

JURNAL REKAYASA TEKNIK SIPIL

# REKATS



## UNESA

Universitas Negeri Surabaya



JURNAL ILMIAH TEKNIK SIPIL	VOLUME: 01	NOMER: 01	HALAMAN: 01 - 12	SURABAYA 2017	ISSN: 2252-5009
-------------------------------	---------------	--------------	---------------------	------------------	--------------------

JURUSAN TEKNIK SIPIL-FAKULTAS TEKNIK-UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA.

## TIM EJOURNAL

### Ketua Penyunting:

Prof.Dr.Ir.Kusnan, S.E,M.M,M.T

### Penyunting:

1. Prof.Dr.E.Titiek Winanti, M.S.
2. Prof.Dr.Ir.Kusnan, S.E,M.M,M.T
3. Dr.Nurmi Frida DBP, MPd
4. Dr.Suparji, M.Pd
5. Hendra Wahyu Cahyaka, ST., MT.
6. Dr.Naniek Esti Darsani, M.Pd
7. Dr.Erina,S.T,M.T.
8. Drs.Suparno,M.T
9. Drs.Bambang Sabariman,S.T,M.T
10. Dr.Dadang Supryatno, MT

### Mitra bestari:

1. Prof.Dr.Husaini Usman,M.T (UNJ)
2. Prof.Dr.Ir.Indra Surya, M.Sc,Ph.D (ITS)
3. Dr. Achmad Dardiri (UM)
4. Prof. Dr. Mulyadi(UNM)
5. Dr. Abdul Muis Mapalotteng (UNM)
6. Dr. Akmad Jaedun (UNY)
7. Prof.Dr.Bambang Budi (UM)
8. Dr.Nurhasanyah (UP Padang)
9. Dr.Ir.Doedoeng, MT (ITS)
10. Ir.Achmad Wicaksono, M.Eng, PhD (Universitas Brawijaya)
11. Dr.Bambang Wijanarko, MSi (ITS)
12. Ari Wibowo, ST., MT., PhD. (Universitas Brawijaya)

### Penyunting Pelaksana:

1. Drs.Ir.Karyoto,M.S
2. Krisna Dwi Handayani,S.T,M.T
3. Arie Wardhono, ST., M.MT., MT. Ph.D
4. Agus Wiyono,S.Pd,M.T
5. Eko Heru Santoso, A.Md

### Redaksi:

Jurusan Teknik Sipil (A4) FT UNESA Ketintang - Surabaya

Website: [tekniksipilunesa.org](http://tekniksipilunesa.org)

Email: [REKATS](mailto:REKATS)

## DAFTAR ISI

Halaman

TIM EJOURNAL..... i

DAFTAR ISI..... ii

- Vol 1 Nomer 1/rekat/17 (2017)

ANALISIS PENAMBAHAN *FLY ASH* TERHADAP DAYA DUKUNG PONDASI DANGKAL PADA  
TANAH LEMPUNG EKSPANSIF

*Puspa Dewi Ainul Mala, Machfud Ridwan,* ..... 01 – 12



## ANALISIS PENAMBAHAN FLY ASH TERHADAP DAYA DUKUNG PONDASI DANGKAL PADA TANAH LEMPUNG EKSPANSIF

Puspa Dewi Ainul Mala<sup>1)</sup>, Machfud Ridwan<sup>2)</sup>

)<sup>1)</sup> Mahasiswa di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya.

[Puspa.Dewi0705@gmail.com](mailto:Puspa.Dewi0705@gmail.com)

)<sup>2)</sup> Tenaga Akademi di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya.

[Machfud.Unesa@gmail.com](mailto:Machfud.Unesa@gmail.com)

### Abstrak

Tanah memiliki pengaruh sangat besar terhadap struktur konstruksi bangunan di atasnya, baik itu konstruksi bangunan maupun konstruksi jalan. Stabilisasi tanah ekspansif sampai saat ini selalu diupayakan baik menyangkut bahan stabilisator maupun teknologi perbaikan tanah tersebut. Perbaikan tanah dengan menggunakan bahan tambahan sering digunakan guna memperbaiki sifat tanah tersebut. Karakteristik tanah yang kurang baik harus diperbaiki sehingga karakteristik tanah tersebut menjadi baik dari sebelumnya. Salah satu bahan tambahan yang digunakan yaitu Limbah Batubara (*Fly Ash*), karena *Fly Ash* dapat mempercepat pembentukan kekuatan tanah yang kurang stabil.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penambahan *Fly Ash* pada tanah lempung terhadap nilai kuat tekan bebas (*qu*). Penelitian ini adalah penelitian eksperimen di laboratorium dengan cara membuat benda uji yang ditambah dengan *Fly Ash*. Variasi campuran benda uji tersebut adalah 0%, 5%, 10%, 15% dan 20%. Dalam penelitian ini dilakukan berbagai macam test antara lain adalah test *Atterberg*, yaitu test Batas Cair dan test Batas Plastis untuk mengetahui nilai Indeks Plastisitas, test *Specific Gravity* (GS) untuk mencari berat jenis tanah, kemudian dilakukan tes *Standart Proctor* dan tes *Unconfined Compression*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar penambahan *Fly Ash* pada tanah lempung maka nilai daya dukung pondasi dangkalnya mengalami kenaikan. Pada tanah asli nilai daya dukung pondasi dangkal yang didapat sebesar 66,253 t/m<sup>2</sup>, selanjutnya pencampuran 5% *fly ash* didapat nilai daya dukung pondasi dangkal sebesar 80,948 t/m<sup>2</sup>, kemudian penambahan berikutnya 10% *fly ash* nilai daya dukung pondasi dangkal sebesar 102,038 t/m<sup>2</sup>, penambahan 15% *fly ash* didapat nilai daya dukung pondasi dangkal sebesar 114,178 t/m<sup>2</sup>, sedangkan dengan penambahan 20% *fly ash* didapat nilai daya dukung pondasi dangkal sebesar 124,892 t/m<sup>2</sup>.

Dapat disimpulkan bahwa, semakin banyak penambahan *fly ash* pada tanah lempung ekspansif, maka semakin baik pula daya dukung tanah yang dihasilkan.

**Kata Kunci** : Tanah lempung ekspansif, *Fly Ash*., Daya Dukung Pondasi Dangkal.

### Abstract

Land has a very big influence on the structure of the building constructed on it; i.e building or road construction. The attempt of expansive soil stabilization is always related to the stabilizing materials and technologies of soil improvement. Additional substances are commonly used for improving the properties of soil. Unfavorable soil characteristics should be treated so that the characteristics of soil will get better. One of the additional material used is Coal Waste (*Fly Ash*); it is used because it can accelerate the formation of strength of less stable soil.

This research aimed at determining to what extent the addition of *fly ash* on clay affected the unconfined compression strength. This research is an experimental research conducted in laboratories by making specimens that *Fly Ash* was added in. Variations of the specimen mixtures were 0 %, 5 %, 10 %, 15 %, and 20 %. In this research, a variety of tests was conducted, such as *Atterberg* test; it is a test of liquid and plastic limit used for determining the value of plasticity index, *Specific Gravity* (SG) test used for identifying heavy soil types, *Standard Proctor* and *Unconfined Compression* tests.

The results showed that the higher the addition of fly ash on clay is, the higher the value of shallow foundation bearing capacity will become. In the native land, carrying capacity of shallow foundation was 66.253 t/m<sup>2</sup>, the blending 5% of fly ash resulted in a value of the bearing capacity of shallow foundation of 80.948 t/m<sup>2</sup>, the addition of 10 % of fly ash resulted in a value of carrying capacity of shallow foundation of 102.038 t/m<sup>2</sup>, the addition of 15% of fly ash resulted in a value of the bearing capacity of shallow foundation of 114.178 t/m<sup>2</sup>, the addition of 20% of fly ash resulted in a value of the bearing capacity of foundation shallow amounted to 124.892 t/m<sup>2</sup>.

It can be concluded that greater addition of fly ash on expansive clay results in a better soil bearing capacity.

