

Kajian Teknis Geometri Jalan Angkut Batubara Menuju Pelabuhan Khusus Milik PT Baturona Adimulya Untuk Mencapai Target Produksi

Febrian Syukra^{1,*} dan Bambang Heriyadi^{1,**}

¹Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

* febriansyukra92@gmail.com

** bambangh@ft.unp.ac.id

Abstract. Coal transportation is important in achieving coal production targets. The condition of road geometry is one of the factors that influence transportation activities. The purpose of this research is to conduct a technical study of the geometry of the coal haul road from the Sumatra Jambi-Palembang crossroads to the special port owned by PT Baturona Adimulya to achieve the coal production target. The study was conducted by direct observation to the field to obtain primary data and secondary data needed. The results of the data analysis show that the geometry of the mining road still needs to be improved in certain segments. The actual condition of the width of the B-C (bend) and E-F (straight) segments of 10.6 m and 8.5 meters wide is not yet ideal, so it is necessary to increase the width of the road respectively in the width of 0.7 meters and 0.5 meters. The actual slope of the road in all segments is ideal. The actual superelevation of the F-G segment valued at 0.29 m is not ideal yet, so the elevation outside the bend needs to be added at 0.15 meters. The actual cross slope, segments A-B and E-F, respectively 10 cm and 15 cm, are not yet ideal, so it is necessary to add height to the middle of each segment as high as 8 cm and 3 cm. Production of conveyance before repairing was 56.2948.98 tons and after repairing the road geometry was 60.144.92 tons.

Keywords: Transportation Geometry, Improvement Plan, Production Target, Cycle Time, Technical Study

1. Pendahuluan

Batubara merupakan salah satu sumber energi potensial di Indonesia. Total cadangan batubara terbukti Indonesia sebanyak 12.548 juta ton dan berada pada peringkat ke sepuluh dunia^[1]. Pulau Sumatera dan Kalimantan merupakan daerah persebaran cadangan batubara di Indonesia. Kalori batubara yang mendominasi adalah berkalori rendah (<5.100 kal/gr) dan kalori sedang (5,100 - 6,100 kal/gr). Pemanfaatan batubara sangat beragam seperti bahan bakar pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), industri semen, industri kecil, serta industri rumah tangga^[2]. Batubara pun diperdagangkan di pasar internasional dan terus mengalami peningkatan yang cukup signifikan seiring meningkatnya kebutuhan energi dunia dan tingginya harga minyak bumi.

Salah satu perusahaan yang bergerak di industri pertambangan batubara adalah PT Baturona Adimulya yang terletak di Kabupaten Musi Banyuasin, Provinsi Sumatera Selatan. PT. Baturona Adimulya saat ini telah

membuka pit penambangan baru yaitu pit 2. Perusahaan ini dalam pengusahaan batubara menggunakan metode penambangan berupa tambang terbuka^[3]. Tahapan penambangan batubara yang dilakukan terdiri dari pembersihan lahan, pengelolaan *topsoil*, pengupasan *overburden*, penggalian batubara, pemuatan, pengangkutan, prosesing dan penjualan, serta reklamasi^[4].

Proses pengangkutan batubara merupakan salah satu hal yang penting terutama dalam hal pencapaian target produksi batubara perusahaan. Kondisi geometri jalan angkut merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kegiatan pengangkutan. Hal ini dikarenakan geometri jalan yang baik dan sesuai standar akan meningkatkan nilai efektivitas kerja dari alat sehingga mempersingkat waktu edar (*cycle time*) yang mempengaruhi produktivitas alat angkut tersebut.

Lokasi PT. Baturona Adimulya dapat dicapai dengan rute perjalanan menggunakan jalur darat dari Palembang ke ibukota Musi Banyuasin, kota Sekayu yaitu selama

3 jam dengan jarak sejauh 150 km, sedangkan dari kota Sekayu ke Blok Bandar Jaya (Kecamatan Keluang) dan Blok Bedeng Genteng-Supat (Kecamatan Sungai Lilin) sekitar 20-30 menit melalui jalan perkebunan karet dan kelapa sawit.

Batubara yang ditambang oleh PT. Baturona Adimulya diangkut dari *front* penambangan menuju pelabuhan khusus milik PT. Baturona Adimulya. Jalan angkut yang mesti ditempuh oleh alat angkut batubara menuju pelabuhan sejauh lebih kurang 26,2 km. Jalan angkut ini terdiri dari tiga segmen yaitu segmen pertama yaitu jalan dari *front* penambangan menuju jalan Lintas Sumatera Jambi-Palembang sejauh 15 km, segmen kedua yaitu jalan Lintas Sumatera Jambi-Palembang sejauh 6,7 km, dan segmen ketiga yaitu jalan dari Lintas Sumatera Jambi-Palembang menuju pelabuhan milik PT. Baturona Adimulya sejauh 4,5 km.

Fokus penelitian ini adalah jalan angkut dari jalan Lintas Sumatera Jambi-Palembang menuju pelabuhan milik PT. Baturona Adimulya. Pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa keadaan geometri jalan angkut menuju pelabuhan khusus milik PT. Baturona Adimulya masih belum memenuhi standar geometri jalan angkut yang ideal. Kondisi jalan angkut masih terdapat beberapa titik yang permukaan jalannya masih terdapat lobang, jalan yang licin yang dikarenakan adanya genangan air akibat kurangnya drainase, serta kurangnya perhitungan *cross slope* yang mengakibatkan air tergenang di permukaan jalan. Hal ini mempengaruhi waktu edar alat angkut dimana pada keadaan normal jalan Lintas Sumatera Jambi-Palembang menuju pelabuhan membutuhkan waktu sekitar $\pm 15,20$ menit saat kondisi jalan baik, sedangkan pada kondisi jalan buruk dapat memakan waktu $\pm 23,15$ menit.

Kajian teknis geometri jalan angkut merupakan usaha yang dapat dilakukan untuk mengoptimalkan waktu edar dari alat angkut tersebut. Beberapa aspek yang perlu dikaji dalam area jalan angkut tambang adalah lebar jalan lurus, lebar jalan tikungan, *grade*, *superelevasi*, dan *cross slope* untuk mencapai target produksi. Berdasarkan hal tersebut, fokus penelitian ini yaitu kajian teknis geometri jalan angkut batubara dari jalan Lintas Sumatera Jambi-Palembang menuju pelabuhan khusus milik PT Baturona Adimulya untuk mencapai target produksi batubara 60.000 ton/bulan

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penambangan batubara PT. Baturona Adimulya terletak di Kecamatan Babat Supat, Kabupaten Musi Banyuasin, Provinsi Sumatera Selatan.

