



Research Article

PERBAIKAN JALAN ANGKUT MENGGUNAKAN *GEOTEXTILE* UNTUK MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS HD 785 PADA *SITE* GURIMBANG *MINE OPERATION*, PT. BERAU COAL

Marwan Asof^{1*)}, Diana Purbasari¹⁾, dan M. Andra Agustian Putra¹⁾¹⁾ Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya, Indralaya, Indonesia

Received: 12 March 2023, Accepted: 17 June 2023, Published: 12 July 2023

Abstract

PT. Berau Coal is one of the mining companies in Indonesia that focuses on coal mining and sales. This research was carried out on the haul road at Site Gurimbang Mine Operation, where the condition of the haul road is currently undulating and located above a swamp area. This condition reduces the speed of HD 785, resulting in the unit's productivity not achieving the company's target. The effort to improve the condition of the haul road is by using geotextile as a method of strengthening the haul road. The aim of this research is to determine the changes in soil density and soil bearing capacity after the geotextile reinforcement and to identify its impact on HD 785 productivity. The research was conducted by analyzing and processing data from the results of the DCP in-situ test to determine the soil density and soil bearing capacity in the initial and post-geotextile installation conditions. Actual field data collection in the form of HD 785 cycle time and speed data was used to evaluate the unit's productivity before and after geotextile installation. The results indicated that the utilizing geotextile can increase the soil density and soil bearing capacity to meet the CBR standards and soil bearing capacity for HD 785 units. The use of geotextile also increased the speed of HD 785 by 3 km/hour, both during load and empty travel, resulting in an increase in HD 785 productivity by 26% from the initial 43,821.63 bcm/month to 55,375.62 bcm/month.

Key Words: DCP, geotextile, haul road, HD 785, productivity.

1. PENDAHULUAN

PT Berau Coal adalah perusahaan pertambangan di Indonesia yang berfokus pada penambangan dan penjualan batubara. Perusahaan ini beroperasi di wilayah pertambangan yang berlokasi di Kabupaten Berau, Provinsi Kalimantan Timur.

Salah satu indikator kesuksesan penambangan adalah mencapai target produksi yang mencakup produksi batubara dan *overburden*. Hal ini disebabkan jika produksi *overburden* tidak terpenuhi, maka pengambilan batubara juga tidak dapat dilakukan sepenuhnya. Salah satu komponen penting penunjang tercapainya produksi yaitu kondisi jalan angkut yang optimal.

Permasalahan yang ada pada *site* Gurimbang *Mine Operation* adalah daerah pertambangan ini awalnya merupakan daerah rawa dan materialnya juga tergolong kurang bagus. Selain itu, jalan angkut yang ada saat ini sangat mudah berundulasi akibat dari *base* jalan yang kurang mampu menahan tekanan dari alat angkut yang melaluinya. Kondisi jalan angkut yang tidak optimal ini menjadi penyebab dari ketidaktercapaian produktivitas dari alat angkut sesuai dengan target perusahaan.

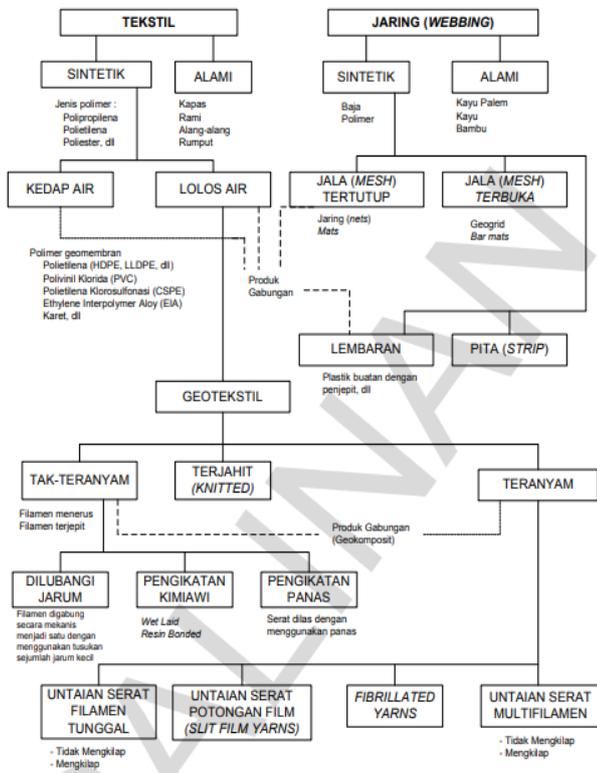
Hal ini dibuktikan dengan tidak tercapainya produktivitas alat angkut utama yang melintasi jalan angkut tersebut yaitu alat angkut jenis Komatsu HD 785. Seperti yang terangkum dalam monthly report pihak kontraktor yaitu PT. Pama Persada Nusantara, pada bulan Juli dengan target produktivitas HD 785 sebesar 54.675 bcm/bulan namun hanya tercapai 77% yaitu sebesar 42.525 bcm/bulan, serta pada bulan Agustus dengan target produktivitas HD 785 sebesar 54.675 bcm/bulan namun hanya tercapai 81% yaitu sebesar 44.550 bcm/bulan.

Untuk meningkatkan kondisi jalan angkut, dilakukan rekayasa geoteknik dengan memanfaatkan geosintetik.