**Keywords:** Expansive clays, *Fly Ash*., Shallow Foundation Bearing Capacity.

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Tanah memiliki pengaruh sangat besar terhadap struktur bangunan konstruksi di atasnya, baik itu konstruksi bangunan maupun konstruksi jalan. Peristiwa kembang susut tanah sangat berpengaruh sangat terhadap suatu bangunan di atasnya, sehingga apabila suatu konstruksi bangunan berdiri di atas tanah ekspansif akan mengalami beberapa hal yang sifatnya merugikan, antara lain retak-retak, kekuatan geser yang rendah, lantai bergelombang, perubahan volume yang besar dan potensi kembang susut yang besar.

Suatu bangunan di atas tanah ekspansif harus memiliki pondasi yang kuat agar bisa menahan beban dari atas tanah tersebut. Jenis pondasi dangkal lebih sensitif atau peka terhadap kerusakan yang ditimbulkan oleh pengaruh tanah ekspansif. Untuk itu perlu dilakukan usaha mengurangi kerusakan yang diakibatkan oleh tanah ekspansif.

Stabilisasi dengan menggunakan bahan tambah sering disebut juga stabilisasi kimia yang bertujuan untuk memperbaiki sifat-sifat tanah, dengan cara mencampur tanah menggunakan bahan sesuai perbandingan tertentu. Bahan kimia juga dapat diperoleh dari limbah-limbah industri yang dapat dimanfaatkan sebagai stabilisasi tanah. Disini penulis mencoba melakukan penelitian dengan bahan kimia berupa Fly Ash.

Dalam penelitian ini Fly Ash sebagai penetralisir dari sifat kembang susut tanah. Fly ash dapat digunakan untuk mempercepat pembentukan kekuatan tanah yang kurang stabil. Keuntungan menggunakan abu terbang (fly ash) sebagai bahan stabilisasi tanah adalah untuk memanfaatkan material hasil limbah pabrik dan harganya lebih murah dibandingkan dengan stabilisasi kapur maupun semen.

### B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian yang telah dikemukakan pada latar belakang di atas, maka rumusan masalah di dalam penelitian ini adalah :

1. Seberapa besar pengaruh penambahan *Fly Ash* terhadap daya dukung pondasi dangkal pada tanah lempung ekspansif ?

### C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan dari rumusan masalah di atas, maka tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah :

1. Mengetahui seberapa besar pengaruh penambahan Fly Ash terhadap daya dukung pondasi dangkal pada tanah lempung ekspansif.

### D. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Tanah lempung yang digunakan adalah tanah di daerah Driyorejo Kab. Gresik yang mempunyai tanah kembang susut dengan klasifikasi sangat tinggi.
2. Fly Ash yang digunakan berasal dari limbah sebuah perusahaan di Menganti Kab. Gresik.
3. Benda uji adalah tanah daerah Driyorejo Kab. Gresik yang telah ditambah dengan Fly Ash. Dengan perbandingan 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dari berat tanah.
4. Pengujian dilakukan di Laboraturium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya.
5. Pondasi yang dipakai yakni berbentuk bujur sangkar dengan menggunakan perhitungan geser setempat.

### E. Manfaat Penelitian

1. Untuk memperoleh pengetahuan mengenai analisis penambahan Fly Ash terhadap daya dukung pondasi dangkal pada tanah lempung ekspansif.
2. Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh daya dukung pondasi dangkal pada proses pembangunan proyek perumahan di daerah Driyorejo Kab. Gresik.
3. Untuk memberi refrensi atau bahan masukan tentang campuran Fly Ash dengan tanah lempung ekspansif, sehingga dapat menentukan kualitas tanah yang baik untuk pembangunan proyek perumahan.
4. Dapat digunakan sebagai acuan untuk penelitian lebih lanjut, khususnya yang berhubungan dengan stabilisasi tanah.

### Kajian Pustaka

### A. Pengertian Umum Tentang Tanah

Tanah adalah material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak *tersedimentasi* (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah *melapuk* (berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut, menurut Braja M. Das terjemahan dari (*Noor Endah dan Indrasurya B. Mochtar*), dalam bukunya Mekanika Tanah Jilid 1 (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik). Tanah dapat digolongkan dari beberapa jenis antara lain :

1. Tanah Batu Kerikil (*Gravel Soil*) dan Tanah Pasir (*Sand Soil*) Golongan ini terdiri dari pecahan-pecahan batu dengan berbagai ukuran dan bentuk.
2. Tanah Lempung (*Clay Soil*) adalah satu istilah yang dipakai untuk menyatakan tanah yang berbutir halus yang bersifat seperti lempung, yaitu memiliki sifat kohesi, plastisitas dan tidak memperlihatkan sifat dilatasi.
3. Tanah Lanau (*Silt Soil*) adalah bahan yang merupakan peralihan antara lempung dan pasir-halus dan material yang butiran-butirannya lolos saringan no.200 (Peck et al, 1953).

### B. Konsistensi Tanah

Konsistensi tanah adalah kadar air dimana keadaan tanah melewati keadaan lainnya (*Braja M. Das, 1985*). Konsistensi suatu tanah tergantung pada interaksi antara partikel-partikel mineral lempung yang terkandung dalam tanah tersebut (*R. F. Craig 1987*).

### C. Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah adalah usaha untuk meningkatkan stabilitas dan kapasitas daya dukung tanah. Salah satu upaya untuk perbaikan tanah yakni dengan stabilisasi tanah (*soils stabilization*). Menurut (*B. Mochtar, 1994*) cara stabilisasi tanah terbagi menjadi 2 yaitu :

#### a) Stabilisasi Kimia (*Chemical Stabilization*)

Stabilisasi kimia atau dengan bahan tambah adalah stabilisasi yang menggabungkan unsur benda satu dengan benda yang lainnya yang bertujuan agar mendapatkan unsur yang baru.

#### 1. Stabilsasi dengan Fly Ash

Fly ash (abu terbang) merupakan bagian terbesar dari abu batu bara yang memiliki ukuran butiran yang halus dan menampakkan warna keabuabuan. Pemanfaatan fly ash ini untuk stabilisasi tanah adalah karena fly ash mempunyai sifat pozzolanik dan juga dapat mengurangi shrinkage dan cracking problem yang biasanya timbul pada penggunaan semen sebagai bahan stabilisasi tanah.

#### b) Stabilisasi Mekanis (*Mechanical Stabilization*)

Stabilisasi mekanis adalah stabilisasi yang dilakukan dengan cara mencampur dua macam tanah atau lebih yang bergradasi berbeda untuk memperoleh material yang memenuhi syarat tertentu, dengan tujuan agar mendapatkan tanah yang baik.

### D. Pondasi

Pondasi adalah bagian dari konstruksi yang terletak pada bagian paling bawah, yang berfungsi meneruskan beban bangunan ke tanah atau batuan yang ada dibawahnya. Suatu perencanaan pondasi dikatakan benar apabila beban yang diteruskan oleh pondasi tidak melampaui kekuatan tanah yang bersangkutan

### E. Daya Dukung Pondasi Dangkal

Daya dukung tanah adalah tekanan maksimum yang dapat dipikul oleh tanah tersebut tanpa terjadi kelongsoran. Bilamana beban di atas pondasi ditambah sedikit demi sedikit maka pondasi akan turun yang akhirnya terjadi kelongsoran. Besarnya beban ini disebut beban longsor dan tekanan yang bekerja disebut daya dukung (*ultimate bearing capacity*) dari tanah. Besarnya penurunan dan penambahan beban yang bekerja dapat digambarkan dalam satu grafik.

## METODE PENELITIAN

### A. Jenis Penelitian

Penelitian ini adalah penelitian eksperimen di laboratorium dengan melakukan serangkaian pengujian pada benda uji yang terbuat dari campuran tanah lempung dengan *Fly Ash*, dimana penelitian ini dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil Unesa.

### B. Variabel Penelitian

Ada 3 variabel yang digunakan dalam penelitian ini :

#### 1. Variabel Bebas

Variabel Bebas adalah variabel yang sengaja dipelajari pengaruhnya (dengan cara mengubah-ubah atau memanipulasi) terhadap variabel terikat. Dalam penelitian ini yang dimaksud variabel bebas adalah *Fly Ash* (0%, 5%, 10%, 15%, 20% ).

