

Kajian Pengaruh *Total Resistance* Terhadap Produktivitas Pengangkutan Batu Kapur Di *Front C* PT. Semen Padang, Kecamatan Lubuk Kilangan, Kota Padang, Sumatera Barat

Syarifa Amalia^{1*}, Dedi Yulhendra^{2**}

¹Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

*syarifaamaliaa@gmail.com

**dediyulhendra@ft.unp.ac.id

Abstract. PT. Semen Padang is a limestone mining company located in Bukit Karang Putih, Indarung, Padang City, West Sumatera using the quarry mining method. Production in October 2019 on *Front C* was 139.590 tons while the production target was 307.440 tons. One of the factors that influence the productivity of the conveyance is the total resistance, namely rolling resistance and grade resistance. The lowest total resistance value when loaded is in the M-20-21 segment at -2,8% while the largest in the M-5-6 segment is -14,1%. The smallest total resistance value when empty is in the M 3-2 segment by 0,47515% while the largest in the M 2-1 segment is 21,5717%. After simulating the total resistance value, the total resistance value obtained when the smallest load is in the M 8-9 segment is -2% while the largest in the 3-4 M segment is 9,3%. The smallest total resistance value when empty is in segments M 20-19 is 15,77%. With the increased productivity of the conveyance from 375.300 tons/hour/ unit with a cycle time of 25,53 minutes to 437.880 tons/ hour/unit with a cycle time of 21,88 minutes.

Keywords: Production, Productivity, Total resistance, Rolling Resistance, Grade Resistance, and Cycle Time

1 Pendahuluan

PT. Semen Padang merupakan perusahaan yang bergerak dibidang penambangan batu kapur. Salah satu bahan utama dalam pembuatan semen adalah batu kapur dan silika. Untuk itu, PT. Semen Padang memakai sistem penambangan terbuka (*quarry*).

Lokasi penelitian penulis berada di lokasi *Tajarang* dengan *Front C*. Proses penambangan di *Front C* menggunakan 1 unit alat muat yaitu *Excavator Caterpillar* dan 4 unit alat angkut *Dump Truck Komatsu 785-7*. Target produksi di *Front C* pada bulan Oktober 2019 adalah 307.440 ton sedangkan produksi aktual adalah 139.590 ton.

Kondisi jalan angkut merupakan faktor utama yang berkaitan dengan aktivitas alat angkut. Kondisi jalan tersebut berpengaruh terhadap kecepatan alat angkut dan berdampak terhadap waktu edar dari alat angkut.. Apabila kondisi jalan angkut sesuai standar serta kondisi permukaan jalan yang baik maka dapat meningkatkan waktu edar dari alat angkut sehingga meningkatkan produktivitas. Permukaan jalan angkut mempengaruhi kinerja alat angkut karena adanya daya tekan dari alat

terhadap permukaan jalan. Dan apabila daya tekan dari alat lebih besar dari daya dukung material jalan maka ban akan ambles dan terjadi slip pada roda dimana roda ban bergerak sementara alat tetap diam.

Berdasarkan keadaan di lapangan jarak angkut di *Front C* ke *crusher* 6 adalah $\pm 2,1$ km. Terdapat kendala yang menghambat produktivitas, yaitu kondisi jalan angkut di *Front C* yang kurang efisien dan tidak sesuai target perusahaan. Hal ini dapat dilihat dari lebar jalan yang sempit yaitu lebar jalan lurus di segmen M 1-2 adalah 17,5 meter, segmen M 2-3 adalah 12,5 meter, segmen M 11-12 adalah 10,9 meter, segmen M 13-14 adalah 15,2 meter, segmen M 16-17 adalah 12,1 meter, segmen M 17-18 adalah 15,6 meter, segmen M 18-19 adalah 17,8 meter dan segmen M 20-21 adalah 13,7 meter. Pada tikungan di segmen M 0-1 adalah 13,7 meter, segmen M 9-10 adalah 15,8 meter, segmen M 10-11 adalah 17,8 meter dan segmen M 12-13 sekitar 13,2 meter. Dengan lebar *Dump Truck Komatsu HD785-7* sebesar 6,885 meter dan target lebar jalan yang ditetapkan perusahaan adalah 18,6 meter sehingga mengakibatkan alat angkut yang berlawanan arah akan memprioritaskan salah satu alat angkut untuk jalan

terlebih dahulu. *Grade* jalan yang tinggi yaitu di segmen M 1-2 adalah 17,8%, segmen M 5-6 adalah 17,3, segmen M 6-7 adalah 15,4%, segmen M 7-8 adalah 13,8%, segmen M 11-12 adalah 14%, segmen M 12-13 adalah 13,8%, segmen M 16-17 adalah 13,1%, segmen M 17-18 dan segmen M-20 adalah 13,3%. Sedangkan target *grade* jalan yang ditetapkan perusahaan 10% dan yang ditetapkan pada Kepmen 1827 K sebesar 12% sehingga mengakibatkan alat angkut yang bermuatan tidak dapat melaju dengan kecepatan optimal. Adanya keamblesan ban alat angkut di permukaan jalan angkut mencapai 5,8 cm menyebabkan timbulnya tahanan gelinding atau tahanan gulir (*rolling resistance*) yang menghambat alat angkut untuk berjalan dan berdampak terhadap semakin bertambahnya waktu edar alat angkut.

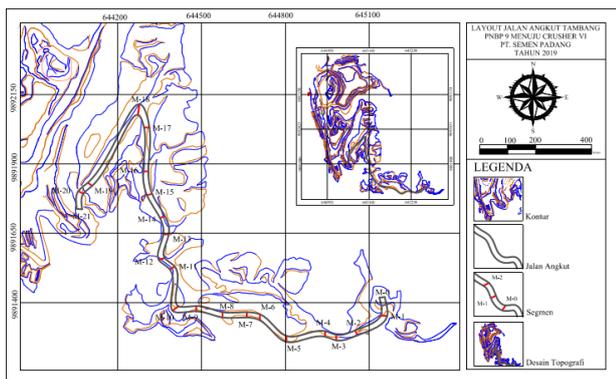
2 Lokasi Penelitian

Lokasi tambang PT. Semen Padang berada di Bukit Karang Putih, Indarung, Kecamatan Lubuk Kilangan, Kota Padang, Provinsi Sumatera Barat ± 15 KM di sebelah Timur Kota Padang. Secara geografis terletak pada 0° 58' 44,95" LS sampai 0° 58' 55,29" LS dan 100° 28' 27,99" BT sampai 100° 29,3' 03" BT. Berbatasan ke arah Barat dengan Kecamatan Lubuk Begalung, ke arah Timur dengan Kabupaten Solok, ke arah Utara dengan Kecamatan Pauh dan ke arah Selatan berbatasan dengan Kecamatan Bungus. Gambar 1 memperlihatkan kesampaian daerah PT. Semen Padang.



Gambar 1. Peta Kesampaian Daerah PT. Semen Padang

Penelitian penulis berada pada *Front C*. Dimana jarak jalan angkut dari *loading point* menuju *crusher VI* adalah ±2,1 km. Gambar 2 memperlihatkan desain layout jalan angkut di *Front C*.



Gambar 2. Desain Layout Jalan Angkut di *Front C*

3 Kajian Teori

3.1 Jalan Angkut

Fungsi utama jalan angkut secara umum adalah untuk menunjang kelancaran operasi penambangan terutama dalam kegiatan pengangkutan. Medan berat yang mungkin terdapat di sepanjang rute jalan tambang harus diatasi dengan mengubah rancangan jalan untuk meningkatkan aspek manfaat dan keselamatan kerja.

