
PENGARUH STABILISASI TANAH MENGGUNAKAN *FLY ASH* TERHADAP PARAMETER KUAT GESER

Oleh

Reki Arbianto¹, Gunarso²

^{1,2}Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tunas Pembangunan
Surakarta

E-mail: ¹reki.arbianto@lecture.utp.ac.id, ²gunarso@lecture.utp.ac.id

Article History:

Received: 02-09-2022

Revised: 11-10-2022

Accepted: 22-10-2022

Keywords:

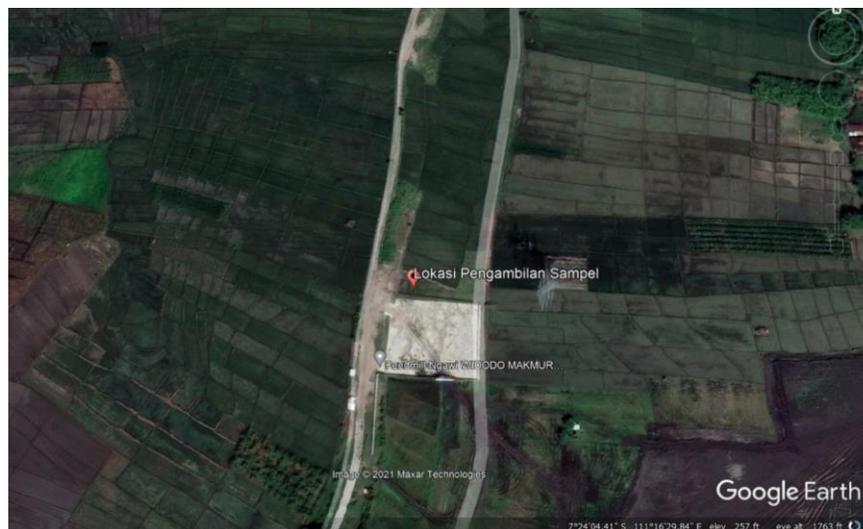
tanah
lempung ekspansif, fly
ash, stabilisasi, uji geser
langsung, $c-\emptyset$

Abstract: Tanah adalah bagian dari permukaan bumi yang ditandai oleh lapisan yang sejajar dengan permukaan sebagai hasil modifikasi oleh proses-proses fisis, kimia maupun biologis yang bekerja di bawah kondisi yang bermacam-macam dan bekerja selama periode tertentu (Thornbury, 1957). Dalam dunia Teknik sipil tanah menjadi penting karena sebagai tempat berdirinya infrastruktur bangunan, supaya infrastruktur bangunan di atasnya stabil maka diperlukan daya dukung yang memadai. Tanah yang di klasifikasikan berjenis lempung dengan plastisitas tinggi cenderung memiliki daya dukung yang rendah. Daya dukung tanah dasar yang rendah dapat di tingkatkan dengan metode stabilisasi. Stabilisasi tanah adalah suatu metode yang digunakan untuk memperbaiki sifat-sifat tanah dasar agar daya dukung tanah tersebut menjadi lebih baik sehingga tanah menjadi stabil dan mampu memikul beban yang bekerja terhadap konstruksi diatas tanah. Penelitian ini dibagi menjadi lima tahap pekerjaan yaitu : Pengambilan sampel dan material benda uji, pengujian tanah dasar, Pembuatan benda uji, pengujian Fisik dan mekanik tanah yang telah distabilisasi, analisis dan pembahasan. Pengujian kuat geser menggunakan uji geser langsung dengan 5 variasi campuran ditambahkan pengujian pada tanah Asli. Hasil penelitian menunjukkan parameter kuat geser tertinggi untuk kohesi terjadi pada variasi III (fly-ash 20%) dan nilai sudut geser pada Variasi II (Fly-ash 15%). Nilai terendah untuk nilai kohesi pada Variasi IV (Fly-ash 25%) dan nilai sudut geser pada Variasi VI (Fly-ash 30%). Secara umum pada parameter kohesi terjadi trend yang parabolic. Peningkatan nilai kohesi rata-rata akibat penambahan Fly-ash sebesar 13 %.

