PENGARUH PENGGUNAAN BAHAN ADITIF PADA AREA DISPOSAL PARINGIN DILIHAT DARI SIFAT FISIS DAN MEKANIS TANAH

THE EFFECT OF ADDITIVE TO PARINGIN'S DISPOSAL AREA SEEN FROM PHYSICAL PROPERTIES AND *MECHANICAL CHARACTER OF SOIL*

Irwandy Muzaidi

Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Banjarmasin, Jalan S Parman Komplek Rumah Sakit Islam, Banjarmasin, 70115, Indonesia

E-mail: irwann.muzaidi@gmail.com

ABSTRAK

Stabilisasi tanah merupakan rekayasa terhadap tanah dasar dengan atau tanpa bahan campuran. Stabilisasi mempunyai fungsi untuk menaikkan kemampuan menahan beban dan daya dukung tanah terhadap tegangan fisik atau kimia akibat cuaca atau lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh dari bahan aditif sebagai stabilisator pada campuran tanah asli dengan aditif, campuran tanah asli dengan semen dan aditif dan campuran tanah asli dengan kapur dan aditif pada area disposal Paringin. Dari penelitian ini, pada kondisi tanah asli tanpa aditif didapatkan nilai kadar air sebesar 29,3%, nilai indeks plastisitas sebesar 21,40%, nilai kuat tekan bebas 271,2 kPa. Pada kondisi benda uji tanah asli dengan aditif menurunkan kadar air menjadi 28,4%, nilai indeks plastisitas sebesar 18% dan meningkatkan nilai kuat tekan bebas menjadi 1045,33 kPa. Pada kondisi tanah asli dengan campuran aditif dan kapur menurunkan kadar air menjadi 26%, nilai indeks plastisitas menjadi 16,10%dan nilai kuat tekan bebas menjadi 1134,56 kPa. Pada kondisi tanah asli dengan campuran aditif dan semen menurunkan nilai kadar air sebesar 24,8%, nilai indeks plastisitas sebesar 18,10%, dan nilai kuat tekan bebas meningkat menjadi 1543,67 kPa

Kata kunci *: aditif, disposal, indeks plasitisitas, kuat tekan bebas.*

ABSTRACT

Soil's stabilization is an engineering technique for basic soil with or without additive. Stabilization has the function to increase the ability to hold load and load carrying capacity of physical and chemist's tensions due to the weather and environment. This research targeted to study the effect of additive material as the stabilizer for: the mixing of existing soil, chalk and additive; the mixing of existing soil,cement and additive; the mixing of existing soil, chalk, additive in Paringin's disposal area. The research shown the existing soil's condition without any additive consists of 29,3% water level, 21,40% Plasticity Index (PI), and 271,2 kPa free strength point. The existing soil's test with additive can decrease water level to 28,4%, decrease PI to 18%, and increase unconfined compression to 1045,33 kPa. The existing soil's test with the mix of additive and chalk can decrease water level to 26%, decrease PI to 16,10%, and increase unconfined compression to 1134,56 kPa. The existing soil's test with the mix of additive and cement can decrease water level to 24,8%, decrease PI to 18,10%, and increase unconfined compression to 1543,67 kPa.

Keywords*: additive, disposal, Plasticity Index, unconfined compression*

1. PENDAHULUAN

Stabilisasi tanah secara umum merupakan suatu proses untuk memperbaiki sifat-sifat tanah dengan menambahkan sesuatu pada tanah tersebut, agar dapat menaikkan kekuatan tanah dan mempertahankan kekuatan geser. Tujuan dari stabilisasi tanah adalah untuk mengikat dan menyatukan agregat material yang ada sehingga membentuk struktur jalan atau pondasi jalan yang padat. Adapun sifat tanah yang telah diperbaiki tersebut dapat meliputi kestabilan volume, kekuatan atau daya dukung, permeabilitas, dan kekekalan atau keawetan.

