

**TUGAS AKHIR**

**STUDI KEKUATAN GESER TANAH SEDIMEN DENGAN  
STABILISASI CAMPURAN FLY ASH**

***STUDY OF SEDIMENTAL SOIL SHEARING STRENGTH  
WITH STABILIZATION OF THE FLY ASH***

**NOFRIANA  
D011 18 1026**



**PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
2022**

**LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR**

**STUDI KEKUATAN GESER TANAH SEDIMEN DENGAN STABILISASI  
CAMPURAN FLY ASH**

Disusun dan diajukan oleh:

**NOFRIANA**

**D011 18 1026**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 07 Desember 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

menyetujui,

Pembimbing I,



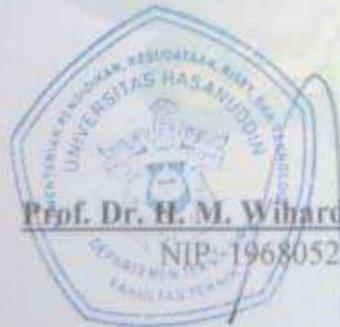
Ir. H. Achmad Bakri Muhiddin, MSc, Ph.D  
NIP. 196007301986031003

Pembimbing II,



Prof. Dr. Ir. Abd. Rahman Djamaluddin, MT  
NIP. 195910101987031003

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, ST, M.Eng  
NIP. 196805292002121002

## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini, nama Nofriana, dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul "**Studi Kekuatan Geser Tanah dengan Stabilisasi Campuran Fly Ash**", adalah karya ilmiah penulis sendiri, dan belum pernah digunakan untuk mendapatkan gelar apapun dan dimanapun.

Karya ilmiah ini sepenuhnya milik penulis dan semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Gowa, 22 Desember 2022

Yang membuat  
pernyataan,



Nofriana

NIM: D011 18 1026

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini sebagai salah satu syarat yang diajukan untuk menyelesaikan studi di Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini memerlukan proses yang tidak singkat, dan tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak yang senantiasa terus memberikan semangat dan dukungan pada penulis.

Oleh karena itu dengan besar hati penulis ucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu, yaitu kepada:

1. **Allah SWT** yang telah memudahkan jalan saya untuk terus berupaya dan tidak patah semangat dalam menempuh dunia perkuliahan hingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.
2. Kedua orang tercinta, yaitu ayahanda **Asmono** dan ibunda **Sariyana** atas kasih sayang yang telah mereka berikan selama ini, baik dukungan materil maupun spiritual, karena penulis tidak dapat sampai di titik ini jika tanpa doa mereka.
3. Bapak **Prof. Dr. Ir. Muhammad Isran Ramli, ST., MT**, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar.
4. Bapak **Prof. Dr. H. Muh. Wihardi Tjaronge, ST. M.Eng**, selaku Ketua Departemen Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar.

5. Bapak **Ir. H. Achmad Bakri Muhiddin, MSc, Ph.D** selaku dosen pembimbing I, atas segala arahan, bimbingan, serta waktu yang telah diluangkannya dari dan hingga terselesainya tugas akhir ini.
6. Bapak **Prof. Dr. Ir. Abd. Rachman Djamaluddin, M.T** selaku dosen pembimbing II, atas segala arahan, bimbingan, serta waktu yang telah diluangkannya dari dan hingga terselesainya tugas akhir ini.
7. Seluruh dosen, staf dan karyawan Departemen Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar yang telah membantu dan mendukung penyelesaian tugas akhir ini.
8. Keluarga tercinta, yaitu Bapak dan Ibu, saudara-saudaraku tersayang **Yuliarti** dan **Agus Ramadhan**.
9. Nenek tercinta **Rasmi** atas kasih sayang dan doanya selama ini.
10. Sahabat- Sahabatku **Daniel, Ifa, Dani, Nori, Heni, Dilla, Tyas, Vilda, Cindy, Mazni, Cay, Farhan** yang menjadi motivasi penulis dan menjadi support sistem terbaik untuk segera menyelesaikan tugas akhir ini.
11. Temanku **Santi Kartini** yang menjadi teman rantau selama berkuliah di Unhas.
12. Sahabatku **Hikma dan Yuli** yang rela kujadikan kostnya sebagai tempat healing dikala pusing mengerjakan tugas akhir ini.
13. Teman-teman 'Semut", **Yuli, Hikma, Novi, Asti, Eka, Sukma,**

**Ucil, Rifky, Ricky, Manaf, Amrullah, Hari, Egi, Candra, Asmud.**

14. Teman-teman “Spagety” **Meca, Herni, Rini dan Dzahra** yang selalu saling memotivasi dan menyemangati dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
15. Teman – teman KKD Geoteknik 2018, **Asti, Chandra, Charlie, Bara, Egi, Feby, Ipa, Mega, Asmud, Novi, Rahul, Shafwan, Sopian, Upe** yang selalu menjadi lawan diskusi yang luar biasa dan menghasilkan masukan – masukan demi rampungnya tugas akhir ini.
16. Keluarga **TRANSISI**, yaitu teman-teman sipil angkatan 2018 yang tetap solid dan peduli.
17. **BTS** yang telah menghibur penulis melalui lagu-lagunya selama mengerjakan tugas akhir untuk tetap semangat dan tidak menyerah.
18. Terimakasih kepada **Kdrama** yang telah menghibur penulis dikala penulis penat dalam proses pengerjaan Skripsi ini.
19. Terakhir terima kasih kepada diriku sendiri yang tetap kuat, semangat dan pantang menyerah selama pengerjaan tugas akhir ini.

Tidak ada kata yang dapat penulis gambarkan atas rasa terima kasih penulis kepada semua pihak, dan semoga Tuhan yang Maha

Kuasa senantiasa melimpahkan berkat dan rahmat-Nya pada kita semua. Akhir kata penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan, sehingga penulis berharap masukan dari semua pihak. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Gowa, Desember 2022

Hormat Saya,

Nofriana

## ABSTRAK

Sedimen adalah material hasil proses erosi yang mengendap di saluran air, sungai, dan waduk. Endapan sedimentasi yang berlebihan di dasar waduk akan mengakibatkan berkurangnya volume efektif waduk yang berdampak pada umur rencana waduk. Peristiwa sedimentasi yang terjadi di Waduk Bili-bili semakin mengkhawatirkan karena dapat mengancam keberlanjutan fungsi waduk. Hal ini merupakan masalah yang sangat perlu ditangani secara serius agar tidak berdampak di kemudian hari. Maka, diperlukan suatu penelitian pada tanah sedimen Waduk Bili-bili untuk mengetahui sifat-sifat fisis dan mekanis tanah tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik tanah sedimen yang digunakan, pengaruh penambahan variasi Fly Ash dan pemeraman terhadap nilai Direct Shear.

Pengujian yang dilakukan adalah uji sifat fisis dan uji sifat mekanis tanah sedimen Waduk Bili-bili dengan variasi campuran yaitu penambahan Fly Ash 5%, 10%, 20% dan 25%, dengan masa pemeraman 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Dari hasil penelitian, diperoleh bahwa penambahan fly ash dan masa pemeraman memiliki efek terhadap peningkatan daya dukung tanah. Dalam hal ini, terbukti nilai kohesi terus meningkat dari nilai kohesi tanah asli sebesar  $0,74 \text{ kg/cm}^2$  menjadi  $1,70 \text{ kg/cm}^2$  pada campuran 20% fly ash dengan masa pemeraman 28 hari. Untuk nilai sudut geser dalam tanah juga terjadi peningkatan dari sudut geser tanah asli  $22^\circ$  menjadi  $31^\circ$  pada campuran 20% fly ash dengan masa pemeraman 28 hari.