PENDAHULUAN

Dalam dunia Teknik sipil tanah menjadi penting karena sebagai tempat berdirinya infrastruktur bangunan, supaya infrastruktur bangunan di atasnya stabil maka diperlukan daya dukung yang memadai. Tanah yang di klasifikasikan berjenis lempung dan lempung ekspansif dengan plastisitas tinggi cenderung memiliki daya dukung yang rendah. Tanah dengan daya dukung rendah maka akan membahayakan struktur di atasnya. Pada struktur jalan tanah atau timbunan tanah lempung cenderung tidak stabil dan sulit untuk dipadatkan. Daya dukung tanah dasar yang rendah dapat di tingkatkan dengan metode stabilisasi. Stabilisasi tanah adalah suatu metode yang digunakan untuk memperbaiki sifat-sifat tanah dasar agar daya dukung tanah tersebut menjadi lebih baik sehingga tanah menjadi stabil dan mampu memikul beban yang bekerja terhadap konstruksi diatas tanah. Penerapan stabilisasi tanah dengan semen, abu ampas tebu, abu terbang, abu sekam padi, kombinasi abu terbang + semen, abu ampas tebu + limbah karbit sudah banyak dilakukan (Hatmoko et al., 2004, 2005, Diane 2001). Namun demikian penelitian mengenai stabilisasi tanah dengan menggunakan bahan tambah masih berkembang dan selalu dicari bahan bahan tambah untuk kepentingan tersebut. Di Indonesia banyak sekali daerah yang memiliki jenis tanah dengan karakteristik mengembang. Di pulau Jawa ditemukan di beberapa lokasi : sekitar Pantai Utara meliputi Semarang, Kudus dan Purwokerto. Daerah timur di sekitar jalan tol Surabaya - Gresik. Daerah tengah dan selatan meliputi Ngawi, Caruban, Solo, Wates dan Yogyakarta. Daerah barat meliputi Cikampek, Cikarang, Serang dan Bandung, (As'ad, 1999).

Penelitian ini dilakukan di Ngawi, Jawa Timur, dikarenakan pada daerah ini akan banyak dilakukan proyek-proyek strategis yang membutuhkan perbaikan daya dukung tanah. Penelitian ini diharapkan dapat diharapkan dapat memberikan manfaat terutama dalam dunia Teknik sipil untuk meningkatkan daya dukung tanah dan dapat membantu para pelaku usaha di dunia konstruksi.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

LANDASAN TEORI**Komponen Tanah**

Berdasarkan ukuran partikel (gradasi butiran) nya, tanah dapat didefinisikan dari komponennya sendiri-sendiri misalnya seperti: bongkah, kerakal, kerikil, pasir, lanau dan lempung.

Tabel. 1 Definisi Komponen Tanah

KOMPONEN TANAH		STANDAR AYAKAN		UKURAN (mm)	
		Lolos dari	Tertahan pada	Maksimum	Minimum
BONGKAH	Boulder	—	—	—	—
KERAKAL	Cobble	—	3 inci	—	75,
KERIKIL	Gravel	3 inci	No. 4	75	4,750
	<i>Kasar</i> Coarse	3 inci	¾ inci	75	19
PASIR	<i>Halus</i> Fine	¾ inci	No. 4	19	4,750
	Sand	No. 4	No. 200	4,750	0,075
	<i>Kasar</i> Coarse	No. 4	No. 10	4,750	2,000
	<i>Sedang</i> Medium	No. 10	No. 40	2,000	0,425
BERBUTIR HALUS	<i>Halus</i> Fine	No. 40	No. 200	0,425	0,075
	Fines	No. 200	—	0,075	—
	<i>Lanau</i> Silt	—	—	0,075	0,005
	<i>Lempung</i> Clay	—	—	0,005 ^{*)}	—

Sumber : Hendarsin, Shirley L., 2003,

A. Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tapi mempunyai sifat yang serupa kedalam kelompok-kelompok dan subkelompok-subkelompok berdasarkan pemakaiannya. Sistem klasifikasi memberikan suatu bahasa yang mudah untuk menjelaskan secara singkat sifat-sifat umum tanah yang sangat bervariasi tanpa penjelasan yang terinci. Sebagian besar sistem klasifikasi tanah yang telah dikembangkan untuk tujuan rekayasa didasarkan pada sifat-sifat indeks tanah yang sederhana seperti distribusi ukuran butiran dan plastisitas. Walaupun saat ini terdapat berbagai sistem klasifikasi tetapi tidak ada satupun dari sistem-sistem tersebut yang benar-benar memberikan pernyataan yang tegas mengenai segala kemungkinan pemakaiannya. Hal ini disebabkan karena sifat tanah yang bervariasi.

B. Tanah Lempung Ekspansif

Tanah lempung merupakan tanah yang terdiri dari partikel mikroskopis dan submikroskopis yang berbentuk lempengan-lempengan pipih dan merupakan partikel-partikel dari mika, mineral mineral lempung (clay minerals) dan mineral-mineral lain yang sangat halus. Lempung didefinisikan sebagai golongan partikel yang berukuran kurang dari 0,002 mm (= 2 mikron). Dari segi mineral, yang disebut tanah lempung ialah yang mempunyai partikel-partikel mineral tertentu yang "menghasilkan sifat-sifat plastis pada tanah bila dicampur dengan air" (Grim,1953) dalam Das 2009. Jadi dari segi mineral, tanah dapat juga disebut sebagai tanah bukan lempung (non-clay soils) meskipun terdiri dari partikel-partikel yang sangat kecil, tetapi umumnya mereka tidak dapat menyebabkan terjadinya sifat plastis dari tanah karena tidak mengandung mineral lempung.