2.1.1. Kondisi Geologi

Area rencana penambangan batubara PT. Baturona Adimulya secara geologi memiliki bentuk morfologi berupa daerah rawa-rawa (*swampy area*) dan dataran banjir serta kawasan perbukitan bergelombang rendah.

Proses pengendapan sedimen di cekungan ini berlangsung pada waktu tersier, diawali dengan diendapkannya kelompok telisa yang runtuhannya litologinya menunjukkan bahwa kelompok telisa yang runtuhannya litologinya menunjukkan bahwa kelompok ini merupakan satuan yang terbentuk dalam fase genang laut.

Kelompok Palembang merupakan satuan stratigrafi berikutnya yakni batuan sedimen yang diendapkan susut laut. Kelompok Palembang ini terdiri dari formasi Air Benakat, formasi Muara Enim, formasi Kasai, dimana formasi Muara Enim diyakini bertindak sebagai formasi pembawa batubara di wilayah ini. PT. Baturona Adimulya ini berada pada formasi Muara Enim yang didominasi sedimen berumur tersier, kuarter, dan ressen yang diendapkan sepanjang sungai Musi dan Batanghari Leko.

2.1.2. Stratigrafi

Secara regional wilayah kerja PKP2B PT. Baturona Adimulya termasuk ke dalam peta geologi lembar Palembang yang wilayahnya secara keseluruhan merupakan bagian dari cekungan Sumatera Selatan. Kelompok Palembang ini terdiri dari formasi Muara Enim diyakini bertindak sebagai formasi pembawa batubara di wilayah ini.

Formasi didefinisikan sebagai suatu tubuh yang dapat dikenali atau diidentifikasi melalui karakter dan posisi stratigrafinya yang dapat dipetakan pada permukaan bumi dan dapat dilacak keberadaannya dipermukaan. Formasi batuan di Musi Banyuasin, sebagai berikut :

1. Formasi Talang Akar (tmat) merupakan satuan batuan tertua yang tersingkap di lembar Palembang. Litologinya terdiri dari batu pasir gampingan, batupasir kuarsa tufaan, sebagian konglomerat dan sisipan tipis batubara yang diendapkan pada waktu oligosen hingga miosen awal dengan lingkungan pengendapan darat hingga laut dangkal.
2. Formasi Gumay (tmg), secara selaras diendapkan selama miosen awal miosen tengah di atas formasi Talang Akar yang juga merupakan puncak genangan laut dengan lingkungan pengendapan laut terbuka (neritik). Litologinya terdiri dari batu lempung, serpih dengan sisipan batupasir halus hingga batu lanau gampingan.
3. Formasi Air Benakat (tma) diendapkan secara selaras diatas formasi Gumay sebagai hasil dari awal fase regresi. Litologi formasi ini terdiri dari batu lanau mengandung karbon dengan sisipan lanau kuarsa.
4. Formasi Muara Enim diendapkan secara selaras di atas formasi Air Benakat yang berlangsung selama miosen akhir hingga pliosen awal. Himpunan litologinya menunjukkan bahwa lingkungan pengendapan formasi ini lebih dangkal dari formasi Air Benakat. Litologinya yaitu berlempung batulanau tufaan dengan sejumlah sisipan batubara.
5. Formasi Kasai diendapkan secara selaras di atas formasi Muara Enim yang juga terjadi selama plio-plistosen dengan lingkungan pengendapan darat. Satuan batubara yang menyusun formasi ini terdiri dari tufa, tufa pasiran dan batu pasir mengandung batu apung.

Endapan rawa dan alluvium merupakan satuan paling muda yang diendapkan di wilayah ini. Endapan rawa materialnya berupa lumpur, lanau, dan pasir umumnya agak tuffaan dengan pelamparan yang sangat luas. Alluvium (qa) berupa endapan lepas yang materialnya berukuran lempung hasil rombakan tufa, lanau, pasir hingga kerikil. Pelamparannya dapat ditemukan di antaranya Air Calik dan Air Banyuasin, serta sepanjang Batanghari Leko. Stratigrafi daerah penelitian ditampilkan pada Gambar 1 di bawah ini.

UMUR	FORMASI & ANGGOTA	Lithologic	Seam	Pemerian Litologi			
KUARTER	Alluvial			Endapan lumpur dan rawa.			
Miosen	Miosen Atas	Maka Elm					
					Kasai	Batulempung tuffaan, Batupasir tuffaan	
					M-4	Lower Lematang Babat Kebon	Batulempung, tiga sisipan batubara, dan batupasir.
					M-3	Benuang Burung	Batulanau, batupasir, batulempung, mengandung dua seam batubara.
	M-2	Mangus Suban Petai	Batulempung selang seling batupasir & batulanau, mengandung tiga seam batubara.				
M-1	Merapi Kladi	Batupasir kuarsa, batulanau, batulempung, terdapat dua seam batubara.					
Tengah	Air Benakat			Batulempung, batulanau, batupasir halus kehijauan, sebagian glaukonitan.			

Gambar 1. Stratigrafi^[3]

2.2. Geometri Jalan Angkut

Salah satu faktor penting dalam usaha bidang penambangan adalah jalan angkut. Dua parameter yang berpengaruh dalam jalan angkut yaitu geometri jalan dan kontruksi jalan angkut. Suatu rancangan jalan angkut, baik geometri maupun kontruksi jalan angkut disesuaikan dengan alat angkut yang digunakan.

Rencana alat angkut merupakan alat angkut terbesar yang mewakili kelompoknya (kelompok truk), digunakan untuk merencanakan bagian-bagian geometri jalan. Lebar jalan dipengaruhi oleh jumlah jalur dan lebar alat angkut sedangkan kelandaian jalan dipengaruhi oleh daya alat angkut itu sendiri.

