

Pengaruh Total Resistance Terhadap Produktivitas Dump Truck Komatsu HD 785-7 di Area IUP 329 Ha PT. Semen Padang

Ade Fikri^{1*} Tri Gamela Saldy¹

¹Departemen Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

[*adefikri550@gmail.com](mailto:adefikri550@gmail.com)

Abstract. PT. Semen Padang is a company that focuses on the cement industry with locations in Indarung, West Sumatra. One of the natural resources needed is limestone as a raw material for making cement. This study conducted a comparative analysis of productivity with fuel consumption used against working hours. The analysis carried out is to look at the effect of productivity on dump truck fuel. The transportation equipment used in this study is the Dump Truck Komatsu HD-785 with the hauling distance from PNBP 6 to Crusher VI of 1.23 km with an average road slope of 11.2% and along with such productivity targets will certainly affect material consumption. fuel, so that with a longer travel time will result in greater fuel use. This research was conducted on the productivity process with the aim of optimizing the productivity of the transportation equipment, obtaining a lower fuel ratio value, and using fuel for the Komatsu HD-785-7 transportation equipment to achieve productivity targets.

Keywords: Productivity, Conveyance, Fuel, Dump Truck, Fuel Ratio.

1. Pendahuluan

PT. Semen Padang adalah perusahaan yang berdiri sejak tahun 1990 merupakan perusahaan tertua di Indonesia. Perusahaan ini merupakan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) menjadi produsen semen nasional untuk kebutuhan pasar dalam negeri dengan daerah pemasaran dari pulau Sumatera sampai Kalimantan. Dalam hal metode penambangan yang dilakukan oleh PT. Semen Padang adalah metode tambang terbuka dengan sistem quarry mining yang meliputi kegiatan land clearing, pembongkaran material dengan cara peledakan, pemuatan, pengangkutan dan pengolahan material.

Lokasi penelitian penulis berada di PNBP Bukit Tarajang. Pengangkutan batu gamping menggunakan alat mekanis yaitu alat angkut Komatsu HD 785-7 dan alat gali muat Hitachi PC 2600, di area PNBP faktor penting yang perlu di pertimbangkan yaitu konsumsi bahan bakar.

Dari observasi dan wawancara dilapangan Pemakaian bahan bakar solar pada alat angkut Komatsu HD 785-7 di PNBP 6 PT. Semen Padang yaitu 47 liter/jam dan fuel ratio aktual 0,42 liter/bcm yang berarti besar dari standar yang ditentukan, karena tingkat konsumsi bahan bakar paling besar dilakukan pada proses pengangkutan oleh alat angkut berupa dump truck, oleh karena itu perlu dilakukan analisis yang mempengaruhi konsumsi bahan bakar pada dump truck agar produktivitas alat angkut dari front ke crusher mencapai target.

Menurut Merlin Nabella (2016) mengatakan bahwa kebutuhan solar untuk alat angkut dump truck merupakan kebutuhan paling besar pada kegiatan Penambangan

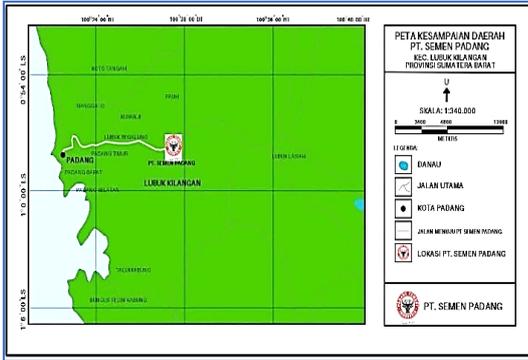
Batuan Andesit di PT. Gunung Sempurna Makmur, Jawa Barat dengan nilai Fuel Ratio aktual di lapangan untuk jarak angkut 1,2 Km sebesar 0,65 liter/BCM, sedangkan untuk jarak angkut 1,4 Km sebesar 0,79 liter/BCM.

Sejalan dengan penelitian Merlin Nabella maka penulis meneliti pemakaian bakar pada dumpttruck di PT. Semen Padang agar. Evaluasi yang dilakukan adalah membandingkan konsumsi bahan bakar alat angkut dengan grade jalan, dan waktu edar alat angkut berdasarkan produktivitas dump truck agar tercapai produktivitas. Penelitian ini dilakukan adalah untuk mengoptimalkan produktivitas sehingga dapat meminimalkan nilai dari fuel ratio.

2. Lokasi Penelitian

2.1 Deskripsi Perusahaan

PT. Semen Padang merupakan perusahaan pabrik semen yang tertua di Indonesia. PT. Semen Padang merupakan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang terletak di Kelurahan Indarung, Kecamatan Lubuk Kilangan, yang jaraknya kurang lebih 15 Km dari Pusat Kota Padang dengan ketinggian + 200 m dari permukaan laut.