#### 2. Variabel Terikat

Variabel akibat yang keadaannya akan tergantung pada variabel bebas. Sehingga variabel terikatnya adalah harga kuat tekan bebas  $q_u$ .

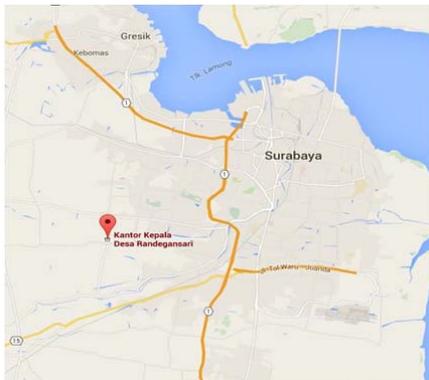
#### 3. Variabel Kontrol

Variabel kontrol adalah perlakuan yang disamakan terhadap penelitian yang dilakukan. Dalam penelitian ini

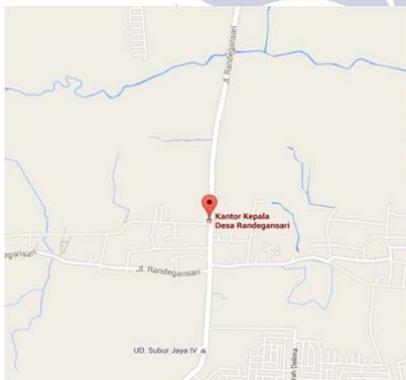
variabel kontrol adalah tanah lempung ekspansif klarifikasi sangat tinggi, *Fly Ash* dan kepadatan benda uji adalah kepadatan maksimal dari *Standart Proctor Test*.

### C. Subjek Penelitian

1. Tempat penelitian tersebut dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil, Universitas Negeri Surabaya. Penelitian dilaksanakan pada semester genap tahun ajaran 2015 – 2016.
2. Populasi dalam penelitian ini menggunakan tanah lempung ekspansif dari daerah Randegansari, Gresik.



Gambar 3.1 Lokasi pengambilan tanah



Gambar 3.2 Lokasi pengambilan tanah (diperbesar)

3. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 5 jenis campuran tanah lempung 100% dengan *Fly Ash* 0%, 5%, 10%, 15% dan 20%.

### D. Teknik Pengumpulan Data

Uji laboratorium dilakukan untuk mendapatkan data primer dari penelitian stabilisasi tanah ekspansif. Uji laboratorium yang dilakukan antara lain :

- a. Uji berat jenis tanah atau specific gravity ( $G_s$ ).

Untuk pengujian berat jenis tanah ( $G_s$ ) adalah sebagai berikut :

- 1) Keringkan tanah dalam oven pada suhu  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$  selama 24 jam, setelah itu dinginkan dengan desikator.
- 2) Piknometer kosong dibersihkan dan dikeringkan, kemudian ditimbang beratnya,  $W_1$
- 3) Masukkan tanah kering yang telah disiapkan pada langkah no 1 ( $\pm 25$  gram) kedalam piknometer, kemudian ditimbang beratnya,  $W_2$
- 4) Tambahkan air suling ke dalam piknometer yang berisi tanah, hingga piknometer terisi dua pertiganya.
- 5) Untuk tanah yang ditest adalah tanah lempung (kohesif) diamkan tanah terendam air air selama 24 jam.
- 6) Hilangkan udara dari campuran tanah + air (pada langkah no.4) dengan cara :
  - a) Mendidihkan piknometer yang berisi tanah + air tersebut secara perlahan-lahan selama kira-kira 15-20 menit sehingga udara dalam tanah bisa keluar seluruhnya. Piknometer sesekali dimiringkan untuk mempercepat proses pengeluaran udara.
  - b) Mulut piknometer yang berisi campuran tanah + air dihubungkan dengan pompa vacum (dengan maksud untuk menarik gelembung-gelembung udara dalam campuran tanah + air) sampai tidak ada lagi gelembung-gelembung udara yang tertinggal didalam tanah tersebut.

Langkah no. 6 adalah langkah terpenting dalam menentukan volume tanah pada test specific gravity karena kekurangan telitian dari hasil test biasanya disebabkan oleh adanya sisa-sisa udara yang tertinggal didalam pori-pori diantara butir-butir tanah.

- 7) Rendamlah piknometer yang berisi campuran tanah + air dalam bak perendaman sampai suhunya tetap.
- 8) Tambahkan air suling sampai dengan dasar dari garis cekung permukaan air (miniscus) menyentuh tanda yang menunjukkan 250 ml. Keringkan bagian luar dari piknometer dan bagian dalam dari leher piknometer (diatas miniscus) dengan kertas penering.
- 9) Tentukan berat dari piknometer + tanah + air (pada langkah no.8), beratnya, ( $W_3$ ).
- 10)Ukur temperatur dari campuran piknometer + tanah + air, dengan cara memasukkan termometer kedalam piknometer, suhu  $T_1 ^\circ\text{C}$ .
- 11) Kosongkan dan bersihkan piknometer, kemudian isi piknometer dengan air suling sampai dengan dasar dari garis cekung permukaan air (miniscus) menyentuh tanda yang menunjukkan 250 ml. Selanjutnya ditimbang beratnya, ( $w_4$ ).

12)Ukur temperatur dari air yang ada didalam piknometer tersebut untuk mengetahui apakah temperatur dari air =  $T1 \pm 1^{\circ}C$ . (batas toleransi  $\pm 1^{\circ}C$ ).

b. Uji Atteberg digunakan untuk memperoleh nilai Indeks Plastis (IP), pengujian yang dilakukan meliputi uji batas cair atau liquid limit (LL) dan uji batas plastis atau plastic limit (PL).

Urutan pengujian Liquid Limit adalah sebagai berikut :

- 1) Ambil tanah yang lolos ayakan no 40 sebanyak 100 gram dan letakkan diatas plat kaca pengaduk. Tambahkan sedikit air pada tanah tersebut dan campur hingga merata dengan menggunakan kapi, apabila campuran tanah + air sudah mempunyai warna yang merata dan kelihatan lembek, campuran tersebut sudah bisa di test.
- 2) Lepaskan mangkok kuningan dari alat test liquid limit, letakkan sebagian tanah yang telah disiapkan pada langkah no 1 didalam mangkok kuningan tersebut dengan menggunakan pisau spatula. Ratakan permukaan tanah tersebut sedemikian rupa hingga ketebalan maksimum dari tanah didalam mangkok kuningan kira-kira 8 mm.
- 3) Alat pembuat alur digunakan untuk membuat alur pada contoh tanah yang telah disiapkan pada langkah no 2 sepanjang garis tengah mangkok.
- 4) Pasang kembali mangkok kuningan beserta isinya (yang sudah disiapkan pada langkah no. 3) pada alat test liquid limit, putar crank dengan kecepatan 2 putaran per detik. Dengan memutar crank, mangkok kuningan beserta isinya akan terangkat dan jatuh pada ketinggian 1 cm, sekali setiap satu putaran, dan alur yang dibuat pada contoh tanah tersebut akan menutup secara perlahan-lahan. Apabila dua bagian tanah yang dipisahkan oleh alur sudah mendekat satu sama lain sepanjang 12.7 mm, pemutaran dari alat crank bisa dihentikan, tentukan jumlah putaran (pukulan) yang dibutuhkan untuk menutup alur tersebut.
- 5) Ambil sebagian dari contoh tanah yang sudah ditest pada lagkah no 4 kira-kira 10 gram dan masukkan kedalam cawan yang telah diketahui beratnya (W1). Kemudian timbang cawan + tanah tersebut beratnya (W2), lalu masukkan ke dalam oven selama 24 jam untuk diketahui berat keringnya (W3), selanjutnya tentukan kadar air dari tanah tersebut.
- 6) Tambahkan sedikit pada sisa tanah yang sudah disiapkan pada langkah no 1, dan campur lagi hingga merata.
- 7) Ulangi langkah no 2 s/d no 6 untuk mendapatkan harga kadar air tanah pada jumlah pukula dibawah 25

sebanyak dua kali dan diatas 25 kali pukulan sebanyak dua kali.

