

STABILISASI TANAH DENGAN MENGGUNAKAN *FLY ASH* DAN PENGARUHNYA TERHADAP NILAI KUAT TEKAN BEBAS (Studi Kasus Jalan Raya Bojonegara, Kab. Serang)

Rama Indera K¹, Enden Mina², Taufik Rahman³

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Jl. Jenderal Sudirman Km.3 Kota Cilegon – Banten Indonesia

rama@untirta.ac.id

INTISARI

Tanah merupakan dasar dari suatu konstruksi bangunan sipil yang menerima dan menahan beban dari suatu struktur di atasnya. Terdapat beberapa masalah yang harus dihadapi oleh seorang insinyur sipil di lapangan, dimana sering didapatkan pada kenyataan bahwa lokasi memiliki karakteristik tanah yang kurang baik, sehingga untuk menambah kekuatan dan memperbaiki daya dukungnya perlu dilakukan upaya stabilisasi pada tanah di lokasi tersebut. Salah satu cara yang digunakan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah menstabilkan tanah dengan meningkatkan daya dukung tanah asli dan mengurangi kembang susutnya. Penambahan *fly ash* merupakan salah satu cara stabilisasi tanah ekspansif yang efektif, karena *fly ash* bersifat pozzolan sehingga dapat mengikat mineral tanah menjadi padat, sehingga mengurangi kembang susut tanah dan menambahkan nilai kekuatan tanah.

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui klasifikasi tanah, indeks plastisitas tanah dan mengetahui pengaruh penambahan *fly ash* terhadap sifat fisik tanah, serta mengetahui nilai kuat tekan bebas tanah dalam kondisi eksisting dan setelah dicampurkan *fly ash*. Kadar air benda uji

diambil dari hasil pemadatan proctor standar dengan variasi campuran *fly ash* 0%, 10%, 20%, dan 30%.

Dari hasil pengujian diperoleh, tanah yang di stabilisasi dengan *fly ash* pada variasi 0%, 10%, 20%, dan 30% menunjukkan adanya peningkatan nilai daya dukung, batas plastis, dan batas cair tanah serta penurunan nilai berat jenis tanah yang. Nilai UCT terbesar terdapat pada tanah campuran dengan kadar *fly ash* sebesar 20% dengan pemeraman selama 21 hari yaitu sebesar 2,55 kg/cm². Penambahan *fly ash* meningkatkan nilai batas plastis dan batas cair serta menurunkan nilai berat jenis.

Kata kunci : *fly ash*, stabilisasi, pemadatan, UCT, Sifat Fisik Tanah.

ABSTRACT

Soil is the foundation of civil construction building to receive and hold the load from a structure on it. There are some problems that must be faced by a civil engineer in the field, which are often faced with the fact that the location has the poor soil characteristic, so to add the soil strength and to improve bearing capacity soil need to be stabilized. One of the methods that used to overcome these problems is stabilizing the soil by increasing the bearing capacity and reduce the swell shrinkage of the soil. The addition of fly ash is one of the methods to stabilize expansive soil, because fly ash is pozzolan, so that it can bind to minerals soil and make the soil stable, thus reducing the swell shrinkage of the soil and add soil strength.

The research aims to find out the classification of the soil, soil plasticity index and find out the influence of addition of fly ash towards the physical properties of the soil, as well as knowing the value of Unconfined Compression Test (UCT) in existing conditions and after mixed with fly ash. Water content for the test taken from standard proctor compaction results with variations of the fly ash mix 0%, 10%, 20%, and 30%.

Based on the result, soil that stabilized by fly ash on a variation of 0%, 10%, 20%, and 30% showed increase of soil strength plastic limits, and liquid limit soil but decrease in the value of specific gravity soil. The largest value of UCT result for soil sample mixed with fly ash levels by 20% and curing for 21 days, the strength value is 2,55 kg/cm². The addition of fly ash increases the value of the plastic limit and the liquid limit, but decrease in the value of specific gravity soil.

