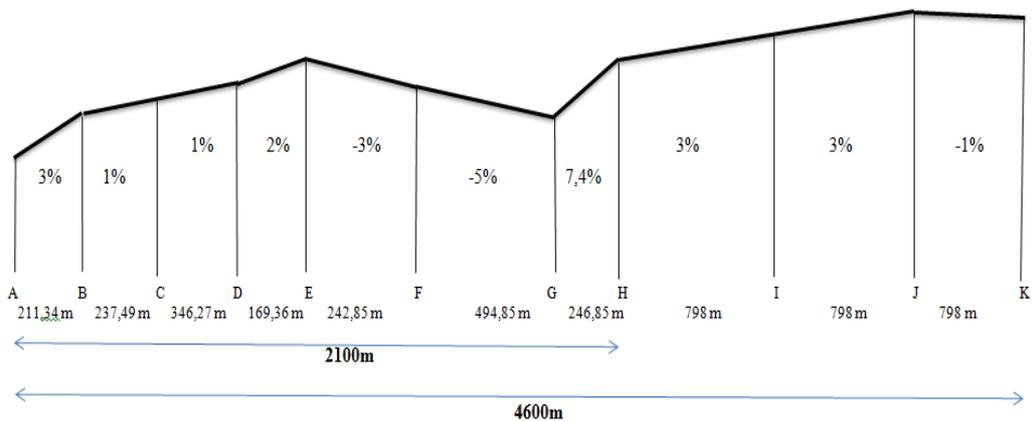


## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Geometri Jalan Angkut

Jalan angkut yang telah dibagi menjadi beberapa segmen akan ditentukan geometri jalannya meliputi lebar jalan, *cross slope*, dan kemiringan (*grade*) jalan. Penampang aktual untuk jalan angkut dari lokasi *Dump Hopper 3* menunjukkan beberapa segmen jalan. Jalan angkut batubara di *pit 2* areal 1 memiliki jarak  $\pm 4600$  m. Jalan angkut terbagi menjadi 10 segmen jalan yaitu A-B, B-C, C-D, D-E, E-F, F-G, G-H, H-I, I-J, dan J-K (Gambar 4.1). Setiap 10 segmen jalan akan menghasilkan geometri jalan, yang meliputi lebar jalan, *cross slope*, dan kemiringan (*grade*) jalan



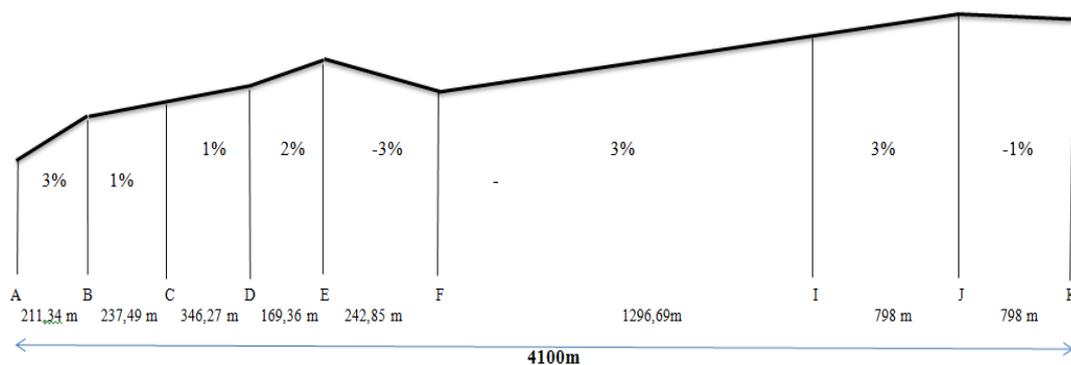
Gambar 4.1. Segmen jalan angkut sebelum perbaikan

Jalan angkut batubara yang berada di *Pit 2* Banko Barat berfungsi menghubungkan *front* penambangan dengan *dump hopper 3* dan *temporary stockpile 1E* adalah jalan dengan dua jalur dengan panjang  $\pm 4600$  m yang terdiri dari jalan dari *front* penambangan sepanjang  $\pm 2100$ m ke *temporary stock pile 1E* (Segmen A-H) dan  $\pm 4600$ m menuju *dump hopper 3* (Segmen A-K). Sehingga total keseluruhan dari *pit 2* banko barat menuju *dump hopper 3* adalah  $\pm 4600$ m (Gambar 4.2.).



