondisi ideal.

Kata kunci : Geometri jalan, Cycle Time dan Produktivitas

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada jalan angkut yang ada di PT ABC khususnya jalan angkut *overburden* terdapat hambatan yang akan mempengaruhi produktivitas alat angkut yang disebabkan oleh kondisi jalan yang tidak ideal dan juga kemiringan jalan yang tidak sesuai standar yang akan mempengaruhi target produktivitas. Pada saat melakukan penelitian target produktivitas pada bulan Mei adalah sebesar 40,06 bcm/jam dan data aktual yang didapatkan adalah sebesar 32,66 bcm/jam tidak mencapai target produktivitas. Oleh karena itu

penulis ingin melakukan evaluasi geometri jalan karena geometri jalan salah satu faktor yang sangat berpengaruh pada produktivitas.

1.2 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Data yang digunakan pada bulan Mei 2022.
2. Penelitian ini hanya difokuskan pada geometri jalan

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk menghitung nilai aktual dari produktivitas *overburden* alat angkut dan geometri jalan pada bulan Mei 2022.
2. Upaya perbaikan geometri jalan dan produktivitas sehingga dapat meningkatkan produktivitas *overburden* alat angkut.
3. Untuk menghitung nilai geometri jalan dan produktivitas *overburden* alat angkut sesudah perbaikan.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah mendapatkan produktivitas alat angkut *overburden* dari evaluasi geometri.

2. TEORI DASAR

2.1 Geometri Jalan Angkut

Geometri jalan angkut yang memenuhi syarat adalah bentuk dan ukuran-ukuran dari jalan angkut tersebut sesuai dengan tipe (bentuk, ukuran, dan spesifikasi) alat angkut yang digunakan dan kondisi medan yang ada sehingga dapat menjamin serta menunjang segi keamanan dan keselamatan operasi pengangkutan. Faktor-faktor yang merupakan geometri penting yang mempengaruhi keadaan jalan angkut adalah (Indonesianto, 2013):

1. Lebar jalan angkut

Lebar jalan angkut pada jalan lurus dan melengkung harus memadai agar memungkinkan keamanan kemampuan *manuver* kendaraan dan menjaga kontinuitas jalan. Karena ukuran peralatan yang digunakan jalan angkut sangat bervariasi dari tambang ke tambang, ukuran kendaraan dari pada jenis kendaraan atau berat kotor kendaraan paling baik digunakan untuk menentukan persyaratan lebar jalan (Pratomo, dkk., 2015).

a. Lebar jalan angkut pada lajur lurus

Penentuan lebar jalan angkut minimum untuk lajur lurus berdasarkan kepada *rule of thumb* atau aturan praktis yang dikemukakan (AASHTO *Manual Rural Highway Design*, 1973) merekomendasikan bahwa setiap jalur perjalanan harus memberikan jarak ruang kiri dan kanan kendaraan. Untuk menghitung lebar jalan angkut pada lajur lurus dapat menggunakan persamaan sebagai berikut (Pratomo, dkk. 2015):

$$L = n.Wt + (0,5.(n+1)Wt$$

Dimana:

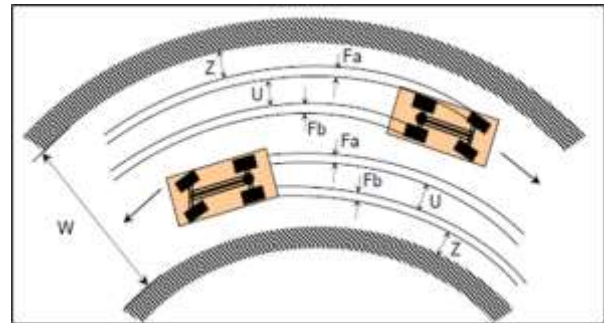
L = lebar jalan angkut minimum (m)

n = jumlah jalur

Wt = lebar alat angkut (m)

a. Lebar jalan angkut pada lajur tikungan

Lebar jalan angkut pada lajur tikungan selalu lebih besar dari pada lebar pada lajur lurus. Untuk jalur ganda, lebar minimum pada tikungan dihitung dengan berdasarkan pada lebar jejak ban, lebar jantai atau tonjolan (*overhang*) alat angkut bagian depan dan belakang pada saat membelok, jarak antara alat angkut pada saat bersimpangan dan jarak (*spasi*) alat angkut terhadap tepi jalan dapat dilihat pada gambar 2.2.



