

# PERENCANAAN GEOMETRI JALAN *HAULING* BATUBARA DARI ROM *PIT* MENUJU ROM *PORT* PT. MNC INFRASTRUKTUR UTAMA *JOBSITE* PT. BHUMI SRIWIJAYA PERDANA COAL PROVINSI SUMATERA SELATAN

Alfajriah<sup>1\*</sup>, Tri Gamela Saldy<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

[\\*ipat260899@gmail.com](mailto:*ipat260899@gmail.com)

**Abstract** Every mining operation requires haul roads as a very important infrastructure facility. The purpose of this research is to plan a haul road and calculate the required road geometry design so that the Hino FM 260 JD dump truck can pass through it. Data collection methods used in this research are literature studies, observation, primary data and secondary data. The location to be studied has a road length of  $\pm 11,2$  km. The results of this study with planning a straight road width of 9 m while at a bend of 15 m, the minimum bend radius is 47 m with a turning radius of 8,5 m, the maximum superelevation obtained is 0.04, and a cross slope is obtained with a difference 18 cm high. The planned slope of the road is the maximum slope that can be passed properly by the conveyance. The slope would ideally be 8%. Based on the bend plan, there are 10 bend radii consisting of 5 SCS bends, 1 FC bend and 4 SS bends. In order to support the smoothness and safety of transportation activities, especially on hauling roads, it is necessary to take into account the road supporting factors to achieve these conditions, namely stopping distances and safety berms. On each left and right side of the road a safety embankment will be made with a width of 1.44 m with a height of 0.48 m and a safe/stopping distance for vehicles that is 41.463 m. The load received by the road surface is 16.000 lb/ft<sup>2</sup>. Therefore, a hauling road pavement is required with the addition of a cover layer with a material carrying capacity of 20.000 lb/ft<sup>2</sup> Compact gravel and boulder-gravel formation; very compact sandy gravel.

**Keywords:** Haul Road, Road Geometry, Superlevation, Grade

## 1. Pendahuluan

PT. Bhumi Sriwijaya Perdana Coal merupakan salah satu industri yang bergerak dibidang pertambangan batubara. Secara administratif wilayah kegiatan penambangan batubara PT. Bhumi Sriwijaya Perdana Coal berlokasi di Desa Beji Mulyo, Kecamatan Tungkal Jaya, Kabupaten Musi Banyuasin, Provinsi Sumatera Selatan.

Salah satu dari rangkaian kegiatan pertambangan batubara adalah *coal hauling* (pengangkutan batubara). *Coal hauling* merupakan suatu kegiatan memindahkan batubara dari satu tempat ke tempat lain. *Coal hauling* dilakukan dari *front* kerja tambang menuju ROM *port*, ada juga dari ROM *pit* menuju ROM *port*. Pada penelitian ini kegiatan *coal hauling* yang diteliti adalah kegiatan yang dilakukan dari ROM *pit* menuju ROM *port*. Adapun faktor yang mempengaruhi kelancaran *coal hauling* diantaranya yaitu sarana berupa alat angkut dan alat muat yang digunakan, selain itu prasarana berupa jalan juga

mempengaruhi kelancaran pada kegiatan *coal hauling* [1].

Permasalahan yang terjadi pada PT. BSPC terkait dengan kegiatan *coal hauling* menuju ROM *port* yaitu tidak memiliki akses jalan utama atau masih menggunakan jalan kabupaten dengan jarak  $\pm 16$  km. Hal ini berpengaruh terhadap produksi *coal hauling* dari ROM *pit* menuju ROM *port* karena jalan tersebut juga digunakan untuk aktivitas perekonomian sekitar, target produksi *coal hauling* yaitu 154.168,313 ton/bulan dengan aktual tercapai pada Bulan Januari – Juni 2022 yaitu 80.622,68 ton/bulan atau 53,75% dari target yang ditetapkan.

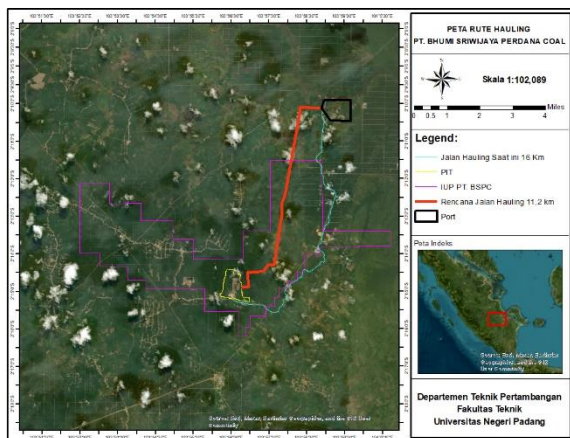
Berdasarkan pengamatan dilapangan jalan *hauling* yang digunakan PT. BSPC yang menghubungkan ROM *pit* menuju ROM *port* dapat dikatakan tidak layak atau tidak memenuhi standar. Pada jalan *hauling* sering dijumpai kerusakan pada badan jalan seperti jalan berlubang, permukaan jalan tidak mulus. Hal ini disebabkan oleh kondisi geometri jalan dan daya dukung jalan yang belum mampu menahan

beban yang melintas di atasnya. Dengan adanya permasalahan tersebut dapat menyebabkan kegiatan *coal hauling* di perusahaan menjadi tidak optimal dan dapat berpotensi menjadi bahaya yang dapat menyebabkan kecelakaan kerja.



Gambar 1. Kondisi Jalan Hauling

Untuk meningkatkan target produksi *coal hauling* PT. BSPC membutuhkan akses jalan utama yang akan digunakan, oleh sebab itu perusahaan merencanakan pembuatan jalan baru sebagai alternatif menuju port. Jalan tersebut selain tidak mengganggu aktivitas warga, juga direncanakan lebih dekat dari jalan sebelumnya yaitu ± 11,2 km dengan target produksi *coal hauling* sebesar 200.000 ton/bulan. Sebelum proses pembuatan jalan dilakukan, diperlukan perencanaan jalan *hauling* agar dapat terbentuknya jalan *hauling* yang baik dalam segi teknis sehingga jalan yang direncanakan dapat dilalui tanpa adanya kerusakan dan proses produksi *coal hauling* dapat berjalan dengan baik.