Untuk urutan pengujian Plastic Limit (PL) adalah sebagai berikut :

- 1) Ambil contoh tanah yang lolos ayakan no 40, sebanyak kira-kira 20 gram dan taruh diatas pelat kaca.
- 2) Tambahkan air pada tanah yang telah disiapkan pada langkah no 1 dan campur rata dengan menggunakan kapi.
- 3) Tentukan berat dari cawan yang akan digunakan untuk menentukan kadar air, beratnya (W1).
- 4) Dari tanah lembab yang telah disiapkan pada langkah no 2 siapkan beberapa masa tanah dengan bentuk elipsoida yang dibuat dengan cara memencet –mencet tanah tersebut dengan jari.
- 5) Ambil satu dari masa tanah yang telah disiapkan pada langkah no 4 dan gulung diatas kaca yang telah disiapkan dengan menggunakan telapak tangan. Penggulungan tanah harus dilakukan dengan kecepatan kira-kira 80 gerakan lengkap per menit. (catatan : yang dimaksudkan dengan gerakan lengkap adalah satu gerakan maju dan satu gerakan mundur dari telapak tangan).
- 6) Apabila tanah yang digulung pada langkah no 5 sudah mencapai diameter 3 mm, tapi tanah belum retak-retak, maka remas-remas contoh tanah tersebut (boleh tambah tanah kering sedikit) dan bentuk masa tanah elipsoida lagi.
- 7) Ulangi langkah no 5 dan no 6 hingga gulungan tanah akan retak-retak apabila tanah mencapai diameter 3 mm.
- 8) Kumpulkan tanah yang retak-retak (pada lagkah no 7) didalam cawan, kemudian timbang beratnya, (W2).
- 9) Ambil masa tanah berbentuk elipsoida yang lain dan ulangi urutan pelaksanaan no 5 s/d no 8.
- 10) Masukkan cawan + tanah kedalam oven selama kira-kira 24 jam, dengan suhu kira-kira  $110^{\circ}C$
- 11) Tentukan berat cawan + tanah kering, beratnya (W3).

c. Uji Standart proctor digunakan untuk memperoleh nilai berat volume kering ( $\gamma_d$  max) dan dan kadar air optimum ( $W_c$  opt). Data yang dihasilkan dari Standart Proctor digunakan untuk acuan kepadatan maksimum sebagai kondisi awal pada pengujian Kuat Tekan Bebas (*Unconfined*).

Urutan Pengujian Standart Proctor adalah sebagai berikut :

- 1) Timbang massa cetakan dan keping alas dengan ketelitian 1 gram serta ukur diameter dalam dan tingginya dengan ketelitian 0,1 mm.
- 2) Pasang leher sambung pada cetakan dan keping alas, kemudian dikunci dan ditempatkan pada landasan dari beton dengan massa tidak kurang dari 100 kg yang diletakkan pada dasar yang stabil.
- 3) Ambil contoh uji yang akan dipadatkan, tuangkan ke dalam baki dan aduk sampai merata.
- 4) Padatkan contoh uji di dalam cetakan (dengan leher sambung) dalam 3 lapis dengan ketebalan yang sama sehingga ketebalan total setelah dipadatkan kira-kira 125 mm. Pemadatan dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:
  - a) untuk lapis 1, isi contoh uji ke dalam cetakan dengan jumlah yang sedikit melebihi 1/3 dari ketebalan padat total, sebarkan secara merata dan ditekan sedikit dengan alat penumbuk atau alat lain yang serupa agar tidak lepas atau rata. Padatkan secara merata pada seluruh bagian permukaan contoh uji di dalam cetakan dengan menggunakan alat penumbuk dengan massa 2,5 kg yang dijatuhkan secara bebas dari ketinggian 305 mm di atas permukaan contoh uji tersebut sebanyak 25 kali.
  - b) lakukan pemadatan untuk lapis 2 dan lapis 3 dengan cara yang sama seperti untuk lapis 1.
- 5) Lepaskan leher sambung, potong kelebihan contoh uji yang telah dipadatkan dan ratakan permukaannya menggunakan pisau perata, sehingga betul-betul rata dengan permukaan cetakan.
- 6) Timbang massa cetakan yang berisi benda uji dan keping alasnya dengan ketelitian 1 gram.
- 7) Buka keping alas dan keluarkan benda uji dari dalam cetakan menggunakan alat pengeluar benda uji. Belah benda uji secara vertikal menjadi 2 bagian yang sama, kemudian ambil sejumlah contoh yang mewakili dari salah satu bagian untuk pengujian kadar air.

CATATAN 6: Untuk tanah terdrainase bebas seperti pasir seragam dan kerikil yang memungkinkan terjadi rembesan pada bagian bawah cetakan dan keping alas, contoh yang mewakili untuk pengujian kadar air lebih baik diambil dari bak pencampur.

- 8) Pecahkan benda uji sampai secara visual lolos saringan No.4 (4,75 mm) dan campurkan dengan sisa contoh uji di dalam baki. Tambahkan air secukupnya sehingga kadar airnya meningkat 1% sampai dengan 5% dari kadar air benda uji pertama, kemudian diaduk sampai merata.

- 9) Ulangi langkah-langkah dari nomor 2 sampai nomor 8 beberapa kali sampai massa benda uji berkurang atau tetap.

- 10) Gambarkan grafik hubungan antara kadar air ( $W_c$ ) dan berat volume kering tanah ( $\gamma_d$ ). Persamaan untuk menghitung berat kering tanah yaitu sebagai berikut:

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1+W_c} \quad (2.1)$$

Dimana:

$\gamma_d$  = berat volume kering (gr/cc)

$\gamma$  = berat volume basah (gr/cc)

$W_c$  = kadar air

- 11) Menentukan berat volume kering pada kondisi jenuh atau zero air void ( $\gamma_{d\ zAV}$ ). Persamaan untuk menghitung berat kering tanah yaitu sebagai berikut:

$$\gamma_{d\ zAV} = \frac{G_s \times \gamma_w}{1+(W_c \times G_s)} \quad (2.2)$$

Dimana:

$\gamma_{d\ zAV}$  = berat volume kering jenuh (gr/cc)

$\gamma_w$  = berat volume air (gr/cc)

$W_c$  = kadar air (Catatan: kadar air yang digunakan bebas)

$G_s$  = berat jenis tanah

- 12) Menentukan berat volume kering maksimum dan kadar air optimum dengan mem-plot pada grafik hubungan antara berat volume kering dan kadar air.

- d. Uji Kuat Tekan Bebas (*Unconfined*) digunakan untuk memperoleh nilai  $q_u$ . Nilai yang dihasilkan dari pengujian Kuat Tekan Bebas yakni berupa tabel dan grafik.

Urutan pengujian Kuat Tekan Bebas (*Unconfined*) adalah sebagai berikut :

- 1) Melakukan test standart proktor untuk membuat benda uji dengan perbandingan tanah lempung asli 0%, tanah lempung ditambah *Fly Ash* 5%, tanah lempung ditambah *Fly Ash* 10%, tanah lempung ditambah *Fly Ash* 15%, dan tanah lempung ditambah *Fly Ash* 20%
- 2) Kemudian campuran tanah tersebut ditambah dengan air ( $W_c\ opt$ ) pada masing – masing campuran dan diperam selama 1 x 24 jam
- 3) Campuran tersebut kemudian dipadatkan dan dijadikan benda uji dengan cara memasang ring pencetak dan tekan ke dalam ring sampai penuh dan ratakan.
- 4) Mengeluarkan benda uji dengan hati-hati dari ring dan ditimbang, kemudian di masukkan ke dalam plastik agar tidak berubah kadar airnya.

