

PENGARUH CAMPURAN LIMBAH BATU BARA (FLY ASH) TERHADAP SIFAT PLASTISITAS TANAH BERDASARKAN UJI CASAGRANDE

Amanta Suci Arti Hayati¹, R. M. Rustamaji², Ahmad Faisal³

^{1.} Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura Pontianak

^{2.3.} Dosen Teknik Sipil, Universitas Tanjungpura Pontianak

Email : contact.amntsci@gmail.com

ABSTRAK

Dalam pembangunan suatu konstruksi, tanah adalah aspek utama yang akan ditinjau, guna mengetahui keadaan tanah agar pembangunan di atasnya aman, dan kokoh. Tanah di Jalan Karet, Kecamatan Pontianak Barat, Kota Pontianak diketahui dalam klasifikasi tanah berdasarkan USCS menunjukkan tanah tersebut tanah lanau anorganik dengan plastisitas tinggi. Plastisitas yang tinggi membuat tanah tersebut mudah mengalami perubahan, dan daya dukung rendah. Permasalahan tanah terutama dapat dilakukan stabilisasi dengan memanfaatkan limbah batu bara (*fly ash*). Tujuan penelitian ini mengetahui pengaruh variasi campuran *fly ash* dan waktu pemeraman terhadap tanah, dan besar perubahan nilai dan sifat plastisitas tanah, serta kriteria tanah yang ditinjau. Variasi *fly ash* yang digunakan yaitu 5%, 10%, 20% 40%, dengan waktu pemeraman tanah, 0, 7, 14, dan 28 hari. Hasil menunjukkan nilai batas cair, mengalami penurunan terbesar pada tanah kadar campuran *fly ash* 40% dengan *curing* 28 hari yaitu 38,282% (persentase penurunan dari tanah asli 39,536) dan indeks palstisitas dari sampel uji tanah yang mengalami penurunan terbesar pada sampel dengan kadar campuran *fly ash* 40% dengan *curing* 28 hari yaitu 11,878% (persentase penurunan dari tanah asli 59,819%).

Kata kunci : batas cair, fly ash, indeks plastisitas, sifat plastisitas tanah

ABSTRACT

In the development of construction, soil is the main aspect which will be investigated, in order to determine the condition of the soil so that the construction on it is safe, and sturdy. Based on USCS, soil on Jalan Karet, West Pontianak District in Pontianak City is considered as inorganic silt soil with high plasticity. High plasticity makes the soil easy to change, and the carrying capacity is low. Moreover, soil problems as mentioned above can be stabilized by using fly ash. The purpose of this study is that to determine the effect of variations in fly ash mixture and curing time on the soil, and the number of value change and soil plasticity, as well as the criteria of the soil which is investigated. Furthermore, variations of fly ash used were 5%, 10%, 20%, and 40%, with curing time of 0, 7, 14, and 28 days. The results show that the liquid limit value experience the greatest decrease in the 40% fly ash mixed soil with 28 days curing which is 38.282% (percentage decrease from the original soil 39.536) and the plasticity index of the soil test sample which experience the greatest decrease in the sample with fly ash mixture content 40% with 28 days curing which is 11.878% (percentage decrease from the original soil 59.819%).

Keywords: liquid limit, fly ash, plasticity index, soil plasticity

I. PENDAHULUAN

Dalam pembangunan suatu konstruksi, tanah adalah aspek utama yang akan ditinjau, guna mengetahui keadaan tanah agar pembangunan di atasnya aman, dan kokoh. Namun tidak semua tanah diketahui layak untuk menopang bangunan di atasnya. Beberapa permasalahan seperti tanah dengan perubahan volume yang besar, plastisitas yang tinggi, maupun daya dukung tanah yang rendah, menjadi persoalan yang sering dijumpai. Sehingga perlu

dilakukan pengujian tanah guna mengetahui kriteria tanah, untuk mengambil keputusan yang tepat dalam menyelesaikan persoalan tanah. Tanah di Jalan Karet, Kecamatan Pontianak Barat, Kota Pontianak diketahui dalam klasifikasi tanah berdasarkan USCS menunjukkan tanah tersebut tanah lanau anorganik dengan plastisitas tinggi. Plastisitas yang tinggi membuat tanah tersebut mudah mengalami perubahan, dan daya dukung rendah Karena berkembangnya ilmu rekayasa, terutama dibidang geoteknik, permasalahan

perbaikan tanah dapat dilakukan stabilisasi dengan memanfaatkan limbah batu bara (*fly ash*). .

Untuk mengetahui keadaan tanah guna pembangunan suatu kosntruksi diatasnya, maka dilakukan pengujian untuk mengetahui perubahan sifat plastisitas tanah, sebelum pencampuran *fly ash*. Pemeriksaan batas cair, batas plastis, dan batas susut menggunakan alat casagrande. Pada penelitian ini, penulis ingin mengetahui perubahan nilai plastisitas tanah, akibat pengaruh pencampuran *fly ash*, serta perbedaan waktu *curing* setiap campuran, yang mempengaruhi sifat plastisitas tanah. Sampel tanah yang dipersiapkan yaitu tanah dengan campuran *fly ash* dengan kadar 5%, 10%, 20%, dan 40%, serta waktu pemeraman (*curing time*) selama, 0 hari, 7 hari, 14 hari, dan 28 hari.

Tinjauan Pustaka

1. Definisi Tanah

Tanah didefinisikan sebagai 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,1998)

2. Kadar Air (ASTM D2216-98)

Kadar air tanah ($w\%$) yaitu perbandingan diantara berat air (W_w) tanah dan berat butiran (W_s) tanah. satuan dari hasil nilai kadar air suatu tanah dinyatakan berupa kedalam satuan persen. Persamaan kadar air tanah atau ($w\%$)

3. Berat Jenis (ASTM D2167)

Berat Jenis Tanah (G_s) dapat diartikan sebagai perbandingan di antara berat suatu volume butiran tanah (γ_s) dengan berat suatu volume air (γ_w) dengan isi tanah yang sama yang terdapat pada temperatur tertentu. Nilai yang terdapat disuatu dari berat jenis tanah tidak mempunyai satuan (tidak berdimensi).