Key words: *fly ash, stabilization, UCT, compaction, Soil physical properties.*

1. PENDAHULUAN

Tanah merupakan dasar dari suatu konstruksi bangunan sipil yang berfungsi menerima dan menahan beban dari suatu struktur di atasnya. Pada tanah lunak terdapat dua masalah pokok. Pertama, masalah daya dukung tanah yang rendah. Kedua, masalah penurunan yang besar. Sifat tanah lunak yang lain, yang juga kurang menguntungkan adalah mempunyai kadar air yang tinggi. Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan upaya perbaikan tanah melalui usaha stabilisasi tanah.

Fly ash merupakan satu bahan tambah (*additive*) yang cukup populer saat ini untuk digunakan sebagai pengganti sebagian semen dalam campuran beton dan sebagai bahan untuk stabilisasi tanah ekspansif. Pemanfaatan *fly ash* lebih mudah dari pada *bottom ash* karena *fly ash* ukurannya sudah relatif kecil, sedangkan untuk *bottom ash* yang masih dalam bentuk bongkahan maka harus mengalami perlakuan pengecilan ukuran (*size reduction treatment*) sebelum dimanfaatkan lebih lanjut. Selain itu *bottom ash* yang masih mengandung kalori masih dapat digunakan kembali sebagai bahan bakar, sehingga penggunaan *fly ash* untuk stabilisasi lebih mudah dan lebih melestarikan lingkungan karena *bottom ash* masih dapat digunakan kembali.

Limbah abu batubara yang relatif besar seperti *fly ash* menimbulkan dampak pencemaran yang cukup berbahaya. Sehingga perlu dipikirkan alternatif pemecahan permasalahan pencemaran ini, salah satunya digunakan untuk stabilisasi tanah.

Melihat kerusakan di Jalan Raya Bojonegara menimbulkan pertanyaan, apa jenis dan klasifikasi tanah yang terdapat di jalan Raya Bojonegara dan Berapa nilai kuat tekan bebas tanah sebelum dan sesudah pencampuran tanah dengan *fly ash*.

Dalam penelitian ini Pengujian dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil UNTIRTA Cilegon, Banten. Sampel tanah diambil di daerah Jalan Raya Bojonegara. Diambil satu titik di daerah tersebut. *Fly ash* yang digunakan digunakan untuk pencampuran adalah limbah batu bara dari PT. Toray yang terletak di Kota Tangerang. Pengujian nilai kuat tekan bebas sebelum dan sesudah dicampur *fly ash* untuk mengetahui nilai *Qu*. Kadar persentase campuran *fly ash* bervariasi. Tidak melakukan pengujian kandungan kimia pada tanah, *fly ash* dan air suling. Kadar air yang dipakai untuk semua variasi persentase *fly ash* adalah kadar air optimum tanah tanpa campuran *fly ash*.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui klasifikasi dan indeks plastisitas tanah pada Jalan Raya Bojonegara Kabupaten Serang dengan pengujian fisik tanah dan mengetahui pengaruh penambahan *fly ash* terhadap sifat fisik tanah serta mengetahui nilai kuat tekan bebas tanah dalam kondisi eksisting dan setelah dicampurkan *fly ash* dengan kadar presentase bervariasi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Berikut adalah beberapa penelitian yang berhubungan dengan penelitian ini yaitu:

1. Irhamna (2013) dengan judul Stabilitas Tanah Menggunakan *Fly ash* Terhadap Nilai Daya Dukung CBR. Hasil penelitiannya dengan lamanya pemeraman 28 hari dan kadar *fly ash* sebesar 30% menghasilkan nilai CBR hingga 36.35% yaitu 982.4 % dari tanah asli.
2. Leliana (2015) dengan judul Pengaruh Penambahan *Fly ash* Terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas Pada Tanah Lempung Ekspansif di Daerah Magetan Jawa Timur. Hasil penelitiannya nilai kuat tekan bebas yang paling efektif

sebesar 4,041gr/cm² pada penambahan *fly ash* 10% dari tanah asli, dengan presentase kenaikan sebesar 46,68% per 10% (1% nya naik 4,67%)