- 5) Mengambil sedikit contoh tanah yang sudah dilepaskan dari cetakan dan meletakkan pada cawan yang sudah di timbang untuk menentukan kadar air
- 6) Benda uji kemudian dipasang pada rangka beban dan diatur hingga sentri terhadap dongkraknya.
- 7) Pasang proving ring dan dial pengukur regangan dan disetel pada 0 (nol) stand. Tentukan kecepatan regangan.
- 8) Mulai diadakan penekanan hingga terjadi keruntuhan sambil dikontrol/dicatat pembebanannya pada setiap interval regangan tertentu.
- 9) Setelah runtuh contoh tanah dikeluarkan dan digambar pola keruntuhannya.
- 10) Selanjutnya, menimbang tanah lempung yang sudah dikeringkan dalam oven kemudian didinginkan dan menentukan kadar airnya.
- 11) Pengolahan data yang didapat pada pengujian Kuat Tekan Bebas (*Unconfined*) digambarkan dalam bentuk tabel dan grafik.

#### E. Analisis Data

Data-data yang dihasilkan dari praktik laboratorium akan diolah menjadi tabel dan grafik dengan bantuan *software Microsoft Excel* dan akan di analisis berupa deskriptif kualitatif, sehingga dapat mempermudah perhitungan daya dukung pondasi dangkalnya.

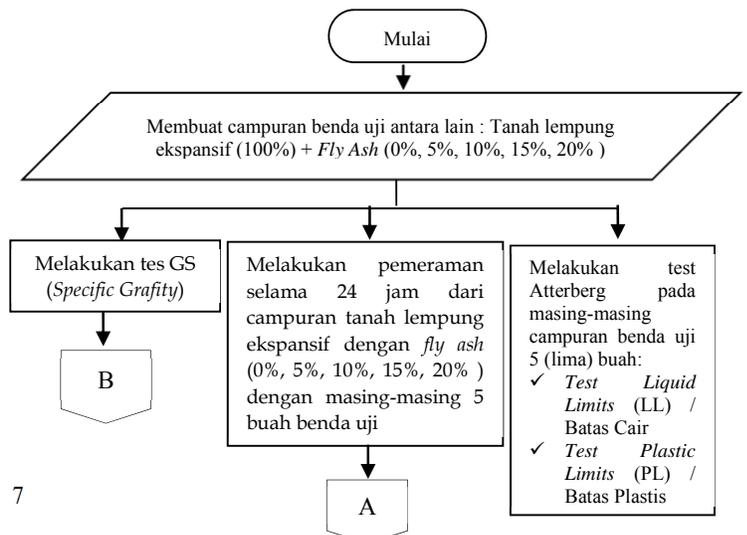
#### F. Langkah-langkah Pengujian

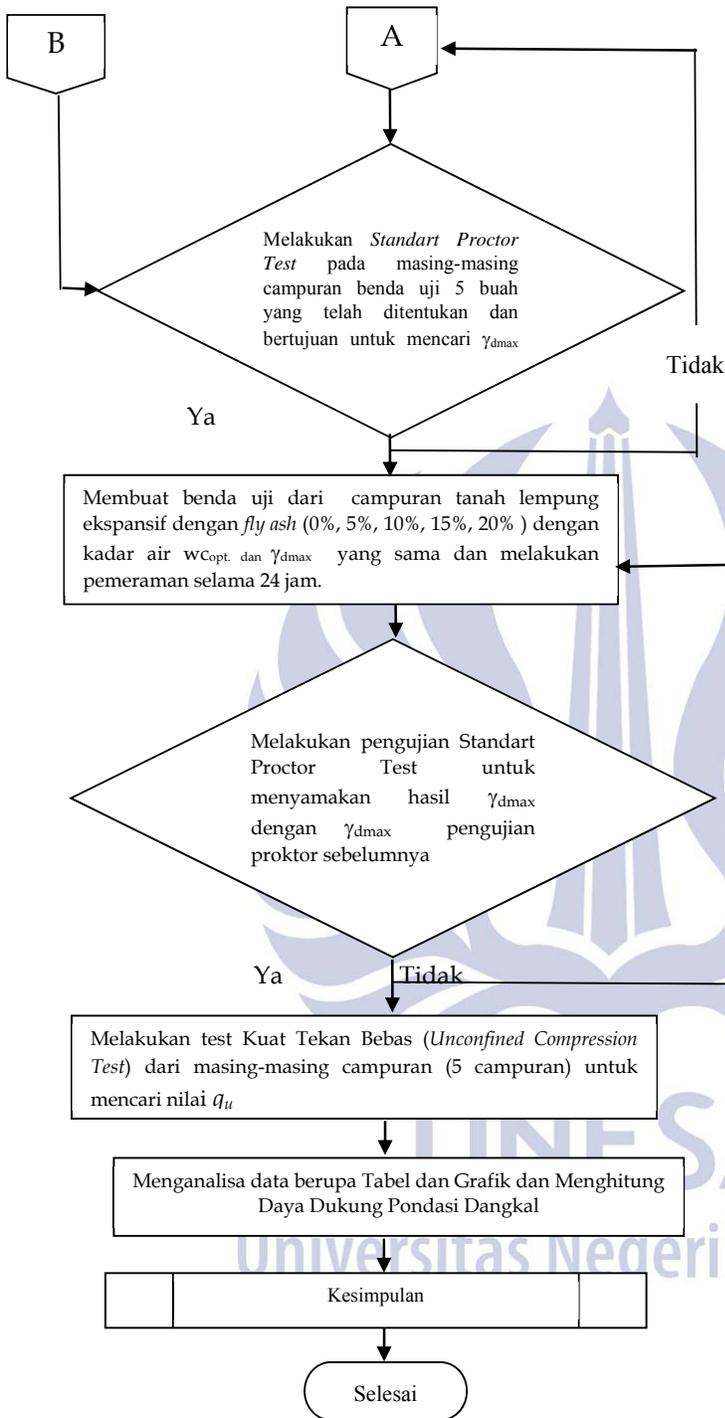
1. Melakukan survey lokasi pengambilan tanah dan mengambil sampel tanah untuk pralab.
2. Menyiapkan bahan untuk pengujian berupa sampel tanah dari desa Randegansari kecamatan Driyorejo, kabupaten Gresik dan bahan stabilisasi *Fly Ash* yang digunakan berasal dari limbah sebuah perusahaan di Menganti Kab. Gresik.
3. Membuat campuran benda uji tanah dan limbah karbit dengan varian campuran 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% sebanyak kebutuhan untuk semua praktek yang akan dilakukan.
4. Melakukan pengujian berat jenis tanah atau Spesif gravity (Gs) pada masing-masing varian campuran.
5. Melakukan penelitian Atterberg Limit yaitu (*Liquid Limit dan Plastic Limit*), Liquid limit dilakukan untuk mendapatkan batas cair dari tiap-tiap varian campuran dan plastic Limit untuk mendapatkan batas plastis dari tiap-tiap varian campuran. Kemudian menghitung Indeks Plastis dari masing-masing varian campuran.
6. Menyiapkan campuran benda uji untuk pengujian Standart Proctor untuk masing- masing varian campuran dengan tiap-tiap campuran 5 buah dan telah

dicampur dengan air sesuai dengan perhitungan. Kemudian melakukan pemeraman selama 24 jam untuk tanah lempung ekspansif agar campuran tanah, *Fly Ash* dan air menjadi homogen.

7. Melakukan pengujian standart proctor dengan benda uji yang sebelumnya sudah disiapkan. Apabila grafik antara  $\gamma_d$  dan  $W_c$  hasil pengujian proctor memotong  $\gamma_{zav}$  maka pengujian harus di ulang pada langkah no. 6 tetapi apabila grafik antara  $\gamma_d$  dan  $W_c$  hasil pengujian proctor tidak memotong dengan  $\gamma_{zav}$  maka pengujian bisa dilanjutkan pada langkah berikutnya.
8. Membuat campuran benda uji untuk pengujian Kuat Tekan Bebas (*Unconfined*) dengan menggunakan  $\gamma_d$  max dan  $w_c$  opt yang telah didapat dari masing-masing varian campuran dari pengujian standart proctor dan melakukan pemeraman selama 24 jam untuk tanah lempung ekspansif.
9. Melakukan pengujian standart proctor untuk mengetahui hasil  $\gamma_d$  max yang telah dibuat menggunakan  $w_c$  opt. Apabila hasil  $\gamma_d$  max yang dibuat dengan menggunakan  $w_c$  opt tidak sama dengan  $\gamma_d$  max yang telah diperoleh sebelumnya maka pengujian di ulang kembali pada langkah no. 8. Namun apabila hasil  $\gamma_d$  max yang dibuat dengan menggunakan  $w_c$  opt hampir sama dengan  $\gamma_d$  max yang telah diperoleh sebelumnya maka pengujian bisa dilanjutkan pada langkah berikutnya.
10. Melakukan pengujian Kuat Tekan Bebas (*Unconfined*) untuk memperoleh nilai  $q_u$ .
11. Menganalisa data yang didapat dari hasil pengujian dalam bentuk tabel dan grafik pada Microsoft excel, kemudian menghitung daya dukung pondasi dangkal.
12. Melakukan pengolahan data dan pembahasan dalam bentuk deskriptif kualitatif.
13. Menarik kesimpulan dari hasil data yang telah diperoleh dari semua pengujian yang telah dilakukan dan pengolahan data.