Gambar 2. Rute Hauling Pit ke Port

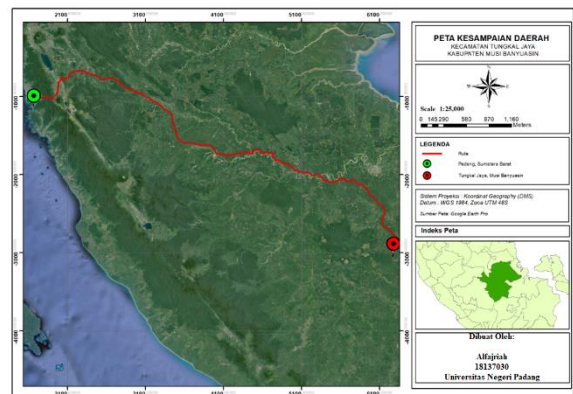
Dalam perencanaan jalan *hauling* diperlukan kajian mengenai geometri jalan *hauling*, kemampuan daya dukung jalan *hauling* dalam menahan beban yang diberikan oleh alat angkut serta kajian aspek keselamatan agar operasi *coal hauling* berjalan lancar, dan untuk mengoptimalkan produksi *coal hauling* maka perlu dikaji jumlah alat angkut yang dibutuhkan untuk memenuhi target produksi *coal hauling* pada jalan *hauling* baru. Atas dasar ini peneliti melakukan penelitian dengan judul “Perencanaan Geometri Jalan Hauling Batubara Dari ROM Pit Menuju ROM Port di PT. MNC Infratama Jobsite PT. Bhumi Sriwijaya Perdana Coal Provinsi Sumatera Selatan”.

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1 Lokasi Kesempaan Daerah

Wilayah izin usaha pertambangan (WIUP) PT. Bhumi Sriwijaya Perdana Coal terletak di Desa Beji Mulyo, Kecamatan Tungkal Jaya, Musi Banyuasin, Provinsi Sumatera Selatan. Secara geografis, wilayah IUP PT. Bhumi Sriwijaya Perdana Coal terletak pada posisi 103° 52’30” BT-103°57’31” dan 2°12’07” LS-2°11’30” LS.

Lokasi kegiatan penambangan PT. Bhumi Sriwijaya Perdana Coal dapat ditempuh dengan beberapa alternatif yaitu jalur darat melalui Jl. Lintas Sumatera dan Jl. Muara Bungo-Jambi dengan jarak ± 620 km dapat ditempuh dalam ± 15 jam. Sedangkan pada jalur udara, yaitu menggunakan pesawat terbang dengan rute transit Padang-Jakarta-Palembang dapat ditempuh dalam waktu 2 jam 50 menit.

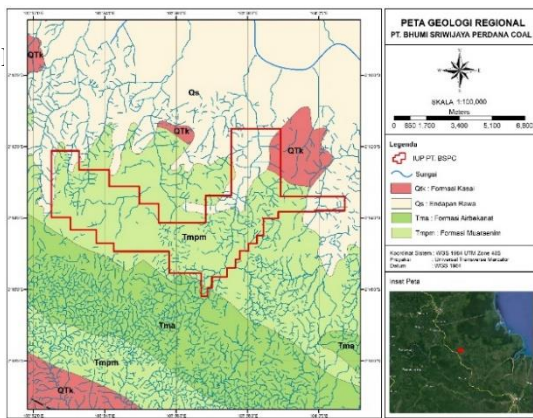


Gambar 3. Peta Kesempaan Daerah PT. BSPC

### 2.2 Keadaan Geologi dan Stratigrafi

#### 2.2.1. Geologi Regional

Daerah penelitian termasuk ke dalam geologi lembar Palembang. Berdasarkan informasi dari data pemboran dan *logging* geofisika, lokasi penelitian berada di daerah antiklin dan sesar. Secara umum kemiringan lapisan batubara bervariasi antara 6°-10°, sedangkan arah umum lapisan relatif barat-timur hingga barat-timur laut-tenggara. Berdasarkan geologi regional, daerah penelitian berada di empat formasi yaitu Formasi Kasai (Qt<sub>k</sub>), Endapan Rawa (Q<sub>s</sub>), Formasi Air Benakat (T<sub>ma</sub>), Formasi Muara Enim (T<sub>mpm</sub>) [2].



Gambar 4. Peta Geologi Regional

2.2.2. Stratigrafi Regional

Pada peta geologi lembar Palembang urutan stratigrafi dari batuan yang berumur muda sampai tua adalah sebagai berikut [3]:

- Endapan Rawa (Qs)
- Formasi Kasai (Qtk)
- Formasi Muara Enim (Tpm)
- Formasi Air Benakat (Tma)
- Formasi Gumai (Tmg)

UMUR	KELOMPOK	FORMASI	TEBAL (m)	LITOLOGI	Faktor		
					KEPERKAWANAN	KEPERKAWANAN	KEPERKAWANAN
Kwartir	PALEMBANG	rawa		Pasir, lanau, lempung, siltalut.			
		Kasai		Kerikil, pasir Tufan, dan lempung berkecukupan, Tuf batuan.			
		Muara Enim	150-750	Lempung, lempung pasir, pasir dan lempung lokal berbatu.			
		Air Benakat		Lempung pasir dan margal, banyak pasir dengan gumpalan, kadang gumpalan.			
Miosen	TELEKA	Gumai	2200	Napal, lempung, serpih, serpih lanau, kalsit, kalsit gamping dan pasir serpih. Glosyngina biasa terdapat			
		Batu Regai	0-1000	Napal, gamping terumbu dan gamping lempungan			
		Punggur		Pasir, pasir gamping, lempung, lempung pasir, pasir batuan, pasir kasar pada dan penampang di banyak tempat.			
Eosen	Lalab		0-300	Tuf pasir, bijan, merah dan coklat, lempung Tufan, beku dan konglomerat.			
Mesozoikum	Pre-tercier			Batu-batu aneka warna dan batuan sedimen yang metamorfosis tingkat rendah.			

