



STABILISASI LERENG TIMBUNAN DITINJAU DARI KOMPOSISI MINERAL PENYUSUN TANAH PADA LERENG TIMBUNAN TAMBANG

EMBANKMENT SLOPE STABILITY VIEWED FROM THE COMPOSITION OF SOIL MINERALS ON THE MINE EMISSION SLOPE

M. Asof¹, R. Pebrianto², A. Z. Ataariq³

¹⁻³Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

¹⁻³Jl. Raya Palembang-Prabumulih Km.32 Inderalaya Sumatera Selatan, Indonesia

e-mail: marwan.asof@yahoo.com

ABSTRAK

Area timbunan sangat berpotensi mengalami kelongsoran, penambahan massa tanah, tanah yang tidak *compact*, jenis tanah, dan curah hujan menjadi beberapa faktor yang meningkatkan potensi kelongsoran. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis hubungan kestabilan lereng timbunan dan jenis mineral lempung penyusun tanah. Dilakukan pengujian sampel tanah timbunan pada *site* Muara Tiga Besar Utara, PT Bukit Asam Tbk. lalu menganalisis nilai faktor keamanan pada lereng timbunan. Hasil analisa menunjukkan lereng dalam keadaan aman dengan faktor keamanan berkisar antara 1-1.2. Namun kondisi aktual menunjukkan sering terjadi kelongsoran pada lereng setiap terjadi hujan dengan intensitas yang tinggi. Pengujian XRF terhadap lima sampel tanah timbunan menunjukkan bahwa unsur yang dominan terkandung ialah Si (silika) 31,625%, Fe (besi) 22,465%, dan Al (aluminium) 16,156%. Hal ini menginterpretasikan bahwa jenis mineral yang terindikasi ialah mineral lempung jenis montmorillonite dengan sifat cepat menyerap air namun memiliki permeabilitas yang relatif kecil sehingga banyak air terperangkap dalam tanah.

Kata kunci: lereng timbunan, kestabilan lereng, XRF, montmorillonite

ABSTRACT

The waste dump area has the potential to be failure, soil mass addition, uncompact soil, soil type, and rainfall are several factors that increase the potential for failure. Therefore, a slope stability analysis was carried out between the stability of embankment area and the type of clay mineral that composed the soil. This research was conducted by examining samples of the waste dump soil at the Muara Tiga Besar Utara site, PT Bukit Asam Tbk. then analyze the value of the factor of safety on the embankment slope. The results of the analysis show that the slopes are in a safe condition with a safety factor ranging from 1 – 1.2. However, the actual conditions show that there is often a landslide on the slopes every time it rains with high intensity. XRF testing of 5 samples showed that the dominant elements contained were Si (silica) 31.625 %, Fe (iron) 22.465 %, and Al (aluminum) 16.156 %, this interprets that the type of mineral indicated is a montmorillonite type clay mineral with the property of quickly absorbing water but having low permeability.

Keywords: embankment slopes, slope stability, XRF, montmorillonite

PENDAHULUAN

Lereng merupakan bidang yang menghubungkan tanah dengan ketinggian yang berbeda [1]. Massa tanah yang besar, ketinggian lereng, dan sudut lereng dapat berperan dalam kestabilan lereng. Semakin landai lereng maka semakin aman pula lereng. Namun hal ini harus diimbangi juga dengan indeks *soil properties* seperti *unit*

weight, kohesi, dan sudut geser dalam yang besar pula sebagai indeks yang meningkatkan momen penahan tanah dari momen penggerakannya [2].

Pada penambangan batubara, tempat penimbunan dapat dibagi menjadi dua yaitu *stockpile* dan *waste dump (disposal)*. *Stockpile* merupakan timbunan dari batubara yang telah diangkut dari pit penambangan sedangkan

waste dump merupakan timbunan tempat membuang *overburden* dan *interburden*. *Waste dump (disposal)* terbagi menjadi dua yaitu *in pit dump* dan *out pit dump*. *In pit dump* menggunakan bekas dari pit penambangan yang tidak beroperasi lagi sedangkan *out pit dump* merupakan timbunan yang tidak menggunakan bekas galian pit sebagai lahan penimbunannya [3].