Gambar 1. Lokasi Kesampaian Daerah

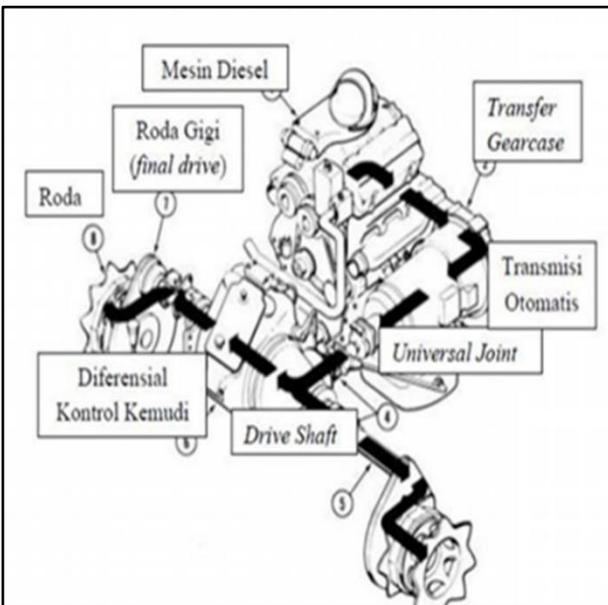
3. Kajian Teori

Alat angkut sangat mempengaruhi kelancaran operasional tambang. Salah satu untung atau rugi suatu penambangan dipengaruhi oleh kelancaran sarana angkutan yang tersedia. Dalam menentukan pemilihan alat untuk menunjang operasional penambangan banyak faktor yang harus dipertimbangkan. Dua hal utama yang wajib menjadi bahan pertimbangan agar unit dapat bernilai ekonomis dan menghasilkan revenue yang maksimal adalah kesiapan suku cadang dan konsumsi bahan bakar (Fuel Consumption).

3.1 Penggunaan bahan bakar pada mesin kendaraan

3.1.1 Sistem penggerak

Daya mesin atau dalam bahasa Inggrisnya (Engine Horsepower) dan pengoperasian gigi (operating gear) adalah faktor utama yang menentukan besar tenaga atau kekuatan yang tersedia untuk drawbar pada mesin. Daya mesin yang bergerak dihasilkan oleh bahan bakar solar dan oksigen melalui sistem pembakaran di dalam silinder mesin. Secara umum, sistem penggerak yang menggerakkan mesin kendaraan pada alat angkut



mempunyai diagram seperti pada Gambar 2.

Gambar 2. drive engine

3.1.2 rimpull /tractive effort

Rimpull/Tractive Effort merupakan besarnya gaya/kekuatan tarik yang dapat diberikan oleh mesin suatu alat kepada permukaan roda atau ban penggerak yang menyentuh permukaan jalur jalan. Rimpull biasanya dinyatakan dalam pounds (lbs) dan dapat dihitung dengan persamaan rumus 1.

$$\text{Rimpull} = \frac{(375) \times \text{HP} \times \text{efficiency}}{\text{speed}(\text{mph})} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

RP = rimpull atau gaya Tarik (lb)

HP = Horsepower (hp)

Gambar 3. Rimpull Komastu HD 785-7

gear	Kecepatan		Kekuatan mesin (HP)	Efisiensi	
	(km/jam)	(mph)		Mesin	rimpull (lbs)
1 st	9,00	5,59	1200	0,80	64412
2 nd	12,00	7,45	1200	0,80	48309
3 rd	17,00	10,56	1200	0,80	34101
4 th	25,00	15,53	1200	0,80	23188
5 th	33,00	20,49	1200	0,80	17567
6 th	45,00	27,95	1200	0,80	12882
7 th	60,00	37,26	1200	0,80	9662

Gambar 3. Rimpull Komastu HD 785-7

3.1.3 waktu edar alat angkut

Waktu edar atau cycle time alat angkut adalah waktu yang digunakan oleh alat angkut untuk melakukan kegiatan satu siklus, yaitu yang terdiri dari waktu menunggu alat untuk dimuat, waktu mengatur posisi untuk dimuat, waktu diisi muatan, waktu mengangkut muatan, waktu dumping dan waktu kembali kosong.

Rumus:

$$\text{CT} = \text{LT} + \text{HT} + \text{DT} + \text{RT} + \text{ST} + \text{DLT} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

CT: Cycle Time

LT: Loading Time

HT: Hauling Time

DT: Dumping Time

RT: Retuning Time

ST: Spotting Time

DLT: Delay Loading Time

3.1.4 efisiensi kerja

Efisiensi kerja adalah perbandingan antara jam produktif terhadap jam kerja alat. Jam kerja alat terbagi menjadi 2 yaitu, waktu jam kerja produktif dan waktu jam tersedia dalam satuan menit atau detik.

Efisiensi kerja alat angkut dapat dihitung berdasarkan rumus berikut. Rumus efisiensi kerja yaitu:

$$\text{Eff} = \frac{w_p}{w_t} \times 100\% \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan :

Eff= Waktu efesiensi kerja(%)
 Wp= Waktu kerja produktif (menit)
 Wt= Waktu kerja tersedia (menit)

3.1.5 Produktivitas alat angkut

$$P=(c \times 60 \times E) / Cmt \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan:
 P = Produksi perjam dump truck (m³/jam)
 C = Kapasitas produksi persiklus dump truck (m³)
 E = Efisiensi kerja dump truck
 Cmt = Waktu siklus dump truck (menit)

$$C = ql \times k \times n \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan:
 ql = Kapasitas bucket alat pemuat (m³)
 k = Faktor bucket alat pemuat
 n = Jumlah siklus yang diperlukan alat muat untuk mengisi dump truck.

3.2. Faktor- faktor yang Mempengaruhi produktivias

3.2.1 Total Resistance

Total Resitance yaitu tahanan-tahanan yang mempengaruhi produksi alat yaitu Rolling Resistance dan Grade Resistance.

- Tahan Gulir

Besarnya tahanan gulir dinyatakan dalam pounds (lbs) dari tractive pull yang diperlukan untuk menggerakkan tiap gross ton berat kendaraan beserta isinya pada jalur jalan mendatar dengan kondisi jalur jalan tertentu. Beberapa angka tahanan gulir untuk berbagai macam jalan dapat dilihat pada gambar.

