

Pengaruh kondisi geoteknik lapis subgrade tanah lempung untuk jalan tambang tanpa lapis pondasi

Influence of geotechnical conditions of clay subgrade layers for mining roads without foundation layers

Jhon Andrean Paul YC Raban¹, Adip Mustofa², Marselinus Untung Dwiatmoko³

¹⁻⁴Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat

JL. A. Yani KM 35,5 Banjarbaru 70714. Telp 0812-5475-6338

e-mail: *¹pauljhon117@gmail.com, ²adip@ulm.ac.id, ³untung@ulm.ac.id

ABSTRAK

Penelitian dilaksanakan di wilayah Desa Limamar yang tanahnya tersusun oleh tanah lempung kaolinit. Tanah lempung kaolinit terendapkan diatas formasi warukin yang umumnya mengandung lapisan batubara. Kegiatan tambang batubara memerlukan jalan tambang. Pengumpulan data dilakukan berdasarkan hasil observasi lapangan, sampling dan uji laboratorium serta studi literatur. Data primer yang dikumpulkan berkaitan karakteristik tanah antara lain; Sifat fisik tanah (*specific gravity*, densitas, kadar air, ukuran butir, batas atterberg) dan Sifat mekanik tanah (*Unconfined Compressive Strength* dan *Direct Shear Test*). Data sekunder yang dikumpulkan berkaitan situasi lokasi penelitian, kondisi geologi regional, spesifikasi alat angkut tambang, klasifikasi tanah dan formula geoteknik berkaitan fisik mekanik tanah. Hasil dari pengumpulan dan pengolahan diketahui, hasil pengumpulan fisik tanah: menggunakan standart pengujian ASTM D 2487-69 (lempung) sebanyak 59,26%-90,30%, (pasir) sebanyak 9,42%-36,01%, (kerikil) sebanyak 0,28%-6,67%, Pengujian batas Atterberg menggunakan standart pengujian ASTM D 2216-80 dengan hasil uji: Batas cair (33,64%-66,32%), Batas plastis (20,1%-30,61%), Batas susut (19,3%-28,1%), Indeks plastisitas (12,45%-36,32%). Pengujian berat isi tanah menggunakan standart pengujian ASTM D 2937-83 dengan hasil uji (2,16 g/cm³-2,44 g/cm³). Sifat mekanik tanah menggunakan standart pengujian ASTM D 3080-72 *Direct shear test* adalah Kohesi tanah (0,1364 kg/cm²-0,4743 kg/cm²) dan Sudut gesek dalam (14,04°-25,31°). Pengolahan data diperoleh; tanah dalam klasifikasi AASHTO teridentifikasi jenis tanah: A-6, A-7-5 dan A-7-6, *ground pressure* alat angkut Dutro 110 HD dari tiap roda ban adalah sebesar 720,07 kPa, daya dukung ijin tanah 87,38 kPa-187,84 kPa. *Ground pressure* alat angkut lebih besar dari nilai daya dukung ijin tanah sehingga tanah dinyatakan tidak mampu menerima beban dari alat angkut dan masih belum layak untuk digunakan sebagai jalan angkut tambang.

Kata-kata kunci: daya dukung ijin tanah, *ground pressure*, sifat fisik tanah, sifat mekanik tanah.