Indeks *soil properties* pada tanah dapat berubah dikarenakan beberapa faktor seperti curah hujan yang tinggi dan penambahan massa tanah [4]. Curah hujan yang tinggi berkaitan langsung dengan jenis tanah dari timbunan. Timbunan dengan jenis tanah lempung dapat memperkecil kohesi sehingga tanah tidak *compact* dan cenderung memiliki plastisitas yang tinggi [5].

Menurut Wesley (1977) dalam Sutrisno (2013), tanah lempung terdiri dari butir-butir yang sangat kecil yang ukurannya kurang dari 0,002 mm serta menunjukkan sifat-sifat plastisitas dan kohesi [6]. Kohesi menunjukkan kenyataan bahwa bagian-bagian itu melekat satu sama lainnya. Sedangkan plastisitas adalah sifat yang memungkinkan bentuk bahan itu diubah-ubah tanpa perubahan isi atau tanpa kembali ke bentuk aslinya dan tanpa terjadi retakan-retakan atau terpecah-pecah.

Sifat tanah lempung yang mudah diamati menurut Terzaghi (1987) dalam Khoiriyah (2015) adalah jika tanah lempung dalam keadaan kering maka akan sangat keras dan tak mudah terkelupas hanya dengan jari tangan, selain itu permeabilitas tanah lempung juga sangat rendah [7]. Sedangkan menurut Hardiyatmo (1992) dalam Herman (2016), sifat-sifat yang dimiliki dari tanah lempung yaitu antara lain ukuran butiran halus lebih kecil dari 0,002 mm, permeabilitas rendah, kenaikan air kapiler tinggi, bersifat sangat kohesif, kadar kembang susut yang tinggi dan proses konsolidasi lambat [8].

Jenis tanah lempung yang memiliki kemampuan untuk mengembang dengan rasio yang cukup tinggi ialah jenis lempung dengan mineral montmorillonite. Tanah lempung dengan jenis mineral smektit (montmorillonite) merupakan tanah lempung yang memiliki susunan sebagaimana yang dijelaskan menurut Das (1995) yaitu mineral-mineral montmorillonite mempunyai bentuk struktur yang sama dengan illite yaitu satu lembaran gibbsite diapit oleh dua lembaran silika [9]. Pada montmorillonite terjadi substitusi isomorf antara atom-atom magnesium dan besi menggantikan sebagian atom-atom ion kalium seperti pada illite dan sejumlah besar molekul tertarik kepada ruangan di antara lapisan-lapisan tersebut. Partikel montmorillonite mempunyai dimensi mendatar dari 1000 Å sampai 5000 Å dan ketebalan 10 Å sampai 50 Å. Luasan spesifiknya adalah sekitar 800 m²/gram.

Keterdapatannya mineral montmorillonite pada tanah timbunan dapat meningkatkan potensi adanya

kelongsoran ditambah dengan pola musim penghujan dan musim kemarau yang dapat menyebabkan *crack* sehingga air dapat masuk ke dalam tanah dan menyebabkan lereng menjadi jenuh pada musim penghujan [10]. Hal ini dapat memperkecil kohesi pada tanah sehingga longsor dapat terjadi.

METODE PENELITIAN

Sebanyak lima sampel tanah lempung yang digunakan pada penelitian ini diambil dari sejumlah lokasi di area timbunan Blok Timur Pit Muara Tiga Besar Utara, PT Bukit Asam. Sebanyak satu hingga dua kg sampel dikumpulkan pada setiap lokasi dengan menggunakan cangkul. Selanjutnya sampel dipreparasi sebelum dilakukan analisa mineral dan kimia.

Sampel yang telah diambil di lapangan kemudian dibawa ke laboratorium dan dilakukan pengeringan pada suhu kamar. Sebelum dianalisis, sampel digerus dengan menggunakan “agate mortar”. Penggerusan dilakukan secara hati-hati untuk menghindari kerusakan struktur kristal mineral lempung.

Analisis XRF bertujuan untuk menentukan komposisi kimia sampel bentonit yang mengindikasikan kualitas dan tipe bentonit. Sebelum analisis, sampel dibuat dalam bentuk *press pellet* yakni sampel bubuk bentonit ditempatkan dalam cincin pipa PVC dengan diameter 1 inci, kemudian dipress dengan tekanan mencapai 10 kPa. Sampel selanjutnya dianalisis dengan PANalytical spectrometer (XRF) Tipe Epsilon 3 XL. Data komposisi kimia unsur utama dilaporkan dalam bentuk oksida.

