

# ANALISIS GEOMETRI JALAN AWR (*ALL WEATHERING ROAD*) DI JALAN AWR PIT 1 BANKO BARAT PT. BUKIT ASAM, TBK. TANJUNG ENIM, SUMATERA SELATAN

Arif Maulana Hadi<sup>1,\*</sup>, Mulya Gusman<sup>1</sup>

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

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

**Abstract.** PT Bukit Asam Tbk merupakan sebuah perusahaan pertambangan milik Indonesia, mengkhususkan diri dalam berbagai aspek pertambangan batu bara, termasuk survei umum, eksplorasi, eksploitasi, pengolahan, penyulingan, transportasi, dan perdagangan. Perusahaan ini berkomitmen untuk memelihara fasilitas pelabuhan batu bara guna memenuhi permintaan internal dan eksternal. PT Bukit Asam Tbk menggunakan sistem pertambangan terbuka, dengan menggunakan metode pertambangan kontinu dengan peralatan seperti excavator roda ember (BWE), backhoe, dan truk angkut. Beberapa faktor menghambat operasi optimal sistem pengangkutan, termasuk kondisi jalan angkut yang sempit, yang mengharuskan satu sistem pengangkutan berhenti saat yang lain melewati. Selain itu, kemiringan curam memerlukan kecepatan yang dikurangi untuk navigasi yang aman, dan permukaan jalan yang tidak rata menyebabkan penyebaran material selama transportasi. Untuk mengatasi tantangan ini, evaluasi teknis terhadap geometri jalan angkut diperlukan. Evaluasi ini bertujuan untuk menyederhanakan proses transportasi dan meningkatkan keselamatan operator pengangkutan. Lebar jalan angkut bervariasi antara kondisi lurus dan belok, dengan lebar belokan secara konsisten lebih besar. Desain ini disengaja untuk mengakomodasi deviasi potensial dalam lebar pengangkutan yang disebabkan oleh sudut yang dibentuk oleh roda depan dengan badan truk saat melewati tikungan. Jalan tambang yang ideal mempertahankan kemiringan lintang antara 20 mm/m dan 40 mm/m (2% hingga 4% untuk setiap meter lebar jalan). Kasus khusus jalan AWR Pit 1 melibatkan jalan angkut sepanjang 2.375 meter, tersegmentasi menjadi empat segmen jalan lurus dan satu segmen jalan belok. Beberapa segmen jalan memenuhi nilai kemiringan lintang yang dibutuhkan, sesuai dengan standar jalan setelah perhitungan dan penilaian menyeluruh.

**Keywords:** *Geometri Jalan, Batubara, Tambang Terbuka*

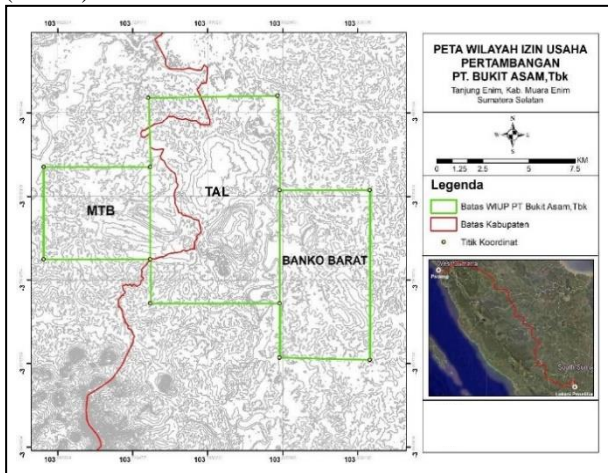
## 1 Pendahuluan

Indonesia merupakan negara yang memiliki kekayaan sumber daya alam yang melimpah, salah satunya adalah cadangan batubara yang tersebar di berbagai wilayah [1].

PT. Bukit Asam, Tbk, merupakan perusahaan pertambangan skala BUMN yang berfokus pada kegiatan pertambangan batubara, mencakup survei umum, eksplorasi, eksploitasi, pengolahan, pemurnian, pengangkutan, perdagangan, serta pemeliharaan fasilitas pelabuhan batubara untuk keperluan internal dan eksternal. PT. Bukit Asam Tbk menerapkan sistem penambangan terbuka dengan metode continuous mining menggunakan bucket wheel excavator (BWE), backhoe, dan dump truck. Pengangkutan batubara menjadi aspek penting dalam mencapai target produksi [2]. Geometri jalan harus memperhatikan dimensi alat angkut terbesar yang digunakan, yaitu Dump Truck. Standar geometri jalan mencakup lebar jalan angkut dan kemiringan jalan. Pembuatan geometri jalan harus sesuai dengan standar untuk mencapai kemiringan

