

TINJAUAN NILAI CBR PADA TANAH LEMPUNG EKSPANSIF YANG DI STABILISASI MENGUNAKAN *FLY-ASH*

Andi Ardiansyah

e-mail : andirr72@gmail.com

Jurusan Teknik spili, Universitas Tunas Pembangunan Surakarta

Jl. Walanda Maramis No.31, Nusukan, Kec. Banjarsari, Kota Surakarta, Provinsi
Jawa Tengah, Indonesia, 57135

ABSTRAK

Tanah merupakan salah satu komponen penting yang perlu diperhatikan dalam perencanaan konstruksi. Tanah asli di Desa Sidolaju Kecamatan Widodaren Kabupaten Ngawi ini mempunyai sifat dimana dalam kondisi basah atau kadar air tinggi tanah tersebut akan lunak dan mengembang (*swell*), sedangkan dalam kondisi kering tanah akan menyusut dan retak antar gumpalan tanah (kadar air rendah). Stabilisasi tanah adalah teknik yang digunakan untuk mengubah atau memperbaiki sifat-sifat tanah dasar sehingga diharapkan dapat terjadi peningkatan kualitas tanah dasar.

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimental, yaitu dengan melakukan percobaan terhadap sampel tanah asli yang dilakukan di Laboratorium dengan bahan tambah *fly ash* sebesar 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, dan 35%. Campuran tersebut diuji dengan serangkaian uji karakteristik tanah berupa uji berat jenis, uji *atterberg limit*, Analisis saringan dan uji *standard proctor* serta uji CBR *soaked & unsoaked* yang kemudian didapatkan perbandingan dengan tanah asli.

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan didapatkan perubahan karakteristik tanah dari bahan yang telah distabilisasi yaitu penurunan nilai batas cair dengan penurunan terendah pada campuran 30% *fly ash*, kenaikan batas plastis dengan nilai tertinggi pada campuran 10% *fly ash*, dan penurunan presentase butiran tanah lempung serta penurunan potensi pengembangan tanah lempung. Berdasarkan pengujian CBR *soaked* didapatkan nilai tertinggi sebesar 3,33% pada campuran 35% *fly ash*. Dan nilai CBR *unsoaked* didapatkan nilai tertinggi sebesar 25,68% pada campuran 30% *fly ash*.

Kata Kunci: Lempung Ekspansif, Stabilisasi Tanah, *Fly Ash*, *California Bearing Ratio (CBR)*.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanah merupakan salah satu komponen penting yang perlu diperhatikan dalam perencanaan konstruksi. Tanah asli di Desa Sidolaju Kecamatan Widodaren Kabupaten Ngawi ini mempunyai sifat dimana dalam kondisi basah atau kadar air tinggi tanah tersebut akan lunak dan mengembang (*swell*), sedangkan dalam kondisi kering tanah akan menyusut dan retak antar gumpalan tanah (kadar air rendah). Stabilisasi tanah adalah teknik yang digunakan untuk mengubah atau memperbaiki sifat-sifat tanah dasar sehingga diharapkan dapat terjadi peningkatan kualitas tanah dasar.

Stabilisasi tanah adalah suatu cara yang digunakan untuk mengubah atau memperbaiki sifat tanah dasar sehingga diharapkan tanah dasar tersebut mutunya dapat lebih baik. Hal tersebut dimaksudkan juga untuk dapat meningkatkan kemampuan daya dukung tanah terhadap konstruksi yang akan dibangun di atasnya. Prinsip usaha stabilitas tanah adalah menambah

kekuatan lapisan tanah sehingga bahaya keruntuhan dapat diperkecil atau membuat tanah menjadi lebih stabil dalam menerima beban yang dapat dikaji terjadinya tegangan dan regangan tanah. Penelitian tentang stabilisasi tanah dengan penambahan bahan adiktif seperti kapur dan abu sekam padi sudah sering digunakan, pada penelitian ini peneliti menggunakan campuran *fly ash* dan persentase campuran sebesar 0%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, dan 35% guna mengetahui nilai stabilisasi pada tanah lempung ekspansif dan pengaruh penambahan *fly ash* terhadap nilai *California Bearing Ratio (CBR) soaked & unsoaked*.