ABSTRACT

The research was conducted in the area of Limamar Village whose soil is composed of kaolinite clay. Kaolinite clay soils are deposited on top of the warukin formation which generally contains coal seams. Coal mining activities require mining roads. Data collection is carried out based on the results of field observations, sampling and laboratory tests as well as literature studies. The primary data collected related to soil characteristics include; Physical properties of soil (*specific gravity*, density, moisture content, grain size, atterberg limit) and mechanical properties of soil (*Unconfined Compressive Strength* and *Direct Shear Test*). Secondary data collected related to the situation of the research site, regional geological conditions, mining conveyance specifications, soil classification and geotechnical formulas related to soil mechanical physics. The results of collection and processing are known, the results of physical soil collection: using ASTM D 2487-69 test standards (clay) as much as 59.26%-90.30%, (sand) as much as 9.42%-36.01%, (gravel) as much as 0.28%-6.67%, Atterberg limit testing using ASTM D 2216-80 test standards with test results: Liquid limit (33.64%-66.32%), Plastic limit (20.1%-30.61%), Shrinkage limit (19.3%-28.1%), Plasticity index (12.45%-36.32%). Soil content weight testing using ASTM D 2937-83 test standard with test results (2.16 g/cm³-2.44 g/cm³). The mechanical properties of soil using ASTM D 3080-72 *Direct shear test* standards are Soil cohesion (0.1364 kg/cm²-0.4743 kg/cm²) and Deep friction angle (14.04°-25.31°). Data processing is obtained; soil in the AASHTO classification identified soil types: A-6, A-7-5 and A-7-6, the *ground pressure* of Dutro 110 HD conveyance from each tire wheel is 720.07 kPa, the carrying capacity of the soil permit is 87.38 kPa-187.84 kPa. The *ground pressure* of the conveyance is greater than the carrying capacity value of the land permit so that the land is declared unable to accept the load from the means of transportation and is still not suitable for use as a mining hauling road.

Keywords: bearing capacity of soil permit, *ground pressure*, mechanical properties of soil, physical properties of soil.

PENDAHULUAN

Penelitian dilaksanakan di wilayah Desa Limamar yang tanahnya tersusun oleh tanah lempung kaolinit. Tanah lempung kaolinit terendapkan diatas formasi warukin yang umumnya mengandung lapisan batubara. Kegiatan tambang batubara memerlukan jalan tambang.

Para pelaku tambang pada awal kegiatan penambangan seringkali memanfaatkan permukaan tanah setempat sebagai jalan angkut tanpa lapis pondasi sehingga kemampuan lapis *subgrade* lempung kaolinit menarik diteliti.

Kemampuan lapis *subgrade* sebagai tapak jalan tanpa lapis pondasi dipengaruhi oleh karakteristik fisik dan mekanik dari tanah lapis *subgrade*. Apabila tanah mempunyai karakter yang buruk maka badan jalan akan mudah rusak sehingga tidak layak digunakan sebagai badan jalan. Beberapa sifat buruk tanah lempung adalah mempunyai plastisitas yang tinggi, kembang susut yang relatif besar dan kekuatan geser yang rendah.

Penelitian dilakukan dengan tujuan; mengetahui karakteristik sifat fisik tanah lempung daerah penelitian, mengetahui karakteristik sifat mekanik tanah lempung

daerah penelitian dan mengetahui kemampuan lapis *subgrade* menahan beban alat angkut tambang.

METODOLOGI

Metode Pengumpulan Data

Data primer diperoleh dari observasi lapangan dan sampling tanah, serta hasil pengujian tanah yang didapatkan dari laboratorium. Data sekunder diperoleh dari studi literatur yang berhubungan dengan kondisi permasalahan penelitian.

- Data primer yang dikumpulkan antara lain :
 - Sebaran titik sampling tanah *undisturbed*.
 - Sifat fisik tanah.
 - Sifat mekanik tanah.
- Data Sekunder antara lain :
 - Situasi lokasi penelitian.
 - Kondisi geologi regional.
 - Spesifikasi alat angkut tambang, klasifikasi tanah dan formula geoteknik berkait fisik mekanik tanah.
 - Literatur peneliti terdahulu.

Metode pengolahan data

Pengolahan data yang dilakukan adalah dengan melakukan penentuan jenis tanah dengan menggunakan klasifikasi *AASHTO*, perhitungan *ground pressure* alat angkut dan pendekatan nilai daya dukung tanah menggunakan metode Terzaghi.

Metode analisis Data

Metode analisis data yang digunakan yaitu penilaian secara kualitatif, kuantitatif dan deskriptif serta membandingkan nilai *ground pressure* dari alat angkut dengan nilai daya dukung ijin tanah. Analisis yang akan dilakukan adalah menilai kemampuan tanah lempung kaolin terhadap beban alat angkut tambang.