memanjang (Grade) yang tepat, drainase yang baik, dan kontrol kondisi jalan angkut untuk menjaga produksi dan keselamatan operator di area penambangan. Faktor-faktor yang memengaruhi efisiensi operasi alat angkut meliputi lebar jalan angkut yang sempit, kemiringan tanjakan yang curam, dan ketidakrataan permukaan jalan yang bergelombang. Oleh karena itu, evaluasi teknis terhadap geometri jalan angkut diperlukan untuk melancarkan proses pengangkutan dan meningkatkan keamanan operator alat angkut. Penelitian ini mengacu pada Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (Kepmen) No. 1827/K/30/MEM/2018 yang mengatur standar jalan tambang. Dikarenakan minimnya penelitian yang telah dilakukan mengenai Analisis Geometri Jalan AWR (*All Weathering Road*) di Jalan AWR Pit 1 Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk., penulis tertarik untuk menjalankan kegiatan penelitian tersebut. Lokasi penelitian berada di Tanjung Enim, Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan. Wilayah Izin Usaha Pertambangan (WIUP) PT Bukit Asam Tbk mencakup beberapa area, termasuk Air Laya (7.621 Ha), Muara Tiga Besar (3.300 Ha), dan Banko Barat (4.500 Ha). Pusat koordinat

wilayah IUP PT Bukit Asam Tbk terletak pada garis lintang 360.600 - 367.000 dan garis bujur 9.583.200 - 9.593.200, atau 103° 45' BT - 103° 50' BT dan 3° 42' 30" LS - 4° 47' 30". Gambar 1 memperlihatkan lokasi koordinat batas-batas Wilayah Izin Usaha Pertambangan (WIUP) PT Bukit Asam.



Gambar 1. Peta IUP PT. Bukit Asam, Tbk

## 2 Tinjauan Pustaka

### 2.1 Kondisi Geologi

Secara keseluruhan, kondisi geologi regional Sumatera Selatan berupa cekungan sedimentasi Tersier dimana terbatas oleh patahan-patahan besar, terutama patahan Semangko dan Pegunungan Bukit Barisan. Aktivitas tektonik utama di Pulau Sumatera didominasi oleh aktivitas patahan. Cekungan Sumatera Selatan memiliki luas sekitar 330 x 510 km<sup>2</sup>, dengan batasannya berupa singkapan Bukit Barisan pra-Tersier di bagian barat daya dan Dataran Tinggi Sunda di bagian timur laut. Di sebelah timur laut, dibatasi oleh Dataran Tinggi Lampung, dan di sebelah barat laut, dibatasi oleh Pegunungan Tiga Puluh, yang memisahkan cekungan Sumatera Selatan dari cekungan Sumatera Tengah. Struktur geologi di wilayah penambangan yang diajukan mencakup sesar turun dan sesar mendatar mendatar kiri. Sesar turun berarah N 160 E / 730 atau secara umum berarah Utara-Selatan dan bersubduksi ke arah Timur, sementara sesar mendatar mendatar kiri berarah N 680 E / 750. Ditemukan urat-urat kuarsa halus dengan ukuran sampai 10 cm di sungai mineralisasi. Kenampakan makroskopisnya berwarna coklat hingga kehitaman, butirannya sedang hingga halus, terlihat kompak, dan mengandung mineral-mineral sulfida seperti pirit dan kalkopirit, serta adanya oksida besi sebagai pengotor pada masa dasar silika. Mineralisasi tidak hanya terbatas pada satuan batuan kuarsit, tetapi juga terjadi pada satuan batuan lava andesit dengan mineral sulfida seperti pirit dan kalkopirit. Urutan batuan Tersier di Cekungan Sumatera Selatan terdiri dari tiga bagian berdasarkan periode pengangkatan dan pengikisan, yaitu urutan fluviatil hingga lakustrin berumur Ensogen – Oligosen atau Miosen (Formasi Lahat dan Talangakar), urutan genang laut berumur Miosen Tengah (Formasi Baturaja dan Gumai), dan urutan susut laut berumur

Miosen Akhir - Pleistosen (Formasi Air Benakat, Muaraenim, dan Kasai) [3].