Geosintetik

Geosintetik sendiri berasal dari kata "geo" yang berarti tanah dan "sintetik" yang berarti buatan manusia. Dengan demikian, geosintetik merupakan bahan buatan manusia yang digunakan dalam hubungannya dengan tanah atau batuan. Geosintetik dapat berupa dari polimer hasil industri minyak bumi, serat sintesis baik yang tidak dianyam maupun yang dianyam. Geosintetik dibagi menjadi

2, yaitu tekstil dan jaring, berdasarkan sifat lolos air nya dibagi menjadi bahan yang *permeable* seperti geotekstil, dan yang *impermeable* seperti geomembran. Departemen Pekerjaan Umum (2009), memberikan klasifikasi geosintetik secara lebih rinci yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Klasifikasi geosintetik

Geotextile

Geotextile adalah bahan tekstil yang lolos air. menurut Departemen Pekerjaan Umum (2009) terbagi atas 2 jenis, yaitu *geotextile woven* (teranyam) dan *geotextile non woven* (tidak teranyam) yang secara umum berfungsi sebagai pemisah (*separator*) antara dua lapisan material berbeda, yang mana untuk dapat menghindarkan kontaminasi dari material yang memiliki daya dukung rendah. Selain itu *geotextile* juga berfungsi sebagai bahan stabilisasi tanah dasar karena mempunyai kuat tarik (*tensile strength*) sehingga dapat membuat jalan angkut tidak bergelombang ataupun berlubang.

California Bearing Ratio (CBR)

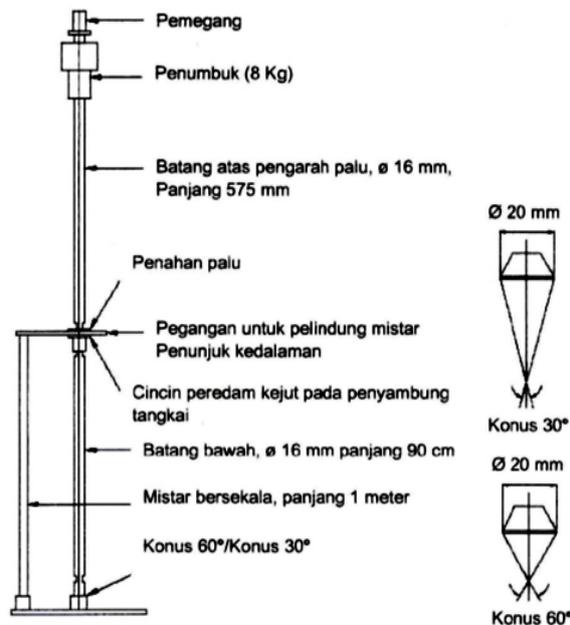
Perbandingan antara beban percobaan dengan beban standar, diukur dalam persentase (%), disebut *California bearing ratio* (CBR). Uji CBR dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu secara insitu di lapangan atau di laboratorium. CBR yang dilakukan secara insitu bertujuan untuk mengetahui nilai aktual kondisi tanah pada saat dilakukan uji. Penelitian dari T. Joetra dan Y. M. Anaperta (2018)

mendapatkan nilai *California bearing ratio* (CBR) minimum untuk HD 785 yaitu sebesar 36%. Untuk mendapatkan nilai CBR, umumnya digunakan alat *dynamic cone penetrometer* (DCP). Data yang diperoleh dari uji DCP akan dikorelasikan menjadi nilai CBR dengan menggunakan persamaan:

$$\text{Log (CBR)} = 2,56 - 1,16 \text{ log(DCP)} \quad (1)$$

Dynamic Cone Penetrometer (DCP)

DCP merupakan alat uji yang digunakan untuk mengetahui kekuatan dari tanah. Selain itu, DCP juga merupakan salah satu metode uji tanah yang bersifat tidak merusak atau *non destructive test* (NDT), DCP sangat sering digunakan untuk pengujian tanah dikarenakan dapat dilakukan secara cepat, mudah dilakukan, dan terbilang cukup murah jika dibandingkan dengan alat pengujian tanah lainnya. Uji DCP umumnya dilakukan oleh minimal 3 orang. DCP terdiri dari sebuah batang vertikal yang memiliki konus di ujung bawahnya, sebuah palu yang terpasang pada batang vertikal, penahan palu, mistar untuk mengukur kedalaman penetrasi, serta tempat pemegang untuk menjaga agar batang vertikal tetap lurus. Prinsip kerja alat tersebut adalah dengan mengangkat dan menjatuhkan palu pada setengah ketinggian batang secara berulang-ulang untuk menghasilkan kekuatan pukulan yang konsisten pada konus yang menekan perkerasan. Bagian-bagian dari DCP dapat terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagian-bagian alat uji DCP

Daya Dukung Tanah (DDT)

DDT digunakan untuk mengetahui kemampuan jalan angkut dalam menahan beban yang diberikan

oleh alat mekanis yang melaluinya. Bila jalan angkut tersebut tidak mampu menahan beban yang melaluinya, maka jalan angkut akan mudah bergelombang (*undulating*). Menurut Indonesianto (2005), untuk menghitung DDT perlu untuk mengetahui area kontak roda kendaraan terhadap jalan angkut dengan menggunakan persamaan:

$$\frac{0,9 \times \text{Berat Pembebanan Pada Roda (lb)}}{\text{Tekanan Dalam Ban (Psi)}} \quad (2)$$

Setelah area kontak roda kendaraan dengan jalan angkut diketahui, kemudian dapat dihitung beban yang diterima oleh jalan angkut dengan persamaan menurut Indonesianto (2005) sebagai berikut:

$$\frac{\text{Beban yang diterima jalan (lb/In}^2\text{)}}{\text{Beban Pada Tiap Roda (lb)}} = \text{Contact Area (In}^2\text{)} \quad (3)$$