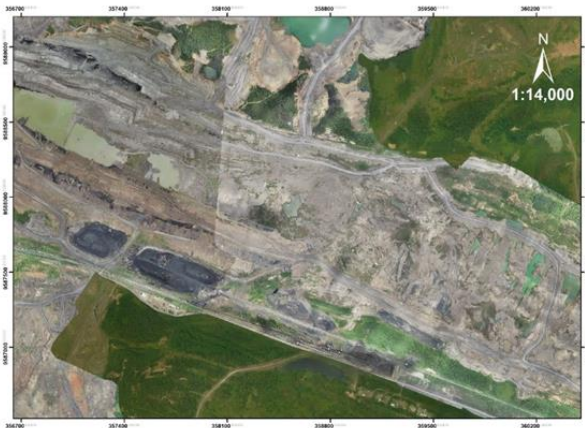
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Perhitungan Nilai Faktor Keamanan dengan Metode Bishop Simplified

Lereng timbunan pada Blok Timur Site Muara Tiga Besar Utara PT Bukit Asam merupakan lereng timbunan dengan metode *in pit dump*. Metode ini merupakan penggunaan pit tambang yang sudah berhenti beroperasi sehingga dilakukan penutupan pit dengan material timbunan. Timbunan ini memiliki ketinggian 40-50 meter dengan base pada elevasi -80 dan kemiringan berkisar antara 17°-19°. Dengan jenis tanah timbunan merupakan tanah lempung, tanah lempung memiliki sifat kohesif dan membentuk *clay* saat terkena air. Hal ini merupakan penyebab sering terjadinya kelongsoran pada Pit Muara Tiga Besar Utara.

Penentuan nilai Faktor Keamanan dari suatu lereng merupakan hal yang penting diketahui sebagai langkah awal penentuan kestabilan lereng. Nilai lereng yang memenuhi standar akan memperkecil potensi terjadinya kelongsoran. Sebelum dilakukan analisis kestabilan lereng diperlukan penentuan nilai Faktor Keamanan dari suatu lereng merupakan hal yang penting diketahui sebagai langkah awal penentuan kestabilan lereng, nilai

lereng yang memenuhi standar akan memperkecil potensi terjadinya kelongsoran. Sebelum dilakukan analisis kestabilan lereng diperlukan penentuan *section* sebagai irisan area lereng yang akan diamati (Gambar 1). Terdapat lima *section* yang dianalisis yaitu section A-A', B-B', C-C', D-D', E-E'. *Section* yang diambil melintang dari arah tenggara menuju barat laut. Pada kelima *section* terdapat *soil properties* dan geometri lereng (Tabel 1).



Gambar 1. *Section* pada lereng timbunan

Setiap garis *section* berjarak sejauh 10 m dan melintang sepanjang 140 m. Pada setiap *section* dilakukan pengambilan sampel untuk menentukan *soil properties* yang dilakukan dengan pengujian *direct shear test* pada setiap sampel hingga didapatkan nilai kohesi dan sudut geser dalam. Pengujian dilakukan di Laboratorium Unit Geoteknik PT Bukit Asam Tbk.

Tabel 1. Parameter Geometri Tanah dan *Soil Properties*

Parameter	Section A-A'	Section B-B'	Section C-C'	Section D-D'	Section E-E'
Geometri Lereng					
Top	-37	-36	-35	-34	-32
Base	-80	-80	-80	-80	-80
Tinggi (m)	43	44	45	46	48
Berm (m)	15	15	15	10	10
Sudut (°)	17	17,5	17,8	18	19
Soil Properties					
Unit Weight (kN/m ³)	17,98	16,95	17,9	17,89	17,53
Kohesi (kPa)	25,8	21,5	25,9	24,4	23,9
Sudut Geser Dalam (°)	12,82	11,3	12,42	12,55	14,21
Faktor Keamanan					
Nilai FK	1.220	1.049	1.143	1.110	1.167

Dari hasil yang diperoleh melalui Aplikasi Slide 6.0 dengan menggunakan Metode Bishop Simplified didapatkan nilai faktor keamanan dari section A-A' hingga E-E' tidak dalam kondisi yang relatif optimal

(Tabel 1). Hal ini ditandai dengan besarnya nilai dari FK yang cenderung dalam kriteria menuju kritis.

