

Analisis Pengaruh *Speed* Terhadap *Fuel Ratio* Alat Angkut Sany SKT90S-35 Pada Kegiatan Pengupasan *Overburden* Pit *South* di PT. Anugerah Covindo Indonesia

Heri Permana¹, Yoszi Mingsi Anaperta¹

¹Departemen Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

*heripermana425@gmail.com

Abstract. PT. Anugerah Covindo Indonesia is a coal mining service company as a contractor in the open pit area, one of its jobsites is GPU (Gorbi Putra Utama) Pit South Beringin II Village, Rawas Hilir District, North Musi Rawas Regency, South Sumatra Province. Based on the problems in the field, it is known that there are not ideal road geometries such as straight road widths and bends which are still lacking in grade which exceeds 12%. With the condition of the road geometry that is not ideal, it will affect the total resistance of the vehicle so that it will affect the speed of the conveyance that crosses it which in turn will cause the productivity of the transportation equipment and the value of the fuel ratio of the transportation equipment to increase. This study aims to analyze how the ideal road geometry is on the road, analyze the actual total resistance value and after repairs and analyze the speed value and fuel ratio value of the conveyance both in actual conditions and after repairs have been made. The type of research used is applied research which aims to find solutions to certain problems with data in the form of qualitative and quantitative data. From the results of the calculations, the minimum width on straight roads is 12.5 m, on bends is 17.545 m, and the road grade must be reduced with a maximum grade value of 12%. The total resistance value has decreased so that the productivity of the transportation equipment has increased and the fuel ratio value of the SANY SKT 90S transportation equipment has decreased. The actual productivity of the transportation equipment was 117,260, BCM/month increased to 160,256.7 BCM/month, while the fuel ratio for the actual condition of the transportation equipment was 0.48 ltr/bcm, which decreased to 0.35 ltr/bcm.

Keywords: Road Geometry, Total Resistance, Speed, Fuel Ratio

1. Pendahuluan

PT. Anugerah Covindo Indonesia adalah salah satu perusahaan pertambangan batubara. PT Anugerah Covindo Indonesia memiliki 2 lokasi penambangan yaitu Pit Gorbi Energi (GE) sebagai owner dan Pit Gorbi Putra Utama (GPU) sebagai kontraktor.

Operasi penambangan yang dilakukan di PT. Anugerah Covindo Indonesia menggunakan metode tambang terbuka/open pit. Lokasi penelitian yang dilakukan penulis berada pada Pit *South*, *loading point Highwall* menuju *Disposal area*. PT. Anugerah Covindo Indonesia berperan sebagai *mining contractor* untuk kegiatan pengupasan, pemuatan, dan pengangkutan *overburden*. Untuk kegiatan pemuatan *overburden* dilakukan menggunakan Excavator Sany SY500H dan kegiatan pengangkutan *overburden* menggunakan Sany SKT90S.

Dalam kegiatan pengangkutan *overburden*

membutuhkan alat mekanis, alat mekanis yang digunakan adalah alat angkut Sany SKT90S dan Excavator Sany SY500H. Penggunaan alat mekanis tersebut Agar berfungsi dengan baik dengan biaya operasional yang minimal, harus diperkirakan dengan tepat. Bahan bakar solar merupakan salah satu parameter yang dapat digunakan untuk menilai kinerja alat.

Untuk menekan biaya penambangan, PT. Anugerah Covindo Indonesia harus mengkaji penggunaan BBM di masing-masing unit kerja. Penggunaan solar sebagai bahan bakar berdampak pada biaya penambangan. Proses evaluasi melibatkan perbandingan konsumsi bahan bakar (dalam liter) dengan volume *overburden* yang dihasilkan atau jumlah jam kerja operasional unit.

Bentuk jalur angkut merupakan salah satu variabel yang dapat mempengaruhi rasio bahan bakar. Efisiensi alat angkut akan meningkat dengan geometri jalan angkut yang sangat baik. Alat angkut tidak akan

bekerja secara efisien di jalan angkut dengan kemiringan jalan yang tinggi dan lebar jalan yang tidak sesuai. Saat kendaraan sarat muatan, kemiringan jalan yang tinggi mencegahnya bergerak dengan kecepatan terbaiknya, dan saat kendaraan melaju ke arah sebaliknya, lebar jalan angkut yang kecil memaksa salah satu kendaraan untuk melaju lebih dulu, sehingga meningkatkan sirkulasi waktu kendaraan.

Faktor lain yang mempengaruhi *fuel ratio* adalah kecepatan (*speed*) alat angkut itu sendiri. Target *speed* kondisi kosong perusahaan adalah 30 km/jam, namun aktual kecepatan alat angkut kondisi kosong adalah 27,45 km/jam. Untuk target kondisi bermuatan adalah sebesar 20 km/jam, sedangkan aktual dilapangan didapatkan kecepatan rata-rata sebesar 17,9 km/jam.

Akibatnya target produksi pengupasan *overburden* tidak tercapai pada bulan Juli 2022 dengan target sebesar 144.000 BCM/bulan dan aktual hanya tercapai 117.260,1 BCM/bulan

Tidak tercapainya target produksi berdampak pada nilai rasio bahan bakar alat angkut. Target perusahaan adalah 0,36 liter/bcm, sementara kondisi aktual mendekati 0,48 liter/bcm, sehingga diperlukan penyelesaian masalah bentuk jalan.



Gambar 1. Geometri Jalan Aktual

Dari pemaparan diatas, maka penulis mengadakan pengamatan dan penelitian lebih lanjut dengan judul “Analisis Pengaruh *Speed* Terhadap *Fuel Ratio* Alat Angkut Sany SKT90S-35 Pada Kegiatan Pengupasan *Overburden* Pit *South* di PT. Anugerah Covindo Indonesia” yang terletak di Desa Beringin II, Kecamatan Rawas Hilir, Kabupaten Musi Rawas Utara, Provinsi Sumatera Selatan.

2. Lokasi Penelitian

2.1. Lokasi Kesampaian Daerah

Izin Usaha Pertambangan (IUP) yang dilakukan PT. Anugerah Covindo Indonesia Jobsite GPU terletak di

Desa Beringin II, Kecamatan Rawas Hilir, Kabupaten Musi Rawas Utara, Provinsi Sumatera Selatan.



Gambar 2. Peta Lokasi Kesampaian Daerah PT. Anugerah Covindo Indonesia

Lokasi kegiatan penambangan PT. Anugerah Covindo Indonesia *Jobsite* GPU dapat ditempuh melalui transportasi darat yaitu dengan menggunakan mobil dengan waktu tempuh 3 jam dari Kabupaten Sarolangun ke *Jobsite* GPU yang berada di Desa Beringin II, Kecamatan Rawas Hilir, Kabupaten Musi Rawas Utara, Provinsi Sumatera Selatan.