4. Batas-batas Atterberg (ASTM D-4318)

G. Dajtmiko Soedarmo & S.J. Edy Purnomo (1997) menyatakan bahwa batas cair dan batas plastis tidak secara langsung memberi angka-angka yang dapat dipakai dalam perhitungan perencanaan yang diperoleh dari percobaan batas-batas Atterberg ini adalah suatu gambaran secara garis besar sifat-sifat tanah yang bersangkutan. Tanah yang batas cairnya tinggi biasanya mempunyai sifat teknik yang buruk, yaitu kekuatan/daya dukung tanah yang rendah, pemampatan (*compressibility*) tinggi dan sulit memadatkannya.

Batas cair yaitu ketika tanah berada diantara kondisi cair dan plastis ditandai ketika diuji menggunakan casagrande, tanah yang terpisah oleh *grove* sepanjang 1 cm pada ketukan 25.

Batas plastis tanah yaitu kadar air ketika tanah tanah dalam keadaan plastis batas terendah. Untuk mendapat plastis terendah dilakukan dengan menggulung tanah dengan diameter ± 3 mm sampai tanah mulai retak di seluruh gulungan.

Batas susut tanah yaitu sebagai kadar air pada kedudukan antara daerah semi plastis dan padat, yaitu persentase kadar air dimana pengurangan kadar air selanjutnya tidak mengakibatkan perubahan volume tanah.

Indeks plastisitas (PI) merupakan interval kadar air dimana tanah masih bersifat plastis. Karena itu, indeks plastisitas menunjukkan sifat keplastisan tanah. Jika tanah mempunyai PI tinggi, maka tanah mengandung banyak butiran lempung. Jika PI rendah, seperti lanau, sedikit pengurangan kadar air berakibat tanah menjadi kering.

Tabel 1. Nilai Indeks Plastisitas (Sumber: Hardiyatmo, 1992)

PI	Sifat	Macam Tanah	Kohesi
0	Non Plastis	Pasir	Non - Kohesif
< 7	Platisitas Rendah	Lanau	Kohesif Sebagian
7-17	Plastisitas Sedang	Lempung Berlanau	Kohesif
> 17	Plastisitas Tinggi	Lempung	Kohesif

5. Analisa Saringan dan Hidrometer

Sifat-sifat tanah sangat tergantung pada ukuran butirannya. Besar butiran dijadikan dasar untuk pemberian nama dan klasifikasi tanahnya. Maksud pengujian ini adalah untuk menentukan distribusi ukuran butir-butir tanah untuk tanah yang tidak mengandung butir tertahan saringan No. 10 pemeriksaan dilakukan dengan pemeriksaan analisa Hidrometer, sedangkan ukiran butir yang tertahan saringan No. 200 atau 0,075 mm dilakukan dengan analisa saringan.

6. Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tetapi mempunyai sifat yang serupa kedalam kelompok-kelompok berdasarkan pemakaiannya. Sistem klasifikasi memberikan suatu bahasa yang mudah untuk menjelaskan secara singkat sifat-sifat umum tanah yang sangat bervariasi tanpa penjelasan yang terinci (Das, 1995). Tujuan klasifikasi tanah adalah untuk menentukan kesesuaian terhadap pemakaian tertentu, serta untuk menginformasikan tentang keadaan tanah dari suatu daerah kepada daerah lainnya dalam bentuk berupa data dasar. Jenis dan sifat tanah yang sangat bervariasi ditentukan oleh perbandingan banyak fraksi-fraksi, sifat plastisitas

butir halus. Dalam penelitian ini menggunakan system klasifikasi USDA, USCS, dan AASHTO

7. Abu Terbang (*Fly Ash*)

Limbah batu bara (*fly ash*) adalah material yang memiliki ukuran butiran yang halus berwarna keabu-abuan dan diperoleh dari hasil pembakaran batu bara (Wardani,2008). *Fly ash* atau abu terbang merupakan limbah batu bara yang terbang terbawa oleh gas. Penggunaan *fly ash* dalam ilmu Teknik Sipil di Indonesia tidak bisa optimal dikarenakan *fly ash* termasuk limbah B3 (PP No. 85 tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun). Menurut ASTM C618 *fly ash* dibagi menjadi dua kelas yaitu *fly ash* kelas F dan kelas C.

Tabel 2. Klasifikasi *Fly Ash*

Properties	Kelas		
	F	C	N
SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , min %	70	50	70
SO ₃ max %	5	5	4
CaO %	10	10	3
Loss of Ignition, Max %	6	6	10

II. METODOLOGI PENELITIAN

Tahap Penelitian

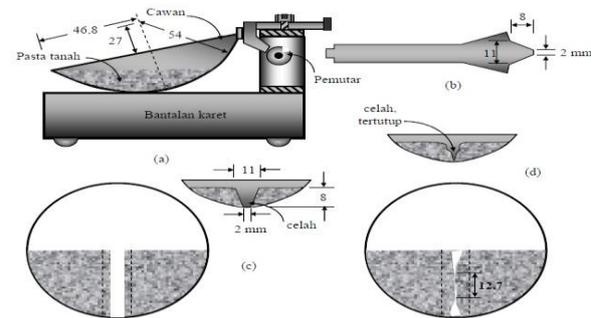
Dalam penelitian yang dilakukan, pengambilan sampel tanah terganggu (*disturb soil*) dan tidak terganggu (*undisturb soil*) menggunakan *hand bor*, dengan kedalaman 0,5 sampai 1 meter. Kemudian tanah dibawa ke laboratorium untuk dilakukan pengujian sampel. Pengujian di laboratorium terhadap tanah ada beberapa tahap, yaitu:

1. Pengujian tanah tanpa pemeraman (*curing*)
 - Kadar Air (ASTM D2216-98)
 - Berat Volume (ASTM D2167)
 - Analisa Saringan (ASTM 152)
 - Berat Jenis (ASTM D854-58)
 - Batas Atterberg (ASTM D-4318)
2. Pengujian tanah dengan pemeraman (*curing*) dan campuran *fly ash*
 - Berat Jenis (ASTM D854-58)
 - Analisa Saringan (ASTM 152)
 - Batas Atterberg (ASTM D-4318)