3.2 Geometri Jalan Angkut

3.2.1 Lebar Jalan Angkut

a. Lebar Jalan Lurus

Penentuan lebar jalan angkut minimum untuk jalan lurus didasarkan pada “*rule of thumb*” yang dikemukakan “*Aashto Manual Rural Highway Design*”, yaitu bahwa jumlah jalur dikalikan dengan lebar alat angkut *dump truck* ditambah setengah lebar *dump truck* untuk masing-masing tepi kiri, kanan dan jarak antara dua *dump truck* yang sedang bersilangan dapat dilihat pada gambar 3.

Persamaan yang digunakan untuk menentukan lebar minimum jalan angkut pada kondisi lurus adalah^[1]:

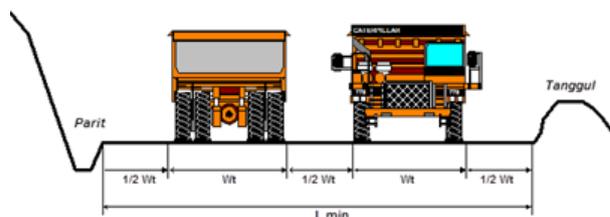
$$L_{min} = (n \times Wt) + (n+1) \times \left(\frac{1}{2} \times Wt\right) \quad (1)$$

Keterangan:

L_{min} = lebar minimum jalan angkut pada kondisi lurus (meter)

n = jumlah jalur

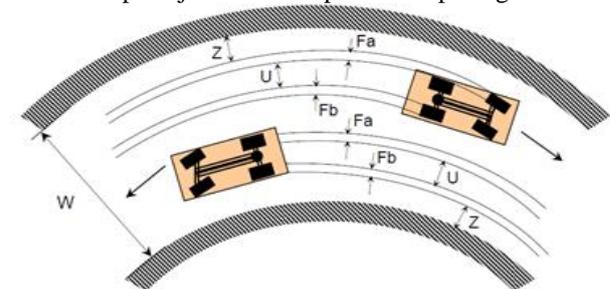
Wt = lebar alat angkut (meter)



Gambar 3. Lebar Jalan Angkut Dua Lajur pada Jalan Lurus

b. Lebar Jalan Tikungan

Lebar jalan angkut pada tikungan selalu dibuat lebih besar dari pada jalan lurus dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Lebar Jalan Angkut pada Tikungan

Adapun perhitungan untuk lebar jalan minimum pada belokan adalah sebagai berikut [2]:

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

Keterangan :

W_{min} = Lebar minimum jalan angkut pada tikungan (meter)

U = lebar jejak roda (meter)

Fa = lebar jantai (*overhang*) depan (meter)

Fb = lebar jantai belakang (meter)

Z = lebar bagian tepi jalan (meter)
= $\frac{1}{2} (U + Fa + Fb)$

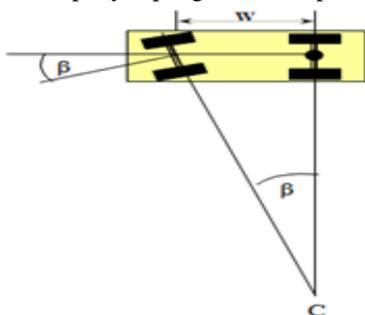
C = jarak antara alat angkut saat berpapasan (meter)
= $\frac{1}{2} (U + Fa + Fb)$

3.2.2 Jari-Jari Tikungan dan Superelevasi

Pada saat kendaraan melalui tikungan atau belokan dengan kecepatan tertentu akan menerima gaya sentrifugal yang menyebabkan kendaraan tidak stabil. Untuk mengimbangi gaya sentrifugal tersebut, perlu dibuat suatu kemiringan melintang ke arah titik pusat tikungan yang disebut superelevasi (e).

a. Jari-Jari Tikungan

Jari-jari tikungan jalan angkut berhubungan dengan superelevasi tikungan yang menstabilkan gaya sentrifugal kendaraan pada saat menikung dengan kecepatan [3]. Gambar 5 memperlihatkan jari-jari lingkaran yang dijalani oleh roda belakang dan roda depan berpotongan di pusat C dengan besar sudut sama dengan sudut penyimpangan roda depan.



Gambar 5. Sudut Penyimpangan Maksimum Roda Kendaraan

Dengan demikian jari-jari belokan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut [4-5]:

$$R = \frac{v^2}{127 (e+f)} \quad (4)$$

Keterangan:

R = Jari-jari tikungan (m)

V = Kecepatan rencana kendaraan (Km/jam)

e = Angka *superelevasi*

f = *Friction factor*

b. *Superelevasi* (Kemiringan Jalan pada Tikungan)

Superelevasi merupakan kemiringan jalan pada tikungan yang terbentuk oleh batas antara tepi jalan terluar dengan tepi jalan bagian dalam karena perbedaan ketinggian. *Superelevasi* berhubungan erat dengan jari-jari belokan, kecepatan kendaraan dan perubahan kecepatan. Hal tersebut bertujuan untuk memperoleh komponen berat kendaraan guna mengimbangi kendaraan tegelincir

keluar jalur. Untuk menghitung besar nilai *superelevasi*, dapat menggunakan perhitungan berikut [6]:

$$e+f = \frac{v^2}{127 \times R} \quad (5)$$

Keterangan:

e = Angka *superelevasi*

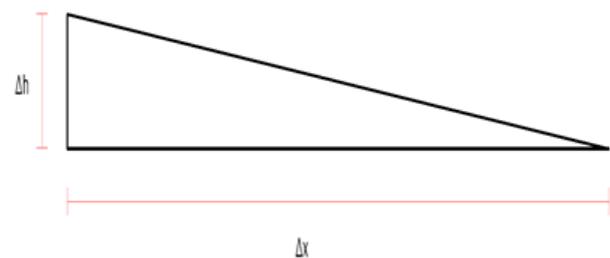
f = Faktor gesekan (*friction factor*)

V = Kecepatan rencana kendaraan (Km/jam)

R = Jari-jari tikungan (m)

3.2.3 *Grade* (Kemiringan) Jalan Angkut

Kemiringan jalan umumnya dinyatakan dalam persen (%). Dimana *grade* 1% merupakan kemiringan permukaan yang menanjak atau menurun 1 meter secara vertikal dalam jarak horizontal 100 meter dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. *Grade* (Kemiringan) Jalan Angkut

Grade dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut [7]:

$$Grade (\%) = \frac{\Delta h}{\Delta x} \times 100\% \quad (6)$$

Keterangan:

Δh = beda tinggi antara dua titik yang diukur (meter)

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

3.3 Tahanan-Tahanan yang Mempengaruhi Produksi Alat

Tahanan-tahanan yang mempengaruhi produksi alat timbul karena adanya daya hambat yang terjadi antara roda ban dan permukaan jalan. Daya hambat yang terjadi antara roda dan permukaan jalan yang biasanya disebut *TR* (*Total Resistance*) dipengaruhi oleh dua faktor yaitu:

3.3.1 *Tahanan Gelinding* atau *Gulir/ Rolling Resistance* (*RR*)

Rolling resistance adalah tahanan yang berusaha menahan putaran roda dapat dilihat pada gambar 7. Tipe ban dan tipe jenis tanah yang bervariasi akan menghasilkan nilai koefisien tahanan gulir yang berbeda-beda [8].