3. Cristanto dan Setiawan (2003) dengan judul Pengaruh *Fly Ash* Terhadap Sifat Pengembangan Tanah Ekspansif. Hasil penelitiannya penambahan *fly ash* ke dalam tanah dapat menurunkan specific gravity (Gs) meningkatkan indeks plastisitas (PI), meningkatkan Berat volume kering (*dry density*), menurunkan potensi pengembangan (*swelling potential*) dan menaikkan kekuatan tanah

A. Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah adalah mengelompokkan tanah berdasarkan kategori-kategori dan karakteristik dari masing-masing tanah dengan berbagai cara, menggunakan sebuah alat maupun secara sederhana.

Klasifikasi keteknikan yang paling banyak digunakan adalah klasifikasi *Unified Soil Classification System* (USCS). Klasifikasi USCS memiliki tiga kelompok utama, yaitu tanah dengan ukuran partikel kasar (mengandung pasir dan kerikil), partikel halus (tanah lempung dan liat), dan tanah dengan kadar organik tinggi (misal tanah gambut).

Klasifikasi secara menyeluruh membutuhkan banyak data yang terdiri dari warna, kadar air, kekuatan tekan, batas cair, batas plastis dan sifat lainnya.

B. Kadar Air

Pengukuran kadar air tanah biasanya digunakan pada prosedur uji laboratorium. Jika kadar air tanah digabungkan dengan data uji lain, akan menghasilkan informasi karakteristik tanah yang signifikan. Jika kadar air contoh di lapangan berada di bawah permukaan freatik mendekati batas cair, akan memberikan indikasi bahwa contoh dalam

keadaan alami yang rentan mengalami penurunan konsolidasi yang lebih besar.

Kadar air tanah ialah perbandingan berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat kering tanah tersebut. Kadar air tanah dapat digunakan untuk menghitung parameter sifat-sifat tanah. Rumus untuk menghitung kadar air suatu tanah adalah :

$$\text{Kadar Air Tanah} = \frac{\text{Massa Air}}{\text{Massa tanah kering}} \times 100\%$$

C. Berat Jenis Butir

Pengertian berat jenis butir tanah adalah perbandingan antara massa isi butir tanah dan massa isi air (Standar Nasional Indonesia SNI 1964-2008)

Cara menentukan berat jenis tanah ialah dengan mengukur berat sejumlah tanah yang isinya diketahui. Rumus untuk menghitung nilai *Gs* adalah :

$$G_s = \frac{W_2 - W_1}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)} \times K$$

Keterangan :

W₁ = Berat piknometer kosong (gr)

W₂ = Berat piknometer + contoh tanah kering (gr)

W₃ = Berat piknometer + contoh tanah + air suling (gr)

W₄ = Berat piknometer + air suling (gr)

K = Faktor Koreksi terhadap suhu

D. Batas Cair

Batas cair tanah adalah kadar air minimum di mana sifat suatu tanah berubah dari keadaan cair menjadi plastis. Besaran batas cair digunakan untuk menentukan sifat dan klasifikasi tanah. Percobaan ini berfungsi untuk menentukan batas cair suatu contoh tanah.

E. Batas Plastis

Batas plastis (*plastic limit/PL*) adalah kadar air dimana suatu tanah berubah dari keadaan plastis keadaan semi solid.

Angka Indeks Plastisitas tanah didapat setelah pengujian Batas Cair dan Batas Plastis selesai dilakukan. Angka Indeks Plastisitas Tanah merupakan selisih angka Batas Cair (*liquid limit, LL*) dengan Batas Plastis (*plastic limit, PL*). Rumus Indeks Plastisitas tanah adalah :

$$PI = LL - PL$$

F. Analisa Besar Butir

Analisa saringan adalah suatu usaha untuk mendapatkan ukuran distribusi tanah dengan menggunakan saringan. Sifat-sifat suatu macam tanah tertentu banyak tergantung kepada ukuran butirnya. Oleh karena itu, pengukuran besarnya butiran tanah merupakan suatu percobaan yang sangat penting dilakukan dalam bidang Mekanika Tanah.