Gambar 5. Stratigrafi Regional Daerah Penelitian

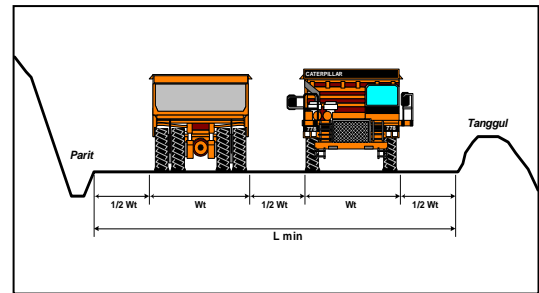
2.3 Perencanaan Geometri Jalan Hauling

2.3.1. Lebar Jalan Hauling

a. Lebar Jalan Pada Jalan Lurus

Lebar jalan minimum dihitung berdasarkan dimensi unit terbesar yang melewati jalan tersebut. Menurut AASHTO Lebar jalan minimum dengan kondisi lurus dapat dihitung menggunakan persamaan [4]:

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



Gambar 6. Lebar Jalan Hauling pada Jalan Lurus

b. Lebar Jalan Angku Pada Tikungan

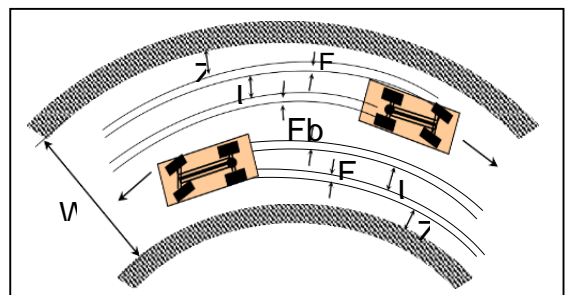
Penentuan lebar jalan angkut saat unit berbelok berbeda dengan kondisi jalan lurus, karena pelebaran jalan terjadi pada tikungan yang sangat bergantung pada radius tikungan, sudut kelengkungan serta kecepatan rencana pelebaran jalan ini dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut [5].

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

$$Z = (U + Fa + Fb) / 2 \quad (3)$$

Keterangan:

- W = lebar jalan pada belokan (m)
- n = banyak jalur operasi
- Fa = lebar jantai depan (m)
- Fb = lebar jantai belakang (m)
- U = lebar jejak roda (m)
- C = jarak antara dua roda (m)
- Z = jarak sisi luar unit ke tepi jalan (m)



Gambar 7. Lebar Jalan Hauling pada Tikungan

2.3.2. Jari-jari Tikungan

Dengan demikian jari-jari belokan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut [6]:

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

Keterangan:

- R : Jari-jari tikungan (m)
- V : Kecepatan rencana kendaraan (km/jam)
- e : Superelevasi (mm/m)
- f : Friction factor

**Tabel 1.** Radius Minimum

Metric						
Design Speed	Maximum e	Maximum f	Total (e+f)/100	Calculated Radius	Rounded Radius	Design Speed
(km/h)	(%)	(%)	(%)	(m)	(m)	(mph)
15	4.0	0.40	0.44	4.0	4	10
20	4.0	0.35	0.39	8.1	8	15
30	4.0	0.28	0.32	22.1	22	20
40	4.0	0.23	0.27	46.7	47	25
50	4.0	0.19	0.23	85.6	86	30
60	4.0	0.17	0.21	135.0	135	35
70	4.0	0.15	0.19	203.1	203	40
80	4.0	0.14	0.18	280.0	280	45
90	4.0	0.13	0.17	375.2	375	50
100	4.0	0.12	0.16	492.1	492	55
15	6.0	0.40	0.46	3.9	4	10
20	6.0	0.35	0.41	7.7	8	15
30	6.0	0.28	0.34	20.8	21	20
40	6.0	0.23	0.29	43.4	43	25
50	6.0	0.19	0.25	78.7	79	30
60	6.0	0.17	0.23	123.2	123	35
70	6.0	0.15	0.21	183.7	184	40
80	6.0	0.14	0.20	252.0	252	45
90	6.0	0.13	0.19	335.7	336	50
100	6.0	0.12	0.18	437.4	437	55
110	6.0	0.11	0.17	560.4	560	60
120	6.0	0.09	0.15	755.9	756	65
130	6.0	0.08	0.14	950.5	951	70

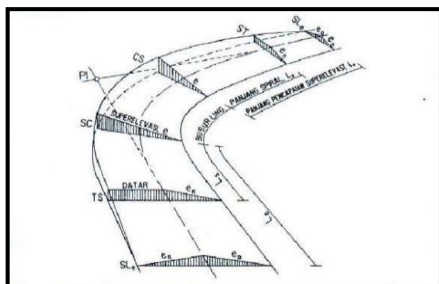
**2.3.3. Superelevasi**

Adapun persamaan untuk menghitung superelevasi sebagai berikut [5]:

$$e+f = \frac{v^2}{127.R} \tag{5}$$

Keterangan:

- e : Superelevasi
- R : Jari-jari belokan
- f : Koefisien gesek pada tikungan (0,17)
- V : Kecepatan alat angkut (km/jam)



**Gambar 8.** Superelevasi

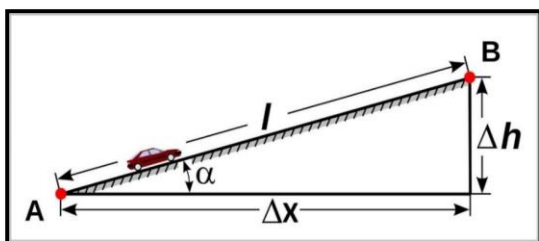
**2.3.4. Kemiringan (Grade) Jalan**

Kemiringan atau *grade* jalan sangat berpengaruh pada kemampuan unit untuk mengerem atau mendaki tanjakan. Menurut Awang Suwandhi (2004), *grade* jalan angkut dapat ditentukan dengan persamaan berikut [5]:

$$I (\%) = \frac{\Delta h}{\Delta x} \times 100\% \tag{6}$$

Keterangan:

- I : Kemiringan (*grade*) jalan (%)
- Δh : Beda tinggi antara 2 (dua) titik yang diukur (m).
- Δx : Jarak datar antara 2 (dua) titik yang diukur (m).



**Gambar 9.** Kemiringan (*Grade*) Jalan

**2.3.5. Cross Slope (Kemiringan Melintang)**

Kemiringan melintang merupakan sudut yang terbentuk oleh 2 (dua) sisi permukaan jalan terhadap bidang horizontal. Jalan produksi yang baik memiliki *cross slope* 20 mm/m - 40 mm/m [4].