Gambar 7. Arah Tahanan Gulir

Tahanan gulir dapat dihitung dengan menggunakan rumus^[9]:

$$RR = \{20 \text{ kg/ton} + (15 \text{ kg/ton} \times TP)\} \times GVW \quad (7)$$

Keterangan:

RR = *Rolling Resistance* (lb/ton)

TP = Penetrasi ban (inch)

GVW = Berat total kendaraan (ton)

3.3.1 Tahanan Kelandaian/ Grade Resistance (GR)

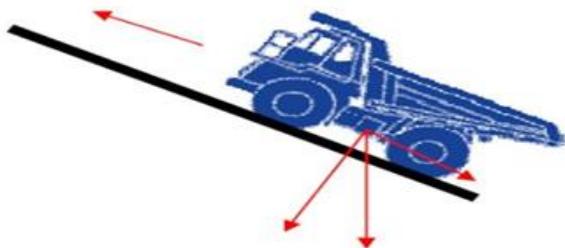
Tahanan kemiringan adalah gaya yang melawan gerak kendaraan karena kemiringan jalur jalan yang dilaluinya, dapat dilihat pada gambar 8. Jika *grade* 1% perlu disediakan tenaga 10 kg/ton. Maka *grade resistance* dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$GR = 10 \text{ kg/ton} \times \text{Grade jalan \%} \times GVW \quad (8)$$

Keterangan:

GR = *Grade resistance*

GVW = Berat total kendaraan (ton)



Gambar 8. Tahanan Kemiringan pada Bidang Miring

3.4 Waktu Edar (Cycle Time)

3.4.1 Waktu Edar Alat Muat

Waktu edar alat muat dapat dirumuskan sebagai berikut^[10]:

$$C_m = Tm_1 + Tm_2 + Tm_3 + Tm_4 \quad (9)$$

Keterangan:

C_m = Waktu edar alat muat (detik)

Tm_1 = Waktu menggali material (detik)

Tm_2 = Waktu putar dengan *bucket* terisi (detik)

Tm_3 = Waktu menumpahkan material (detik)

Tm_4 = Waktu putar dengan *bucket* kosong (detik)

3.4.2 Waktu Edar Alat Angkut

Waktu edar alat angkut dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$C_{ta} = Ta_1 + Ta_2 + Ta_3 + Ta_4 + Ta_5 + Ta_6 \quad (10)$$

Keterangan:

C_{ta} = Waktu edar alat angkut (menit)

Ta_1 = Waktu mengambil posisi untuk dimuati (menit)

Ta_2 = Waktu diisi muatan (menit)

Ta_3 = Waktu mengangkut muatan (menit)

Ta_4 = Waktu mengambil posisi untuk penumpahan material (menit)

Ta_5 = Waktu penumpahan material (menit)

Ta_6 = Waktu kembali kosong (menit)

3.5 Kemampuan Produksi Alat Muat dan Alat Gali

3.5.1 Produksi Alat Muat

Kemampuan produksi alat muat dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Q = \frac{3600 \times KB \times FF \times Ek \times SF}{C_{tm}} \quad (11)$$

Keterangan:

Q = Produksi per jam excavator (m^3 /jam)

KB = Kapasitas *bucket* (m^3)

FF = *Fill Factor* (%)

Ek = Efisiensi kerja

SF = *Swell Factor*

C_{tm} = Waktu siklus alat muat (detik)

3.5.2 Produksi Alat Angkut

Kemampuan produksi alat angkut dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$C = KB \times FF \times n \quad (12)$$

$$Q = \frac{C \times 60 \times Ek \times SF}{C_{ta}} \quad (13)$$

Q = Produksi per jam *dump truck* (m^3 /jam)

n = jumlah *bucket excavator* untuk mengisi *dump truck*

KB = Kapasitas *bucket* (m^3)

FF = *Fill Factor* (%)

SF = *Swell Factor*

Ek = Waktu kerja *dump truck* (%)

C_{ta} = Waktu siklus *dump truck* (menit)

4 Metode Penelitian

4.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian kuantitatif yang mengacu kepada penelitian eksperimen. Metode penelitian kuantitatif adalah metode penelitian yang berlandaskan pada filsafat positivisme, digunakan untuk meneliti pada populasi atau sampel tertentu^[11]. Penelitian ini menggunakan data yang dikumpulkan bersifat kuantitatif atau juga dapat dikuantitatifkan. Berdasarkan jenis penggunaannya, penelitian ini juga

termasuk dalam metode penelitian terapan (*applied research*).

4.2 Teknik Pengambilan Data

Dalam memperoleh informasi, penulis menggunakan dua metode pengambilan data yaitu data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data langsung yang berasal dari lapangan. Sedangkan data sekunder yaitu data yang berasal dari literatur dan wawancara dengan pihak perusahaan. Data yang diambil adalah sebagai berikut:

4.2.1 Pengambilan Data Primer

Data yang diperlukan pada penelitian ini berupa data primer yang terdiri dari data *cycle time* dari *Dump Truck* Komatsu HD 785-7, penetrasi ban *Dump Truck* Komatsu HD 785-7, lebar jalan, kemiringan (*grade*) jalan, berat muatan dan waktu tempuh jalan angkut.

a. Pencatatan Waktu Edar (*Cycle Time*) Alat Angkut

b. Pencatatan Penetrasi Ban Alat Angkut

Penetrasi ban merupakan kedalaman jejak ban kendaraan pada permukaan jalan yang dilalui, dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Pengambilan Penetrasi Ban

c. Berat Muatan Alat Angkut

Berat muatan alat angkut dapat dilihat pada *Payload Meter* (PLM) yang telah ada pada kendaraan.

4.2.2 Pengambilan Data Sekunder

Data sekunder pada penelitian ini adalah peta kemajuan tambang, spesifikasi unit *dump truck* komatsu 785-7 dan *excavator* caterpillar, data curah hujan dan data VHMS.

4.2.3 Pengolahan Data

Langkah awal yang dilakukan dalam penelitian ini adalah menentukan jalur angkut serta batasan-batasan jalan angkut yang akan dianalisis. Dari beberapa jalur angkut yang dilalui oleh alat angkut *Dump Truck* Komatsu 785-7 didapat data *grade* jalan untuk menghitung nilai *grade resistance*. Selanjutnya mengukur kedalaman jejak ban *dump truck* per segmen jalan yang telah ditentukan untuk menghitung nilai

rolling resistance. Penjumlahan data *grade resistance* dan *rolling resistance* per segmen jalan didapatkan nilai *total resistance* per segmen jalan.

Selanjutnya dilakukan perhitungan analisis *rimpull* dimana nilai *rolling resistance* dan *grade resistance* untuk per segmen jalan telah dilakukan simulasi sesuai dengan standar perusahaan dan aturan Kepmen 1827 K. Analisis *rimpull* ini bertujuan untuk mengurangi waktu edar dari alat angkut sehingga produktivitas alat angkut dapat tercapai.

Kemudian dari data-data tersebut diolah dengan menggunakan *Microsoft Excel* untuk mendapatkan berapa besar pengaruh antara *total resistance* terhadap produktivitas.

4.3 Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu dengan menggabungkan antara teori dengan data-data lapangan, sehingga dari keduanya didapatkan pendekatan penyelesaian masalah. Setelah mendapatkan data-data yang diperlukan penulis menggunakan rumus-rumus melalui literatur yang ada untuk menganalisis data.