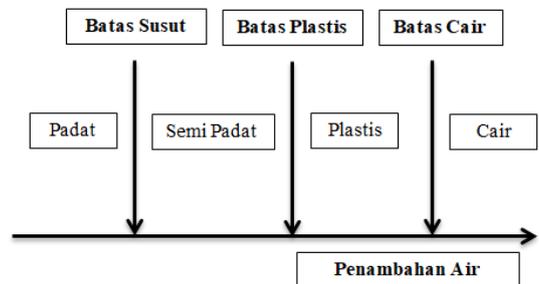
Tabel 3. Variasi Campuran Tanah

Variasi Campuran	Variasi Pemeraman (Hari)
Tanah 100%	0
Tanah 95% + <i>Fly Ash</i> 5%	0, 7, 14, 28
Tanah 90% + <i>Fly Ash</i> 10%	0, 7, 14, 28
Tanah 80% + <i>Fly Ash</i> 20%	0, 7, 14, 28
Tanah 60% + <i>Fly Ash</i> 40%	0, 7, 14, 31

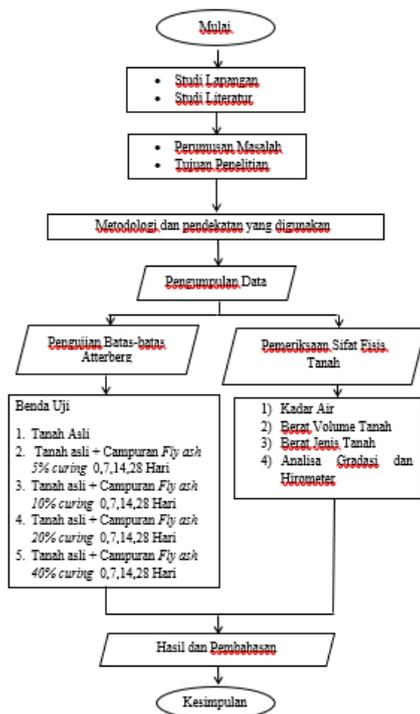
Alat Casagrande merupakan alat yang digunakan dalam pengujian Atterberg Limit. Ada tiga parameter dalam mencari nilai batas *atterberg limits* yaitu batas cair, batas plastis dan batas susut.



Gambar 1. Alat Casagrande, (a) keadaan tanah saat uji batas cair, (b) *grooving tool*, (c) tanah sebelum pengujian, (d) tanah sesudah pengujian



Gambar 2. Kedudukan batas cair, batas plasti dan batas susut sesuai dengan penambahan air.



Gambar 3. Alur Penelitian

III. HASIL DAN ANALISA DATA

Hasil Analisa Bahan Additive Fly Ash

Tabel 4. Hasil Analisa Kimia Fly Ash

No	Characteristics	Result (%)
1	SiO ₂	23,89
2	Al ₂ O ₃	11,19
3	Fe ₂ O ₃	17,62
4	CaO	12,71
5	MgO	1,98
6	SO ₃	2,44
7	Na ₂ O	8,90
8	K ₂ O	6,69
9	Loss of Ignition	12,06
10	Total Moisture	0,47

$$\text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3, \text{Fe}_2\text{O}_3 = 23,89 + 11,19 + 17,62 = 52,7\%$$

$$\text{SO}_3 = 2,44\% < 5\%$$

$$\text{CaO} = 12,71\% > 10\%$$

Berdasarkan hasil pengujian mengenai kandungan fly ash pada tabel 4 dan persyaratan fly ash pada tabel 2, didapatkan klasifikasi fly ash menurut ASTM 618 termasuk kelas C

Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Tanah Asli

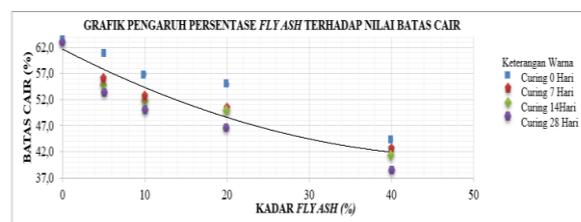
Tabel 5. Hasil Pengujian Tanah Asli

No	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian
1	Kadar Air (w = %)	102
2	Berat Volum ($\gamma_d = \text{gr/cm}^3$)	1,42
3	Berat Jenis (Gs)	2,503
4	Batas Cair (LL=%)	63,313
5	Batas Plastis (PL = %)	33,751
6	Indeks Plastisitas (IP = %)	29,562
7	Batas Susut (SL=%)	23,839
8	Pemeriksaan Analisa Gradasi Distribusi Butir (%)	
	· Pasir	17,7
	· Lempung	62,5
	· Lanau	19,8

Hasil Pengaruh Penambahan Fly Ash Terhadap Nilai Batas Cair

Tabel 6. Hasil Nilai Batas Cair Berdasarkan Kadar Fly Ash

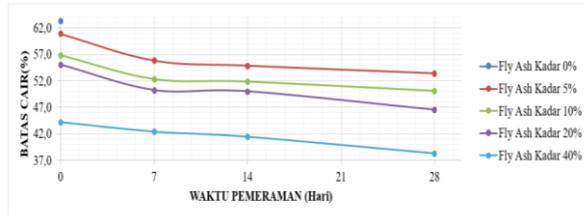
Fly Ash (%)	Nilai Batas Cair			
	Tanah Non Curing	Tanah Curing 7 Hari	Tanah Curing 14 Hari	Tanah Curing 28 Hari
0	63,31	63,31	63,31	63,31
5	60,84	55,78	54,83	53,37
10	56,79	52,34	51,86	50,13
20	55,03	50,24	50,00	46,53
40	44,22	42,41	41,43	38,28



Gambar 4. Grafik Batas Cair berdasarkan Kadar Fly Ash

Tabel 7. Hasil Nilai Batas Cair Berdasarkan Pemeraman

Curing (Hari)	Nilai Batas Cair (%)				
	Fly Ash	Fly Ash	Fly Ash	Fly Ash	Fly Ash
	0%	5%	10%	20%	40%
0		60,84	56,79	55,03	44,22
7	63,31	55,78	52,34	50,24	42,41
14		54,83	51,86	50,00	41,43
28		53,37	50,13	46,53	38,28