**Kata Kunci :** Tanah Sedimen, Fly Ash, Direct Shear

## ABSTRACT

Sediment is material resulting from the erosion process that settles in waterways, rivers, and reservoirs. Excessive sedimentation at the bottom of the reservoir will result in a reduction in the effective volume of the reservoir which affects the design life of the reservoir. Sedimentation events that occurred in the Bili-bili Reservoir are increasingly worrying because they can criticize the sustainability of the reservoir function. This is a problem that really needs to be taken seriously so that it doesn't have an impact in the future. Therefore, it is necessary to conduct a study on the sedimentary soil of the Bili-bili Reservoir to determine the physical and mechanical properties of the soil.

This study aims to determine the characteristics of the sedimentary soil used, the effect of adding variations of Fly Ash and curing to the value of Direct Shear.

The tests carried out were physical properties and mechanical properties of Bili-bili reservoir sediments with mixed variations, namely the addition of Fly Ash 5%, 10%, 20% and 25%, with a curing period of 7 days, 14 days and 28 days. From the results of the study, it was found that the addition of fly ash and the curing period had an effect on increasing the bearing capacity of the soil. In this case, it is proven that the cohesion value continues to increase from the original soil cohesion value of 0.74 kg/cm<sup>2</sup> to 1.70 kg/cm<sup>2</sup> in a mixture of 20% fly ash with a curing period of 28 days. For the value of the shear angle in the soil, there was also an increase from the original soil shear angle of 22° to 31° in a mixture of 20% fly ash with a curing period of 28 days.

**Keywords:** Soil Sediment, Fly Ash, Direct Shear

## DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR .....	1
LEMBAR PENGESAHAN .....	i
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
ABSTRAK.....	vii
Abstrack .....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
<b>BAB 1. PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah .....	3
C. Tujuan Penelitian .....	3
D. Batasan Masalah .....	4
E. Sistematika Penulisan .....	5
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>7</b>
A. Pengertian Tanah.....	7
B. Klasifikasi Tanah .....	9
C. Karakterisrik Lanau .....	21
D. Stabilisasi Tanah.....	23
E. Fly Ash.....	24
F. Kuat Geser Langsung.....	25
G. Penelitian Terdahulu .....	27
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN.....</b>	<b>32</b>
A. Lokasi Penelitian .....	32
B. Metode Pengumpulan Data .....	32
C. Kerangka Alir Penelitian.....	33
D. Material .....	35
E. Standar Pengujian.....	36

F. Pengujian Karakteristik Tanah Asli .....	37
G. Optimalisasi Bahan Stabilisator .....	38
H. Pengujian Sampel.....	39
I. Pembuatan Benda Uji Direct Shear .....	41
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....	46
A. Karakteristik Sifat Fisis dan Mekanis tanah Asli.....	46
A.1 Karakteristik Sifat Mekanis Tanah .....	52
B. Karakteristik Sifat Mekanis Tanah Terstabilisasi Fly Ash.....	57
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	67
A. Kesimpulan .....	67
B. Saran .....	67
DAFTAR PUSTAKA.....	69

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Klasifikasi Tanah Berdasarkan Tekstur Oleh Departemen Pertanian Amerika Serikat (USDA).....	12
Gambar 2. Grafik Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem Klasifikasi AASHTO.....	16
Gambar 3. Bagan Alir Penelitian.....	35
Gambar 4. Tanah Asli.....	35
Gambar 5. Fly Ash.....	36
Gambar 6. Sampel Tanah Sedimen.....	43
Gambar 7. Campuran Fly Ash.....	43
Gambar 8. Campuran Tanah Sedimen, Fly Ash dan Air.....	44
Gambar 9. Memasukkan Sampel Ke Ring Pencetak.....	44
Gambar 10. Pemadatan Sampel dengan Alat Hidrolik.....	44
Gambar 11. Sampel Yang Sudah di Cetak.....	45
Gambar 12. Grafik Hasil Pengujian Batas Cair.....	47
Gambar 13. Grafik Gradasi Butiran.....	48
Gambar 14. Penggolongan Klasifikasi Tanah Asli Menurut Sistem USCS.....	49
Gambar 15. Grafik Hubungan Kadar Air dengan Berat Isi Kering Hasil Kompaksi Pada Tanah Asli.....	53
Gambar 16. Grafik Hubungan Antara Tegangan Normal Dan Tegangan Geser.....	55
Gambar 17. Grafik Rekapitulasi Perubahan Nilai Kadar Air Optimum Hasil Kompaksi Terhadap Variasi Penambahan Fly Ash.....	58
Gambar 18. Grafik Rekapitulasi Perubahan Berat Isi Kering Maksimum Hasil Kompaksi Terhadap Variasi Penambahan Fly Ash.....	58
Gambar 19. Grafik Rekapitulasi Perubahan Kadar Air Optimum dan Berat Isi Kering Maksimum Hasil Kompaksi Terhadap Variasi Penambahan Fly Ash.....	58
Gambar 20. Grafik hubungan tegangan normal dan tegangan geser terhadap penambahan fly ash pada masa pemeraman 0 hari.....	61

Gambar 21. Grafik hubungan tegangan normal dan tegangan geser terhadap penambahan fly ash pada masa pemeraman 7 hari.....	61
Gambar 22. Grafik hubungan tegangan normal dan tegangan geser terhadap penambahan fly ash pada masa pemeraman 14 hari.....	62
Gambar 23. Grafik hubungan tegangan normal dan tegangan geser terhadap penambahan fly ash pada masa pemeraman 28 hari.....	62
Gambar 24. Perubahan nilai kohesi pada variasi penambahan .....	65
Gambar 25. Perubahan nilai sudut geser dalam pada variasi .....	65

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem Klasifikasi AASHTO.....	15
Tabel 2. Sistem Klasifikasi Unified .....	19
Tabel 3. Standar Pengujian Sifat Fisis dan Mekanis Berdasarkan ASTM .	36
Tabel 4. Jumlah Benda Uji Untuk Pengujian Pada Tanah Asli .....	37
Tabel 5. Variasi Persentase Komposisi Bahan Stabilisasi.....	38
Tabel 6. Standar Pengujian Sifat Fisis Tanah .....	40
Tabel 7. Standar Pengujian Sifat Mekanis Tanah .....	41
Tabel 8. Tabel klasifikasi tanah menurut AASHTO .....	50
Tabel 9. Klasifikasi Keandalan Tanah Berdasarkan AASHTO .....	52
Tabel 10. Rekapitulasi Hasil Pengujian Sifat Fisis dan Mekanis Tanah Asli .....	56
Tabel 11. Perubahan Nilai Kadar Air Optimum dan Berat Isi Kering Maksimum Hasil Kompaksi pada Tanah Sedimen Terstabilisasi Fly Ash .	57
Tabel 12. Hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser dengan variasi penambahan fly ash dengan pemeraman 0 hari.....	59
Tabel 13. Hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser dengan variasi penambahan fly ash dengan pemeraman 7 hari.....	60
Tabel 14. Hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser dengan variasi penambahan fly ash dengan pemeraman 14 hari.....	60
Tabel 15. Hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser dengan variasi penambahan fly ash dengan pemeraman 28 hari.....	60
Tabel 16. Nilai kohesi dan sudut geser dalam tanah pada tiap variasi penambahan Fly Ash masa pemeraman 0 hari.....	63
Tabel 17. Nilai kohesi dan sudut geser dalam tanah pada tiap variasi penambahan Fly Ash masa pemeraman 7 hari.....	63
Tabel 18. Nilai kohesi dan sudut geser dalam tanah pada tiap variasi penambahan Fly Ash masa pemeraman 14 hari.....	64
Tabel 19. Nilai kohesi dan sudut geser dalam tanah pada tiap variasi penambahan Fly Ash masa pemeraman 28 hari.....	64



## **BAB 1. PENDAHULUAN**

### **A. A. Latar Belakang**

Sedimen merupakan sebuah pecahan-pecahan material yang umumnya terdiri atas uraian batu-batuan secara fisis dan secara kimia. Partikel seperti ini mempunyai ukuran dari yang besar (boulder) sampai yang sangat halus (koloid), dan beragam bentuk dari bulat, lonjong sampai persegi. Waduk Bili-bili yang merupakan salah satu waduk terbesar di Provinsi Sulawesi Selatan terletak di bagian tengah DAS Jeneberang Kabupaten Gowa, sekitar 30 kilometer ke arah timur Kota Makassar, merupakan waduk serbaguna yang dibangun dengan tujuan untuk pengendalian banjir, pemenuhan kebutuhan air irigasi, suplai air baku dan pembangkit listrik tenaga air. Berdasarkan hasil echosounding tahun 2004, sedimentasi yang terjadi di waduk Bili-bili sebesar 4.763.229 m<sup>3</sup> dan hasil echo sounding tahun 2005 sebesar 22.686.654 m<sup>3</sup> (Darmanto, 2006).