1.2 Rumusan Masalah

1. Berapa nilai CBR tanah asli sebelum stabilisasi dengan *fly ash*?
2. Berapa nilai CBR *soaked & unsoaked* yang terjadi pada tanah lempung setelah dilakukan pencampuran dengan *fly ash*?
3. Bagaimana perbandingan nilai CBR tanah asli dan nilai CBR tanah yang telah dilakukan

stabilisasi menggunakan campuran *fly ash*?

4. Bagaimana karakteristik tanah lempung ekspansif setelah dicampur dengan *fly ash*?

1.3 Batasan Masalah

Batasan-batasan dalam penelitian ini yakni sebagai berikut :

1. Tanah lempung yang digunakan dalam penelitian ini diambil di daerah Desa Sidolaju, Kec. Widodaren, Kabupaten Ngawi, Jawa Timur.
2. Pada penelitian ini menggunakan 6 komposisi pengujian campuran *fly ash* dengan komposisi pada setiap sampel yang digunakan yaitu sebesar 0%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, dan 35%
3. Klasifikasi Tanah dalam penelitian ini menggunakan sistem klasifikasi *Unified Soil Classification System* (USCS).
4. Pengujian laboratorium yang dilakukan pada penelitian ini yaitu pengujian sifat mekanis berupa *soil properties*, pengujian pemadatan tanah, *California Bearing Ratio* (CBR)

dilakukan dengan proses *soaked & unsoaked*.

5. *Fly ash* yang digunakan tipe C.

1.4 Manfaat

Penelitian ini diharapkan

bermanfaat untuk:

1. mengurangi pencemaran lingkungan yang dihasilkan limbah *fly ash*.
2. Mengetahui pengaruh penggunaan *fly ash* terhadap stabilisasi tanah lempung.
3. Membantu pihak-pihak yang membutuhkan informasi dan mempelajari hal yang dibahas dalam laporan tugas akhir.
4. Penelitian ini dapat digunakan sebagai informasi dan pengetahuan untuk masyarakat pada umumnya, seluruh mahasiswa dan para dosen yang berkaitan dengan perbaikan sifat sifat tanah di jurusan Teknik Sipil Universitas Tunas Pembangunan Surakarta.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah

Tanah adalah material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat

secara kimia) satu sama lain dan dari bahan - bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut. (Das, 1995 dalam Hangge Dkk 2021).

2.2 Tanah Lempung

Tanah lempung menurut (Hardiyatmo, 2002) adalah kelompok artikel berukuran koloid dengan ukuran butiran halus lebih kecil 0,002, permeabilitas rendah, kenaikan air kapiler tinggi, bersifat sangat kohesif, kadar kembang susut tinggi dan proses konsolidasi lambat.

2.3 Fly Ash

Fly ash merupakan material yang memiliki ukuran butiran yang halus, bewarna ke abu-abuan dan diperoleh dari hasil pembakaran batu bara.

2.4 Stabilisasi Tanah

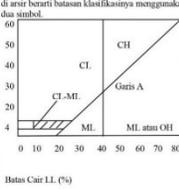
Stabilisasi tanah secara umum merupakan suatu proses untuk memperbaiki sifat-sifat tanah dengan menambahkan sesuatu pada tanah tersebut, agar dapat menaikkan kekuatan tanah dan mempertahankan kekuatan geser.

2.5 Klasifikasi Tanah

Klasifikasi Tanah adalah pemilihan tanah-tanah kedalam kelompok ataupun sub kelompok yang menunjukkan sifat yang sama.

a. Klasifikasi USCS

Pada sistem klasifikasi Unified (*Unified Soil Classification System*), tanah diklasifikasikan kedalam tanah berbutir kasar (kerikil dan pasir) jika kurang dari 50 % lolos saringan 200, dan sebagai tanah berbutir halus (lanau/lempung) jika lebih dari 50 % lolos saringan nomor 200.