HASIL DAN DISKUSI

Hasil Pengumpulan Data

Kegiatan observasi dilakukan disepuluh titik objek observasi lapangan sedangkan sampling hanya dilakukan pada lima titik observasi tersebut. Jenis contoh tanah yang diambil adalah contoh tanah tak terganggu atau tanah *undisturbed*.

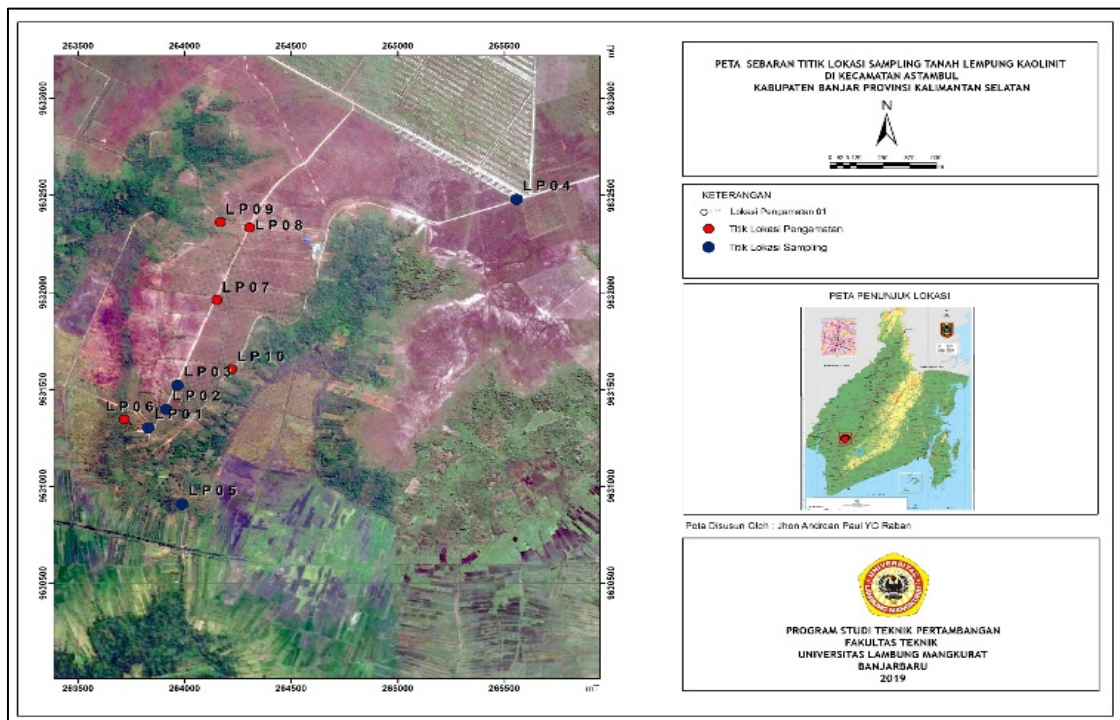
Sifat fisik dan mekanik

Berdasar hasil uji laboratorium fisik tanah terhadap lima sampel tanah diketahui karakteristik fisik tanah lempung sebagai berikut:

- Pengujian distribusi butir tanah menggunakan standart pengujian ASTM D 2487-69 dengan hasil uji: butir lolos ayakan no. 200 (lempung) sebanyak 59,26%-90,30%, butir lolos ayakan no. 10 dan tertahan di ayakan no. 200 (pasir) sebanyak 9,42%-36,01%, butiran yang lolos ayakan no.4 dan tertahan di ayakan no.10 (kerikil) sebanyak 0,28%-6,67%.
- Pengujian batas Atterberg menggunakan standart pengujian ASTM D 2216-80 dengan hasil uji: Batas cair (33,64%-66,32%), Batas plastis (20,1%-30,61%), Batas susut (19,3%-28,1%), Indeks plastisitas (12,45%-36,32%).
- Pengujian berat isi tanah menggunakan standart pengujian ASTM D 2937-83 dengan hasil uji ($2,16 \text{ g/cm}^3$ - $2,44 \text{ g/cm}^3$).