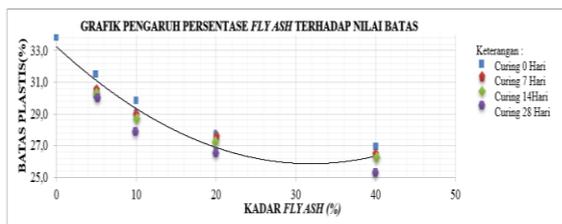
Gambar 5. Grafik Batas Cair berdasarkan Waktu Pemeraman

Dari grafik diatas, diketahui nilai batas cair mengalami penurunan, baik *non curing*, maupun *curing* 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Penurunan nilai batas cair dikarenakan nilai Cao pada *fly ash* yang besar, sehingga ketika diuji nilai batas cair, Cao bereaksi dengan air dan tanah membuat tanah tersebut mengeras dengan cepat, selain itu karena dalam *fly ash* yang digunakan kelas C yang mempunyai sifat *self cementing*. Persentase penurunan nilai batas cair dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Hasil Pengaruh Penambahan Fly Ash Terhadap Nilai Batas Plastis

Tabel 8. Hasil Nilai Batas Plastis Berdasarkan Kadar Fly Ash

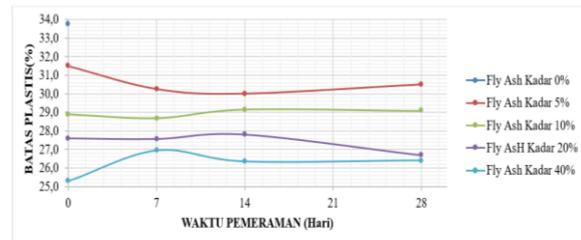
Fly Ash (%)	Batas Plastis (%)			
	Curing	Curing	Curing	Curing
	0 Hari	7 Hari	14 Hari	28 Hari
0	33,75	33,75	33,75	33,75
5	31,49	30,27	30,03	30,52
10	28,89	28,67	29,16	29,08
20	27,61	27,57	27,81	26,69
40	25,28	26,94	26,35	26,40



Gambar 6. Grafik Batas Plastis Berdasarkan Kadar Fly Ash

Tabel 9. Hasil Nilai Batas Plastis Berdasarkan Pemeraman

Curing (Hari)	Batas Plastis (%)				
	Fly Ash	Fly Ash	Fly Ash	Fly Ash	Fly Ash
	0%	5%	10%	20%	40%
0		31,49	28,89	27,61	25,28
7	33,75	30,27	28,67	27,57	26,94
14		30,03	29,16	27,81	26,35
28		30,52	29,08	26,69	26,40



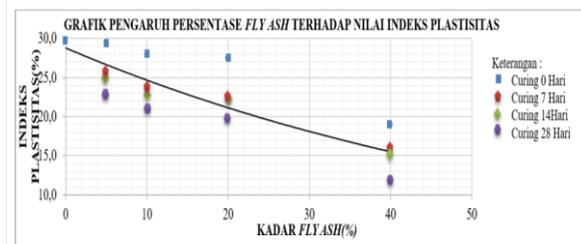
Gambar 7. Grafik Batas Plastis berdasarkan Waktu Pemeraman

Grafik diatas, menunjukkan nilai batas plastis cenderung mengalami penurunan, dengan bertambahnya *fly ash*. Hal ini disebabkan ketika air dicampurkan kedalam campuran tanah dan *fly ash* air tersebut jauh lebih cepat mengikat *fly ash* dibandingkan tanah.

Hasil Pengaruh Penambahan Fly Ash Terhadap Nilai Indeks Plastisitas

Tabel 10. Hasil Nilai Indeks Plastisitas Berdasarkan Kadar Fly Ash

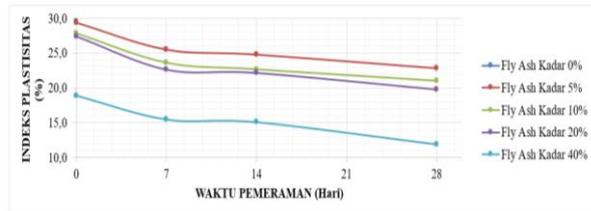
Fly Ash (%)	Indeks Plastisitas (%)			
	Curing	Curing	Curing	Curing
	0 Hari	7 Hari	14 Hari	28 Hari
0	29,56	29,56	29,56	29,56
5	29,35	25,51	24,80	22,86
10	27,89	23,66	22,70	21,05
20	27,42	22,67	22,19	19,84
40	18,93	15,48	15,09	11,88



Gambar 8. Grafik Indeks Plastisitas berdasarkan Kadar Fly Ash

Tabel 11. Hasil Nilai Batas Plastis Berdasarkan Pemeraman

Curing (Hari)	Indeks Plastisitas (%)				
	Fly Ash	Fly Ash	Fly Ash	Fly Ash	Fly Ash
	0%	5%	10%	20%	40%
0		29,35	27,89	27,42	18,93
7	29,56	25,51	23,66	22,67	15,48
14		24,80	22,70	22,19	15,09
28		22,86	21,05	19,84	11,88



Gambar 9. Grafik Indeks Plastisitas berdasarkan Pemeraman

Penurunan indeks plastisitas dari grafik diatas, dikarenakan penurunan batas cair yang cenderung meningkat dengan bertambahnya kadar fly ash pada tanah, dan waktu pemeraman, serta penurunan batas plastis, maka nilai indeks plastisitas menurun. Nilai indeks plastisitas merupakan selisih dari nilai batas cair dikurangi nilai batas plastis.