G. Kuat Tekan Bebas

Kuat tekan bebas adalah tekanan aksial benda uji pada saat mengalami keruntuhan atau pada saat regangan aksial mencapai 20%.

Cara kerja alat kuat tekan bebas adalah hidrolik mendorong benda uji ke atas sehingga angka dari dial kuat tekan akan naik, selanjutnya nilai maksimal dikalikan dengan kalibrasi dari proving ring dan dibagi dengan luas penampang dari benda uji sehingga didapatlah nilai q_u (kuat tekan bebas) dari tanah tersebut.

H. Stabilitas Tanah

Stabilitas tanah adalah usaha untuk meningkatkan stabilitas dan daya dukung tanah

Menurut Bowles (1984) apabila tanah yang terdapat di lapangan bersifat lepas atau sangat mudah tertekan, atau apabila mempunyai indeks konsistensi yang tidak sesuai, permeabilitas terlalu tinggi, atau sifat lain yang tidak diinginkan sehingga tidak sesuai untuk suatu proyek pembangunan, maka harus dilakukan stabilisasi tanah.

I. Kekuatan Tanah

Kekuatan tanah adalah kekuatan tanah menahan beban atau tekanan, kuat tekan tanah terbagi menjadi 2 bagian, diantaranya kuat tekan bebas dan kuat geser tanah.

J. Fly ash

SNI 03-6414-2002 mendefinisikan *fly ash* / abu terbang adalah limbah hasil pembakaran batu bara pada tungku pembangkit listrik tenaga uap yang berbentuk halus, bundar dan bersifat pozolanik. *Fly ash* dan *bottom ash* merupakan limbah padat yang dihasilkan dari pembakaran batubara pada pembangkit tenaga listrik

Tabel 1. Klasifikasi *Fly ash*

PROPERTIES	JENIS FLY ASH	
	F	C
Kandungan SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , min %	70	50
Kandungan sulfur trioxide (SO ₃), max %	5	5
CaO, %	<10	>10
Loss on ignition, %	6	6

Sumber : ASTM 618-94a, 1994

K. Upaya Stabilitas Tanah Secara Kimiawi

Ada banyak teknik untuk memperbaiki tanah yang kurang menguntungkan bagi pembangunan proyek konstruksi. Salah satu usaha untuk melakukan stabilitas tanah

adalah dengan cara kimiawi. Secara kimiawi artinya penambahan zat kimia tertentu yang dapat memberikan perbaikan pada tanah untuk mengubah sifat-sifat kurang menguntungkan dari tanah. Pada umumnya stabilisasi cara kimiawi adalah jenis usaha yang cukup mahal dan memerlukan ketelitian serta kecermatan tinggi.

3. METODOLOGI PENELITIAN

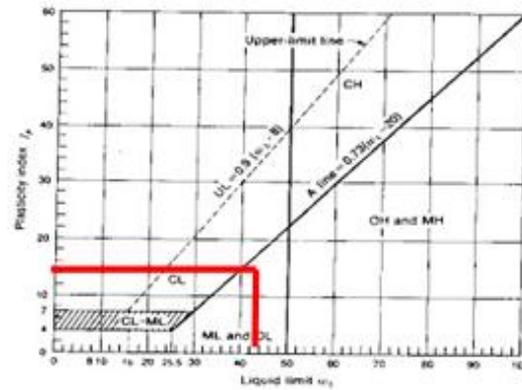
Penelitian dilakukan dengan beberapa tahap, pertama pengujian sifat fisik tanah dan analisa besar butir untuk mengetahui jenis tanah. Selanjutnya melakukan uji pemadatan untuk mengetahui kadar air optimum dan berat isi kering maksimum tanah. Setelah itu melakukan pembuatan benda uji dengan kadar fly ash yang ditentukan yaitu 0%, 10%, 20%, dan 30%. Setelah benda uji jadi, lakukan pemeraman sesuai waktu yang ditentukan yaitu 0, 7, 14, dan 21 hari. Setelah pemeraman selesai maka lakukan uji *Unconfined Compression Test* (UCT), atau disebut juga Uji Kuat Tekan Bebas untuk mendapatkan nilai daya dukung tanah tersebut. Selain uji UCT lakukan juga uji sifat fisik tanah untuk mengetahui pengaruh fly ash terhadap sifat fisik tanah.