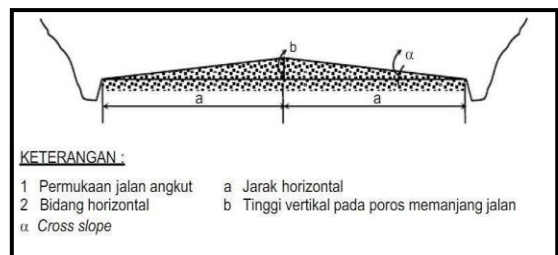
*Cross slope* dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$a = \frac{1}{2} L \tag{7}$$

$$b = a \cdot 40 \text{ mm/m} \tag{8}$$

Keterangan:

- a : Jarak horizontal (m)
- b : Jarak vertikal (mm)
- L : Lebar jalan (m)



**Gambar 10.** Cross Slope

**2.3 Daya Dukung Jalan Hauling**

Daya dukung jalan merupakan kemampuan jalan untuk menopang beban yang ada di atasnya. Untuk perhitungannya dapat menggunakan persamaan berikut [5]:

$$\text{Contact area (In}^2\text{)} = \frac{0,9 \times \text{Berat pembebanan pada roda (lb)}}{\text{Tekanan dalam ban (psi)}} \tag{9}$$

$$\text{Beban yang diterima permukaan jalan (lb/ft}^2\text{)} = \frac{\text{Beban pada tiap roda (lb)}}{\text{contact area (In}^2\text{)}} \tag{10}$$

**2.4. Aspek Keselamatan pada Jalan Hauling**

**a. Jarak Berhenti Kendaraan**

Jadi jarak berhenti minimum dapat dicari dengan persamaan [7]:

$$d = d_1 + d_2 \tag{11}$$

$$d = 0,278 \cdot V \cdot t + \frac{v^2}{2 \cdot g \cdot (f_m + L)} \tag{12}$$

Keterangan:

- d<sub>1</sub> : Jarak pada saat melihat rintangan sampai menginjak pedal (m)
- d<sub>2</sub> : jarak mengerem (m)
- V : Kecepatan (km/jam)
- t : Waktu reaksi (2,5 detik)
- L : Kelandaian

**b. Rambu-rambu Lalu Lintas**

Untuk lebih menjamin keamanan sehubungan dengan dioperasikannya jalan angkut, maka perlu dipasang rambu-rambu lalu lintas. Rambu-rambu yang perlu dipasang antara lain :

- 1) Kecepatan maksimum yang diijinkan
- 2) Tanda peringatan karena ada belokan, persimpangan, tanjakan, turunan, jalan licin, jembatan dan sebagainya.



c. Tanggul Pengaman (*Safety Berm*)

Pedoman dalam rancangan tanggul adalah paling tidak tingginya harus sama atau lebih dari nilai *static rolling radius*. Persamaan untuk menghitung *static rolling radius* sebagai berikut [8]:

$$SRR = \frac{TH}{2,1} \tag{13}$$

d. Penerangan

Penerangan pada umumnya ditempatkan pada lokasi-lokasi seperti *dump point*, tikungan jalan dan persimpangan jalan, untuk meningkatkan efisiensi kerja pada malam hari.

### 3. Metode Penelitian

#### 3.1. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian kuantitatif dapat diartikan sebagai metode penelitian yang melibatkan pengumpulan data sebanyak mungkin dari populasi besar, dan hasil pengukuran, analisis dan interpretasi data, dan penarikan kesimpulan menggunakan rumus statistik dan komputer [9].

#### 3.2. Jenis Data

Dalam penelitian ini data yang digunakan yaitu data primer dan data sekunder. Data primer yang digunakan pada penelitian ini yaitu data kondisi eksisting jalan *hauling* berupa koordinat (X,Y) dan elevasi (Z) yang didapatkan dari pengukuran langsung di lapangan dengan menggunakan GPS Geodetik. Adapun data sekunder yang digunakan berupa data topografi daerah penelitian, spesifikasi alat mekanis, data target dan ketercapaian produksi *coal hauling*, serta waktu kerja efektif.

#### 3.3. Teknik Pengumpulan Data

Adapun tahapan pengumpulan data penelitian yaitu dengan teknik studi literatur dan orientasi lapangan. Pada studi literatur merupakan kegiatan yang bertujuan untuk mengumpulkan, membaca dan mempelajari berbagai sumber pustaka. Sumber pustaka yang dikumpulkan berupa teori yang merujuk pada topik yang dibahas, yang didalamnya terdapat pembahasan mengenai geometri jalan *hauling*, daya dukung jalan, aspek keselamatan pada jalan *hauling*, serta kajian terhadap jumlah alat angkut. Sedangkan dalam orientasi lapangan, kegiatan yang dilakukan untuk mengetahui kondisi umum di lokasi penelitian secara visual seperti pengamatan pada daerah yang akan dijadikan rencana jalan *hauling* baru dari ROM *pit* menuju ROM *port*.

#### 3.4. Teknis Analisis Data

Data yang telah didapat selanjutnya diolah dan dianalisis. Dalam melakukan analisis data, digunakan cara penggabungan antara teori dengan data-data di lapangan, sehingga dari keduanya didapat pemecahan masalahnya. Hasil analisis data

tersebut akan menghasilkan rekomendasi yang dapat digunakan untuk merencanakan pembuatan jalan *hauling*. Penelitian ini difokuskan pada perencanaan geometri jalan *hauling*, daya dukung jalan *hauling*, aspek keselamatan pada jalan *hauling*, serta kajian jumlah alat angkut pada kegiatan *coal hauling*.

## 4. Hasil Penelitian dan Pembahasan

### 4.1. Hasil Penelitian

#### 4.1.1. Perencanaan Geometri Jaalan Hauling

Proses *hauling* batubara yang dilakukan oleh perusahaan yaitu dari ROM *pit* ke ROM *port* menempuh jarak 11,2 km. Jalan *hauling* yang direncanakan akan disesuaikan dengan spesifikasi alat angkut terbesar yang akan digunakan oleh perusahaan yaitu *dump truck* Hino FM260JD.