Macam jalan	RR untuk ban karet (lb/ton)
Keras, permukaan halus, terawat.	40
Tegas, permukaan fleksibel, terawat	65
Jalan tanah, kontruksi jalan rata, terawat.	100
Jalan tanah lembut	150
Mendalam, permukaan berlumpur, pasir lepas	250-400

Gambar 4. Tahanan gulir

- Tahanan Kemiringan

Tahanan kemiringan adalah besarnya gaya berat yang melawan pergerakan kendaraan menaiki permukaan miring yang licin. Saat kendaraan bergerak menaiki sebuah permukaan miring yang menanjak, daya tarik total (tractive effort/rimpull) yang dibutuhkan untuk menjaga pergerakan kendaraan bertambah sebanding dengan kemiringan jalan.

$$GR = W \times Grade \text{ Jalan} \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan:
 GR = Tahanan kemiringan (lbs)
 W = Berat (ton)

3.2.2 fill factor

Fill factor merupakan perbandingan persentase antara kapasitas muat nyata dengan kapasitas baku alat muat. Semakin besar fill factor, maka semakin besar juga kemampuan nyata dari alat tersebut.

Rumus fill factor sebagai berikut:

$$FF = \frac{Vb}{Vd} \times 100\% \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan :
 FF = Faktor Isian
 Vb = Volume nyata (ton.m³)
 Vd = Volume Teoritis (ton.m³)

3.2.3 Swell Factor

Pengembangan dan penyusutan material adalah perubahan volume material apabila material tersebut digali/dipindahkan dari tempat aslinya. Material di alam ditemukan dalam keadaan padat dan terkonsolidasi dengan baik, dimana bagian yang kosong merupakan rongga – rongga pemisah antar butir mineral yang sangat kecil. Tetapi apabila suatu material tersebut diberaikan dan digali dari keadaan awalnya, maka akan tampak terjadi penambahan volume yang disebabkan terbentuknya rongga– rongga baru yang lebih besar dari sebelumnya.

$$SF = \frac{\text{loose density}}{\text{bank density}} \times 100\% \dots\dots\dots(8)$$

Keterangan:
 SF= Swell factor
 Bank Density = Massa jenis batuan insitu
 Loose density = Massa jenis material lepas atau yang sudah digali

3.2.4 Bahan bakar

Konsumsi bahan bakar adalah total pemakaian bahan bakar yang digunakan pada masing-masing alat angkut yang ditunjukkan dalam volume liter per jam. Konsumsi bahan bakar aktual di lapangan dapat dihitung dengan menggunakan rumus dibawah ini:

$$FC = \frac{m \times \frac{60}{CT}}{FD} \dots\dots\dots(9)$$

Keterangan:
 FC= Fuel Consumption(liter/jam)
 m= masa konsumsi bahan bakar (kg/jam)
 CT=Cycle Time alat angkut(menit)
 FD=Fuel Density (gr/liter)

3.2.5 fuel ratio

Fuel ratio adalah perbandingan antara jumlah konsumsi bahan bakar (liter/jam) dengan produksi yang dihasilkan (bcm/jam). Nilai fuel ratio dapat dihitung dengan memasukan data konsumsi bahan bakar alat per jam kemudian dibagi dengan akan diperoleh nilai fuel ratio

dari alat angkut. Nilai Fuel Ratio dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$FR = \frac{FC}{Q} \dots \dots \dots (10)$$

Keterangan:

FR= Fuel Ratio (liter/jam)

FC= Fuel consumption (liter/jam)

Q= Produktivitas (bcm/jam)

4. Metodologi Penelitian

4.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini termasuk jenis penelitian terapan. Penelitian terapan (applied research) dilakukan berkenaan dengan kenyataan – kenyataan praktis, penerapan, dan pengembangan ilmu pengetahuan yang dihasilkan oleh penelitian dasar dalam kehidupan nyata. Penelitian terapan berfungsi untuk mencari solusi tentang masalah – masalah tertentu.

4.2 Teknik Pengambilan Data

Dalam pelaksanaan penelitian ini dilakukan beberapa cara pengumpulan informasi atau data, yang bertujuan untuk mendapatkan gambaran dan pemahaman mengenai objek yang menjadi fokus penelitian. 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 metode data yang berasal dari literatur dan wawancara dengan pihak perusahaan. Kedua metode tersebut digunakan untuk proses pemecahan masalah yang dilakukan oleh penulis. Data yang diambil adalah sebagai berikut.

4.3 Objek Penelitian

Adapun yang menjadi objek pada penelitian ini adalah area yang akan menjadi jalan dump truck HD 785-7 PT. Semen Padang. Dimana penulis melakukan kegiatan pengamatan secara langsung di lapangan pada area tersebut.

mendapatkan kesimpulan akhir dari hasil penelitian yang dilakukan.

5. Hasil Penelitian dan Pembahasan

5.1. Hasil Penelitian

5.1.1. Produktivitas

- Lokasi penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT Semen Padang pada salah satu Front yaitu PNB 6. PNB 6 merupakan salah satu Front yang sedang dikerjakan oleh PT.Semen Padang dalam operasi penambangan dan dibantu oleh PT.UTSG yang merupakan perusahaan kontraktor. PT. Semen Padang terletak di Indarung, Padang, Sumatera Barat. Penelitian ini dilakukan pada awal bulan akhir November hingga akhir Desember 2022.

Operasi penambangan yang dilakukan adalah tambang Quarry atau tambang terbuka dengan alat angkut yang digunakan pada Front PNB 6 yaitu menggunakan 4 buah Dump Truck HD 785-7 dengan bermuatan 90 ton dan alat gali muat EH 6 PC 2600 dan alat support Wheel loader LC 06. Untuk pengisian bahan bakar alat mekanis menggunakan fuel dump truck.