Sumber : Pratomo, dkk, 2015

Gambar 2.1 Lebar Jalan pada Tikungan

2. Kemiringan jalan (*Grade*)

Menurut (Indonesianto, 2013), kemiringan atau *grade* jalan angkut merupakan satu faktor penting yang harus diamati secara detail dalam kegiatan kajian terhadap kondisi jalan tambang tersebut. Hal ini dikarenakan kemiringan jalan angkut berhubungan langsung dengan kemampuan alat angkut, baik dari pengereman maupun dalam mengatasi tanjakan. Kemiringan jalan angkut biasanya dinyatakan dalam persen (%). Dalam pengertiannya, kemiringan (α) 1 % berarti jalan tersebut naik atau turun 1 meter atau 1 ft untuk setiap jarak mendatar sebesar 100 meter atau 100 ft. Kemiringan (*grade*) dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Grade (\alpha) = \frac{\Delta h}{\Delta x} \times 100\%$$

Dimana:

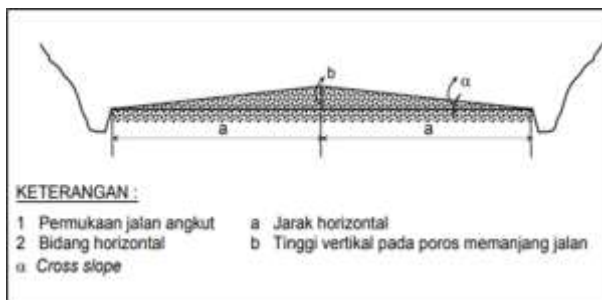
Δh = beda elevasi antara dua titik yang diukur (m)

Δx = jarak datar antara dua titik yang diukur (m)

Secara umum kemiringan jalan maksimum yang dapat dilalui dengan baik oleh alat angkut besarnya berkisar antara 8 % – 12 %. Akan tetapi, untuk jalan naik maupun turun pada bukit, lebih aman kemiringan jalan maksimum sebesar 8 % atau $4,57^\circ$ (Sukirman, Silvia. 1994.)

3. Kemiringan melintang (*cross slope*)

Menurut (Suwandhi, 2004), *cross slope* adalah sudut yang dibentuk oleh dua sisi permukaan jalan terhadap bidang horizontal. Pada umumnya jalan angkut mempunyai bentuk penampang melintang cembung. Dibuat demikian dengan tujuan untuk memperlancar penyaliran. Apabila turun hujan atau sebab lain, maka air yang ada pada permukaan jalan akan segera mengalir ke tepi jalan angkut, tidak berhenti dan mengumpul pada permukaan jalan. Hal ini penting karena air yang menggenang pada permukaan jalan angkut akan membahayakan kendaraan yang lewat dan mempercepat kerusakan jalan.



Sumber : Suwandhi, 2004

Gambar 2.3 Penampang Melintang Jalan Angkut

Jalan angkut yang baik memiliki *cross slope* antara 1/50 sampai 1/25 atau 20 mm/m sampai 40 mm/m. Untuk jalan angkut dua jalur:

$$a = 0,5 \times \text{lebar jalan}$$

Dalam mencari *cross slope* pertama harus mencari setengah dari lebar jalan dengan menggunakan rumus di atas misal lebar jalan 12,69 maka untuk mencari setengah dari lebar

jalan masukan rumus diatas jika sudah dapat barulah bisa mencari *cross slope* dengan menggunakan rumus dibawah ini:

$$\alpha = \frac{p}{a} \times 100\%$$

Dimana:

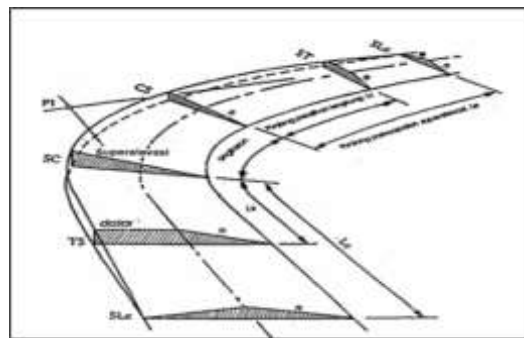
a = horizontal (m)

p = beda elevasi antara dua titik yang diukur (m)

α = jarak datar antara dua titik yang diukur (m)

4. Superelevasi dan jari-jari tikungan

Pembuatan jalan tikungan harus menghitung besarnya superelevasi yang bertujuan untuk mengimbangi gaya sentrifugal diperoleh dengan cara membuat kemiringan melintang jalan. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 2.3:



Sumber : Suwardo dan Haryanto, 2016

Gambar 2.4 Superelevasi

Superelevasi dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$f = -0,00065 \times v + 1,92$$

Pertama mencari koefisiensi gesekan (f) dengan menggunakan rumus di atas, jika sudah dapat nilai dari f , maka masukan rumus berikut ini:

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

Jika sudah dapat nilai f koefisiensi gesekan, maka kita mencari nilai R radius lengkung minimum tikungan dengan menggunakan rumus diatas dan jika sudah dapat nilai R , maka masukkan rumus dibawah ini:

$$\alpha = \tan^{-1} e$$

Jika sudah dapat nilai R , maka untuk mendapatkan a dapat ditentukan dengan

menggunakan jari-jari tikungan dan sudut belokan menggunakan persamaan berikut ini:

$$a = R \times \sin \alpha$$

2.2 Cycle Time

Menurut Rahmawati, dkk. (2020), adalah waktu yang diperlukan oleh suatu alat untuk melakukan suatu siklus kerja. *Cycle time* alat gali terisi dari mengisi muatan (*loading*) sampai *leaving* dan sampai siap mengisi kembali, sedangkan alat edar dari alat angkut terdiri dari waktu tiba (*arrive*) sampai waktu tumpah (*dumping*) dan sampai tiba kembali. Besar kecilnya *cycle time* dapat dipengaruhi oleh keterampilan operator, kondisi kerja dan alat.

