

**PEMANFAATAN FLY ASH BATUBARA SEBAGAI BAHAN STABILISASI
TERHADAP DAYA DUKUNG TANAH LEMPUNG**

**(THE BENEFIT OF FLY ASH COAL ON CLAY STABILIZATION TO BEARING
CAPACITY)**

Chairunnisa Van Gobel¹, Akhmad Marzuko²

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan,
Universitas Islam Indonesia

Email: ichaagobel@gmail.com

²Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan,
Universitas Islam Indonesia

Email: 885110107@staff.uii.ac.id

Abstract: *It is one type of soil that has a low bearing capacity, namely the type of clay soil which has a high shrinkage value which causes damage to buildings such as foundation lifting, bumpy roads, and so on. This study aims to determine the effect of fly ash as clay stabilization material which is able to increase soil carrying capacity. The land comes from the village of Kedungsari, Kecamatan Pengasih, Kulon Progo, Yogyakarta. The preliminary testing research stage consisted of moisture content, specific gravity, volume weight, granular analysis, Atterberg boundaries, and soil compaction. Then testing the soaked and unsoaked CBR was carried out, each test consisted of 5%, 10%, and 15% fly ash variation with 1 day, 3 days, 7 days and soaking treatment. days, and swelling testing. The results showed that the soil included in group A-7-5 was clay-type soil with moderate to bad properties, the data was based on AASHTO classification, while the classification according to USCS soil was included in the CH group ie non-organic clay soil with high plasticity, and clay fat. Based on laboratory CBR testing, the CBR value of unsoaked native land was 9.3%, while the CBR value of soaked was 1.106%. After the addition of fly ash with a variation of 5%, 10%, and 15% unsoaked CBR value at 1 day ripening experienced an increase of 9.5%, 55%, and 68.584% respectively. Then the increase in unsoaked CBR value for 3 days ripening was 12.213%, 56.837% and 108.763% respectively. And an increase in unsoaked CBR value on 7 days ripening of 32.5%, 110% and 122.5% respectively. While the increase in the soaked CBR value on 7 days curing + 4 days immersion was 1.443%, 2.26%, and 2.79% respectively. Then the swelling test experienced a decrease in development potential in a row of 81.235%, 88.2%, and 94.724% of the original soil swelling value of 7.509%.*

Keywords: *CBR, fly ash, clay, stabilization, swelling*

1. PENDAHULUAN

Dalam dunia teknik sipil, tanah merupakan hal yang sangat penting dalam sebuah pembangunan infrastruktur. Hal ini disebabkan karena tanah merupakan dasar dari suatu konstruksi bangunan sipil yang berfungsi menerima dan menahan beban dari suatu struktur di atasnya, sehingga tanah harus mempunyai daya dukung yang baik untuk menahan beban yang akan dipikulnya. Kenyataan di lapangan banyak ditemukan tanah yang memiliki daya dukung yang rendah, hal ini dapat dipengaruhi oleh sifat tanah yang tidak memadai. Perencanaan suatu konstruksi harus dilakukan penyelidikan terhadap karakteristik dan kekuatan tanah terutama sifat-sifat tanah yang mempengaruhi daya dukung dalam menahan beban konstruksi di atasnya (Lestari, 2014).

Salah satu jenis tanah yang bermasalah ialah tanah lempung ekspansif. Tanah lempung ekspansif adalah istilah yang digunakan pada material tanah atau batuan yang mempunyai potensi penyusutan atau pengembangan oleh pengaruh perubahan kadar air. Tanah yang mempunyai potensi pengembangan juga mempunyai potensi penyusutan oleh perubahan kadar air tersebut. Jadi, istilah tanah lempung ekspansif dan potensi pengembangan umumnya digunakan untuk menunjukkan tanah yang mudah mengalami kembang-susut. Adanya sifat dari tanah lempung ekspansif tersebut sering menimbulkan kerusakan pada bangunan seperti retaknya dinding, terangkatnya pondasi, jalan bergelombang, dan sebagainya, untuk itu diperlukan upaya perbaikan tanah lempung ekspansif melalui stabilisasi tanah.