4. HASIL DAN ANALISIS

Berikut adalah hasil pengujian analisa besar butir, Batas Plastis, Batas Cair, Kadar Air, serta Berat Jenis tanah tanpa campuran fly ash untuk mengetahui jenis tanah yang diuji :

Tabel 2. Karakteristik Tanah

No	Karakteristik	Nilai
1	Lolos Saringan no. 200	55%
2	Berat Jenis Butir	2,671
3	Kadar Air	8%
4	Batas Cair	43,5%
5	Batas Plastis	27,57%
6	Indeks Plastisitas	15,93%



Gambar 2. Grafik Hubungan Liquid Limit dan Plasticity Index

Sumber : Bowles

Dari hasil pengujian diatas dapat disimpulkan bahwa menurut system klasifikasi unified tanah Jalan Raya Bojonegara termasuk pada golongan tanah campuran lanau organik dan pasir sangat halus, tepung batuan, pasir halus berlanau atau berlempung dengan sedikit plastisitas (ML).

4.1 Pemadatan

Uji pemadatan bertujuan untuk mengetahui nilai kadar air optimum dan berat isi kering maksimum tanah, berikut adalah hasil uji pemadatan :

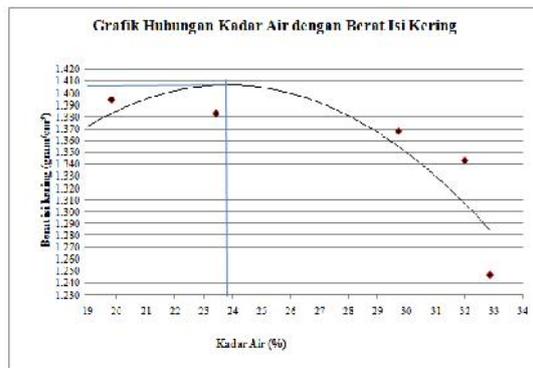
Tabel 3. Hasil Pengujian Pemadatan

Kantong		1	2	3	4	5
Berat Tanah Basah (gr)		2500	2500	2500	2500	2500
Penambahan Air (cc)		400	450	500	550	600
Berat Isi						
Berat Tanah - Cetakan (gr)		5867	5896	5951,5	5950,5	5855,5
Berat Cetakan (gr)		4509	4509	4509	4509	4509
Berat Tanah Basah (gr)		1358	1387	1442,5	1441,5	1346,5
Volume Mold		812,73	812,73	812,73	812,73	812,73
Berat Isi Bersih (γ)		1.671	1.707	1.775	1.774	1.657
Berat Isi Kering	$\frac{Y}{100-w} \times 100$	1.394	1.383	1.368	1.344	1.247

Tabel 4. Kadar Air Pematatan

Kadar Air					
No Cawan	1	2	3	4	5
Tanah Basah+Cawan (gr)	18,5	35	37,3	56,3	39
Tanah Kering+ Cawan (gr)	16,1	30,2	31	45	31,7
Berat Air (gr)	2,4	4,8	6,3	11,3	7,3
Berat Cawan (gr)	4	9,7	9,8	9,7	9,5
Berat Tanah Kering (gr)	12,1	20,5	21,2	35,3	22,2
Kadar Air (gr)	19,83	23,41	29,72	32,01	32,88

Dari hasil diatas maka dapat dibuat grafik dibawah ini :