Menurut Indonesianto (2005), untuk mengetahui nilai DDT pada jalan angkut dapat digunakan rumus dari United States Army Engineer (USAE) sebagai berikut:

$$\text{DDT} = 1,6649 + 4,3592 \text{ Log CBR} \quad (4)$$

Produktivitas

Tenriajeng (2003) menjelaskan bahwa produktivitas *hauler* adalah kemampuan *hauler* untuk memproduksi dalam satuan waktu. Dalam menghitung produktivitas *hauler*, dapat digunakan persamaan berikut:

$$\text{Pty} = \frac{n \times \text{KB} \times \text{Ff} \times \text{Sf} \times 3600}{\text{CT}} \times \text{Ef} \quad (5)$$

Keterangan:

Pty = Produktivitas *Dump Truck* (ton/jam)

n = banyak pengisian

Kb = kapasitas *bucket* (m³)

Ff = *Fill factor* (%)

Sf = *Swell Factor* (%)

CT = *cycle time* (detik)

Penelitian ini bertujuan untuk memahami dampak penggunaan *geotextile* terhadap nilai kepadatan tanah menggunakan metode *California Bearing Ratio* (CBR), daya dukung tanah, dan pengaruhnya terhadap produktivitas alat angkut utama pada *site Gurimbang Mine Operation* yaitu jenis *Komatsu HD 785*.

2. METODE

Penelitian ini dilakukan di *site Gurimbang Mine Operation*, PT. Berau Coal yang berlokasi di Kabupaten Berau, Kalimantan Timur dari tanggal 20 September 2022 – 25 Januari 2023.

Tahapan penelitian yang dilakukan yaitu di mulai dengan studi literatur, orientasi di lapangan, pengamatan lapangan, pengambilan data, serta pengolahan dan analisis data.

Adapun data yang digunakan yaitu data primer dan data sekunder. Data primer terdiri atas data *dynamic cone penetrometer* (DCP) yang diambil secara langsung di lapangan sebanyak 24 titik uji, data *cycle time* alat angkut jenis HD 785, dan data kecepatan alat angkut jenis HD 785. Sedangkan data sekunder terdiri atas peta topografi *site gurimbang mine operation*, peta area rawa, peta *hauling road*, data spesifikasi *unit HD 785*, dan data produktivitas alat angkut aktual dan rencana periode Juli 2022 – Januari 2023.

Data yang telah diperoleh akan diolah menggunakan perhitungan manual dengan teori yang diperoleh dari studi literatur. Pengolahan data akan dilakukan dengan bantuan *software Microsoft Excel 2010*. Setelah data diolah, akan dilakukan analisis dan evaluasi data sesuai dengan tujuan penelitian. Berikut adalah rincian proses pengolahan dan analisis data:

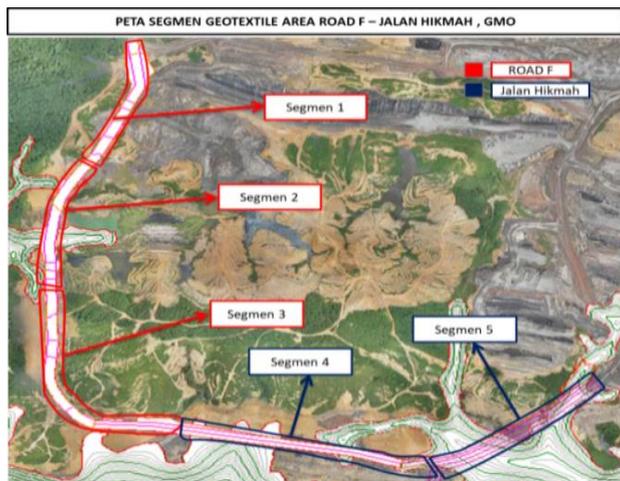
1. Data yang diperoleh dari uji DCP akan dikorelasikan menjadi nilai CBR sesuai dengan Persamaan 1 dan dihitung menggunakan *software Microsoft Excel 2010*.
2. Nilai daya dukung tanah minimum untuk HD 785 dihitung menggunakan Persamaan 2 dan Persamaan 3 dengan menggunakan *software Microsoft Excel 2010*.
3. Setelah didapatkan nilai CBR kemudian dapat dihitung nilai DDT dengan menggunakan Persamaan 4 dan dihitung menggunakan *software Microsoft Excel 2010*, setelah itu dapat dilakukan analisa mengenai kesesuaian dengan nilai DDT minimum untuk HD 785.
4. Data *cycle time* yang telah diambil langsung di lapangan akan digunakan untuk menghitung produktivitas alat angkut dengan menggunakan Persamaan 5 dan dihitung menggunakan *software Microsoft Excel 2010*.
5. Data kecepatan alat angkut dihitung dengan menggunakan parameter jarak tempuh dan waktu tempuh.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai Kepadatan Tanah Sebelum Dilakukan Pemasangan Geotextile

Kepadatan tanah pada jalan angkut menjadi salah satu parameter penting yang dapat menunjang kemampuan jalan angkut dalam menerima beban dari unit yang melaluinya. Sebelum menghitung nilai kepadatan tanah awal, jalan angkut yang direncanakan untuk diberikan perkuatan *geotextile*

dibagi menjadi 5 segmen jalan dengan total panjang jalan angkut yaitu 3 km terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Peta Segmen Jalan Angkut Yang Direncanakan Akan Diberi Perkuatan *Geotextile*

Kondisi material yang ada di jalan angkut saat ini diharuskan memiliki kepadatan tanah $\geq 20\%$ dikarenakan kondisi jalan angkut saat ini bukan lagi tanah dasar asli (*subgrade*) melainkan lapisan bawah (*subbase*). Setelah dilakukan pembagian segmen jalan angkut ini kemudian dilakukan uji *dynamic cone penetrometer* (DCP) di 24 titik jalan angkut dari 5 segmen jalan tersebut. Data hasil uji DCP dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai *Average CBR* segmen jalan angkut