Tabel 12. Rekapitulasi Nilai Indeks Plastisitas

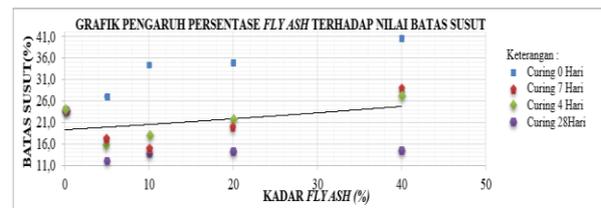
SAMPSEL	PI (%)	PERSENTASE PENURUNAN INDEKS PLASTISITAS (%)	
CURING 0 HARI	T.A 100% + F.A 0%	29,56	0,00
	T.A 95% + F.A 5%	29,35	0,71
	T.A 90% + F.A 10%	27,89	5,65
	T.A 80% + F.A 20%	27,42	7,23
	T.A 60% + F.A 40%	18,93	35,95
	CURING 7 HARI	T.A 95% + F.A 5%	25,51
T.A 90% + F.A 10%		23,66	19,95
T.A 80% + F.A 20%		22,67	23,33
T.A 60% + F.A 40%		15,48	47,64
CURING 14 HARI	T.A 95% + F.A 5%	24,80	16,12
	T.A 90% + F.A 10%	22,70	23,20

SAMPSEL	PI (%)	PERSENTASE PENURUNAN INDEKS PLASTISITAS (%)
T.A 80% + F.A 20%	22,19	24,93
T.A 60% + F.A 40%	15,09	48,96
T.A 95% + F.A 5%	22,86	22,68
T.A 90% + F.A 10%	21,05	28,80
T.A 80% + F.A 20%	19,84	32,90
T.A 60% + F.A 40%	11,88	59,82

Hasil Pengaruh Penambahan Fly Ash Terhadap Nilai Batas Susut

Tabel 13. Hasil Nilai Batas Susut Berdasarkan Kadar Fly Ash

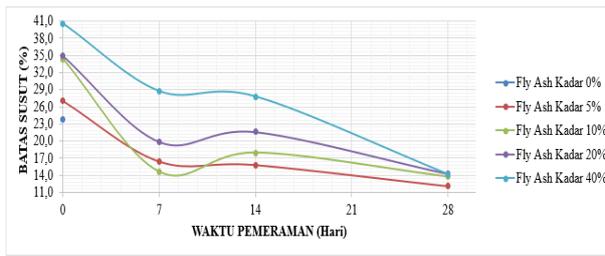
Fly Ash (%)	Batas Susut (%)			
	Curing 0 Hari	Curing 7 Hari	Curing 14 Hari	Curing 28 Hari
0	23,84	23,84	23,84	23,84
5	28,15	26,61	23,67	21,91
10	27,73	19,28	18,42	13,12
20	24,49	28,38	27,54	21,01
40	33,74	31,86	27,75	14,34



Gambar 10. Grafik Batas Susut Berdasarkan Kadar Fly Ash

Tabel 14. Hasil Nilai Batas Susut Berdasarkan Waktu Pemeraman

Curing (Hari)	Batas Susut (%)				
	Fly Ash 0%	Fly Ash 5%	Fly Ash 10%	Fly Ash 20%	Fly Ash 40%
0		27,04	34,33	34,91	40,58
7	23,84	16,43	14,57	19,85	28,73
14		15,81	17,95	21,58	27,79
28		12,10	13,73	14,23	14,16

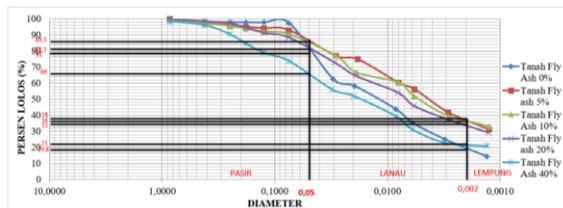


Gambar 11. Grafik Batas Susut Berdasarkan Waktu Pemeraman

Dari dua grafik nilai batas susut, diketahui bahwa hampir semua pemeraman terdapat kenaikan nilai batas susut (persentase yang bernilai negatif berarti kenaikan nilai), terutama pada tanah dengan campuran *fly ash* tanpa pemeraman (*curing*). Namun pada tanah dengan pemeraman 28 hari, tanah dengan kadar *fly ash* 5%, 10%, 20%, 40% cenderung mengalami penurunan. Penurunan terbesar nilai batas susut terjadi pada tanah, pemeraman (*curing*) 28 hari, dengan kadar *fly ash* 5%.

Pengklasifikasian Tanah Metode USDA

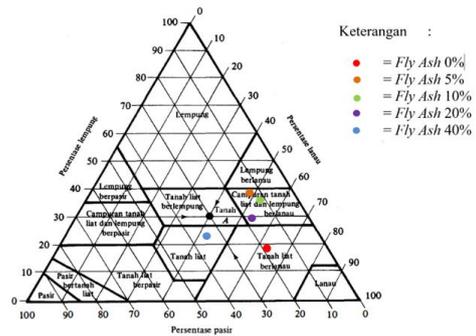
Dari semua sampel tanah, masing-masing variasi campuran dan waktu *curing* berbeda, diperiksa distribusi ukuran butir dan berat jenis tanahnya. Dari hasil pemeriksaan, diperoleh data analisa distribusi butir dan hidrometer kemudian mengklasifikasi berdasarkan USDA.



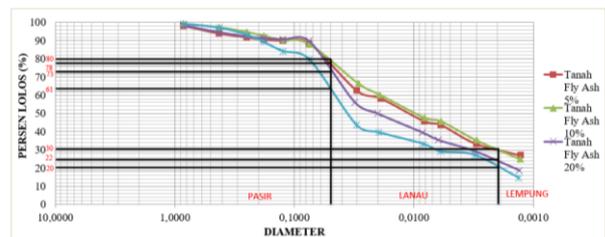
Gambar 12. Sieve Analysis Chart Tanah dengan Curing 0 Hari

Tabel 15. Hasil Pengujian Analisa Saringan Distribusi Butir Tanah dengan Curing 0 Hari

CURING 0 HARI	JENIS BUTIRAN (%)		
	PASIR	LANAU	LEMPUNG
T.A 100% +F.A 0%	17,7	62,5	19,8
T.A 95% + F.A 5%	13,7	49,3	37
T.A 90% + F.A 10%	13,7	50,3	36
T.A 80% + F.A 20%	19	47,1	33,9
T.A 60% + F.A 40%	34	45	21