Gambar 3. Grafik Hubungan Berat Isi Kering dengan Kadar Air

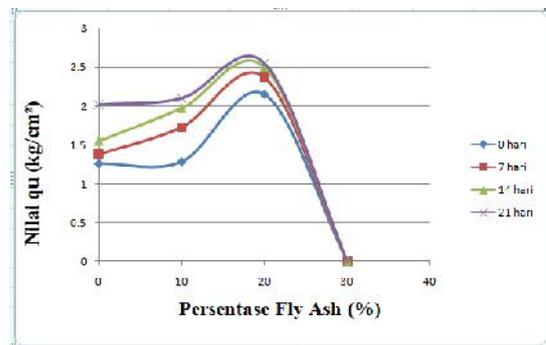
Dari gambar grafik diatas didapat kadar air optimum sebesar 23,8% dan γ_d maksimum sebesar 1.408 gr/cm^3

4.2 Hubungan Nilai q_u dengan Persentase *Fly ash* Terhadap Lama Pemeraman

Berikut adalah perbandingan nilai q_u terhadap persentase *fly ash* :

Tabel 5. Nilai q_u Terhadap Persentase *Fly ash*

Waktu Pemeraman (Hari)	<i>Fly ash</i> (%)	q_u (kg/cm^2)
0	0	1,26
	10	1,285
	20	2,15
	30	0
7	0	1,38
	10	1,73
	20	2,37
	30	0
14	0	1,55
	10	1,975
	20	2,5
	30	0
21	0	2,02
	10	2,1
	20	2,55
	30	0



Gambar 4. Grafik Hubungan Nilai q_u dengan Persentase *Fly ash*

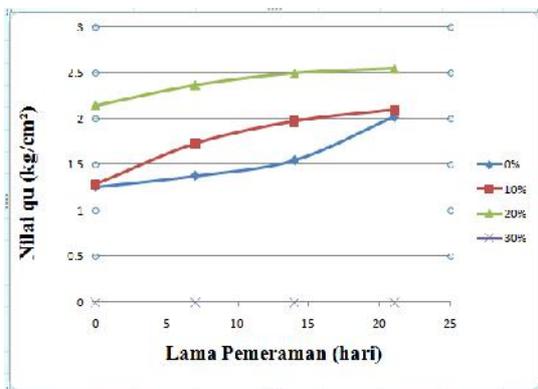
Dari gambar 4 dan tabel 5 bahwa penambahan kadar *fly ash* meningkatkan nilai q_u sampai kadar *fly ash* 20%. Pada kadar 30% benda uji sangat kering sehingga tidak dapat dilakukan uji UCT.

Nilai q_u dengan lama pemeraman terhadap persentase *fly ash*

Berikut adalah perbandingan nilai q_u terhadap lamanya pemeraman:

Tabel 6. Nilai qu terhadap persentase fly ash

Waktu Pemeran (Hari)	Fly ash (%)	qu (kg/cm ²)
0	0	1.26
7		1.38
14		1.55
21		2.02
0	10	1.285
7		1.73
14		1.975
21		2.1
0	20	2.15
7		2.37
14		2.5
21		2.55
0	30	0
7		0
14		0
21		0



Gambar 5. Grafik Hubungan Nilai qu dengan Waktu Pemeraman

Dari gambar 5 dan tabel 6 bahwa pemeraman meningkatkan nilai qu. Pada kadar fly ash 0% terjadi kenaikan yang signifikan namun nilainya masih dibawah tanah dengan campuran fly ash.

4.3 Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah Campuran

Pengujian sifat fisik tanah meliputi uji batas plastis, batas cair, dan berat jenis tanah, berikut adalah hasil dari pengujian tersebut :

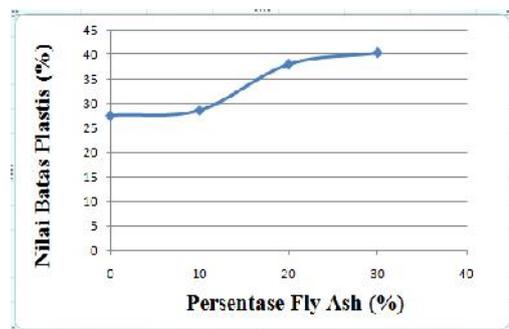
1. Nilai Batas Plastis

Batas plastis (*plastic limit/PL*) adalah kadar air dimana suatu tanah berubah dari keadaan plastis keadaan semi solid. Batas Plastis dihitung berdasarkan persentasi