Alat angkut ini pun juga akan mempengaruhi rencana kontruksi jalan angkut, karena setiap alat angkut mempunyai berat dan kapasitas angkut yang bermacam-macam. Selain hal di atas kecepatan alat angkut yang digunakan juga mempunyai pengaruh dalam jarak berhenti dan jarak pandang kendaraan. Perencanaan jalan angkut yang matang, diharapkan fungsi, umur dan pelayanan jalan maksimum.

Geometri jalan merupakan bentuk jalan yang dapat memenuhi fungsi dasar dari jalan. Fungsi jalan adalah memberikan pelayanan yang optimum. Perencanaan geometri jalan sedapat mungkin disesuaikan dengan kondisi topografi pada daerah yang akan dibuat jalan tambang, sehingga jalan tambang yang akan dibuat dapat dipergunakan untuk meningkatkan target produksi yang diinginkan oleh perusahaan tanpa mengabaikan standar keselamatan yang telah ada.

Geometri jalan angkut yang harus diperhatikan adalah sebagai berikut.

2.2.1. Lebar Jalan

Lebar jalan sangat mempengaruhi operasi penambangan terutama dalam kegiatan pengangkutan. Perhitungan lebar jalan didasarkan pada lebar kendaraan terbesar yang dioperasikan. Semakin lebar jalan yang digunakan maka operasi pengangkutan akan semakin aman dan lancar.

Lebar jalan yang lebar diharapkan dapat membuat pengangkutan lancar dan aman. Lebar jalan harus diperhitungkan dengan cermat. Perhitungan lebar jalan lurus dan jalan berbelok (tikungan) berbeda, karena pada posisi membelok kendaraan membutuhkan ruang gerak lebih besar akibat jarak ban depan dan ban belakang yang ditinggalkan di atas jalan melebar.

2.2.2. Lebar Jalan pada Kondisi Lurus

Penentuan lebar jalan lurus didasarkan pada *Rule of Thumb* yang dikemukakan oleh *AASHTO Manual Rural Higway Design* (1990) yaitu jumlah jalur dikali dengan lebar *dump truck* ditambah setengah lebar *truck* untuk masing – masing tepi kiri, kanan, dan jarak antara dua *dump truck* yang sedang bersilangan. Persamaan yang digunakan adalah^[5] :

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

Keterangan :

L (min) = lebar jalan minimum (m)

n = jumlah jalur

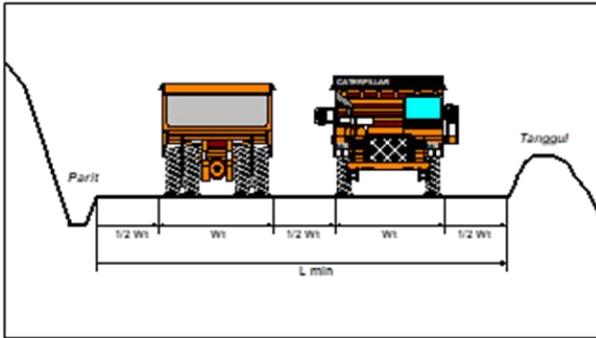
Wt = lebar alat angkut total (m)

Lebar jalan angkut minimal disajikan pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Lebar Jalan Angkut Minimum^[6]

Jumlah Laju <i>Truck</i>	Perhitungan	Lebar Jalan Angkut Min.
1	$1 + (2 * \frac{1}{2})$	2
2	$2 + (3 * \frac{1}{2})$	3,5
3	$3 + (4 * \frac{1}{2})$	5
4	$4 + (5 * \frac{1}{2})$	6,5

Lebar jalan lurus untuk jalur ganda seperti yang terlihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 1. Lebar Jalan Angkut Minimum Untuk Lajur Ganda^[7]

2.2.3. Lebar Jalan Angkut pada Tikungan (Belokan)

Lebar jalan angkut pada tikungan selalu dibuat lebih besar dari pada jalan lurus. Hal ini dimaksudkan untuk mengantisipasi adanya penyimpangan lebar alat angkut yang disebabkan oleh sudut yang dibentuk oleh roda depan dengan badan truk saat melintasi tikungan. Lebar jalan minimum untuk jalur ganda pada tikungan dihitung berdasarkan pada :

- 1) Lebar jejak roda
- 2) Lebar jantai atau tonjolan (*overhang*) alat angkut bagian depan dan belakang pada saat membelok
- 3) Jarak antara alat angkut saat bersimpangan
- 4) Jarak jalan terhadap tepi jalan

Persamaan yang digunakan adalah^[8] :

$$W_{min} = 2(u + Fa + Fb + z) + C \quad (2)$$

$$C = Z = \frac{1}{2}(U + Fa + Fb + z) \quad (3)$$

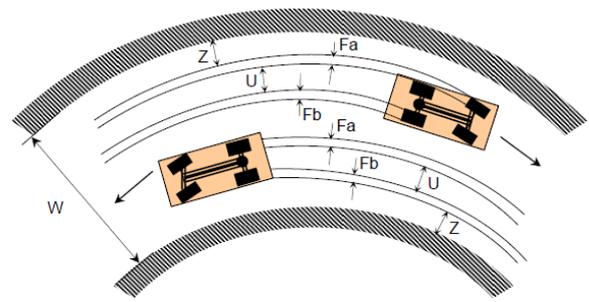
$$Fa = Ad * \sin \alpha \quad (4)$$

$$Fb = Ab * \sin \alpha \quad (5)$$

Keterangan :

- W = lebar jalan pada tikungan (m)
- U = lebar jejak roda (m)
- N = jumlah jalur
- Fa = lebar jantai depan (m)
- Fb = lebar jantai belakang (m)
- Z = lebar bagian tepi jalan (m)
- C = jarak antara alat angkut saat bersimpangan (m)
- Ad = jarak as roda depan dengan bagian depan *truck*
- Ab = jarak as roda belakang dengan bagian belakang *truck*
- α = sudut penyimpangan (belok) roda depan (°)

Sudut penyimpangan dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah ini :

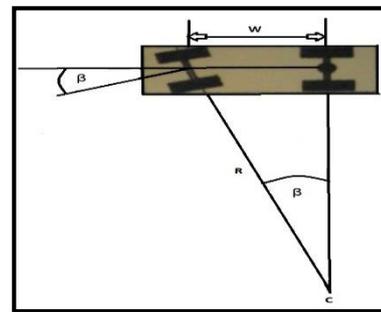


Gambar 2. Lebar Jalan Dalam Kondisi Tikungan Dua Jalur^[9]