Segmen Jalan Angkut	Titik Uji	CBR (%)	Average CBR Segmen (%)
Segmen 1	1	42,82	43,72
	2	49,54	
	3	49,52	
	4	43,78	
	5	32,93	
Segmen 2	6	16,61	17,27
	7	20,37	
	8	14,20	
	9	15,84	
Segmen 3	10	19,32	40,10
	11	33,52	
	12	38,47	
	13	54,89	
	14	39,78	
Segmen 4	15	33,85	17,89
	16	17,70	
	17	16,80	
	18	16,99	
	19	14,20	
	20	24,26	
Segmen 5	21	17,38	18,47
	22	15,78	
	23	21,52	
	24	19,19	

Secara lebih rinci, terdapat 11 titik uji yang mempunyai nilai kepadatan *subbase* jalan angkut dibawah dari 20% dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai CBR jalan angkut di bawah standar *subbase* jalan angkut

Titik Uji	Segmen	CBR (%)
6	Segmen 2	16,61
8	Segmen 2	14,20
9	Segmen 2	15,84
10	Segmen 2	19,32
16	Segmen 4	17,70
17	Segmen 4	16,80
18	Segmen 4	16,99
19	Segmen 4	14,20
21	Segmen 5	17,38
22	Segmen 5	15,78
24	Segmen 5	19,19

Dalam Tabel 2 terlihat bahwa terdapat 11 titik uji yang belum memenuhi nilai standar *subbase* jalan angkut, 11 titik uji ini perlu dilakukan perbaikan dengan melakukan *layering* dan *compacting* agar dapat meningkatkan nilai CBR nya.

Setelah dilakukan perbaikan berupa *layering* dan *compacting* pada beberapa titik jalan angkut yang mempunyai nilai CBR dibawah standar *subbase* jalan angkut, kemudian dilakukan kembali uji *dynamic cone penetrometer* (DCP) di titik dan koordinat yang sama dengan sebelumnya, hasil uji DCP dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai CBR jalan angkut setelah perbaikan

Titik Uji	Segmen	CBR (%)	CBR (%) Setelah Perbaikan
6	Segmen 2	16,61	27,20
8	Segmen 2	14,20	23,67
9	Segmen 2	15,84	27,13
10	Segmen 2	19,32	40,35
16	Segmen 4	17,70	29,14
17	Segmen 4	16,80	25,66
18	Segmen 4	16,99	28,19
19	Segmen 4	14,20	24,24
21	Segmen 5	17,38	31,24
22	Segmen 5	15,78	33,63
24	Segmen 5	19,19	31,59

Dalam Tabel 3 terlihat bahwa setelah dilakukan tindakan perbaikan berupa *layering* dan *compacting*, beberapa titik uji tersebut mengalami peningkatan nilai CBR dan telah memenuhi standar *subbase* jalan angkut. Nilai *average CBR* jalan angkut setelah dilakukan perbaikan dapat dilihat pada Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4. Nilai *Average CBR* segmen jalan angkut setelah perbaikan

Segmen Jalan Angkut	Titik Uji	CBR (%)	Average CBR Segmen (%)
Segmen 2	6	27,20	27,74
	7	20,37	
	8	23,67	
	9	27,13	
	10	40,35	
Segmen 4	16	29,24	27,17
	17	25,66	
	18	28,19	
	19	24,24	
	20	24,44	
Segmen 5	21	31,24	29,49
	22	33,63	
	23	21,50	
	24	31,59	

Dalam Tabel 4 terlihat bahwa setelah dilakukan tindakan perbaikan, nilai *average CBR* segmen jalan angkut pada segmen 2, segmen 4, dan segmen 5 mengalami peningkatan, namun belum dapat memenuhi nilai CBR standar untuk HD 785 yaitu $\geq 39\%$.

Nilai Daya Dukung Tanah

Nilai DDT merupakan tolak ukur yang digunakan untuk mengetahui kemampuan dari jalan angkut tambang dalam menahan beban *unit* yang akan melalui di atasnya. Pada *site* Gurimbang *mine operation*, alat angkut terbesar yang melintasi jalan angkut yaitu *unit* HD 785. Berikut ini perhitungan daya dukung tanah minimum untuk *unit* HD 785:

$$\text{Contact Area} = \frac{0,9 \times 56.176,54 \text{ lb}}{110 \text{ Psi}}$$

$$\text{Contact Area} = 459,62 \text{ In}^2$$

$$\text{Beban yang diterima permukaan jalan} = \frac{56.176,54 \text{ lb}}{459,62 \text{ In}^2}$$

$$\text{Beban yang diterima permukaan jalan} = 122,22 \text{ lb/In}^2$$

$$\text{Konversi ke kg/cm}^2 = 122,22 \text{ lb/In}^2 \times 0,070307$$

$$= 8,59 \text{ kg/cm}^2$$

Maka, nilai daya dukung tanah minimum pada jalan angkut yang dilalui *unit* HD 785 yaitu sebesar $8,59 \text{ kg/cm}^2$.

Nilai DDT pada kondisi jalan angkut sebelum digunakan *geotextile* dapat dihitung menggunakan korelasi nilai CBR yang telah diperoleh menjadi nilai DDT, dari hasil perhitungan dapat terlihat dalam Tabel 5.