Stabilisasi tanah adalah upaya yang dilakukan untuk memperbaiki sifat-sifat tanah. Metode stabilisasi yang banyak digunakan adalah stabilisasi mekanis dan stabilisasi kimiawi. Stabilisasi mekanis adalah salah satu metode untuk meningkatkan daya dukung tanah dengan cara perbaikan struktur dan perbaikan sifat-sifat mekanis tanah, sedangkan stabilisasi kimiawi yaitu menambah kekuatan dan kuat dukung tanah dengan jalan mengurangi atau menghilangkan sifat-sifat teknis tanah yang kurang menguntungkan dengan cara mencampur tanah dengan bahan kimia.

Di Indonesia banyak alternatif untuk memecahkan masalah mengenai kestabilan tanah maupun kestabilan lereng. Metode stabilisasi tanah dasar yang banyak digunakan adalah stabilisasi mekanis dan stabilisasi kimiawi. Stabilisasi mekanis yaitu menambah kekuatan dan kuat dukung tanah dengan cara perbaikan struktur dan perbaikan sifat-sifat mekanis tanah, misalnya dengan cara pemadatan. Sedangkan stabilisasi kimiawi yaitu menambah kekuatan dan kuat dukung tanah dengan jalan mengurangi atau menghilangkan sifat-sifat teknis tanah yang kurang menguntungkan dengan cara mencampur tanah dengan bahan kimia seperti kapur, fly ash, abu sekam, semen, dan lain-lain. (Yunaefi, 2010).

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mencari alternatif perbaikan tanah dasar. Contoh-contoh penelitian yang telah dilakukan antara lain adalah pencampuran kapur pada tanah ekspansif dalam keadaan *liquid limit* (Kusuma, 2001), pengaruh kadar kapur, waktu perawatan dan perendaman terhadap kuat dukung tanah lempung (Wiqoyah, 2006), dan stabilisasi tanah ekspansif dengan menggunakan campuran fly ash dan kapur (Welly, 2002).

Pada penelitian ini dilakukan alternatif stabilisasi tanah pada area disposal Paringin dengan menggunakan bahan aditif Ecocure^{21}. Ecocure^{21} sebagai penstabil tanah mampu meningkatkan kualitas tanah, antara lain daya tahan terhadap beban tinggi, dapat memiliki porositas yang baik, anti retak, tidak licin dan tidak berdebu. Semakin terkena air maka akan semakin kokoh, dapat mengeliminasi racun yang ramah lingkungan. Ecocure^{21} telah banyak digunakan di Jepang, Vietnam, Thailand. Uji coba penggunaan bahan Ecocure^{21} di lapangan yang telah dilakukan di beberapa Negara tersebut telah terbukti dengan baik. Namun demikiann masih perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang Ecocure^{21} ini mengenai jenis tanah apa saja yang masih efektif bila diperbaiki dengan bahan ini dan untuk mensimulasi kondisi kerusakan di lapangan dengan menggunakan bahan Ecocure^{21}. (Ecocure Indonesia)

Penelitian yang akan dilakukan yaitu pada area disposal Paringin dalam wilayah kerja tambang PT. Adaro Indonesia yang berada di Kabupaten Tabalong, Kalimantan Selatan. Penelitian pada area disposal difokuskan pada area *base* atau dasar dari suatu timbunan disposal sebelum dilakukan penimbunan material disposal. Tanah pada *base* disposal akan diberikan bahan Ecocure^{21}. Dengan adanya penambahan bahan Ecocure^{21}, diharapkan dapat meningkatkan nilai dari parameter-parameter tanah dibandingkan sebelum menggunakan bahan Ecocure^{21}.

Penelitian ini dilakukan dengan 4 variasi campuran tanah, yaitu tanah asli tanpa campuran aditif, tanah asli + Ecocure^{21}, tanah asli + Ecocure^{21} + kapur dan variasi tanah asli + Ecocure^{21} + semen. Dengan adanya penambahan bahan Ecocure^{21}, diharapkan dapat meningkatkan nilai dari parameter-parameter tanah dibandingkan sebelum menggunakan bahan Ecocure^{21}. Sehingga dari penelitian ini dapat menjadi referensi terhadap masalah kestabilan area disposal ke depannya.