Secara keseluruhan, stratigrafi regional di daerah Tanjung Enim tergolong dalam kolom stratigrafi. Ditemukan lapisan-lapisan batubara yang terungkap, seperti Lapisan Keladi, Lapisan Merapi, Lapisan Petai, Lapisan Suban, dan Lapisan Mangus. Setiap lapisan ini dikenal sebagai lapisan D, Lapisan C, Lapisan B, dan Lapisan A, serta terdapat 7 lapisan gantung (*Hanging Seam*).

#### 2.1.1 Formasi Air Benakat

Formasi Air Benakat mengalami pengendapan selama tahap terakhir dari proses regresi, dan seiring waktu terjadi pengendapan pada Formasi Gumai pada periode Miosen Tengah. Proses pengendapan selama regresi ini terjadi mulai dari lingkungan neritik hingga shallow marine, kemudian bertransisi ke lingkungan delta plain dan coastal swamp pada tahap akhir regresi pertama. Komposisi formasi ini melibatkan batulempung putih kelabu yang bercampur dengan batupasir halus, batupasir biru tua-abu-abu, serta glaukonit lokal yang mengandung lignit. Bagian atas formasi ini mengandung tu-faan, sementara bagian tengahnya kaya akan fosil foraminifera. Estimasi ketebalan Formasi Air Benakat berkisar antara 1.000 hingga 1.500 meter.

#### 2.2.1 Formasi Muara Enim

Formasi ini mengalami pengendapan di antara akhir Miosen dan Pliosen, merepresentasikan siklus regresi kedua sebagai lapisan laut dangkal yang melibatkan pasir kontinental, delta, dan lempung. Siklus kemunduran kedua dapat dibedakan dari siklus pengendapan pertama (Formasi Air Benakat) karena tidak adanya batupasir glaukonitik dan akumulasi lapisan batubara yang signifikan. Awal pengendapan terjadi di sepanjang lingkungan rawa pesisir, terutama di bagian selatan cekungan Sumatera Selatan.

#### 2.3.1 Formasi Kasai

Formasi ini mengalami pengendapan dari periode Pliosen hingga Pleistosen sebagai hasil erosi yang dipicu oleh kenaikan Pegunungan Bukit Barisan dan Pegunungan Tiga Puluh, serta lipatan yang terjadi di cekungan. Proses sedimentasi dimulai setelah tanda-tanda awal kenaikan Pegunungan Barisan yang dimulai pada akhir Miosen. Batas formasi ini dengan Formasi Muara Enim ditandai oleh kemunculan pertama batupasir tufaan. Karakteristik utama dari sedimen dalam siklus regresi ketiga ini adalah keberadaan produk vulkanik. Formasi Kasai terdiri dari batupasir kontinental, batu lempung, dan bahan piroklastik. Formasi ini menandai akhir dari siklus kemunduran laut; bagian bawahnya terdiri dari batupasir tufaan dengan beberapa lapisan peralihan batu pasir tufaan dan batu lempung, di atasnya terdapat lapisan tufa, batu apung yang mengandung sisa-sisa tumbuhan dan kayu pada struktur sedimen yang berlapis-lapis. Lignit muncul sebagai lapisan pada batupasir dan batulempung yang mengandung tuff.

### 2.4.1 Andesit

Batuan ini meningkatkan kualitas batubara dengan menerobos lapisan Formasi Batubara Muaraenim. Singkapan ini dapat ditemukan di sebelah barat Pulau Panggung di Bukit Malaluteh dan Bukit Asam. Batuan Formasi Kasai diterobos oleh batuan andesit di Bukit Mataluteh. Kenampakan lapangan terdiri dari bongkah-bongkah berukuran 3-4 m yang tersebar (Insitu). Batuan andesit ini diperkirakan merupakan retas (dyke). Tekstur batuan andesit adalah porfiritik, padat, dan berwarna abu-abu gelap. Komposisi mineralnya terdiri dari piroksin, plagioklas, hornblende, dan mineral gelap lainnya. Batuan yang sangat keras ini berasal dari zaman Plistosen.

## 3 Kajian Teori

### 3.1 Proses Penambangan

#### 3.1.1 Survei Lapangan

Survei lapangan merupakan pekerjaan yang dilakukan sebelum, sedang berlangsung, dan setelah kegiatan penambangan dilakukan. Survei pada kegiatan eksplorasi dimaksudkan untuk mengukur dan mengestimasi cadangan yang akan ditambang. Survei pada saat kegiatan penambangan berlangsung dimaksudkan untuk menghitung kemajuan tambang, keseimbangan antara rencana dan aktual di lapangan serta untuk perencanaan tambang. Survei lapangan pada PT. Bukit Asam, Tbk, dilakukan oleh Tim Survei [4].