Namun fenomena sedimentasi yang terjadi di Waduk Bili-bili semakin mengkhawatirkan karena dapat mengancam keberlanjutan fungsi waduk. Hal ini merupakan masalah yang perlu segera ditangani secara serius agar tidak semakin parah di kemudian hari. Dengan demikian, diperlukan suatu penelitian pada tanah sedimen Waduk Bili-bili untuk mengetahui sifat-sifat fisis dan mekanis serta pengaruh stabilisasi terhadap tanah sedimen tersebut sebagai parameter

penentuan daya dukung dan bentuk pemanfaatan limbah sedimentasi waduk.

Stabilisasi tanah adalah proses memperbaiki sifat tanah dengan menambahkan suatu bahan ke dalam tanah tersebut. Pekerjaan ini umumnya dilakukan dengan mencampur tanah dengan jenis tanah lain sehingga gradasi yang diinginkan bisa didapatkan. Selain itu, pencampuran tanah juga dapat dilakukan dengan menggunakan bahan-bahan buatan pabrik agar sifat-sifat teknis dari tanah bisa lebih baik. Stabilisasi tanah biasanya memiliki tujuan utama untuk mengubah sifat teknis tanah itu sendiri, seperti sifat kompresibilitas, kapasitas dukung, kemudahannya untuk dikerjakan, permeabilitas, sensitifitasnya terhadap kadar air yang berubah, serta potensi pengembangannya. Salah satu upaya yang dapat dilakukan dalam pemanfaatan sedimen yang menumpuk pada daerah tangkapan waduk Bili—Bili adalah stabilisasi tanah dengan menggunakan fly ash.

Fly ash merupakan bagian terbesar dari abu batubara 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. Fly Ash dapat digunakan sebagai bahan stabilisasi untuk meningkatkan kapasitas daya dukung tanah.

Dari uraian yang telah dikemukakan diatas, penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul:

**“STUDI KEKUATAN GESER TANAH TANAH SEDIMEN  
DENGAN STABILISASI BAHAN FLY ASH”**

**B. Rumusan Masalah**

Beberapa rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana karakteristik tanah sedimen Waduk Bili-bili yang digunakan pada penelitian?
2. Bagaimana pengaruh variasi campuran Fly Ash dengan tanah sedimen Waduk Bili-bili terhadap karakteristik mekanis tanah tersebut?
3. Bagaimana pengaruh masa pemeraman terhadap nilai kuat geser tanah sedimen Waduk Bili-bili terstabilisasi fly ash?

**C. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini ialah

1. Mengetahui karakteristik dan klasifikasi tanah sedimen Waduk Bili- bili yang digunakan dalam penelitian.
2. Mengetahui pengaruh variasi campuran fly ash dengan tanah sedimen Waduk Bili-bili terhadap karakteristik

mekanis tanah tersebut.

3. Mengetahui pengaruh masa pemeraman terhadap nilai kuat geser tanah sedimen Waduk Bili-bili yang terstabilisasi fly ash.

#### **D. Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam melaksanakan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Tanah yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah sedimen Waduk Bili-bili yang berlokasi di Kabupaten Gowa Provinsi Sulawesi Selatan.
2. Penelitian ini dilakukan pada skala laboratorium, bukan pada skala lapangan.
3. Bahan stabilisasi yang digunakan adalah Fly Ash dengan variasi 5%, 10%, 20% dan 25%.
4. Waktu pemeraman adalah 0 hari, 7 hari, 14 hari dan 28 hari dengan kondisi laboratorium.
5. Penelitian hanya meneliti sifat-sifat fisis dan mekanis tanah, dan tidak meneliti unsur kimia pada tanah tersebut.
6. Sifat-sifat fisis dan mekanis tanah yang dianalisis adalah:
  - a. Pengujian berat jenis
  - b. Kadar Air
  - c. Pengujian Batas-batas Atterberg

- d. Pengujian Analisa Saringan dan Hydrometer
  - e. Pengujian Pematatan (kompaksi)
  - f. Pengujian Kuat Geser, (*Direct Shear Test*)
7. Metode test yang digunakan adalah hanya berdasarkan metode ASTM, AASHTO dan SNI.

#### **E. Sistematika Penulisan**

Adapun sistematika penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

#### **BAB 1. PENDAHULUAN**

Pendahuluan memuat suatu gambaran secara singkat dan jelas tentang latar belakang mengapa penelitian ini perlu dilaksanakan. Dalam pendahuluan ini juga memuat rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan tugas akhir ini.

#### **BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini diuraikan mengenai konsep teori yang relevan dan memberikan gambaran mengenai metode pemecahan masalah yang akan digunakan pada penelitian ini.

#### **BAB 3. METODE PENELITIAN**

Bab ini menjelaskan tentang tahap demi tahap prosedur pelaksanaan penelitian serta cara pengolahan data hasil penelitian. Termasuk juga kerangka alur penelitian.

#### **BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini menyajikan hasil analisis perhitungan data-data yang diperoleh dari hasil serta pembahasan dari penelitian.

## **BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini merupakan penutup dari keseluruhan penulisan tugas akhir yang berisi tentang kesimpulan yang disertai dengan saran-saran mengenai keseluruhan penelitian maupun untuk penelitian yang akan datang.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Pengertian 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 diantara partikel-partikel padat tersebut (Das, 1995).

Tanah adalah himpunan mineral, bahan organik, dan endapan-endapan yang relatif lepas (*loose*), yang terletak di atas batuan dasar (*bedrock*). Pembentukan tanah dari batuan induknya, dapat berupa proses fisik maupun kimia. Proses pembentukan tanah secara fisik yang mengubah batuan menjadi partikel-partikel yang lebih kecil, terjadi akibat pengaruh erosi, angin, air, es, manusia, atau hancurnya partikel tanah akibat perubahan suhu atau cuaca (Hardiyatmo, 2001).

Selain itu, secara umum tanah juga didefinisikan sebagai 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 (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut. Ukuran dari partikel tanah adalah sangat beragam dengan variasi yang cukup besar. Tanah umumnya dapat disebut sebagai kerikil (*gravel*), pasir (*sand*), lanau (*silt*), atau lempung (*clay*), tergantung pada ukuran

partikel yang paling dominan pada tanah tersebut (Das,1995).

Menurut (Bowles,1993), tanah adalah campuran-campuran partikel-partikel yang terdiri dari salah satu atau seluruh jenis berikut :

- a. Berangkal (*boulders*), merupakan potongan batu yang besar, biasanya lebih besar dari 250 mm sampai 300 mm.Untuk kisaran antara 150 mm sampai 250 m, fragmen batuan ini disebut karakal (*cobbles*).
- b. Kerikil (*gravel*), partikel batuan yang berukuran 5 mm sampai 150 mm.
- c. Pasir (*sand*), partikel batuan yang berukuran 0,074 mm sampai 5 mm, berkisar dari kasar (3-5 mm) sampai halus (kurang dari 1 mm).
- d. Lanau (*silt*), partikel batuan berukuran dari 0,002 mm sampai 0,074 mm.Lanau dan lempung dalam jumlah besar ditemukan dalam deposit yang disedimentasikan ke dalam danau atau di dekat garis pantai pada muara sungai.
- e. Lempung (*clay*), partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm.Partikel-partikel ini merupakan sumber utama dari kohesi pada tanah kohesif.
- f. Koloid (*colloids*), partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,001 mm.