Tabel 5. Nilai daya dukung tanah pada tiap segmen jalan angkut

Segmen Jalan Angkut	Average CBR Segmen (%)	Daya Dukung Tanah (kg/cm ²)
Segmen 1	43,72	8,82
Segmen 2	27,24	7,92
Segmen 3	40,09	8,65
Segmen 4	27,17	7,92
Segmen 5	29,49	8,07

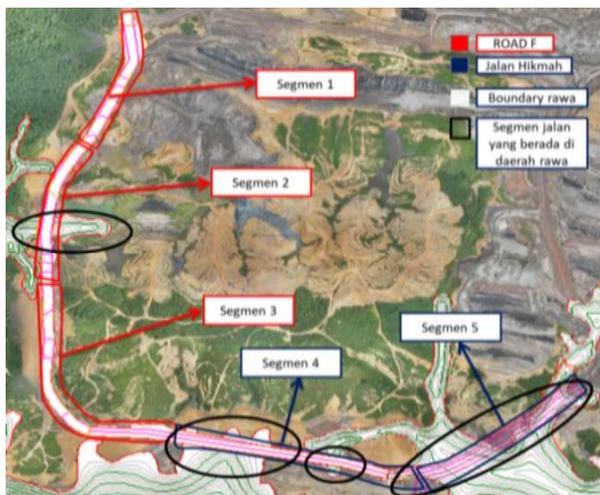
Dalam Tabel 5 terlihat bahwa terdapat 3 segmen jalan yang belum memenuhi nilai daya dukung tanah minimum untuk *unit* HD 785 yaitu segmen 2 dengan nilai DDT sebesar $7,92 \text{ kg/cm}^2$, segmen 4 dengan nilai DDT sebesar $7,92 \text{ kg/cm}^2$, dan segmen 5 dengan nilai DDT sebesar $8,07 \text{ kg/cm}^2$. Ketiga segmen jalan ini akan menjadi prioritas untuk dilakukan pemasangan *geotextile*.

Penentuan Segmen Jalan Angkut Yang Perlu Dilakukan Pemasangan *Geotextile*

Untuk meningkatkan efisiensi dalam penggunaan *geotextile* ini, diperlukan pemilihan segmen jalan mana yang menjadi prioritas untuk diberi perkuatan *geotextile*, adapun faktor yang mempengaruhi dalam penentuan segmen jalan yang akan diberi perkuatan *geotextile* adalah sebagai berikut:

1. Segmen jalan yang terletak didalam *boundary* rawa

Boundary rawa merupakan daerah batasan rawa sebelum daerah tersebut ditimbun material yang kemudian dibuat menjadi jalan angkut maupun infrastruktur tambang lainnya. Walaupun sudah ditimbun, daerah rawa ini Tetap menjadi faktor utama yang dipertimbangkan dalam hal keamanan maupun prioritas yang harus diberi perlakuan khusus agar didapat hasil yang lebih optimal. Pada jalan angkut yang direncanakan akan diberi perkuatan *geotextile* masih terdapat segmen jalan yang berada di area *boundary* rawa yaitu segmen 2, segmen 4, dan segmen 5. *Boundary* rawa dapat terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Segmen jalan yang berada di *boundary* rawa

2. Nilai *California Bearing Ratio* (CBR)

Nilai CBR berguna untuk menunjukkan kepadatan dari material timbunan jalan angkut. Selain daripada itu, nilai CBR disini juga berfungsi untuk memastikan apakah benar segmen jalan yang berada di daerah rawa harus diberi perlakuan khusus. Jalan angkut yang memiliki nilai CBR *subbase* dibawah dari standar perlu diberi perlakuan tambahan yaitu *layering* dan *compacting* untuk memadatkan dan memperkuat lapisan material jalan angkut. Pada kelima segmen jalan angkut ini terdapat 3 segmen jalan yang mempunyai nilai CBR *subbase* $\leq 20\%$ yaitu pada segmen 2, segmen 4, dan segmen 5. Hal ini membuktikan bahwa segmen jalan angkut yang berada di daerah rawa memiliki nilai CBR yang lebih kecil dari segmen jalan lain yang berada diluar daerah rawa.

3. Nilai Daya Dukung Tanah (DDT)

Nilai daya dukung tanah merupakan nilai yang digunakan untuk dapat mengetahui kemampuan dari jalan angkut untuk dapat menerima beban dari unit terbesar yang melalui jalan angkut tersebut. Pada *site Gurimbang mine operation* ini *unit* terbesar yang melalui jalan angkut yaitu HD 785, dengan nilai minimum untuk daya dukung tanah yaitu 8,59 kg/cm². Dari hasil perhitungan daya dukung tanah terdapat 3 segmen jalan yang belum memenuhi nilai minimum daya dukung tanah untuk HD 785 yaitu pada segmen 2, segmen 4, dan segmen 5.

Dari ketiga faktor utama tersebut dapat ditentukan segmen jalan angkut mana saja yang perlu diberi perkuatan *geotextile* agar dapat menunjang kegiatan operasional dengan lebih optimal yaitu segmen 2, segmen 4, dan segmen 5. Desain pemasangan *geotextile* dapat terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Desain pemasangan *geotextile*

Nilai Kepadatan Tanah Dan Daya Dukung Tanah Pada Jalan Angkut Setelah Dilakukan Pemasangan *Geotextile*

Setelah dilakukan pemasangan *geotextile* pada segmen 2, segmen 4, dan segmen 5. Perlu dilakukan penimbunan material diatas *geotextile* tersebut, untuk jenis material timbunan yang digunakan yaitu material pasiran (*sand stone*), timbunan material diatas *geotextile* yang telah dipasang ini merupakan lapisan pondasi atas (*base course*) yang memiliki standar nilai *California Bearing Ratio* (CBR) sebesar 20% - 50% tergantung terhadap *unit* terbesar yang melalui jalan angkut tersebut. Pada *Site Gurimbang mine operation* ini *unit* terbesar yang melalui jalan angkut yaitu HD 785 yang memiliki nilai *California bearing ratio* minimum sesuai dengan korelasi perhitungan daya dukung tanah yaitu sebesar 39%. Hasil uji DCP dapat terlihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai CBR setelah pemasangan *geotextile*