2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah metode eksperimen di laboratorium untuk mengetahui pengaruh dengan adanya penambahan bahan aditif Ecocure[21] pada area disposal Paringin di wilayah tambang PT. Adaro Indonesia. Tahapan pelaksanaan penelitian tersebut adalah sebagai berikut:

a. Pekerjaan lapangan atau pengambilan contoh tanah (sampel tanah terganggu) di area disposal Paringin.
b. Pemeriksaan sifat fisik dan sifat mekanik tanah asli pada area disposal Paringin
   Sifat fisik yang diteliti meliputi uji gradasi butiran, kadar air, batas Atterberg.
   Sifat mekanik yaitu pemadatan standar, CBR, dan UCS (Kuat Tekan Bebas)
c. Pembuatan campuran tanah dan bahan aditif Ecocure[21]. Dalam penelitian ini bahan Ecocure[21] yang digunakan yaitu 1% dari berat benda uji
d. Pengujian campuran tanah dan aditif Ecocure[21] yaitu uji sifat fisik dan mekanik
e. Pengujian sifat kimia dari variasi benda uji dengan pengujian XRD

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Komposisi Pencampuran Bahan Aditif Ecocure[21]

Dalam penelitian ini, komposisi Ecocure[21] yang diberikan dalam contoh benda uji adalah sebanyak 1% dari berat contoh benda uji. Sedangkan penambahan kapur maupun semen terhadap contoh benda uji adalah sebanyak 10% dari berat contoh benda uji tersebut. Penggunaan 1% Ecocure[21] dan 10 % semen atau kapur adalah komposisi yang ideal untuk mendapatkan hasil pengujian yang diinginkan. Penggunaaan 1% ini juga berdasarkan pengujian yang telah dilakukan oleh PT. Ecocure Indonesia.

3.2 Hasil pengujian kadar air

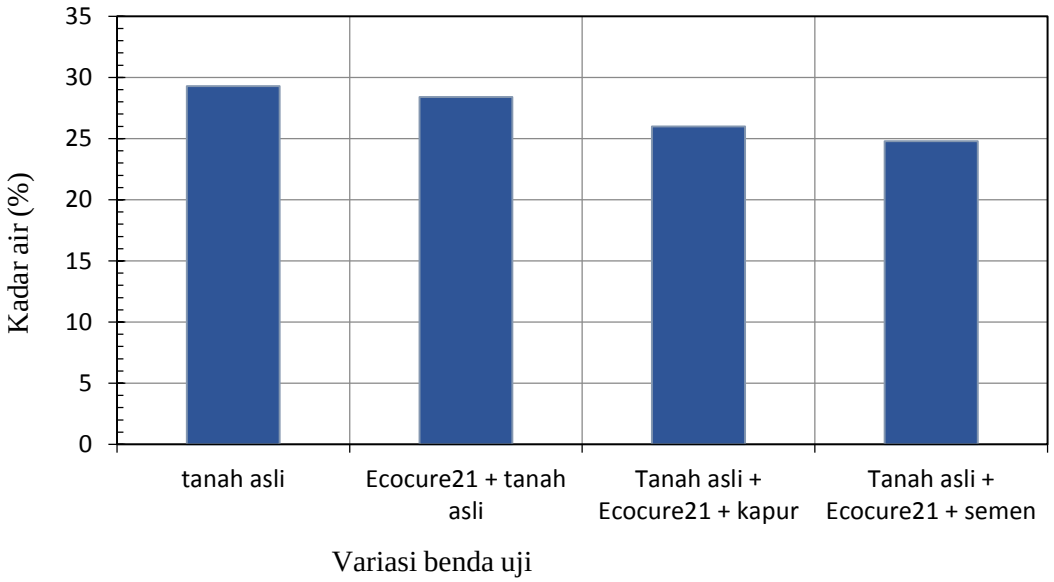
Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini dengan menggunakan contoh tanah disposal yang meliputi tanah asli disposal area Paringin. Penelitian ini Pengujian ini dilakukan dengan 4 variasi contoh benda uji yang berbeda, yaitu :

a. Contoh tanah asli
b. Contoh tanah asli ditambah bahan Ecocure[21]
c. Contoh tanah asli ditambah bahan Ecocure[21] dicampur dengan semen
d. Contoh tanah asli ditambah bahan Ecocure[21] ditambah dengan kapur

Karakteristik tanah pada pengujian untuk area disposal berdasarkan pengujian analisa ayakan adalah mengandung lanau dan lempung sebanyak 72,7%.