2.1.1. Struktur Geologi

Secara regional topografi dan geomorfologi daerah penyelidikan termasuk gelombang rendah sampai sedang. Pada bagian selatan daerah penyelidikan mempunyai morfologi dataran rendah yang berada di kanan dan kiri sungai Tungkal dan merupakan rawa dan endapan banjir. Pada bagian utara daerah penyelidikan mempunyai morfologi dataran sedang yang membentuk perbukitan dengan arah hampir utara selatan. Endapan tersebut memiliki formasi batuan sebagai berikut:

a. Formasi Muara Enim

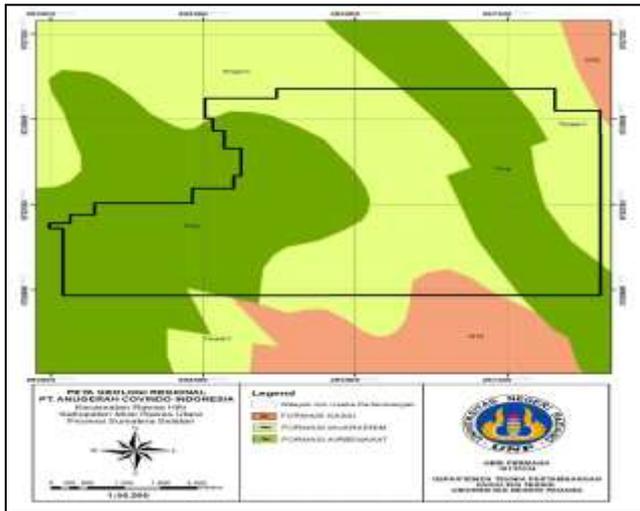
Batulempung, batulanau, dan batupasir yang dominan merupakan tanda kandungan batubara. Formasi Muara Enim ditindih secara tidak teratur oleh endapan sungai bersejarah di daerah Air Laya. Pematatan sedimen sungai Kuarter ini masih belum sempurna. Hampir setiap bagian Banko Barat memiliki struktur ini.

b. Formasi Kasai

Formasi Kasai berumur Pliosen terdiri dari selang-seling batu lempung dan batu asir tufaan yang diendapkan dalam lingkungan fluvial dan darat.

c. Formasi Air Benakat

Formasi Gumai Miosen Tengah, yang terdiri dari batupasir glaukonitik dan batulempung berpasir, diendapkan secara seragam di atas sebelum Formasi Air Benakat. Pada saat Formasi Air Benakat terbentuk, perairan dangkal dengan ketebalan antara 100 sampai 800 meter terdapat pada lingkungan laut neritik.



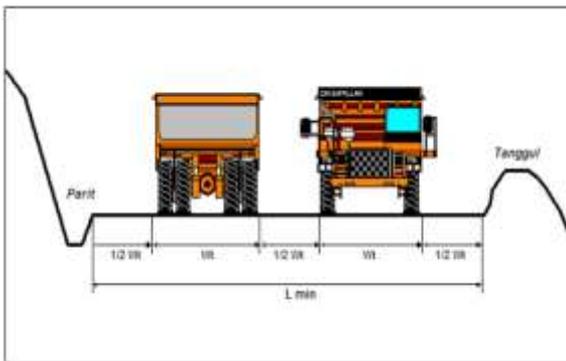
Gambar 3. Peta Geologi IUP

3. Kajian Teori

3.1. Geometri Jalan

3.1.1. Lebar Jalan Lurus

Bentuk alat angkut terbesar yang akan digunakan untuk kegiatan pengangkutan dan pertimbangan bahu jalan untuk kegiatan pemeliharaan jalan dengan menggunakan peralatan pendukung seperti Motor Grader atau Dozer menentukan lebar jalan lurus pada jalan tambang.



Gambar 4. Lebar Jalan Angkut Pada Jalan Lurus

Persamaan yang digunakan untuk menentukan lebar jalan lurus adalah (Awang Suwandhi 2004:2).

$$L_{min} = (n + 1) \times (1/2 \times Wt) \times n \times Wt \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

Wt = total lebar alat angkut

Lmin = Lebar jalan minimal (m)

n = Jumlah lajur (m)

3.1.2. Lebar Jalan Tikungan

Usahakan lebar jalan yang menikung selalu lebih lebar dari jalan yang lurus. Hal ini dilakukan sebagai upaya untuk memperhitungkan setiap variasi lebar kendaraan yang disebabkan oleh sudut yang dibuat roda depan dengan badan truk saat berbelok. Rumus yang digunakan untuk menentukan lebar jalan minimum pada tikungan untuk jalur ganda adalah

$$L_t = n \times (U + Fa + Fb + Z) + C \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

Lt adalah kependekan dari lebar jalan angkut minimum pada belokan (meter)

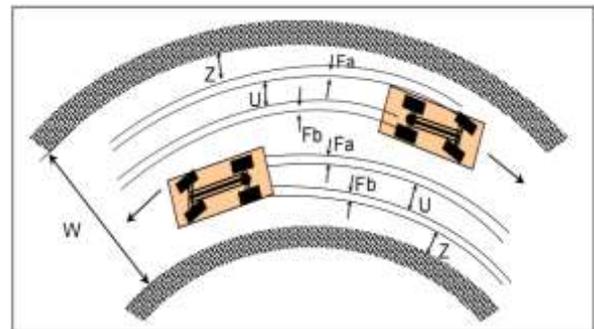
Lebar lintasan sama dengan U (meter)

Lebar overhang depan adalah Fa (meter)

Lebar untai belakang adalah Fb (meter)

U + Fa + Fb = Z = lebar trotoar (meter) = 12.