No.	Segmen Jalan	CBR (%)	Average CBR Segmen (%)
1		41,50	
2	Segmen 2	44,38	43,51
3		44,64	
4		45,17	
5	Segmen 4	41,76	43,51
6		43,59	
7		42,81	
8	Segmen 5	39,94	42,55
9		44,90	

Dalam Tabel 5 terlihat bahwa setelah dilakukan pemasangan *geotextile*, nilai CBR ketiga segmen jalan tersebut meningkat dari kondisi sebelum dilakukan pemasangan *geotextile*. Perbandingan nilai CBR sebelum dan setelah dilakukan pemasangan *geotextile* dapat terlihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Perbandingan nilai CBR sebelum dan setelah dilakukan pemasangan *geotextile*

Segmen Jalan Angkut	California Bearing Ratio (%)	
	Sebelum Pemasangan Geotextile	Setelah Pemasangan Geotextile
Segmen 2	27,24	43,51
Segmen 4	27,17	43,51
Segmen 5	29,49	42,55

Setelah nilai CBR material timbunan di atas *geotextile* telah memenuhi standar CBR untuk *unit* HD 785, kemudian perlu dilakukan *surfacing* pada jalan angkut yang berfungsi sebagai penahan beban roda dan sebagai lapisan yang menyebarkan beban ke lapisan bawah. Pada jalan angkut di *site Gurimbang mine operation* ini digunakan material *scorea (clinker)* dan batu split sebagai material *surface course*.

Setelah didapatkan nilai CBR berdasarkan hasil uji DCP pada ketiga segmen jalan angkut yang telah dilakukan pemasangan *geotextile*, kemudian dilakukan perhitungan nilai DDT menggunakan korelasi antara nilai CBR ke DDT. Hasil korelasi CBR ke DDT dapat terlihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Nilai DDT setelah pemasangan *geotextile*

Segmen Jalan Angkut	Average CBR Segmen (%)	Daya Dukung Tanah (kg/cm ²)
Segmen 2	43,51	8,81
Segmen 4	43,51	8,81
Segmen 5	42,55	8,77

Dalam Tabel 6 dapat terlihat bahwa setelah dilakukan pemasangan *geotextile*, nilai DDT dari ketiga segmen jalan tersebut telah memenuhi nilai daya dukung tanah minimum untuk HD 785. Perbandingan nilai DDT sebelum dan sesudah pemasangan *geotextile* dapat terlihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Perbandingan nilai DDT sebelum dan sesudah pemasangan *geotextile*

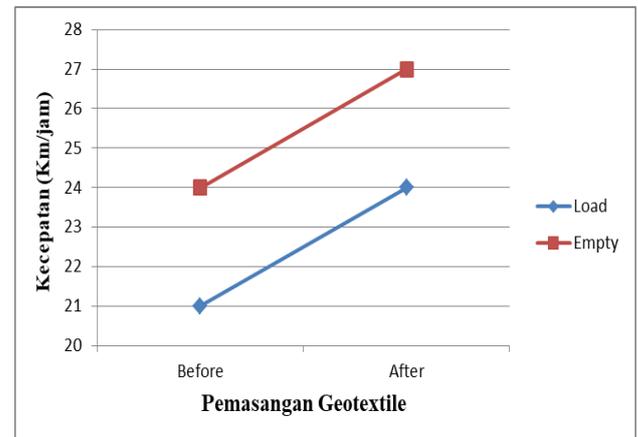
Segmen Jalan Angkut	Daya Dukung Tanah (kg/cm ²)	
	Sebelum Pemasangan Geotextile	Setelah Pemasangan Geotextile
Segmen 2	7,92	8,81
Segmen 4	7,92	8,81
Segmen 5	8,07	8,77

Dalam Tabel 8 terlihat bahwa seiring dengan meningkatnya nilai CBR pada jalan angkut, maka nilai DDT pada segmen 2, segmen 4, dan segmen 5

juga mengalami peningkatan yang cukup signifikan dari kondisi awal sebelum dilakukan pemasangan *geotextile*.

Impact Penggunaan *Geotextile* Terhadap Produktivitas HD 785

Sekitar 70% waktu yang digunakan oleh alat angkut berada di jalan angkut tambang yaitu pada saat *travel* baik dalam kondisi bermuatan maupun kosong. Sehingga ketika jalan angkut tersebut bergelombang (*undulating*) maka alat angkut harus menurunkan kecepatannya. Setelah dilakukan pemasangan *geotextile* terjadi peningkatan kecepatan dari *unit* HD 785 seperti terlihat di Gambar 6.



Gambar 6. Grafik kecepatan *unit* HD 785 sebelum dan sesudah pemasangan *geotextile*

Berdasarkan Gambar 4 dapat terlihat bahwa setelah dilakukan pemasangan *geotextile* terjadi peningkatan kecepatan dari *unit* HD 785 ketika *travel* baik pada saat *load travel* maupun pada saat *empty travel*.

Seiring dengan peningkatan kecepatan dari *unit* HD 785 baik dalam kondisi *Empty Travel* maupun pada saat *Load Travel*, maka waktu edar (*cycle time*) HD 785 juga mengalami penurunan.

1. Perhitungan produktivitas HD 785 sebelum dilakukan pemasangan *geotextile*:

Diketahui:

$$n = 9 \text{ kali}$$

$$KB = 6,7 \text{ m}^2$$

$$FF = 1,1$$

$$SF = 0,85$$

$$Eff = 0,83$$

$$CT = 1556,95 \text{ detik}$$

Jadi, produktivitas HD 785 sebelum dilakukan pemasangan *geotextile*, yaitu :

$$PTY = \frac{9 \times 6,7 \times 1,1 \times 0,85 \times 0,83 \times 3600}{1556,95}$$

$$PTY = 108,20 \text{ bcm/jam}$$

Dengan *Effective Working Hours* (EWH) sebesar 13,5 jam, maka produktivitas HD 785 dalam satu bulan, yaitu:

$$\begin{aligned} \text{PTY} &= 108,20 \text{ bcm/jam} \times 13,5 \text{ jam/hari} \times \\ & 30 \text{ hari} \\ &= 43.821,63 \text{ bcm/bulan} \end{aligned}$$

Jadi didapatkan produktivitas HD 785 pada kondisi jalan angkut sebelum dilakukan pemasangan *geotextile* yaitu sebesar 423.821,63 bcm/bulan.