5 Hasil dan Pembahasan

5.1 Metoda Penambangan

Metode penambangan yang digunakan PT. Semen Padang adalah metode penambangan *quarry*. Metode penambangan *quarry* adalah metode tambang terbuka yang dilakukan untuk menggali endapan-endapan bahan galian industri atau mineral industri, seperti batu marmor, batu granit, batu andesit, batu gamping (CaCO_3), dll. Bentuk tambang PT. Semen Padang berdasarkan letak endapan bahan galian industri berbentuk *side hill type*. *Side hill type* adalah bentuk penambangan untuk bahan industri yang terletak di lereng-lereng bukit.

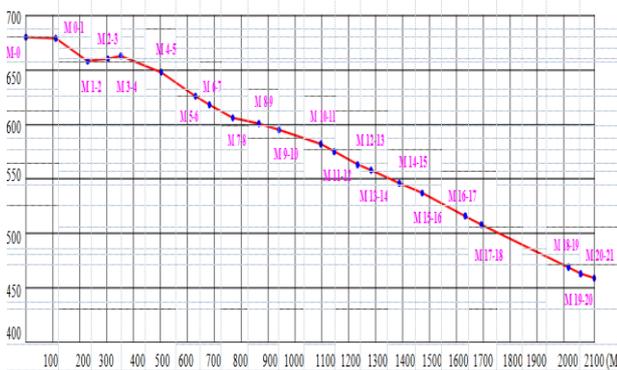
5.2 Geometri Jalan

Front C merupakan salah satu jalan angkut produksi di PT. Semen Padang. Jarak jalan angkut dari *loading area* sampai *crusher* adalah 2,1 km dengan alat angkut yang digunakan *Dumptruck Komatsu HD 785-7*. Material jalan angkut terdiri dari *limestone* dan silika.

Tabel 1 di bawah ini merupakan data geometri jalan angkut *Front C* dan gambar 10 adalah penampang jalan angkut.

Tabel 1. Geometri Jalan Angkut

SEGMENT	KOORDINAT			JARA K	LEBAR R	GRAD E	KETERANGAN
	X	Y	Z				
M-0	665146	9891420	680	0	22,8	0	LURUS
M 0-1	665153	9891354	679	111	13,7	-0,9	TIKUNGAN
M 1-2	665054	9891292	658	118	17,5	-17,8	LURUS
M 2-3	664982	9891275	660	75	12,5	2,7	LURUS
M 3-4	664942	9891288	663	49	20,2	6,1	LURUS
M 4-5	664804	9891270	648	150	20,2	-10,0	TIKUNGAN
M 5-6	664709	9891348	626	127	21,2	-17,3	LURUS
M 6-7	664662	9891357	618	52	21,2	-15,4	LURUS
M 7-8	664575	9891357	606	87	19,4	-13,8	LURUS
M 8-9	664481	9891379	601	97	20,4	-5,2	LURUS
M 9-10	664408	9891380	595	75	15,8	-8,0	TIKUNGAN
M 10-11	664395	9891526	582	155	17,8	-8,4	TIKUNGAN
M 11-12	664358	9891558	575	50	10,9	-14,0	LURUS
M 12-13	664373	9891647	563	87	13,2	-13,8	TIKUNGAN
M 13-14	664355	9891693	558	50	15,2	-10,0	LURUS
M 14-15	664315	9891788	546	105	18,8	-11,4	LURUS
M 15-16	664300	9891874	537	85	21,4	-10,6	LURUS
M 16-17	664304	9892032	516	160	12,1	-13,1	LURUS
M 17-18	664288	9892085	508	60	15,6	-13,3	LURUS
M 18-19	664098	9891825	469	324	17,8	-12,0	LURUS
M 19-20	664066	9891795	463	45	18,2	-13,3	TIKUNGAN
M 20-21	664063	9891738	459	51	13,7	-7,8	LURUS



Gambar 10. Penampang Jalan Angkut

5.2.1 Lebar Jalan Minimum

a. Lebar Jalan Lurus

$$\begin{aligned}
 L(\text{min}) &= n \cdot W_t + (n+1) (0,5) \times W_t \\
 &= 2 \times 6,885 + (2+1) (0,5) \times 6,885 \\
 &= 13,77 + 10,3275 \\
 &= 24,0975 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

b. Lebar Jalan Tikungan

Diketahui:

Jarak roda bagian luar (U) = 4,3 meter

Panjang keseluruhan *dump truck* = 10,29 meter

Jarak sumbu roda belakang dengan bagian belakang = 3,19 meter

Jarak sumbu roda depan dengan bagian depan = 2,15 meter

Sudut penyimpangan roda depan = 36°

Fa : 2,15 × sin 36° = 1,26 meter

Fb : 3,19 × sin 36° = 1,87 meter

$$\begin{aligned}
 C &= Z = \frac{1}{2} (U + F_a + F_b) \\
 &= \frac{1}{2} (4,3 + 1,26 + 1,87) \\
 &= 3,715 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W &= 2 (U + F_a + F_b + Z) + C \\
 &= 2 (4,3 + 1,26 + 1,87 + 3,715) + 3,715 \\
 &= 24,925 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

5.2.2 Jari-Jari Tikungan dan Superelevasi

Diketahui:

Wb (Jarak Sumbu Roda Depan dan Belakang) = 4,95 m

α (Sudut Penyimpangan Roda Depan) = 36°

Maka, besarnya jari-jari tikungan minimal adalah:

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{4,95 \text{ m}}{\sin 36^\circ} \\
 &= 8,4 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Bila kecepatan rata-rata yang direncanakan pada saat truk berbelok adalah 15 km/jam dan jari-jari tikungan 13-20 meter, maka besarnya nilai f untuk kecepatan rencana <80 km/jam maka:

$$e = (-0,00065 \cdot v) + 0,192$$

$$e + f = \frac{v^2}{127 \cdot R}$$

$$e + [(-0,00065 \times 15) + 0,192] = \frac{15^2}{127 \times 8,4}$$

$$e = 0,03$$

5.2.3 Kemiringan Melintang (Cross Slope)

Tabel 2 di bawah ini menunjukkan *cross slope* per segmen jalan.

Tabel 2. Cross Slope Aktual

SEGMENT	Lebar (meter)	Jarak Vertikal (Q) (m/m)
M 0-1	13,7	0,0137
M 1-2	17,5	0,0175
M 2-3	12,5	0,0125
M 3-4	20,2	0,0202
M 4-5	20,2	0,0202
M 5-6	21,2	0,0212
M 6-7	21,2	0,0212
M 7-8	19,4	0,0194
M 8-9	20,4	0,0204
M 9-10	15,8	0,0158
M 10-11	17,8	0,0178
M 11-12	10,9	0,0109
M 12-13	13,2	0,0132
M 13-14	15,2	0,0152
M 14-15	18,8	0,0188
M 15-16	21,4	0,0214
M 16-17	12,1	0,0121
M 17-18	15,6	0,0156
M 18-19	17,8	0,0178
M 19-20	18,2	0,0182
M 20-21	13,7	0,0137

5.2.4 Rolling Resistance

Salah satu yang menyebabkan timbulnya *rolling resistance* pada jalan angkut adalah *tire penetration*^[12]. *Tire penetration* merupakan penetrasi atau amblesnya ban kendaraan pada permukaan jalan.