C = 12 (U + Fa + Fb) (jarak antar kendaraan saat berpapasan dalam meter)



Gambar 5. Lebar Jalan Angkut Pada Jalan Lurus

3.1.3. Jari-Jari Tikungan

Rancangan alat angkut yang digunakan, khususnya jarak horizontal antara as roda depan dan belakang, berdampak pada radius tikungan jalan angkut.

$$R = \frac{v^2}{127(e+f)} \dots\dots\dots(3)$$

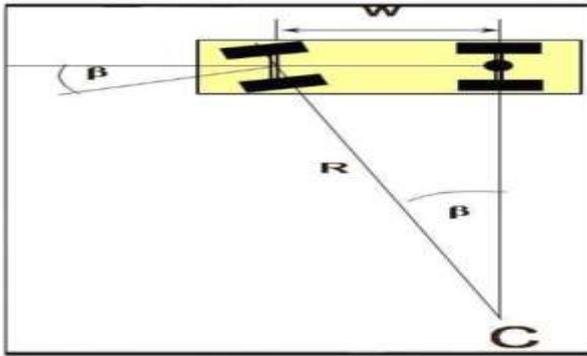
Keterangan :

R = Jari-jari tikungan (m)

V = Kecepatan rencana kendaraan (Km/jam)

e = Angka sepelelevasi

f = friction factor



Gambar 6. Jari-jari Tikungan

3.1.4. *Superelevasi*

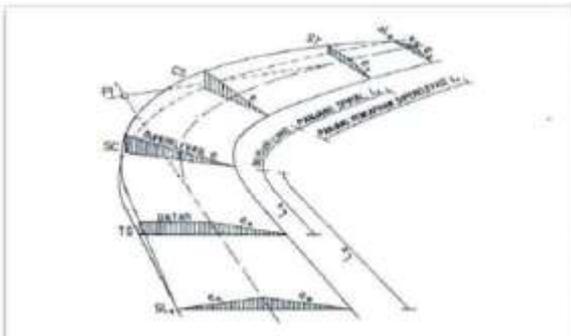
Superelevasi adalah kemiringan jalan pada tikungan yang disebabkan oleh perbedaan ketinggian antara tepi jalan terluar dan tepi jalan bagian. *Superelevasi* memiliki keterkaitan yang erat dengan belokan jari-jari, kecepatan kendaraan, dan kecepatan perubahan. Tujuan dari aksi ini adalah penggunaan komponen berat kendaraan untuk mengubah bentuk keluar jalur kendaraan.

Anda dapat menggunakan perhitungan berikut untuk mengurangi ukuran nilai *superelevasi* (Awang Suwandhi, 2004):

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

Keterangan :

- e = Angka *superelevasi*
- f = Faktor gesekan (friction factor)
- V = Kecepatan rencana kendaraan (Km/jam)
- R = Jari – jari tikungan (m)



Gambar 7. *Superelevasi*

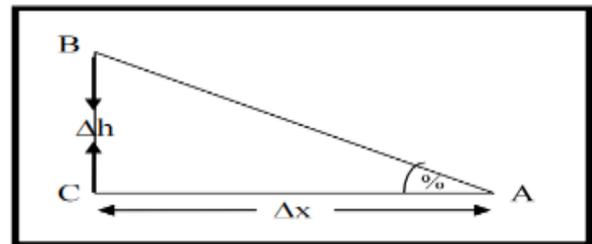
3.1.5. *Grade Jalan*

Untuk menilai dengan baik keadaan jalan angkut tambang, perlu diperhatikan dengan seksama kemiringan (*grade*) jalan angkut tersebut. Hal ini agar kemampuan alat angkut untuk berhenti dan mendaki lereng bukit berkorelasi erat dengan kemiringan jalur angkut. Kemiringan jalan angkut diberikan sebagai

persentase (%). Jalan naik atau turun 1 m atau 1 ft untuk setiap 100 m atau 100 ft jarak mendatar pada jalan dengan kemiringan 1%. $Grade (\%) = \frac{\Delta h}{\Delta x} \times 100\% \dots\dots\dots(5)$

Keterangan :

- Δh = Beda titik antara dua titik yang diukur
- Δx = Jarak datar antara dua titik yang diukur



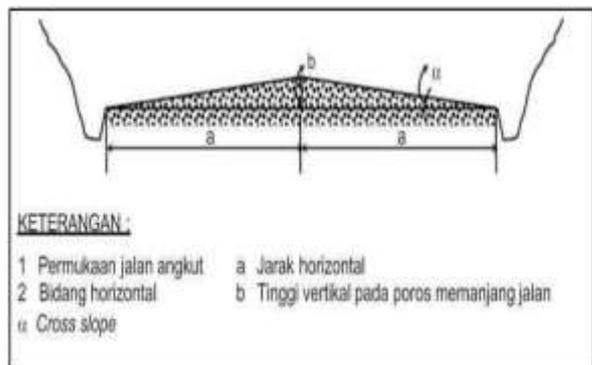
Gambar 8. *Grade Jalan*

3.1.6. *Cross slope*

Perbedaan elevasi antara sisi jalan dan bagian tengah permukaan jalan dikenal sebagai kemiringan melintang. Jalan angkut biasanya memiliki penampang cembung, dengan bagian tengah jalan lebih tinggi dari tepi. Tujuan dibuatnya lereng melintang adalah untuk mencegah agar air hujan tidak menggenangi jalan pada saat hujan deras dan mengalir ke parit atau saluran drainase di sisi kanan dan kiri jalan angkut. Air yang terkumpul di permukaan jalan akan membuat jalan becek sehingga membahayakan kendaraan yang melintas mempercepat kerusakan jalan angkut, dll.

$$P = \frac{1}{2} L \dots\dots\dots(6)$$

$$Q = P \times 40 \text{ mm/m} \dots\dots\dots(7)$$



Gambar 9. *Cross Slope*

3.1.7. *Rolling Resistance*

Semua gaya luar yang berlawanan arah atau hambatan yang bekerja untuk melawan putaran roda dan arah gerak kendaraan di lintasan secara bersama-sama

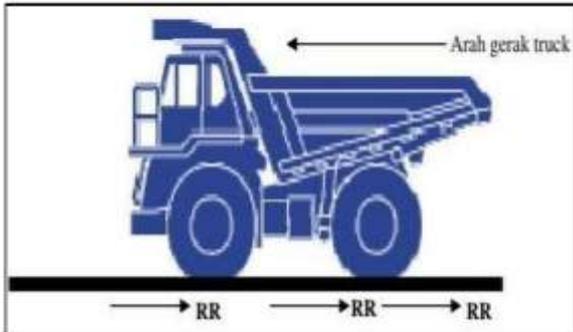
disebut sebagai tahanan gelinding atau *rolling resistance* (sering disingkat RR). Ban mobil merupakan bagian yang langsung mengalami RR.

$$RR = CRR \times G$$

.....(8)

CRR = Koefisien Rolling Resistance

G = Berat alat (ton)



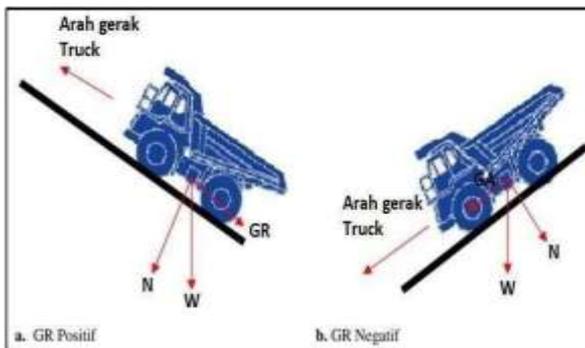
Gambar 10. Rolling Resistance

3.1.8. Grade Resistance

Grade Resistance mengukur kekuatan gaya yang membantu gerak maju kendaraan karena kemiringan jalan yang dilaluinya. Kemiringan memiliki indikasi naik atau turun tergantung nilainya; jika nilainya positif, maka kemiringannya menanjak.