#### 3.1.2 Pengupasan Overburden

*Overburden* merupakan lapisan penutup yang bersifat tidak memiliki humus yang menutup lapisan batubara yang tidak memiliki nilai ekonomis [5]. Pengupasan lapisan batuan penutup ini biasanya dilakukan dengan alat berat yaitu *Excavator* dan dimuat menggunakan alat berat *HD Truck*.

#### 3.1.3 Pengangkutan Overburden

Lapisan batubara yang tersingkap tidak perlu dilakukan pengupasan *overburden*. Material *overburden* yang dimaksud adalah semua lapisan tanah atau batuan yang menutupi bahan galian. Pengupasan *overburden* dan pemuatan material ke *HD Truck* dilakukan menggunakan *Excavator*.

#### 3.1.4 Penggalian, Pemuatan, dan Pengangkutan Batubara

Metode pemberaian yang digunakan untuk mendapatkan batubara dipilih sesuai dengan kondisi dan situasi yang ada di lapangan. Metode yang sering digunakan adalah *scraping* menggunakan *power shovel*. Pada situasi dan kondisi tertentu, pemberaian dilakukan dengan peledakan. Batubara yang sudah terberai dimuat dan selanjutnya diangkat oleh *Dump Truck* (DT) menuju *temporary stockpile* dan dari *temporary stockpile* ke *stockpile*.

### 3.2 Definisi Jalan AWR (*All Wethering Road*)

Jalan AWR Penunjang Tambang adalah berarti jalan yang padat dan bergradasi dan/atau berkerikil yang dapat dilalui kendaraan baik dalam kondisi cuaca basah maupun kering, dengan lebar sekurang-kurangnya sepuluh (10) kaki, dan cocok untuk digunakan kendaraan darurat dalam cuaca apa pun, yang ditawarkan untuk penyediaan fasilitas pertambangan yang tahan terhadap cuaca atau untuk pergerakan orang dan produk di dalam wilayah pertambangan dan area proyek untuk mendukung operasi pertambangan. Faktor-faktor berikut ini harus diperhitungkan ketika membangun jalan tambang: lebar jalan, kemiringan, radius tikungan, dan ketinggian super. Selanjutnya, jenis, jumlah, dan kapasitas serta peningkatan kapasitas angkut sebesar 25% [6]. Kendaraan pengangkut terbesar yang melewati jalan tambang harus diperhitungkan. Untuk mencegah terhambatnya aktivitas transportasi, jalan tambang dipelihara dan dirawat [7].

### 3.3 Geometri Jalan Angkut

Secara keseluruhan, jalan pengangkutan dirancang untuk mendukung kelancaran operasi pertambangan, terutama dalam hal transportasi atau pengangkutan. Kondisi jalan yang dapat memengaruhi kegiatan pengangkutan dapat diatasi dengan melakukan modifikasi pada desain jalan tersebut [8]. Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan meliputi dimensi lebar jalan pengangkutan tambang dan kemiringan melintang jalan.

#### 3.3.1 Lebar Jalan Angkut Lurus

Dimensi lebar jalan pengangkutan bervariasi antara jalur lurus dan tikungan karena tikungan membutuhkan ruang gerak yang lebih besar untuk menghindari pelebaran yang melebihi batas dimensi lebar jalan yang berlaku pada tikungan tersebut. Persyaratan dan regulasi mengenai lebar jalan pengangkutan pada jalur lurus dapat ditemukan pada Gambar 2.



Gambar 2. Jalan Angkut Lurus

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

Keterangan:

$L$  (min) = lebar minimum pada jalur lurus (m)

$n$  = jumlah jalur

$Wt$  = lebar satu unit kendaraan (m)

#### 3.3.2 Lebar Jalan Angkut Pada Tikungan

Dimensi lebar jalan tambang pada tikungan selalu lebih besar dibandingkan dengan lebar jalan pada segmen lurus. Penyesuaian ini dilakukan untuk mempertimbangkan variasi lebar kendaraan yang disebabkan oleh sudut yang dibentuk oleh roda depan

truk ketika melintasi tikungan. Spesifikasi lebar jalan angkut pada tikungan dapat ditemukan pada Gambar 3. Rumus di bawah ini dapat digunakan untuk menghitung dimensi lebar jalan pada tikungan:

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

$$C = 1/2 \times ( U + Fa + Fb ) \tag{3}$$

Keterangan:

Wmin = Lebar jalan pada jalur tikungan (m)

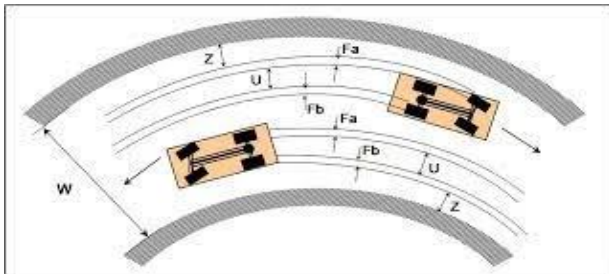
U = Jarak jejak roda truck (m)

Fa = Lebar jantai depan (m)

Fb = Lebar jantai belakang (m)

Z = Jarak sisi luar truck ketepi jalan (m)

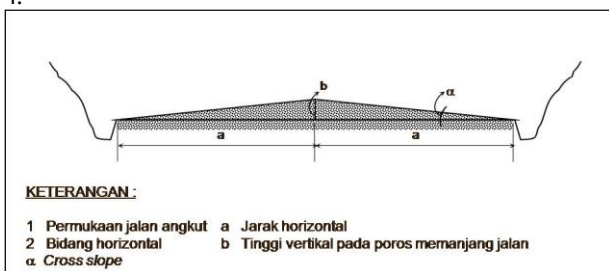
C = Jarak antar truck (m)



Gambar 3. Jalan Angkut Tikungan

### 3.3.3 Kemiringan Jalan Melintang (Cross Slope)

Cross Slope adalah sudut yang muncul ketika dua permukaan jalan berada dalam posisi berlawanan. Untuk meningkatkan sistem drainase, umumnya jalan pengangkutan tambang didesain dengan penampang cembung. Pada setiap meter lebar jalan tambang, kondisi ideal adalah memiliki kemiringan melintang antara 20 hingga 40 mm/m, atau setara dengan 2% hingga 4% [8]. Detail mengenai standar kemiringan jalan dapat ditemukan pada Gambar 4.



KETERANGAN:

- 1 Permukaan jalan angkut    a Jarak horizontal
- 2 Bidang horizontal        b Tinggi vertikal pada poros memanjang jalan
- α Cross slope

Gambar 4. Penampang Kemiringan Jalan pada Jalan Lurus

Nilai cross slope jalan angkut dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$(\alpha) = \frac{1}{2} \times L_{min} \tag{4}$$

Keterangan:

(α) : Cross Slope

Lmin : Lebar Jalan Minimum

## 4 Metode Penelitian

Berdasarkan jenis data yang akan didapatkan, kegiatan ini termasuk dalam pengumpulan data secara kuantitatif. Metode pengumpulan data secara kuantitatif adalah kegiatan yang tersistematis, terstruktur dan

terencana dengan sangat jelas dari awal hingga akhir pembuatan desain kegiatan. Metode kuantitatif juga dapat didefinisikan sebagai kegiatan yang dilakukan mulai dari pengambilan data, penafsiran data, dan penampilan hasil data.

### 4.1 Tahapan Pelaksanaan Kegiatan

#### 4.1.1 Persiapan

Tahap awal sebelum melakukan kegiatan di lapangan yang mencakup:

- a. Pengurusan administrasi dan surat perizinan dari kampus dan perusahaan.
- b. Konsultasi dengan dosen pembimbing akademik dan dosen pembimbing.
- c. Pengumpulan data-data relevan sesuai dengan judul.

#### 4.1.2 Studi Literatur

Menelusuri referensi terkait dengan judul penelitian, mencakup informasi yang berasal dari penelitian sebelumnya seperti data perusahaan dan sumber literatur dari perpustakaan.

### 4.2 Tahapan Pengambilan Data

#### 4.2.1 Orientasi Lapangan

Melakukan observasi langsung di lapangan untuk mengetahui keadaan lokasi penelitian.

#### 4.2.2 Data Primer

Data primer merupakan proses pengumpulan dan observasi langsung di lapangan, melibatkan pengambilan informasi mengenai geometri jalan, termasuk dimensi lebar jalan dan kemiringan melintang.

#### 4.2.3 Data Sekunder

Data sekunder merujuk pada informasi yang diperoleh secara tidak langsung, yakni data yang sudah ada sebelumnya seperti laporan perusahaan. Jenis data sekunder ini mencakup informasi berupa koordinat IUP perusahaan, profil perusahaan, dan kondisi geologi di lokasi penelitian.