Berdasarkan penelitian di lapangan, terdapat perbedaan kedalaman *tire penetration* antara *loading area*, jalan *hauling* dan *dumping area*. Kedalaman *tire penetration* lebih dipengaruhi oleh jenis material jalannya. Kedalaman *tire penetration* pada saat alat angkut bermuatan dan kosong dapat dilihat pada tabel 3 dan 4 di bawah ini:

Tabel 3. Kedalaman *Tire Penetration* Pada Saat Bermuatan

BERMUATAN					
Kedalaman <i>Tire Penetration</i>					
(cm)			(inchi)		
<i>Loading</i>	<i>Hauling</i>	<i>Dumping</i>	<i>Loading</i>	<i>Hauling</i>	<i>Dumping</i>
3,62	1,7	5,06	1,42519	0,66929	1,992122

Tabel 4. Kedalaman *Tire Penetration* Pada Saat Kosong

KOSONG					
Kedalaman <i>Tire Penetration</i>					
(cm)			(inchi)		
<i>Loading</i>	<i>Hauling</i>	<i>Dumping</i>	<i>Loading</i>	<i>Hauling</i>	<i>Dumping</i>
2,8	1,7	3	1,10236	0,66929	1,1811

Dari tabel kedalaman *tire penetration* di atas maka dapat dihitung nilai *rolling resistance* dengan persamaan $RR = \{20 \text{ kg/ton} + (15 \text{ kg/ton} \times TP \text{ inchi})\} \times GVW$. Maka nilai *rolling resistance* pada saat alat angkut bermuatan dan kosong dapat dilihat pada tabel 5 dan 6.

Tabel 5. *Rolling Resistance* Aktual Pada Saat Bermuatan

BERMUATAN			
SEGMENT	RR (KG/TON)	RR (LB/TON)	RR (%)
M 0-1	41,37791	91,22256794	4,13779
M 1-2	37,7165	83,15055023	3,77165
M 2-3	31,75150366	70	3,17515
M 3-4	31,75150366	70	3,17515
M 4-5	31,75150366	70	3,17515
M 5-6	31,75150366	70	3,17515
M 6-7	31,75150366	70	3,17515
M 7-8	31,75150366	70	3,17515
M 8-9	31,75150366	70	3,17515
M 9-10	31,75150366	70	3,17515
M 10-11	31,75150366	70	3,17515
M 11-12	31,75150366	70	3,17515
M 12-13	31,75150366	70	3,17515
M 13-14	31,75150366	70	3,17515
M 14-15	31,75150366	70	3,17515
M 15-16	31,75150366	70	3,17515
M 16-17	31,75150366	70	3,17515
M 17-18	31,75150366	70	3,17515
M 18-19	31,75150366	70	3,17515
M 19-20	49,88183	109,9704801	4,98818
M 20-21	49,88183	109,9704801	4,98818

Tabel 6. *Rolling Resistance* Aktual Pada Saat Kosong

KOSONG			
SEGMENT	RR (KG/TON)	RR (LB/TON)	RR (%)
M 21-20	49,5275	109,1893171	4,95275
M 20-19	37,7165	83,15055023	3,77165
M 19-18	31,75150366	70	3,17515
M 18-17	31,75150366	70	3,17515
M 17-16	31,75150366	70	3,17515
M 16-15	31,75150366	70	3,17515
M 15-14	31,75150366	70	3,17515
M 14-13	31,75150366	70	3,17515
M 13-12	31,75150366	70	3,17515
M 12-11	31,75150366	70	3,17515
M 11-10	31,75150366	70	3,17515
M 10-9	31,75150366	70	3,17515
M 9-8	31,75150366	70	3,17515
M 8-7	31,75150366	70	3,17515
M 7-6	31,75150366	70	3,17515
M 6-5	31,75150366	70	3,17515
M 5-4	31,75150366	70	3,17515
M 4-3	31,75150366	70	3,17515
M 3-2	31,75150366	70	3,17515
M 2-1	37,7165	83,15055023	3,77165
M 1-0	37,7165	83,15055023	3,77165

5.2.5 Grade Resistance

Perhitungan tahanan kemiringan yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan cara menghitung per segmen jalan. Kemiringan jalan dihitung dengan membagi beda elevasi dengan jarak horizontal kemudian dikalikan dengan 100%.

Tanda *grade resistance* positif, berarti bergerak menanjak dan negatif berarti bergerak menurun^[13]. Maka nilai *grade resistance* pada saat alat angkut bermuatan dan kosong dapat dilihat pada tabel 7 dan 8.

Tabel 7. *Grade Resistance* Aktual Pada Saat Bermuatan

BERMUATAN			
SEGMENT	GRADE (%)	GR (KG/TON)	GR (%)
M 0-1	-0,9	-9	-0,9
M 1-2	-17,8	-178	-17,8
M 2-3	2,7	27	2,7
M 3-4	6,1	61	6,1
M 4-5	-10,0	-100	-10,0
M 5-6	-17,3	-173	-17,3
M 6-7	-15,4	-154	-15,4
M 7-8	-13,8	-138	-13,8
M 8-9	-5,2	-52	-5,2
M 9-10	-8,0	-80	-8,0
M 10-11	-8,4	-84	-8,4
M 11-12	-14,0	-140	-14,0
M 12-13	-13,8	-138	-13,8
M 13-14	-10,0	-100	-10,0
M 14-15	-11,4	-114	-11,4
M 15-16	-10,6	-106	-10,6
M 16-17	-13,1	-131	-13,1
M 17-18	-13,3	-133	-13,3
M 18-19	-12,0	-120	-12,0
M 19-20	-13,3	-133	-13,3
M 20-21	-7,8	-78	-7,8

Tabel 8. *Grade Resistance* Aktual Pada Saat Kosong

KOSONG			
SEGMENT	GRADE (%)	GR (KG/TON)	GR (%)
M 21-20	7,8	78	7,8
M 20-19	13,3	133	13,3
M 19-18	12	120	12
M 18-17	13,3	133	13,3
M 17-16	13,1	131	13,1
M 16-15	10,6	106	10,6
M 15-14	11,4	114	11,4
M 14-13	10	100	10
M 13-12	13,8	138	13,8
M 12-11	14	140	14
M 11-10	8,4	84	8,4
M 10-9	8	80	8
M 9-8	5,2	52	5,2
M 8-7	13,8	138	13,8
M 7-6	15,4	154	15,4
M 6-5	17,3	173	17,3
M 5-4	10	100	10
M 4-3	-6,1	-61	-6,1
M 3-2	-2,7	-27	-2,7
M 2-1	17,8	178	17,8
M 1-0	0,9	9	0,9

5.2.6 Total Resistance

Total resistance adalah penjumlahan dari rolling resistance dan grade resistance per segmen jalan. Apabila kendaraan bergerak menaiki jalan maka total resistance adalah $RR+GR$, dan apabila menuruni jalan total resistance adalah $RR-GR$. Maka nilai total resistance pada saat alat angkut bermuatan dan kosong dapat dilihat pada tabel 9 dan 10.