Penentuan *cycle time* (CT) dalam satuan menit dapat dihitung dengan menggunakan perhitungan berikut (Rahmawati, dkk. 2020):

$$CT = LT + HT + RT + t_1 + t_2$$

Dimana:

- LT = waktu *loading* (menit)
HT = waktu *hauling* (menit)
RT = waktu *returning* (menit)
 t_1 = waktu *dumping* (menit)
 t_2 = waktu akan muat (menit)

2.3 Sifat Fisik Material

Material yang berada di permukaan bumi ini sangat beraneka ragam, baik jenis, bentuk dan lain sebagainya. Oleh karena itu, alat yang dapat dipergunakan untuk memindahkannya beraneka ragam juga. Bentuk material terbagi menjadi tiga keadaan (Tenriajeng, 2003), yaitu:

1. Keadaan asli (*bank condition*)

Keadaan material yang masih alami dan belum mengalami gangguan teknologi disebut keadaan asli (*bank*). Dalam keadaan seperti ini butiran-butiran yang terkandung didalamnya masih terkonsolidasi dengan baik. Ukuran tanah demikian biasanya dinyatakan dalam ukuran *bank cubic meter* (BCM).

2. Keadaan gembur (*loose condition*)

Keadaan material yang sudah digerus atau sudah diadakan pengerjaan (*disturb*) tanah demikian misalnya terdapat di depan *dozer blade*, diatas alat angkut, di dalam *bucket*

excavator yang sudah tergali dari tempat aslinya. Biasanya dalam kondisi seperti ini volume material akan mengembang dan lebih besar dari volume sebelumnya (*bank*). Ukuran tanah ini demikian biasanya dalam ukuran *loose cubic meter* (LCM).

3. Keadaan padat (*compacted condition*)

Keadaan material yang sudah ditimbun kembali atau yang sudah dipindahkan seperti *disposal area* kemudian ada usaha pemadatan. Keadaan ini akan mengalami penyusutan dari kondisi sebelumnya (*loose*) sesuai dengan persen pemadatannya. Ukuran tanah ini demikian biasanya dalam ukuran *compacted cubic meter* (CCM).

Tabel 2.1 %Swell dari Beberapa Material

Jenis Material	% Swell
Pasir	5-10
Tanah permukaan (<i>Top Soil</i>)	25-10
Tanah Biasa	20-45
<i>Clay</i>	30-60
<i>Solid Rock</i>	50-80

Sumber : Indonesianto, 2016

2.4 Efisiensi Kerja

Efisiensi kerja merupakan suatu hal yang sangat penting dalam suatu pekerjaan khususnya dalam industri pertambangan yang memerlukan distribusi waktu kerja yang tepat sehingga menghasilkan efisiensi kerja tinggi. Efisiensi dapat didefinisikan sebagai usaha mencapai prestasi dengan menggunakan kemungkinan yang tersedia (material, mesin dan manusia) dalam batas waktu yang ditentukan (Wigroho, H. Y. dan Suryadharma, H. 1992). . Dalam industri pertambangan batubara efisiensi kerja yang tinggi mutlak diperlukan guna menjaga stabilitas perusahaan, efisiensi kerja yang tinggi tidak terlepas dari sistem manajemen perusahaan, semakin tinggi efisiensi kerja dalam suatu perusahaan, maka dapat dikatakan bahwa perusahaan tersebut menerapkan sistem manajemen perusahaan yang baik sehingga setiap target yang ditetapkan oleh perusahaan

dapat tercapai dengan lancar. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi efisiensi kerja, yaitu:

1. Waktu kerja produktif

Waktu kerja produktif dapat didefinisikan sebagai waktu kerja sesungguhnya yang digunakan alat mekanis dalam kegiatan operasi. Waktu kerja produktif bisa didapatkan dengan cara, waktu tersedia dikurang waktu hambatan.