#### 4.2.4 Pengolahan dan Analisa Data

Pengolahan data yang didapatkan dianalisa sebagai berikut :

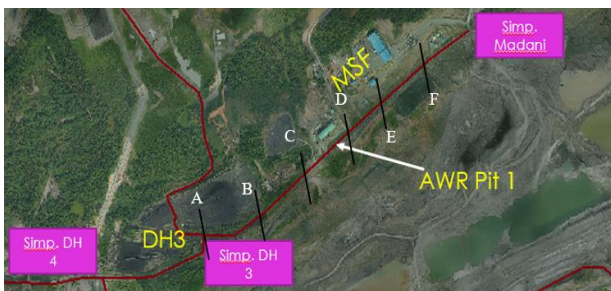
- a. Melakukan pengolahan/pembuatan peta IUP perusahaan lokasi penelitian.
- b. Penyusunan data lapangan menggunakan microsoft excell.
- c. Perhitungan geometri jalan angkut batubara.
- d. Menyusun alur pelaksanaan perawatan jalan angkut material batubara
- e. Melakukan analisis ilmiah dari hasil perhitungan geometri dan perawatan jalan angkut material batubara yang dihasilkan.

Data yang didapatkan tersebut akan dianalisa untuk didapatkan kesimpulan sementara. Selanjutnya dilakukan pengecekan ulang untuk memastikan apakah kesimpulan tersebut layak untuk ditetapkan.

## 5 Hasil Penelitian dan Pembahasan

### 5.1 Geometri Jalan

Geometri jalan tambang dimodifikasi agar sesuai dengan alat berat. Material Hopper 3 Dump Junction - Madani Junction akan diangkut dengan dump truck di jalan AWR Pit 1, oleh karena itu geometri jalan perlu dimodifikasi untuk mengakomodasi dump truck terbesar yang dapat melintas di lintasan tersebut. Penulis akan membahas mengenai lebar jalan angkut, termasuk kemiringan melintang, radius, superelevasi, dan lebar jalan saat menikung dan lurus. Penjelasan dari masing-masing poin ini diberikan di bawah ini.



Gambar 5. Segmen Jalan

#### 5.1.1 Lebar Jalan Pada Jalan Lurus

Setelah mengetahui spesifikasi dari Dump Truck HINO FM 260 JD. Bisa dilakukan perhitungan lebar minimum jalan angkut yang memenuhi standar menggunakan persamaan 1.

$$L_{min} = n \cdot wt + (n + 1) \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot wt\right)$$

$$L_{min} = 2 \times 2,49 + (2 + 1) \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot 2,49\right)$$

$$L_{min} = 4,98 + (3) \times (1,245)$$

$$L_{min} = 8,715 \text{ m}$$

Berdasarkan perhitungan standar, lebar jalan di atas untuk jalan lurus dengan dua jalur, dimensi yang disarankan adalah 8,715 m. Hasil pengukuran lebar jalan angkut pada segmen lurus di jalan AWR Pit 1 tercatat dalam Tabel 1. Data tersebut mengindikasikan bahwa rata-rata lebar jalan untuk kondisi lurus dengan dua jalur mencapai 26,3 m, atau dengan kata lain, secara keseluruhan melebihi standar yang ditetapkan.

Tabel 1. Lebar Jalan Pada Jalan Lurus

Jalan Lurus			
Segmen	Rencana Lebar Jalan Berdasarkan Perhitungan (m)	Lebar Jalan Aktual (m)	Penambahan Lebar Jalan (m)
C-D	8,715 m	7,5	1,215
E-F	8,715 m	8,4	0,315
H-I	8,715 m	7,8	0,915
L-M	8,715 m	8,8	-

#### 5.1.2 Lebar Jalan Pada Kondisi Jalan Tikungan

Ketika jalan angkut melibatkan tikungan, lebar jalan selalu diperluas dibandingkan dengan segmen jalan

yang lurus. Hal ini dilakukan sebagai tindakan pencegahan terhadap kemungkinan penyimpangan lebar jalan angkut yang diakibatkan oleh sudut yang dibentuk oleh roda depan dengan badan truk saat melewati tikungan. Detail ini dapat diambil dari spesifikasi truk HINO FM 260 JD:

- Jarak roda (U) = 2,05 m
- Panjang keseluruhan truck = 8,645 m
- Jarak as roda depan dengan bagian depan truck (Fa) = 1,28 m
- Jarak as roda belakang dengan bagian belakang truck (Fb) = 1,985 m
- Jarak sumbu roda depan dengan as roda belakang (Wb) = 5,38 m
- Radius putar minimal (Turning Radius) = 8,5 m
- Sudut penyimpangan roda ( $\alpha$ ) = 39,3

$$\sin \alpha = \frac{Wb}{\text{Turning Radius}}$$

$$\alpha = \sin^{-1} \frac{5,38}{8,5}$$

$$\alpha = 39,3^\circ$$

Berdasarkan data tersebut, ukuran lebar jalan pada kondisi tikungan dapat dihitung dengan rumus berikut:

- Lebar jantai bagian depan  
 $Fa = 1,28 \text{ m} \times \sin 39,3^\circ = 0,810 \text{ m}$
- Lebar jantai bagian belakang  
 $Fb = 1,985 \text{ m} \times \sin 39,3^\circ = 1,257 \text{ m}$
- Jarak sisi luar truk ke tepi jalan (Z) dan Jarak antara dua truk yang akan bersimpangan  
 $C = Z = 0,5 \times (U + Fa + Fb)$   
 $C = Z = 0,5 \times (2,05 + 0,81 + 1,257)$   
 $C = Z = 2,06 \text{ m}$

Jadi, untuk lebar jalan angkut minimum (2 jalur) tikungan adalah:

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

$$W_{min} = 2 \times (2,05 + 0,81 + 1,257 + 2,06) + 2,06$$

$$W_{min} = 14,41 \text{ m}$$

Berdasarkan hasil perhitungan lebar jalan kondisi tikungan minimal untuk dua jalur yaitu 14,41 meter. Hasil pengukuran Jalan AWR Pit 1 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Lebar Jalan Angkut Kondisi Tikungan

Jalan Tikungan			
Segmen	Rencana Lebar Jalan Berdasarkan Perhitungan (m)	Lebar Jalan Aktual (m)	Penambahan Lebar Jalan (m)
A-B	14,41 m	13,8	0,61

#### 5.1.3 Cross Slope

Nilai standar kemiringan melintang pada jalan angkut adalah 40 mm/m, yang berarti perbedaan tinggi sebesar 40 mm atau 4 cm setiap 1 meter jarak horizontal. Tujuan dari standar ini adalah agar jalan angkut dengan lebar 8,715 m (dua jalur) memiliki perbedaan tinggi pada poros jalan sebesar:

- Jalan angkut 2 jalur  
 $(\alpha) = \frac{1}{2} L_{min}$

$$= \frac{1}{2} \times 8,715m$$

$$= 4,35 m$$

- b. Beda tinggi:  
 $b = 4,35 m \times 40 mm/m$   
 $= 174 mm = 17,4 cm$

Dari perhitungan sebelumnya, kemiringan melintang yang optimal untuk jalan angkut dengan lebar 8,715 m adalah 17,4 cm. Data perhitungan nilai cross slope untuk Jalan AWR Pit 1 dapat ditemukan dalam Tabel 3.

**Tabel 3.** Nilai *Cross Slope* Jalan Lurus

Kemiringan Melintang di Jalan Lurus				
Segmen	Rencana Lebar Jalan Berdasarkan Perhitungan (m)	Lebar Jalan Aktual (m)	Cross Slope Standar (cm)	Cross Slope Aktual (cm)
C-D	8,715 m	7,5	17,4	19,4
E-F	8,715 m	8,4	17,4	17,6
G-H	8,715 m	7,8	17,4	25,3
I-J	8,715 m	8,8	17,4	23,5

**5.2 Alur Pelaksanaan Perawatan Jalan Angkut Material Batubara Pada Jalan AWR Pit 1**

**5.2.1 Pelapisan Ulang (Re-Surface)**

Kegiatan awal dalam tahapan perawatan adalah pelapisan ulang dimana material dihampar ke bagian jalan yang bergelombang menggunakan material BP 200 sebagai lapisan *subbase* dan material BP 60 sebagai lapisan atas. Proses kegiatan *re-surface* pada jalan AWR Pit 1 berupa:

- Penyeleksian dan penumpukan material menggunakan excavator (PC 200).
- Pengangkutan material menggunakan 4 *dump truck* (FG 500 JJ) dengan kapasitas 24 m<sup>3</sup> BP200 dan 48 m<sup>3</sup> BP60.