Gambar 4.2 Pembagian segmen jalan angkut

Penyingkatan jalan angkut batubara dilakukan untuk mengoptimalkan waktu edar alat angkut yang mengangkut batubara, peningkatan ini dilakukan dengan memotong jalur dari segmen F langsung menuju Segmen I sehingga terjadi peningkatan jalur sebanyak 500 meter. Selain peningkatan dari segi jarak juga terjadi penurunan dari segi grade jalan yang di lewati pada lajur bari ini, grade jalan yang semula berada pada angka 7,4% menurun menjadi 3% yang bisa dilihat pada gambar 4.3 dibawah ini



Gambar

#### 4.3. Grade jalan angkut setelah perbaikan

##### 4.1.1. Lebar Jalan

Lebar jalan angkut batubara yang menghubungkan *front* penambangan sampai jalan produksi terbagi dalam 2 strandar lebar minimal jalan angkut, hal ini dikarenakan di bagian

segemen jalan angkut BC dan FG merupakan jalan angkut yang dilalui 2 jenis alat angkut pada satu jalur jalan angkut dengan alat angkut terbesar yaitu HD Belaz atau lebih besar dari HD785 sehingga pada kondisi ini lebar minimal jalan angkut pada kondisi lurus yang ideal adalah 24,5 m sedangkan pada tikungan 31 m. Sedangkan untuk segmen lainnya lebar minimal jalan angkut pada kondisi lurus adalah 8,5 m dan pada tikungan adalah 14 m. Jalan angkut yang digunakan adalah jalan dua jalur tanpa pemisah dengan tikungan sebanyak 7 buah. Lebar jalan standar baik dalam keadaan lurus maupun di tikungan ditentukan berdasarkan spesifikasi lebar alat terbesar yang melintas sebagai acuan sehingga standar minimal yang digunakan untuk lebar jalan angkut batubara sesuai dengan alat angkut terbesar yang ada. Gambar 4.3 pengukuran lebar jalan angkut batubara dengan alat angkut terbesar adalah HD Belaz (Gambar 4.3.)



Gambar 4.3. Lebar jalan angkut HD Belaz

$$L = n \times Wt + (n + 1) (0,5 \times Wt)$$

Keterangan :

L = Lebar jalan minimum pada jalan lurus,

n = Jumlah jalur

Wt = Lebar *dump truck*

Berdasarkan spesifikasi alat angkut Hino FM 500 didapatkan :

$$L = (2 \times 2,4) + (2 + 1) \times (0,5 \times 2,4)$$

$$L = 8,4 \text{ m}$$

$$L \approx 8,5 \text{ m}$$

Berdasarkan spesifikasi alat angkut HD Belaz didapatkan :

$$L = 2 \times 7 + (2+1) ( 0,5 \times 7)$$

$$L = 24,5 \text{ m}$$

Jadi lebar jalan minimum pada jalan lurus adalah sebesar 8,5 meter.

Berdasarkan pengamatan didapatkan bahwa lebar jalan aktual untuk alat angkut HB Belaz untuk segmen BC dan FG adalah 21m dan 20,5m pada jalur ini dikarenakan jalur ini dilewati oleh alat angkut HD Belaz. Lebar jalan lurus dan tikungan yang tidak memenuhi standar yaitu 24,5m maka harus dibuat menjadi standar karena akan mengakibatkan kendaraan akan mengurangi kecepatan ketika hendak berlintasan dengan kendaraan lain, hal ini akan menyebabkan waktu siklus alat angkut akan menjadi besar sehingga mengurangi produktivitas alat