Fly ash (abu terbang) batubara adalah bagian dari sisa pembakaran batubara pada pembangkit listrik tenaga uap yang berbentuk partikel halus. Pembangkit listrik tenaga uap ini memproduksi limbah salah satunya adalah *fly ash*. *Fly ash*

umumnya dibuang ke *landfill* atau ditumpuk di area perindustrian batubara. Penggunaan batubara pada PLTU Pelita menghasilkan sekitar 1,2 juta ton atau 3.500 ton per hari partikel abu batubara dan jumlah ini akan terus meningkat (Upe, 2006). Penumpukan abu terbang batubara ini menimbulkan masalah bagi lingkungan. Hal ini yang menimbulkan masalah lingkungan dan kesehatan, karena *fly ash* hasil dari tempat pembakaran batubara dibuang sebagai timbunan. *Fly ash* ini merupakan jumlah yang cukup besar, sehingga memerlukan pengelolaan agar tidak menimbulkan masalah lingkungan, seperti pencemaran udara, atau perairan, dan penurunan kualitas ekosistem

Salah satu penanganan lingkungan yang dapat diterapkan adalah memanfaatkan limbah *fly ash*. Limbah hasil pembakaran batubara yang salah satunya adalah *fly ash* ini dikategorikan sebagai limbah B3 karena terdapat kandungan oksida logam berat yang akan mengalami pelindihan secara alami dan mencemari lingkungan. Pemanfaatan limbah *fly ash* batubara menjadi suatu produk merupakan salah satu cara dalam mengatasi limbah yang dihasilkan. Selain dapat meningkatkan nilai ekonomisnya, proses pemanfaatan limbah *fly ash* juga mengurangi jumlah dan dampak buruknya terhadap lingkungan. Pada saat sekarang ini banyak perusahaan semen dan atau pembuatan beton *ready mix* menggunakan *fly ash* batubara ini sebagai salah satu bahan campurannya, karena mengandung senyawa kimia yang bersifat pozzolan seperti alumina dan silika sehingga sesuai digunakan sebagai bahan baku konstruksi. Penelitian kali ini, penulis bertujuan untuk memanfaatkan limbah *fly ash* ke dalam campuran tanah lempung ekspansif yang memerlukan penanganan khusus agar dapat mengurangi sifat kembang susutnya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Stabilisasi Tanah Gambut Menggunakan Kapur dan *Fly Ash*

Arrosyid (2017) dalam penelitiannya yang berjudul “Pengaruh Penambahan Kapur dan *Fly Ash* Terhadap Daya Dukung Subgrade Tanah Gambut untuk Perencanaan Tebal Lapis Perkerasan” tanah gambut yang berasal dari Rawa Pening dengan bahan stabilisasi kapur 5% dan *fly ash* 5%, 5%, 15% dan 25%. Hasil pengujian CBR Laboraturium tanah asli tanpa rendaman (*unsoaked*) sebesar 3,72% sedangkan CBR rendaman (*soaked*) sebesar 3,42%. Peningkatan CBR tanpa rendaman terdapat di variasi optimum yaitu kapur 5% + *fly ash* 25% dengan nilai sebesar 14,96%, sedangkan pada variasi kapur tanpa *fly ash* kapur 5% dengan nilai sebesar 9,42%. Hasil pengujian pengembangan (*free swell*) sampai hari ke-4 pengujian pada tanah asli meningkat mencapai 10%, untuk variasi (kapur 5% + *fly ash* 0%) *swelling* turun menjadi 5% dan pada variasi (kapur 5% + *fly ash* 25%) turun drastis hingga 0,8%. Desain tebal lapis perkerasan Bina Marga 2013 semua variasi didapatkan tebal lapis perkerasan sama yaitu AC WC 4 cm; AC BC 15,5 cm; LPA 15 cm dan LPB 15 cm. Hasil desain tebal lapis perkerasan menggunakan Bina Marga 2002 didapatkan tebal lapis pekerasan pada tanah asli (Laston 20 cm, LPA 15 cm, dan LPB 30 cm) pada variasi CBR dihasilkan tebal Laston dan LPA sama yaitu Laston 20 cm, LPA 7,5 cm (namun dipakai 15 cm) dan dihasilkan tebal LPB semakin mengecil yaitu 12,5 cm, 7,5 cm, 2,5 cm, dan 0 cm (namun dipakai syarat minimum yaitu 15 cm), kecuali pada variasi *fly ash* 25% tidak membutuhkan LPB.