Kecilnya nilai kohesi dapat mempengaruhi nilai faktor keamanan sehingga menyebabkan nilai faktor keamanan mengalami penurunan. Menurunnya nilai kohesi disebabkan karena kuat geser tanah yang melemah. Pelemahan kuat geser tanah terjadi akibat tanah yang memerangkap air. Hal ini terjadi pada kasus tanah lempung yang mampu untuk mengikat air sehingga melemahkan ikatan antar tanah.

Hasil Uji XRF (X-Ray Fluorescence)

Untuk mengetahui kandungan suatu unsur maupun mineral penyusun dari suatu tanah, maka dilakukanlah uji laboratorium XRF (X-ray Fluorescence). Hasil didapatkan setelah dilakukan pengujian sebanyak lima sampel tanah timbunan MTBU (Tabel 2).

Tabel 2. Rata-rata komposisi unsur dan mineral dalam sampel

Compound	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Sampel 4	Sampel 5
Elemen					
Al	17,716	18,813	7,988	16,683	19,579
Si	37,054	30,8	29,042	29,749	31,48
Fe	17,362	19,279	34,453	22,865	18,368
Geology					
Al ₂ O ₃	21,821	23,997	10,441	20,859	24,274
SiO ₂	47,053	41,076	41,204	41,859	39,759
Fe ₂ O ₃	10,911	12,983	25,57	13,233	10,444
Oxides					
Al ₂ O ₃	21,659	23,783	10,345	20,928	24,484
SiO ₂	46,63	40,635	40,781	40,943	40,093
Fe ₂ O ₃	10,756	12,759	25,141	12,918	10,523

Pengambilan sampel dilakukan pada titik yang telah ditentukan (Tabel 3 dan Gambar 2). Melalui hasil uji XRF (X-ray Fluorescence) terhadap lima sampel tanah lempung didapatkan hasil yang telah dirata-ratakan bahwa kandungan unsur terbanyak didominasi oleh unsur Si (Silikon), Al (aluminium), Fe (besi) baik dalam kandungan unsur, geologi, dan oksida.

Hal ini menunjukkan tanda bahwa jenis mineral lempung yang terkandung ialah lempung jenis montmorillonite. Hal ini sesuai dengan pernyataan Das (1995) bahwa pada montmorillonite terjadi substitusi isomorf antara atom-atom magnesium dan besi menggantikan sebagian atom-atom ion kalium seperti pada illite dan sejumlah besar molekul tertarik kepada ruangan di antara lapisan-lapisan tersebut. Keterdapatannya unsur besi sejumlah 22,46% menegaskan bahwa jenis tanah lempung tersebut ialah montmorillonite [9]. Sedangkan golongan tanah lempung ialah jenis tanah lempung Ca-Bentonite, yaitu jenis tanah lempung dengan kemampuan mengembang 1,5 kali dari massa aslinya.

Tabel 3. Koordinat titik pengambilan sampel

Sampel	Koordinat Lintang Selatan	Koordinat Bujur Timur
Sampel 1	3°43'56.35"S	103°44'01.43"T
Sampel 2	3°43'52.38"S	103°44'01.44"T
Sampel 3	3°43'46.52"S	103°43'54.42"T
Sampel 4	3°43'44.19"S	103°43'58.75"T
Sampel 5	3°43'48.97"S	103°44'09.32"T



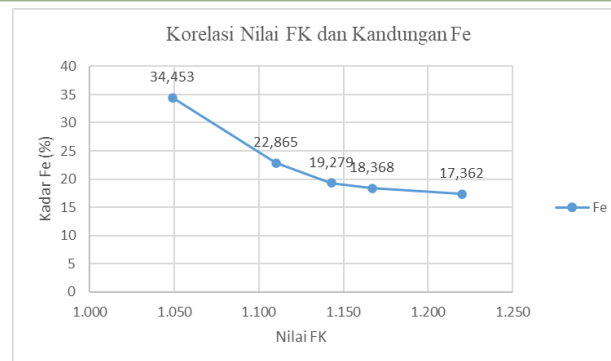
Gambar 2. Titik sampel pengambilan sampel

Korelasi Nilai Faktor Keamanan dan Kandungan Fe
Keberadaan montmorillonite ditandai dengan dominasi unsur Fe (besi). Dari kelima sampel, sampel 2 merupakan sampel yang kaya akan unsur Fe (besi) sebanyak 34,453%. Dilanjutkan dengan sampel 4 dengan kandungan Fe (besi) sebesar 22,865%, sampel 3 sebesar 19,279%, sampel 5 dengan kandungan Fe sebanyak 18,368%, dan sampel 1 dengan kandungan Fe paling sedikit sebesar 17,362% (Tabel 4). Hubungan antara Kandungan Fe (besi) dan nilai FK ditunjukkan pada Gambar 3.