Adapun pengelompokan jenis tanah dalam praktek berdasarkan campuran butir menurut (Santosa, 1996) yaitu :

- a. Tanah berbutir kasar adalah tanah yang sebagian besar butir-butir tanahnya berupa pasir dan kerikil.
- b. Tanah berbutir halus adalah tanah yang sebagian besar butir-butir tanahnya berupa lempung dan lanau.
- c. Tanah organik adalah tanah yang cukup banyak mengandung bahan-bahan organik.

Sedangkan berdasarkan sifat lekatannya, tanah dikelompokkan menjadi :

- a. Tanah kohesif yaitu tanah yang mempunyai sifat lekatan antara butir-butirnya (mengandung lempung cukup banyak).
- b. Tanah Non Kohesif adalah tanah yang tidak mempunyai atau sedikit sekali lekatan antara butir-butirnya (hampir tidak mengandung lempung misalnya pasir).

## **B. Klasifikasi Tanah**

Sistem Klasifikasi Tanah adalah suatu sistem penggolongan yang sistematis dari jenis-jenis tanah yang mempunyai sifat-sifat yang sama ke dalam kelompok-kelompok dan sub kelompok berdasarkan pemakaiannya (Das, 1995).

Menurut Bowles (1979) Tanah dapat diklasifikasikan secara umum sebagai tanah tidak kohesif dan tanah kohesif atau sebagai tanah berbutir

kasar atau tanah berbutir halus. Istilah ini terlalu umum, sehingga memungkinkan terjadinya identifikasi yang sama untuk tanah-tanah yang hampir sama sifatnya. Disamping itu, klasifikasi tersebut di atas tidak cukup lengkap untuk menentukan apakah tanah itu sesuai untuk suatu bahan konstruksi atau tidak.

Kebanyakan klasifikasi tanah menggunakan indeks tipe pengujian yang sederhana untuk memperoleh karakteristik tanah. Karakteristik tersebut digunakan untuk menentukan kelompok klasifikasi. Umumnya, klasifikasi tanah didasarkan atas ukuran partikel yang diperoleh dari analisis saringan (dan uji sedimentasi) dan plastisitas. (Hardiyatmo, 2017) Terdapat dua sistem klasifikasi tanah yang di dasarkan pada tekstur dan pemakaian, yaitu:

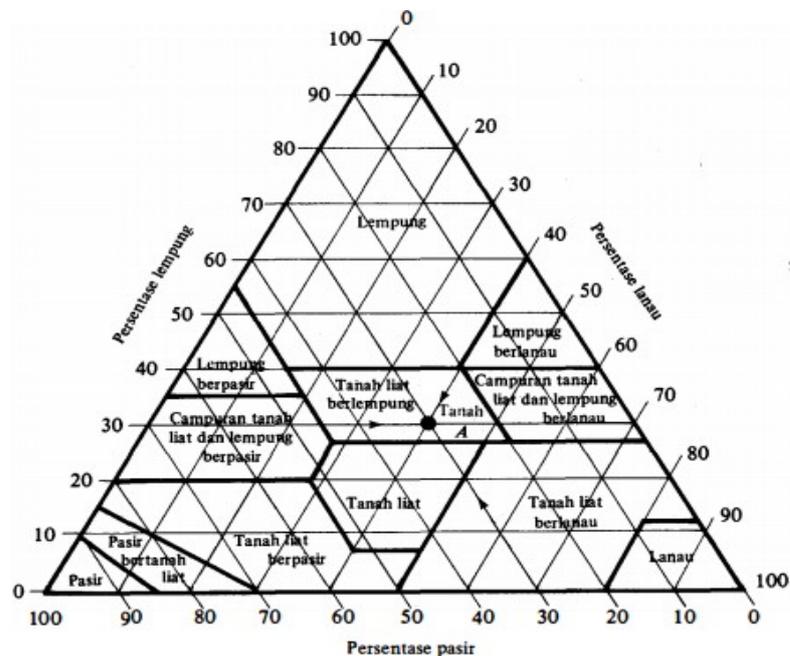
### **B.1. Sistem Klasifikasi Berdasarkan Tekstur**

Tekstur tanah merupakan keadaan permukaan tanah yang bersangkutan yang telah dipengaruhi oleh ukuran tiap-tiap butir yang ada di dalam tanah. Tanah dikelompokkan menjadi pasir (sand), lanau (silt), dan lempung (clay) atas dasar ukuran. Beberapa sistem klasifikasi berdasarkan tekstur tanah telah dikembangkan sejak dulu oleh berbagai organisasi guna memenuhi kebutuhan mereka sendiri, beberapa dari sistem-sistem tersebut masih tetap dipakai sampai saat ini seperti sistem klasifikasi berdasarkan tekstur tanah yang dikembangkan oleh Departemen Pertanian Amerika (USDA).

Sistem ini didasarkan pada ukuran batas dari butiran tanah seperti yang diterangkan oleh sistem USDA, yaitu:

- a. Pasir : butiran dengan diameter 2,0 sampai dengan 0,05 mm.
- b. Lanau : butiran dengan diameter 0,05 sampai dengan 0,002 mm.
- c. Lempung : butiran dengan diameter lebih kecil dari 0,002 mm.

Gambar 1 menunjukkan system klasifikasi berdasarkan tekstur tanah yang dikembangkan oleh Departemen Pertanian Amerika (USDA). Pemakaian bagan dalam Gambar 1 ini dapat diterangkan secara jelas dengan menggunakan sebuah contoh. Apabila distribusi ukuran butir tanah A adalah: 30 % pasir, 40% lanau, dan 30% butiran dengan ukuran lempung ( $< 0,002$  mm), klasifikasi tekstur tanah yang bersangkutan dapat ditentukan dengan cara seperti yang ditunjukkan dengan anak panah dalam Gambar 1. Jenis tanah A termasuk dalam daerah lempung tanah liat. Perhatikan bahwa bagan ini hanya didasarkan pada bagian tanah yang lolos lewat ayakan No.10. Oleh karena itu, apabila tanahnya mengandung butiran berdiameter lebih besar dari 2 mm dalam persentase tertentu, maka perlu diadakan koreksi.



Gambar 1. Klasifikasi Tanah Berdasarkan Tekstur Oleh Departemen Pertanian Amerika Serikat (USDA)

Sistem klasifikasi tanah berdasarkan tekstur adalah relative sederhana karena ia hanya didasarkan pada distribusi ukuran butiran tanah saja. Dalam kenyataannya, jumlah dan jenis dari mineral lempung yang dikandung oleh tanah sangat mempengaruhi sifat fisis tanah yang bersangkutan. Oleh karena itu, kiranya perlu untuk memperhitungkan sifat plastisitas tanah, yang disebabkan adanya kandungan mineral lempung, agar dapat menafsirkan ciri-ciri suatu tanah. Karena system klasifikasi berdasarkan tekstur tidak memperhitungkan sifat plastisitas tanah, dan secara keseluruhan tidak menunjukkan sifat-sifat tanah yang penting, maka system tersebut dianggap tidak memadai untuk sebagian besar dari keperluan teknik yang lain.

## B.2 Sistem Klasifikasi Berdasarkan Pemakaian

Pada saat sekarang ada lagi dua buah system klasifikasi tanah yang selalu dipakai oleh para ahli Teknik sipil. Kedua system tersebut memperhitungkan distribusi ukuran butir dan batas-batas Atterberg. Sistem-sistem tersebut adalah Sistem Klasifikasi AASHTO pada umumnya dipakai oleh departemen jalan raya di semua negara bagian di Amerika Serikat. Sedangkan sistem klasifikasi Unified pada umumnya lebih disukai oleh para ahli geoteknik untuk keperluan-keperluan teknik yang lain.