Dibagi Utama	Simbol	Nama Umum	Kriteria Klasifikasi
Tanah berbutir kasar: > 50% butiran tertahan saringan No. 200 Kerikil 50%-fraksi kasar tertahan saringan No. 4	GW	Kerikil bergradasi-baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali mengandung butiran halus	$Cu - \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ D_{60} $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW Batas-batas <i>Aterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas <i>Aterberg</i> di atas garis A atau $PI > 7$ Bila batas <i>Aterberg</i> berada di daerah atas dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol
	GP	Kerikil bergradasi-buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali mengandung butiran halus	
	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau	
	GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung	
Tanah berbutir halus: < 50% butiran tertahan saringan No. 200 Pasir 50%-fraksi kasar tertahan saringan No. 4	SW	Pasir bergradasi-baik pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	$Cu - \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ D_{60} $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW Batas-batas <i>Aterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas <i>Aterberg</i> di atas garis A atau $PI > 7$ Bila batas <i>Aterberg</i> berada di daerah atas dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol
	SP	Pasir bergradasi-buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	
	SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau	
	SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung	
Tanah berbutir halus: < 50% butiran tertahan saringan No. 200 Lanau dan lempung butiran < 50%	MI	Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung	Diagram Plastisitas: Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan lanau. Batas <i>Aterberg</i> yang termasuk dalam daerah yang di atas berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol.  Batas Cair LL (%) Garis A: $PI = 0.73(LL - 20)$
	CL	Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung "kurus" (<i>lean clay</i>)	
	OL	Lanau-organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah	
	MH	Lanau anorganik atau pasir halus distromas, atau lanau distromas, lanau yang elastis	
	CH	Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" (<i>fatty clay</i>)	
	OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi	
Tanah-tanah dengan kandungan organik sangat tinggi	PT	<i>Peat</i> (gambut), <i>muck</i> , dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488 Sumber : Hary Christady, 1992.

2.6 Sifat Fisik Tanah

Sifat-sifat fisik tanah memiliki hubungan erat dengan kelayakan pada banyak penggunaan tanah. Untuk mendapatkan sifat fisik tanah, ada beberapa ketentuan yang harus diketahui terlebih dahulu, adalah sebagai berikut:

- Uji Kadar Air (*Water Content Test*).
- Uji Berat Spesifik (*Specific Gravity Test*).
- Uji Batas Atterberg (*Atterberg Limit*).
- Uji Analisa Ukuran Butiran (*Grain Size Analyze*).

2.7 Aktivitas

Skempton (1953) mendefinisikan suatu besaran yang dinamakan aktivitas (*activity*) yang merupakan kemiringan dari garis yang menyatakan hubungan antara IP dan persen butiran yang lolos ayakan 200 atau dapat pula dituliskan sebagai:

$$A = \frac{PI}{CF} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan:

A = Aktivitas

P = *Plasticity Index*

CF = Presentase lolos saringan no. 200

Nilai-nilai khas aktivitas dari persamaan diatas adalah sebagai berikut:

Nilai Activity	Activity	Potensi Pengembangan
<0,75	Tidak Aktif	Rendah
0,75 - 1,5	Normal	Sedang
> 1,25	Aktif	Tinggi

2.8 Pemadatan Tanah (*Standard Proctor*)

Pemadatan tanah adalah suatu proses memadatkan partikel tanah sehingga terjadi pengurangan volume udara dan volume air dengan memakai cara mekanis. Kegunaan pengujian ini untuk mencari nilai kepadatan maksimum dan kadar air optimum dari suatu sampel tanah. Pemadatan tanah dapat dilaksanakan di lapangan maupun di laboratorium. Di laboratorium menggunakan pengujian standar yang disebut dengan uji proctor, dengan cara suatu palu dijatuhkan dari ketinggian tertentu beberapa lapisan tanah di dalam sebuah mold.