Untuk mendapatkan nilai Grade Resistance, memakai rumus :

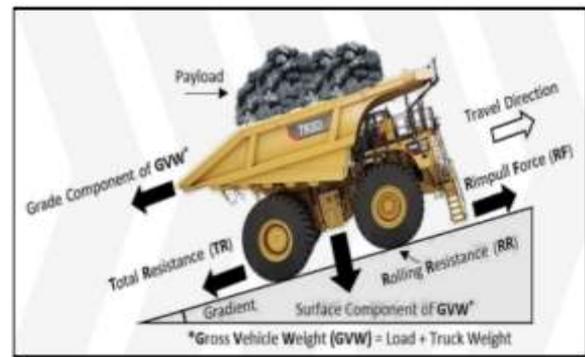
$$GR = \text{Berat Kendaraan} \times \text{Grade Jalan} \dots\dots\dots(9)$$



Gambar 11. Grade Resistance

3.2. Rimpull

Istilah "*rimpull*" (RP) mengacu pada jumlah kekuatan tarik yang dapat diterapkan oleh mesin atau alat pada permukaan kontak roda penggerak atau ban dengan jalan angkut. *Rimpull* maksimum bergantung pada tenaga kuda dan rasio roda gigi antara mesin dan roda jika koefisien traksi cukup tinggi untuk mencegah selip. Namun, jika selip, RP maksimum akan ditentukan dengan mengalikan tenaga pada roda penggerak dengan faktor traksi. Partanto (2000).



Gambar 12. Rimpull

Besarnya nilai rimpull bisa didapat menggunakan rumus berikut.

$$Rimpull = \frac{HP \text{ Kendaraan} \times 375 \times \text{Efisiensi Mekanis}}{Kecepatan \left(\frac{km}{h}\right)} \dots\dots\dots(10)$$

Keterangan:

P = Daya/ Tenaga Mesin (hp)

V = Kecepatan (Kmh / mph)

3.3. Kecepatan

Kecepatan merupakan faktor yang paling krusial dalam pembuatan overburden karena jika kecepatan yang direncanakan tidak terpenuhi maka produktivitas alat angkut juga tidak terpenuhi. Besarnya hambatan (Total Resistance) yang dihadapi oleh alat angkut sangat berpengaruh terhadap kecepatan alat angkut; semakin banyak hambatan yang dihadapi, semakin lambat alat angkut bergerak. Biasanya ada dua cara untuk menghitung kecepatan alat angkut: yang pertama berdasarkan manual yang disediakan oleh produsen alat berat, dan yang kedua berdasarkan rumus berikut..

$$Kecepatan = \frac{HP \text{ Kendaraan} \times 375 \times \text{efisiensi mekanis}}{Rimpull} \dots\dots\dots(11)$$

3.4. Produktivitas Alat Angkut

Waktu kerja efektif peralatan (HD 785-7), kondisinya, dan operator semuanya berdampak signifikan terhadap produktivitas alat angkut. Tingkat keberhasilan alat angkut dalam mengangkat berbagai material sesuai dengan target produksi yang telah ditetapkan dan sesuai dengan kebutuhan alat angkut yang digunakan disebut produktivitas. Gunakan rumus berikut secara umum untuk menghitung produktivitas alat transportasi.

$$Q = \frac{Kb \times n \times Bff \times Sf \times Eff \times 3600}{Ct} \dots\dots\dots(12)$$

3.5. Fuel Consumption

Konsumsi bahan bakar didefinisikan sebagai rasio total konsumsi bahan bakar per liter dan jumlah jam pengoperasian alat angkut. Jam operasional sarana transportasi mempengaruhi konsumsi bahan bakar secara signifikan, oleh karena itu penting untuk terus memantau jam operasional tersebut.

$$FC \text{ (liter/jam)} = \frac{\text{Jumlah pemakaian bahan bakar (liter)}}{\text{Jam kerja (jam)}} \dots\dots\dots(13)$$

3.6. Fuel Ratio

Rasio bahan bakar adalah proporsi bahan bakar yang dikonsumsi selama operasi penambangan terhadap jumlah lapisan penutup yang dihasilkan sebagai hasilnya. Pemakaian bahan bakar (liter/jam) dan produktivitas alat (bcm/jam) merupakan dua variabel yang mempengaruhi nilai rasio bahan bakar (Iashania, 2011: II-7).

$$\text{Fuel ratio} = \frac{\text{Fuel burn (litr/jam)}}{\text{Produktivitas (bcm/jam)}} \dots\dots\dots(14)$$

4. Metode Penelitian

4.1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian terapan (*Applied Research*) merupakan penelitian yang bertujuan untuk mencari solusi mengenai masalah yang ada dilapangan sehingga dapat dimanfaatkan untuk kepentingan manusia baik secara individu maupun kelompok.

Penelitian ini juga dilakukan dengan eksperimen yaitu menggabungkan teori dan data lapangan untuk penyelesaian masalah sehingga data yang ditampilkan dalam penelitian ini yaitu data kuantitatif.

4.2. Teknik Pengumpulan Data

4.2.1. Studi Literatur

Kegiatan ini dilakukan dengan mempelajari terori-teori yang berhubungan dengan kegiatan yang akan dilakukan dilapangan melalui buku, internet serta laporan penelitian yang berkaitan dengan geometri jalan, *rimpull*, produktivitas dan *speed* alat angkut, dan *fuel ratio*.

4.2.2. Observasi dan Pengambilan Data

1) Pengambilan data geometri jalan

Pengambilan data geometri jalan meliputi, pengukuran lebar jalan lurus dan tikungan, pengukuran kemiringan (*grade*) jalan, pengukuran *cross slope* (kemiringan melintang), pengukuran kemiringan jalan pada tikungan (*superelevasi*). Dalam penelitian ini akan mengambil sebelas segmen untuk pengamatan geometri jalan.