**Gambar 6.** Kegiatan Dumping Material Pelapisan Ulang BP200 dan BP60

**5.2.2 Perataan Ulang**

Kegiatan perataan ulang *grading* atau Penghamparan dan *cutting* material pada bagian jalan rawatan menggunakan alat perata motor grader (GD 705-A).



**Gambar 7.** Kegiatan Grading Material BP200 dan BP60 di Jalan AWR Pit 1

**5.2.2 Pemadatan**

Tahapan selanjutnya adalah pemadatan. Pekerjaan pemadatan dilakukan menggunakan 2 unit compactor (BW211D) kapasitas 10 ton. Tahapan pemadatan pada rawatan jalan merupakan tahapan paling akhir.



**Gambar 7.** Kegiatan Pemadatan Jalan

**6 Kesimpulan dan Saran**

**6.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Geometri jalan Angkut pada jalan AWR Pit 1 sepanjang 2.375 m dengan membuat sebanyak 5 segmen, jalan lurus 4 segmen dan jalan tikungan 1 segmen. Dengan pengukuran berbeda – beda jarak, yang dimana keadaan lebar jalan tidak memenuhi standar.
- Nilai cross slope di sebagian segmen jalan sudah memenuhi standar jalan.

**6.2 Saran**

Saran yang dapat disampaikan mengenai penelitian ini adalah:

- Melakukan konstruksi pelebaran jalan sesuai standarisasi.
- Menyimpan atau membuat data-data pada setiap jalur perawatan sehingga dapat terorganisir dengan lebih baik.
- Mengoptimalkan kegiatan perawatan sesuai dengan rencana dan penjadwalan yang ditetapkan.

**Referensi**

[1] Atteridge, A., Aung, M. T., & Nugroho, A. (2018). Contemporary coal dynamics in Indonesia.

Stockholm Environment Institute.

- [2] Aldiyansyah, A. (2016). Analisis Geometri Jalan Di Tambang Utara Pada Pt. Ifishdeco Kecamatan Tinanggea Kabupaten Konawe Selatan Provinsi Sulawesi Tenggara. *Jurnal Geomine*, 4 (1).
- [3] Alifa, A., Gusman, M., & Prabowo, H. (2018). Optimasi Alat gali Muat dan Alat Angkut Terhadap Produksi Batubara Dengan Metode Kapasitas Produksi dan Metode Teori Antrian Pada Pit Taman Periode Oktober 2016 Unit Pertambangan Tanjung Enim PT. Bukit Asam, Tbk. *Bina Tambang*, 3(2), 807-818.
- [4] Kansha, N., & Yulhendra, D. (2021). Desain Pit Penambangan Lapisan Batubara Seam C pada Pit X PT. Bukit Asam Tbk. *Bina Tambang*, 6(5), 213-217.
- [5] Kurniawan, R., Yulhendra, D., & Prabowo, H. (2015). Rancangan Pit Muara Tiga Besar Selatan Bulan Juni Tahun 2015 Unit Penambangan Tanjung Enim Pt Bukit Asam (Persero) Tbk Sumatera Selatan. *Bina Tambang*, 2(1), 202-216.
- [6] Prabowo, H., & Febriani, C. (2023). Analysis of the Relationship between Road Slope and Total Resistance to Fuel Consumption of Sany Skt 90s Dump Truck. *MOTIVECTION: Journal of Mechanical, Electrical and Industrial Engineering*, 5(2), 397-414.
- [7] Smith, J. (Tahun). The Role of Field Surveys in Mining Activities. *Journal of Mining Engineering*, 15(2), 45-58
- [8] Sudarsono, A. (2020). Karakteristik dan Signifikansi Overburden dalam Penambangan Batubara. *Jurnal Teknik Pertambangan*, 15(2), 34-48.
- [9] Santoso, B. (2022). Manajemen dan Perawatan Jalan Tambang dalam Pengangkutan Berat. *Jurnal Teknik Pertambangan Indonesia*, 11(1), 20-35.
- [10] Suryanto, R. (2023). Optimalisasi Desain Jalan Angkut untuk Meningkatkan Efisiensi Transportasi di Pertambangan. *Jurnal Teknik Pertambangan Terapan*, 8(2), 45-58.
- [11] Wahyu, S. (2021). Karakteristik dan Fungsi Jalan AWR Penunjang Tambang. *Jurnal Teknik Pertambangan Indonesia*, 10(2), 45-58.
- [12] 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.