- Perhitungan produktivitas HD 785 setelah dilakukan pemasangan *geotextile* dengan peningkatan kecepatan dari HD 785 sebesar 3 km/jam baik pada saat *Empty Travel* maupun pada saat *Load Travel*, maka *cycle time* yang semula sebesar 1556,95 detik dapat berkurang menjadi sebesar 1232,10 detik. Sehingga produktivitas HD 785 yang diperoleh, yaitu:

Diketahui:

$$N = 9 \text{ kali}$$

$$KB = 6,7 \text{ m}^2$$

$$FF = 1,1$$

$$SF = 0,85$$

$$\text{Eff} = 0,83$$

$$CT = 1232,10 \text{ detik}$$

Jadi, produktivitas HD 785 setelah dilakukan pemasangan *geotextile* yaitu :

$$\begin{aligned} \text{PTY} &= \frac{9 \times 6,7 \times 1,1 \times 0,85 \times 0,83 \times 3600}{1232,10} \\ \text{PTY} &= 136,73 \text{ bcm/jam} \end{aligned}$$

Dengan *Effective Working Hours* (EWH) sebesar 13,5 jam, maka produktivitas HD 785 dalam satu bulan, yaitu:

$$\begin{aligned} \text{PTY} &= 136,73 \text{ bcm/jam} \times 13,5 \text{ jam/hari} \times \\ & 30 \text{ hari} \\ &= 55.375,72 \text{ bcm/bulan} \end{aligned}$$

Jadi didapatkan produktivitas HD 785 pada kondisi jalan angkut setelah dilakukan pemasangan *geotextile* yaitu sebesar 55.375,72 bcm/bulan atau mengalami peningkatan sebesar 26% dari kondisi sebelum dilakukan pemasangan *geotextile* dan memenuhi target produktivitas HD 785.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penggunaan *geotextile* sebagai metode perkuatan jalan angkut memberikan efek yang menguntungkan., mulai dari peningkatan nilai kepadatan tanah yang dihitung dengan menggunakan metode CBR yang telah

memenuhi nilai minimum CBR untuk HD 785 yaitu $\geq 39\%$, peningkatan nilai daya dukung tanah yang telah dapat memenuhi nilai minimum daya dukung tanah untuk *unit* HD 785 yaitu $\geq 8,59 \text{ kg/cm}^2$, selain itu penggunaan *geotextile* ini juga dapat meningkatkan kecepatan dari *unit* HD 785 sebesar 3 km/jam baik pada saat *load travel* maupun pada saat *empty travel*, peningkatan kecepatan ini juga berjalan lurus dengan menurunnya *cycle time* dari *unit* HD 785 sehingga produktivitas dari *unit* HD 785 juga dapat mengalami peningkatan sebesar 26% dan telah memenuhi target produktivitas HD 785.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh direksi, karyawan, dan staf PT. Berau Coal yang telah membantu dan memberi dukungan dalam melakukan pengambilan data dan penelitian ini.

REFERENSI

- Akbar, S. J., & Wesli, W. (2016). Studi Korelasi Daya Dukung Tanah Dengan Indek Tebal Perkerasan Jalan Menggunakan Metode Bina Marga. *Teras Jurnal*, 4(1).
- Azizah, F. N., Surjandari, N. S., & As' ad, S. (2014). Penggunaan geotekstil pada lereng sungai gajah putih Surakarta. *Matriks Teknik Sipil*, 2(1), 140.
- Dachlan, A. T. (2005). Pengujian Daya Dukung Perkerasan Jalan Dengan Dynamic Cone Penetrometer (DCP) Sebagai Standar Untuk Evaluasi Perkerasan Jalan. *Jurnal Standardisasi*, 7(3), 126-134.
- Darwis, F., & Mulya, E. R. (2021). Analisis daya dukung tanah dasar berdasarkan uji CBR laboratorium dan uji CBR lapangan pada ruas jalan kampus Unipas Morotai. *Journal of Science and Engineering*, 4(2), 97-105.
- Fadillah, M. I. (2022, January). Pengujian Daya Dukung Perkerasan Jalan Tambang dengan Dynamic Cone Penetrometer (DCP) di PT Mitra Multi Sejahtera. In *Bandung Conference Series: Mining Engineering* (Vol. 2, No. 1, pp. 95-103).
- Fauzi, I., & Hamdhan, I. N. (2019). Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil Woven Akibat Pengaruh Termal Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Reka Racana*, 5(2).
- Hamzah, H. J., & Wulandari, S. (2022). Pengaruh Geotekstil Terhadap Stabilitas Timbunan Jalan. *Borneo Engineering: Jurnal Teknik Sipil*, 1(1), 33-44.
- Indonesianto, Y. (2005). Pemindahan tanah mekanis. *Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jogjakarta*.
- Laili, A. P., Hasanuddin, A., & Wicaksono, L. A. (2022). Perbandingan Tebal Perkerasan Menggunakan Nilai CBR Laboratorium dan CBR Lapangan (DCP)(JLS Jarit-Puger). *bentang: jurnal teoritis dan terapan bidang rekayasa sipil*, 10(1), 11-28.
- Lengkong, P. I. L., Monintja, S., Sompie, O. B., & Sumampouw, J. E. R. (2013). HUBUNGAN NILAI CBR LABORATORIUM DAN DCP PADA TANAH YANG DIPADATKAN PADA RUAS JALAN Woriâ€“LIKUPANG KABUPATEN MINAHASA UTARA. *Jurnal sipil statik*, 1(5), 368-376.
- Marga, B. (2009). Perencanaan dan Pelaksanaan Perkuatan Tanah dengan Geosintetik. *Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta*.
- Masykur, M., & Kurniawan, S. (2017). Analisa Pengujian Dynamic Cone Penetrometer (DCP) Untuk Daya Dukung