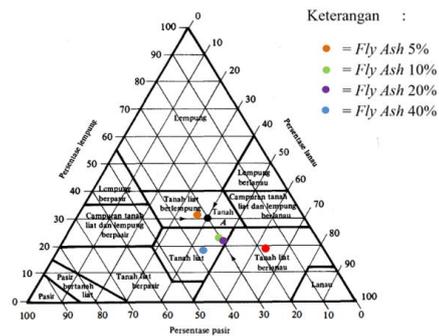
Gambar 13. Grafik Segitiga Pengklasifikasian Empat Variasi Campuran Fly Ash Tanah Curing 0 Hari dengan Metode USDA



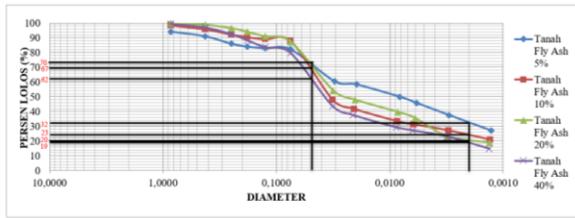
Gambar 14. Sieve Analysis Chart Tanah dengan Curing 7 Hari

Tabel 16. Hasil Pengujian Analisa Saringan Distribusi Butir Tanah dengan Curing 7 Hari

CURING 7 HARI	JENIS BUTIRAN (%)		
	PASIR	LANAU	LEMPUNG
T.A 95% + F.A 5%	22	48	30
T.A 90% + F.A 10%	20	50	30
T.A 80% + F.A 20%	27	51	22
T.A 60% + F.A 40%	39	41	20



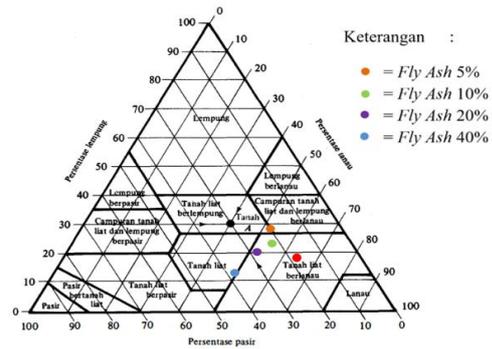
Gambar 15. Grafik Segitiga Pengklasifikasian Empat Variasi Campuran Fly Ash Tanah Curing 7 Hari dengan Metode USDA



Gambar 16. Sieve Analysis Chart Tanah dengan Curing 14 Hari

Tabel 17. Hasil Pengujian Analisa Saringan Distribusi Butir Tanah dengan Curing 14 Hari

CURING 14 HARI	JENIS BUTIRAN (%)		
	PASIR	LANAU	LEMPUNG
T.A 95% + F.A 5%	33	35	32
T.A 90% + F.A 10%	30	47	23
T.A 80% + F.A 20%	30	49,2	20,8
T.A 60% + F.A 40%	38	43,0	19

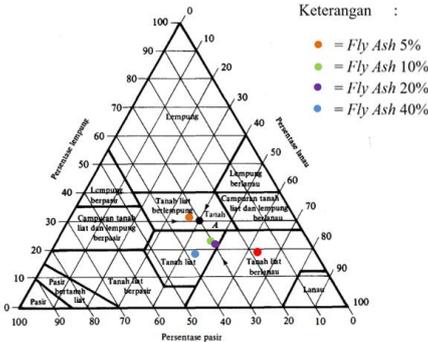


Gambar 19. Grafik Segitiga Pengklasifikasian Empat Variasi Campuran Fly Ash Tanah Curing 28 Hari Metode USDA

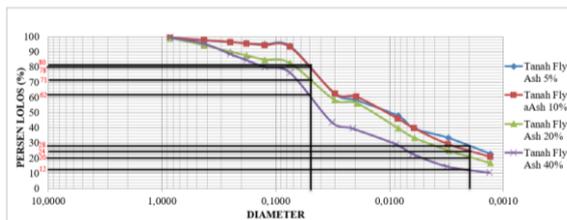
Pengklasifikasian Tanah Metode USCS

Keterangan:

- ▲ : Fly Ash 0%
- : Fly Ash 5%
- : Fly Ash 10%
- : Fly Ash 20%
- : Fly Ash 40%



Gambar 17. Grafik Segitiga Pengklasifikasian Empat Variasi Campuran Fly Ash Tanah Curing 14 Hari dengan Metode USDA



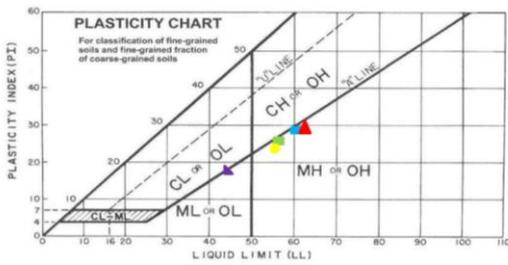
Gambar 18. Sieve Analysis Chart Tanah dengan Curing 7 Hari

Tabel 18. Hasil Pengujian Analisa Saringan Distribusi Butir Tanah dengan Curing 28 Hari

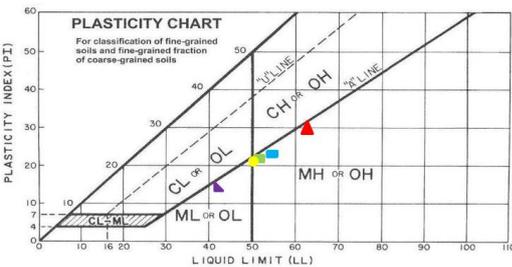
CURING 28 HARI	JENIS BUTIRAN (%)		
	PASIR	LANAU	LEMPUNG
T.A 95% + F.A 5%	20	52	28
T.A 90% + F.A 10%	22	54	24
T.A 80% + F.A 20%	29	51	20
T.A 60% + F.A 40%	38	50	12