#### G. DIAGRAM ALIRAN PELAKSANAAN PENGUJIAN





**HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah UNESA, adapun parameter yang diketahui yaitu harga Indeks Plastisitas, Kepadatan Maksimum dan nilai kuat tekan bebas ( $q_u$ ), sebelum mengetahui Indeks Plastisitas harus melalui test Batas Cair dan test Batas Plastis. Penelitian ini diperoleh dari uji laboratorium dan data yang di didapat sebagai berikut:

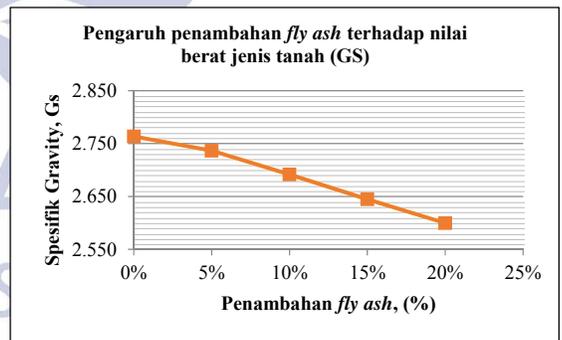
**A. Pengaruh Penambahan Fly Ash pada Tanah Lempung Terhadap Nilai Berat Jenis Tanah (Gs).**

Berdasar tabel dan grafik dibawah ini diperoleh hasil penurunan GS dari (2.764 - 2.600)  $gr/cm^3$ . Jadi, semakin banyak variasi penambahan Fly ash pada tanah lempung, maka nilai (Gs) akan semakin turun.

Prosentase penurunan nilai berat jenis tanah (GS)

Penambahan fly ash %	Nilai berat jenis tanah $gr/cm^3$	Prosentase penurunan %
0	2,764	0
5	2,737	0,979
10	2,692	2,605
15	2,645	4,300
20	2,600	5,926

Tabel 4.1 Pengaruh Penambahan Fly Ash pada Tanah Lempung Terhadap Nilai Berat Jenis Tanah (Gs).



Grafik 4.1 Pengaruh Penambahan Fly Ash pada Tanah Lempung Terhadap Nilai Berat Jenis Tanah (Gs).

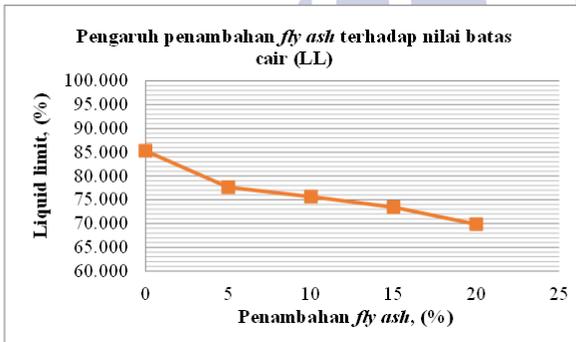
**B. Pengaruh Penambahan Fly Ash Pada Tanah Lempung Terhadap Nilai Batas Cair (LL).**

Berdasar tabel dan grafik dibawah ini diperoleh hasil penurunan nilai batas cair (LL) dari (85,293-69,853)% Jadi semakin besar variasi penambahan *Fly Ash* pada tanah lempung, maka nilai batas cair (LL) mengalami penurunan.

Prosentase penurunan nilai batas cair

Penambahan fly ash (%)	Nilai batas cair (LL) (%)	Prosentase penurunan (%)
0	85,293	0,00
5	77,625	8,99
10	75,633	11,33
15	73,446	13,89
20	69,853	18,10

Tabel 4.2 Pengaruh Penambahan Fly Ash Pada Tanah Lempung Terhadap Nilai Batas Cair (LL).



Grafik 4.2 Pengaruh Penambahan Fly Ash Pada Tanah Lempung Terhadap Nilai Batas Cair (LL).

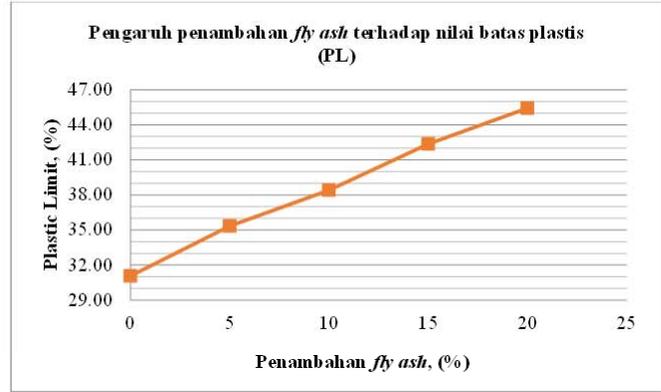
**C. Pengaruh Penambahan Fly Ash Pada Tanah Lempung Terhadap Nilai Batas Plastis (PL)**

Berdasar tabel dan grafik dibawah ini diperoleh hasil penurunan nilai Nilai Batas Plastis (PL) dari (31,07-45,44)%. Jadi semakin besar variasi penambahan *Fly Ash* pada tanah lempung, maka Nilai Batas Plastis (PL) mengalami kenaikan.

Pengaruh penambahan fly ash terhadap nilai batas plastis (PL)  
Prosentase kenaikan nilai batas plastis

Penambahan fly ash (%)	Nilai batas plastis (PL) (%)	Prosentase kenaikan (%)
0	31,07	0
5	35,34	13,76
10	38,40	23,61
15	42,37	36,38
20	45,44	46,25

Tabel 4.3 Pengaruh Penambahan Fly Ash Pada Tanah Lempung Terhadap Nilai Batas Plastis (PL)



Grafik 4.3 Pengaruh Penambahan Fly Ash Pada Tanah Lempung Terhadap Nilai Batas Plastis (PL).

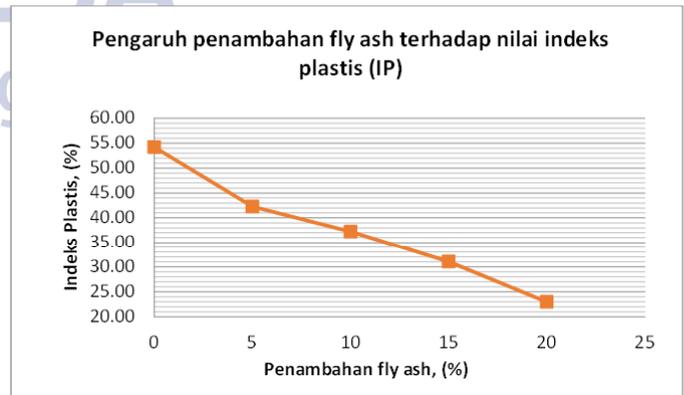
**D. Pengaruh Penambahan Fly Ash Pada Tanah Lempung Terhadap Nilai Indeks Plastisitas (IP).**

Berdasar tabel dan grafik dibawah ini diperoleh hasil nilai Indeks Plastisitas dari (85,293-69,853)%. Jadi, semakin besar variasi penambahan *Fly Ash* pada tanah lempung, maka nilai Indeks Plastisitas akan semakin menurun.