2) Menghitung waktu siklus pemuatan peralatan

Pengukuran waktu siklus Excavator Sany SY 500H meliputi operasi penggalian, ayunan bermuatan, pembuangan, dan ayunan kosong. Informasi dikumpulkan dari 40 sampel data yang dikumpulkan saat loader (Sany SY 500H) memuat tanah liat.

3) Menghitung waktu siklus alat angkut

Aktivitas bercak di titik muat, bongkar muat, bercak di titik pembuangan, waktu tempuh saat dimuat, waktu tempuh saat kosong, dan dumping termasuk dalam pengukuran waktu siklus alat angkut (Sany SKT 90S). Saat alat angkut dimuat dan dikosongkan, Waktu Siklus akan digolongkan sebagai Waktu Siklus. informasi yang dikumpulkan melalui pengamatan yang dilakukan saat alat angkut (SKT 90S) melintasi rute Pit South PT. ACI mengumpulkan 40 sampel data.

4.3. Teknik Analisis Data

Tahap ini dilakukan setelah pengumpulan data. Data yang telah diperoleh kemudian dikelompokkan sesuai dengan kegunaannya untuk lebih memudahkan dalam penganalisaan, yang selanjutnya disajikan dalam bentuk tabel, grafik, atau perhitungan penyelesaian. Data yang di analisis berupa :

1. Perhitungan geometri jalan total
2. Perhitungan *Total Resistance (Rolling Resistance, Grade Resistance)*
3. Perhitungan *Rimpull*
4. Perhitungan speed alat angkut
5. Perhitungan produktivitas alat angkut
6. Perhitungan nilai Fuel Rasio alat angkut
7. Analisis hubungan geometri jalan dan kecepatan (speed) terhadap Fuel Ratio

5. Hasil Penelitian

5.1. Geometri jalan

5.1.1. Lebar Jalan Lurus

Berikut penambahan lebar jalan lurus dengan lebar minimal sadalah sebesar 12,5 m dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 1. Penambahan Lebar Jalan Lurus

No.	Segmen	Lebar Jalan (m)	Lebar Jalan Ideal (m)	Penambahan lebar jalan (m)
1	1	7,4	12,5	5,1
2	2	12,4	12,5	0,1
3	6	17,5	12,5	-
4	7	17	12,5	-
5	8	14,13	12,5	-
6	10	14,5	12,5	-
7	11	19,5	12,5	-

5.1.2. Lebar Jalan Tikungan

Berikut penambahan lebar jalan tikungan dengan lebar minimal adalah sebesar 17,545 m dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. Penambahan Lebar Jalan Tikungan

No.	Segmen	Lebar Jalan (m)	Lebar Jalan Ideal (m)	Penambahan Lebar Jalan (m)
1	3	10	17,545	7,545
2	4	20	17,545	-
3	5	13	17,545	4,545
4	9	16	17,545	1,545

5.1.3. Jari-Jari Tikungan

Jari- jari tikungan jalan angkut berhubungan dengan konstruksi alat angkut yang digunakan, khususnya jarak horizontal antara poros roda depan dan belakang. PT. Anugerah Covindo Indonesia memiliki kecepatan rencana di tikungan yaitu 25 Km/Jam, sehingga jari-jari tikungan idealnya dapat dihitung sebagai berikut. Berdasarkan hasil perhitungan di atas, didapatkan bahwa jari-jari tikungan yang ideal untuk dilintasi oleh alat angkut dengan kecepatan rencana 25 km/jam yaitu 20,34 m.

5.1.4. Superelevasi

Berikut tabel penambahan beda tinggi pada nilai *superelevasi* dengan beda tinggi yang harus dibuat adalah sebesar 1,16 m atau 116 cm.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Nilai *Superelevasi*

No.	Segmen	Elevasi		Beda Tinggi (m)	Beda Tinggi Ideal (m)	Penambahan Tinggi (m)
		Dalam	Luar			
1	3	61,475	60,235	1,24	1,16	-
2	4	66,277	65,163	1,11	1,16	0,05
3	5	79,566	78,945	0,62	1,16	0,54
4	9	87,265	86,145	1,12	1,16	0,04

5.1.5. Grade Jalan

Berikut nilai *grade* untuk semua segmen jalan setelah perhitungan dapat dilihat pada tabel dibawah ini dengan maksimal *grade* yaitu sebesar 12%.

Tabel 4. Grade Jalan

Segmen Jalan	Δx (m)	Δh (m)	Grade Kosongan (%)	Grade Muatan (%)	Grade Ideal (%)	Kondisi
1	88	-11	-12,50	12,50	12	Tidak Ideal
2	96	-6	-6,25	6,25	12	Ideal
3	94	-1	-1,06	1,06	12	Ideal
4	90	7	7,78	-7,78	12	Ideal
5	90	13	14,44	-14,44	12	Tidak Ideal
6	93	1	1,08	-1,08	12	Ideal
7	94	5	5,32	-5,32	12	Ideal
8	92	2	2,17	-2,17	12	Ideal
9	97	0	0,00	0,00	12	Ideal
10	100	-6	-6,00	6,00	12	Ideal
11	94	-1	-1,06	1,06	12	Ideal

5.1.6. Cross Slope

Berikut nilai *cross slope* untuk semua segmen jalan lurus dengan lebar minimal 12,5 m adalah sebesar 24,5 cm dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Nilai *Cross Slope*

No.	Segmen	Beda Tinggi Aktual	Beda Tinggi Ideal	Penambahan Tinggi (m)
1	1	22,1	24,5	2,4
2	2	9,7	24,5	14,8
3	6	25,5	24,5	-
4	7	27,6	24,5	-
5	8	11,6	24,5	12,9
6	10	18,6	24,5	5,9
7	11	26,2	24,5	-

5.1.7. *Rolling Resistance*

Berikut nilai *Rolling Resistance* dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Nilai *Rolling Resistance*

Segmen	Berat Kendaraan (ton)		Nilai CRR (lb/ton)	RR (lb)	
	Kosong	Bermuatan		Kosong	Bermuatan
1	30	67,2	80	2400	5376
2	30	67,2	80	2400	5376
3	30	67,2	80	2400	5376
4	30	67,2	80	2400	5376
5	30	67,2	80	2400	5376
6	30	67,2	80	2400	5376
7	30	67,2	80	2400	5376
8	30	67,2	80	2400	5376
9	30	67,2	80	2400	5376
10	30	67,2	80	2400	5376
11	30	67,2	80	2400	5376