Tabel 1. Karakteristik tanah pada area disposal

Kondisi tanah	**Kadar Air (%)**	**Analisa Ayakan**		
		Kerikil (%)	pasir (%)	Lanau & lempung (%)
Tanah asli	29,3	16,6	10,7	72,7
Tanah asli + Ecocure[21]	28,4	-	-	-
Tanah asli + Ecocure[21] + semen	26	-	-	-
Tanah asli + Ecocure[21] + kapur	24,8	-	-	-



Gambar 1. Grafik hubungan nilai kadar air dengan variasi benda uji area disposal

Dari Gambar 1 untuk nilai kadar air area disposal Paringin diketahui mengalami penurunan setelah adanya penambahan bahan Ecocure^{21}, baik dengan campuran kapur maupun semen. Nilai kadar air terendah yaitu pada benda uji tanah asli + Ecocure^{21} + semen sebesar 24,8%.

3.3 Hasil Pengujian Batas Atterberg

Hasil dari pengujian batas Atterberg yang meliputi batas cair, batas plastis, indeks plastisitas dan batas susut untuk area disposal disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian batas Atterberg area disposal

tanah asli	Ecocure^{21} + tanah asli	Tanah asli + Ecocure^{21} + kapur	Tanah asli + Ecocure^{21} + semen	
46.40%	40.40%	41.60%	43.20%	Batas cair
25.00%	22.40%	25.40%	25.10%	Batas plastis
21.40%	18%	16.10%	18.10%	Indeks plastisitas
10.20%	10.10%	7.80%	9.30%	Batas susut
CI	CL	CL	CL	Klasifikasi
Medium Plasticity	*Medium Plasticity*	*Medium Plasticity*	*Medium Plasticity*	

Secara umum terlihat bahwa harga indeks plastisitas dari tanah yang diberikan penambahan campuran Ecocure^{21} berkurang dari tanah asli sebelum adanya penambahan bahan Ecocure^{21}. Pada tabel diatas dapat dilihat bahwa dengan penambahan Ecocure^{21} yang dicampur dengan kapur mempunyai nilai batas cair, batas plastis dan indeks plastisitas yang lebih kecil dibandingkan dengan benda uji yang diberi penambahan Ecocure^{21} + semen maupun hanya diberikan penambahan Ecocure^{21} saja.

3.4 Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas (UCS)

Pengujian ini dilakukan pada tanah asli + Ecocure[21], tanah asli + Ecocure[21] + kapur dan tanah asli + Ecocure[21] + semen. Benda uji yang akan diuji adalah contoh tanah yang telah dipadatkan berdasarkan nilai kepadatan maksimum dan kadar air optimum dari uji Proctor standar. Sebelum dilakukan pengujian kuat tekan bebas, benda uji tersebut dilakukan pemeraman selama 3 hari. Hal ini dikarenakan pada waktu 3 hari akan menghasilkan nilai kuat tekan bebas yang optimal. Sedangkan apabila dilakukan pemeraman lebih dari 3 hari, maka benda uji akan mudah pecah pada saat pengujian. Pemeraman 3 hari ini berdasarkan pengujian yang dilakukan sebelumnya pada umur peram benda uji diatas 3 hari. Hasil pengujian kuat tekan bebas dapat dilihat pada tabel 3 untuk area disposal.