- a. Klasifikasi Sistem AASHTO (American Association Of State Highway and Transportation Official)

Sistem klasifikasi ini dikembangkan dalam tahun 1929 sebagai *Public Road Administration Classification System*. Sistem ini sudah mengalami beberapa perbaikan, versi yang saat ini berlaku adalah yang diajukan oleh *Committee on Classification of Materials for Subgrade and Granular Type Road of the Highway Research Board* dalam tahun 1945 (ASTM Standard no D-3282, AASHTO metode M 145). Sistem klasifikasi AASHTO yang dipakai saat ini diklasifikasikan ke dalam tujuh kelompok besar, yaitu A-1 sampai dengan A-7. Tanah yang diklasifikasikan ke dalam A-1, A-2, dan A-3 adalah tanah berbutir di mana 35% atau kurang dari jumlah butiran tanah tersebut lolos ayakan No. 200. Tanah di mana lebih dari 35% butirannya lolos ayakan No. 200 diklasifikasikan ke dalam kelompok

A-4, A-5, A-6, dan A-7. Butiran dalam kelompok A-4 sampai dengan A-7 tersebut sebagian besar adalah lanau dan lempung. Sistem klasifikasi ini didasarkan pada kriteria di bawah ini:

a. Ukuran butir :

1. Kerikil : bagian tanah yang lolos ayakan dengan diameter 75 mm (3 in) dan yang tertahan pada ayakan No. 20 (2 mm).
2. Pasir : bagian tanah yang lolos ayakan No. 10 (2 mm) dan yang tertahan pada ayakan No. 200 (0,075 mm).
3. Lanau dan lempung : bagian tanah yang lolos ayakan No. 200.

b. Plastisitas :

Nama berlanau dipakai apabila bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastisitas (plasticity index (PI)) sebesar 10 atau kurang. Nama berlempung dipakai bilamana bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastis sebesar 11 atau lebih.

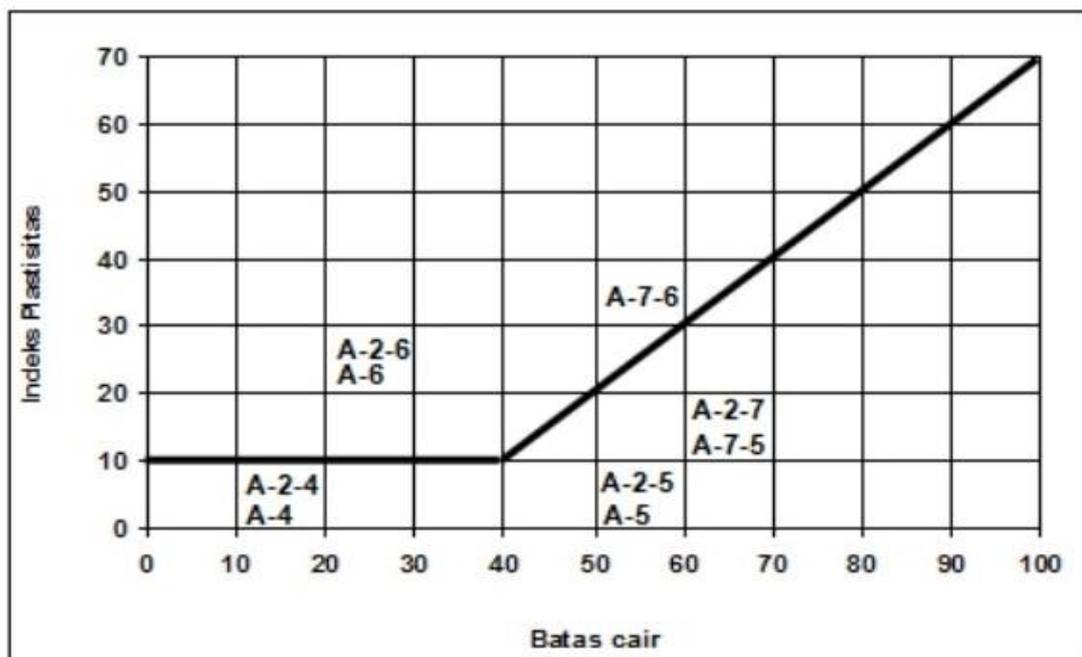
c. Apabila batuan (ukuran lebih besar dari 75 mm) ditemukan di dalam contoh tanah yang akan ditentukan klasifikasi tanahnya, maka batuan-batuan tersebut harus dikeluarkan terlebih dahulu. Tetapi, persentase dari batuan yang dikeluarkan tersebut harus dicatat.

Apabila sistem klasifikasi AASHTO dipakai untuk mengklasifikasikan tanah, maka data dari hasil uji dicocokkan dengan angka-angka yang diberikan dari kolom sebelah kiri ke kolom sebelah kanan hingga ditemukan angka-angka yang sesuai. Tabel 1 menunjukkan suatu gambar dari senjang batas cair (liquid limit, LL) dan indeks plastisitas (PI) untuk tanah yang masuk dalam kelompok A-2, A-4, A-5, A-6, dan A-7.

Tabel 1. Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem Klasifikasi AASHTO

Klasifikasi Umum	Tanah Berbutir (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan no200)						
	A-1		A-3	A-2			
Klasifikasi Kelompok	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Analisis ayakan no.200 (%lolos) No. 10 No. 40 No. 200	Maks 50 Maks 30 Maks 15	Maks 50 Maks 25	Min 51 Maks 10	Maks 35	Maks 35	Maks 35	Maks 35
Sifat fraksi yang lolos ayakan no.40 Batas cair(LL) Indeks Plastis (PI)	Maks 6		NP	Maks 40 Maks 10	Min41 Maks 10	Maks40 Min 11	Min 41 Min 11
Tipe material yang paling dominan	Batu pecah ,kerikildan pasir		Pasir halus	Kerikil dan pasir yang berlanau atauberlempung			
Penilaian sebagai tanah dasar	Baik sekali sampai baik						

Klasifikasi umum	Tanah Lanau-Lempung (lebih dari 35% dari seluruh tanah lolos ayakan no. 200)			
Klasifikasi kelompok	A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5* A-7-6'
Analisis ayakan no. 200 (%lolos) No. 10 No. 40 No. 200	Min 36	Min 36	Min 36	Min 36
Sifat fraksi yang lolos ayakan no.40 Batas cair (LL) Indeks Plastis (PI)	Maks 40 Maks 10	Min 41 Maks 10	Maks 40 Min 11	Min 41 Min 11
Tipe material yang paling dominan	Tanah berlanau		Tanah berlempung	
Penilaian sebagaitanah dasar	Biasa sampai jelek			



Gambar 2. Grafik Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem  
Klasifikasi AASHTO

b. Klasifikasi Sistem USCS (Unified Soil Classification System)

Sistem ini pada mulanya diperkenalkan oleh Casagrande (1942) untuk dipergunakan pada pekerjaan pembuatan lapangan terbang yang dilaksanakan oleh The Army Corps of Engineers. Sistem ini mengelompokkan tanah ke dalam dua kelompok besar, yaitu :

a) Tanah berbutir kasar (coarse grained soil), yaitu tanah kerikil dan pasir dimana kurang dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan No. 200. Symbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal G, adalah untuk kerikil (gravel) atau tanah berkerikil dan S, adalah untuk pasir (sand) atau tanah berpasir.

b) Tanah berbutir halus (fine grained soil), yaitu tanah dimana lebih dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan No. 200. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal M untuk lanau (silt) anorganik, C untuk lempung (clay) anorganik dan O untuk lanau-organik dan lempung-organik. Simbol PT digunakan untuk tanah gambut (peat), muck dan tanah-tanah lain dengan kadar organik tinggi. 10 Simbol-simbol lain yang digunakan untuk klasifikasi USCS, adalah :