5.1.8. *Grade Resistance*

Berikut nilai *Grade Resistance* dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 7. Hasil Perhitungan Nilai *Grade Resistance*

Segmen	Grade %		Berat Kendaraan		Nilai GR (lb/ton)	GR (lb)	
	Kosong	Muatan	Kosong (Ton)	Muatan (Ton)		Kosong	Muatan
1	-12,5	12,5	30	67,2	20	-7500	16800
2	-6,25	6,25	30	67,2	20	-3750	8400
3	-1,06	1,06	30	67,2	20	-636	1424,64
4	7,78	-7,78	30	67,2	20	4668	-10456
5	14,44	-14,44	30	67,2	20	8664	-19407
6	1,08	-1,08	30	67,2	20	648	-1451,5
7	5,32	-5,32	30	67,2	20	3192	-7150,1
8	2,17	-2,17	30	67,2	20	1302	-2916,5
9	0	0	30	67,2	20	0	0
10	-6	6	30	67,2	20	-3600	8064
11	-1	1	30	67,2	20	-600	1344

5.2. *Total Resistance*

Berikut nilai *Total Resistance* yang merupakan nilai total dari *grade resistance* ditambah dengan nilai *Rolling Resistance* dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 8. Hasil Perhitungan Nilai *Grade Resistance*

Segmen	GR (lb)		RR (lb)		Total Resistance (lb)	
	Kosong	Muatan	Kosong	Muatan	Kosong	Muatan
1	7500	16800	2400	5376	9900	22176
2	3750	8400	2400	5376	6150	13776
3	636	1424,64	2400	5376	3036	6800,64
4	4668	10456,32	2400	5376	7068	15832,32
5	8664	19407,36	2400	5376	11064	24783,36
6	648	1451,52	2400	5376	3048	6827,52
7	3192	7150,08	2400	5376	5592	12526,08
8	1302	2916,48	2400	5376	3702	8292,48
9	0	0	2400	5376	2400	5376
10	3600	8064	2400	5376	6000	13440
11	600	1344	2400	5376	3000	6720

5.3. *Kecepatan Alat Angkut*

Berikut data kecepatan alat angkut dalam kondisi kosong setelah jalan diperbaiki dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 9. Hasil Perhitungan Kecepatan Kosongan Teoritis

Segmen	RP untuk RR (lb)	RP untuk GR (lb)	Total Rimpul	Gear	Kec (mph)	Kec (km/jam)
1	2100	7200	9300	6	15,16	24,39
2	2100	3756	5856	7	24,08	38,74
3	2100	636	2736	7	24,88	40,03
4	2100	4668	6768	7	20,83	33,52
5	2100	7200	9300	6	15,16	24,39
6	2100	648	2748	7	24,88	40,03
7	2100	3192	5292	7	24,88	40,03
8	2100	1302	3402	7	24,88	40,03
9	2100	0	2100	7	24,88	40,03
10	2100	3600	5700	7	24,74	39,80
11	2100	600	2700	7	24,88	40,03

Untuk kondisi bermuatan nilai kecepatan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 10. Hasil Perhitungan Kecepatan Kondisi Bermuatan Teoritis

Segmen	RP untuk RR (lb)	RP untuk GR (lb)	Total Rimpull	Gear	Kec (mph)	Kec (km/jam)
1	4704	16128	20832	4	6,77	10,89
2	4704	8413,44	13117,44	6	10,75	17,29
3	4704	1424,64	6128,64	7	23,01	37,02
4	4704	10456,32	15160,32	4	9,30	14,96
5	4704	16128	20832	4	6,77	10,89
6	4704	1451,52	6155,52	7	22,91	36,86
7	4704	7150,08	11854,08	6	11,89	19,14
8	4704	2916,48	7620,48	7	18,50	29,77
9	4704	0	4704	7	24,88	40,03
10	4704	8064	12768	6	11,04	17,77
11	4704	1344	6048	7	23,31	37,51

5.4. Estimasi Waktu Tempuh

Total waktu tempuh alat angkut setelah jalan diperbaiki pada koondisi pengangkutan kosongan dan bermuatan dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 11. Cycle Time Teoritis

Loading (s)	Hauling Isi (s)	Dumping (s)	Hauling Kosong (s)	Manuever (s)	Waktu Siklus (s)
106,53	185,52	40,38	104,62	42,10	479,14

5.5. Produktivitas Alat Angkut

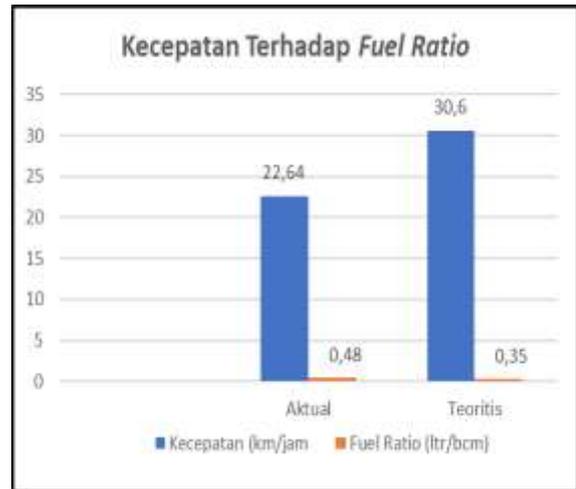
Tabel 12. Hasil Perhitungan Produktivitas Aktual Alat Angkut

Produktivitas Sany SKT90S Aktual			
Kapasitas Bucket	Kb	2,3	m ³
Bucket Fill Factor	Bff	1,15	
Jumlah Pengisian	n	8	
Effisiensi Kerja	Eff	0,7	%
Cycle Time	Ct	654,83	Detik
Swell Factor	Sf	0,8	%
Jam Kerja Efektif		15	Jam
Jumlah SKT90S		4	Unit
Produktivitas	Q	65,14	BCM/jam
		977,17	BCM/hari
		3908,669	BCM/hari/4 unit
		117260,1	BCM/bulan

Berdasarkan perhitungan diatas didapatkan produksi aktual sebelum perbaikan sebesar 117.260,1 BCM/bulan dan mengalami kenaikan setelah dilakukan perbaikan menjadi 160.256,7 BCM/bulan. Berikut tabel perhitungan produktivitas teoritis alat angkut.