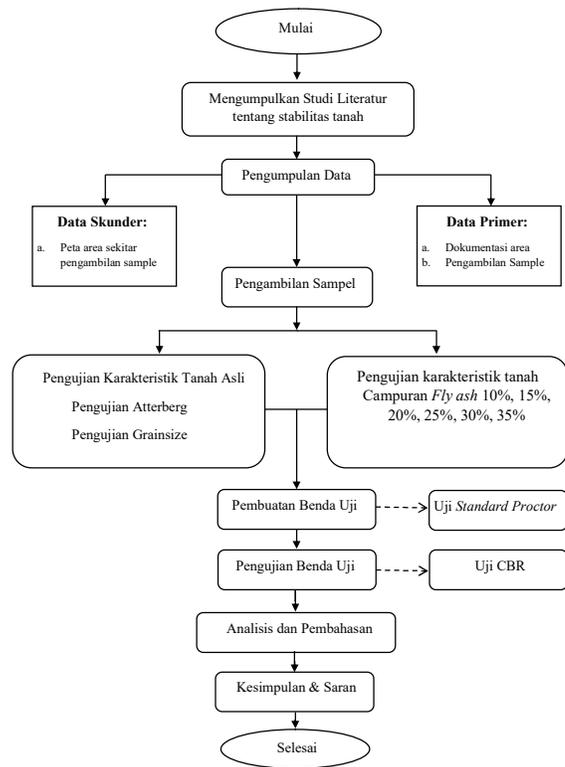
2.9 California Bearing Ratio

CBR dipergunakan untuk menilai kekuatan tanah dasar atau bahan lain yang hendak dipakai untuk pembuatan perkerasan. Seringkali jenis tanah dasar itu berbeda – beda sehubungan dengan perubahan kedalaman pada satu titik

pengamatan. Untuk itu perlu ditentukan nilai CBR yang mewakili titik tersebut. (Sukirman,1995).

III. METODOLOGI PENELITIAN

Tugas akhir ini dilakukan dengan metode eksperimental, yaitu dengan melakukan percobaan terhadap sampel tanah yang dilakukan pengujian langsung di Laboratorium sesuai dengan pedoman yang digunakan untuk mendapatkan hasil mengenai pengaruh stabilisasi tanah dengan bahan tambah *fly ash* 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, dan 35% yang kemudian didapatkan perbandingan dengan tanah asli. Penelitian Tugas Akhir ini dilakukan untuk optimasi terhadap nilai CBR *California Bearing Ratio soaked & unsoaked*, pada stabilisasi tanah lempung ekspansif dan pengaruh penambahan *fly ash*.



IV. HASIL & PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Sifat Fisik Tanah

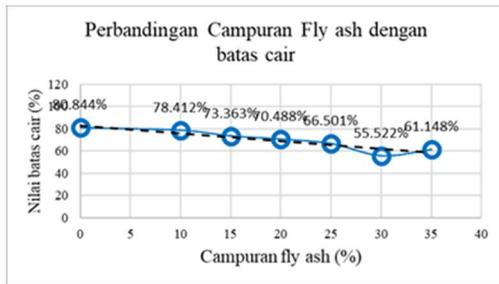
1. Berat Jenis

Berdasarkan hasil pengujian berat jenis tanah asli Desa Sidolaju Kec. Widodaraen yang di Uji pada Laboratorium mendapatkan hasil sebesar 2.63%.

2. Batas Atterberg

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui sifat konsistensi tanah berbutir halus pada kadar air yang bervariasi.

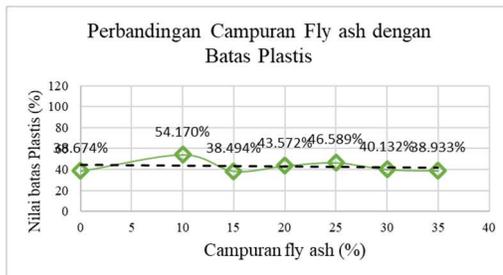
a. Batas Cair



Nilai batas cair yang terendah dari tujuh persentase campuran *fly ash* tersebut adalah sebesar 55,522% pada variasi 30%.