2. Waktu hambatan kerja

Waktu hambatan kerja dapat didefinisikan sebagai waktu yang menghalangi alat mekanis untuk dapat beroperasi. Dalam hal ini waktu hambatan kerja dapat diklasifikasikan menjadi dua, yaitu:

a. Waktu hambatan yang dapat dihindari

Adalah waktu hambatan yang terjadi karena adanya penyimpangan terhadap waktu kerja yang telah dijadwalkan serta dapat dicegah ataupun dihindari sebelum terjadi, contohnya terlambat masuk kerja, cepat mengakhiri kerja, terlalu lama istirahat, bercakap-cakap saat kerja, tidur saat jam kerja, melakukan pekerjaan lain.

b. Waktu hambat yang tidak dapat dihindari

Adalah kondisi yang menyebabkan aktivitas kerja tidak dapat berlangsung ataupun terjadi ketika jam kerja, sehingga menyebabkan hilangnya waktu kerja contohnya seperti hujan dan alat rusak.

c. Waktu lain-lain

Waktu lain-lain dapat didefinisikan sebagai waktu yang tidak dipengaruhi oleh situasi dan kondisi bisa dihindari ataupun tidak bisa dihindari contohnya istirahat dan isi bahan bakar. Untuk dapat menghitung nilai efisiensi kerja dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Efisiensi Kerja} = \frac{WP}{WT} \times 100\%$$

Dimana:

WP = waktu produktif (jam)

WT = waktu tersedia (jam)

2.5 Faktor Pengisian (Fill Factor)

Faktor pengisian dapat mempengaruhi kemampuan produksi alat gali muat dan angkut. Berdasarkan jenis material yang

dilakukan pada saat penggalian *overburden* (Bunayya, 2016). Faktor pengisian merupakan perbandingan antara volume sebenarnya dengan volume kapasitas munjung teoritis (Nabella, dkk., 2016). Faktor pengisian dipengaruhi oleh:

1. Ukuran material, semakin besar ukuran material maka faktor pengisian semakin kecil.
2. Kandungan air, semakin besar kandungan air maka faktor pengisian semakin kecil.
3. Keterampilan dan pengalaman operator, makin terampil operator berarti faktor pengisian akan semakin baik.

Tabel 2.2 BFF dari Beberapa Material

Material	BFF %
<i>Moist Loam or Sandy Clay</i>	100-110
<i>Sand and Gravel</i>	95-100
<i>Hard, Tough Clay</i>	80-90
<i>Rock – Well Blasted</i>	60-75
<i>Rock – Poorly Blasted</i>	40-50

Sumber : Rohmanhadi, 1985

2.6 Produktivitas

1. Alat angkut

Menurut Rahmawati, dkk. (2020), dasar beroperasinya *dump truck* meliputi *loading*, *hauling*, *dumping* dan *returning*. Persamaan untuk menghitung produktivitas alat gali adalah:

$$P = \frac{n \times kb \times FF \times SF \times EFF \times 3600}{Cmt}$$

Dimana:

P = produksi setiap jam (m^3/jam)

n = jumlah isi

Cmt = waktu siklus (menit)

EFF = efisiensi kerja

SF = *swell factor*

FF = *fill factor*

Penentuan *cycle time* (CT) dalam satuan menit dapat dihitung dengan

menggunakan perhitungan berikut (Rahmawati, dkk., 2020):

$$CT = LT + HT + RT + t_1 + t_2$$

Dimana:

LT = waktu *loading* (menit)

HT = waktu *hauling* (menit)

RT = waktu *returning* (menit)

t_1 = waktu *dumping* (menit)

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

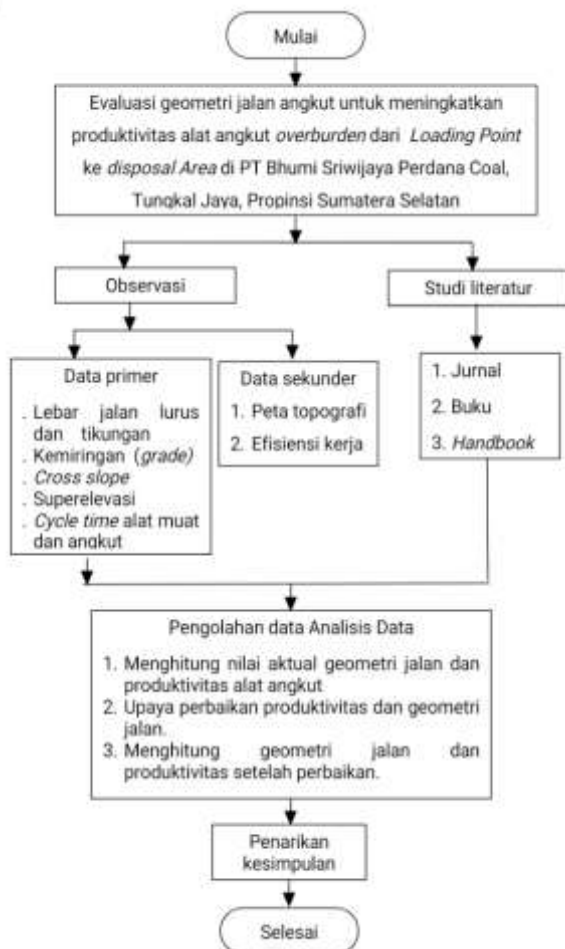
Jenis penelitian yang dilakukan peneliti ialah jenis penelitian yang tergolong ke dalam jenis observasi dengan data berbentuk kuantitatif.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 13 Mei s.d. 13 Juni 2022 PT ABC.