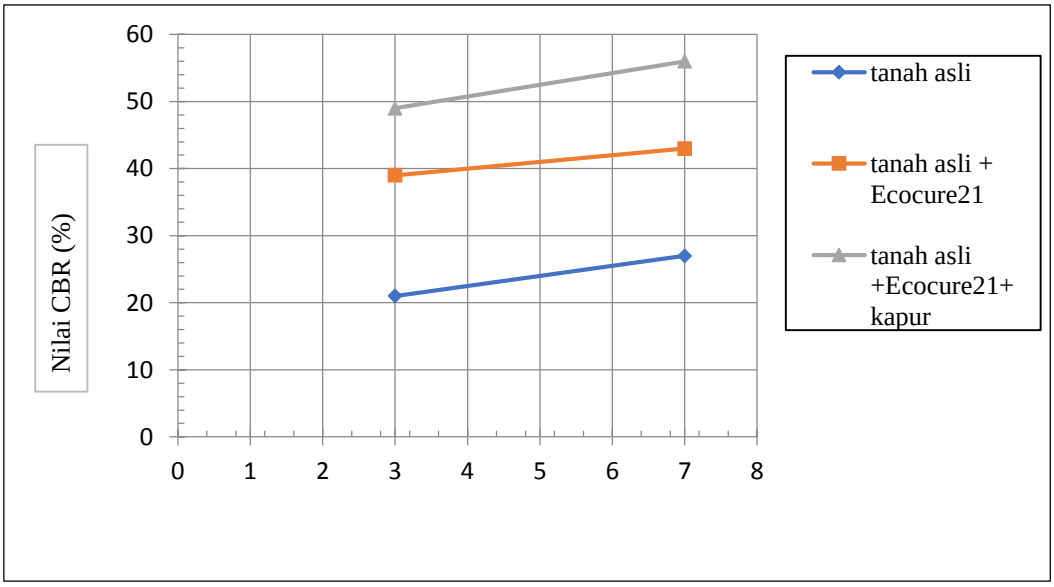
Tabel 3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas Disposal Paringin

Tanah asli	Tanah asli + Ecocure[21]	Tanah asli + Ecocure[21] + kapur	Tanah asli + Ecocure[21] + semen
271.2 kPa	1045.33 kPa	1134.56 kPa	1543.67 kPa

Dari pengujian kuat tekan bebas (UCS) untuk area disposal dan *parking bay* (*hauling road*), diketahui bahwa dengan penambahan bahan Ecocure[21] dapat meningkatkan nilai dari kuat tekan bebas. Nilai uji tekan bebas yang tertinggi dari area disposal adalah contoh benda uji tanah asli + Ecocure[21] + semen yaitu sebesar 1543,67 kPa. Pada tabel diatas tersebut dapat diketahui bahwa dengan adanya penambahan bahan Ecocure[21] maupun ditambah dengan campuran kapur atau semen akan memberikan dampak kenaikan nilai uji tekan bebas secara signifikan.

3.5 Hasil Pengujian CBR Laboratorium

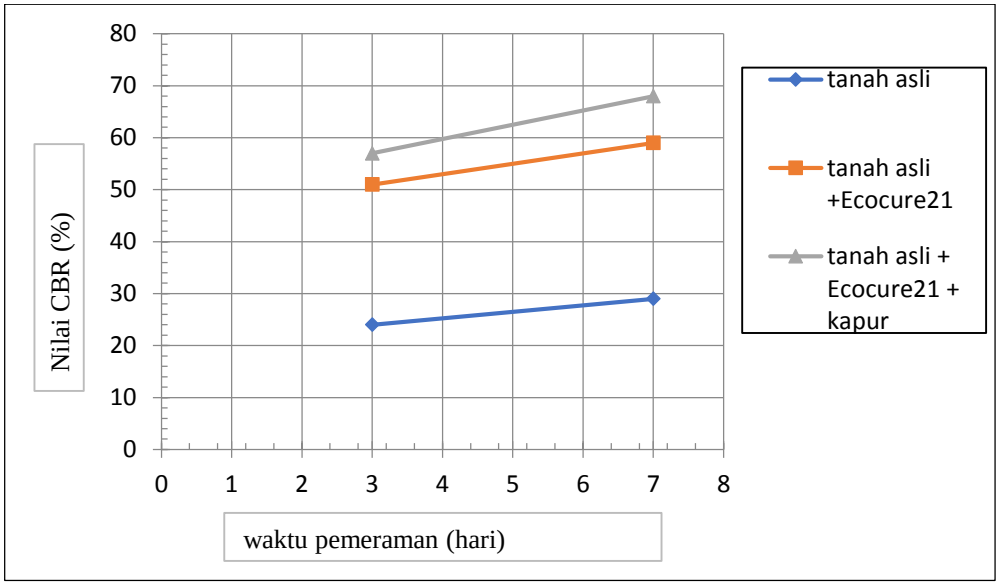
Hasil pengujian CBR laboratorium untuk area disposal dan area *parking bay* dilakukan dengan waktu pemeraman benda uji selama 3 hari dan 7 hari sebelum dilakukan pengujian. Hasil pengujian CBR laboratorium disajikan dalam grafik Gambar 2 dan 3 untuk area disposal.