- Tanah Pada Perkerasan Jalan Overlay (Studi Kasus: Ruas Jalan Metro–Tanjungkari STA 7+ 000 s/d STA 8+ 000). *TAPAK (Teknologi Aplikasi Konstruksi): Jurnal Program Studi Teknik Sipil*, 7(1), 52-63.
- Mustofa, A., Wicaksono, J. G., Nurhakim, N., Afriko, A., & Melati, S. (2019). Perbaikan Jalan Angkut Tambang: Pengaruh Perubahan Struktur Lapis Jalan Terhadap Produktivitas Alat Angkut. *Jurnal Himasapta*, 1(01).
- Nugraha, B. A., Yanti, G., & Lubis, F. (2019, October). ANALISIS PERKUATAN TANAH LUNAK DENGAN MENGGUNAKAN GEOTEKSTIL PADA RUAS JALAN SIAK SRI INDRAPURA–MENGKAPAN BUTON PROVINSI RIAU. In *PROSIDING SEMINAR NASIONAL CENDEKIAWAN* (pp. 1-61).
- Permatasari, S. (2021). HUBUNGAN NILAI CBR LABORATORIUM DAN DCP PADA TANAH YANG DIPADATKAN PADA RUAS JALAN DESA SEMISIR KABUPATEN KOTABARU. *TAPAK (Teknologi Aplikasi Konstruksi): Jurnal Program Studi Teknik Sipil*, 10(2), 133-138.
- Pratomo, R. P. (2021). HUBUNGAN NILAI CBR LABORATORIUM DENGAN PEMADATAN MODIFIED DAN NILAI DYNAMIC CONE PENETROMETER (DCP) DI LAPANGAN. *JRSD*, 9(4), 691-702.
- Riogilang, H. (2017). DESAIN PERKUATAN TANAH PADA LERENG RUAS JALAN MANADO-TOMOHON STA7-250. *JURNAL LPPM BIDANG SAINS DAN TEKNOLOGI*, 4(1), 35-43.
- Saputra, AZ. (2018). Studi Kestabilan Jalan Angkut Dengan Perkuatan Geotekstil Untuk Meningkatkan Kecepatan Alat Angkut Pada Pit Inul Lignit PT. Kaltim Prima Coal Sangatta, Kalimantan Timur. Skripsi, Fakultas Teknik : Universitas Sriwijaya.
- Saputra, JJ. (2019). Analisis Variabel Cycle Time Dumptruck Secara Teoritis, Aktual dan Menggunakan Software Talpac Pada Pengupasan Overburden Tambang Batubara PT Kaltim Prima Coal. Skripsi, Fakultas Teknik : Universitas Sriwijaya.
- Septiandri, R. A., Mochtar, I. B., & Lastiasih, Y. (2021). Analisis Kebutuhan Perkuatan Geotextile untuk Tinggi Timbunan Badan Jalan yang Bervariasi di atas Tanah Lunak pada Kondisi dengan dan tanpa Pemasangan PVD (Prefabricated Vertical Drain). *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 19(3), 283-294.
- Suhendik, A. A., Oktaviani, R., & Trides, T. (2022). Studi Perbaikan Perkerasan Lapis Jalan Tambang dengan Nilai CBR dan DCP. *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, 75-83.
- Sumarna, T. (2015). Pengujian Daya Dukung Lapis Tanah Dasar (Subgrade) Pada Tanah Timbunan Untuk Lapisan Jalan Dengan Alat DCP (Dynamic Cone Penetrometer). *Potensi: Jurnal Sipil Politeknik*, 17(1).
- Suryolelono, K. B., (2000), *Geosintetik Geoteknik*, cetakan pertama, Percetakan dan Penerbitan Nafiri.
- Tenriajeng, A. T., (2003). *Pemindahan Tanah Mekanis*. Jakarta: Gunadarman.
- T. Joetra dan Y. M. Anaperta., (2018). “Evaluasi Material dan Daya Dukung Tanah untuk Base Coarse Jalan Tambang di PT . Kalimantan Prima Persada Site Mining Asam - Asam (MASS),” *Bina Tambang*, 3(4): 1714–1728.
- Uguy, R. W. V., & Elias, Y. R. D. (2019). EVALUASI NILAI CBR LAPANGAN LAPISAN TANAH DASAR DAN CBR LABORATORIUM PADA PEKERJAAN JALAN LINGKUNGAN DENGAN ASPHALT HOTMIX DAN DRAINASE DI AREA GEDUNG OPERASIONAL 1 PAKET KANTOR OTORITAS BANDARA UDARA WILAYAH VII MANADO. *Jurnal Ilmiah Realtech*, 15(2), 95-100.
- Yunus, M., La Resky, H. N., & Rum, M. A. R. (2022). KAJIAN PENENTUAN NILAI CBR TANAH MENGGUNAKAN DYNAMIC CONE PENETROMETER PADA PEMBANGUNAN RUAS JALAN MAMBRUK-KADAMBER KABUPATEN FAKFAK. *Wahana Teknik Sipil: Jurnal Pengembangan Teknik Sipil*, 27(2), 165-175.