. LANDASAN TEORI.

3.1 Tanah Lempung

Tanah lempung adalah tanah lempung yang memiliki aktifitas yang tinggi dalam perubahan volume akibat adanya perubahan kadar air. Dalam permasalahan teknik sipil, partikel tanah lempung akan senantiasa bersentuhan dengan air. Interaksi antara partikel lempung, air, dan bermacam-macam bahan yang terlarut dalam air menjadi faktor penentu yang utama bagi sifat-sifat tanah yang tersurun dari partikel-partikel tersebut. Jenis tanah yang perlu diperhatikan sebagai dasar struktur bangunan adalah jenis tanah lempung ekspansif. Dikatakan demikian karena tanah lempung ini umumnya mengandung komponen mineral yang potensi pengembangannya cukup tinggi yang kemudian berpengaruh pada turunnya nilai stabilitas tanah tersebut sehingga dapat merusak bagian bangunan yang dibangun di atasnya.

3.2 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. Menurut Bowles (1991) dalam Pranata (2013) beberapa tindakan yang dilakukan untuk menstabilisasikan tanah adalah meningkatkan kerapatan tanah, menambah material yang tidak aktif sehingga meningkatkan kohesi dan atau tahanan gesek yang timbul, menambah bahan untuk menyebabkan perubahan-perubahan kimiawi dan atau fisis pada tanah, menurunkan muka air tanah (*drainase* tanah), dan mengganti tanah yang buruk.

3.3 Bahan Tambah *Fly Ash* sebagai Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah secara kimia pada saat ini banyak digunakan untuk memperbaiki tanah dasar yang kurang baik daya dukungnya. Salah satunya yang dikembangkan saat ini adalah stabilisasi dengan abu terbang (*fly ash*). *Fly ash* adalah material hasil buangan yang dikumpulkan dari pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) yang menggunakan batubara sebagai bahan bakarnya. Penggunaan batubara pada PLTU Pelita menghasilkan sekitar 1,2 juta ton atau 3.500 ton per hari partikel abu batubara dan jumlah ini akan terus meningkat (Upe, 2006)

Abu terbang (*fly ash*) adalah bagian dari hasil pembakaran batu bara pada pabrik peleburan yang dibawa keluar dari tungku pembakaran batu bara pada pusat pembangkit listrik tenaga uap yang dibawa keluar melalui ketel uap (*boiler*) melewati cerobong asap dan disuling dengan *electrostatic precipitator* yaitu alat penangkap abu dengan muatan listrik. *Fly ash* merupakan material yang memiliki ukuran butiran yang halus dan berwarna keabu-abuan yang dapat dipandang sebagai lanau halus yang tidak plastis berdasarkan klasifikasi *Unified Soil Classification System* (USCS) memiliki sifat pozzolan. Sifat pozzolan, yaitu suatu bahan yang mengandung silika atau alumina silika yang mempunyai sifat perekat (sementasi) pada dirinya sendiri dengan butirannya yang sangat halus bisa bereaksi secara kimia dengan air membentuk bahan perekat pada temperatur normal (Sudjiyanto, 2012).

Fly ash merupakan sisa-sisa pembakaran batubara yang dialirkan dari ruang pembakaran melalui ketel berupa semburan asap yang telah digunakan sebagai bahan campuran pada beton. *Fly ash* sendiri tidak memiliki kemampuan

mengikat seperti halnya semen. Tetapi dengan kehadiran air dan ukuran partikelnya yang halus, oksida silika yang dikandung oleh *fly ash* akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida yang terbentuk dari proses hidrasi semen dan menghasilkan zat yang memiliki kemampuan mengikat.