Tabel 9. Total Resistance Aktual Pada Saat Bermuatan

BERMUATAN			
SEGMENT	RR (%)	GR (%)	TR(%)
M 0-1	4,137791	-0,9	3,2
M 1-2	3,77165	-17,8	-14,0
M 2-3	3,1751504	2,7	5,9
M 3-4	3,1751504	6,1	9,3
M 4-5	3,1751504	-10,0	-6,8
M 5-6	3,1751504	-17,3	-14,1
M 6-7	3,1751504	-15,4	-12,2
M 7-8	3,1751504	-13,8	-10,6
M 8-9	3,1751504	-5,2	-2,0
M 9-10	3,1751504	-8,0	-4,8
M 10-11	3,1751504	-8,4	-5,2
M 11-12	3,1751504	-14,0	-10,8
M 12-13	3,1751504	-13,8	-10,6
M 13-14	3,1751504	-10,0	-6,8
M 14-15	3,1751504	-11,4	-8,2
M 15-16	3,1751504	-10,6	-7,4
M 16-17	3,1751504	-13,1	-9,9
M 17-18	3,1751504	-13,3	-10,1
M 18-19	3,1751504	-12,0	-8,8
M 19-20	4,988183	-13,3	-8,3
M 20-21	4,988183	-7,8	-2,8

Tabel 10. Total Resistance Aktual Pada Saat Kosong

KOSONG			
SEGMENT	RR (%)	GR (%)	TR(%)
M 21-20	4,95275	7,8	12,7528
M 20-19	3,77165	13,3	17,0717
M 19-18	3,17515	12	15,1752
M 18-17	3,17515	13,3	16,4752
M 17-16	3,17515	13,1	16,2752
M 16-15	3,17515	10,6	13,7752
M 15-14	3,17515	11,4	14,5752
M 14-13	3,17515	10	13,1752
M 13-12	3,17515	13,8	16,9752
M 12-11	3,17515	14	17,1752
M 11-10	3,17515	8,4	11,5752
M 10-9	3,17515	8	11,1752
M 9-8	3,17515	5,2	8,37515
M 8-7	3,17515	13,8	16,9752
M 7-6	3,17515	15,4	18,5752
M 6-5	3,17515	17,3	20,4752
M 5-4	3,17515	10	13,1752
M 4-3	3,17515	-6,1	-2,9248
M 3-2	3,17515	-2,7	0,47515
M 2-1	3,77165	17,8	21,5717
M 1-0	3,77165	0,9	4,67165

5.3 Produktivitas Aktual Alat Angkut Sebelum Dilakukan Rancangan Perbaikan Nilai Total Resistance

Produksi pada Bulan Oktober 2019 di Front C adalah 139.590 ton sedangkan target perusahaan adalah 307.440 ton. Jumlah alat angkut yang beroperasi di Front C yaitu sebanyak 4 unit Dump Truck Komatsu HD 785-7.

Berdasarkan pengamatan dan penelitian di lapangan, waktu edar (cycle time) aktual Dump Truck Komatsu HD 785-7 adalah 25,53 menit dapat dilihat pada tabel 11 di bawah ini:

Tabel 11. Cycle Time Alat Angkut Dumptruck Komatsu 785-7

Waktu Tunggu Loading (menit)	Manuver Loading (menit)	Loading (menit)	Hauling Isi (menit)	Manuver Crusher (menit)	Dumping (menit)	Hauling Kosong (menit)	Cycle Time (menit)
3,762	0,656	2,178	9,22	0,199	0,423	9,087	25,53

Diketahui:

Kapasitas bucket (q_1) = 40 m³

Jumlah pengisian bucket (n) = 4

Effisiensi kerja dump truck (E_t) = 72% (Lampiran 9)

Waktu siklus dump truck (C_{mt}) = 25,53 menit

Density loose batu kapur = 1,54 ton/m³

Swell Factor = 0,6

Faktor bucket (K) = 90%

Produksi per siklus (C) = $q_1 \times K \times n$

= 40 m³ × 0,9 × 4

= 144 m³

Produksi per jam (P) = $\frac{C \times 60 \times E_t}{C_{ta}}$

= $\frac{144 \text{ m}^3 \times 60 \times 0,72}{25,53 \text{ menit}}$

= 243,7 m³/jam/unit

= 243,7 m³/jam × density loose batu kapur

= 243,7 m³/jam × 1,54 ton/m³

= 375,3 ton/jam/unit

5.4 Produktivitas Aktual Alat Angkut Setelah Dilakukan Simulasi Nilai Total Resistance

Perhitungan produksi batukapur dari loading point ke crusher di Front C PT. Semen Padang, baik produksi aktual maupun teoritis dilakukan berdasarkan hasil pengamatan dan penelitian di lapangan dengan mengacu pada data cycle time.

Produksi aktual didapatkan berdasarkan perhitungan cycle time yang diambil di lapangan. Cycle time untuk produksi teoritis didapat dari fixed time (waktu tetap) dan variable time (waktu berubah). Fixed time (waktu tetap) terdiri dari waktu manuver loading, waktu loading, waktu manuver dumping, waktu dumping, sedangkan variable time terdiri dari waktu angkut dan waktu kembali. Fixed time nilainya sama untuk produksi aktual maupun produksi teoritis. Sedangkan variable time untuk estimasi produksi teoritis diperoleh berdasarkan analisis rimpull dengan cara menentukan nilai rolling resistance, percepatan dan grade resistance.

5.4.1 Nilai Rolling Resistance

Nilai rolling resistance yang digunakan tetap sama dengan yang aktual. Karena rata-rata nilai rolling resistance menunjukkan kondisi jalan angkut yang terpelihara.

5.4.2 Nilai Grade Resistance

Perbaikan nilai *grade resistance* dilakukan dengan simulasi perbaikan *grade* yang melebihi rekomendasi perusahaan dan aturan Kepmen 1827 K yaitu 12% dapat dilihat pada tabel 12 dan 13.

Tabel 12. Simulasi *Grade Resistance* Setelah Simulasi pada Saat Bermuatan

SEGMENT	Grade Aktual	Grade Simulasi
M 0-1	-0,9	-0,9
M 1-2	-17,8	-12,0
M 2-3	2,7	2,7
M 3-4	6,1	6,1
M 4-5	-10,0	-10,0
M 5-6	-17,3	-12,0
M 6-7	-15,4	-12,0
M 7-8	-13,8	-12,0
M 8-9	-5,2	-5,2
M 9-10	-8,0	-8,0
M 10-11	-8,4	-8,4
M 11-12	-14,0	-12,0
M 12-13	-13,8	-12,0
M 13-14	-10,0	-10,0
M 14-15	-11,4	-11,4
M 15-16	-10,6	-10,6
M 16-17	-13,1	-12,0
M 17-18	-13,3	-12,0
M 18-19	-12,0	-12,0
M 19-20	-13,3	-12,0
M 20-21	-7,8	-7,8

Tabel 13. Simulasi *Grade Resistance* Setelah Simulasi pada Saat Kosong

SEGMENT	Grade Aktual	Grade Simulasi
M 21-20	7,8	7,8
M 20-19	13,3	12
M 19-18	12	12
M 18-17	13,3	12
M 17-16	13,1	12
M 16-15	10,6	10,6
M 15-14	11,4	11,4
M 14-13	10	10
M 13-12	13,8	12
M 12-11	14	12
M 11-10	8,4	8,4
M 10-9	8	8
M 9-8	5,2	5,2
M 8-7	13,8	12
M 7-6	15,4	12
M 6-5	17,3	12
M 5-4	10	10
M 4-3	-6,1	-6,1
M 3-2	-2,7	-2,7
M 2-1	17,8	17,8
M 1-0	0,9	0,9

5.4.3 Analisis Rimpull

Analisis *rimpull* hanya dilakukan untuk *grade* jalan yang melebihi target perusahaan dan yang ada dalam aturan Kepmen 1827 K yaitu pada segmen M 1-2, M 5-6, M 6-7, M 7-8, M 11-12, M 12-13, M 16 17, M 17-18, M 19-20 dan sebaliknya untuk keadaan kosong.