Tabel 19. Nilai Batas Cair dan Indeks Plastisitas

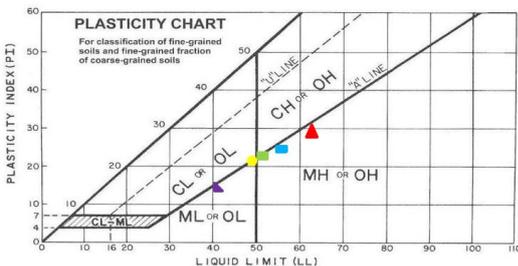
CURING	SAMPEL	LL (%)	IP (%)
0 HARI	T.A 100% + F.A 0%	63,31	29,56
	T.A 95% + F.A 5%	60,84	29,35
	T.A 90% + F.A 10%	56,79	27,89
	T.A 80% + F.A 20%	55,03	27,42
7 HARI	T.A 60% + F.A 40%	44,22	18,93
	T.A 95% + F.A 5%	55,78	25,51
	T.A 90% + F.A 10%	52,34	23,66
	T.A 80% + F.A 20%	50,24	22,67
14 HARI	T.A 60% + F.A 40%	42,41	15,48
	T.A 95% + F.A 5%	54,83	24,80
	T.A 90% + F.A 10%	51,86	22,70
	T.A 80% + F.A 20%	50,00	22,19
28 HARI	T.A 60% + F.A 40%	41,43	15,09
	T.A 95% + F.A 5%	53,37	22,86
	T.A 90% + F.A 10%	50,13	21,05
	T.A 80% + F.A 20%	46,53	19,84
	T.A 60% + F.A 40%	38,28	11,88



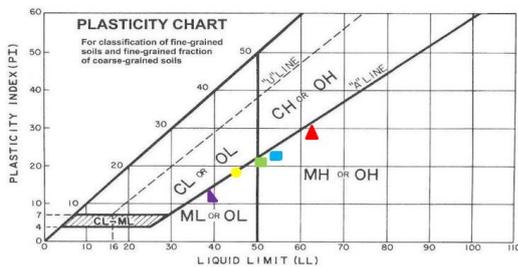
Gambar 20. Grafik Klasifikasi Tanah, Empat Variasi Campuran Fly Ash Tanah Curing 0 Hari Dengan Metode Unified/ USCS



Gambar 21. Grafik Klasifikasi Tanah, Empat Variasi Campuran Fly Ash Tanah Curing 7 Hari Dengan Metode Unified/ USCS



Gambar 22. Grafik Klasifikasi Tanah, Empat Variasi Campuran Fly Ash Tanah Curing 14 Hari Dengan Metode Unified/ USCS



Gambar 23. Grafik Klasifikasi Tanah, Empat Variasi Campuran Fly Ash Tanah Curing 28 Hari Dengan Metode Unified/ USCS

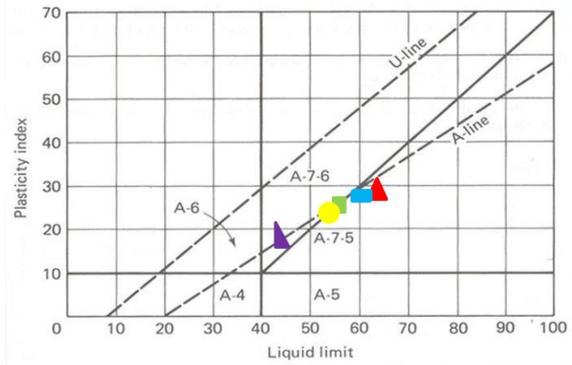
Dari empat grafik diatas menunjukkan perubahan posisi dalam menentukan klasifikasi tanah menurut USCS. Karena bertambahnya kadar fly ash dan waktu curing, terjadi perubahan nilai batas cair, dan nilai

indeks plastisitas membuat titik cenderung ke kiri dan ke bawah.

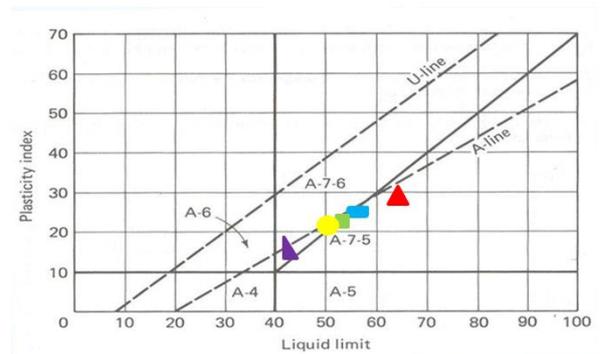
Pengklasifikasian Tanah Metode AASHTO

Keterangan:

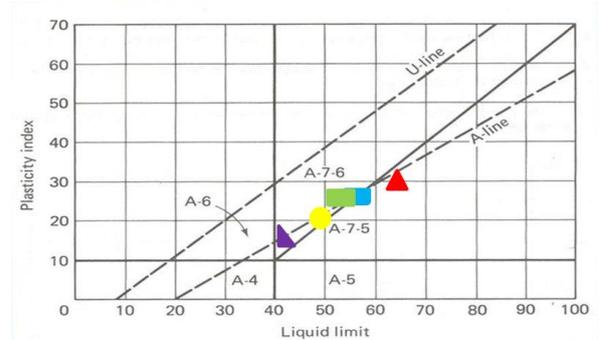
- ▲ : Fly Ash 0%
- : Fly Ash 5%
- : Fly Ash 10%
- : Fly Ash 20%
- ▲ : Fly Ash 40%



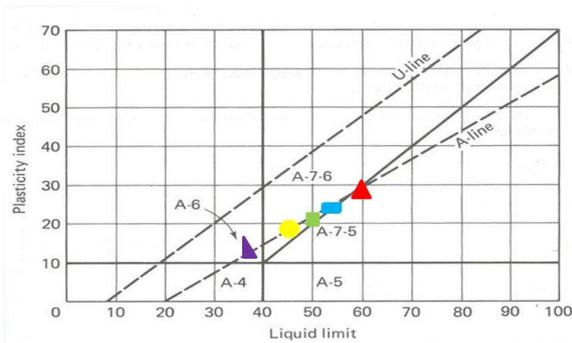
Gambar 24. Grafik Klasifikasi Tanah, Empat Variasi Campuran Fly Ash Tanah Curing 0 Hari Dengan Metode AASHTO