- Kondisi alat angkut

Besarnya konsumsi bahan bakar alat angkut dapat dipengaruhi bagaimana kondisi keadaan jalan angkut serta produktivitas alat angkut tersebut. Jika keadaan jalan angkut memiliki grade yang sangat tinggi akan mempengaruhi waktu edar alat angkut.

Waktu edar yang tinggi akan menyebabkan produktivitas alat angkut tidak tercapai, semakin tinggi waktu alat edar maka semakin rendah produktivitas alat angkut dan begitu juga sebaliknya. Dari pengamatan lapangan diketahui keadaan pada jalan angkut yaitu permukaan jalan yang tinggi dan juga lebar dari jalan angkut sudah cukup.

Hal ini dibuktikan dengan penelitian yang didapatkan memiliki grade jalan diatas 10%. Dalam penelitian ini alat yang digunakan adalah Komatsu HD 785-7 dan alat angkut EH 6 PC 2600 dan alat support yaitu Wheel Loader LC 06.



Gambar 5. Kondisi iup 329

Grade jalan angkut sangat mempengaruhi konsumsi bahan bakar dan produktivitas alat angkut. PT. Semen Padang memiliki standar grade jalan sesuai “ American Assocation of State Transportation Highway Officials (AASHTO) yaitu batas maksimum 10%.

Dari hasil pengamatan peneliti di PT. Semen Padang di dapatkan grade rata rata 11,2 % dari front PNB 6 ke crusher 6 secara aktual. Disimpulkan bahwa semakin tinggi grade jalan maka semakin tinggi kinerja mesin yang dikeluarkan alat angkut sehingga konsumsi bahan bakar menjadi tinggi dan begitu juga sebaliknya hal ini berpengaruh pada produktivitas. semakin tinggi grade jalan maka semakin rendah cycle time alat angkut.

Oleh karena itu perlu perbaikan pada grade jalan agar produktivitas naik dan kinerja dump truck maksimal.

Tabel 1. Grade jalan

Segmen Jalan	Jarak (Meter)	Cum Jarak (Meter)	Beda Tinggi (Meter)	Grade (%)
1	80	0	0	0.0
2	91	133	11	8.3
3	75	208	10	13.3
4	74	282	11	14.9
5	58	340	7	12.1
6	92	432	12	13.0
7	101	533	11.5	11.4
8	124	657	17	13.7
9	93	750	9	11.1
10	108	858	12	11.1
11	109	967	14	12.8
12	59	1026	8	13.6
13	85	1111	10	11.8
14	82	1193	10	12.2
total	1,273		143	11.2

- Kecepatan

Kecepatan sangat penting dalam produksi dimana jika kecepatan tidak sesuai maka produktivitas tidak tercapai. Kecepatan dipengaruhi oleh hambatan total resistance.

Untuk di pnbp 6 PT. Semen Padang data kecepatan aktual yang diamati yaitu.

Tabel 2. kecepatan aktual

segmen	kecepatan km/jam	
	hauling	returning
1	14	25
2	12	17
3	11	15
4	11	13
5	12	16
6	11	15
7	10	16
8	10	15
9	11	15
10	13	16
11	12	17
12	12	17
13	11	16
14	12	15

- Total Resistance

Tabel 3. Total resistance saat bermuatan

segmen	GVW (ton)	Jarak (meter)	(CRR) (lbs/ton)	(RR) (lbs)	(Grade) %	Nilai GR (lbs/ton)	(GR) (lbs)	TR (lbs)
1	163	80	40.00	6520	0	20	0	6520
2	163	133	40.00	6520	8	20	26962	33482
3	163	75	40.00	6520	13	20	42380	48900
4	163	74	40.00	6520	15	20	48459	54979
5	163	58	40.00	6520	12	20	39120	45640
6	163	92	40.00	6520	13	20	42380	48900
7	163	101	40.00	6520	11	20	35860	42380
8	163	124	40.00	6520	14	20	44694	51214
9	163	93	40.00	6520	11	20	35860	42380
10	163	108	40.00	6520	11	20	35860	42380
11	163	109	40.00	6520	13	20	42380	48900
12	163	59	40.00	6520	14	20	44203	50723
13	163	85	40.00	6520	11	20	35860	42380
14	163	82	40.00	6520	12	20	39120	45640

Tabel 4. Total resistance saat bermuatan kosong

Segmen	GVW (ton)	Jarak (Meter)	(CRR) (lbs/ton)	RR (Lbs)	grade (%)	Nilai GR (lbs/ton)	GR (Lbs)	TR (Lbs)
14	72	82	40.00	2880	12	20	17280	20160
13	72	85	40.00	2880	11	20	15840	18720
12	72	59	40.00	2880	14	20	20160	23040
11	72	109	40.00	2880	13	20	18720	21600
10	72	108	40.00	2880	11	20	15840	18720
9	72	93	40.00	2880	11	20	15840	18720
8	72	124	40.00	2880	14	20	20160	23040
7	72	101	40.00	2880	11	20	15840	18720
6	72	92	40.00	2880	13	20	18720	21600
5	72	58	40.00	2880	12	20	17280	20160
4	72	74	40.00	2880	15	20	21600	24480
3	72	75	40.00	2880	13	20	18720	21600
2	72	133	40.00	2880	8	20	11520	14400
1	72	80	40.00	2880	0	20	0	2880

- Simulasi perbaikan total resistance

Simulasi yang dilakukan yaitu dengan perbaikan jalan agar nilai dari total resistance turun, waktu edar alat angkut, dan produktivitas meningkat