Uji laboratorium mekanik tanah juga dilakukan terhadap lima sampel tanah dengan jenis uji yaitu *Direct shear test* menggunakan standart pengujian ASTM D 3080-72. Hasil pengujian *Direct shear test* adalah Kohesi tanah ($0,1364 \text{ kg/cm}^2$ - $0,4743 \text{ kg/cm}^2$) dan Sudut gesek dalam ($14,04^\circ$ - $25,31^\circ$).

Dalam penelitian ini alat angkut yang dikaji adalah alat angkut merk HINO khusus kelas ringan menimbang kekuatan tanah lempung yang diperkirakan rendah. Jenis dan spesifikasi alat angkut dimaksud sebagaimana disajikan Tabel-1 dan Tabel-2.



Gambar-1. Peta Sebaran Titik Lokasi Sampling

Tabel-1. Tipe dan Spesifikasi Alat Angkut Truck Kosong

Tipe Alat Angkut	Spesifikasi Alat Angkut Truck Hino Kosong								
	Berat Truck Kosong (Kg)	Jumlah Roda		Berat Beban Kosong (Kg)				Beban Per-Roda (Kg)	
		Depan	Belakang	Depan		Belakang		Depan	Belakang
Dutro 110 HD	2.274	2	4	1.394	61,30%	880	38,70%	697	220

Tabel-2. Tipe dan Spesifikasi Alat Angkut Truck Bermuatan

Tipe Alat Angkut	Spesifikasi Alat Angkut Truck Hino Bermuatan								
	Berat Truck Bermuatan (Kg)	Jumlah Roda		Berat Beban Bermuatan (Kg)		Beban Per-Roda (Kg)			
		Depan	Belakang	Depan	Belakang	Depan	Belakang		
Dutro 110 HD	7.500	2	4	1.876,62	25,02%	5.623,38	74,98%	938,31	1.405,84

Pengolahan Data**Penentuan Jenis Tanah**

Secara umum tanah lempung daerah penelitian berwarna putih dan bersifat pasir hingga kerikil. Penentuan jenis tanah menggunakan klasifikasi tanah sistem *American Association of State Highway and Transportation Official (AASHTO)* dengan memperhatikan parameter fisik tanah: persentase distribusi butir, persentase batas cair dan persentase indeks plastisitas. Dalam klasifikasi *AASHTO* teridentifikasi jenis tanah: A-6, A-7-5 dan A-7-6.

Tabel-3. Hasil Penentuan Jenis Tanah *AASHTO*

Sampel	Persentase Butir Lolos Saringan			Batas Cair %	Indeks Plastisitas %	Jenis Tanah	Tingkatan Kegunaan Sebagai Subgrade
	No.10 (Kerikil)	No.40 (Pasir)	No. 200 (Lempung)				
LP01	0.28	9.42	90.30	55.85	25.85	A-7-5	Sedang sampai buruk
LP02	3.33	33.99	62.68	66.32	36.32	A-7-6	Sedang sampai buruk
LP03	1.33	36.01	62.66	54.73	24.73	A-7-6	Sedang sampai buruk
LP04	6.67	34.07	59.26	33.64	12.45	A-6	Sedang sampai buruk
LP05	0.63	23.92	75.45	39.11	19.01	A-6	Sedang sampai buruk

-Perhitungan Ground Pressure Alat Angkut

Perhitungan *ground pressure* didahului dengan menghitung *contact area* dari alat angkut Hino Dutro 110 HD dengan hasil tiap roda depan 127,78 cm² dan tiap roda belakang 191,45 cm². Hasil *perhitungan ground pressure* alat angkut Dutro 110 HD dari tiap roda ban adalah sebesar 720,07 kPa.