**W** = tanah dengan gradasi baik (*well graded*)

**P** = tanah dengan gradasi buruk (*poorly graded*)

**L** = tanah dengan plastisitas rendah (*low plasticity*),  $LL < 50$

**H** = tanah dengan plastisitas tinggi (*high plasticity*),  $LL > 50$

Tanah berbutir kasar ditandai dengan simbol kelompok seperti : GW, GP, GM, GC, SW, SP, SM, dan SC. Untuk klasifikasi yang benar, perlu diperhatikan faktor-faktor berikut :

1. Persentase butiran yang lolos ayakan No. 200 (ini adalah fraksi halus) .
2. Persentase fraksi kasar yang lolos ayakan No. 40.
3. Koefisien keseragaman ( $C_u$ ) dan koefisien gradasi ( $C_c$ ) untuk tanah dimana 0-12% lolos ayakan No. 200.
4. Batas cair (LL) dan indeks plastisitas (IP) bagian tanah yang lolos ayakan No. 40 (untuk tanah dimana 5% atau lebih lolos ayakan No. 200). (Das, 1995) Bilamana persentase butiran yang lolos ayakan No. 200 adalah antara 5 sampai dengan 12%, simbol ganda seperti GW-GM, GP-GM, GW-GC, GP-GC, SW-SM, SW-SC, SP-SM, dan SP-SC diperlukan. Rincian klasifikasi ini diberikan dalam Tabel 2. Klasifikasi tanah berbutir halus dengan simbol ML, CL, OL, MH, CH, dan OH didapat dengan cara menggambar batas cair dan indeks plastisitas .tanah yang bersangkutan pada bagan plastisitas (Casagrande, 1948) yang diberikan dalam Tabel 2. Garis diagonal pada bagan plastisitas dinamakan garis A (sebelumnya sudah diperkenalkan dalam Gambar 2), dan garis A tersebut diberikan dalam persamaan:  $PI = 0,73 (LL - 20)$

Untuk tanah gambut (*peat*), identifikasi secara visual mungkin diperlukan (Das, 1995).

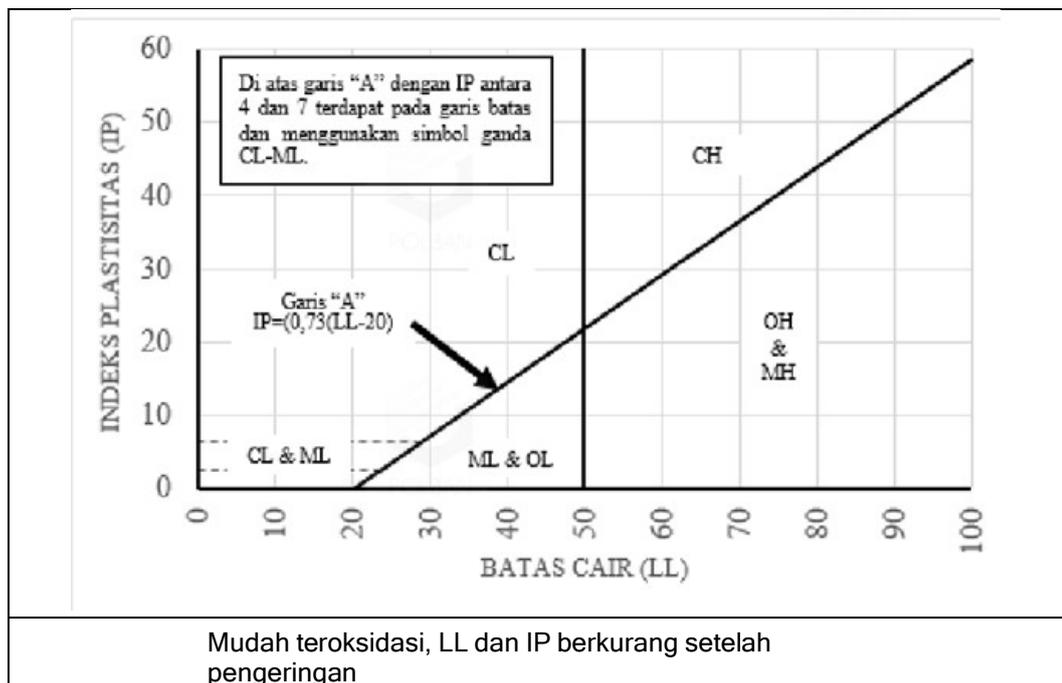
Tabel 2. Sistem Klasifikasi Unified

Pembagian Jenis		Nama Jenis	Simbol
<b>Tanah Berbutir Kasar</b> Lebih dari setengah materialnya lebih kasar dari ayakan no 200	<b>Kerikil</b> Lebih dari setengah fraksi kasar kasar dari ayakan no 4	Kerikil bersih, (tanpa atau sedikit mengandung bahan halus)	Kerikil, kerikil campur pasir bergradasi baik tanpa atau dengansedikit pasir halus. <b>Gw</b>
		Kerikil dengan bahan halus (banyak mengandung bahan halus)	Kerikil, kerikil campur pasir bergradasi buruk tanpa atau dengansedikit pasir halus. <b>GP</b>
		Kerikil dengan bahan halus (banyak mengandung bahan halus)	Kerikil lanauan, kerikil campur pasir atau lanau. <b>GM</b>
		Kerikil dengan bahan halus (banyak mengandung bahan halus)	Kerikil lempungan, kerikil campurpasir atau lempung. <b>GC</b>
	<b>Pasir</b> Lebih dari setengah fraksikasaih halus dari ayakan no 4	Pasir bersih (tanpa atau sedikit mengandung bahan halus)	Pasir, pasir kerikilan bergradasi baiktanpa atau dengan sedikit bahan halus <b>SW</b>
		Pasir dengan bahan halus (banyak mengandung bahan halus)	Pasir, pasir kerikilan bergradasi buruktanpa atau dengan sedikit bahan halus <b>SP</b>
		Pasir dengan bahan halus (banyak mengandung bahan halus)	Pasir kelanauan, pasir campur lanau. <b>SM</b>
		Pasir dengan bahan halus (banyak mengandung bahan halus)	Pasir kelempungan, pasir campurlempung. <b>SC</b>
<b>Tanah Berbutir Halus</b> Lebih dari setengah materialnya lebih halus dariayakan no 200	<b>Lanau dan Lempung</b>	Batas cair kurang dari 50 %	lanau organik dan pasir sangat halus, tepung batu, pasir halus kelanauan atau kelempungan atau lanaukelempungan sedikit plastis. <b>ML</b>
		Batas cair kurang dari 50 %	Lempung anorganik denganplastisitas rendah sampai sedang, lempung kerikilan, lempung pasiran,lempung lanauan, lempung humus. <b>CL</b>
		Batas cair kurang dari 50 %	Lempung organik dan lempung lanauan organik dengan plastisitasrendah. <b>OL</b>
		Batas cair kurang dari 50 %	Lempung anorganik, tanah pasiran halus atau tanah lanauan mengandungmika atau diatome <b>MH</b>

			lanau elastis.	
			Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung expansif	CH
			Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi, lanau organik.	OH
<b>Tanah Organik</b>			Gambut dan tanah organik lainnya.	Pt

KRITERIA KLASIFIKASI LABORATORIUM				
<p>Tentukan persentase kerikil dan pasir dari kurva bahan halus (fraksi lebih halus dari ayakan No. 200). Tanah berbutir kasar diklasifikasikan</p> <p>Kurang dari 5% Lebih dari 12% 5% sampai 12%</p> <p>GW, GP, SW, SP GM, GC, SM, SC pada garis batas</p>	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$	lebih besar dari 4		
	$Cu = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$	antara 1 dan 3		
	Tidak ditemukan semua persyaratan gradasi untuk GW			
	Batas atterberg di bawah garis "A" atau IP kurang dari 4	Di atas garis "A" dengan IP antara 4 dan 7 terdapat pada garis batas dan menggunakan simbol ganda GM-GC		
	Batas atterberg di atas garis "A" atau IP lebih besar dari 7			
$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$	lebih besar dari 6			
$Cu = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$	antara 1 dan 3			

	Tidak ditemukan semua persyaratan gradasi untuk SW			
	Batas atterberg di bawah garis "A" atau IP kurang dari 4	Di atas garis "A" dengan IP antara 4 dan 7 terdapat pada garis batas dan menggunakan simbol ganda SM-SC		
	Batas atterberg di atas garis "A" atau IP lebih besar dari 7			



### C. Karakteristik Lanau

Lanau adalah tanah atau butir-butir yang menyusun tanah atau batuan yang memiliki ukuran antara pasir dan lempung. Lanau dapat membentuk sedimen yang mengapung ke permukaan air atau tenggelam. Lanau biasanya hasil dari pemecahan kristal kuarsa berukuran pasir. Pemecahan yang terjadi secara alami meliputi pelapukan kimia batuan dan regolit, serta pelapukan fisik oleh sedimen dan kondisi cuaca. Di daerah semi-kering, produksi Lanau biasanya cukup tinggi. Lanau yang terbentuk secara glasial (oleh glistser) atau dalam bahasa Inggris yaitu lock flour ("bubuk batu") atau stone dust ("debu batu"). Dalam komposisi mineral, lanau terdiri dari kuarsa dan felspar.