Gambar 2. Grafik hubungan nilai CBR dengan waktu pemeraman area disposal (kondisi atas benda uji)

Pada gambar 2 nilai CBR area disposal pada kondisi atas benda uji dapat diketahui bahwa nilai CBR pada tanah asli usia peram 3 hari sebesar 21% dan pada benda uji usia peram 7 hari

adalah 27%. Untuk benda uji tanah asli + Ecocure[21] usia peram 3 hari adalah 39% dan untuk usia peram 7 hari adalah 47%. Sedangkan untuk kondisi tanah asli + Ecocure[21] kapur untuk usia peram 3 hari adalah 49% dan untuk usia peram 7 hari adalah sebesar 56%.



Gambar 3. Grafik hubungan nilai CBR dengan waktu pemeraman area disposal (kondisi bawah benda uji)

Pada gambar 3 pada kondisi bawah benda uji dapat diketahui bahwa nilai CBR pada tanah asli usia peram 3 hari sebesar 24% dan pada benda uji usia peram 7 hari adalah 29%. Untuk benda uji tanah asli + Ecocure[21] usia peram 3 hari adalah 51% dan untuk usia peram 7 hari adalah 59%. Sedangkan untuk kondisi tanah asli + Ecocure[21] + kapur untuk usia peram 3 hari adalah 57% dan untuk usia peram 7 hari adalah sebesar 68%.

Dari Gambar 2 dan 3 hubungan nilai CBR laboratorium dengan waktu pemeraman dapat diketahui bahwa dengan penambahan bahan Ecocure[21] terhadap benda uji dapat meningkatkan nilai CBR Laboratorium. Waktu pemeraman yang dilakukan adalah 3 hari dan 7 hari. Sedangkan untuk waktu pemeraman 14 hari tidak dilakukan karena pada saat pengujian benda uji pada waktu pemeraman 14 hari, benda uji sudah mulai kering dan mudah pecah, sehingga nilai CBR pada waktu pemeraman 14 hari semakin menurun secara drastis.

3.6 Hasil Pengujian *XRD* (*X-Ray Difraction*)

Puncak yang muncul dalam suatu difraktogram dapat dijadikan acuan untuk analisis kualitatif yang bersifat kuantitatif, bersifat kualitatif karena puncak yang terbentuk dari hasil perekaman terhadap sudut Ɵ, khas/ spesifik untuk mineral tertentu dan bersifat kuantitatif karena memiliki ukuran volume yaitu intensitas yang menujukkan kuantitas terbentuknya mineral tertentu dalam suatu contoh benda uji (Septawendar, 2007).

Analisa *X-Ray Diffraction* pada penelitian ini digunakan untuk mengkarakterisasi jenis mineral yang terdapat pada contoh tanah yang diuji dalam kondisi asli, dengan campuran Ecocure[21] dan dengan campuran bahan kapur maupun semen.