2.2.4. Jari-jari Tikungan dan Superelevasi

1) Jari-jari Tikungan

Jari-jari tikungan jalan angkut berhubungan dengan konstruksi alat angkut yang digunakan, khususnya jarak horizontal antara poros roda depan dan belakang. Gambar 3 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 3. Sudut Maksimum Penyimpangan Kendaraan^[10]

Jari – jari tikungan dapat dihitung dengan rumus :

$$R = W / \sin \beta \quad (6)$$

Keterangan :

- R = jari – jari belokan alat angkut (m)
- W = jarak poros roda depan dan belakang (m)
- β = sudut penyimpangan roda depan (°)

Jari – jari tikungan dalam pembuatan jalan tikungan harus dibuat lebih besar daripada jari – jari lintasan alat angkut, atau minimal sama. Jari – jari tikungan jalan angkut juga harus memenuhi keselamatan kerja di tambang atau memenuhi faktor keamanan yaitu jarak pandang bagi pengemudi di tikungan, baik horizontal maupun vertikal terhadap kedudukan suatu penghalang pada jalan tersebut yang diukur dari mata pengemudi.

2) Superelevasi

Kendaraan saat melalui tikungan atau belokan dengan kecepatan tertentu akan menerima gaya *sentrifugal* yang menyebabkan kendaraan tidak stabil. Suatu kemiringan melintang perlu dibuat ke arah titik pusat tikungan yang disebut *superelevasi* (e) untuk mengimbangi gaya

sentrifugal tersebut. Gaya gesek (*friksi*) melintang yang cukup berarti antara ban dengan permukaan jalan akan terjadi pada daerah *superelevasi*. Implementasi matematisnya berupa koefisien gesek melintang (*f*) yang merupakan perbandingan antara besar gaya gesek melintang dengan gaya normal.

Superelevasi berhubungan erat dengan jari – jari belokan, kecepatan kendaraan dan perubahan kecepatan. *Superelevasi* dicapai secara bertahap dari kemiringan normal pada bagian jalan yang lurus sampai ke kemiringan penuh (*superelevasi*) pada bagian jalan yang lengkung. Rekomendasi AASHTO untuk koefisien gesekan samping disajikan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Rekomendasi AASHTO Untuk Koefisien Gesekan Samping

Kecepatan Rencana (Mph)	20	30	40	50	60	70	80
Kecepatan Rencana (Km/Jam)	32	48	64	80	97	113	129
Koefisien	0,17	0,16	0,15	0,14	0,12	0,10	0,08

Besar nilai *superelevasi* yang disarankan dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut^[8]:

$$e + f = v^2/127R \quad (7)$$

Keterangan :

e = *superelevasi* (m/m)

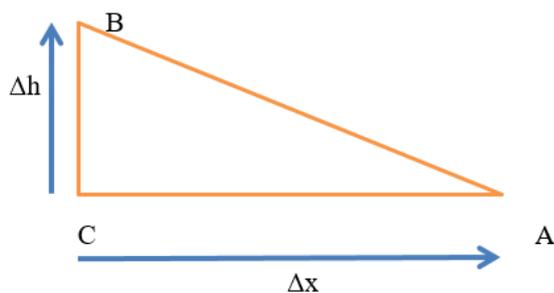
f = *friction factor*

v = kecepatan rencana kendaraan (km/jam)

R = jari – jari tikungan (m)

2.2.5. Kemiringan Tanjakan Jalan Angkut (Grade)

Kemiringan jalan berhubungan langsung dengan kemampuan alat angkut baik dalam pengereman maupun dalam mengatasi tanjakan. Kemiringan jalan umumnya dinyatakan dalam persen (%). Kemiringan 1% berarti jalan tersebut naik atau turun sebesar 1 meter untuk jalan datar sepanjang 100 meter. Kemiringan dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:



Gambar 4. Perhitungan Kemiringan Jalan

$$\text{Grade (\%)} = \Delta h / \Delta x \times 100 \% \quad (8)$$

Keterangan :

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

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

Kemiringan jalan maksimum yang dapat dilalui dengan baik oleh alat angkut *dump truck* berkisar antara 10 % - 15 % atau sekitar 5,71° - 8,53°. Akan tetapi untuk jalan naik atau turun pada lereng bukit lebih aman bila kemiringan jalan maksimum sekitar 8% (3,86°). Tabel 3 berikut memperlihatkan kemiringan atau kelandaian maksimum pada kecepatan *dump truck* yang bermuatan penuh di jalan mampu bergerak dengan kecepatan tidak kurang dari separuh kecepatan semula tanpa harus menggunakan gigi rendah.

Tabel 3. Perbandingan Kecepatan dengan *Grade* yang Diizinkan

VR (km/jam)	120	110	100	80	60	50	40	<40
Max Grade (%)	3	3	4	5	8	9	10	10

Hal yang berpengaruh selain persentase kemiringan adalah konsistensi tanjakan. Tanjakan yang tidak konsisten (menerus) akan mengakibatkan hal – hal sebagai berikut :

- 1) Frekuensi perpindahan gigi tinggi
- 2) Konsumsi solar semakin tinggi
- 3) *Cycle time* rendah
- 4) Mengakibatkan material yang dibawa tercecer
- 5) Tingkat kerusakan alat angkut semakin tinggi

2.2.6. Cross Slope (Kemiringan Melintang)

Cross slope adalah sudut yang dibentuk oleh dua sisi permukaan jalan terhadap bidang horizontal. Umumnya jalan angkut mempunyai bentuk penampang melintang cembung dibuat demikian dengan tujuan untuk memperlancar penyaliran. Apabila turun hujan atau sebab lain, maka air yang ada pada permukaan jalan akan segera mengalir ke tepi jalan angkut, tidak berhenti dan berkumpul pada bagian permukaan jalan. Hal ini penting karena kalau terjadinya genangan air di bagian permukaan jalan akan mengakibatkan kerusakan pada jalan tumbang.

