

**TUGAS AKHIR**

**STUDI KAPASITAS TARIK ANGKUR LIPAT TERHADAP  
KEDALAMAN TANAH**

***STUDY OF THE TENSILE CAPACITY OF THE FOLDING  
ANCHOR FOR SOIL DEPTH***

**YONGKI BANDASO  
D111 15 031**



**PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
2020**



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**

Jl. Poros Malino km. 6 Bontomarannu, 92172, Kab. Gowa, Sulawesi Selatan  
☒ <http://civil.unhas.ac.id> ☒ [civil@eng.unhas.ac.id](mailto:civil@eng.unhas.ac.id)

**LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR**

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi pada Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Makassar.

Judul Tugas Akhir

**STUDI KAPASITAS TARIK ANGKUR LIPAT TERHADAP KEDALAMAN  
TANAH**

Disusun oleh

**YONGKI BANDASO**

**D111 15 031**

Telah diperiksa dan disetujui oleh dosen pembimbing

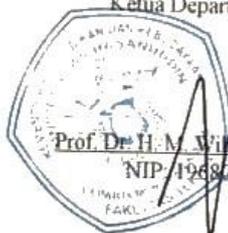
Pembimbing I

Pembimbing II

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

Ariningsih Suprpti, ST, MT  
NIP. 197307122000032002

Mengetahui,  
Ketua Departemen Teknik Sipil



Prof. Dr. H. N. Wiharji Tjaronge, ST, MEng  
NIP. 196805292001121002

## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini, Yongki Bandaso , dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul "**Studi Kapasitas Tarik Angkur Lipat Terhadap Kedalaman Tanah**", 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, 10 Oktober 2020

Yang membuat pernyataan,



Yongki Bandaso  
NIM. D111 15 031

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan anugerah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir sebagai salah satu syarat yang diajukan untuk menyelesaikan studi di Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

Tugas akhir ini memerlukan proses yang tidak singkat. Perjalanan yang dilalui penulis dalam menyelesaikan skripsi ini tidak lepas dari tangan-tangan berbagai pihak yang senantiasa memberikan bantuan, baik berupa materi maupun dorongan moril. Olehnya itu, ucapan terima kasih penulis ucapkan kepada semua pihak yang telah membantu, yaitu kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, yaitu ayahanda **Wioldus Bandaso** dan ibunda **Yulita Bandaso** atas kasih sayang dan segala dukungan selama ini, baik spiritual maupun materil karena penulis tidak akan mampu sampai di titik ini jika tanpa nasihat, motivasi dan doa yang tiada hentinya terpanjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus.
2. Bapak **Prof. Dr. Ir. Muhammad Arsyad Thaha, MT.** selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Makassar
3. Bapak **Prof. Dr. H. Muh. Wihardi Tjaronge, ST. M.Eng,** selaku Ketua dan Bapak **Dr. Eng. Muhammad Isran Ramli, S.T, M.T,** selaku Sekretaris Jurusan Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Makassar.

4. Bapak **Dr. Ir. Abd. Rahman Djamaluddin, MT**, selaku dosen pembimbing I, atas segala arahan dan bimbingan serta waktu yang telah diluangkannya dari awal hingga terselesainya skripsi ini.
5. Ibu **Ariningsih Suprapti, ST, MT** selaku dosen pembimbing II, yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan mulai dari awal penelitian hingga terselesainya penulisan tugas akhir ini.
6. Kepada bapak **Muhammad Idhil Maming, ST, MT**, yang telah menjadi teman penelitian, dan memberikan banyak bantuan dalam mendukung penulisan tugas akhir ini.
7. Kepada **A. Ahmad Syahdi Givari, ST**, teman yang senantiasa memberi dukungan secara moral dan materi, serta memotivasi saya dalam pembuatan tugas akhir ini.
8. Kepada my bae **Kim Ji-Soo** (BlackPink), koko **Kim Seok-Jin** (BTS), koko **Tay**, koko **K**, my lovely siblings **IU** dan **Aldi** yang selalu memberi motivasi dalam penyusunan tugas akhir ini.
9. Kepada teman-teman, yaitu **Bagus, Luigi, Fira, Syarief, Afif, Ika** yang selalu memberikan bantuan serta dukungan terbaiknya.
10. Seluruh dosen, staf dan karyawan Jurusan Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Makassar yang telah banyak membantu dalam mendukung penulisan tugas akhir ini.

11. Saudara-saudariku anggota konsentrasi **Geoteknik** angkatan 2015 yang selalu menghadirkan canda tawanya. Semoga jalan menuju akhir penyelesaian tugas akhirnya dimudahkan segala-galanya.
12. Teman-teman **GOLDF15H** KMKO SIPIL 2015 yang senantiasa memberikan semangat dan dorongan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
13. Saudara-saudariku **PATRON 2015** Angkatan 2015 Teknik Sipil dan Teknik Lingkungan yang senantiasa memberikan semangat dan dorongan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
14. Serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebut satu persatu dengan semua bantuan, dan dukungan hingga terselesainya skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa di dalam tugas akhir ini terdapat banyak kekurangan dan memerlukan perbaikan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kepada para pembaca, kiranya dapat memberikan sumbangan pemikiran demi kesempurnaan dan pembaharuan tugas akhir ini, sehingga dengan segala keterbukaan penulis mengharapkan masukan dari semua pihak.