Tabel 4.1 Lebar Jalan Angkut

No	Segmen jalan	Kondisi jalan	Lebar jalan ideal (meter)	Lebar jalan aktual (meter)	Keterangan
1	A-B	Lurus	8,5	10,0	Ideal
2	B-C	Lurus	24,5	21,0	Belum Ideal
3	C-D	Lurus	8,5	14,0	Ideal
4	D-E	Lurus	8,5	9,0	Ideal
5	E-F	Lurus	8,5	8,0	Belum Ideal
6	F-G	Lurus	24,5	20,5	Belum Ideal
7	G-H	Lurus	8,5	11,0	Ideal
8	H-I	Lurus	8,5	10,0	Ideal
9	I-J	Lurus	8,5	8,0	Belum Ideal
10	J-K	Lurus	8,5	9,0	Ideal

Segmen jalan yang harus ditambah lebarnya adalah segmen B-C, E-F, F-G, dan I-J, bisa di lihat di table 4.1. Keuntungan jika menerapkan lebar jalan sesuai dengan standar adalah ketika kendaraan berpapasan tidak harus mengurangi kecepatan, kemudian ketika ada kendaraan yang sedang mengalami masalah yang berhenti dan menepi di samping jalan, kendaraan lain masih leluasa untuk mendahului kendaraan tersebut sehingga akan meningkatkan produktivitas alat angkut. Jalur angkut batubara yang dilewati oleh *Dump Truck* Hino FM 500 pada segmen BC dan segmen FG berpapasan dengan alat angkut OB yaitu HD Belaz sehingga lebar jalan angkut yang bersinggungan ini memiliki standar berbeda yaitu lebar jalan ideal nya 24,5 mengacu pada alat angkut terbesar yaitu HD Belza. Pertemuan jalur dengan HD Belaz di segmen BC dan FG menjadi sedikit hambatan bagi alat angkut batubara yang mengakibatkan berkurangnya kecepatan yang bisa digunakan karena harus menunggu HD Belaz untuk berjalan terlebih dahulu. Kemudian dari segi K3 juga harus ditingkatkan mengingat perbedaan kecepatan dan perbedaan ukuran HD Belaz dan juga

*Dump Truck* Hino FM 500 dan terkadang juga jalur ini dilewati dengan mobil operasional yang menambah ramai jalur BC dan FG. Gambar 4.4 merupakan keadaan ketika HD Belaz, *Dump Truck* Hino FM500 dan mobil operasional PTBA berada dalam satu jalur (Segmen BC dan FG).



Gambar 4.4. HD Belaz dan Hino FM 500 dalam satu jalur (Segmen BC dan FG)

#### 4.1.2 Kemiringan Melintang Jalan (*Cross Slope*)

*Cross Slope* adalah sudut yang dibentuk oleh dua sisi permukaan jalan terhadap bidang horizontal. Berdasarkan pengamatan yang dilakukan diketahui bahwa jalan angkut batubara di PT. Pit 2 Banko Barat masih belum memiliki *cross slope* yang standar karena beda tinggi antara bagian tengah jalan dan samping jalan sangat kecil atau relatif datar sehingga harus dibuat beda tinggi yang sesuai agar menghasilkan *cross slope* sesuai standar. Jalan angkut yang baik memiliki *cross slope* sebesar 40 mm/m. Berdasarkan perhitungan didapatkan lebar jalan rata-rata pada kondisi lurus adalah 24,5 m sehingga beda tinggi yang harus dibuat agar jalan angkut memiliki *cross slope* yang baik sebesar 0,49 m (49 cm) antara bagian tengah jalan dengan badan kiri dan kanan jalan.