Pemakaian *fly ash* sebagai salah satu bahan campuran pada beberapa produksi, misalnya *portland cement*, material konstruksi jalan, dan stabilisasi tanah. Berikut penjelasan mengenai penggunaan *fly ash*.

a. *Portland cement*

Fly ash digunakan untuk mengganti *Portland cement* pada beton karena mempunyai sifat pozzolan, sebagai pozzolan sangat besar meningkatkan *strength*, durabilitas dari beton. Penggunaan *fly ash* dapat dikatakan sebagai faktor kunci pada pemeliharaan.

b. Material konstruksi jalan

Fly ash dapat digunakan sebagai mineral *filler* untuk mengisi rongga dan memberikan kontak antara partikel agregat yang lebih besar pada campuran *asphalt concrete*. Aplikasi ini digunakan sebagai pengganti *portland cement*. Penggunaan *fly ash* dapat meningkatkan kekakuan dari aspal, meningkatkan daya tahan terhadap *rutting* dan meningkatkan durabilitas campuran.

c. Stabilisasi tanah

Stabilisasi tanah dengan penambahan *fly ash* biasanya digunakan untuk tanah lunak, subgrade tanah kelempungan dibawah jalan yang mengalami beban pengulangan. Hal ini dikarenakan *fly ash* mempunyai sifat *self cementing* yaitu proses lekatan sementasi akibat pengaruh pozzolan atau akibat sifat pengerasann alami *fly ash* karena kondisi pemadatan dan air yang ada.

Pada penelitian ini digunakan bahan utama *fly ash* yang diharapkan dapat mengikat tanah secara baik, walaupun pada umumnya diketahui bahwa *fly ash* tidak sebaik bahan seperti semen. Keunggulan bahan *fly ash* sendiri memiliki nilai ekonomis yang tinggi dari pada bahan umumnya seperti semen, aspal dan lain-lain.

4. METODOLOGI PENELITIAN

Adapun pengujian inti yang akan dilakukan yaitu.

4.1 Pematatan Tanah

Pengujian pematatan standar (*Standard Proctor*) adalah proses yang dilakukan untuk merapatkan butiran tanah yang satu dengan yang lain, sehingga partikel tanah saling berdekatan dan pori tanah menjadi kecil. Tujuan diadakan pematatan tanah yaitu untuk:

1. mempertinggi kuat geser
2. mengurangi sifat mudah mampat
3. mengurangi permeabilitas
4. mengurangi perubahan volume sebagai akibat perubahan kadar air dan lain-lainnya.

4.2 California Bearing Ratio (CBR)

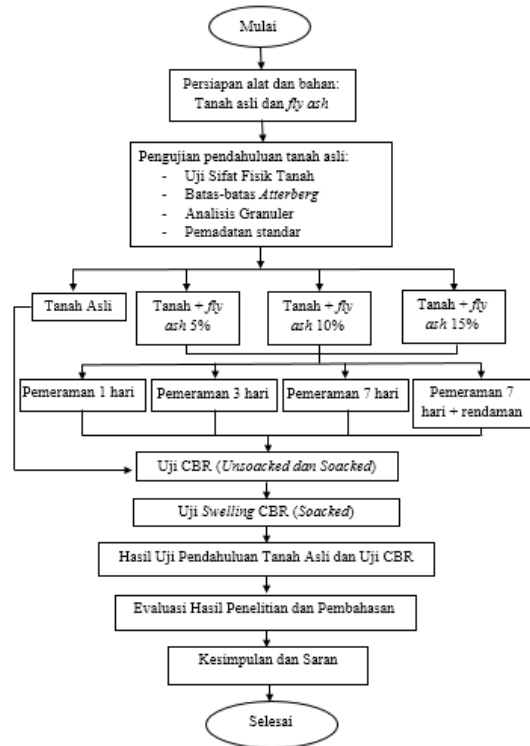
California Bearing Ratio (CBR) adalah suatu percobaan penetrasi yang dipergunakan untuk menilai kekuatan tanah dasar atau bahan lain yang akan dipakai untuk pembuatan perkerasan yang dikembangkan misalnya oleh *U.S Army Corps of Engineers*. Percobaan ini lebih dikenal sebagai CBR Laboratorium, dimaksudkan untuk menentukan nilai CBR tanah yang dipadatkan di laboratorium pada kadar air tertentu. Nilai CBR merupakan perbandingan (dalam persen) antara tekanan yang diperlukan untuk menembus tanah dengan piston berpenampang bulat seluas 3 inch² dengan kecepatan 0,05 inch/menit terhadap tekanan yang diperlukan untuk menembus