- Lebar Jalan *Hauling*

- Lebar Jalan Lurus

Pada rencana jalan *hauling* dari ROM *pit* menuju ROM *port* merupakan jalan dua arah dengan lebar alat angkut sebesar 2,49 m, maka lebar jalan lurus minimum dapat dihitung menggunakan persamaan berikut ini:

$$Lm = n \cdot Wt + (n + 1) \left(\frac{1}{2} \cdot Wt\right)$$

$$Lmin = 2 (2,49 \text{ m}) + (2 + 1) (1/2 \times 2,49 \text{ m})$$

$$= 4,98 \text{ m} + 3,735 \text{ m}$$

$$= 8,715 \text{ m} \approx 9 \text{ meter}$$

Sehingga didapatkan lebar jalan *hauling* minimum 2 jalur pada jalan lurus yaitu 9 meter.

- Lebar Jalan pada Tikungan

Lebar jalan pada tikungan umumnya lebih lebar dari lebar jalan lurus bertujuan untuk mencegah adanya penyimpangan lebar alat angkut yang disebabkan oleh sudut yang dibentuk oleh roda dengan badan truk saat melewati tikungan. Sehingga didapatkan lebar pada tikungan sebagai berikut:

Tabel 2. Spesifikasi DT Hino FM 260JD

Parameter	Keterangan
Lebar	2,49 m
Jarak as roda depan dengan bagian depan truk (Ad)	1,28 m
Jarak as roda belakang dengan bagian belakang truk (Ab)	1,985 m
Lebar Jejak Roda	2,05 m
Jarak sumbu roda depan dengan as roda belakang (Wb)	5,38 m
Radius putar minimal ( <i>Turning Radius</i> )	8,5 m
Sudut penyimpangan roda ( $\sigma$ )	$\sin \sigma = \frac{Wb}{\text{Turning radius}}$ $\sigma = \sin^{-1} \frac{5,38}{8,5}$ $\sigma = 39,3^\circ$

Dari data tersebut dapat dihitung lebar jalan tikungan, yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Lebar jantai depan (Fa)} &= Ad \sin \sigma \\ &= 1,28 \text{ m} \times \sin 39,3^\circ \\ &= 0,810 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar jantai belakang (Fb)} &= Ab \sin \sigma \\ &= 1,9875 \text{ m} \times \sin 39,3^\circ \\ &= 1,257 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C = Z &= (U+Fa+Fb)/2 \\ &= (2,05 \text{ m} + 0,81 \text{ m} + 1,257 \text{ m})/ 2 \\ &= 2,06 \text{ m} \end{aligned}$$

Sehingga lebar jalan angkut minimum (2 jalur) pada jalan tikungan adalah:

$$\begin{aligned} W &= n (U +Fa +Z +Fb) m +C \\ W &= 2 \times (2,05 +0,81 +1,257 +2,06) +2,06 \text{ m} \\ &= 15 \text{ meter} \end{aligned}$$

• *Cross Slope*

Angka *cross slope* pada jalan *hauling* dinyatakan dalam perbandingan jarak vertikal dan horizontal sebagian tengah atau pusat jalan dengan satuan mm/mm. Jalan angkut yang baik memiliki *cross slope* 40 mm/m. Sehingga untuk jalan *hauling* dengan lebar 9 m mempunyai beda ketinggian pada poros jalan sebesar:

$$\begin{aligned} P &= 1/2 \times \text{lebar jalan} \\ &= 1/2 \times 9 \text{ m} \\ &= 4,5 \text{ m} \end{aligned}$$

Sehingga beda tinggi yang dibuat:

$$\begin{aligned} q &= 4,5 \text{ m} \times 40 \text{ mm/m} \\ &= 180 \text{ mm} \\ &= 18 \text{ cm} \end{aligned}$$

• *Superelevasi*

Superelevasi diterapkan pada bagian jalan yang memiliki tikungan, hal tersebut bertujuan

agar alat angkut yang digunakan dapat melewati tikungan dengan baik dan aman. Untuk nilai superelevasi tikungan yang direncanakan berdasarkan standar AASHTO adalah 4% atau 0,04. Angka superelevasi 4% lebih variatif untuk berbagai macam jari-jari tikungan dan tingkat kecepatan.

• *Jari-jari Tikungan*

Jari-jari tikungan (belokan) jalan *hauling* berhubungan dengan konstruksi kendaraan atau alat yang digunakan. Untuk mendapatkan superelevasi, kecepatan yang digunakan adalah kecepatan maksimum dari alat angkut saat melewati tikungan.

Diketahui

$$e_{\max} \text{ Rencana} = 0,04 = 4\%$$

$$f_{\max} = 0,23$$

$$\text{Kecepatan rencana} = 40 \text{ km/jam}$$

Besarnya jari-jari belokan minimum pada jalan dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$R_{\min} = \frac{V^2}{127(e_{\max}+f_{\max})}$$

$$R_{\min} = \frac{40^2}{127(0,04+0,23)}$$

$$R_{\min} = 46,7 \text{ meter} = 47 \text{ meter}$$

Jari-jari tikungan minimal yang mampu dilalui oleh truk adalah sebesar 47 meter.

**Tabel 3.** Rencana *Grade* Jalan *Hauling* 8%

No	Segmen Jalan	Grade (%)	No	Segmen Jalan	Grade (%)	No	Segmen Jalan	Grade (%)
1	STA 0+000,00		34	STA 4+661,79	-2,23	67	STA 8+475,06	-2.03
2	STA 0+200,00	2,15	35	STA 4+743,99	4,29	68	STA 8+600,00	3.72
3	STA 0+350,00	0,00	36	STA 4+898,02	-1,73	69	STA 8+700,00	5.00
4	STA 0+550,00	-4,58	37	STA 5+025,20	0,40	70	STA 8+782,79	-1.06
5	STA 0+700,12	-2,46	38	STA 5+100,00	3,81	71	STA 8+871,06	-7.51
6	STA 0+800,00	2,87	39	STA 5+250,00	-5,08	72	STA 8+946,63	7.96
7	STA 0+897,08	2,80	40	STA 5+403,41	2,30	73	STA 9+051,08	7.00
8	STA 0+950,00	4,31	41	STA 5+500,00	-1,00	74	STA 9+105,99	-1.49
9	STA 1+035,86	-0,19	42	STA 5+600,00	-5,90	75	STA 9+200,00	-4.47
10	STA 1+150,86	-7,73	43	STA 5+715,00	3,21	76	STA 9+302,47	-2.80
11	STA 1+300,00	0,66	44	STA 5+852,05	-2,07	77	STA 9+400,00	0.42
12	STA 1+400,00	3,67	45	STA 6+000,00	4,90	78	STA 9+498,33	0.46
13	STA 1+500,00	-0,60	46	STA 6+100,00	0,99	79	STA 9+601,01	-5.59
14	STA 1+650,00	-3,33	47	STA 6+200,00	4,01	80	STA 9+750,00	-0.41
15	STA 1+752,35	-1,32	48	STA 6+400,00	-2,50	81	STA 9+850,00	0.00
16	STA 1+849,52	-0,59	49	STA 6+600,00	-3,16	82	STA 9+950,44	-2.35
17	STA 2+000,00	2,59	50	STA 6+850,00	-0,40	83	STA 10+028,09	1.12
18	STA 2+098,60	0,05	51	STA 6+910,47	0,53	84	STA 10+101,83	-1.10
19	STA 2+200,00	-1,83	52	STA 7+004,48	-2,32	85	STA 10+198,80	0.63
20	STA 2+299,88	0,00	53	STA 7+128,58	0,55	86	STA 10+298,97	0.85
21	STA 2+424,81	-3,07	54	STA 7+250,00	7,00	87	STA 10+350,00	-0.97
22	STA 2+653,31	1,53	55	STA 7+330,00	2,95	88	STA 10+400,00	1.98
23	STA 2+850,00	-0,51	56	STA 7+400,00	-7,27	89	STA 10+535,36	0.35
24	STA 3+000,93	-1,08	57	STA 7+461,75	2,11	90	STA 10+611,82	-2.35