Tabel 13. Hasil Perhitungan Produktivitas Teoritis Alat Angkut

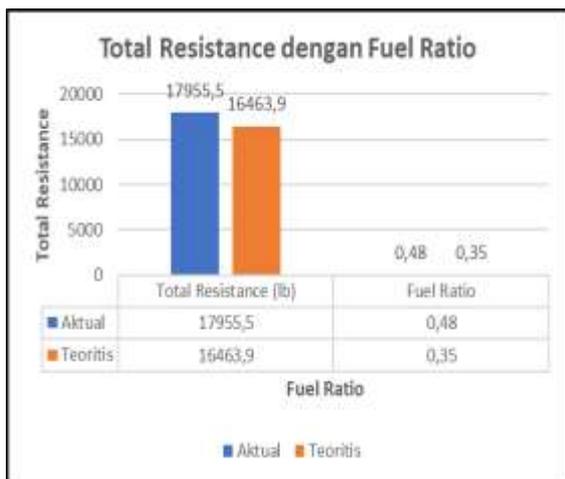
Produktivitas Sany SKT90S Teoritis			
Kapasitas Bucket	Kb	2,3	m ³
Bucket Fill Factor	Bff	1,15	
Jumlah Pengisian	n	8	
Effisiensi Kerja	Eff	0,7	%
Cycle Time	Ct	479,14	Detik
Swell Factor	Sf	0,8	%
Jam Kerja Efektif		15	Jam
Jumlah SKT90S		4	Unit
Produktivitas	Q	89,03	BCM/jam
		1335,47	BCM/hari
		5341,891	BCM/hari/4 unit
		160256,7	BCM/bulan



Gambar 13. Grafik Hubungan Kecepatan dengan Fuel Ratio

5.6. Fuel Ratio

Dapat disimpulkan bahwa hubungan antara nilai *total resistance* dengan nilai *fuel ratio* berbanding lurus sesuai dengan hasil grafik diatas. Jika nilai *total resistance* naik maka nilai *fuel ratio* juga ikut naik. Hasilnya dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



Gambar 12. Grafik Hubungan Total Resistance dengan Fuel Rasio

Dapat disimpulkan bahwa hubungan antara nilai kecepatan dengan nilai *fuel ratio* berbanding terbalik sesuai dengan hasil grafik diatas. Jika nilai kecepatan turun maka nilai *fuel ratio* akan mengalami kenaikan, sebaliknya jika kecepatan naik maka nilai *fuel ratio* akan mengalami penurunan.

Setelah dilakukan optimalisasi *Total Resistance*, peningkatan *speed* lajur alat angkut muatan dan lajur kosongan, optimalisasi *cycle time*, dan peningkatan produktivitas, tahap terakhir yaitu optimalisasi *Fuel Ratio*.

Dari perhitungan, didapatkan nilai *fuel ratio* SANY SKT90S-35 untuk bulan Juli yaitu 0,35 Liter/Bcm. Hal ini telah sesuai dengan target perusahaan, karena target *fuel ratio* yang dikeluarkan perusahaan sekitar 0,36 Liter/BCM. Berikut grafik perbandingan nilai *fuel ratio* aktual dan perbaikan.

6. Kesimpulan dan Saran

6.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini, beberapa hal yang dapat disimpulkan adalah sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil evaluasi geometri jalan dari PIT *South* menuju *disposal* PT. Anugerah Covindo Indonesia didapatkan hasil sebagai berikut :
 - a. Dari 7 segmen jalan lurus, terdapat 2 segmen jalan lurus yang tidak ideal untuk dilewati oleh alat angkut, yaitu pada segmen 1 (7,4 meter) dan segmen 2 (12 meter), sedangkan lebar jalan lurus ideal secara teoritis sebesar 12,5 meter.
 - b. Dari 4 segmen jalan tikungan, terdapat 3 segmen jalan tikungan yang tidak ideal untuk dilewati oleh alat angkut, yaitu pada segmen 3 (10 meter), segmen 5 (13 meter), dan segmen 9 (16 meter), sedangkan lebar jalan tikungan ideal secara teoritis sebesar 17,545 meter.
 - c. Hasil perhitungan superelevasi yang ideal pada jalan tersebut sebesar 1,16 meter,

namun terdapat 3 segmen jalan yang aktualnya tidak ideal, yaitu segmen 4 (1,11 meter), segmen 5 (0,62 meter), dan segmen 9 (1,12 meter).

- d. Berdasarkan Kepmen ESDM No. 1827 K maksimal grade jalan yaitu 12%. Namun, pada kondisi aktualnya terdapat 2 segmen jalan yang tidak ideal yaitu pada segmen 1 (12,50%) dan segmen 5 (14,44%).
 - e. Nilai cross slope yang ideal untuk jalan lurus dengan minimal lebar 12,5 meter yaitu 24,5 cm. Namun, dari 7 segmen jalan lurus terdapat 4 segmen jalan yang memiliki nilai cross slope yang tidak ideal yaitu pada segmen 1 (22,1 cm), segmen 2 (9,7 cm), segmen 8 (11,6 cm), dan segmen 10 (18,6 cm).
2. Nilai *total resistance* aktual adalah sebesar 17.955,5 lb mengalami penurunan setelah dilakukan perbaikan pada *grade resistance* dan *rolling resistance* menjadi 16.463,9.
 3. *Speed* SANY SKT90S-35 kondisi aktual adalah sebesar 22,64 km/jam mengalami kenaikan setelah dilakukan perbaikan pada jalan dengan tutunnya nilai *total resistance* menjadi 30,6 km/jam.
 4. Produksi SANY SKT90S-35 Bulan Juli 2022 sebelum diperbaiki sebesar 65,14 BCM/jam dengan target produksi per jam adalah 80 BCM/jam, dan setelah dilakukan perbaikan teoritis didapatkan kenaikan produktivitas alat angkut menjadi 89,03 BCM/jam.
 5. *Fuel Ratio* SANY SKT90S-35 Bulan Juli 2022 melebihi target dari perusahaan. Nilai aktual *fuel ratio* adalah 0,48 liter/bcm, sedangkan target dari perusahaan adalah 0,36 liter/bcm.
 6. Analisis Regresi sederhana antara dua variabel dapat disimpulkan
 - a. Total Resistance memiliki hubungan berbanding terbalik dengan kecepatan, seperti yang ditunjukkan oleh nilai koefisien -0,0048 dari studi regresi sederhana yang digunakan untuk mengevaluasi nilai efek antara hambatan total dan kecepatan. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa kecepatan alat angkut akan menurun seiring dengan meningkatnya hambatan jalan secara keseluruhan. Sebaliknya, jika terjadi penurunan hambatan keseluruhan, maka alat angkut akan bergerak lebih cepat.
 - b. Nilai koefisien dari analisis regresi dasar yang digunakan untuk menghitung pengaruh antara Resistansi Total dan Rasio Bahan Bakar adalah +0,00001, menunjukkan proporsionalitas langsung antara variabel Resistansi Total dan Rasio Bahan Bakar. Oleh karena itu, rasio bahan bakar kendaraan akan bertambah jika jumlah hambatan keseluruhan di jalan raya meningkat. Sebaliknya, rasio bahan bakar alat angkut akan turun jika hambatan total

menurun.