Tabel 5. Simulasi perbaikan total resistance saat bermuatan

Segmen	GVW (ton)	Jarak (meter)	(CRR) (lbs/ton)	(RR) (lbs)	(GR) %	Nilai GR (Lbs/ton)	(GR) (lbs)	TR (lbs)
1	163	80	40.00	6520	0	20	0	6520
2	163	133	40.00	6520	8	20	26962	33482
3	163	75	40.00	6520	10	20	32600	39120
4	163	74	40.00	6520	10	20	32600	39120
5	163	58	40.00	6520	10	20	32600	39120
6	163	92	40.00	6520	10	20	32600	39120
7	163	101	40.00	6520	10	20	32600	39120
8	163	124	40.00	6520	10	20	32600	39120
9	163	93	40.00	6520	10	20	32600	39120
10	163	108	40.00	6520	10	20	32600	39120
11	163	109	40.00	6520	10	20	32600	39120
12	163	59	40.00	6520	10	20	32600	39120
13	163	85	40.00	6520	10	20	32600	39120
14	163	82	40.00	6520	10	20	32600	39120

Tabel 6. Simulasi perbaikan total resistance saat kosong

Segmen	GVW (ton)	Jarak (Meter)	(CRR) (lbs/ton)	RR (Lbs)	(Grade) (%)	Nilai GR (lbs/ton)	GR (Lbs)	T (Lbs)
14	72	82	40.00	2880	10	20	14400	17280
13	72	85	40.00	2880	10	20	14400	17280
12	72	59	40.00	2880	10	20	14400	17280
11	72	109	40.00	2880	10	20	14400	17280
10	72	108	40.00	2880	10	20	14400	17280
9	72	93	40.00	2880	10	20	14400	17280
8	72	124	40.00	2880	10	20	14400	17280
7	72	101	40.00	2880	10	20	14400	17280
6	72	92	40.00	2880	10	20	14400	17280
5	72	58	40.00	2880	10	20	14400	17280
4	72	74	40.00	2880	10	20	14400	17280
3	72	75	40.00	2880	10	20	14400	17280
2	72	133	40.00	2880	8	20	11520	14400
1	72	80	40.00	2880	0	20	0	2880

- Rimpull

Diketahui besar efisiensi kerja mesin HD komatsu 785-7 dengan tenaga mesin sebesar 1200 HP dengan perhitungan yang ada, maka rimpull dapat ditentukan dengan persamaan.

Sehingga didapatkan rimpull pada gigi 1 dengan kecepatan maksimum 5,59 mph, sebagai berikut :

$$RP = \frac{375 \times HP \times \text{efisiensi mesin } 80\%}{\text{kecepatan (mph)}}$$

$$RP = \frac{375 \times 1200 \times 80\%}{5,59 \text{ (mph)}}$$

RP= 64412 lbs

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel di bawah

Tabel 7. Rimpull Komatsu HD 785-7

gear	Kecepatan		Kekuatan mesin		Mesin	rimpull (lbs)
	(km/jam)	(mph)	(HP)	(GR)		
1 st	9,00	5,59	1200	0,80	0,80	64412
2 nd	12,00	7,45	1200	0,80	0,80	48309
3 rd	17,00	10,56	1200	0,80	0,80	34101
4 th	25,00	15,53	1200	0,80	0,80	23188
5 th	33,00	20,49	1200	0,80	0,80	17567
6 th	45,00	27,95	1200	0,80	0,80	12882
7 th	60,00	37,26	1200	0,80	0,80	9662

Tabel 8. Rimpull setelah perbaikan saat bermuatan

segmen	GVW (ton)	Jarak (meter)	(CRR) (lbs/ton)	Rimpull (RR) (lbs)	(GR) (%)	Nilai GR (lbs/ton)	Rimpull (GR) (lbs)	Total rimpull (lbs)
1	163	80	40,00	6520	0	20	0	6520
2	163	133	40,00	6520	8	20	26962	33482
3	163	75	40,00	6520	10	20	32600	39120
4	163	74	40,00	6520	10	20	32600	39120
5	163	58	40,00	6520	10	20	32600	39120
6	163	92	40,00	6520	10	20	32600	39120
7	163	101	40,00	6520	10	20	32600	39120
8	163	124	40,00	6520	10	20	32600	39120
9	163	93	40,00	6520	10	20	32600	39120
10	163	108	40,00	6520	10	20	32600	39120
11	163	109	40,00	6520	10	20	32600	39120
12	163	59	40,00	6520	10	20	32600	39120
13	163	85	40,00	6520	10	20	32600	39120
14	163	82	40,00	6520	10	20	32600	39120

Tabel 9. Rimpull setelah perbaikan saat kosong

Segmen	GVW (ton)	Jarak (Meter)	(CRR) (lbs/ton)	Rimpull (RR) (Lbs)	(Grade) (%)	Nilai GR (lbs/ton)	Rimpull (GR) (Lbs)	Tot rimpull (Lbs)
14	72	82	40,00	2880	10	20	14400	17280
13	72	85	40,00	2880	10	20	14400	17280
12	72	59	40,00	2880	10	20	14400	17280
11	72	109	40,00	2880	10	20	14400	17280
10	72	108	40,00	2880	10	20	14400	17280
9	72	93	40,00	2880	10	20	14400	17280
8	72	124	40,00	2880	10	20	14400	17280
7	72	101	40,00	2880	10	20	14400	17280
6	72	92	40,00	2880	10	20	14400	17280
5	72	58	40,00	2880	10	20	14400	17280
4	72	74	40,00	2880	10	20	14400	17280
3	72	75	40,00	2880	10	20	14400	17280
2	72	133	40,00	2880	8	20	11520	14400
1	72	80	40,00	2880	0	20	0	2880