8,5 Meter adalah

$$\begin{aligned} P &= \frac{1}{2} \times L \\ &= \frac{1}{2} \times 8,5\text{m} = 4,25\text{m} \end{aligned}$$

Sehingga beda tinggi yang harus dibuat :

$$q = 4,25 \times 40 \text{ mm/m}$$

$$q = 170 \text{ mm/m} = 17 \text{ cm}$$

24,5 meter adalah:

$$P = \frac{1}{2} \times L$$

$$= \frac{1}{2} \times 24,5\text{m} = 12,25\text{m}$$

Sehingga beda tinggi yang harus dibuat :

$$q = 12,25 \times 40 \text{ mm/m}$$

$$q = 490 \text{ mm/m} = 49 \text{ cm}$$

Keuntungan apabila jalan angkut dibuat *cross slope* sesuai standar adalah untuk memperlancar penirisan air pada permukaan jalan angkut apabila turun hujan, air hujan yang ada pada permukaan jalan angkut akan mengalir ke tepi jalan dan air tidak menggenang ke permukaan jalan angkut batubara yang akan membahayakan kendaraan yang lewat beserta mempercepat kerusakan jalan tambang.

#### 4.1.3 Kemiringan Jalan (*Grade*)

Berdasarkan pengamatan dan perhitungan mengenai kemiringan jalan angkut didapatkan bahwa kemiringan jalan (*Grade*) aktual di setiap segmen sudah bagus karena kurang dari 8%. Besarnya kemiringan jalan standar adalah sebesar 8 %, *grade* jalan yang melebihi standar akan membuat kendaraan melaju dengan kecepatan rendah. Hasil pengamatan dilapangan menunjukkan segmen tertinggi ada pada segmen H-I dengan *grade* jalan 7,4%, ini menunjukkan bahwa secara actual semua *grade* yang ada di jalan angkut dari *pit 2* menuju *dump hopper 3* sudah ideal, bisa dilihat pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 *Grade* Jalan Angkut batubara

NO	Segmen	<i>Grade</i> Aktual (%)
1	A – B	3
2	B – C	1
3	C – D	1
4	D – E	2
5	E – F	-3
6	F – G	-5
7	G – H	7,4
8	H – I	3

9	I – J	3
10	J – K	-1

## 4.2 Ground Pressure Alat Angkut

*Ground Pressure* adalah besarnya tekanan yang diberikan oleh alat angkut terhadap permukaan jalan. Terdapat dua titik perbedaan *ground pressure* dalam melakukan muka jalan yang menerima tekanan dari alat angkut baik ketika kosong ataupun sedang mengangkut batubara. Untuk menghitung besarnya *ground pressure* dipengaruhi oleh berat kendaraan ketika bermuatan dan besarnya kontak area dari ban terhadap permukaan jalan. Berdasarkan perhitungan didapatkan bahwa besarnya tekanan yang diterima oleh permukaan jalan adalah 10,401 kg/cm<sup>2</sup> pada segmen jalan BC dan HI dengan alat angkut terbesar adalah HD Belaz dan HD 785. Sementara pada jalan angkut pada segmen lainnya alat angkut terbesar adalah Hino FM 500 sehingga didapatkan bahwa besarnya tekanan yang diterima oleh permukaan jalan adalah 8,490 kg/cm<sup>2</sup>.

Roda Depan :

$$GP = \frac{72.000 \text{ kg} + 163.780 \text{ kg}}{2 \times 110 \text{ cm} \times 64 \text{ cm}} \times 24,23 \%$$

$$GP = 4,057 \text{ kg/cm}^2$$

Roda Belakang :

$$GP = \frac{72.000 \text{ kg} + 163.780 \text{ kg}}{4 \times 110 \text{ cm} \times 64 \text{ cm}} \times 75,77 \%$$

$$GP = 6,344 \text{ kg/cm}^2$$

Jadi total GP = 4,057 kg/cm<sup>2</sup> + 6,344 kg/cm<sup>2</sup>

Jadi total GP = 10,401 kg/cm<sup>2</sup>

$$\begin{aligned} \text{Daya Dukung Tanah} &= 1,6649 + 4,3592 \log \text{ CBR} \\ &= 1,6649 + 4,3592 \log(25,084) \\ &= 1,6649 + 4,3592 (1,3993) \\ &= 7,7651 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