C. Pengujian Fisik Tanah

Pengujian Fisik dilakukan untuk mengetahui index properties tanah. Adapun pengujian yang dilakukan antar lain:

- a. Water Content

- b. Specific Gravity
- c. Gainsize Analysis
- d. Atterberg Limits

D. Pengujian Mekanik Tanah

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui Engineering properties tanah. Adapun pengujiannya antara lain:

1. Pemadatan Tanah (*Standart Proctor*)

Pemadatan merupakan usaha untuk memperbaiki sifat-sifat teknis dan kekuatan tanah dengan cara mempertinggi kerapatan partikel tanah tersebut dengan pemakaian energi mekanis. Energi pemadatan dilapangan dapat diperoleh dari mesin gilas, dan dari benda-benda berat yang dijatuhkan. Di laboratorium, sampel uji dipadatkan dengan daya tumbukan (dinamik) mesin Proctor Compaction Test. Tingkat pemadatan tanah diukur dari berat volume kering maksimum (γ_{dmaks}) tanah yang dicapai pada kadar air optimum (w_{opt}). Pada uji pemadatan ini akan dihasilkan grafik kurva hubungan berat isi kering dengan kadar air yang diberikan secara teratur pada waktu dilakukan pemadatan berikutnya, seperti pada Gambar berikut ini:

2. *Direct Shear Test (Uji Geser Langsung)*

Kekuatan geser tanah (soil shear strength) dapat di definisikan sebagai kemampuan maksimum tanah untuk bertahan terhadap usaha perubahan bentuk pada kondisi tekanan (pressure) dan kelembapan tertentu (Head, 1982). Kekuatan geser dapat diukur dilapangan maupun dilaboratorium. Pengukuran dilapangan antara lain dapat dilakukan menggunakan vane shear, plate load dan test penetrasi. Pengukuran dilaboratorium meliputi penggunaan miniatur vane shear, direct shear, triaxial compression dan unconfined compression (sallberg, 1965) dan fall-cone soil shear strength. Terhadap contoh tanah yang sudah ditempatkan di dalam kotak diaplikasikan dengan tekanan normal tertentu, kemudian diaplikasikan tekanan geser secara berangsur-angsur bebannya ditambah sampai terjadi keruntuhan (shearing failure). Sejumlah test dilaksanakan terhadap contoh tanah yang sama dengan cara menambah tekanan normalnya, yang berarti juga meningkatkan nilai tekanan gesernya. Data tersebut kemudian diplot untuk mendapatkan persamaan regresi.

Nilai kekuatan geser ini dirumuskan oleh Coloumb dan Mohr dalam persamaan berikut ini:

$$\tau = c + \sigma_n \tan \emptyset \dots \dots \dots (1)$$

dimana:

τ = kekuatan geser maksimum (kg/cm²)

c = kohesi (kg/cm²)

σ_n = tegangan normal (kg/cm²)

\emptyset = sudut geser dalam (°)

E. Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah adalah suatu metode yang digunakan untuk memperbaiki sifat-sifat tanah dasar agar daya dukung tanah tersebut menjadi lebih baik sehingga tanah menjadi stabil dan mampu memikul beban yang bekerja terhadap konstruksi diatas tanah. Metode-metode stabilisasi yang dikenal adalah stabilisasi mekanis, stabilisasi kimiawi, stabilisasi mineral dan stabilisasi hidraulis. Stabilisasi mekanis adalah penambahan kekuatan dan daya dukung tanah dengan jalan mengatur gradasi tanah yang dimaksud. Usaha ini biasanya

menggunakan sistem pemadatan. Pemadatan dapat dengan berbagai jenis peralatan mekanis seperti mesin gilas (roller), benda berat yang dijatuhkan, ledakan tekanan tanah statis dan sebagainya (Bowles, 1991). Stabilisasi tanah secara kimiawi adalah penambahan bahan stabilisasi yang dapat mengubah sifat-sifat kurang menguntungkan dari tanah. Bahan yang digunakan untuk stabilisasi tanah disebut stabilizing agent karena setelah diadakan pencampuran menyebabkan terjadinya stabilisasi. Bahan stabilisasi ini dapat berupa semen, kapur, fly ash serta bahan kimia lainnya seperti HCl, NaCl, dan NaOH.