Adapun detail tabulasi perhitungan dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel-4. Contact Area Ban Alat Angkut Bermuatan

No	Alat angkut	Tekanan Ban (Kg/cm ²)	Berat beban (Kg)				Luas Bidang Kontak (cm ²)	
			Beban Masing-masing Pada Tiap Roda Depan		Beban Masing-masing Pada Tiap Roda Belakang		Per-Roda Depan	Per-Roda Belakang
1	Dutro 110 HD	6,61	2	938,31	4	1405,84	127,78	191,45

Tabel-5. Ground Pressure Alat Angkut Bermuatan

No	Alat angkut	Luas Bidang Kontak (cm ²)		Ground Pressure			
		Per-Roda Depan	Per-Roda Belakang	Per-Roda Depan (Kg/cm ²)	Per-Roda Belakang (Kg/cm ²)	Per-Roda Depan (kPa)	Per-Roda Belakang (kPa)
1	Dutro 110 HD	127,78	191,45	7,34	7,34	720,07	720,07

-Perhitungan Daya Dukung Ijin Tanah

Perhitungan terhadap kemampuan tanah didahului dengan menghitung *qu_{lt}* terlebih dahulu. Menghitung *qu_{lt}* maka, dicari nilai C(Kohesi) dan γ (Berat isi tanah) dapat diperoleh dari data hasil uji fisik mekanik tanah, D (Footing Depth) diasumsikan dengan nilai 0, sedangkan R (lebar bagian dari tapak ban) diperoleh dari spesifikasi ban alat

angkut. Ni (Faktor daya dukung) diketahui dengan menggunakan faktor daya dukung Terzaghi.

Dimana, nilai perhitungan dari daya dukung tanah mempertimbangkan nilai kohesi, berat isi tanah, D, R dan Ni (Faktor daya dukung) diperoleh hasil nilai daya dukung tanah sebesar 262,16 kPa- 563 kPa.

Adapun detail perhitungan dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel-6. Daya Dukung Tanah

Daya Dukung Tanah Pada Alat Angkut Dutro 110 HD						
No	Lokasi	Footing Depth (D) m	Footing Radius (R) m	Unit Weight of soil (γ) Kn/m ³	Kohesi (C) Kn/m ²	<i>qu_{lt}</i> kPa
1	LP01	0	0,10	22,5538	46,510	563,53
2	LP02	0	0,10	21,6713	22,995	448,26
3	LP03	0	0,10	23,9266	20,720	264,77
4	LP04	0	0,10	21,1810	17,661	263,06
5	LP05	0	0,10	23,2402	13,375	262,14

Daya dukung ijin tanah *subgrade*, dari data yang didapatkan melalui uji fisik mekanik di laboratorium, dilakukan pengolahan data nilai daya dukung tanah. Hasil pengolahan nilai daya dukung tanah tersebut kemudian dibagi dengan faktor keamanan sebesar 3 untuk tanah kohesif agar aman bila digunakan sebagai jalan menurut Terzaghi, yang akan menjadi daya dukung ijin tanah pada badan jalan.

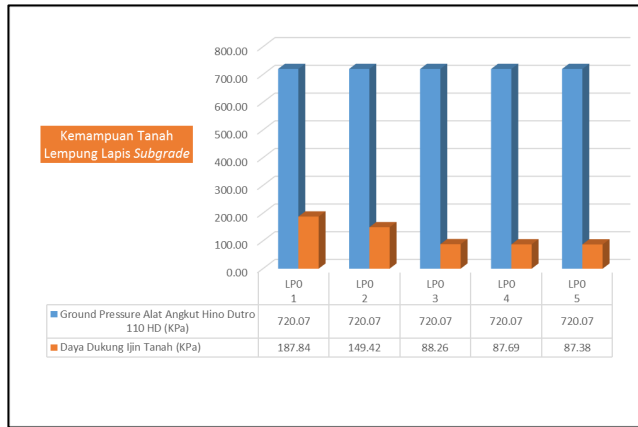
Tabel-7. Daya Dukung Ijin Tanah

No	Lokasi	<i>qu_{lt}</i> (Daya Dukung Tanah) kPa	<i>q_a</i> (Daya Dukung Ijin Tanah) kPa
1	LP01	563,53	187,84
2	LP02	448,26	149,42
3	LP03	264,77	88,26
4	LP04	263,06	87,69
5	LP05	262,14	87,38

Pembahasan

Pembahasan difokuskan pada kemampuan lapis subgrade tanah lempung kaolinit dalam menerima beban alat angkut bermuatan.