## 4.3 Faktor Kesperasian Alat (*Match Factor*)

Factor keserasian atau *match factor* merupakan salah satu faktor yang menjadi penilaian baik atau buruknya kinerja keserasian alat yang akan berimbas terhadap produktivitas alat angkut dan alat muat. *Match factor* dalam tambang sangat bergantung pada waktu siklus yang dibutuhkan oleh alat muat dan alat angkut. Kesperasian kerja dua alat mekanis *dump truck* dan *excavator* dipengaruhi oleh kondisi jalan angkut. Efisiensi suatu alat

dalam kegiatan penambangan merupakan faktor yang sangat vital bagi sebuah perusahaan karena apabila ada suatu alat yang efisiensinya kurang dari standar atau tidak sesuai dengan SOP suatu perusahaan maka perusahaan itu sudah mengalami kerugian secara terus-menerus selama alat itu digunakan. Perhitungan *match factor* digunakan untuk mengetahui apakah dalam pelaksanaan jumlah alat angkut dan alat muat pada suatu tambang itu sudah serasi atau belum, karena apabila salah satu alat angkut dan muatnya belum serasi jumlahnya, maka penggunaan alat angkut dan muat itu bisa dikatakan tidak efektif.

$$\begin{aligned} Match\ Factor &= \frac{n \times \text{Jumlah DT} \times CT\ PC}{\text{Jumlah PC} \times 300 \times CT\ DT} \\ &= \frac{7 \times 10 \times 18,97}{1 \times 1556,24} \\ &= 0,85 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka dapat disimpulkan bahwa *match factor* < 1 yang mengakibatkan alat muat sering menunggu. Maka dengan kondisi jalan sebelum perbaikan membutuhkan penambahan DT agar *match factor* nya mendekati 1 :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah DT} &= \frac{MF \times \text{Jumlah PC} \times 300 \times CT\ DT}{n \times CT\ PC} \\ &= \frac{7 \times 1 \times 1556,24}{7 \times 18,97} \\ &= 11,71 \approx 12\ Dump\ Truck \end{aligned}$$

Setelah Perbaikan Jalan ada perbaikan pula pada *match factor* yang merupakan hasil dari perbaikan jalan, yang menunjukkan bahwa adanya peningkatan pada *match factor* sehingga dengan perbaikan jalan yang sudah dilakukan maka yang terjadi adalah *match factor* yang menunjukkan angka mendekati 1 yang artinya alat angkut dan alat muat hamper tidak ada yang menunggu :

$$\begin{aligned} Match\ Factor &= \frac{n \times \text{Jumlah DT} \times CT\ PC}{\text{Jumlah PC} \times 300 \times CT\ DT} \\ &= \frac{7 \times 10 \times 18,97}{1 \times 1177,8} \\ &= 1,04 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas maka dapat disimpulkan perbaikan jalan yang dilakukan berhasil menserasikan alat angkut dan alat gali muat, berbeda dengan *match factor* sebelum dilakukannya perbaikan jalan yang, *match factor* setelah perbaikan jalan mendekati 1 tanpa harus ada penambahan DT (*match factor* = mendekati 1)

#### **4.3.1. Cycle Time Excavator Batubara di Pit 2**

Jenis alat muat yang digunakan di PT. Bukit Asam (Persero) Tbk adalah Kobelco SK 480 LC (Gambar 4.5) dengan jumlah 1 unit yaitu PC 400. Pengambilan data pada 17 Juli 2017 di lokasi *pit 2* Penambangan Banko Barat. Pengambilan data dilakukan dengan pengamatan kepada kobelco SK 480LC dengan Total rata-rata *cycle time* yaitu dari PC 400 adalah 18,97 detik.



Gambar 4.5 Excavator Kobelco SK 480

#### **4.3.2. Cycle Time Dump Truck Batubara di Pit 2**

Jenis alat angkut yang digunakan di PT. Bukit Asam (Persero) Tbk adalah *dump truck* Hino FM 500 (Gambar 4.6) dengan jumlah unit yang tidak tentu. *Dump truck* ada yang menuju ke disposal area dan ada yang menimbun jalan menuju disposal area pada *pit 2*. Berdasarkan pengamatan 20 Juli-27 Juli 2017 di lokasi *pit 2* Penambangan Banko Barat, total rata-rata *cycle time* yaitu untuk masing-masing *dump truck* 25,75 menit.