bahan standar tertentu. Tujuan dilakukan pengujian CBR ini adalah untuk mengetahui nilai CBR pada variasi kadar air pematatan. Perhitungan penetrasi 0,1 inch dan 0,2 inch dirumuskan pada persamaan 3.9 dan 3.10 berikut:

$$CBR_{0,1} = \frac{\text{Penetrasi } 0,1 \text{ " (lbs)}}{3000 \text{ (lbs)}} \times 100\% \quad (1)$$

$$CBR_{0,2} = \frac{\text{Penetrasi } 0,1 \text{ " (lbs)}}{3000 \text{ (lbs)}} \times 100\% \quad (2)$$

Berikut adalah bagan alir penelitian, dapat dilihat pada Gambar berikut ini.



Gambar 1 Bagan Alir Penelitian

5. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Sifat Fisik Tanah

Pengujian fisik tanah pada setiap pengujian dilakukan dengan 2 sampel, yaitu 2 sampel pengujian kadar air, berat volume, berat jenis, analisa granuler, dan batas-batas Atterberg, dan pematatan tanah untuk mendapatkan nilai kepadatan

maksimum (*Maximum Dry Density/MDD*) dan kadar air optimum (*Optimum Moisture Content/OMC*) yang kemudian digunakan untuk pengujian CBR. Rekapitulasi pengujian sifat fisik tanah dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1 Rekapitulasi Pengujian Sifat Fisik Tanah Asli

Parameter	Satuan	Nilai
Kadar air	%	37,343
Berat jenis		2,61
Berat Volume	gr/cm ³	1,662
Analisa saringan		
Lolos #200	%	93,4959 8
Kerikil	%	0
Pasir	%	6,504
Lanau	%	29,688
Lempung	%	63,808
Batas-batas Konsistensi		
Batas Cair (LL)	%	81,986
Batas Plastis (PL)	%	31,361
Batas Susut (SL)	%	22,719
Indeks Plastisitas (PI)	%	50,625
Proktor Standar		
MDD	gr/cm ³	1,247
OMC	%	30

5.2 Pengujian CBR

Pengujian CBR dilakukan dengan perlakuan CBR *soaked* dan CBR *unsoaked*. CBR *soaked* dilakukan dengan cara sampel tanah yang padatkan dengan kadar air optimum/OMC yang didapatkan dari pengujian pemadatan tanah dan

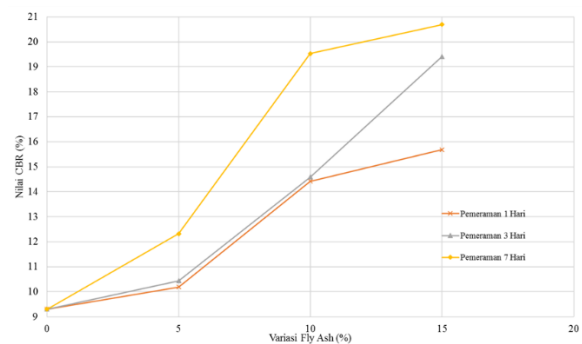
pencampuran variasi *fly ash* yang diperam terlebih dahulu selama 7 hari lalu direndam dalam air selama 4 hari lalu diuji. Sedangkan CBR *unsoaked* tidak direndam namun dilakukan pemeraman terhadap tanah campuran variasi *fly ash* 1 hari, 3 hari, dan 7 hari lalu dilakukan pengujian. Adapun pengaruh penambahan *fly ash* dapat dilihat pada Tabel 2, Tabel 3, Gambar 2, dan Gambar 3 berikut.