3.3 Bagan Alir Penelitian

Berdasarkan pengamatan atau penelitian yang akan dilakukan, maka bagan alir penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian

3.3 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Studi literatur

Studi literatur dilakukan dengan mencari informasi serta teori yang berhubungan dengan alat penambangan berdasarkan referensi dari buku jurnal.

2. Observasi lapangan

Observasi lapangan dilakukan dengan mengamati mekanisme kegiatan pengukuran di lapangan secara langsung.

3. Pengumpulan data

Dalam penelitian ini terdapat dua jenis data, yaitu:

- a. Data primer, dan
- b. Data sekunder

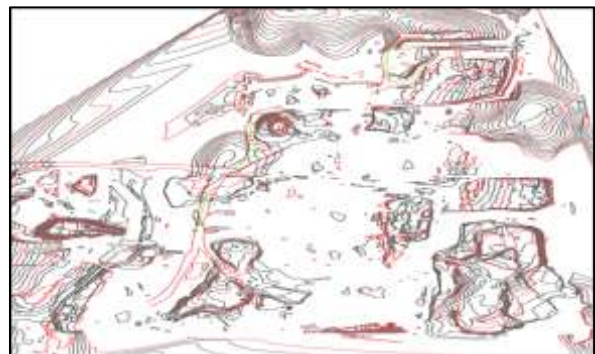
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Aktual

Kondisi aktual dari penelitian ini sebagai berikut:

4.1.1 Geometri jalan tambang

Kegiatan penggalian *overburden* berada di bagian *pit* dranit di PT ABC, berdasarkan hasil penelitian jarak pengangkutan *overburden* dari *front loading* menuju *dumping point* ± 1.240 m dengan pembagian segmen jalan terdiri dari 4 segmen untuk jalan lurus dan tikungan.



Gambar 4.1 Jalan Angkut *Overburden*

Alat angkut yang digunakan adalah *dump truck* Scania P360 merupakan alat angkut dengan ukuran paling besar dan dikombinasikan dengan alat gali-muat CAT 330. Pembahasan penelitian ini meliputi lebar

jalan angkut baik lebar jalan lurus maupun lebar jalan tikungan, kemiringan jalan (*grade*), kemiringan melintang (*cross slope*), jari-jari, superlevasi, *rimpull* dan produksi alat angkut

Tabel 4.1 Kondisi Jalan Angkut

Segmen	Panjang Jalan (m)	Lebar Jalan (m)	Grade (%)	Kategori
A-B	48,60	12,33	11,399%	Lurus
B-C	56,70	15,2	5,202%	Tikungan
C-D	44,60	9,8	1,84\38%	Lurus
D-E	55,56	9,9	3,419%	Lurus
E-F	48,70	16,23	-5,133%	Tikungan
F-G	52,40	8,7	-3,625%	Lurus

Berdasarkan pada tabel 4.1 terdapat 6 segmen dari *front loading* menuju *dumping point* terbagi menjadi 4 segmen jalan lurus dan 2 segmen tikungan, dimana pada segmen A-B (lurus), B-C (tikungan), C-D (lurus), D-E (lurus), E-F (tikungan), F-G (lurus).

4.1.2 Lebar jalan angkut pada jalan lurus

Lebar jalan angkut pada jalan lurus terbagi menjadi dua, yaitu:

a. Lebar jalan minimum

Perhitungan lebar jalan lurus yang ideal dapat dilihat dari unit terbesar, yaitu *dump truck* Scania P360 JD dengan lebar alat 3,12 meter, maka dapat dihitung lebar jalan ideal dalam keadaan lurus dari *front loading* menuju *dumping point* untuk dua jalur di PT ABC adalah 10,92 m.

b. Lebar jalan lurus aktual

Lebar jalan angkut produksi sangat mempengaruhi kelancaran operasi pengangkutan. Pengukuran lebar jalan menggunakan alat survei, yaitu meteran. Berdasarkan hasil observasi lebar jalan angkut dari *front loading* menuju *dumping point* terdapat beberapa segmen yang tidak ideal memenuhi standar lebar jalan lajur lurus seperti segmen F-G, C-D, D-E (Gambar 4.2 dan tabel 4.2). Jalan tersebut sering terjadi penyempitan jalan disebabkan terdapat material yang longsor pada *bench* akibat hujan, pada segmen F-G, C-D dan D-E dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Lebar Jalan Angkut Lajur Lurus

Segmen	Lebar Jalan Angkut Lurus		
	Lebar Jalan Ideal (m)	Lebar Jalan Aktual (m)	Keterangan
A-B	10,92	12,33	Ideal
F-G	10,92	8,7	Tidak Ideal
C-D	10,92	9,8	Tidak Ideal
D-E	10,92	9,8	Tidak Ideal



Gambar 4.2 Lebar Jalan Angkut Lajur Lurus pada Segmen F-G

2. Lebar jalan angkut pada jalan tikungan

Lebar jalan angkut pada jalan tikungan terbagi menjadi dua, yaitu:

a. Lebar jalan minimum

Perhitungan lebar jalan tikungan yang ideal dapat dilihat dari unit terbesar yaitu *dump truck* Scania P360 dengan lebar alat 3,12 meter, maka dapat dihitung lebar jalan ideal dalam keadaan tikungan dua jalur di adalah 15,01 meter.

b. Lebar jalan tikungan aktual

Berikut lebar jalan jalan tikungan dapat dilihat pada gambar 4.3.