Angka *cross slope* dinyatakan dalam perbandingan jarak vertikal (*q*) dan horizontal (*p*) dengan satuan mm/m atau m/m. Jalan angkut yang baik memiliki *cross slope* antara 1/50 sampai 1/25 atau 20 mm/m sampai 40 mm/m.

Angka *cross slope* dapat dirumuskan dengan:

$$p = \frac{1}{2} \cdot L \quad (9)$$

$$q = p \cdot 40 \text{ mm/m (angka cross slope)}$$

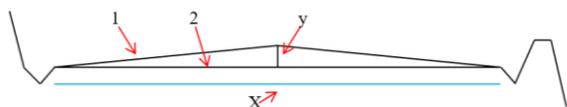
keterangan :

p = jarak horizontal (m)

q = jarak vertikal (mm)

L = lebar jalan (m)

Berikut bentuk penampang melintang jalan angkut yang disajikan dalam Gambar 5.



Gambar 5. Penampang Melintang Jalan Angkut

Keterangan :

1 = permukaan jalan

2 = bidang horizontal

X = jarak horizontal

Y = jarak vertikal

2.2. Produksi Alat Angkut

PT Baturona Adimulya dalam hal pengangkutan batubara menggunakan alat angkut *dump truck* tipe Mitsubishi Fuso 220 Ps. Produktivitas alat angkut aktual berdasarkan pengamatan *cycle time* dan efisiensi kerja alat angkut di lapangan. Produktivitas alat angkut ini dapat dihitung menggunakan persamaan berikut^[11]:

$$P = n \times q1 \times K \times \frac{60}{Cmt} \times Et \times M \quad (10)$$

Keterangan :

P = produktivitas alat angkut

n = banyaknya jumlah pengisian

q1 = Kapasitas bucket excavator (m^3)

K = nilai *Bucket Fill Factor* Excavator

C = produksi per siklus

C_{tm} = waktu edar alat angkut,

E_t = efisiensi kerja

M = jumlah alat angkut yang beroperasi

3. Metodologi Penelitian

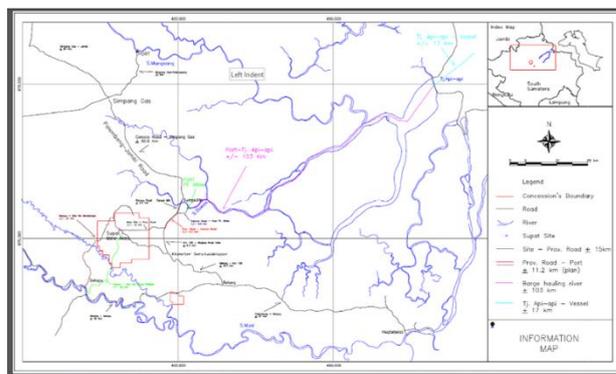
3.1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian kuantitatif. Penelitian kuantitatif adalah penelitian yang merekam data sebanyak-banyaknya dari populasi yang luas yang berhubungan dengan angka baik hasil pengukuran, analisis data, maupun penafsiran, dan penarikan kesimpulannya dengan bantuan rumus-rumus statistik maupun komputer^[12]. Penelitian ini akan menampilkan hasil perhitungan geometri jalan yang ideal serta produktivitas alat angkut. Berdasarkan tujuannya penelitian ini tergolong dalam penelitian deskriptif, dimana penelitian ini akan memberikan gambaran tentang geometri jalan angkut yang ideal.

3.2. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian di PT. Baturona Adimulya yang terletak di Kecamatan Babat Supat, Kabupaten Musi Banyuasin, Provinsi Sumatera Selatan. Perusahaan terletak pada koordinat geografis ujung selatan adalah $2^{\circ}47'00''$ LS, ujung utara $2^{\circ}36'17''$ LS, ujung timur $104^{\circ}13'00''$ BT, dan ujung barat $103^{\circ}50'00''$ BT. Lokasi tambang PT.

Baturona Adimulya dapat dicapai dengan kendaraan bermotor selama 3 jam dari Palembang menuju Kabupaten Musi Banyuasin dengan jarak tempuh 110 km. Akses menuju lokasi PT. Baturona Adimulya menempuh jarak sekitar 15 km dari pintu masuk perusahaan tersebut. Jalan masuk sepanjang 15 km tersebut merupakan jalan milik perusahaan. Fokus penelitian ini pada jalan angkut tambang PT Baturona pada segmen jalan Lintas Sumatera Jambi-Palembang menuju pelabuhan khusus milik PT Baturona Adimulya. Kesampaian daerah lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Peta Kesampaian Daerah^[3]

3.3 Jenis dan Teknik Pengambilan Data

Jenis data yang diperoleh pada penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang langsung didapatkan ketika melakukan penelitian. Data sekunder adalah data yang didapatkan dari sumber yang sudah ada seperti dari laporan perusahaan, literatur terkait, dan lain sebagainya. Data yang diambil harus benar, akurat, dan lengkap serta relevan dengan permasalahan yang ada. Data primer meliputi *cycle time*, lebar jalan aktual tiap segmen, jumlah alat angkut dan spesifikasi alat. Data sekunder meliputi lokasi dan kesampaian daerah, struktur organisasi, izin usaha pertambangan data curah hujan, kondisi geologi regional dan stratigrafi.

Objek penelitian ini meliputi *cycle time* pengangkutan batubara; jalan angkut batubara dari jalan Lintas Sumatera Jambi-Palembang ke pelabuhan, dan *dump truck*. Instrumen (peralatan) yang digunakan selama penelitian ini terdiri dari kamera digital, alat ukur (meteran), alat ukur waktu, kompas, laptop.

Proses pengambilan data dimulai dengan melakukan studi literatur terkait penelitian yang diperoleh dari instansi terkait (data perusahaan), perpustakaan (literatur), brosur-brosur (spesifikasi alat). Selanjutnya orientasi lapangan yang dilakukan dengan melakukan peninjauan lapangan untuk melakukan pengamatan langsung terhadap kondisi daerah penelitian dan kegiatan penambangan di lokasi tersebut.

3.4. Teknik Pengolahan dan Analisis Data

Setelah data didapatkan maka selanjutnya adalah pengelompokan dan pengolahan data. Data dikelompokkan sesuai dengan tahapan pengerjaannya.