6.2. Saran

1. Perlu dilakukan penambahan lebar jalan lurus pada segmen 1 dan 2 dengan lebar jalan minimal sebesar 12,5 m
2. Perlu dilakukan penambahan lebar jalan tikungan pada segmen 3, 5 dan 9 dengan lebar jalan minimal 17,545 m
3. Perlu dilakukan penurunan *grade* yang besar dari 12% sesuai dengan standar *grade* jalan menurut Kepmen ESDM 1827K Tahun 2018
4. Perlu adanya pengawasan terhadap geometri jalan sekaligus tekstur permukaan jalan angkut yang menyebabkan *total resistance* membesar sehingga menurunkan nilai *speed* dan menaikkan *fuel ratio* Sany SKT90S-35 dengan melakukan inspeksi bersama team produksi setiap sehari sekali agar proses pengangkutan *overburden* tidak ada hambatan.
5. Perlunya melakukan pengawasan terhadap pemeliharaan geometri jalan secara berkala oleh team produksi guna mengurangi *total resistance* agar alat angkut dapat bekerja dengan efisien dan meningkatkan efisiensi produksi *overburden*.

Referensi

- [1] Abet, Nego. 2016. “Analisis Konsumsi Bahan Bakar Off Highway Dum Truck Komatsu HD 465-7 Di Pit Timur PT. Kuansing Inti Makmur Kabupaten Muaro Bungo Jambi”. Program Sarjana. Universitas Negeri Padang.
- [2] Amiruddin, Faisal, dkk (2020). “Analisis Kegiatan Produktivitas Terhadap Fuel Ratio Alat Angkut & Alat Gali Muat Pada Pit 2 di PT. Pro Sarana Cipta”.
- [3] Deddy. (2018). Analisis Pengaruh Geometri Jalan Angkut Terhadap Produktivitas Alat Angkut Dalam Menunjang Target Produksi Di PT. Bara Indah Lestari Kabupaten Seluma Provinsi Bengkulu. Skripsi. Sekolah Tinggi Teknologi Industri (Sttind), Padang.
- [4] Derra, Citra, W.2015.”Analisis Pengaruh Total Resistance dan Kecepatan Terhadap Fuel Burn Haul Truck Off Highway Truck 775F di PT. Cipta Kridatama Job Site Ketahun, Tanjung Dalam, Kec Ulok Kupai, Bengkulu Utara. Program Sarjana. Universitas Negeri Padang.
- [5] Devi, Diansyah R Pratama. Kajian Efisiensi Bahan Bakar HD 465-605 Pada Jalan Tambang Quarry D Batu Gamping Di PT Indocement Tunggal Prakarsa Tbk Kecamatan Citeureup Kabupaten Bogor Jawa Barat. Universitas Islam Bandung. 3, 1 (2017).
- [6] Dicky, Savendra. Analisis Hubungan total Resistance Dan Kecepatan Terhadap Konsumsi

- Bahan Bakar Dump Truck Komatsu HD 785 Dan Caterpillar Hd777 di PT. Semen Padang. Padang: Universitas Negeri Padang. (2018).
- [7] Febrinaldi, Edo dan Anaperta, Mingsi, Y. (2021). "Evaluasi Jalan Tambang Untuk Meningkatkan Produksi Dari Pit A 1 B Ke Evortable Finish Ore (Efo) Di Pt Paramitha Persada Tama Blok Kerja Pt Bintang Delapan Resources". Jurnal Bina Tambang Vol. 6 No. 5. Departemen Teknik Pertambangan Universitas Negeri Padang.
- [8] Padang. Iashania, Y. 2011. Kajian Teknis Fuel Ratio Peralatan Mekanis Pembongkaran Overburden. Tambang Batubara PT Darma Henwa, TBK Job Site Asam-asam Kec. Jorong Kab. Tanah Laut. Kalimantan Selatan. Teknik Pertambangan Universitas Lambung Mangkurat.
- [9] Partanto, Prodjosumarto. Pemindahan Tanah Mekanis. Bandung : Institut Teknologi Bandung. (1996).
- [10] Pemerintah Indonesia. Kepmen ESDM No. 1827 K Tahun (2018). Tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan Yang Baik. Lembaga Negara Republik Indonesia Tahun 2018 Nomor 30. Jakarta: Sekretariat Negara.
- [11] Sany. (2021, July 28). SANY SY500H. Dipetik April 18, 2022, dari Sany Global: http://sanyglobal_img.sany.com.cn/product/picture_album/20210728/SY_500H-094736.pdf
- [12] Saputra, Wibowo, A (2019). "Evaluasi Jalan Angkut Tambang Berdasarkan Geometri dan Daya Dukung Pada Lapisan Tanah Dasar". Banjarmasin: Universitas Lambung Mangkurat.
- [13] Sarwono, Jonathan, (2006). "Analisis Data Penelitian menggunakan SPSS", Andi Offset. Yogyakarta
- [14] Savendra, D. (2017). "Analisis Hubungan Total Resistance dan Kecepatan Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Dumptruck Komatsu HD 785 dan Caterpillar HD 777 di PT. Semen Padang". Padang : Universitas Negeri Padang.
- [15] Sumarya, (2012). "Bahan Ajar Alat Berat dan Interaksi Alat Berat". Padang: UNP
- [16] Wedhanto, S, 2009. "Alat Berat dan Pemindahan Tanah Mekanis (Diktat Kuliah Untuk Mahasiswa)", Jurusan Teknik Sipil, Universitas Negeri Malang. Bab 3:1-11.
- [17] Yudianto, Lukman. (2017). "Optimalisasi Kecepatan Dumptruck Caterpillar 789B Pada Kegiatan Pengangkutan Lapisan Tanah Penutup di Pit Pinang South Department Jupiter PT. Kaltim Prima Coal Sangatta Kalimantan Timur". Yogyakarta : Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta
- [18] Yoszi, Mingsi Anaperta. Evaluasi Keceratan (Match Factor) Alat Muat Dan Alat Angkut Dengan Metode Control Chart (Peta Kendali) Pada Aktivitas Penambangan Di Pit X PT Y". Universitas Negeri Padang. Jurnal Teknologi Informasi Pendidikan 9, 1 (2016)
- [19] 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