Tabel 4.3 Lebar Jalan Angkut Tikungan

Segmen	Lebar Jalan Angkut Lurus		
	Lebar Jalan Ideal (m)	Lebar Jalan Aktual (m)	Keterangan
E-F	15,057	16,23	Ideal
B-C	15,057	15,2	Ideal

Berdasarkan hasil pengukuran dilapangan lebar jalan tikungan sudah mencapai standar lebar minimum, tetapi sering terjadi penyempitan karena sama halnya dengan jalan pada lajur lurus, lajur tikungan juga banyak terdapat *spoil* hasil *maintenance* jalan yang menumpuk di pinggir jalan dan

pada segmen A-B bisa terjadi longsor dikarenakan pada sisi kiri adanya *bench*.



Gambar 4.3 Lebar Jalan Angkut Tikungan pada Segmen E-F

3. Kemiringan jalan angkut

Tabel 4.4 Grade Jalan

Segmen	Elevasi	Beda Elevasi (m)		Panjang Jalan (m)	Grade (%) (Standard 8%)	
		Muatan	Kosong		Bermuatan	Kosong
A-B	42,61	5,54	-5,54	48,6	11,40	-11,40
	37,07					
B-C	37,07	2,95	-2,95	56,7	5,20	-5,20
	34,12					
C-D	34,12	0,82	-0,82	44,6	1,84	-1,84
	33,3					
D-E	33,3	1,9	-1,9	26,23	3,42	-3,42
	31,4					
E-F	31,4	-2,5	2,5	121,67	-5,13	5,13
	33,9					
F-G	33,9	-1,9	1,9	69,41	-3,63	3,63
	35,8					

4. Kemiringan Melintang (*Cross Slope*)

Tabel 4.5 Kemiringan Melintang

Segmen	Elevasi (m)			Beda Elevasi (m)		Panjang Jalan (m)	Cross Slope (%)	
	E1	E2	E3	BE1	BE2		Bermuatan	Kosong
A-B	46,32	46,57	46,28	0,25	0,29	12,69	3,94	4,57
B-C	44,92	45,08	44,86	0,16	0,22	13,23	2,42	3,33
C-D	40,18	40,42	40,14	0,24	0,28	12,33	3,89	4,54
D-E	36,29	36,5	36,94	0,21	0,44	20,5	2,05	4,30

5. Superelevasi dan jari-jari tikungan



Gambar 4.8 Superelevasi Aktual Jalan Angkut Overburden

4.2 Produktivitas Alat Mekanis

Dalam menghitung produktivitas langkah pertama mencari nilai *cycle time* terlebih dahulu sebagai berikut:

1. *Cycle time* alat angkut kondisi aktual

Tabel 4.6 *Cycle Time* Alat Angkut Aktual

<i>Delay Time</i> (detik)	<i>Manuver Loading</i> (detik)	<i>Loading</i> (detik)	<i>Hauling Isi</i> (detik)	<i>Manuver Dumping</i> (detik)	<i>Dumping</i> (detik)	<i>Hauling Kosong</i> (detik)	<i>Cycle Time</i> (detik)
147,79	53,62	97,71	266,62	39,57	68,24	249,25	774,64

2. Produktivitas alat angkut *dump truck* kondisi aktual

Tabel 4.7 Produksi Alat Angkut Aktual

Jenis <i>Hauler</i>	Produktivitas (bcm/jam/unit)	Jumlah Unit (Unit)	Jam Kerja (jam/bulan)	Produksi (bcm/bulan)
DTSCA	32,661	4	267	34.881,83

4.3 Upaya Perbaikan Jalan Angkut

Upaya dalam perbaikan jalan angkut terbagi menjadi tiga, yaitu:

1. Meratakan jalan angkut

Pada jalan angkut *overburden* sering terdapat jalanan yang tidak rata atau bergelombang dan terdapat juga tumpahan material yang terdapat pada segmen F-G

dengan lebar jalan 8,7 m yang menyebabkan jalan menjadi tidak sesuai standar. Upaya yang dilakukan perusahaan adalah melakukan perataan jalan dengan menggunakan *motor grader* dan *bulldozer*

2. Pemadatan jalan angkut

Pada jalan angkut *overburden* apabila sudah turun hujan maka sering terdapat jalanan yang tidak rata atau bergelombang akibat dari alat angkut yang bermuatan upaya yang dilakukan perusahaan adalah melakukan pemadatan jalan dengan menggunakan *compactor*.