Tabel 4. Nilai faktor keamanan dan kadar Fe pada sampel

Sampel	Nilai Faktor Keamanan	Kandungan Fe (%)
Sampel 1	1.220	17,362
Sampel 2	1.049	34,453
Sampel 3	1.143	19,279
Sampel 4	1.110	22,865
Sampel 5	1.167	18,368

Berdasarkan Gambar 3 dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi nilai FK maka semakin sedikit kandungan Fe (besi). Hal ini membuktikan bahwa semakin tinggi kandungan mineral montmorillonite akan menyebabkan semakin turunnya nilai kohesi sehingga mengakibatkan nilai Faktor Keamanan menurun.



Gambar 3. Korelasi Nilai FK dan Kandungan Fe

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis kestabilan lereng menggunakan Aplikasi Slide 6.0 dapat disimpulkan bahwa lereng dalam kriteria longsor dikarenakan nilai FK yang didapat ialah sebesar 1.220, 1.167, 1.143, 1.110, 1.049. Hasil uji menggunakan XRF (X-Ray Fluorescence) menunjukkan bahwa unsur yang paling dominan ialah Si (silika), Al (Aluminium), dan Fe (Besi). Keterdapatannya unsur ini mengindikasikan bahwa mineral yang terkandung pada tanah tersebut ialah mineral montmorillonite. Semakin tinggi nilai FK maka semakin sedikit kandungan Fe (besi). Hal ini membuktikan bahwa semakin tinggi kandungan mineral montmorillonite akan menyebabkan semakin turunnya nilai kohesi sehingga mengakibatkan nilai Faktor Keamanan menurun.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arif, I. (2016). "Geoteknik Tambang". Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.
- [2] Adi, G. P. (2020). "Penilaian Kestabilan Timbunan Berdasarkan WSRHC pada Timbunan Muara Tiga Besar Utara, PT Bukit Asam Tbk". *PROSIDING TPT XXIX PERHAPI*, 95 - 106.
- [3] Asof, Marwan and Gofar, Nurly and Rifai, Ahmad. (2005). Analysis of Landslide at Outside Dumping Area Air Laya Coal Mining Site, Indonesia. *Proc. 3rd Intl. Conf. on Geotechnical Engineering*, 170-181.
- [4] Asof, Marwan and Gofar, Nurly and Rahmatullah, Rahmatullah. (2008). Response of Clay Shale to the Variation of Moisture Content. *Geotechnical & Highway Engineering (Geotropika)*.
- [5] Hardiyatmo, H. C. (2012). "Mekanika Tanah I". Edisi. Ke-6. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- [6] Sutrisno, Widji. (2013). "Pengaruh Waktu Pemeraman (Curing Time) Stabilitas Tanah Lempung Lunak Menggunakan Abu Ampas Tebu (Bagasse Ash)". Skripsi. Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- [7] Khoiriyah, Ayu. (2015). "Karakterisasi unsur tanah liat di lokasi penambangan PT Bukit Asam



- (Persero) Tbk. menggunakan Scanning Electron Microscopy (SEM) (Dengan Perlakuan Awal Pengeringan Pada Suhu 110 0C)". Tugas Akhir. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya.
- [8] Herman, Ikratul. (2016). "Study Analisis Penurunan Tanah Lempung Lunak Dan Lempung Organik Menggunakan Pemodelan Matras Beton Bambu Dengan Tiang". Skripsi. Bandar Lampung. Universitas Lampung.
- [9] Das, B. M. (1995). "Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 1". Jakarta: Erlangga.
- [10] Wang, R., Zhang, G., & Zhang, J.-M. (2010). Centrifuge modelling of clay slope with montmorillonite weak layer under rainfall conditions. *Applied Clay Science*, 50(3), 386–394.