Tabel 2 Hasil Rekapitulasi Pengujian CBR Tanah Asli

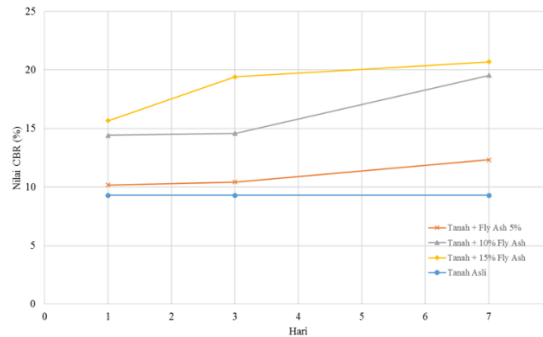
Sampel	CBR (%)
Tanah Asli Tanpa Rendaman	9,300
Tanah Asli Rendaman	1,106

Tabel 3 Hasil Rekapitulasi Pengujian CBR Tanah + Campuran Fly Ash

Sampel	CBR Rendaman (%)	Peram 1 hari (%)	Peram 3 hari (%)	Peram 7 hari (%)
Tanah + 5% FA	1,443	10,184	10,436	12,323
Tanah + 10% FA	2,260	14,415	14,586	19,530
Tanah + 15% FA	2,790	15,678	19,415	20,693



Gambar 2 Grafik Perbandingan Nilai CBR dengan Variasi Fly Ash Tanpa Rendaman (*Unsoaked*)



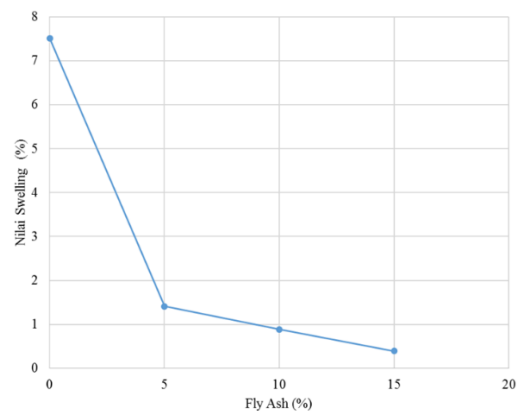
Gambar 3 Grafik Perbandingan Nilai CBR dengan Variasi *Fly Ash* Tanpa Rendaman (*Unsoaked*) terhadap Pemeraman

Pada gambar 2 dan gambar 2 tersebut terlihat bahwa nilai CBR naik seiring bertambahnya campuran *fly ash*. Nilai CBR terendah pada campuran penambahan 5% *fly ash* didapatkan nilai CBR sebesar 10,184%, sedangkan nilai CBR tanah asli pada Tabel 5.20 sebesar 9,3% artinya dengan penambahan campuran *fly ash* kedalam tanah lempung tersebut mampu menaikkan daya dukungnya. Nilai CBR terbesar ada pada campuran penambahan 15% *fly ash* dengan pemeraman 7 Hari yaitu sebesar 20,693%. Perbandingan ini menunjukkan bahwa dengan lama waktu pemeraman berpengaruh pada tingkat kepadatan sehingga rongga-rongga udara pada tanah sudah tidak terisi air dan tanah tidak menjadi lembek. Peran *fly ash* juga memiliki peran yang besar sebagai bahan stabilisasi apabila dicampurkan dengan air maka akan terjadi sementasi yang mampu mengikat tanah sehingga nilai daya dukung tanah meningkat.

5.3 Pengujian Pengembangan (Swelling)
 Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai pengembangan tanah asli saat sebelum dan sesudah distabilisasi dengan *fly ash*. Hasil pengujian *swelling* dapat dilihat pada Tabel dan Gambar berikut.

Tabel 4 Rekapitulasi Pengujian Pengembangan (Swelling)

Sampel	<i>Swelling</i> (%)
Tanah Asli	7,509
Tanah + 5% FA	1,409
Tanah + 10% FA	0,886
Tanah + 15% FA	0,396



Gambar 4 Grafik Perbandingan Nilai Swelling dengan Variasi *Fly Ash*

Pada gambar 4 tersebut terlihat bahwa nilai *swelling* menurun seiring bertambahnya campuran *fly ash*. Nilai *swelling* dengan penambahan *fly ash* 5% sebesar 1,409% sedangkan nilai *swelling* tanah asli pada Tabel 5.23 sebesar 7,509% artinya dengan penambahan campuran *fly ash* kedalam tanah lempung tersebut mampu menurunkan nilai pengembangan (*swelling*). Perbandingan ini menunjukkan bahwa dengan penambahan 5% *fly ash* yang kemudian diperam terlebih dahulu sebanyak 7 hari berpengaruh kepadatan tanah sehingga ketika dilakukan perendaman air sulit untuk masuk ke rongga-rongga tanah.