Hal-hal yang dilakukan pada tahapan ini adalah :

1. Mengevaluasi kondisi geometri jalan angkut aktual
2. Merancang geometri jalan angkut yang dibutuhkan untuk mencapai target produksi yang terdiri dari menghitung lebar jalan, kemiringan (*Grade*) jalan, *superelevasi* dan *cross slope* berdasarkan perhitungan teoritis.
3. Menghitung *cycle time* alat angkut batubara untuk mengetahui produktivitas aktual batubara.
4. Menghitung prediksi *cycle time* alat angkut setelah jalan dievaluasi untuk mengetahui produktivitas teoritis batubara.

Analisis data dilakukan terhadap hasil pengolahan data yang telah dilakukan. Analisis data meliputi geometri jalan angkut yang belum ideal serta produktivitas alat angkut sebelum dan setelah perbaikan geometri jalan.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Geometri Aktual Jalan Angkut

Geometri jalan angkut adalah komponen jalan angkut yang diperhatikan dalam perencanaan membuat rekonstruksi jalan angkut tersebut^[13]. Kajian geometri jalan tambang merupakan kajian tentang bagaimana ukuran dan bentuk fisik jalan tambang dimana meliputi lebar jalan (jalan lurus dan tikungan), jari-jari tikungan dan *superelevasi*, kemiringan jalan (*grade*), kemiringan melintang (*cross slope*).

4.1.1. Lebar Jalan (Jalan Lurus dan Tikungan)

Berdasarkan pengamatan di lapangan, alat angkut yang digunakan oleh PT Baturona Adimulya menggunakan *dump truck* Mitsubishi Fuso 220 Ps yang mempunyai lebar 2,460 meter. Hasil pengamatan jalan angkut dari jalan lintas Sumatera Jambi-Palembang menuju pelabuhan menggunakan dua jalur. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan diperoleh lebar jalan angkut ideal pada jalan lurus minimum sebesar 9 meter dan untuk lebar jalan tikungan minimum sebesar 11,3 meter. Lebar jalan aktual jalan angkut dari jalan lintas Sumatera Jambi-Palembang menuju pelabuhan khusus milik perusahaan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Lebar Jalan Angkut Dari Jalan Lintas Sumatera Jambi-Palembang Menuju Pelabuhan Khusus Milik Perusahaan

No.	Segmen	Lebar Jalan (m)		Kriteria
		Lurus	Tikungan	
1	A-B	12,2	-	Ideal
2	B-C	-	10,6	Belum ideal
3	C-D	11,3	-	Ideal
4	D-E	10,5	-	Ideal

No.	Segmen	Lebar Jalan (m)		Kriteria
		Lurus	Tikungan	
5	E-F	8,5	-	Belum ideal
6	F-G	-	12,3	Ideal
7	G-H	9,8	-	Ideal
8	H-I	10,3	-	Ideal
9	I-J	11,2	-	Ideal

Berdasarkan Tabel 4 di atas dilihat bahwa segmen B-C memiliki lebar jalan 10,65 m belum memenuhi lebar minimum jalan tikungan. Hal yang sama juga terjadi untuk kondisi jalan lurus segmen E-F dengan lebar jalan 8,5 m, dimana belum memenuhi lebar jalan minimum untuk jalan lurus. Oleh karena itu perlu perbaikan untuk kedua segmen jalan tersebut.

4.1.2. Kemiringan Jalan (*Grade*)

Kemiringan jalan (*grade*) jalan angkut ideal maksimum sebesar 10%. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diketahui bahwa kemiringan jalan angkut dari jalan lintas Sumatera Jambi-Palembang menuju pelabuhan khusus milik perusahaan telah ideal. Hal ini disebabkan jalan cenderung landai atau dapat dikatakan datar. Oleh karena itu kemiringan jalan tidak menjadi faktor penghambat dalam pengangkutan batubara ke pelabuhan. Kemiringan jalan angkut dari jalan lintas Sumatera Jambi-Palembang menuju pelabuhan khusus milik perusahaan disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Kemiringan Jalan Angkut Batubara (*Grade*)

Segmen Jalan	Grade (%)		Kriteria
	Aktual	Ideal	
A-B	0,04	10	Ideal
B-C	0,12	10	Ideal
C-D	0,08	10	Ideal
D-E	0,04	10	Ideal
E-F	0,3	10	Ideal
F-G	0,04	10	Ideal
G-H	0,02	10	Ideal
H-I	0,04	10	Ideal
I-J	0,02	10	Ideal

4.1.3. *Superelevasi*

Superelevasi yaitu kemiringan badan jalan pada tikungan. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan beda tinggi antara sisi dalam dan sisi luar tikungan agar ideal adalah 0,44 m. Beda tinggi aktual antara sisi dalam dan sisi luar tikungan dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Beda Tinggi Sisi Dalam Dan Sisi Luar Pada Tiap Tikungan

No	Segmen	Elevasi Tikungan (mdpl)		Beda Tinggi (m)	Kriteria
		Sisi Luar	Sisi Dalam		
1	B-C	8,84	8,14	0,7	Ideal
2	F-G	6,10	5,81	0,29	Belum ideal

Berdasarkan Tabel 6 di atas dapat dilihat bahwa untuk tikungan pada segmen F-G belum memenuhi standar minimal idealnya *superelevasi* sebuah tikungan.

4.1.4. Kemiringan Melintang (Cross Slope)

Cross slope yang ideal untuk jalan tambang satu jalur yang mempunyai lebar 9 meter maka adalah sebesar 18 cm. Beda tinggi antara bagian tengah jalan dengan bahu jalan masing-masing segmen dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Beda Tinggi Antara Bagian Tengah Jalan Dengan Bahu Jalan Pada Tiap Segmen

No	Segmen	Elevasi (mdpl)		Beda Tinggi (cm)	Kriteria
		Tengah Jalan	Bahu Jalan		
1	A-B	6,71	6,61	10	Belum ideal
2	C-D	7,24	7	24	Ideal
3	D-E	7,15	6,93	22	Ideal
4	E-F	6,92	6,77	15	Belum ideal
5	G-H	5,51	5,3	21	Ideal
6	H-I	5,77	5,4	37	Ideal
7	I-J	5,4	5,17	23	Ideal

Berdasarkan Tabel 7 di atas diketahui bahwa pada segmen A-B dan E-F belum memenuhi kriteria ideal *cross slope* berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan.