3. Pelebaran jalan tambang

Berdasarkan hasil pengukuran dilapangan lebar jalan sudah mencapai standar lebar minimum, tetapi sering terjadi penyempitan dan segmen yang mengalami penyempitan jalan berada pada segmen C-D dengan lebar jalan 9,8 m tidak sesuai dengan standar lebar jalan, yaitu 10,92 m yang didapat dari perhitungan untuk mencapai 10,92 m, maka dilakukan pelebaran jalan sebanyak 1,12 m supaya jalan bisa dikatakan standar pelebaran ini juga dilakukan menggunakan alat *motor grader*.

4.4 Kondisi Sesudah Perbaikan

Kondisi sesudah perbaikan sebagai berikut:

1. Geometri jalan angkut

Geometri jalan angkut setelah melakukan perbaikan pada nilai yang tidak standar dan tidak sesuai ideal sebagai berikut:

a. Rekomendasi lebar jalan angkut pada lajur lurus

Tabel 4.8 Rekomendasi Lebar Jalan Angkut Lurus

Segmen	Lebar Jalan Setelah Perbaikan (m)	Keterangan
F-G	11,12	Ideal
C-D	11,21	Ideal
D-E	10,98	Ideal

b. Kemiringan Jalan Angkut

Tabel 4.9 Rekomendasi Kemiringan Jalan

Segmen	Elevasi	Beda Elevasi (m)		Panjang Jalan (m)	Grade (%) (Standard 8%)	
		Muatan	Kosong		Bermuatan	Kosong
A-B	42,61	2,39	-2,39	48,6	4,92	-4,92
	40,22					
B-C	40,22	4,23	-4,23	56,7	7,46	-7,46
	35,99					
C-D	35,99	2,69	-2,69	44,6	6,03	-6,03
	33,3					

c. Penampang Melintang (*Cross Slope*)

Tabel 4.10 Rekomendasi *Cross Slope*

Segmen	Elevasi (m)			Beda Elevasi (m)		Panjang Jalan (m)	Cross Slope (%)	
	E1	E2	E3	BE1	BE2		Bermuatan	Kosong
D-E	36,75	36,5	36,23	0,23	0,23	20,5	2,449	2,243

4.5. Produktivitas

Cycle time alat angkut kondisi aktual sebesar (12,91 menit) dengan produktivitas (34.881,83 bcm/bulan). Berdasarkan produktivitas hasil yang didapatkan tidak memenuhi target produktivitas pada bulan Mei, maka dari itu dilakukan perbaikan pada *cycle time* sehingga didapatkan hasil sebagai berikut:

a. Kondisi teori

Tabel 4.11 *Cycle Time* Alat Angkut Scania P360 Teoritis

<i>Delay Time</i> (detik)	<i>Manuver Loading</i> (detik)	<i>Loading</i> (detik)	<i>Hauling Isi</i> (detik)	<i>Manuver Dumping</i> (detik)	<i>Dumping</i> (detik)	<i>Hauling Kosong</i> (detik)	<i>Cycle Time</i> (detik)
147,7	50,4	67,4	210,5	40,4	62,2	200,5	631,5

2. Kondisi ideal

Tabel 4.12 Cycle Time Alat Angkut Scania P360 Ideal

Delay Time (detik)	Manuver Loading (detik)	Loading (detik)	Hauling Isi (detik)	Manuver Dumping (detik)	Dumping (detik)	Hauling Kosong (detik)	Cycle Time (detik)
147,7	50,4	67,4	216,1	40,4	62,2	204,4	641,2

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari pembahasan tersebut, maka dapat disimpulkan

1. Dari hasil evaluasi geometri jalan angkut pada *Pit X* di bulan Mei 2022. Terdapat 6 segmen dari *front loading* menuju *dumping point*, berdasarkan teori lebar jalan pada lajur lurus, yaitu 10,92 meter. Pada jalan lurus yang lebarnya tidak ideal, yaitu segmen C-D sebesar 9,8 m, segmen D-E sebesar 9,9 m dan segmen F-G sebesar 8,7 m. Lebar jalan pada lajur tikungan, yaitu 15,057 meter, pada lajur tikungan sudah mencapai lebar minimum dimana pada segmen B-C sebesar 15,057 m, dan E-F sebesar 16,23 m. *Grade* jalan standar adalah 8%. *Grade* jalan di atas standar berada pada segmen A-B sebesar 11,399%, maka dilakukan pemotongan (*cut*) pada bagian atas segmen kemudian dilakukan pada penimbunan (*fill*) pada bagian bawah segmen. *Cross slope* yang tidak terbentuk pada area *front* dan *dumping* berada pada segmen D-E sebesar -4,296% disebabkan karena kondisi jalan masih lembut dan alat mekanis melakukan *manuver* sehingga kondisi jalan mudah amblas dan tidak rata. Superelevasi pada jalan angkut *overburden* sudah memenuhi standar semua hanya perlu dilakukan perawatan jalan sehingga cycle time yang didapatkan 12,91 menit sehingga didapatkan produktivitas sebesar 32,661 bcm/jam belum mencapai target produktivitas.
2. Pada jalan angkut yang tidak rata atau bergelombang akibat dari material yang jatuh dari *vessel* maka dilakukan perataan

jalan angkut menggunakan alat mekanis *motor grader* dan *bulldozer* dan pada jalan angkut yang sudah hujan maka dilakukan *scrapping* menggunakan alat mekanis *motor grader* dan jika jalan angkut sudah dilakukan *scrapping* maka dilakukan pemadatan jalan menggunakan *compactor* untuk mengatasi agar tidak terjadinya amblas pada permukaan jalan dan agar material pada permukaan jalan tidak lengket.