No	Segmen Jalan	Grade (%)	No	Segmen Jalan	Grade (%)	No	Segmen Jalan	Grade (%)
25	STA 3+153,59	1,84	58	STA 7+580,75	-3,83	91	STA 10+698,95	1,70
26	STA 3+300,00	-0,67	59	STA 7+659,73	7,00	92	STA 10+800,00	-1,72
27	STA 3+500,00	1,74	60	STA 7+799,64	-6,08	93	STA 10+850,00	3,21
28	STA 3+750,00	-1,00	61	STA 7+950,00	2,63	94	STA 10+900,00	0,00
29	STA 3+901,52	2,57	62	STA 8+050,00	-5,00	95	STA 10+950,34	-3,95
30	STA 4+198,29	-0,67	63	STA 8+150,00	0,00	96	STA 11+070,58	-0,95
31	STA 4+300,00	0,15	64	STA 8+194,83	-3,01	97	STA 11+124,79	4,13
32	STA 4+500,00	-1,04	65	STA 8+251,41	1,64	98	STA 11+185,27	-0,77
33	STA 4+600,77	0,00	66	STA 8+353,67	3,18	99	STA 11+238,41	4,58

• Rencana *Grade* Jalan *Hauling*

*Grade* jalan *hauling* dihitung berdasarkan hasil pemetaan topografi yang ada dilapangan menggunakan GPS Geodetik sehingga didapatkan penampang memanjang dari rencana jalan *hauling* yaitu dari STA 0 + 000 sampai STA 11 + 238,41. Rencana *grade* jalan *hauling* dapat dilihat pada tabel 3 dengan standar *grade* maksimum yang direncanakan yaitu 8%.

• Volume *Cut* dan *Fill*

Data volume galian dan timbunan di dapat berdasarkan pada rancangan jalan *hauling* yang telah di buat menggunakan *software Autocad Civil 3D*. Volume pekerjaan tanah pada perencanaan jalan *hauling* dari ROM *Pit* ke ROM *Port* dengan jarak 11,2 km, sehingga diperoleh total volume *cut* sebesar 82.707,98 m<sup>3</sup> dan total volume *fill* sebesar 81.278,85 m<sup>3</sup> sehingga jumlah *cut* yang tersisa yaitu 1.429,13 m<sup>3</sup>.

4.1.2. *Daya Dukung Jalan Hauling*

Konstruksi jalan *hauling* dari ROM *pit* menuju ROM *port* merupakan struktur asli berupa lempung dan pasir dengan daya dukung material sebesar 6.000 lb/ft<sup>2</sup> *compact sand- clay soil*.

Untuk mengetahui kemampuan dan kekuatan jalan *hauling* terhadap beban kendaraan dan muatan yang melaluinya perlu diketahui daya dukung material dan jumlah beban yang di distribusikan melalui roda. Berdasarkan spesifikasi dump truck Hino FM 260JD didapatkan data sebagai berikut:

- Berat kendaraan kosong : 7.500 kg
- Berat muatan : 26.000 kg
- Berat poros depan : 8.580 kg (18.915 lb)
- Berat poros belakang : 17.420 kg (38.404 lb)
- Tekanan udara ban : 100 psi ~ 100 lb/in<sup>2</sup>
- Jumlah roda depan : 2 buah
- Equivalensi : 1,2
- Jumlah roda belakang : 8 buah (4 set roda ganda)

• Roda Depan

Berdasarkan data diatas dapat dihitung beban yang diterima pada tiap roda sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Beban tiap roda} &= \frac{\text{Berat poros depan}}{2} \\ &= \frac{18.915 \text{ lb}}{2} \\ &= 9.457 \text{ lb} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas bidang kontak} &= \frac{0,9 \times \text{Beban tiap roda (lb)}}{\text{Tekanan udara dalam ban (psi)}} \\ &= \frac{0,9 \times 9.457 \text{ lb}}{100 \text{ lb/in}^2} \\ &= 85,113 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban permukaan jalan} &= \frac{\text{Beban tiap roda}}{\text{Luas bidang kontak}} \\ &= \frac{9.457 \text{ lb}}{85,113 \text{ in}^2} \\ &= 111,111 \text{ lb/ in}^2 \\ &= 16.000 \text{ lb/ft}^2 \end{aligned}$$

• Roda Belakang

Roda belakang terdiri dari 4 set roda ganda dimana dalam perhitungan akan dikalikan dengan equivalensi beban roda tunggal sehingga dapat dihitung beban yang diterima pada tiap roda sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Beban tiap roda} &= \frac{1,2 \times \text{berat poros belakang}}{8} \\ &= 1,2 \times \frac{38.404}{8} \\ &= 5.760,6 \text{ lb} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas bidang kontak} &= \frac{0,9 \times \text{Beban tiap roda (lb)}}{\text{Tekanan udara dalam ban (psi)}} \\ &= \frac{0,9 \times 5.760,6 \text{ lb}}{100 \text{ lb/in}^2} \\ &= 51,845 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban permukaan jalan} &= \frac{5.760,6 \text{ lb}}{51,845 \text{ in}^2} \\ &= 111,111 \text{ lb/ in}^2 \\ &= 16.000 \text{ lb/ft}^2 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan, beban yang diterima oleh permukaan jalan adalah sebesar 16.000 lb/ft<sup>2</sup>. Untuk mengetahui macam kekuatan pengeras jalan terhadap beban kendaraan yang akan melaluinya, perlu dibandingkan dengan berbagai material. Besar daya dukung dari macam-macam material dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