Tabel 10. Total rimpull

Segmen	rimpull total (lbs)	
	bermuatan	kosong
1	6520	2880
2	33482	14400
3	39120	17280
4	39120	17280
5	39120	17280
6	39120	17280
7	39120	17280
8	39120	17280
9	39120	17280
10	39120	17280
11	39120	17280
12	39120	17280
13	39120	17280
14	39120	17280

- Kecepatan alat angkut setelah perbaikan

Kecepatan sangat berpengaruh terhadap produktivitas alat angkut, dimana jika kecepatan semakin cepat maka waktu edar alat angkut semakin kecil.

$$\text{Kecepatan} = \frac{HP \times 375 \times \text{effisiensi mesin}}{\text{rimpull}} \dots \dots \dots (11)$$

Tabel 11. Kecepatan setelah perbaikan saat bermuatan

segmen	total rimpull saat bermuatan	gear	kecepatan	
			mph	km/jam
1	6520	7	37.26	60
2	33482	4	10.75	17.3
3	39120	3	9.2	14.8
4	39120	3	9.2	14.8
5	39120	3	9.2	14.8
6	39120	3	9.2	14.8
7	39120	3	9.2	14.8
8	39120	3	9.2	14.8
9	39120	3	9.2	14.8
10	39120	3	9.2	14.8
11	39120	3	9.2	14.8
12	39120	3	9.2	14.8
13	39120	3	9.2	14.8
14	39120	3	9.2	14.8

Tabel 12. Kecepatan setelah perbaikan saat kosong

segmen	total rimpull saat kosong	gear	kecepatan	
			mph	km/jam
1	2880	7	37.26	60
2	14400	6	25	40.23
3	17280	5	20.8	33.4
4	17280	5	20.8	33.4
5	17280	5	20.8	33.4
6	17280	5	20.8	33.4
7	17280	5	20.8	33.4
8	17280	5	20.8	33.4
9	17280	5	20.8	33.4
10	17280	5	20.8	33.4
11	17280	5	20.8	33.4
12	17280	5	20.8	33.4
13	17280	5	20.8	33.4
14	17280	5	20.8	33.4

- Waktu tempuh setelah perbaikan dengan simulasi

Untuk perhitungan waktu setelah perbaikan sebagai berikut:

$$\text{Waktu} = \frac{\text{jarak}}{\text{kecepatan}} \dots \dots \dots (12)$$

Tabel 13. Waktu tempuh saat bermuatan

segmen	jarak		kecepatan (km/jam)	waktu	
	m	km		jam	menit
1	80	0.08	60	0.001333333	0.08
2	133	0.133	17.3	0.007687861	0.461272
3	75	0.075	14.8	0.005067568	0.304054
4	74	0.074	14.8	0.005	0.3
5	58	0.058	14.8	0.003918919	0.235135
6	92	0.092	14.8	0.006216216	0.372973
7	101	0.1	14.8	0.006756757	0.405405
8	124	0.124	14.8	0.008378378	0.502703
9	93	0.093	14.8	0.006283784	0.377027
10	108	0.108	14.8	0.007297297	0.437838
11	109	0.1	14.8	0.006756757	0.405405
12	59	0.059	14.8	0.003986486	0.239189
13	85	0.085	14.8	0.005743243	0.344595
14	82	0.082	14.8	0.005540541	0.332432
					4.798028

Tabel 14. Waktu tempuh saat kosong

segmen	jarak		kecepatan (km/jam)	waktu	
	m	km		jam	menit
1	80	0.08	60	0.001333333	0.08
2	133	0.133	40.23	0.003305991	0.198359
3	75	0.075	33.4	0.002245509	0.134731
4	74	0.074	33.4	0.002215569	0.132934
5	58	0.058	33.4	0.001736527	0.104192
6	92	0.092	33.4	0.002754491	0.165269
7	101	0.1	33.4	0.002994012	0.179641
8	124	0.124	33.4	0.003712575	0.222754
9	93	0.093	33.4	0.002784431	0.167066
10	108	0.108	33.4	0.003233533	0.194012
11	109	0.1	33.4	0.002994012	0.179641
12	59	0.059	33.4	0.001766467	0.105988
13	85	0.085	33.4	0.00254491	0.152695
14	82	0.082	33.4	0.00245509	0.147305
					2.164587

- Bucket fill factor

Nilai *Bucket fill factor* alat gali muat berdasarkan kondisi material yang terdapat di lapangan. Nilai *bff* didapatkan dari pengamatan langsung di lapangan. Dari hasil pengamatan diketahui bahwa material dari bucket excavator, sehingga nilai *bff* adalah sebesar 100% atau 1.

- Swell factor

PT. Semen Padang sudah memiliki data density batu kapur yaitu density bank 2,65 dan density loose 1,65. SF PT. Semen Padang sebagai berikut ;

$$Swell\ factor = \frac{1,65\%}{2,65\%} \times 100\% = 62\% / 0,62$$

- Efisiensi kerja

PT. Semen Padang memiliki 3 shift kerja dengan memiliki 1 shift adalah 8 jam produktif. Pada saat pengamatan secara langsung dapat dilihat dan teorikan bahwa efisiensi yang didapatkan berdasarkan waktu tunggu Komatsu HD 785-7 adalah 80%.

- Cycle time alat angkut

Tabel 15. Waktu edar aktual dan teoritis

	Waktu (menit)	
	aktual	teoritis
Positionin	0,55	0,55
Loading time	2,35	2,35
Hauling	8,62	4,79
Manuver	0,41	0,41
Dumping	0,50	0,50
Returning	7,67	2,16
Jumlah	20,1	10,76

- Produktivitas aktual

Berikut ini adalah hasil dari pengamatan dan dicari rata rata produktivitas alat angkut secara aktual.