3. Dari hasil evaluasi geometri jalan angkut pada *Pit X* di bulan Mei 2022. Terdapat 6 segmen dari *front loading* menuju *dumping point*, terdapat beberapa segmen yang tidak memenuhi maka harus dilakukan pelebaran jalan dan rekomendasi perbaikan lebar jalan adalah segmen C-D sebesar 9,8 m menjadi 11,21 m, D-E sebesar 9,9 m menjadi 10,98 m, dan F-G sebesar 8,7 m menjadi 11,12 m, dan terdapat kemiringan jalan yang tidak memenuhi standar sehingga harus dilakukan pemotongan (*cut*) dan penimbunan (*fill*) dan rekomendasi kemiringan jalan adalah segmen A-B sebesar 11,300% menjadi 4,917%, B-C sebesar 5,202% menjadi 7,460%, dan C-D sebesar 1,838% menjadi 6,031%, dan terdapat *cross solpe* yang tidak memenuhi standar, maka dilakukan pembentukan *cross slope* menggunakan *blade grader* pada saat melakukan perataan jalan rekomendasi *cross slope* adalah segmen D-E sebesar -4,296% menjadi 2,243%. *Cycle time* alat angkut kondisi aktual sebesar 12,91 menit dengan produktivitas sebesar 34.881,83 bcm/bulan. Didapatkan *match factor* < 1, maka alat gali muat menunggu. Kondisi teori dimana geometri jalan angkut aktual sedangkan perhitungan berdasarkan dari simulasi *rimpull*, maka didapatkan *cycle time* kondisi teori sebesar 10,50 menit dengan produktivitas sebesar 53.485,44 bcm/bulan. Didapatkan *match factor* > 1,02, maka alat angkut menunggu, sedangkan Kondisi ideal dimana geometri jalan rekomendasi sedangkan perhitungan berdasarkan dari simulasi *rimpull*, maka didapatkan *cycle*

time kondisi ideal sebesar 10,68 menit dengan produktivitas sebesar 52.692,45 bcm/bulan. Diperoleh nilai *match factor* > 1,01, maka alat angkut menunggu. Terjadinya peningkatan produksi pada kondisi teori dari aktual karena kondisi aktual dimana adanya kendala seperti hujan, kondisi jalan berdebu sehingga mengurangi kecepatan pada alat angkut, adapun kondisi ideal produksinya lebih besar dari kondisi teori dikarenakan pada kondisi ideal geometrinya rekomendasi, maka produksi yang optimal yaitu kondisi ideal.

DAFTAR PUSTAKA

Bunayya, Ahmad Dandy. 2016. *Proses Pengupasan Lapisan Tanah Penutup di PT Adimitra Baratama Nusantara, Sanga Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur*. Universitas Trisakti: Jakarta.

Indonesianto, Yanto. 2013. *Pemindahan Tanah Mekanis*. Yogyakarta: UPN "Veteran".

Pratomo, Kurniawan Nur dkk. 2016. "Evaluasi Jalan Angkut dari *Front Tambang Andesit ke Crusher*". *Jurnal Teknik Pertambangan*. 2 (2), hlm. 618-620.

Rahmawati, dkk. 2020. Analisa Produktivitas Alat Gali Muat dan Angkut pada Pengupasan Lapisan Tanah Penutup (*Overburden*)". *Jurnal Teknik Pertambangan*. 06 (03), hlm. 198-203.

Rochmanhadi. 1992. *Alat-alat Berat dan Penggunaannya*. Jakarta: Dunia Grafika Indonesia Jakarta.

Sukirman, Silvia. 1994. *Dasar Dasar Perencanaan Geometri Jalan*. Bandung: Nova.

Suwandhi, A. 2004. *Perencanaan Jalan Tambang, Perencanaan Tambang Terbuka*. Bandung: Universitas Islam Bandung.

Suwardo dan Haryanto Imam. 2016. *Standar dan Dasar-Dasar Perancangan Geometri Jalan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Tenriajeng, Andi Tenrisukki. 2003. *Pemindahan Tanah Mekanis*. Jakarta: Gundama Jakarta.

Wigroho, H. Y. dan Suryadharma, H. 1992. *Pemindahan Tanah Mekanis*. Yogyakarta: Universitas Atma Jaya Yogyakarta.