F. Fly ash

Fly ash adalah limbah padat yang dihasilkan dari pembakaran batu bara. Fly ash merupakan material yang memiliki ukuran butiran yang halus, berwarna keabu-abuan yang diperoleh dari hasil pembakaran batu bara. *Fly ash* mengandung unsur kimia antara lain silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), fero oksida (Fe_2O_3) dan kalsium oksida (CaO), juga mengandung unsur tambahan lain yaitu magnesium oksida (MgO), titanium oksida (TiO_2), alkalin (Na_2O dan K_2O), sulfur trioksida (SO_3), pospor oksida (P_2O_5) dan carbon (Apriyanti, 2014). Menurut ASTM C618 (ASTM 1980, Annual Books of ASTM Standards) fly ash dibagi menjadi dua kelas yaitu kelas F dan kelas C. Perbedaan utama dari kedua fly ash tersebut adalah banyaknya kalsium, silika, aluminium dan kadar besi dalam fly ash tersebut. Susunan kimia dan sifat fisik rata-rata abu terbang, ASTM C

G. Kapur

Kapur merupakan salah satu material yang cukup efektif untuk digunakan dalam proses stabilisasi tanah. Stabilisasi tanah dengan kapur sangat lazim digunakan dalam proyek-proyek konstruksi jalan dengan berbagai macam jenis tanah, mulai dari tanah lempung biasa sampai tanah ekspansif. Kapur bereaksi dengan air tanah sehingga merubah sifat tanahnya, mengurangi kelekatan dan kelunakan tanah. Sifat ekspansif yang menyusut dan bembang karena kondisi airnya akan berkurang secara drastis (Sofian, 2018), hal ini karena kapur memiliki sifat – sifat antara lain: mempunyai sifat plastis yang baik, dapat mengeras dengan cepat dan mudah, mempunyai ikatan yang bagus dengan batu atau bata, mengurangi sifat mengembang dari tanah serta meningkatkan daya dukung dari tanah. Dengan kaitannya dengan fly ash, kapur dapat memberikan sifat cementitious (kemampuan untuk mengeras dan bertambah kuat apabila bereaksi dengan air) pada fly ash.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dibagi menjadi lima tahap pekerjaan yaitu: Pengambilan sampel dan material benda uji, pengujian tanah dasar, Pembuatan benda uji, pengujian Fisik dan mekanik tanah yang telah distabilisasi, analisis dan pembahasan. Pengujian kuat geser menggunakan uji geser langsung dengan 5 variasi campuran ditambahkan pengujian pada tanah Asli. Adapun diagram alir penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

A. Bahan dan Alat

Bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Tanah yang dipergunakan adalah tanah yang diambil dari Ngawi.
- Alat yang digunakan antara lain: Specific Gravity Test, Hydrometer Test, Sieve Analysis Apparatus, Atterberg Limit Test, Standard proctor Test, Direct Shear Test

B. Pembuatan Benda Uji

Membuat campuran tanah, kapur dan fly ash dalam beberapa variasi campuran dengan persentase yang telah direncanakan, yaitu berat kapur dan fly ash dihitung terhadap berat kering tanah. Variasi campuran kapur dan fly ash sebagai berikut:

Tabel. 2 Variasi Campuran Terhadap Berat Kering Tanah

Jenis Sampel	Komposisi
Variasi I	Tanah Asli + 5% Kapur + 10% <i>Fly ash</i>
Variasi II	Tanah Asli + 5% Kapur + 15% <i>Fly ash</i>
Variasi III	Tanah Asli + 5% Kapur + 20% <i>Fly ash</i>
Variasi IV	Tanah Asli + 5% Kapur + 25% <i>Fly ash</i>
Variasi V	Tanah Asli + 5% Kapur + 30% <i>Fly ash</i>

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pengujian didapatkan hasil sebagai berikut, mulai dari pengujian klasifikasi, Pemadatan, Pengujian fisik dan Pengujian *Direct shear*.

A. Pengujian Klasifikasi

Jenis Tanah dari sampel yang diambil di daerah ngawi adalah tanah berbutri halus berjenis lempung dengan plastisitas tinggi (CH)

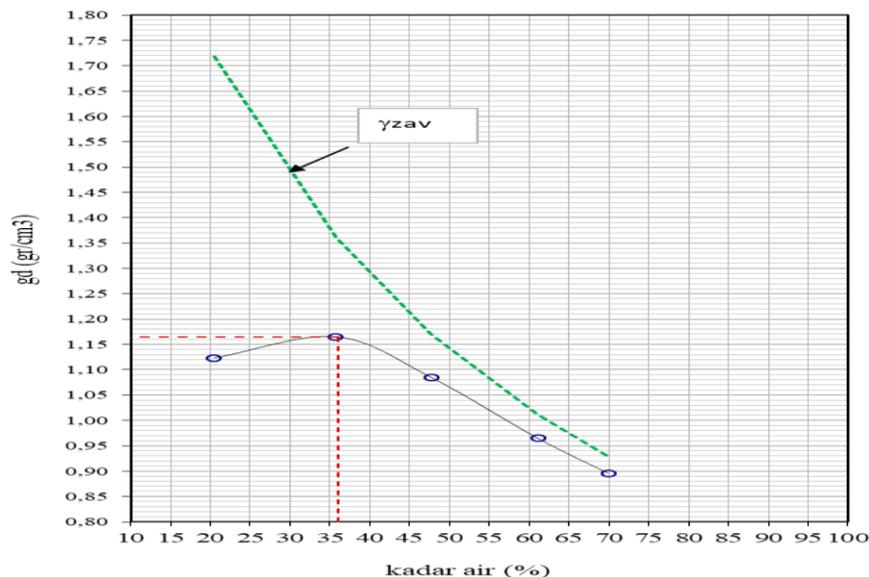
Tabel. 3 Rekapitulasi Pengujian Tanah Asli