Memperhatikan hasil olah data diketahui *ground pressure* alat angkut Dutro 110 HD sebesar 720,07 kPa sedangkan daya dukung ijin tanah pada lima lokasi bervariasi dari 87,38 kPa-187,84 kPa



Gambar-2. Ground Pressure dan Daya Dukung Ijin Tanah

Penilaian kemampuan tanah dilakukan dengan membandingkan daya dukung ijin tanah dan *ground pressure*. Jika daya dukung ijin tanah melebihi nilai *ground pressure* maka lapis *subgrade* dapat dinyatakan mampu menahan beban (layak untuk jalan).

Hasil pembahasan kemampuan tanah sebagai badan jalan menurut jenis alat angkut Dutro 110 HD dinyatakan bahwa kekuatan daya dukung ijin tanah pada lima lokasi memiliki nilai bervariasi yaitu dari 87,38 kPa-187,84 kPa sedangkan nilai *ground pressure* adalah 720,07 kPa yang nilainya lebih besar dari nilai daya dukung ijin tanah sehingga tanah dinyatakan tidak mampu menerima beban dari alat angkut dan masih belum layak untuk digunakan sebagai jalan angkut tambang.

KESIMPULAN

Berdasarkan tujuan penelitian bahwa hasil dari penelitian dapat disimpulkan adalah sebagai berikut.

1. Karakteristik tanah lempung, distribusi butir tanah dengan hasil uji: butir lolos ayakan no. 200 (lempung) sebanyak 59,26%-90,30%, butir lolos ayakan no. 10 dan tertahan di ayakan no. 200 (pasir) sebanyak 9,42%-36,01%, butiran yang lolos ayakan no.4 dan tertahan di ayakan no.10 (kerikil) sebanyak 0,28%-6,67%. Batas Atterberg menggunakan standart pengujian ASTM D 2216-80 dengan hasil uji: Batas cair (33,64%-66,32%), Batas plastis (20,1%-30,61%), Batas susut (19,3%-28,1%), Indeks plastisitas (12,45%-36,32%). Berat isi tanah menggunakan standart pengujian

ASTM D 2937-83 dengan hasil uji ($2,16 \text{ g/cm}^3$ - $2,44 \text{ g/cm}^3$).

2. Karakteristik sifat mekanik tanah lempung, menggunakan standart pengujian ASTM D 3080-72. Pengujian *Direct shear test* nilai kohesi tanah ($0,1364 \text{ kg/cm}^2$ - $0,4743 \text{ kg/cm}^2$) dan Nilai sudut gesek dalam ($14,04^\circ$ - $25,31^\circ$).
3. Tapak lapis *subgrade* tanah lempung kaolin tidak dapat digunakan sebagai jalan angkut tambang tanpa lapis pondasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Budi, *Pengujian Tanah di Laboratorium*, Edisi Pertama, Yogyakarta, 2011.
- [2] Das, Braja M., *Advance Soil Mechanics*, Mc. Graw Hill, Singapore, 1983.
- [3] Das, Braja M., *Principles of Geotechnical Engineering*, California State University, Sacramento, 2002.
- [4] Hardiyatmo, Christady H., *Mekanika Tanah I*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta., 2010
- [5] Indonesianto, *Pemindahan Tanah Mekanis*, Jurusan Teknik Pertambangan UPN (Veteran), Yogyakarta, 2005
- [6] Komatsu, *Spesification and Application Handbook*. Third Edition, 1978
- [7] Peurifoy, *Construction Planning Equipment*. Int Student Edition. Mc graw-Hill, New York, 1979
- [8] Soedarmo dan Purnomo, *Mekanika Tanah I*. Kanisius. Malang, 1993.
- [9] Srirahayu, *Analisis Distribusi Beban Gandar Pada Angkutan Berat Muatan Berlebih Terhadap Kerusakan Pada Struktur Perkerasan Lentur*. Universitas Indonesia, 2011.
- [10] Tannant, Dwayne D. dan Regensburg B., *Guidelines For Mine Haul Road Design*. University of British Columbia – Okanagan. Canada, 2001.