**Tabel 4.** Daya Dukung Material

Jenis Material	Daya Dukung
	(lb/ft <sup>2</sup> )
<i>Hard, sound rock</i>	120.000
<i>Medium hard rock</i>	80.000
<i>Hard pan Overlying rock</i>	24.000
<i>Compact gravel and boulder-gravel formation; very compact sandy gravel</i>	20.000
<i>Soft rock</i>	16.000
<i>Loose gravel and sandy gravel; compact sand and gravelly sand; very compact-inorganic silt soil</i>	12.000
<i>Hard dry consolidated clay</i>	10.000
<i>Loose coarse to medium sand; medium compact fine sand</i>	8.000
<i>Compact sand-clay soils</i>	6.000
<i>Loose fine sand; medium compact sand-inorganic silt soils</i>	4.000
<i>Firm or stiff clay</i>	3.000
<i>Loose saturated sand clay soils, medium soft clay</i>	2.000
<i>Compact sand-clay soils</i>	6.000

Berdasarkan Tabel 4, maka dapat diklasifikasikan bahwa material daya dukung jalan untuk jalan *hauling* batubara termasuk dalam kategori *Compact gravel and boulder-gravel formation; very compact sandy gravel* yang memiliki daya dukung tanah sebesar 20.000 lb/ft<sup>2</sup>. Dengan nilai daya dukung material sebesar 20.000 lb/ft<sup>2</sup> maka dapat menahan beban pada permukaan jalan sebesar 16.000 lb/ft<sup>2</sup>.

**4.1.3. Aspek Keselamatan Jalan Hauling**

- Jarak Berhenti Kendaraan

Jarak henti minimum dapat dicari dengan persamaan berikut:

$$d = d_1 + d_2$$

$$d = 0,278 V \times t + \frac{v^2}{2,9,(fm+L)}$$

Diketahui :

- V = Kecepatan rencana sebesar 40 km/jam
- t = Waktu reaksi baik pada saat pengenalan situasi sampai keputusan menginjak rem sampai waktu yang dibutuhkan untuk menginjak rem sebesar 2,5 detik
- fm = Koefisien gesekan memanjang jalan
  - Berdasarkan kecepatan = 0,372
  - Berdasarkan kondisi jalan (termasuk jalan padat) = 0,55

Koefisien gesekan memanjang jalan rata-rata (fm)

$$fm = \frac{0,372+0,55}{2}$$

$$= 0,461$$

$$g = 9,8 \text{ m/dt}^2$$

Sehingga jarak berhenti kendaraan:

$$d = 0,278 V \times t + \frac{v^2}{2,9,(fm+L)}$$

$$= 0,278 \times 40 \text{ km} \times 2,5 \text{ dt} + \frac{(40\text{km/jam})^2}{2 \times 9,8 \text{ m/dt}^2 \times 0,461}$$

$$= 27,8 \text{ m} + 13,663 \text{ m}$$

$$= 41,463 \text{ m}$$

Adapun perhitungan jarak berhenti kendaraan yang di pengaruhi oleh kemiringan

jalan adalah sebagai berikut, misalnya pada jalan dengan *grade* 7,96%.

$$d = 0,278 V \times t + \frac{v^2}{2,9,(fm+L)}$$

$$= 0,278 \times 40 \text{ km/jam} \times 2,5 \text{ dt} + \frac{(40\text{km/jam})^2}{2 \times 9,8 \text{ m/dt}^2 \times (0,461+0,0796)}$$

$$= 27,8 \text{ m} + 11,653 \text{ m}$$

$$= 39,453 \text{ m}$$

Sehingga didapatkan jarak berhenti kendaraan pada jalan *hauling* tanpa kemiringan dan jarak berhenti kendaraan dengan kemiringan jalan sebesar 7,96% adalah 41,463 m dan 39,453 m.

- Tanggul Pengaman (*Safety Berm*)

Cara perhitungannya dengan menggunakan persamaan (34) dan (35) berikut:

Tinggi roda Hino FM 260 JD = 102 cm = 40 inch

$$SRR = \frac{TH}{2,1} \text{ inch}$$

$$= \frac{40,157}{2,1} \text{ inch}$$

$$= 19,12 \text{ inch}$$

$$= 0,48 \text{ m}$$

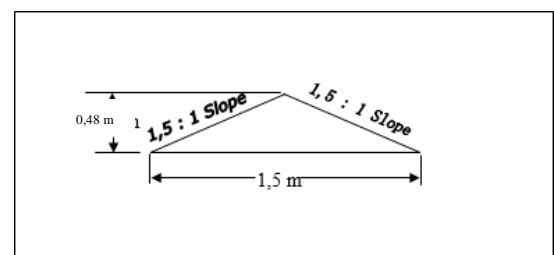
Jadi nilai dari *stastic rolling radius (SRR)* *dump truck* Hino FM 260 JD adalah 0,48 m. Dengan *slope safety berm* 1,5 :1, maka *safety berm* berbentuk triangular, seperti pada Gambar 45 dengan dimensi ukuran sebagai berikut:

$$\text{Slope safety berm} = 1,5 : 1$$

$$\text{Tinggi safety berm (B)} = 0,48 \text{ m}$$

$$\text{Lebar bagian bawah safety berm (A)} = (SRR \times 1,5) \times 2$$

$$= 1,44 \text{ m}$$



**Gambar 11.** Penampang *Safety Berm* Berbentuk Triangular



## 4.2. Pembahasan

Perencanaan pembuatan desain jalan *hauling* yang dilakukan dari ROM *pit* ROM *port* mempertimbangkan dengan bentuk topografi serta aman bagi kendaraan yang melewatinya. Pembuatan desain jalan *hauling* dibuat efektif sehingga produktifitas alat angkut yang dihasilkan tinggi. Panjang jalan yang direncanakan yaitu  $\pm 11,2$  m. Lebar jalan *hauling* pada jalan lurus adalah 9 m sedangkan lebar jalan *hauling* pada tikungan adalah 15 meter. Kemudian suatu tikungan akan dapat dilalui dengan baik oleh alat angkut apabila jari-jari tikungannya lebih besar atau sama dengan radius putar yang dimiliki alat angkut yang digunakan dalam hal ini *Dump Truck* Hino FM 260 JD. Radius putar yang dimiliki oleh *dump truck* adalah 8,5 m. Jari-jari belokan pada perencanaan jalan *hauling* yaitu 47 m. Karena radius putar lebih kecil dibandingkan dengan jari-jari tikungan yang direncanakan, maka jari-jari tikungan sudah dapat dilalui dengan baik oleh alat angkut. Untuk mengatasi air yang menggenang di jalan *hauling* atau kerusakan pada jalan, dibuat kemiringan melintang (*cross slope*). Untuk lebar jalan angkut 9 meter, beda tinggi yang harus dibuat antara bagian tengah dari jalan dengan bagian tepi jalan adalah 18 cm. Sehingga air yang menggenang disekitar jalan dapat mengalir ke saluran penirisan/terbuka yang ada dipinggir jalan. Kemiringan Jalan yang direncanakan adalah kemiringan maksimum yang dapat dilalui dengan baik oleh alat angkut yaitu sebesar 8%. Adapun beban yang diberikan oleh alat angkut terhadap permukaan jalan *hauling* adalah sebesar 16.000 lb/ft<sup>2</sup>, sehingga dapat diklasifikasikan bahwa material daya dukung jalan untuk *hauling* batubara termasuk dalam kategori *Compact gravel and boulder-gravel formation; very compact sandy gravel* yang memiliki daya dukung tanah sebesar 20.000 lb/ft<sup>2</sup>. Guna menunjang kelancaran dan keselamatan kegiatan pengangkutan khususnya pada jalan, maka perlu diperhitungkan faktor pendukung jalan untuk tercapainya kondisi tersebut yaitu jarak berhenti, dan tanggul pengaman (*safety berm*). Pada setiap sisi kiri dan kanan jalan akan dibuat tanggul pengaman selebar 1,44 m dengan tinggi 0,48 m dan jarak aman/ jarak berhenti yang digunakan kendaraan yaitu 41,463 m untuk jalan *hauling* tanpa kemiringan dan 39,453 m untuk jalan *hauling* dengan kemiringan sebesar 7,96%.

## 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan analisa maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Berdasarkan pada perencanaan jalan *hauling*, rencana alat angkut yang akan digunakan adalah *dump truck* Hino FM 260JD dengan kapasitas 26 ton. Geometri jalan angkut meliputi lebar jalan lurus minimum 9 m, lebar

jalan tikungan minimum 15 m, jari-jari tikungan minimum 47 m, superelevasi maksimum 4%, *cross slope* yang digunakan 40 mm/m dimana beda tinggi yang harus dibuat antara as jalan dan sisi kiri serta kanan jalan adalah 0,18 m atau 18 cm, rencana grade jalan yang direncanakan maksimum adalah sebesar 8%.

- Konstruksi jalan *hauling* dari ROM *pit* ke ROM *port* merupakan struktur asli berupa lempung dan pasir dengan daya dukung material sebesar 6.000 lb/ft<sup>2</sup> *compact sand-clay soil*, sedangkan beban yang diterima permukaan jalan sebesar 16.000 lb/ft<sup>2</sup>. Oleh karena itu, diperlukan perkerasan jalan *hauling* dengan penambahan lapisan penutup dengan daya dukung material sebesar 20.000 lb/ft<sup>2</sup> *Compact gravel*
- Pada aspek keselamatan harus dibuat *safety berm* (tanggul pengaman) disetiap sisi kiri dan kanan jalan dengan lebar 1,44 dan kedalaman 0,48 m dan jarak aman yang digunakan untuk kendaraan yaitu 41,463 m untuk jalan *hauling* tanpa kemiringan dan 39,453 m untuk jalan *hauling* dengan kemiringan sebesar 7,96%.

### 5.2 Saran

Dari hasil penelitian, penulis memiliki beberapa saran terhadap perusahaan yaitu:

- Diharapkan penelitian ini dapat di rekomendasikan kepada pihak PT. Bhumi Sriwijaya Perdana Coal sebagai acuan perencanaan jalan *hauling* dari ROM *pit*
- Disarankan untuk melakukan uji kekuatan material dalam membangun sistem perkerasan jalan.
- Jarak aman dan rambu-rambu pendukung terhadap keselamatan pekerja pada jalan *hauling* sangat diperlukan guna menghindari kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja disaat kegiatan pengangkutan berlangsung.
- Disarankan untuk melakukan kajian jumlah alat angkut yang dibutuhkan guna untuk mengoptimalkan produksi coal *hauling*.

## Referensi

- [1] T. I. Mardana, "Evaluasi Kegiatan Coal Hauling Untuk Menunjang Ketercapaian Target Produksi PT.Tamtama Perkasa," *Jurnal Geosapta*, 2020.
- [2] PT. Bhumi Sriwijaya Perdana Coal, Laporan Studi Kelayakan Bahan Galian Batubara, Jakarta, 2011.
- [3] R. Koesmodinata, Geologi Minyak dan Gas Bumi, Bandung: Institut Teknologi Bandung, 1980.

- [4] A. Suwandhi, *Perencanaan Jalan Tambang*, Bandung: Diklat Perencanaan Tambang Terbuka, 2004.
- [5] Y. Indonesianto, *Pemindahan Tanah Mekanis*, Yogyakarta: CV. Awan Poetih, 2015.
- [6] (AASHTO), *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*, Washington DC, 2011.
- [7] S. Sukirman, *Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan*, Bandung, 1999.
- [8] A. R. Setiawan, "Perencanaan Pembuatan Jalan Tambang Pada Mine Development And Sga Plant Project PT. Antam Tbk, Komoditas Bauksit, Kabupaten Mempawah, Provinsi Kalimantan Barat," *Jurnal Untan*, vol. Vol. 9 No.1, 2022.
- [9] S. Siyoto and Sodik, *Dasar Metodologi Penelitian*, Yogyakarta: Literasi Media Publishing, 2015.