Sampel	Jenis Pengujian						Klasifikasi	
	Gs	Grainsize		Atterberg		Direct Shear		
		%		%		C (Kg/cm ²)	Ø (°)	
Tanah Asli	2.63	Gravel	0.00	LL	80.84	0.419	22.81	CH (Lempungan organik dengan plastisitas Tinggi)
		Sand	5.35	PL	34.01			
		Silt & Clay	94.65	PI	46.81			

B. Pengujian Pemadatan

Dari penelitian ini didapatkan nilai kadar air optimum yang didapatkan ialah 35,732 % dengan berat isi tanah kering maksimum sebesar 1,165 gr/cm³. Kadar air yang terkandung didalam tanah ini yang akan digunakan untuk membuat campuran pada saat pembuatan benda uji Direct Shear. Kadar air optimum pada sampel tanah akan menunjukkan dimana tanah akan tetap bisa dibentuk dengan mudah dengan tangan akan tetapi tanah tidak akan lengket pada tangan. Dari grafik tersebut juga didapatkan hasil yang menunjukkan bahwa apabila kadar air yang dinaikkan akan mengurangi berat isi tanah kering.

Pada grafik juga menunjukkan kadar udara atau nilai zav (zero air void) yang terdapat pada sampel tanah dari awal penambahan air dengan kadar air tertentu sampai dengan kadar air yang ditambahkan dengan interval tertentu. Pada grafik ini menunjukkan kadar udara yang selalu turun seiring dengan penambahan kadar air pada setiap sampel pemadatan. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa penambahan air yang terjadi dalam tanah akan membantu menutup pori pori yang berada dalam tanah yang sebelumnya terisi oleh udara.



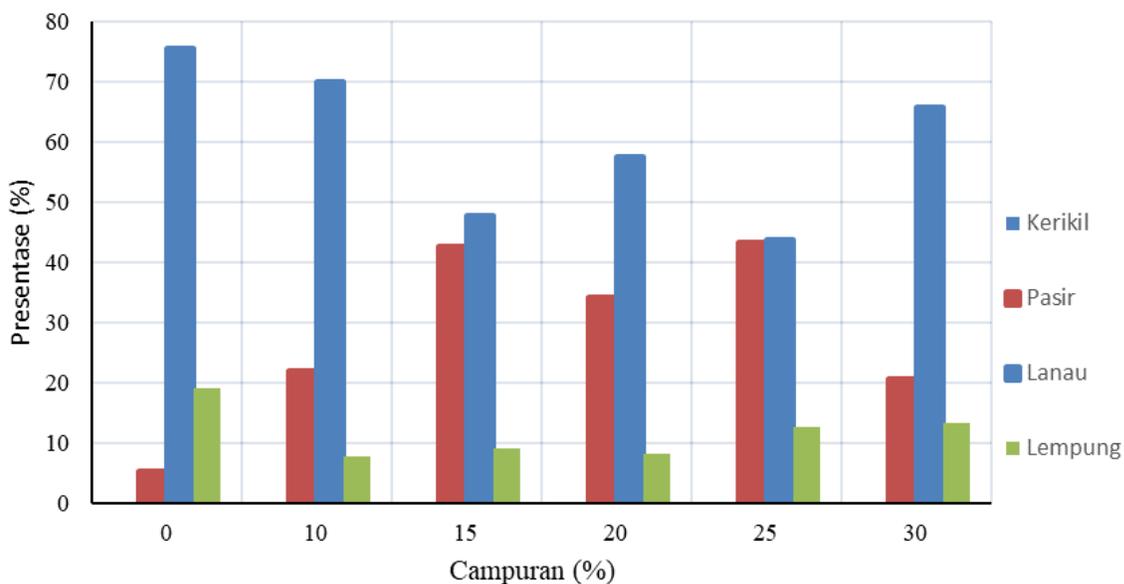
Gambar 3. Grafik Hasil Uji Pemadatan

C. Pengujian Analisis Saringan

Dari hasil hidrometer dan hasil analisa saringan didapatkan beberapa fraksi ukuran butiran tanah yang berupa kerikil, pasir, lanau dan lempung. Jenis tanah tersebut diperiksa berdasarkan ukuran butiran yang tertahan pada saringan. Sedangkan untuk ukuran yang lolos saringan no.200 (0,0075 mm) diuji menggunakan uji hidrometer. Dari pengujian analisis ukuran butiran tanah pada penelitian ini disetiap campuran dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel. 4 Hasil Analisis Ukuran Butiran Tanah