Contoh: Segmen M 1-2

Diketahui:

Berat *dump truck* bermuatan = 161,475 ton

Rolling resistance

$$= (20 \text{ kg/ton} + (15 \text{ kg/ton} \times \text{tire penetraion inch}))$$

$$= (20 \text{ kg/ton} + (15 \text{ kg/ton} \times 1,1811 \text{ inch}))$$

$$= 37,7165 \text{ kg/ton} = 83,15055023 \text{ lb/ton}$$

Rimpull percepatan = 20 lb/ton

Grade resistance

$$= 20\% \text{ lb/ton/\% grade} \times \% \text{ grade}$$

$$= 20\% \text{ lb/ton} \times -12\%$$

$$= -240 \text{ lb/ton}$$

a. Perhitungan *rimpull* untuk *rolling resistance* dan percepatan (a)

$$= \text{berat bermuatan} \times (\text{RR} + a)$$

$$= 161,475 \text{ ton} \times (83,15055023 \text{ lb/ton} + 20 \text{ lb/ton})$$

$$= 16656,24 \text{ lb}$$

b. Perhitungan *rimpull* untuk *grade resistance*

$$= \text{berat bermuatan} \times \text{GR}$$

$$= 161,475 \text{ ton} \times -240 \text{ lb/ton}$$

$$= -38754 \text{ lb}$$

Jadi, total *rimpull* adalah $16656,24 \text{ lb} + -38754 \text{ lb} =$

$-22097,76 \text{ lb}$. *Gear* yang cocok untuk *rimpull* tersebut adalah *gear* 5 . Kecepatan *gear* adalah 33,007 km/jam dan jarak 0,118 km. Maka waktu tempuh segmen M 1-2 adalah 0,214 menit.

Tabel 14 dan 15 di bawah ini merupakan perhitungan *rimpull* dan waktu tempuh alat angkut per segmen jalan dalam keadaan bermuatan dan kosong.

Tabel 14. Analisis *Rimpull* Alat Angkut pada Saat Bermuatan

SEGMENT	RP untuk RR dan a (lb)	RP untuk GR (lb)	Total Rimpull (lb)	Jarak (km)	Kecepatan (km/jam)	Waktu Tempuh (menit)
M 0-1	17959,66	-2906,55	15053,11	0,111	15	0,444
M 1-2	16656,24	-38754,00	-22097,76	0,118	33,01	0,214499955
M 2-3	14532,75	8719,65	23252,40	0,075	10	0,45
M 3-4	14532,75	19699,95	34232,70	0,049	20	0,147
M 4-5	14532,75	-32295,00	-17762,25	0,15	15	0,6
M 5-6	14532,75	-38754,00	-24221,25	0,127	33,01	0,230860121
M 6-7	14532,75	-38754,00	-24221,25	0,052	33,01	0,094525404
M 7-8	14532,75	-38754,00	-24221,25	0,087	33,01	0,158148272
M 8-9	14532,75	-16793,40	-2260,65	0,097	15	0,388
M 9-10	14532,75	-25836,00	-11303,25	0,075	20	0,225
M 10-11	14532,75	-27127,80	-12595,05	0,155	25	0,372
M 11-12	14532,75	-38754,00	-24221,25	0,05	33,01	0,090889811
M 12-13	14532,75	-38754,00	-24221,25	0,087	33,01	0,158148272
M 13-14	14532,75	-32295,00	-17762,25	0,05	13	0,230769231
M 14-15	14532,75	-36816,30	-22283,55	0,105	10	0,63
M 15-16	14532,75	-34232,70	-19699,95	0,085	15	0,34
M 16-17	14532,75	-38754,00	-24221,25	0,16	33,01	0,290847396
M 17-18	14532,75	-38754,00	-24221,25	0,06	33,01	0,109067774
M 18-19	14532,75	-38754,00	-24221,25	0,324	10	1,944
M 19-20	20986,98	-38754,00	-17767,02	0,045	33,01	0,08180083
M 20-21	20986,98	-25190,10	-17767,02	0,051	15	0,204
Total						7,403557064

Tabel 15. Analisis *Rimpull* Alat Angkut pada Saat Kosong

SEGMENT	RP untuk RR dan a (lb)	RP untuk GR (lb)	Total Rimpull (lb)	Jarak (km)	Kecepatan (km/jam)	Waktu Tempuh (menit)
M21-20	8571,96	11232	19803,96	0,051	15	0,204
M20-19	7426,84	17280	24706,84	0,045	25,009	0,107961134
M19-18	6480	17280	23760	0,324	15	1,296
M18-17	6480	17280	23760	0,06	25,009	0,143948179
M17-16	6480	17280	23760	0,16	25,009	0,38386181
M16-15	6480	15264	21744	0,085	12	0,425
M15-14	6480	16416	22896	0,105	10	0,63
M14-13	6480	14400	20880	0,05	12	0,25
M13-12	6480	17280	23760	0,087	25,009	0,208724859
M12-11	6480	17280	23760	0,05	25,009	0,119956816
M11-10	6480	12096	18576	0,155	20	0,465
M10-9	6480	11520	18000	0,075	20	0,225
M9-8	6480	7488	13968	0,097	15	0,388
M8-7	6480	17280	23760	0,087	25,009	0,208724859
M7-6	6480	17280	23760	0,052	25,009	0,124755088
M6-5	6480	17280	23760	0,127	25,009	0,304690311
M5-4	6480	14400	20880	0,15	15	0,6
M4-3	6480	-8784	-2304	0,049	20	0,147
M3-2	6480	-3888	2592	0,075	15	0,3
M2-1	7426,84	17280	24706,84	0,118	25,009	0,283098085
M1-0	7426,84	1296	24706,84	0,111	15	0,444
Total						7,25972114

Dari hasil perhitungan menggunakan analisis *rimpull* di atas, diperoleh waktu tempuh total setelah simulasi terhadap *total resistance* pada beberapa segmen jalan angkut. Maka diperoleh estimasi *cycle time* teoritis alat angkut setelah dilakukan simulasi terhadap *total resistance* pada beberapa segmen jalan angkut dapat dilihat pada tabel 16 di bawah ini:

Tabel 16. *Cycle Time* Setelah Simulasi Terhadap Nilai *Total Resistance* Alat Angkut *Dumptruck* Komatsu HD 785-7

Waktu Tunggu	Manuver Loading	Loading	Hauling Isi	Manuver Crusher	Dumping	Hauling Kosong	Cycle Time
(menit)	(menit)	(menit)	(menit)	(menit)	(menit)	(menit)	(menit)
3,762	0,656	2,178	7,4	0,199	0,423	7,26	21,878

Berdasarkan *cycle time* teoritis alat angkut setelah dilakukan simulasi terhadap nilai *total resistance* (tabel 22), maka produksi teoritis alat angkut *dump truck* Komatsu HD 785-7 sebagai berikut:

Diketahui:

$$\text{Kapasitas bucket } (q_1) = 40 \text{ m}^3$$

$$\text{Jumlah pengisian bucket } (n) = 4$$

$$\text{Efisiensi kerja dump truck } (Et) = 72\%$$

$$\text{Waktu siklus dump truck } (Cmt) = 21,878 \text{ menit}$$

$$\text{Density loose batu kapur} = 1,54 \text{ ton/m}^3$$

$$\text{Swell Factor} = 0,6$$

$$\text{Faktor bucket } (K) = 90\%$$

$$\text{Produksi per siklus } (C) = q_1 \times K \times n$$

$$= 40 \text{ m}^3 \times 0,9 \times 4$$

$$= 144 \text{ m}^3$$

$$\text{Produksi per jam } (P) = \frac{C \times 60 \times Et}{Cmt}$$

$$= \frac{144 \text{ m}^3 \times 60 \times 0,72}{21,878 \text{ menit}}$$

$$= 21,878 \text{ menit}$$

$$= 284,34 \text{ m}^3/\text{jam/unit}$$

$$= 284,34 \text{ m}^3/\text{jam} \times \text{density loose batu kapur}$$

$$= 284,34 \text{ m}^3/\text{jam} \times 1,54 \text{ ton/m}^3$$

$$= 437,88 \text{ ton/jam/unit}$$

5.4 Perbandingan Produktivitas Alat Angkut *Dump Truck* Komatsu HD 785-7 Sebelum dan Sesudah Dilakukan Simulasi Nilai *Total Resistance*

Tabel 17 di bawah ini menunjukkan perbandingan antara produktivitas alat angkut *dump truck* Komatsu HD 785-7 sebelum dan sesudah dilakukan simulasi nilai *total resistance* pada alat angkut.