Diketahui :

Effisiensi kerja = 80%

Kapasitas bucket = 15 m³

Cycle time = 20,77 menit

Fill factor = 100% / 1

Jumlah alat = 1

Jumlah tumpahan = 5

SF = 0,62

$$Q = (q \times n \times k \times SF) \times 60 / CT \times E \times \text{jumlah alat}$$

$$Q = (15m^3 \times 5 \times 1 \times 0,62) \times 60 / 20,1 \times 0,80 \times 1$$

$$Q = 111,04\text{ bcm/jam , untuk 1 unit}$$

$$= 111,04\text{ bcm/jam} \times \text{density batuan}$$

$$= 111,04\text{ bcm/jam} \times 2,65\text{ ton/bcm}$$

$$= 294,25\text{ ton /jam untuk 1 unit}$$

$$= 294,25\text{ ton/jam} \times 4\text{ unit}$$

$$= 1177,02\text{ ton/ jam}$$

- Produktivitas secara teori

Diketahui :

Effisiensi kerja = 80%

Kapasitas vessel = 60 m³

Cycle time = 10,76 menit

Fill factor = 100% / 1

Jumlah alat = 1

Jumlah tumpahan = 5

SF = 0,62

$$Q = (q \times n \times k \times SF) \times \frac{60}{CT} \times E \times \text{jumlah alat}$$

$$Q = (15m^3 \times 5 \times 1 \times 0,62) \times \frac{60}{10,76} \times 0,80 \times 1$$

$$Q = 207,39\text{ bcm/jam , untuk 1 unit}$$

$$= 207,39\text{ bcm/jam} \times \text{density batuan}$$

$$= 207,39\text{ bcm/jam} \times 2,65\text{ ton/bcm}$$

$$= 549,58\text{ ton /jam untuk 1 unit}$$

$$= 549,58\text{ ton/jam} \times 4\text{ unit}$$

$$= 2198,33\text{ ton/ jam}$$

5.1.2 Bahan bakar

- Fuel consumsion

Penggunaan bahan bakar pada salah satu unit dump truck yaitu 47,2 liter/jam. Konsumsi bahan bakar secara aktual tersebut besar. Salah satu faktor penggunaan bahan bakar besar yaitu grade jalan.

- Fuel ratio aktual

Secara aktual di lapangan dengan menghitung 1 unit Aktual HD 785-7 didapatkan data perhitungan fuel ratio sebagai berikut :

Fuel Ratio Komatsu HD 785-7

$$= \frac{\text{fuel burn liter/jam}}{\text{produktivitas bcm/jam}}$$

$$= \frac{47,2 \text{ liter/jam}}{111 \text{ bcm/jam}}$$

$$= 0,42 \text{ liter/bcm}$$

- Fuel ratio teoritis

Secara teoritis dengan menghitung fuel ratio HD 785-7 didapatkan data perhitungan fuel ratio sebagai berikut :

Fuel Ratio Komatsu HD 785-7

$$= \frac{\text{fuel burn liter/jam}}{\text{produktivitas bcm/jam}}$$

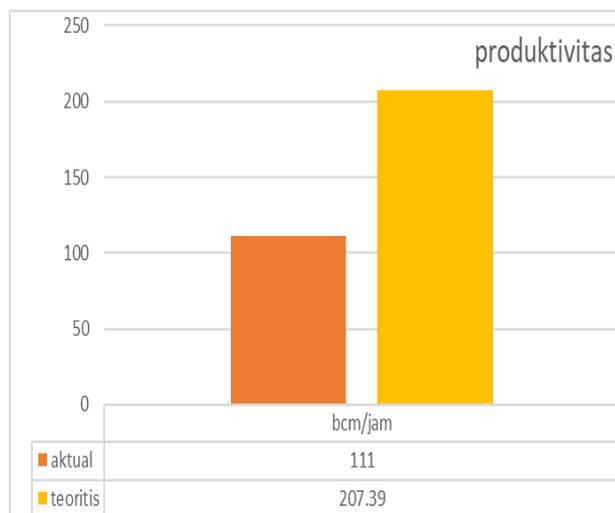
$$= \frac{47,2 \text{ liter/jam}}{207,39 \text{ bcm/jam}}$$

$$= 0,22 \text{ liter/bcm}$$

5.2. Pembahasan

5.2.1 Produktivitas

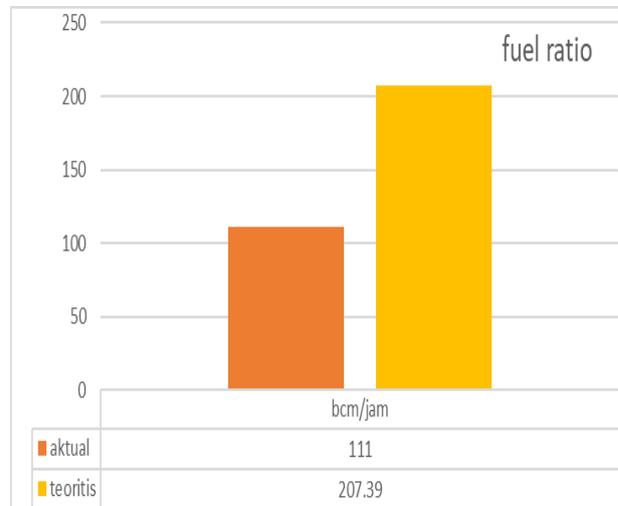
Produktivitas Komatsu HD 785-7 dari front PNBP 6 ke crusher VI sebelum dilakukan perbaikan dengan simulasi adalah sebesar 111 bcm/jam dan sesudah perbaikan dengan menggunakan simulasi perubahan grade dan gear yang digunakan pada front PNBP 6 ke crusher VI adalah sebesar 207,39 bcm/jam.