Tabel 4. Hasil pengujian XRD terhadap 4 variasi campuran tanah

Kondisi tanah	Tingkat kristalisasi	Mineral yang terkandung
Tanah asli (tanpa Ecocure[21])	71,0264 %	- Al_2O_3

		- SiO_2 - $Mg_3Si_2O_5$ $(OH)_4$ - C (Carbon)
Tanah asli + Ecocure[21]	78,8926 %	- SiO_2 - $(K,H_3O)Al_2Si_3AlO_{10}(OH)_2$
Tanah asli + Ecocure[21] + kapur	72,9381 %	- Al_2O_3 - SiO_2 - $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$
Tanah asli + Ecocure[21] + semen	62,9166 %	- Al_2O_3

Dari tabel 4 dapat diketahui tingkat kristalisasi terendah adalah pada tanah asli + Ecocure[21] + kapur yaitu 62,9166%. Secara umum pada pengujian terhadap 4 variasi tanah tersebut mineral yang tetap terkandung didalam keempat contoh tanah tersebut adalah *silicon dioxide* (SiO_2) dan Al_2O_3 (*Aluminium Oxide)*. Tetapi pada pengujian tanah asli + Ecocure[21] + semen, mineral yang terkandung hanya terdapat Al_2O_3. Dengan adanya penambahan Ecocure[21] ditambah semen maupun kapur, menurunkan tingkat kristalisasi mineral dari contoh tanah tersebut.

Aluminium oksida adalah sebuah senyawa kimia dari aluminium dan oksigen, dengan rumus kimia Al_2O_3. Umumnya Al_2O_3 terdapat dalam bentuk kristalin yang disebut corundum atau aluminum oksida. Al_2O_3 dipakai sebagai bahan abrasif dan sebagai komponen dalam alat pemotong, karena sifat kekerasannya.

Dari hasil pengujian *X-Ray Diffraction* untuk 4 variasi benda uji tersebut diketahui bahwa pada kondisi benda uji tanah asli + Ecocure[21] mineral lempung yang dominan terdapat dalam benda uji tersebut adalah mineral lempung illite dengan rumus kimia $(K,H_3O)Al_2Si_3AlO_{10}(OH)_2$. Sedangkan pada benda uji untuk tanah asli maupun tanah asli + Ecocure[21] + kapur, mineral yang dominan terdapat adalah mineral *clinochrysotile* dengan rumus kimia $Mg_3Si_2O_5$ $(OH)_4$.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini yaitu, pada kondisi tanah asli tanpa aditif didapatkan nilai kadar air sebesar 29,3%, nilai indeks plastisitas sebesar 21,40%, nilai kuat tekan bebas 271,2 kPa. Pada kondisi benda uji tanah asli dengan aditif menurunkan kadar air menjadi 28,4%, nilai indeks plastisitas sebesar 18% dan meningkatkan nilai kuat tekan bebas menjadi 1045,33 kPa. Pada kondisi tanah asli dengan campuran aditif dan kapur menurunkan kadar air menjadi 26%, nilai indeks plastisitas menjadi 16,10%dan nilai kuat tekan bebas menjadi 1134,56 kPa. Pada kondisi tanah asli dengan campuran aditif dan semen menurunkan nilai kadar air sebesar 24,8%, nilai indeks plastisitas sebesar 18,10%, dan nilai kuat tekan bebas meningkat menjadi 1543,67 kPa. Sedangkan hasil pengujian XRD dapat diketahui bahwa nilai kristalisasi untuk tanah asli adalah 71,0264%, kondisi tanah asli + Ecocure[21] sebesar 78,8926%, untuk kondisi tanah asli + Ecocure[21] + kapur adalah 72,9381% dan untuk kondisi campuran tanah asli + Ecocure[21] + semen adalah sebesar 62,9166%.

DAFTAR RUJUKAN

Agus Subandrio, dkk. “Pelaksanaan Reklamasi di PT Adaro Indonesia”. Environmental Department PT Adaro Indonesia.

Aji, Setyo.B, Anjar. 2009. “The Role Of a Coal Gasification Fly Ash as Clay Addive in Building Ceramic. Journal of the European Ceramic Sosiety 26 (2006) 3783-3787.

Azizi, M.A, et.al. 2012. “Analisis resiko lereng tambang terbuka (studi kasus tambang mineral x)”. Prosiding symposium dan seminar nasional Geomekanika ke-1

Bowles Joseph E, 1984, “Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah” (Mekanika Tanah), Erlangga, Jakarta

Das, B. M.,1985, Alih bahasa : Noor Endah dan Indrasurya B. Moctar, 1994,”Mekanika tanah (Prinsip Prinsip Rekayasa Geoteknis)”. Jilid 1 dan 2. Penerbit Erlangga

Das, B.M.,1987,”Advanced Soil Mechanics”, Mc Graw Hill Int. Edit, New York.