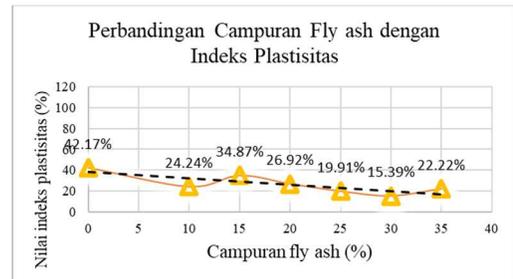
b. Batas Plastis

Nilai Batas Plastis yang paling maksimum dari tujuh persentase campuran tersebut adalah sebesar 54,170% pada variasi 10%.



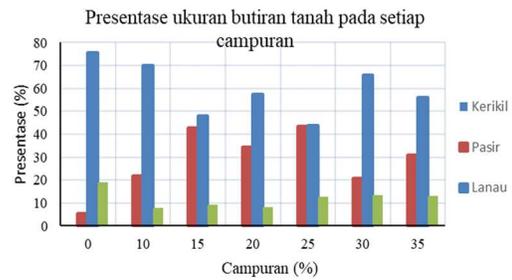
c. Indeks Plastisitas

Nilai indeks plastisitas sebesar 34,87% tersebut dapat digolongkan pada nilai kembang susut yang rendah.



3. Analisa Ukuran Butiran

Berdasarkan pengujian analisa ukuran butiran didapatkan hasil presentase-persentase butiran kerikil, pasir, lanau, dan lempung.



Berdasarkan hasil analisa ukuran butir pada gambar diatas sampel tanah asli dan campuran *fly ash* dengan nilai analisis berkisar 54,12 – 94,65 menunjukkan bahwa lebih dari 50% tanah di setiap kedalaman lolos ayakan no. 200. Menurut sistem klasifikasi tanah *Unfield Soil Classification System (USCS)* termasuk kedalam jenis tanah berbutir halus, dari hasil analisa tersebut tanah tergolong sebagai tanah berbutir halus (lanau atau lempung).

4.2 Klasifikasi Tanah

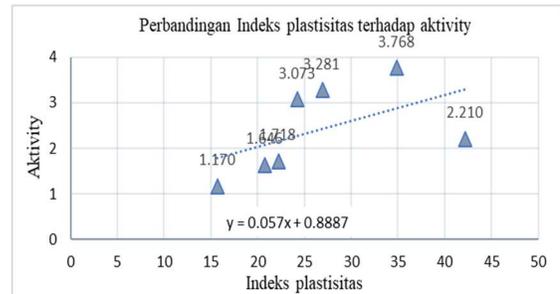
Menurut Peraturan sistem klasifikasi tanah *Unified Soil Classification System (USCS)* bahwa pengklasifikasian tanah didapat dari grafik unfield yaitu titik pertemuan yang di plotkan antara Batas Cair dan Indeks Plastisitasnya, Berdasarkan hasil analisa pada tabel 4.37 nilai IP yang berkisar 15,69 – 46,81 tergolong kedalam klasifikasi (MH), lanau anorganik atau pasir halus, atau lanau yang elastis, dengan plastisitas sedang sampai tinggi.

Berdasarkan Hasil analisa saringan pada sampel tanah asli dan campuran 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, dan 35% menunjukkan bahwa lebih dari 50% tanah di setiap kedalaman lolos ayakan no. 200. Berdasarkan sistem klasifikasi USCS sampel tanah asli dan campuran *fly ash* tergolong sebagai tanah berbutir halus (lanau atau lempung).

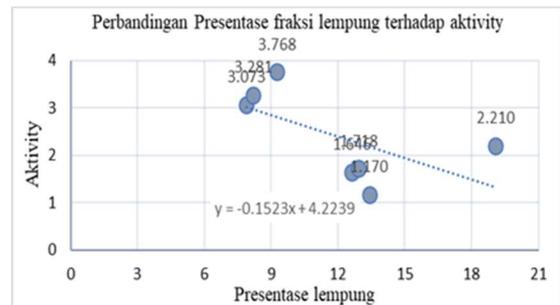
4.3 Aktivitas

Berdasarkan hasil analisis perhitungan di dapat nilai aktifitas tanah lempung didapatkan nilai analisis berkisar 1,170 – 3,768 tergolong sifat ekspansif aktif.