Gambar 4.6 *Dump truck* Hino FM 500

#### 4.4 Produktivitas *Dump Truck* Sebelum dan Setelah Perbaikan

Produksi *dump truck* aktual dilapangan belum optimal yaitu sebesar 5.063,04 ton/hari. Produktivitas *dump truck* masih bisa mengalami peningkatan jika memang dilakukan beberapa perbaikan pada jalan angkut batubara agar target produksi dapat maksimal. Berdasarkan perhitungan secara teoritis produktivitas *dump truck* dapat ditingkatkan dengan melakukan berbagai perbaikan yang menjadikan waktu edar alat angkut lebih singkat dari pada sebelumnya dan menggunakan *dump truck* yang menghasilkan *match factor* yang optimal yaitu 12 unit sesuai dengan perhitungan *match factor* sebelumnya sehingga produksi *dump truck* berubah menjadi 6.741,12 ton/hari. Adapun perbandingan antara produksi *dump truck* sebelum dan setelah perbaikan terdapat pada Tabel 4.3 dibawah ini.

Tabel 4.3 Perbandingan Produksi *Dump Truck*

Kondisi	ton/jam	ton/hari	ton/bulan
Sebelum perbaikan	316,44	5.063,04	151.891,2
Setelah perbaikan	421,32	6.741,12	202.233,6

Produksi Sebelum Perbaikan Jalan :

Diketahui :

- Kapasitas *Bucket* (KB) = 2,2 m<sup>3</sup>
- Banyak Pengisian (n) = 7 kali
- Bucket Fill Factor* (BF) = 1 (Lampiran K)
- Swell Factor* (SF) = 0,74 (Lampiran K)
- Efisiensi Kerja (EK) = 0,80
- Density* (D) = 1,26 ton/m<sup>3</sup>
- Cycle Time* (CT) = 25,75 menit

Jawab:

$$TP = \frac{7 \times 2,2 \text{ m}^3 \times 1 \times 0,8 \times 0,74 \times 60}{25,75 \text{ menit}} \times 1,26 \text{ ton/m}^3$$

$$TP = 26,76 \text{ ton/jam/unit}$$

Jumlah alat angkut yang digunakan sebanyak 12 unit, maka :

$$\begin{aligned} \text{TP (jam)} &= 12 \text{ unit} \times 26,76 \text{ ton/jam/unit} \\ &= 316,44 \text{ ton/jam} \\ \text{TP (hari)} &= 316,44 \text{ ton/jam} \times 16 \text{ jam/hari} \\ &= 5.063,04 \text{ ton/hari.} \\ \text{TP (bulan)} &= 5.063,04 \text{ ton/harix} 30 \text{ hari/bulan} \\ &= 151.891,2 \text{ ton/bulan} \end{aligned}$$

Produksi Setelah Perbaikan Jalan dengan data yang sama dan data CT alat angkut setelah dilakukan perbaikan jalan maka didapatkan hasil :

Jawab:

$$\text{TP} = \frac{7 \times 2,2 \text{ m}^3 \times 1 \times 0,8 \times 0,74 \times 60}{19,63 \text{ menit}} \times 1,26 \text{ ton/m}^3$$

$$\text{TP} = 35,11 \text{ ton/jam/unit}$$

Jumlah alat angkut yang digunakan sebanyak 12 unit, maka :

$$\begin{aligned} \text{TP (jam)} &= 12 \text{ unit} \times 35,11 \text{ ton/jam/unit} \\ &= 421,32 \text{ ton/jam} \\ \text{TP (hari)} &= 421,32 \text{ ton/jam} \times 16 \text{ jam/hari} \\ &= 6.741,12 \text{ ton/hari.} \\ \text{TP (bulan)} &= 8.426,65 \text{ ton/harix} 30 \text{ hari/ bulan} \\ &= 202.233,6 \text{ ton/bulan} \end{aligned}$$