Gambar 6. Grafik perbandingan produktivitas

5.2.2 Fuel Ratio

Konsumsi bahan bakar pada Komatsu HD 785-7 secara aktual adalah sebesar 47,12 liter/jam. Fuel ratio aktual pada alat berat Komatsu HD 785-7 adalah sebesar 0,42 liter/bcm dari PNBP 6 ke crusher VI. Setelah dilakukan simulasi maka fuel ratio nya menjadi 0,22 liter/bcm.



Gambar 7. Grafik perbandingan fuel ratio

6. Simpulan dan Saran

6.1. Simpulan

dari pembahasan didapatkan :

- Produktivitas

Produktivitas Komatsu HD 785-7 dari front PNBP 6 ke crusher VI sebelum dilakukan perbaikan adalah sebesar 111 bcm/jam dan sesudah dilakukan metode rimpull pada front PNBP 6 ke crusher VI adalah sebesar 207,39 bcm/jam.

- Fuel ratio

Konsumsi bahan bakar pada Komatsu HD 785-7 secara aktual adalah sebesar 47,12 liter/jam. Fuel ratio aktual pada alat berat Komatsu HD 785-5 adalah sebesar 0,42 liter/bcm dari PNBP 6 ke crusher VI. Fuel ratio setelah perbaikan yaitu 0,22 liter/bcm.

6.2.Saran

- Dalam kegiatan produksi PT Semen Padang harus lebih memperhatikan tingkat effeisiensi setiap alat mekanis di lapangan dan juga ketersediaan alat.
- Mengevaluasi kondisi jalan angkut tambang terutama dalam hal grade jalan.

REFERENSI

[1] Amiruddin, M. F., Saismana, U., & Riswan. (2020). analisis kegiatan produksi terhadap fuel ratio alat

- angkut dan gali muat pada pit 2 di pt pro sarana cipta jurnal himasapta, 05, 41-46.
- [2] Aryando W. 2016. Kajian Teknis Produktivitas Alat Gali Muat Dan Alat Angkut Pada Pengupasan Tanah Penutup Batubara Di Banko Barat Pit 1 Pt. Bukit Asam (Persero) Tbk Upte. *Jurnal Teknologi Pertambangan* Vol. 1, No. 2.
- [3] Feng, Y., & Dong, Z. (2020). Optimal energy management with balanced fuel economy and battery life . *Journal of Power Sources* 454 (2020) 227948, 2-12.
- [4] Harsiga, E., & Novianto, E. I. (2017, Desember 2). analisis konsumsi bahan bakar alat angkut articulated dump truck CAT D400E ditinjau dari perawatan, umur alat angkut pada pengangkutan overbarden di PT. Baturona Adimulya, Musi Banyuasin, Sumatera Selatan. *Jurnal Teknik Patra Akademia*, 08, 10-18.
- [5] Indonesianto, Yanto. 2008. Pemandangan Tanah Mekanis. Jurusan Teknik Pertambangan. UPN "Veteran". Yogyakarta.
- [6] Irdemoosa, E. S., & Dindarloo, S. R. (2015). Prediction of fuel consumption of mining dump trucks: A neural. *Applied Energy* 151 (2015) 77–84, 77-84.
- [7] Kopa R. 2013. Panduan Tugas Akhir. Padang : Jurusan Teknik Pertambangan FT UNP.
- [8] Prabowo, H., & Febriani, C. (2023). Analysis of the Relationship between Road Slope and Total Resistance to Fuel Consumption of Sany Skt 90s Dump Truck. *MOTIVECTION: Journal of Mechanical, Electrical and Industrial Engineering*, 5(2), 397-414.
- [9] Prabowo, H., & Marcelino, U. Z. D. (2023). Kajian Teknis Produktifitas dan Kecerahan Excavator dengan Dump Truck pada Kegiatan Coal Getting Seam 18 PT. Kurnia Alam Investama Kabupaten Batanghari Provinsi Jambi. *CIVED*, 10(2), 398-408
- [10] Prodjosumarto, Partanto. 1996. Pemandangan Tanah Mekanis, Jurusan Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- [11] Sahoo, L. K., S, Bandyopadhyay, S., & Banerjee, R. (2014). Benchmarking energy consumption for dump trucks in mines. *Applied Energy* 113 (2014) 1382–1396, 1382-1396.
- [12] Setiadi, A., Guntoro, D., & Yuliadi. (2019). Perhitungan Rencana Kebutuhan Bahan Bakar Solar Dumptruck Nissan Diesel CWA 260MX di Tambang Andesit PT Gunung Lagadar Abadi di Desa Lagadar, Kecamatan Marga Asih Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat. *Prosiding Teknik Pertambangan*, 08, 40-44.
- [13] Sukardi. 2003. Metodologi Penelitian Pendidikan Kompetensi dan Praktiknya. Yogyakarta : Bumi Aksara.
- [14] Sumarya. 2002. Bahan Ajar Peralatan Tambang. Padang: UNP Padang.
- [15] Wang, Q., & Zhang, R. (2021). Open-pit mine truck fuel consumption pattern and application based on . *Sustainable Energy Technologies and Assessments* 43 (2021) 100977, 2-10.
- [16] Zara, M., & Prabowo, H. (2020). Kajian Teknis Geometri Jalan Angkut dan Pengaruhnya Terhadap Produksi Alat Angkut pada Penambangan Batu Andesit di PT. Ansar Terang Crushindo 1 Kecamatan Pangkalan Koto Baru, Sumatera Barat. *Bina Tambang*, 5(5), 20-31.