Fathul, Ilmi. 2013. “Teori dasar *X-Ray Difraction* (XRD).

Hardiyatmo. 1999. “ Teknik Fondasi 1. Beta Offset. Yogyakarta.

Hosiya, N., and Mandal,J.N., 1984, Metallic Powders in Reinforced Earth., *Journal of Geotechnical Engineering*, Vol.110, No. 10, October 1984, ASCE, pp. 1507-1511.

Idrus, 1991, ”Stabilisasi Pada Lempung Losari Dengan Kapur dan Semen”. Master Tesis. Institut Teknologi Bandung.

Ji-Cheng, Wang, Gong Xiao-Nan. 2014. “*Effects of Pore-Water Pressure Distribution on Slope Stability Under Rainfall Infiltration”. Electronic Journal of Geotechnical Engineering* Vol. 19.

Karnawati, 2005. “Bencana alam gerakan massa tanah di Indonesia dan upaya penanggulangannya. Jurusan Teknik Geologi UGM. Yogyakarta.

Kezdi, A.,1979, *Stabilized Earth Roads*, Elsevier Scientific Publishing Company, New York.

Kusuma, L. 2001, “Pengaruh pencampuran tanah ekspansif dalam kondisi batas cair dengan kapur terhadap sifat kembang susut tanah”.Tugas Akhir. Universitas Kristen Petra.

M.H. Manaf. 1992. “Mekanisme Longsoran Suatu Lereng dan Teknik Pengamatannya”. Kumpulan makalah geoteknik prosiding temu profesi tahunan PERHAPI.

Munawir, As’ad, Herlin, I, Elly, R. 2008. “Pengaruh Kadar Air Terhadap Perilaku Modulus Deformasi Tanah Lempung di Kawasan Universitas Brawijaya Malang yang dipadatkan Secara Standar”. Jurnal Rekayasa Sipil Vol. 2 No. 2.

Novianto, D. 2006. “Pengujian Kinerja Bahan Ecomic SC-100 Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah”, Master Tesis, Jurusan Teknik Spil FTSP Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.

PT. Adaro Indonesia. 2014. “Laporan pelaksanaan pengelolaan dan pemantauan lingkungan triwulan II”. Kalimantan Selatan.

Rafael Baker.2005."*Variational Slope Stability Analysis of Materials with Nonlinear Failure Criterion*". Israel Institute of Technology. Israel

Rai, M.A. (1998). "Kestabilan lereng pada tambang permukaan". Laboratorium Geoteknik. ITB Bandung.

Septawendar, Rifki, Nuryanto, Suhanda., Wahyudi, Kristanto. 2007. "Sifat Fisik Lempung Tanjung Morawa Dalam Transformasi Fasa Mineral Berdasarkan Investigasi Difraksi Sinar X". Riset Geologi dan Pertambangan: 11 – 19.

Tiwari, S. K, Anil. G. 2013. "*Geotechnical Characteristics of Cement-Stabilized Fiber-Reinforced Fly Ash-Soil Blends". Electronic Journal of Geotechnical Engineering* Vol. 18.

Wiqoyah, Q. 2006. "Pengaruh kadar kapur, waktu perawatan dan perendaman terhadap kuat dukung tanah lempung". Tugas Akhir. Universitas Muhamadiyah Surakarta.

Welly, B, Putu Dedy,W. 2002. "Stabilisasi tanah ekspansif dengan menggunakan campuran fly ash dan kapur". Tugas Akhir. Universitas Kristen Petra.

Yan, Yue, Yahui, Z, Chao, H. 2014. "*Impact of Blasting Vibration on Soil Slope Stability". Electronic Journal of Geotechnical Engineering* Vol. 19.

Yunaefi. 2010. "Pengujian Kinerja Bahan Eco-Cure[21] Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Untuk Lapisan Sub-Base Perkerasan Jalan". Master Tesis. Jurusan Teknik Sipil FTSP Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.