#### **4.5. Permasalahan dan Perawatan Jalan *Hauling* Batubara**

Berdasarkan pengamatan di lapangan sepanjang jalan angkut batubara dari pit.2 menuju *dump hopper* 3 ada beberapa permasalahan pada jalan angkut batubara yang berakibat menurunkan produktivitas dalam pengangkutan batubara. Setiap segmen memiliki permasalahan masing masing dan butuh penyikapan yang berbeda beda. Adapun permasalahannya sebagai berikut:

1. Banyak terdapat lobang pada jalan yang mengakibatkan kendaraan akan menurunkan kecepatan ketika melintas. Lobang ini ditimbulkan oleh terkanan yang diberikan oleh HD Belaz yang akan menimbulkan terbentuknya kantong air yang akan tergenang air ketika hujan yang akan mengakibatkan menurunnya daya dukung tanah terhadap beban yang

melintas. Berdasarkan pengamatan sudah dilakukan perawatan berupa penimbunan dan pemadatan, tetapi lama-kelamaan jalan masih berlobang. Permasalahan ini diakibatkan adanya material lumpur yang berada di dalam lobang, hal ini akan mengakibatkan material jalan lama-kelamaan akan menjadi lembek. Solusi untuk perawatan jalan dapat dilakukan dengan cara mengeruk material lumpur pada lobang dan sekitarnya untuk kemudian diganti dengan material lain yang lebih keras misalnya batu koral atau batu pecah yang kemudian dipadatkan sehingga tidak akan terbentuk kantong air.

2. Drainase jalan yang kurang berfungsi dengan baik. Pada jalan angkut batubara di PT Bukit Asam (Persero) Tbk masih ada drainase jalan yang kurang berfungsi dengan baik bahkan masih ada jalan angkut yang disisinya belum memiliki drainase, hal ini diperparah apabila kondisi cuaca hujan yang mengakibatkan intensitas air lebih banyak sehingga drainase tidak berfungsi seperti drainase yang tertimbun tanah dan jalan yang masih belum terdapat saluran drainase seperti Gambar 4.7.



Gambar 4.7. Kondisi jalan angkut batubara tanpa drainase saat tergenang air

Drainase pada jalan berfungsi untuk mengalirkan air hujan yang masuk agar jalan tidak tergenang air sehingga dapat menjaga kekuatan material dan membuat jalan menjadi tidak tergenang air. Solusi yang dapat diterapkan adalah dengan membersihkan drainase yang tertutup material jalan sehingga aliran air akan menjadi lancar.

3. Material jalan termasuk jenis tanah *ekspansif* yaitu tanah yang kandungan lempungnya memiliki potensi kembang-susut akibat perubahan kadar air. Deformasi oleh akibat pengembangan tanah umumnya menghasilkan permukaan yang tidak beraturan di sepanjang jalan sehingga memberikan rasa tidak nyaman bagi pengemudi dan akan

membuat pengemudi mengurangi kecepatan ketika melintas akibatnya waktu tempuh yang dibutuhkan akan tinggi. Solusi yang dapat diterapkan untuk mengatasi permasalahan tanah *ekspansif* ini adalah:

a. Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah dapat dilakukan dengan cara mencampur material tanah dan batu-batu krikil yang kemudian dilakukan pemadatan yang baik. Setelah material ini di siapkan, dilakukan penggerusan terhadap permukaan tanah yang basah untuk menghilangkan kandungan air baru dilakukan pemadatan tanah dengan material terikat, material berbutir dan batu-batu krikil.

b. Manajemen Air

Air merupakan faktor utama yang menyebabkan tanah ekspansif mudah mengembang sehingga manajemen air sangat diperlukan. Kegiatan manajemen air yang baik diharapkan mampu mengurangi pengembangan dan menjaga kualitas material. Upaya yang dapat dilakukan adalah dengan membuat cross slope dan drainase di samping kiri kanan jalan sehingga ketika turun hujan air akan mengalir ke samping jalan dan tidak menggenang di permukaan jalan.