Tabel 17. Perbandingan Produktivitas Alat Angkut *Dump Truck* Komatsu HD 785-7 Sebelum dan Sesudah Dilakukan Simulasi Nilai *Total Resistance*

	Sebelum Dilakukan Simulasi Nilai <i>Total Resistance</i>	Setelah Dilakukan Simulasi Nilai <i>Total Resistance</i>	Selisih
<i>Cycle Time</i> (menit)	25,53	21,878	-3,652
Produktivitas (ton/jam/unit)	375,3	437,88	98,58

Berdasarkan tabel di atas dapat dilihat bahwa *cycle time* alat angkut berkurang sebesar 3,652 menit dan produksi alat angkut meningkat sebesar 98,58 ton/jam/unit.

6 Kesimpulan dan Saran

6.1 Kesimpulan

1. Nilai *total resistance* aktual di *Front C* adalah:

a. Bermuatan

Nilai *total resistance* yang terkecil pada segmen M 20-21 sebesar -2,8% sedangkan yang terbesar pada segmen M 5-6 sebesar -14,1%.

b. Kosong

Nilai *total resistance* yang terkecil pada segmen M 3-2 sebesar 0,47515% sedangkan yang terbesar pada segmen M 2-1 sebesar 21,5717%.

2. Simulasi perbaikan nilai *total resistance* dilakukan dengan nilai *rolling resistance* disimulasikan dengan mengambil nilai *rolling resistance* terkecil dari semua segmen yaitu 3% dan pada *grade resistance* mengubah *grade* jalan menjadi 12% sesuai aturan Kepmen 1827 K.

Nilai *total resistance* setelah simulasi perbaikan adalah:

a. Bermuatan

Nilai *total resistance* yang terkecil pada segmen M 8-9 sebesar -2% sedangkan yang terbesar pada segmen M 3-4 sebesar 9,3%.

b. Kosong

Nilai *total resistance* yang terkecil pada segmen M 3-2 sebesar 0,47515% sedangkan yang terbesar pada segmen M 20-19 sebesar 15,77%.

3. Produktivitas alat angkut sebelum dilakukan simulasi terhadap nilai *total resistance* adalah 375,3 ton/jam/unit dengan waktu edar 25,53 menit.
4. Produktivitas alat angkut setelah dilakukan simulasi terhadap nilai *total resistance* adalah 437,88 ton/jam/unit dengan waktu edar 21,88 menit.

6.2 Saran

1. Perlu dilakukan perawatan dan pemadatan terhadap permukaan jalan angkut secara berkala sehingga akan meningkatkan efisiensi kerja alat angkut.
2. Perlu dilakukan penurunan *grade* jalan angkut sesuai aturan Kepmen 1827 K yaitu 12%, sehingga alat angkut bisa bekerja optimal sehingga mengurangi *cycle time* dan meningkatkan produksi.
3. Perlu dilakukan pelebaran jalan pada beberapa segmen yang masih belum memenuhi standar, baik untuk jalan lurus maupun jalan tikungan.

Daftar Pustaka

- [1] Suwandhi, Awang. 2004. *Diktat Perencanaan Tambang Terbuka seri Perencanaan Jalan Tambang*. Bandung: Universitas Teknologi Bandung.
- [2] Nasrul, F. F., & Ansosry, A. (2019). Evaluasi Pengaruh Geometri Hauling Road Batubara Terhadap Produksi Dump Truck Iveco 380 Trakker Dari Pit Sari Menuju Stockpile PT. Adimitra Baratama Nusantara, Sangasanga, Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur. *Bina Tambang*, 4(1), 114-123.
- [3] Rifandy, A. (2016). KAJIAN TEKNIS GEOMETRI JALAN HAULING PADA PT. GURUH PUTRA BERSAMA SITE DESA GUNUNG SARI KECAMATAN TABANG KABUPATEN KUTAI KARTANEGARA. *Jurnal Geologi Pertambangan (JGP)*, 1(19).
- [4] Oktafian, N., & Sumarya, S. (2018). 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 Jambi. *Bina Tambang*, 3(4), 1377-1386.
- [5] Maharani, F., & Sumarya, S. (2018). Evaluasi Pengaruh Geometri Jalan Angkut Terhadap Produktivitas Dump Truck Mitsubishi Fuso 220 PS dari Front Penambangan Menuju Unit Crusher pada Penambangan Batu Andesit PT Koto Alam Sejahtera. *Bina Tambang*, 3(4), 1492-1501.
- [6] Anaperta, Y. M., & Ikmal, M. (2018). Evaluasi Pengaruh Geometri Jalan Angkut Overburden Terhadap Produksi Oht Caterpillar 777d Dari Pit 1 Utara Loading Point Ce 7139 Menuju Ipd 1 N, Pt. Adimitra Baratama Nusantara, Sanga-Sanga, Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur. *JTIP: Jurnal Teknologi Informasi dan Pendidikan*, 11(2), 63-71.
- [7] BAKAR, S. R. B. PENGARUH GEOMETRI JALAN SEBELUM DAN SETELAH PERBAIKAN JALAN TERHADAP PRODUKTIVITAS DAN KONSUMSI BAHAN BAKAR.
- [8] Wicaksana, Yudhiya, dkk. (2011). Analisis Koefisien Tahanan Gulir Alat Angkut Dump Truck pada Jalan Angkut Di Kuari Batugamping. *Jurnal. TPT XX PERHAPI* 2011.
- [9] Nabar, Darmansyah. 1998. *Pemindahan Tanah Mekanis dan Alat Berat*. Palembang: Universitas Sriwijaya.
- [10] Nafis, M. F., Zaenal, Z., & Guntoro, D. (2019). Kajian Pengaruh Grade Resistance dan Rolling Resistance terhadap Produktivitas Pengangkutan Overburden di PT. Timah (Persero), Tbk Kecamatan Pemali, Kabupaten Bangka, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung.
- [11] Tarsito, S. (2014). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Alfabeta. Bandung.
- [12] Sevendra, D., Sumarya, S., & Anaperta, Y. M. (2018). ANALISIS HUBUNGAN TOTAL RESISTANCE DAN KECEPATAN TERHADAP KONSUMSI BAHAN BAKAR DUMPTRUCK KOMATSUHD785DAN CATERPILLAR HD777DI PT. SEMEN PADANG. *Bina Tambang*, 3(1), 566-580.
- [13] Silalahi, D., Triantoro, A., & Hakim, R. N. (2019). ANALISIS PENGARUH TOTAL RESISTANCE TERHADAP KECEPATAN ALAT ANGKUT DUMP TRUCK HD 785 DALAM KEGIATAN PENGANGKUTAN OVERBURDEN PADA JALAN ANGKUT PIT S12GN MENUJU DISPOSAL MOA PADA PT KITADIN SITE EMBALUT, KALIMANTAN TIMUR. *Jurnal GEOSAPTA*, 5(1), 1-4.