Gambar 25. Grafik Klasifikasi Tanah, Empat Variasi Campuran Fly Ash Tanah Curing 7 Hari Dengan Metode AASHTO



Gambar 26. Grafik Klasifikasi Tanah, Empat Variasi Campuran Fly Ash Tanah Curing 14 Hari Dengan Metode AASHTO



Gambar 27. Grafik Klasifikasi Tanah, Empat Variasi Campuran Fly Ash Tanah Curing 287 Hari Dengan Metode AASHTO

Dari empat grafik diatas menunjukkan perubahan titik klasifikasi tanah menurut AASHTO, dan cenderung bergeser ke kiri. Hal ini disebabkan oleh perubahan nilai batas cair dengan bertambahnya kadar fly ash dan waktu curing yang berbeda, dengan penurunan indeks plastisitas juga, membuat titik tersebut menjadi ke bawah.

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan di laboratorium, dan melakukan analisa pembahasan, terhadap tanah yang dicampuri fly ash, dan waktu curing berbeda, dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Berdasarkan hasil penelitian, semakin besar kadar fly ash, yang ditambahkan pada tanah dan waktu pemeraman (curing) yang lama, maka nilai plastisitas tanah semakin mengecil/menurun. Hal ini disebabkan dengan perubahan nilai batas cair dan batas plastis yang membuat indeks plastisitas tanah menurun. Sehingga sifat plastisitas tanah mengalami perubahan. Nilai indeks plastisitas mengalami penurunan terbesar terjadi ada sampel tanah kadar fly ash 40% dan curing time 28 hari dengan nilai 11,878% (besarnya persentase penurunan 59,819%) dan plastisitas berubah menjadi plastisitas sedang.
- Hasil dari penelitian yang menunjukkan perubahan terbesar berdasarkan kadar fly ash dan waktu pemeraman (curing).
 - Nilai batas cair yang mengalami penurunan terbesar terdapat pada tanah dengan campuran kadar fly ash 40% dengan waktu pemeraman 28 hari dengan nilai 38,282% (besarnya persentase penurunan dari tanah asli 39,536%)
 - Nilai batas plastis yang mengalami penurunan terbesar terdapat pada tanah dengan campuran kadar fly ash 40% dengan waktu pemeraman 0 hari dengan nilai 25,283% (besarnya persentase penurunan dari tanah asli 25,090%)

- Nilai batas susut yang mengalami penurunan terbesar terdapat pada tanah dengan campuran kadar fly ash 5% dengan waktu pemeraman 28 hari dengan nilai 12,095% (besarnya persentase penurunan dari tanah asli 49,263%).
 - Nilai batas susut yang mengalami kenaikan terbesar terdapat pada tanah dengan campuran kadar fly ash 40% dengan waktu pemeraman 0 hari dengan nilai 40,583% (besarnya persentase kenaikan dari tanah asli 70,236%).
- Hasil klasifikasi tanah menurut USDA, tanah yang dicampurkan fly ash, baik curing dan non curing cenderung mengalami peningkatan pada jenis butiran berpasir (dapat dilihat dari pergeseran titik plot).
 - Klasifikasi tanah menurut USCS dan AASHTO, letak klasifikasi pada grafik USCS dan AASHTO tanah asli yang didapatkan, mengalami perubahan setelah tanah dicampuri fly ash dan waktu pemeraman berbeda. Hal ini disebabkan karena dengan bertambahnya fly ash pada tanah membuat nilai Batas Cair (LL) dan Batas Plastis (PL) mengalami penurunan, sehingga nilai Indeks Plastisitas (PI) juga menurun, membuat titik klasifikasi tanah bergeser cenderung ke kiri bawah.

Saran

Untuk penelitian selanjutnya dengan menggunakan fly ash sebaiknya memperhatikan beberapa hal, sebagai berikut:

- Saat melakukan pengadukan tanah dengan campuran fly ash pastikan campuran tersebut homogen dan tidak mengalami penggumpalan.
- Untuk penelitian selanjutnya campuran tanah, bisa dicampurkan menggunakan kapur atau bentonite untuk menambah variasi sampel uji.

DAFTAR PUSTAKA

- Hardiyatmo, Hary Christady. 1992. *Mekanika Tanah 1*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- K, Rama Indera, Enden Mina, dan Akbar Prasetyo Hutomo. 2017. Stabilisasi Tanah Menggunakan Fly ash terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas Berdasarkan Variasi Kadar Air Optimum (Studi Kasus Jalan Raya Bojonegoro, Kab. Serang). *Jurnal Fondasi*, Vol. 6 (1). Hlm. 1-10.
- Leliana, Arianda., dan Nur Andajani. 2015. Pengaruh Penambahan Fly ash Terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas Pada Tanah Lempung Ekspansif di Daerah Magetan Jawa Timur. *Rekayasa Teknik Sipil*, Vol. 1 (1). Hlm. 1-8.
- Soedarmo, G. Djatmiko., dan S. J. Edy Purnomo. 1997. *Mekanika Tanah 1*. Yogyakarta: Kanisius.
- Das, B.M.1995. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*, Penerbit Erlangga, Jakarta.

- Das,B.M.1998.*Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Wardani, Sri Prabandiyani Retno., (2008), Pemanfaatan Limbah Batu Bara (Fly Ash) Untuk Stabilisasi Tanah Maupun Keperluan Teknik Sipil Lainnya Dalam Mengurangi Pencemaran Lingkungan, *Pidato Pengukuhan*, Universitas Diponegoro, Semarang.
- ASTM-C618-93. “*Standard Test Method for Fly Ash and Row or calcined Natural Pozzolan for Use as a mineral Admixture in Portlan Cement Concrete,*” American S”ociety for Testing of Concrete’s,1991
- ASTM-D854-83. (2002). *Standard Test Method for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer*
- ASTM-D2216-10. 2010. *Standard Test Methods for Laboratory Determinationof Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass.*
- Tim Fakultas Teknik Untan,1998, *Pedoman Praktikum Mekanika Tanah*,Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura, Pontianak