Jenis tanah	Campuran					
	0%	10%	15%	20%	25%	30%
Kerikil (%)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Pasir (%)	5,350	21,967	42,817	34,283	43,450	20,733
Lanau (%)	75,567	70,145	47,929	57,512	43,925	65,858
Lempung (%)	19,083	7,888	9,254	8,204	12,625	13,408



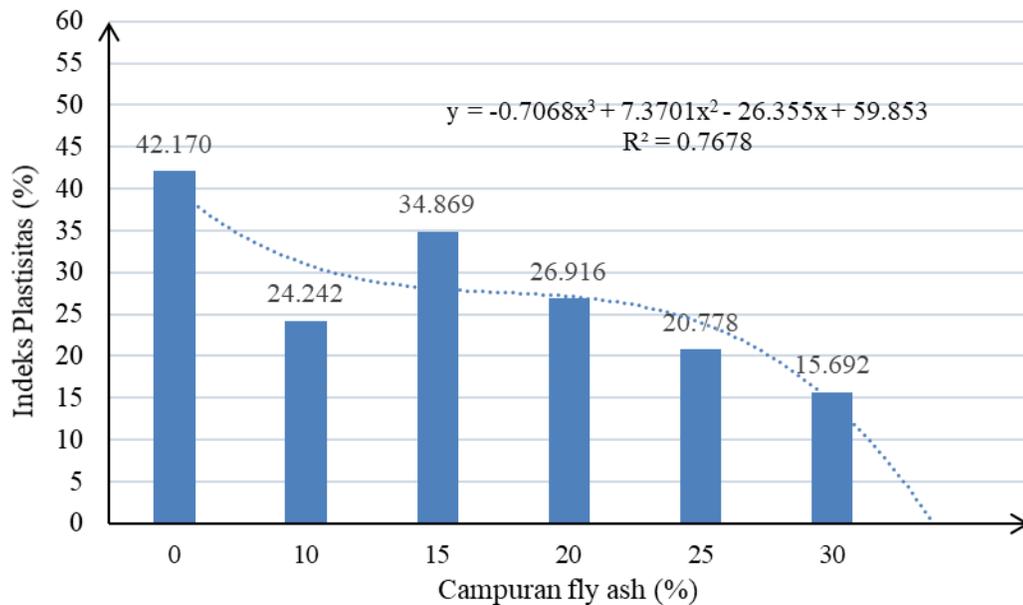
Gambar 4. Grafik Presentase ukuran butiran tanah pada setiap campuran

D. Pengujian Atterberg Limit

Hasil dari indeks plastisitas tanah asli yang telah dicampur dengan menggunakan bahan stabilisator berupa fly Ash pada beberapa presentase campuran dapat dilihat pada tabel 4.4 sedangkan untuk perbandingan nilai indeks plastisitas dengan sampel tanah yang telah dicampur dengan bahan stabilisator dapat dilihat pada gambar 5. Semakin banyak kadar fly ash maka nilai indeks platisitas akan menurun juga.

Tabel. 4 Hasil Uji Batas Cair (LL)

Campuran (%)	Nilai indeks Plastisitas
	%
Tanah asli	42,170
Tanah Asli + 5% Kapur + 10% Fly ash	24,242
Tanah Asli + 5% Kapur + 15% Fly ash	34,869
Tanah Asli + 5% Kapur + 20% Fly ash	26,916
Tanah Asli + 5% Kapur + 25% Fly ash	20,778
Tanah Asli + 5% Kapur + 30% Fly ash	15,692



Gambar 5. Grafik Perbandingan Campuran Fly ash dengan Indeks Plastisitas

E. Aktivitas

Aktivitas digunakan untuk mengidentifikasi jenis mineral dari suatu tanah lempung. Aktivitas ini didapatkan dari nilai perbandingan antara nilai indeks plastisitas tanah dengan presentase tanah lempung yang terdapat pada setiap campuran. Menurut Bowles (1991) yang menggunakan nilai dari aktivitas untuk menentukan jenis mineral lempung yang terdapat pada suatu tanah serta keaktifan. Pada penelitian ini nilai dari aktivitas dari beberapa campuran dan mineral serta keaktifan dari tanah lempung terdapat pada tabel berikut:

Tabel. 5 Nilai Aktivitas dan Jenis Mineral

Campuran tanah (%)	Persentase fraksi lempung (%)	Indeks plastisitas (PI) (%)	Aktivitas A= PI/fraksi lempung	Jenis mineral lempung	Keaktifan
0	19,083	42,170	2,210	Montmorillonite	Aktif
10	7,888	24,242	3,073	Montmorillonite	Aktif
15	9,254	34,869	3,768	Montmorillonite	Aktif
20	8,204	26,916	3,281	Montmorillonite	Aktif
25	12,625	20,778	1,646	Montmorillonite	Aktif
30	13,408	15,692	1,170	Montmorillonite	Aktif

Pada pengujian ini penambahan fly ash juga menurunkan nilai aktivitas dari tanah lempung yang semula dari 2,210 pada tanah asli menjadi 1,710 pada campuran tanah + fly ash 30 %.

F. Derajat Pengembangan

Menurut Seed et al (1962) yang mengklasifikasi derajat ekspansif tanah berdasarkan potensi pengembangan. Pada penelitian ini didapatkan derajat ekspansif tanah sebagai berikut:

Tabel. 6 Nilai Aktivitas dan Jenis Mineral

Campuran tanah (%)	Indeks plastisitas (PI) (%)	Swelling $S = 60k.(PI)^{2,44}$ (%)	Derajat pengembangan
0	42,170	20,260	Tinggi
10	24,242	5,248	Tinggi
15	34,869	12,740	Tinggi
20	26,916	6,774	Tinggi
25	20,778	3,602	Sedang
30	15,692	1,816	Sedang

G. Pengujian Kuat Geser Langsung

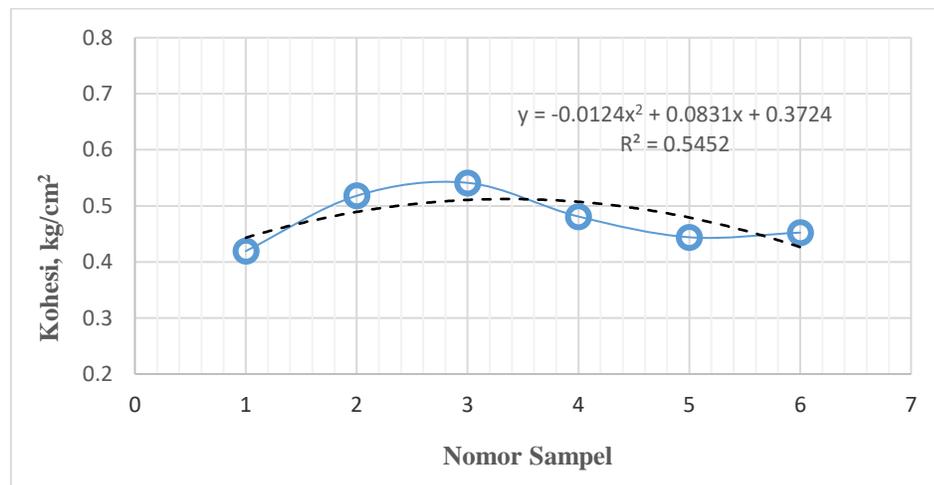
Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui besarnya nilai kuat geser pada tanah asli maupun sampel yang sudah di stabilisasi dengan kapur dan fly-ash. Rekapitulasi hasil pengujian kuat geser langsung adalah sebagai berikut:

Tabel. 6 Hasil Pengujian Kuat Geser Langsung

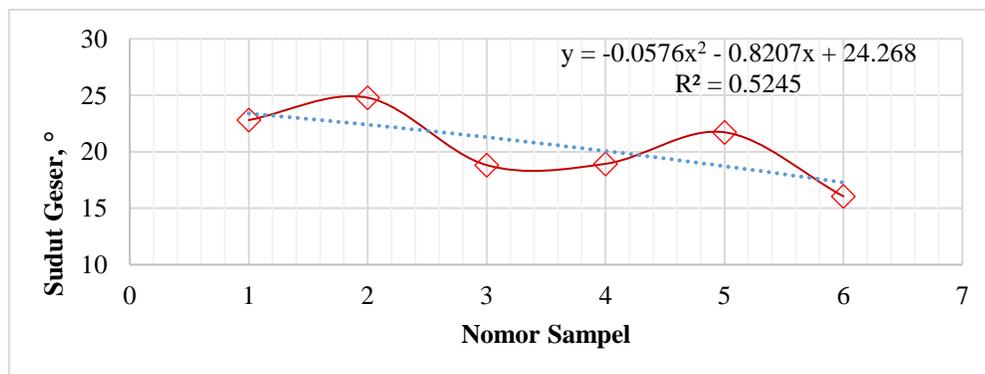
Nomor Sampel	Keterangan Sampel	Hasil Pengujian		Perubahan Parameter	
		c	phi	c	phi
		(kg/cm ²)	(°)	(kg/c m ²)	(°)
1	Tanah Asli	0.4194	22.81	0%	0%