6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan uraian pada bab sebelumnya, pencampuran *fly ash* dengan variasi 5%, 10%, dan 15% dengan tanah asli Desa Kedungsari, Kecamatan Pengasih, Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Berdasarkan pengklasifikasian menggunakan Sistem *Unified* (USCS) maka tanah tergolong berbutir halus dan tanah termasuk kedalam simbol CH yaitu tanah lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk. Sedangkan berdasarkan klasifikasi AASHTO tanah termasuk dalam kelompok A-7-5 yang berjenis tanah lempung dengan penilaian umum sebagai tanah dasar sedang sampai buruk.
2. Dari hasil pengujian CBR didapatkan nilai CBR tanah asli tanpa rendaman (*unsoaked*) sebesar 9,3%, sedangkan untuk nilai CBR rendaman (*soaked*) sebesar 1,106%. Nilai CBR semakin meningkat seiring bertambahnya *fly ash* dengan variasi 5%, 10%, dan 15%. Dengan penambahan variasi *fly ash* tersebut didapatkan peningkatan nilai CBR tanpa rendaman (*unsoaked*) pada pemeraman 1 hari berturut-turut sebesar 9,5%, 55%, dan 68,584%. Kemudian peningkatan nilai CBR tanpa rendaman (*unsoaked*) pada pemeraman 3 hari berturut-turut sebesar 12,213%, 56,837%, dan 108,763%. Dan peningkatan nilai CBR tanpa rendaman (*unsoaked*) pada pemeraman 7 hari berturut-turut sebesar 32,5%, 110%, dan 122,5%. Sedangkan peningkatan nilai CBR rendaman (*soaked*) pada pemeraman 7 hari + perendaman 4 hari

berturut-turut sebesar 1,443%, 2,26%, dan 2,79%.

3. Pengujian pengembangan (*swelling*) didapatkan hasil semakin bertambahnya *fly ash* dengan variasi 5%, 10%, dan 15% maka potensi pengembangan mengalami penurunan potensi pengembangan berturut-turut sebesar 81,235%, 88,2%, dan 94,724% terhadap nilai *swelling* tanah asli sebesar 7,509%.

6.2 Saran

Adapun saran yang dapat dikemukakan untuk penyempurnaan penelitian selanjutnya sebagai berikut.

1. Penelitian selanjutnya dapat mencoba menggunakan tanah jenis lain dengan persentasi *fly ash* diantara atau lebih kecil dari prosentasi penulis untuk membandingkannya.
2. Penelitian selanjutnya dapat mencoba dengan penambahan pengujian, misalnya pengujian batas-batas Atterberg setelah penambahan *fly ash* yang kemudian membandingkannya.
3. Perlu dilakukan penelitian mengenai pengujian pengembangan tanah dengan pengujian konsolidasi.

7. Daftar Pustaka

- Arrosyid, M., 2017, Pengaruh Penambahan Kapur dan Fly Ash Terhadap Daya Dukung *Subgrade* Tanah Gambut untuk Perencanaan Tebal Lapis Perkerasan, Tugas Akhir, Universitas Islam Indonesia.
- Lestari, I.G.A.I. 2014. Karakteristik Tanah Lempung Ekspansif. *Ganec Swara*. Vol.8 No.2:15. Mataram.
- Pranata, A.D., 2013, Pengaruh Waktu Perendaman terhadap Daya Dukung Stabilisasi Tanah Lempung Lunak Menggunakan TX-300,

<http://digilib.unila.ac.id/5697/12/BAB1.pdf>. Diakses 9 Desember 2017).

Upe, Ambo, 2006, Pemanfaatan Fly Ash sebagai Bahan Campuran Pembuatan Portland Pozzoland Cement (PPC). Jurnal Manusia dan Lingkungan. Vol. 13. No.3.

Sudjianto, A. T., 2012, Stabilisasi *Landfill* dengan *Fly Ash*, Widya Teknika, Vol.20 No.2.

Wesley, L. D., 1977, *Mekanika Tanah*, Cetakan ke VI, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.