Prosentase Penurunan dan Klasifikasi Tanah Indeks Plastis

Penambahan fly ash (%)	Nilai indeks plastis (IP) (%)	Prosentase penurunan (%)	Klasifikasi tanah ekspansif
0	54,23	0	Tinggi
5	42,28	22,03	Tinggi
10	37,23	31,34	Tinggi
15	31,07	42,70	Tinggi
20	22,99	57,61	Sedang

Tabel 4.4 Pengaruh Penambahan Fly Ash Pada Tanah Lempung Terhadap Nilai Indeks Plastisitas (IP).



Grafik 4.4 Pengaruh Penambahan Fly Ash Pada Tanah Lempung Terhadap Nilai Indeks Plastisitas (IP).

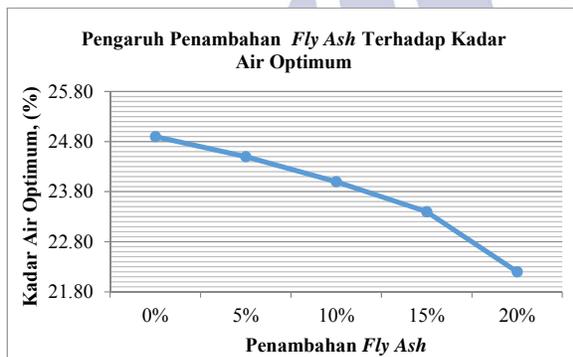
**E. Pengaruh Penambahan Fly Ash Pada Tanah Lempung Terhadap Nilai kadar Air Optimum (Wopt).**

Berdasar tabel dan grafik dibawah ini diperoleh hasil penurunan Nilai kadar Air Optimum (Wopt) dari (24,90-22,20)%. Jadi semakin besar variasi penambahan Fly Ash pada tanah lempung, maka Nilai kadar Air Optimum (Wopt) mengalami penurunan.

Prosentase penurunan kadar air

Penambahan Fly Ash (%)	Kadar air optimum (%)	Prosentase penurunan (%)
0	24,90	0
5	24,50	1,61
10	24,00	3,61
15	23,40	6,02
20	22,20	10,84

Tabel 4.5 Pengaruh Penambahan Fly Ash Pada Tanah Lempung Terhadap Nilai kadar Air Optimum (Wopt).



Grafik 4.5 Pengaruh Penambahan Fly Ash Pada Tanah Lempung Terhadap Nilai kadar Air Optimum (Wopt).

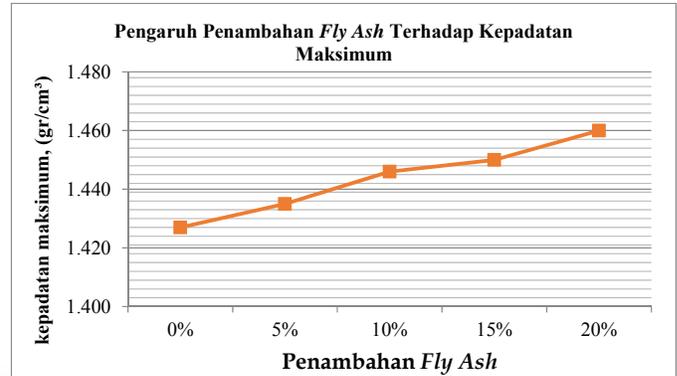
**F. Pengaruh Penambahan Fly Ash Pada Tanah Lempung Terhadap Nilai Kepadatan Maksimum ( $\gamma_d$  maks).**

Berdasar tabel dan grafik dibawah ini diperoleh Nilai Kepadatan Maksimum ( $\gamma_d$  maks) dari (1,427-1,460)%. Jadi semakin besar variasi penambahan Fly Ash pada tanah lempung, maka Nilai Kepadatan Maksimum ( $\gamma_d$  maks) mengalami kenaikan.

Prosentase kenaikan kepadatan maksimum

Penambahan Fly Ash (%)	Kepadatan maksimum ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )	Prosentase kenaikan (%)
0	1,427	0
5	1,435	0,561
10	1,446	1,331
15	1,450	1,612
20	1,460	2,313

Tabel 4.6 Pengaruh Penambahan Fly Ash Pada Tanah Lempung Terhadap Nilai Kepadatan Maksimum ( $\gamma_d$  maks).



Grafik 4.6 Pengaruh Penambahan Fly Ash Pada Tanah Lempung Terhadap Nilai Kepadatan Maksimum ( $\gamma_d$  maks).

**G. Hasil Pengujian Penambahan Fly Ash pada Tanah Terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas ( $q_u$ )**

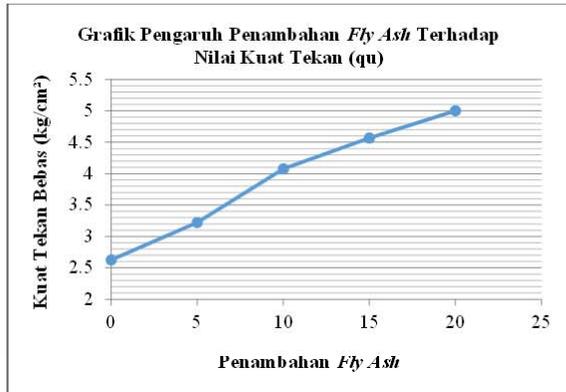
Tanah yang telah dicampur dengan fly ash 5% nilai ( $q_u$ ) hasil uji kuat tekannya naik dibandingkan dengan tanah asli yaitu sebesar 3,222  $\text{kg}/\text{cm}^2$  dengan prosentase kenaikan sebesar 22,65% per 5 % (1% nya naik 4,35%).

Kadar fly ash 10% didapat nilai ( $q_u$ ) 4,076  $\text{kg}/\text{cm}^2$  dengan prosentase kenaikan sebesar 55,16% per 10% (1% nya naik 5,52%). Kadar fly ash 15% didapat nilai ( $q_u$ ) 4,567  $\text{kg}/\text{cm}^2$  dengan prosentase kenaikan sebesar 73,85% per 15% (1% nya naik 4,92%). Kadar fly ash 20% didapat nilai ( $q_u$ ) 5,001  $\text{kg}/\text{cm}^2$  dengan prosentase kenaikan sebesar 90,37% per 20% (1% nya naik 4,51 %). Dengan demikian kenaikan yang paling efektif adalah dengan penambahan kadar fly ash 10% didapat nilai ( $q_u$ ) 4,076  $\text{kg}/\text{cm}^2$  dengan prosentase kenaikan sebesar 55,16% per 10% (1% nya naik 5,52%).

Prosentase kenaikan kepadatan nilai kuat tekan

Penambahan Fly Ash (%)	Nilai Kuat Tekan Bebas ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	Prosentase Kenaikan (%)	Klasifikasi Konsistensi Tanah Lempung ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )
0	2,627	0	Sangat Kaku
5	3,222	22,65	Sangat Kaku
10	4,076	55,16	Sangat Kaku
15	4,567	73,85	Keras
20	5,001	90,37	Keras

Tabel 4.7. Prosentase Kenaikan Nilai Kuat Tekan



Grafik 4.7 Pengaruh Penambahan Fly Ash Terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas ( $q_u$ )

**H. Perhitungan Daya Dukung Pondasi Dangkal Dengan Menggunakan Bentuk Bujur Sangkar Tipe Geser Setempat.**

Dalam perhitungan daya dukung pondasi dangkal memilih menggunakan perhitungan dengan geser setempat dengan bentuk bujur sangkar menurut Terzaghi, dengan rumus sebagai berikut :

$$q'_{ult} = 1,3 \cdot C' \cdot Nc' + q \cdot Nq' + 0,4 \cdot B \cdot \gamma' \cdot N\gamma'$$