berat air terhadap berat tanah kering pada benda uji

Tabel 7. Nilai Batas Plastis Terhadap Persentase Fly ash

Fly ash (%)	Batas Plastis (%)
0	27,57
10	28,63
20	38,08
30	40,40



Gambar 6. Grafik Hubungan Persentase Fly ash Terhadap Nilai Batas Plastis

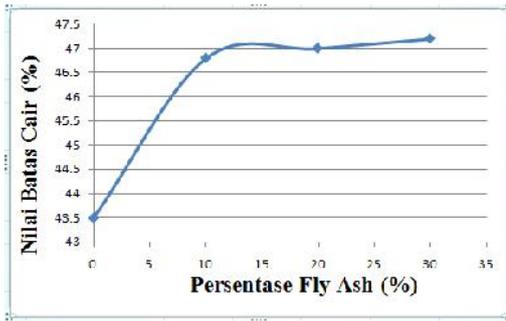
Dari gambar 6 dan tabel 7 diatas dapat dilihat bahwa penambahan fly ash meningkatkan nilai batas plastis tanah.

2. Nilai Batas Cair

Batas cair tanah adalah kadar air minimum di mana sifat suatu tanah berubah dari keadaan cair menjadi plastis

Tabel 8. Nilai Batas Cair terhadap persentase fly ash

Fly ash (%)	Batas Cair (%)
0	43.5
10	46.8
20	47.0
30	47.2



Gambar 7. Grafik Hubungan Nilai Batas Cair dengan Persentase Fly ash

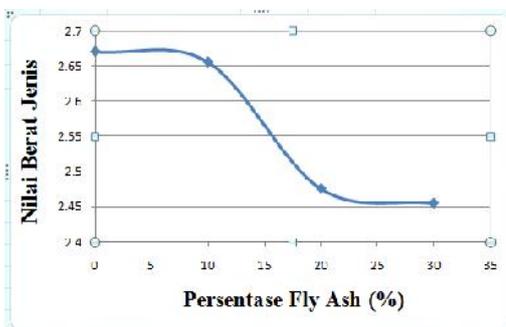
Dari gambar 7 dan tabel 8 diatas dapat dilihat bahwa penambahan fly ash meningkatkan nilai batas cair tanah.

3. Nilai Berat Jenis

Harga-harga berat jenis akan berpengaruh ke beberapa hal seperti kekuatan tanah, berat sendiri tanah, dan penentuan laju sedimentasi, pergerakan partikel oleh air dan angin. Berikut adalah hasil uji berat jenis setelah pencampuran

Tabel 9. Nilai Berat Jenis terhadap persentase fly ash

Fly ash (%)	Gs
0	2.671
10	2.656
20	2.476
30	2.455



Gambar 8. Grafik Hubungan Berat Jenis dengan Persentase Fly ash

Dari gambar 8 dan tabel 9 diatas dapat dilihat bahwa penambahan fly ash menurunkan nilai berat jenis tanah.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian laboratorium didapat kesimpulan sebagai berikut:

- Hasil pengujian fisik tanah menunjukkan bahwa tanah tersebut masuk pada golongan tanah campuran lanau organik dan pasir sangat halus, tepung batuan, pasir halus berlanau atau berlempung dengan sedikit plastisitas (ML).
- Hasil pengujian UCT sebagai berikut : Nilai qu tertinggi didapat dari tanah dengan kadar fly ash sebesar 20% ddengan lama pemeraman selama 21 hari yang menghasilkan nilai qu sebesar 2,55kg/cm², meningkat sebesar 202,38% dari nilai terendah yaitu 1,26 kg/cm².
- Hasil pengujian sifat fisis tanah
 - Penambahan fly ash menaikkan nilai batas plastis, semakin banyak kadar fly ash maka nilai batas plastis semakin besar.
 - Penambahan fly ash menaikkan nilai batas cair, semakin banyak kadar fly ash maka nilai batas cair semakin besar.
 - Penambahan fly ash menurunkan nilai berat jenis, semakin banyak kadar fly ash maka nilai berat jenis semakin kecil.