Tanah lanau biasanya terbentuk dari pecahan kristal kuarsa berukuran pasir. Beberapa pustaka berbahasa Indonesia menyebut objek ini sebagai debu. Sifat fisika tanah lanau umumnya terletak diantara sifat tanah lempung dan pasir. Selain itu tanah lanau merupakan tanah berbutir halus yang berukuran lebih kecil dari 0,074 mm (No.200). Lanau terdiri dari dua jenis yaitu lanau anorganik (inorganic silt) yang merupakan tanah berbutir halus dengan plastisitas kecil mengandung butiran kuarsa sedimen yang kadang di sebut tepung buatan (rockflour) dan tanah lanau organik (organic silt) tanah agak plastis berbutir halus dengan campuran partikel-partikel bahan organik terpisah secara halus, warna tanah bervariasi dari abu-abu terang ke abu-abu gelap. Lanau adalah tanah berbutir halus yang mempunyai batas cair dan indeks plastis terletak di bawah garis A dan lempung berada di atas garis A. Kelompok ML dan MH adalah tanah yang diklasifikasikan sebagai lanau pasir,lanau lempung atau lanau anorganik dengan plastisitas relative rendah. Juga termasuk tanah jenis butiran lepas, bubuk batu, tanah yang mengandung mika juga beberapa jenis lempung.

Das(1995), mengatakan bahwa tanah lempung merupakan tanah dengan ukuran mikrokonis sampai dengan sub mikrokonis yang berasal dari pelapukan unsur-unsur kimiawi penyusun batuan. Tanah lempung sangat keras dalam keadaan kering dan bersifat plastis pada kadar air sedang. Pada keadaan air lebih tinggi lempung bersifat lengket (kohesi) dan sangat lunak.(Darwis,2017)

#### **D. Stabilisasi Tanah**

Stabilisasi tanah adalah tindakan yang bertujuan untuk memperbaiki sifat-sifat fisik tanah agar memenuhi syarat tertentu. Tindakan tersebut dapat berupa menambah kepadatan tanah, menambahkan material tidak aktif agar nilai kohesi dan kuat geser tanah meningkat, menambah material untuk menyebabkan perubahan kimiawi dan fisik dari material tanah, menurunkan muka air tanah dan mengganti tanah-tanah yang buruk.

Menurut Bowles (1979), bila tanah di suatu lokasi memiliki indeks konsistensi yang tidak sesuai, permeabilitas yang terlalu tinggi, atau properti lain yang tidak diinginkan sehingga tidak cocok untuk digunakan dalam proyek konstruksi, maka tanah tersebut harus distabilkan. Stabilisasi dapat terdiri dari salah satu hal berikut:

1. Menambah kerapatan tanah .
2. Menambah material yang tidak aktif sehingga mempertinggi kohesi atau tahanan geser/menambah material untuk menyebabkan perubahan-perubahan kimiawi dan fisik dari material tanah .
3. Menurunkan muka air tanah .
4. Mengganti tanah-tanah yang buruk

Jenis stabilisasi tanah ditinjau dari proses pelaksanaan dapat dibedakan atas tiga, yakni :

1. Stabilisasi Kimia; yaitu menambahkan bahan kimia tertentu dengan material tanah, sehingga terjadi reaksi kimia antara tanah dengan

bahan pencampurnya, yang akan menghasilkan material baru yang memiliki sifat teknis yang lebih baik.

2. Stabilisasi Fisik; yaitu mengenakan enersi dari beban dinamis atau beban statis ke dalam lapisan tanah, sehingga terjadi dekomposisi baru dalam massa tanah, yang akan memperbaiki karakteristik lapisan tanah sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai.
3. Stabilisasi Mekanis; yaitu stabilisasi dengan memasukkan material sisipan ke dalam lapisan tanah sehingga mampu meningkatkan karakteristik teknis dalam massa tanah sesuai dengan tujuan tindakan stabilisasi yang ingin dicapai. Karena keberadaan material sisipan ke dalam lapisan tanah inilah, sehingga stabilisasi mekanis di istilah sebagai perkuatan tanah (soil reinforcement). Contohnya stabilisasi dengan metal strip, geotextile, geomembrane, geogrid, vertical drain, dan lain sebagainya. (Darwis, 2017)

#### **E. Fly Ash**

Fly ash merupakan bagian terbesar dari abu batubara 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. Pada intinya fly ash mengandung unsur kimia antara lain adalah silika ( $\text{SiO}_2$ ), alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), feri oksida ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), dan

kalsium oksida (CaO). Juga mengandung unsur tambahan lain yaitu magnesium oksida (MgO), titanium oksida (TiO<sub>2</sub>), alkaliin (Na<sub>2</sub>O dan K<sub>2</sub>O), sulfur trioksida. (SO<sub>3</sub>), pospor oksida (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) dan karbon.

Faktor-faktor yang mempengaruhi sifat fisik, kimia dan teknis dari fly ash adalah tipe batubara dan kemurnian batubara, tingkat penghancuran, tipe pemanasan (boiler) dan operasi, metode penyimpanan dan penimbunan.

Menurut ASTM 618-78 fly ash dibagi menjadi dua kelas, yaitu:

- a. Fly ash kelas C Merupakan fly ash yang diproduksi dari pembakaran subbituminous coal atau batubara lignite selain mempunyai sifat pozzolanic, fly ash ini juga memiliki sifat cementitious apabila bereaksi dengan air dan sifat ini timbul tanpa penambahan kapur. Fly ash kelas C mengandung kalsium dalam kadar yang tinggi.
- b. Fly ash kelas F Merupakan fly ash yang diproduksi dari bituminous tharus diberi penambahan kapur atau semen. Fly ash kelas F ini kadar kalsiumnya rendah.

## **F. Kuat Geser Langsung**

Parameter kuat geser tanah diperlukan untuk analisis-analisis kapasitas dukung tanah, stabilitas lereng, dan gaya dorong dinding penahan tanah. Menurut (Mohr,1900), kondisi keruntuhan suatu bahan terjadi oleh akibat adanya kombinasi keadaan kritis dari tegangan normal

dan tegangan geser. Hubungan fungsi antara tegangan normal dan tegangan geser pada bidang runtuhnya, dinyatakan menurut persamaan :

$$\tau = f(\sigma) \quad (1)$$

$\tau$  = tegangan geser (kN/m<sup>2</sup>)

( $\sigma$ ) = tegangan normal (kN/m<sup>2</sup>)

Kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap gesekan atau tarikan. Bila tanah mengalami pembebanan akan ditahan oleh :

- Kohesi tanah yang bergantung pada jenis tanah dan kepadatannya, tetapi tidak tergantung dari tegangan normal yang bekerja pada bidang geser
- Gesekan antara butir-butir tanah yang besarnya berbanding lurus dengan tegangan normal pada bidang gesernya.