4.2. Rencana Perbaikan Geometri Jalan Angkut

Rencana perbaikan terhadap masing-masing segmen pada jalan angkut dari jalan Lintas Sumatera Jambi-Palembang menuju pelabuhan khusus milik PT Baturona Adimulya yang belum memenuhi kriteria ideal perlu dilakukan. Hal ini dikarenakan jika operator alat memaksakan untuk melintasi jalan yang tidak ideal dapat menyebabkan produktivitas umur alat menurun, dan berpotensi menimbulkan kecelakaan tambang^[14].

Kondisi jalan yang tidak sesuai dan cenderung dipaksakan akan mempengaruhi tidak nyamannya operator alat untuk melintasi jalan, produktivitas umur alat menurun, dan berpotensi menimbulkan kecelakaan tambang.

Berdasarkan evaluasi teknis yang telah dilakukan, rencana perbaikan geometri jalan meliputi:

4.2.1. Lebar Jalan

Berdasarkan evaluasi teknis lebar jalan yang telah dilakukan diketahui bahwa pada segmen B-C belum memenuhi lebar

minimum jalan tikungan dan segmen E-F juga belum memenuhi lebar jalan minimum untuk jalan lurus. Oleh karena itu perlu perbaikan untuk kedua segmen jalan tersebut. Lebar jalan tikungan pada segmen B-C perlu ditambahkan selebar 0,65 meter agar memenuhi kriteria ideal yaitu minimal selebar 11,3 meter. Lebar jalan lurus pada segmen E-F perlu ditambahkan selebar 0,48 meter agar memenuhi kriteria ideal yaitu minimal selebar 9 meter. Rencana perbaikan lebar jalan dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Rencana Perbaikan Lebar Jalan

No.	Segmen	Lebar Jalan Aktual (m)		Penambahan lebar jalan (m)
		Lurus	Tikungan	
1	B-C	-	10,6	0,65
2	E-F	8,5		0,48

4.2.2. Superelevasi

Penambahan elevasi luar tikungan untuk segmen F-G yang belum memenuhi kriteria ideal adalah sebesar 0,15 meter. Hal ini dimaksudkan agar beda tinggi awal yang 0,29 meter menjadi 0,44 meter, sehingga memenuhi kriteria ideal sesuai perhitungan. Rencana perbaikan *superelevasi* dengan penambahan elevasi sisi luar tikungan ditampilkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Rencana Perbaikan *Superelevasi*

No	Segmen	Elevasi aktual Tikungan (mdpl)		Beda Tinggi (m)	Penambahan elevasi sisi luar (m)
		Sisi Luar	Sisi Dalam		
1	F-G	6,10	5,81	0,29	0,15

4.2.3. Kemiringan Melintang (Cross Slope)

Berdasarkan evaluasi teknis yang telah dilakukan untuk jalan tambang satu jalur yang mempunyai lebar 9 m maka *cross slope* yang ideal adalah sebesar 18 cm. Kemiringan melintang ideal dapat dilakukan perbaikan dengan penambahan tinggi pada bagian tengah jalan. Segmen A-B perlu dilakukan penambahan tinggi pada tengah jalannya setinggi 8 cm. Sementara itu untuk segmen E-F perlu dilakukan penambahan tinggi pada tengah jalannya setinggi 3 cm. Rencana perbaikan *cross slope* dengan penambahan elevasi tengah jalan ditampilkan pada Tabel 10.

Tabel 10. Rencana Perbaikan *Cross Slope*

No	Segmen	Elevasi (mdpl)		Beda Tinggi (cm)	Penambahan elevasi tengah jalan (cm)
		Tengah Jalan	Bahu Jalan		
1	A-B	6,71	6,61	10	8
2	E-F	6,92	6,77	15	3

4.2.4. Permukaan Jalan

Perbaikan kondisi jalan juga dilakukan dengan memperbaiki permukaan jalan. Kondisi yang seharusnya

dibuat yaitu jalan kuat dengan permukaan halus, terawat baik, bekas jejak roda kendaraan tipis sehingga dapat menghasilkan nilai *rolling resistance* sebesar 65 lb/ton^[15].

4.3. Produktivitas Alat Angkut Batubara

Produktivitas alat angkut di sini menyatakan suatu ukuran bagaimana alat angkut tersebut diatur dan dimanfaatkan untuk mencapai hasil yang optimal dalam hal ini mencapai target produksi. Target produksi batubara yang hendak dicapai pada bulan Maret 2017 adalah sejumlah 60.000 ton. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan terhadap produktivitas aktual alat angkut batubara diperoleh total produktivitas alat angkut senilai 56.2948,98 ton/bulan. Hal ini menunjukkan belum tercapainya target produksi yang hendak dicapai. Salah satu yang diduga menjadi penghambat tidak tercapainya target produksi adalah geometri jalan yang belum ideal sehingga perlu diperbaiki.

Setelah dilakukan perbaikan geometri jalan, maka diperoleh produktivitas secara teoritis dari alat angkut senilai 60.320,39 ton/bulan dengan jumlah alat angkut yang sama yaitu 22 unit *dump truck* tipe Mitsubishi Fuso 220 Ps. Perbandingan produktivitas alat aktual dengan produktivitas alat angkut teoritis disajikan pada Tabel 11 berikut ini.

Tabel 11. Perbandingan Produktivitas *Dump Truck* Secara Aktual dan Teoritis

Kondisi	Cycle time (menit)	Produktivitas (ton/jam)*	Produktivitas
Produktivitas aktual	150,01 menit	6,95	56.294,89
Produktivitas teoritis	141,57 menit	7,36	60.320,39

*untuk 1 unit *dump truck*

5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian mengenai “Kajian Teknis Geometri Jalan Angkut Batubara Menuju Pelabuhan Khusus Milik PT Baturona Adimulya Untuk Mencapai Target Produksi” sebagai berikut:

1. Analisis kondisi geometri aktual jalan angkut batubara dari jalan Lintas Sumatera Jambi-Palembang menuju pelabuhan khusus milik PT. Baturona Adimulya yang dibagi menjadi 9 segmen menunjukkan hasil bahwa:
 - a. Lebar jalan, segmen B-C (tikungan) dan segmen E-F (lurus) secara berturut-turut selebar 10,6 meter dan 8,5 meter termasuk kriteria belum ideal, karena minimal lebar jalan ideal yaitu 11,3 meter untuk jalan tikungan dan 9 meter untuk jalan lurus. Sementara segmen lain sudah ideal.
 - b. Kemiringan jalan pada semua segmen masuk kriteria ideal.
 - c. *Superelevasi*, segmen F-G senilai 0,29 meter termasuk kriteria belum ideal, karena minimal

superelevasi yaitu 0,44 meter. Sementara segmen lain sudah ideal.