B. Saran

Penulisan tugas akhir ini masih sangat jauh dari sempurna sehingga diharapkan untuk penelitian tugas akhir selanjutnya:

- Kajian ini dapat dilanjutkan dengan menambahkan campuran material lain selain fly ash, berupa bahan campuran

lainnya seperti abu sekam, , *abu sawit*, semen,dll.

2. Kajian ini dapat dilanjutkan dengan kadar *fly ash* yang lainnya yaitu 21% - 29 % dan menambah waktu perawatannya lebih dari 21 hari untuk mendapatkan nilai optimum pada penelitian ini.
3. Untuk penelitian selanjutnya disarankan mencari kadar air optimum tiap volume campuran *fly ash* dan tanah yang akan digunakan sebagai bahan dasar campuran *fly ash* dan tanah.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Berry, Peter L. 1987 An Introduction to Soil Mechanics. England: McGraw- Hill Book Company
- Bowles, Joseph. (1989). Sifat-sifat fisis dan Geoteknis Tanah. Terjemahan Johan K. Hainim Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Das, Braja M. 1985. Mekanika Tanah (Prinsip-prinsipRekayasaGeoteknis) Jilid Penerbit Erlangga : Jakarta
- Fadilla, Nita. (2014). Pengujian Kuat Tekan Bebas (Unconfined Compression Test) Pada Stabilitas Tanah Lempung Dengan Campuran Semen Dan Abu Sekam Padi oleh
- Hardiyatmo, Hary C. (1992).Mekanika Tanah 1, Jakarta : PT. GramediaPustakaUtama.
- Hardiyatmo, Hary C. (1994). Mekanika Tanah 2, Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Irhamna, Achmad. (2013). Stabilitas Tanah Menggunakan *Fly ash* Terhadap Nilai
- Daya Dukung CBR (Study Kasus Jalan Cibaliung) oleh
- Nasution, Syarifudin. 2000. Perbaikan Tanah. Bandung: Insitut Teknologi Bandung
- Sinaga, Hasoloan H P. 2014. Pengujian Kuat Tekan Bebas Pada Stabiitas Tanah Lempung Dengan Bahan Campuran Semen Dan Abu Cangkang Sawit. Program Studi Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Sulistiyowati, T. (2006). Pengaruh Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif dengan *Fly ash* Terhadap Nilai Daya Dukung CBR. e-journal FT UNRAM, Volume II No. 1, April, Halaman 77-83.
- Sutarman, Encu. 2003. Konsep dan Aplikasi Mekanika Tanah. Bandung :Andi Yogyakarta
- SNI 03-1742-1989, Metode pengujian tentang kepadatan ringan untuk tanah.
- SNI 03-1964-1990, Metode Pengujian tentang berat jenis tanah.
- SNI 03-1965-1990, Metode pengujian tentang kadar air tanah.
- SNI 03-1966-1990, Metode pengujian tentang batas plastis tanah.
- SNI 03-1967-1990, Metode pengujian tentang batas cair tanah.
- SNI 03-1968-1990, Metode pengujian tentang analisis saringan
- Wardani, Sri Prabandiyani Retno (2008). Pemanfaatan Limbah Batubara (*fly ash*) untuk stabilisasi tanah maupun keperluan teknik sipil lainnya dalam mengurangi pencemaran Lingkungan.

Wesley, L.D. (1988). Mekanika Tanah,
Jakarta Selatan :PekerjaanUmum.

<http://www.pu.go.id/satminkal/itjen/peraturan/sni/SNI%2003-1742-1989.pdf>

<http://www.pu.go.id/satminkal/itjen/peraturan/sni/SNI%2003-1744-1989.pdf>

<http://www.pu.go.id/satminkal/itjen/peraturan/sni/SNI%2003-1967-1990.pdf>

<http://www.pu.go.id/satminkal/itjen/peraturan/sni/SNI%2003-1968-1990.pdf>

<http://www.pu.go.id/satminkal/itjen/peraturan/sni/SNI%2003-3423-1994.pdf>