2	Tanah Asli+5% kapur+10 % Fly ash (VI)	0.518	24.79	24%	9%
3	Tanah Asli+5% kapur+15 % Fly ash (VII)	0.5411	18.82	29%	-17%
4	Tanah Asli+5% kapur+20 % Fly ash (VIII)	0.481	18.93	15%	-17%
5	Tanah Asli+5% kapur+25 % Fly ash (IV)	0.444	21.72	6%	-5%
6	Tanah Asli+5% kapur+30 % Fly ash (V)	0.4523	16.05	8%	-30%

Hasil penelitian menunjukkan parameter kuat geser tertinggi untuk kohesi terjadi pada variasi III (fly-ash 20%) dan nilai sudut geser pada Variasi II (Fly-ash 15%). Nilai terendah untuk nilai kohesi pada Variasi IV (Fly-ash 25%) dan nilai sudut geser pada Variasi VI (Fly-ash 30%). Secara umum pada parameter kohesi terjadi trend yang parabolik, penambahan fly-ash meningkat pada nilai tertentu kemudian turun lagi, sedangkan pada nilai sudut geser dalam memiliki trend parabolik namun kecenderungan untuk turun pada penambahan fly-ash. Peningkatan nilai kohesi rata-rata akibat penambahan Fly-ash sebesar 13 %.



Gambar 6. Grafik Perbandingan Nilai Kohesi



Gambar 7. Grafik Perbandingan Nilai Sudut Geser

KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang dapat diambil pada penelitian kali ini adalah sebagai berikut.

1. Derajat ekspansif pada daerah penelitian rata-rata dalam kategori sedang sampai tinggi
2. Tingkat aktifitas mineral lempung masuk dalam kategori aktif.
3. Nilai kohesi tertinggi pada Variasi III dan nilai terendah pada Tanah Asli
4. Nilai Sudut Geser tertinggi pada Variasi II dan nilai terendah pada Variasi V.
5. Rata-rata persentase penambahan nilai kuat geser setelah di stabilisasi dengan kapur dan Fly ash adalah 13 %.

PENGAKUAN/ACKNOWLEDGEMENTS

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Universitas Tunas Pembangunan Surakarta atas bantuan dana dalam pelaksanaan penelitian ini, PT. Widya Prima Utama yang sudah memberikan fasilitas Laboratorium dan teman sejawat yang membantu penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] American Society for Testing and Materials, 1997, Annual Book of ASTM Standard, Section 4 Construction, Volume 04.08, Soil and Rock (I), ASTM European Office, England.
- [2] Bowles, Joseph E., 1989, *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*, Erlangga, Jakarta.
- [3] Craig, Robert F., 1991, *Mekanika Tanah*, Erlangga, Jakarta
- [4] Das, Braja M., 1983, *Advance Soil Mechanics*, Mc. Graw Hill, Singapore
- [5] Das, Braja M., 1995, *Mekanika Tanah: Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik*, Erlangga, Jakarta.
- [6] Hardiyatmo, H.C., 2006, *Mekanika Tanah I*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- [7] Hardiyatmo, H.C., 2006, *Mekanika Tanah II*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- [8] Hatmoko., 2017, Perilaku Geser Tanah yang Distabilisasi dengan Abu Ampas Tebu-Semen dan Inklusi Serat Polyester, *Jurnal Media Teknik Sipil*, Vol.23, No.2, 2017, 133-141, UNDIP, Semarang.
- [9] Hangge., 2021, Pemanfaatan Fly Ash Untuk Stabilisasi Tanah Dasar Lempung Ekspansif, *Jurnal Teknik Sipil*, Vol.10, No.1, April 2021, UNDANA, Kupang.
- [10] Head, K.H., 1980, *Manual of Soil Laboratory Testing*, Vol 1: Soil Classification and Compaction Test, Pentech Press, London.
- [11] Hendarsin, Shirley L., 2003, *Penuntun Praktis Investigasi Rekayasa Geoteknik Untuk Perencanaan Bangunan Teknik Sipil*, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bandung, Bandung.
- [12] Lambe, T William., and Whitman, Robert V, 1969, *Soil Mechanics*, John Wiley & Son. Inc, New York.
- [13] Terzaghi, Karl., and Peck, Ralph B., 1993, *Mekanika Tanah dalam Rekayasa Geoteknik*, Erlangga, Jakarta
- [14] Voelker, David H., Orton, Peter Z., and Adams, Scott V, 2007, *Keterampilan Statistika*, Pakar Raya, Bandung.