Akhir kata, semoga Tuhan Yesus Kristus melimpahkan Rahmat dan Berkat-Nya kepada kita, dan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pihak-pihak yang berkepentingan.

Gowa, 20 November 2020

Yongki Bandaso

## ABSTRAK

Dalam perencanaan pembangunan prasarana dan sarana, sering ditemukan tanah yang lunak atau yang memiliki daya dukung tanah rendah. Tanah lunak dalam konstruksi seringkali bahkan selalu menjadi permasalahan, oleh karena itu dibutuhkan stabilitas tanah untuk keperluan penempatan bangunan, untuk struktur bangunan, maupun untuk bahan bangunan itu sendiri. Beberapa struktur telah menggunakan angkur dan telah banyak dikembangkan guna berbagai keperluan seperti pada perkuatan lereng, dinding penahan tanah (turap), stabilitas terowongan, pondasi menara transmisi untuk menahan gaya tarik, guling dan sebagainya. Penelitian ini bertujuan mengetahui kapasitas tarik angkur lipat dalam pengaplikasian di lapangan khususnya dalam penempatan didalam tanah (kedalaman tanah), dimana jenis tanah yang dimaksud adalah lunak atau lempung. Variasi kedalaman tanah yang digunakan adalah 300 mm, 600 mm, dan 900 mm. Hasil pengujian yang telah dilakukan menunjukkan kapasitas tarik angkur yang terjadi sangat berbeda-beda sesuai variasi kedalaman dan dari data menunjukkan bahwa kedalaman 900 mm memiliki nilai kapasitas tarik yang paling besar.

**Kata kunci:** Tanah lunak/lempung, daya dukung, stabilisasi, angkur lipat, kedalaman.

## ***ABSTRACT***

In planning the development of infrastructure and facilities, soft soil or low soil bearing capacity is often found. Soft soil in construction is often always a problem, therefore soil stability is needed for the purposes of placing the building, for building structures, and for the building material itself. Several structures have used anchors and have been developed for various purposes such as slope reinforcement, retaining walls (sheet piles), tunnel stability, transmission tower foundations to withstand tensile forces, rolling and so on. This study aims to determine the tensile capacity of the folded anchor in field application, especially in placement in the soil (soil depth), where the type of soil in question is soft or loamy. The variations in soil depth used were 300 mm, 600 mm, and 900 mm. The test results that have been carried out show that the tensile capacity of the anchor varies greatly according to the variation in depth and from the data shows that the depth of 900 mm has the greatest tensile capacity value.

**Keywords:** Soft / clay soil, bearing capacity, stability, folding anchorages, depth.

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	i
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
ABSTRAK.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR NOTASI.....	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah .....	4
C. Tujuan Penelitian .....	5
D. Manfaat Penelitian .....	5
E. Batasan Masalah .....	5
F. Sistematika Penulisan .....	6
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA .....	8
A. Angkur Tanah ( <i>Ground Anchor</i> ) dan Kapasitas Tarik Angkur .....	8
B. Tanah dan Klasifikasi Tanah .....	12
B.1. Pengertian Tanah .....	12

B.2. Klasifikasi Tanah.....	17
B.3. Struktur Mineral Lempung.....	25
C. Daya Dukung Tanah (qu) .....	28
D. Berat Jenis .....	28
E. Batas-batas Atterberg .....	29
F. Kadar Air .....	31
G. Analisa Saringan .....	32
H. Hidrometer .....	33
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	34
A. Lokasi Dan Waktu Penelitian.....	34
A.1. Lokasi Pengambilan Sampel.....	34
A.2. Lokasi Penelitian.....	34
A.3. Waktu Penelitian .....	34
B. Metode Pengumpulan Data.....	34
C. Kerangka Alir Penelitian .....	35
C.1. Penyiapan Bahan .....	37
C.2. Peralatan Laboratorium .....	38
C.3. Penyiapan Alat Uji.....	40
D. Pengujian Sampel .....	45