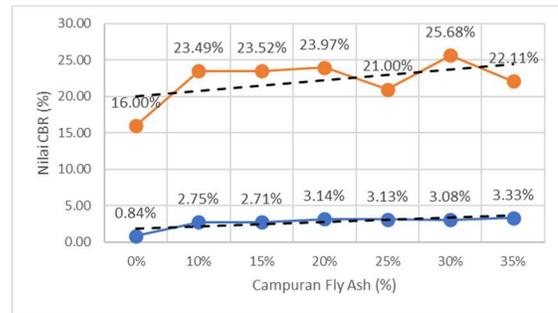
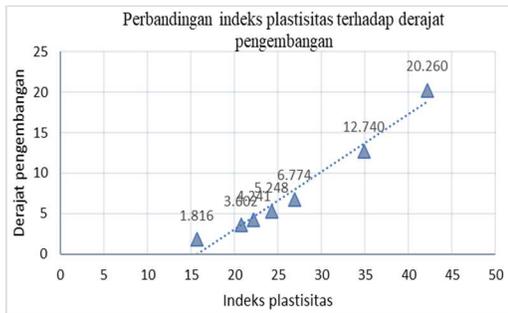
Nilai angka aktivitas ditentukan berdasarkan nilai indeks plastisitas tanah dengan persen lempung. Semakin besar indeks plastisitas tanah maka akan memperbesar nilai angka aktivitasnya.



Sedangkan semakin besar persen lempung akan memperkecil nilai angka aktifitasnya. Grafik perbandingan presentase fraksi lempung terhadap activity dapat dilihat pada gambar dibawah.



Grafik perbandingan indeks plastisitas terhadap derajat pengembangan dapat dilihat pada gambar di bawah.



4.4 Pemadatan Standar (*Standard Proctor*)

Berdasarkan hasil uji pemadatan di laboratorium dengan menggunakan pemadatan proctor standar untuk menentukan kadar air tanah optimum (*Optimum Moisture Content*) ω_{opt} dan nilai kepadatan kering maksimum (*Maximum Dry Density*) γ_{dry} . Didapatkan hasil uji pemadatan tanah berupa Kadar air optimum (ω_{opt}) = 35% dan Nilai kepadatan kering γ_{drymax} = 1,17 gram/cm³.

4.5 California Bearing Ratio

Berdasarkan hasil pengujian CBR pada Test 1-3 *Soaked* dan *Unsoaked* dengan variasi campuran *fly ash* 0%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, dan 35% didapatkan grafik rekapitulasi nilai CBR *unsoaked* & *soaked* pada gambar dibawah.

Berdasarkan grafik diatas hasil pengujian CBR terendam dan tidak terendam dapat dilihat bahwa terjadi perubahan nilai CBR seiring kenaikan persentase *fly ash* secara tidak konstan. Nilai CBR *unsoaked* tertinggi terdapat pada campuran 30% yaitu sebesar 25,68%. Nilai CBR *soaked* tertinggi terdapat pada campuran 35% yaitu sebesar 3,33%.

Nilai CBR tidak terendam lebih besar daripada nilai CBR terendam. Hal ini akibat dari peningkatan kadar air pada sampel tanah saat terendam yang menyebabkan semakin lemahnya daya dukung tanah. Penurunan nilai CBR terendam dibandingkan dengan CBR tak terendam dikarenakan kadar air berlebih pada sampel sehingga saat pembebanan air tersebut keluar dan nilai CBR yang dihasilkan lebih rendah.

V. KESIMPULAN DAN

SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai CBR tanpa rendaman dengan campuran *fly ash* mengalami peningkatan pada nilai CBR tanah asli yang sebesar 16,00% menjadi 23,49% pada campuran 10%, Nilai CBR tidak terendam yang paling maksimum dari tujuh persentase campuran *fly ash* tersebut adalah sebesar 25,68% pada campuran *fly ash* 30%. Penambahan *fly ash* sangat berpengaruh terhadap nilai CBR seiring penambahan presentase *fly ash*, Pengaruh *fly ash* terhadap nilai CBR disebabkan meningkatnya daya ikat antar partikel tanah akibat reaksi *pozzolan* sehingga membuat tanah semakin keras. Kondisi tanah yang keras dan kaku ini menghasilkan nilai CBR yang lebih besar dari pada tanah aslinya.