- d. *Cross slope*, segmen A-B dan E-F secara berurutan senilai belum ideal dimana nilainya 10 cm dan 15 cm termasuk kategori belum ideal, karena minimal *cross slope* yaitu 18 cm. Sementara segmen lain sudah ideal.
2. Rencana perbaikan geometri jalan angkut batubara dari jalan Lintas Sumatera Jambi-Palembang menuju pelabuhan khusus milik PT Baturona Adimulya agar memenuhi kriteria ideal adalah sebagai berikut.
 - a. Lebar jalan, segmen B-C (tikungan) perlu ditambahkan selebar 0,7 meter dan segmen E-F (lurus) perlu ditambahkan selebar 0,5 meter.
 - b. *Superelevasi*, segmen F-G elevasi luar tikungan perlu ditambahkan sebesar 0,15 meter.
 - c. *Cross slope*, penambahan tinggi pada tengah jalan segmen A-B setinggi 8 cm dan segmen E-F setinggi 3 cm.
 - d. Selain itu perlu pula melakukan perbaikan kondisi permukaan jalan.
3. Produktivitas alat angkut sebelum perbaikan adalah 56.2948,98 ton dan setelah dilakukan perbaikan geometri jalan adalah 60.320,39 ton.

5.2. Saran

1. Perlu dilakukan perawatan lebih untuk menjaga jalan tambang agar tetap ideal untuk dilalui oleh alat angkut batubara saat pengangkutan batubara.
2. Hasil penelitian ini dapat direkomendasikan kepada PT Baturona Adimulya sebagai acuan perencanaan jalan angkut pada segmen jalan Lintas Sumatera Jambi-Palembang menuju pelabuhan milik perusahaan demi tercapainya target produksi.

Daftar Pustaka

- [1] Indonesian Mining Institute. *Report on Indonesia Mining Sector Diagnostic for The World Bank*. Indonesian Mining Institute. (2018)
- [2] Muchijidin. *Pengendalian Mutu Dalam Industri Batubara*. ITB: Bandung. (2006)
- [3] PT Baturona Adimulya. *Studi Kelayakan Tambang*. (2006)
- [4] Juniah, R. *Study of Carbon Value of the Allotment of Former Coal Mining Land of PT Samantaka Batubara for Sustainable Mining Environment*. *Jurnal of Sustainable Development*. 11 (4): 213-227 (2018)
- [5] Aldiansyah, Husain, J. R., dan Nurwaskito, A. *Analisis Geometri Jalan di Tambang Utara pada PT. Ifishdeco Kecamatan Tinanggea Kabupaten Konawe Selatan Provinsi Sulawesi Tenggara*. *Jurnal Geomine*. 04 (1): 39-43 (2016)
- [6] Azwari, R. *Evaluasi Jalan Angkut dari Front Tambang Batubara menuju Stockpile Blok B Pada Penambangan Batubara di PT Minemex Indonesia, Desa Talang Serdang Kecamatan Mandiangin*

- Kabupaten Sarolangun Provinsi Jambi*. Prosiding Teknik Pertambangan. 2: 92-100. (2014)
- [7] Jenius, dan Rauf, A. *Evaluasi Geometri Jalan Angkut dari Pit ke Disporal di PT. Awokgading Sarira Nusantara Kabupaten Luwu Timur Provinsi Sulawesi Selatan*. Prosiding Nasional Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi XIII Tahun 2018. ReTII. 100-107 (2018)
- [8] Sepriadi dan Webisono, K. *Evaluasi Geometri Jalan Angkut Terhadap Produktifitas Overburden di Pit MT 4 Penambangan Air Laya PT Bukit Asam (Persero), Tbk. Tanjung Enim Propinsi Sumatera Selatan*. Jurnal Teknik Patra Akademika. 8 (2): 1-9. (2017)
- [9] Muhsyarofi, A. U. dan Triono. *Kajian Teknis Jalan Tikungan Dari Room Stockpile Menuju Front Penambangan (Pit) di PT Bara Kumala Sakti (BKS) Tenggarong, Kalimantan Timur*. Jurnal Geologi Pertambangan. 2 (24): 45-57. (2018)
- [10] Suwandhi, A. *Diktat Perencanaan Tambang Terbuka*. Bandung: UNISBA. (2004)
- [11] Nofwanda, A. R. *Analisis Parameter Yang Mempengaruhi Produksi Alat Gali Muat Dan Alat Angkut Pada Penambangan Batubara Pit 2 Banko Barat PT Bukit Asam Tbk, Tanjung Enim, Sumatera Selatan*. Skripsi Tidak Diterbitkan. Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya. (2019)
- [12] Irawan, P. *Penelitian Kualitatif Dan Kuantitatif Untuk Ilmu-Ilmu Sosial*. Departemen Ilmu Administrasi FISIP. Universitas Indonesia: Depok. (2006)
- [13] Rifandy, A dan Hefni. *Kajian Teknis Geometri Jalan Hauling Pada PT. Guruh Putra Bersama Site Desa Gunung Sari Kecamatan Tabang Kabupaten Kutai Kartanegara*. Jurnal Geologi Pertambangan. 1: 12-25 (2016)
- [14] Kurniawan, A., Amin, M., dan Bochori. *Pengaruh Geometri Jalan Sebelum Dan Setelah Perbaikan Jalan Terhadap Produktivitas Dan Konsumsi Bahan Bakar Serta Rasio Bahan Bakar*. Jurnal Pertambangan. 3 (1). (2019)
- [15] Prodjosumarto, P. *Pemindahan Tanah Mekanis*. Institut Teknologi Bandung : Bandung. (1996)