Coulomb (1776) mendefinisikan :

$$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \varphi \quad (2)$$

dengan :

$\tau$  = Kuat geser tanah (kN/m<sup>2</sup>)

$\sigma$  = Tegangan normal pada bidang runtuh ( kN/m<sup>2</sup>)

$c$  = Kohesi tanah( kN/m<sup>2</sup>)

$\varphi$  = Sudut geser dalam tanah (°)

Uji geser langsung merupakan pengujian yang sederhana dan langsung. Pengujian ini dilakukan dengan menempatkan contoh tanah ke

dalam kotak geser. Kotak ini terbelah, dengan setengah bagian yang bawah merupakan bagian yang tetap dan bagian atas mudah bertranslasi. Kotak ini tersedia dalam beberapa ukuran, tetapi ukuran biasanya mempunyai diameter 6 cm.

### **G. Penelitian Terdahulu**

1. Sindy Natalia Polii, dkk (2018) : Pengaruh Penambahan Abu Batu Bara Terhadap Kuat Geser Tanah Lempung

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan abu batu bara terhadap kuat geser tanah lempung dengan variasi campuran 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25%. Dari hasil penelitian yang dilakukan, pada pengujian pemadatan terjadi peningkatan  $\gamma_{dmax}$  menjadi  $1.265 \text{ gr/cm}^3$  pada campuran 25% abu batu bara. Untuk nilai kohesi terbesar yaitu  $6.3526 \text{ t/m}^2$  pada campuran 20% abu batu bara. Sedangkan untuk nilai sudut geser dalam  $(\phi) = 17^\circ$  pada campuran 15% dan 25% abu batu bara dan tegangan geser terbesar pada campuran 25% dengan nilai  $\tau = 12.4899 \text{ kN/m}^2$ . Semakin besar jumlah abu batu bara yang digunakan semakin besar pula tegangan geser yang diberikan. Kemudian faktor keamanan dari 1.414 pada campuran 0% menjadi 2.194 pada campuran 20% abu batu bara.

2. Amania, Fatma Sarie , Okrobianus (2021) : Pengaruh Penambahan Pasir Sirkon, Abu Kayu Dan Fly Ash Pada Tanah Lempung Terhadap Daya Dukung Dan Kuat Geser Tanah

Penelitian ini dilakukan uji sifat fisik tanah dan sifat mekanik tanah yaitu uji kuat geser tanah, uji kuat tekan bebas perencanaan campuran dengan persentase pasir sirkon, abu kayu, dan fly ash sekitar 5%, 10% dan 15%. Hasil penelitian sifat fisik tanah didapat nilai, kadar air (w) 61,28%, berat isi tanah kering ( $\gamma_d$ ) 1,20 g/cm<sup>3</sup>; berat jenis (Gs) 2.70, batas cair (LL) = 61.50%, batas plastis (PL) 53,10%, batas susut (SL) 21,21%, indeks plastisitas (PI) 8,4%. Berdasarkan sifat fisik tanah asli, lanau dengan plastisitas sedang tanah ini termasuk ke dalam kelompok MH. Sedangkan berdasarkan klasifikasi AASHTO tanah tersebut merupakan tanah berlanau kelompok A-5 . Pengujian kuat geser yang dilakukan menghasilkan nilai daya dukung tanah (qult) sebelum distabilisasi sebesar 1,509 kg/cm<sup>2</sup> , setelah distabilisasi sebesar 4,362 kg/cm<sup>2</sup>. Pengujian kuat tekan bebas nilai daya dukung tanah (qult) sebelum distabilisasi sebesar 0,171 kg/cm<sup>2</sup> , setelah distabilisasi sebesar 0,642kg/cm<sup>2</sup> .

3. Nanda Dwi Wahyuni,dkk (2021): Kinerja Fly Ash terhadap Stabilisasi Tanah Lunak sebagai Material Perbaikan Tanah Dasar (Subgrade).

Tanah dasar memiliki peranan penting dalam perencanaan pekerjaan konstruksi jalan. Namun, pada perencanaannya

terkadang menjadi permasalahan, karena tanah yang digunakan sebagai material tanah dasar memiliki daya dukung rendah, seperti tanah lunak. Salah satu parameter untuk mengetahui daya dukung tanah yaitu dengan pengujian CBR dan batas konsistensi untuk mengetahui sifat fisis tanah yang mempengaruhi daya dukung tersebut. Sehingga perlu dilakukan perbaikan tanah dasar melalui stabilisasi untuk menghasilkan material konstruksi yang memenuhi standar konstruksi jalan yaitu dengan bahan aditif berupa fly ash. Pada penelitian ini fly ash sebagai bahan stabilisasi menggunakan variasi 0%, 5%, 10%, dan 15% dengan waktu pemeraman 0 hari, 7 hari, dan 14 hari di suhu ruang. Hasil penelitian menunjukkan nilai CBR meningkat seiring penambahan persentase fly ash serta lamanya pemeraman. Peningkatan nilai CBR optimum terjadi pada penambahan 15% fly ash dengan waktu pemeraman 14 hari sebesar 23,89% di suhu ruang. Penambahan persentase fly ash juga mempengaruhi sifat plastis tanah yang mengalami penurunan dari tanah asli sebesar 28,19% menjadi 9,02% pada penambahan 15% fly ash

4. Fiti Karwi , Muhammad Yunus (2018) : Nilai Kuat Geser Tanah Lempung Yang Distabilisasi Dengan Abu Batu (Fly Ash)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik fisik dan mekanis tanah lempung dan mengetahui pengaruh

penambahan abu batu terhadap kuat geser tanah lempung dengan variasi 0%, 7%, 14%, dan 21% dengan lama pemeraman 7 hari. Dari hasil pengujian karakteristik fisik dan mekanis diperoleh bahwa tanah tersebut masuk pada golongan tanah lempung organik dengan plastisitas tinggi. Penambahan abu batu dengan lama pemeraman selama 7 hari pada tanah lempung dapat meningkatkan nilai sudut geser dalam dan nilai kohesi. Peningkatan nilai sudut geser dalam dengan puncaknya pada 7% campuran abu batu sebesar  $18,37^\circ$  dengan persentase kenaikan sebesar 20,886% dari tanah asli sedangkan peningkatan Nilai kohesi tertinggi terdapat pada persentase campuran 14% abu batu yaitu sebesar 28,733 kPa, dengan persentase peningkatan sebesar 53,366%.

5. Arif Kurniawan, dkk (2020) : Stabilisasi Tanah Lunak Dengan Abu Ampas Tebu, Fly Ash, Kapur Dan Semen Terhadap Sifat Mekanis Tanah

Tanah berguna sebagai bahan konstruksi dalam pekerjaan sipil, salah satunya pada pekerjaan jalan raya. Rendahnya kekuatan mekanis tanah lunak baik kuat tekan maupun kuat gesernya merupakan penyebab rendahnya daya dukung tanah yang sangat berpotensi terjadi penurunan konstruksi di atasnya. Stabilisasi kimiawi adalah perbaikan tanah dilakukan dengan cara menambahkan bahan kimia tertentu dengan material tanah,

Penggunaan abu ampas tebu, fly ash, kapur dan semen sebagai bahan stabilisasi tanah diharapkan dapat menstabilkan kondisi pH tanah, mengisi rongga pori sehingga mengurangi penyerapan air, dan meningkatkan daya dukung tanah. Penelitian dilakukan dengan mencari persentase rasio campuran tertentu yang menyebabkan kenaikan daya dukung dan kuat geser tanah lempung yang distabilisasi dengan komposisi campuran bahan additive sebesar 30%, 40%, 50% terhadap total volume tanah campuran. Hasil pengujian didapatkan bahwa nilai daya dukung tanah dan kuat geser pada masing-masing campuran mengalami peningkatan dari kondisi tanah asli, campuran maksimal terjadi pada campuran desain A-3 50% tanah asli dan 50 % bahan additive (5% kapur +2,5% abu ampas tebu +17,5% fly ash + 25% semen ).