Dimana :

$$C' = \left(\frac{2}{3}\right) c$$

$$\tan \phi' = \left(\frac{2}{3}\right) \tan \phi$$

$$\phi' = \arcsin \left(\frac{2}{3} \sin \phi\right)$$

$$q = D_f \times \gamma'$$

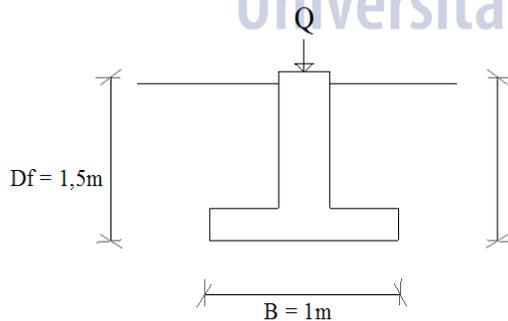
$\phi' = 0 \rightarrow$  Karena tanah lempung sehingga

$$Nc' = 5,7 ; Nq' = 1 ; N\gamma' = 0$$

$$q'_{ijin} = \frac{q'_{ult}}{FS}$$

$$Q = q'_{ijin} \times A$$

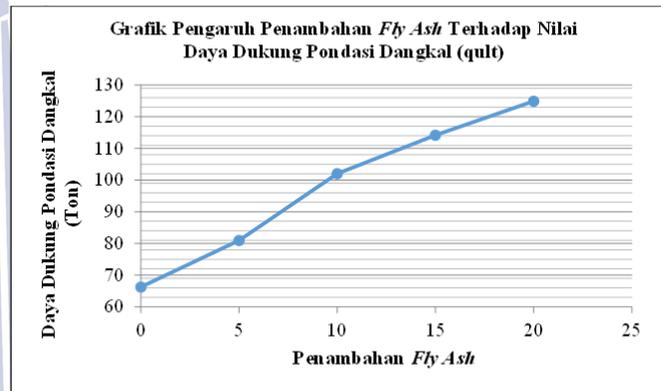
$$FS = 3$$



Prosentase kenaikan nilai daya dukung pondasi dangkal

Penambahan Fly Ash (%)	Nilai Daya Dukung Pondasi ( $t/m^2$ )	Prosentase Kenaikan (%)
0	66,253	0,000
5	80,948	22,180
10	102,038	54,011
15	114,178	72,335
20	124,892	88,506

Tabel 4.8 Pengaruh Penambahan Fly Ash Pada Tanah Lempung Terhadap Nilai Daya Dukung Pondasi Dangkal ( $q_{ult}$ )



Grafik 4.8 Pengaruh Penambahan Fly Ash Pada Tanah Lempung Terhadap Nilai Daya Dukung Pondasi Dangkal ( $q_{ult}$ )

Dari hasil pengujian nilai daya dukung pondasi dangkal diambil dari tanah asli, nilai daya dukung pondasi dangkal yang didapat sebesar 66,253  $t/m^2$  dengan prosentase 22,180% ,selanjutnya pencampuran 5% fly ash didapat nilai daya dukung pondasi dangkal sebesar 80,948  $t/m^2$  dengan prosentase kenaikan 22,180% ,kemudian penambahan berikutnya 10% fly ash nilai daya dukung pondasi dangkal sebesar 102,038  $t/m^2$  dengan prosentase kenaikan 54,011%, penambahan 15% fly ash didapat nilai daya dukung pondasi dangkal sebesar 114,178  $t/m^2$  dengan prosentase kenaikan 72,335% ,sedangkan dengan penambahan 20% fly ash didapat nilai daya dukung pondasi dangkal sebesar 124,892  $t/m^2$  dengan prosentase kenaikan 88,506%.

Pada penambahan 5% - 20% nilai daya dukung tanah mengalami kenaikan yang cukup signifikan sehingga pencampuran maksimum dengan Fly Ash 20% mempunyai nilai daya dukung tanah yang baik.

**PENUTUP**

**A. SIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian di laboratorium mengenai pengaruh penambahan Fly Ash pada tanah lempung yang diambil di daerah Randegansari Kec. Driyorejo Kab. Gresik, nilai daya dukung pondasi dangkal dari tanah asli, di dapat sebesar 66,253  $t/m^2$ , selanjutnya pencampuran 5% fly ash didapat nilai daya dukung pondasi dangkal sebesar 80,948  $t/m^2$ , kemudian penambahan berikutnya 10% fly ash nilai daya dukung pondasi dangkal sebesar 102,038  $t/m^2$ , penambahan 15% fly ash didapat nilai daya dukung pondasi dangkal sebesar 114,178  $t/m^2$ , sedangkan dengan penambahan 20% fly ash didapat nilai daya dukung pondasi dangkal sebesar 124,892  $t/m^2$ .

Dapat disimpulkan bahwa, semakin banyak penambahan fly ash pada tanah lempung ekspansif, maka semakin baik pula daya dukung tanah yang dihasilkan.

#### B. SARAN

1. Tanah Lempung didaerah Randegansari Kabupaten Gresik dapat digunakan untuk perbaikan tanah dan meningkatkan kekuatan tanah pada pondasi dangkal dengan penambahan fly ash 20% .
2. Perlu diadakan penelitian berkelanjutan pada tanah lempung di daerah lain, dengan menggunakan penambahan Fly Ash sebagai bahan stabilisasi yang dapat menjadi bahan ikat alternatif untuk meningkatkan nilai ekonomis limbah.
3. Bagi peneliti yang ingin melakukan penelitian lanjutan dapat menggunakan variasi dengan lama pemeraman yang berbeda sehingga dapat dilihat perbandingan nilai antar variasi lama pemeraman.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Andajani, Nur. 1994. *Panduan Praktikum Laboratorium Mekanika Tanah I*. Surabaya: Unversity Press.
- Anggraeni, Puspita. 2014. *Pengaruh Penambahan Fly Ash Pada Tanah Lempung di Daerah Randegansari Kabupaten Gresik Terhadap Nilai California Bearing Ratio (CBR)*. Skripsi Tidak Dipublikasikan
- Bowles, Joseph E. 1984. *Sifat – Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Jakarta : Erlangga
- . 1992. *Analisis dan Desain Pondasi*. Jakarta : Erlangga.
- B. Mochtar, Indrasurya & Endah, Noor. 1991. *Mekanika Tanah Jilid 1 & II (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik)*. Jakarta : Erlangga
- . 1994. *Rekayasa Penanggulangan Masalah Pembangunan pada Tanah-tanah Sulit*, Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS, Surabaya.
- Craig, R. F. 1987. *Mekanika Tanah*. Yogyakarta : Beta Offset
- Das, M. Braja. 1985. *Principles Of Geotechnical Engineering I*. Inggris : PWS Publisher.
- . 1985. *Principles Of Geotechnical Engineering II*. Inggris : PWS Publisher.
- Terjemahan B. Mochtar Indrasurya. 1998. *Mekanika Tanah Jilid 1 (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jakarta : Erlangga.
- Hardiyatmo, C. Hary. 2007. *Mekanika Tanah 2*. Yogyakarta. Gajah Mada University Press.
- . 2010. *Stabilisasi Tanah untuk Perkerasan Jalan*. Yogyakarta. Gajah Mada University Press.
- . 2011. *Analisis dan Perancangan Fondasi 1*. Yogyakarta. Gajah Mada University Press.
- . 2012. *Mekanika Tanah I*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- . 2014. *Tanah Ekspansif*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press
- Leliana, Arinda. 2014. *Pengaruh Penambahan Fly Ash Terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas Pada Tanah Lempung Ekspansif Di Daerah Magetan Jawa Timur*. Skripsi Tidak Dipublikasikan
- Ridwan, Machfud. 2003. *Petunjuk Praktikum Mekanika Tanah I*. Surabaya : University Press.
- Sayidah, Kiki. 2013. *Pengaruh Penambahan Clean Set Cement Pada Tanah Lempung Pada Tanah Lempung Terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas*. Skripsi Tidak Dipublikasikan.
- Seta, Wijaya. 2011. *Perilaku tanah Ekspansif yang Dicampur Dengan Pasir Untuk Subgrade*. Skripsi Tidak Dipublikasikan.
- Tim Penyusun. 2014. *Panduan Penulisan dan penilaian Skripsi*. Surabaya: University Press.
- . *Lempung Terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas*. Skripsi Tidak Dipublikasikan.
- Sherley, LH. 1994. *Geoteknik dan Mekanika Tanah*. Bandung : Nova.
- Seta, Wijaya. 2011. *Perilaku tanah Ekspansif yang Dicampur Dengan Pasir Untuk Subgrade*. Skripsi tidak dipublikasikan.
- Tim Penyusun. 2014. *Panduan Penulisan dan penilaian Skripsi*. Surabaya: University Press.