5.2 Saran

Untuk mengetahui efektif atau tidaknya campuran *fly ash* pada penelitian yang akan dilakukan perlu diteliti lebih lanjut untuk tanah dari daerah yang lain dengan menggunakan campuran yang

sama, sehingga akan diketahui nilai nyata terjadinya perubahan akibat pengaruh campuran *fly ash* pada jenis tanah yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J. E. (1991). Sifat-Sifat Fisis Dan Geoteknik Tanah, Penerbit : Erlangga, Jakarta.
- Hardiyatmo, H.C. (2002). Mekanika Tanah I, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hangge, E. E., Bella, R. A., & Ullu, M. C. (2021). PEMANFAATAN FLY ASH UNTUK STABILISASI TANAH DASAR LEMPUNG EKSPANSIF. *Jurnal Teknik Sipil*, 10(1), 89-102.
- Apriyanti, Y. (2013). Peningkatan Nilai Cbr Tanah Lempung Dengan Menggunakan Semen Untuk Timbunan Jala. In *Forum Profesional Teknik Sipil* (Vol. 1, No. 2, p. 56191). Bangka Belitung University..
- Gunasro, A., Nuprayogi, R., Partono, W., & Pardoyo, B. (2017). Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif Dengan Campuran Larutan NaOH 7, 5%. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 6(2), 238-245.
- Van Gobel, C. (2018). PEMANFAATAN FLY ASH

BATUBARA SEBAGAI BAHAN STABILISASI TERHADAP DAYA DUKUNG TANAH LEMPUNG (THE BENEFIT OF FLY ASH COAL ON CLAY STABILIZATION TO BEARING CAPACITY).

- Sabilla, L. A., Noveliyana, L., Soedarsono, S., & Fitriyana, L. (2022). Analisis Pengaruh Bahan Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif Dengan Abu Gergaji Kayu dan Abu Aeceng Gondok Terhadap Daya Dukung Fondasi Dangkal. *Prosiding Konstelasi Ilmiah Mahasiswa Unissula (KIMU) Klaster Engineering*.
- Simbolon, N. (2018). Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Semen dan Fly Ash dengan Pengujian Kuat Tekan Bebas dan CBR.
- Walewangko, B. Y., Sompie, O. B., & Sumampouw, J. E. (2020). Pengaruh Penambahan Fly Ash dan Tras Pada Tanah Lempung Terhadap Nilai CBR. *Jurnal Sipil Statik*, 8(1).
- Hardiyatmo, H. C. (2016). Alternatif Solusi Pembangunan Perkerasan Jalan Pada Subgrade Berdaya Dukung Rendah. *INFO-TEKNIK*, 1-12.
- Anam, M. K. (2018). PENGARUH STABILISASI TANAH PASIR DENGAN MENGGUNAKAN BAHAN TAMBAH ASPAL CAIR MC60-70 TERHADAP DAYA DUKUNG TANAH DAN KUAT GESER TANAH (THE EFFECT OF SAND STABILIZATION USING CUTBACK ASPHALT MC60-70 TOWARD SOIL BEARING CAPACITY AND SHEAR STRENGTH).
- Mina, E., & Kusuma, R. I. (2016). PENGARUH FLY ASH TERHADAP NILAI CBR DAN SIFAT-SIFAT PROPERTIS TANAH Studi Kasus: Jalan Raya Bojonegara km 19 Serang Banten. *Fondasi: Jurnal Teknik Sipil*, 5(2).
- Sudjianto, Agus T., (2012). Stabilisasi Landfill Dengan Fly Ash, *Jurnal Widya Teknika* Vol.20 No.2; Oktober 2012, ISSN 1411-0660: 1-8.
- Walewangko, B. Y., Sompie, O. B., & Sumampouw, J. E. (2020). Pengaruh Penambahan Fly Ash Dan Tras Pada Tanah Lempung Terhadap Nilai CBR. *Jurnal Sipil Statik*, 8(1).