D.1 Uji Sifat Fisik .....	45
D.2 Uji Sifat Mekanis .....	46
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....	47
A. Karakteristik Sifat Fisik dan Mekanis Tanah Lempung .....	47
A.1. Hasil Pengujian Karakteristik Fisik Tanah Lempung .....	48
A.2. Hasil Pengujian Mekanis Tanah Lempung .....	52
B. Pengaruh Kedalaman Tanah terhadap Kapasitas Tarik Angkur (Daya Dukung Tanah) .....	53
B.1. Kapasitas Tarik Angkur untuk Kedalaman 300 mm.....	54
B.2. Kapasitas Tarik Angkur untuk Kedalaman 600 mm.....	56
B.3. Kapasitas Tarik Angkur untuk Kedalaman 900 mm.....	58
B.4. Rekapitulasi Nilai Kapasitas Tarik Angkur untuk Variasi Kedalaman Tanah 300 mm, 900m mm, dan 900 mm.....	60
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN .....	62
A. Kesimpulan .....	62
B. Saran .....	62
DAFTAR PUSTAKA.....	64
LAMPIRAN. ....	69

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Menentukan Kapasitas Tarik batas secara grafis .....	10
Gambar 2. Klasifikasi Tanah berdasarkan Tekstur oleh Departemen Pertanian AS.....	25
Gambar 3. Bagan Alir Penelitian.....	37
Gambar 4. Media Uji.....	40
Gambar 5. Dimensi Perangkat Kolom Test.....	41
Gambar 6. Sketsa Model Angkur .....	41
Gambar 7. Proses pengerjaan sampel .....	43
Gambar 8. Skematik Percobaan .....	44
Gambar 9. Grafik Batas Cair.....	49
Gambar 10. Grafik Gradasi Butiran.....	50
Gambar 11. Diagram Plastisitas .....	51
Gambar 12. Grafik Hubungan Perpindahan Geser (mm) dan Tegangan Geser ( $\text{Kg/cm}^2$ ) .....	52
Gambar 13. Hubungan Tegangan Normal ( $\text{kg/cm}^2$ ) dan Tegangan Geser ( $\text{kg/cm}^2$ ) .....	53
Gambar 14. Pengujian Angkur Lipat .....	54
Gambar 15. Grafik Hubungan Perpindahan Angkur (mm) dan Beban Tarik (kN).....	54
Gambar 16. Angkur pada kedalaman 300 mm.....	56

Gambar 17. Grafik Hubungan Perpindahan Angkur (mm) dan Beban Tarik (kN).....	56
Gambar 18. Angkur pada kedalaman 600 mm.....	58
Gambar 19. Grafik Hubungan Perpindahan Angkur (mm) dan Beban Tarik (kN).....	58
Gambar 20. Angkur pada kedalaman 900 mm.....	60
Gambar 21. Grafik Rekapitulasi Hubungan Perpindahan Angkur (mm) dan Beban Tarik (kN).....	61

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Uji Model Laboratorium pada Angkur Horizontal di Tanah tanpa Kohesi.....	11
Tabel 2. Uji Model Laboratorium pada Angkur Vertikal di Tanah tanpa Kohesi.....	12
Tabel 3. Pengaruh Pemisahan Tekstur Tanah pada Beberapa Sifat Tanah .....	13
Tabel 4. Klasifikasi berdasarkan USCS .....	20
Tabel 5. Sistem Klasifikasi Tanah berdasarkan USCS .....	21
Tabel 6. Sistem Klasifikasi Tanah berdasarkan AASHTO .....	23
Tabel 7. Berat Jenis Tanah (specific gravity) .....	29
Tabel 8. Nilai Indeks Plastisitas dan Macam-macam Tanah .....	31
Tabel 9. Alat-alat dan Bahan Pengujian.....	37
Tabel 10. Alat-Alat dan Gambar Pengujian Sifat Fisik.....	38
Tabel 11. Alat-alat dan Gambar Pengujian Sifat Mekanis .....	40
Tabel 12. Rencana Variasi Kedalaman Angkur Lipat .....	44
Tabel 13. Standar Pengujian Sifat Fisik Tanah .....	46
Tabel 14. Karakteristik Pengujian Tanah Asli.....	47
Tabel 15. Nilai Kapasitas Tarik Angkur untuk Kedalaman 300 mm .....	55
Tabel 16. Nilai Kapasitas Tarik Angkur untuk Kedalaman 600 mm .....	57
Tabel 17. Nilai Kapasitas Tarik Angkur untuk Kedalaman 900 mm .....	59

Tabel 18. Rekapitulasi Nilai Kapasitas Tarik Angkur (kN) untuk Variasi Kedalaman (mm) .....	60
---	----

**DAFTAR NOTASI**

$c$	: Kohesi Tanah ( $\text{kN/m}^2$ )
$\omega$	: Kadar Air (%)
LL	: Batas Cair (%)
PL	: Batas Plastis (%)
SK	: Batas Susut (%)
PI	: Indeks Plastisitas (%)
Gs	: Berat Jenis Tanah
$\gamma_{\text{dry}}$	: Berat Isi Kering ( $\text{gr/cm}^3$ )
$\gamma_{\text{wet}}$	: Berat Isi Basah ( $\text{gr/cm}^3$ )
$e$	: Angka Pori
$\theta$	: Sudut Geser Dalam

## **BAB 1. PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Salah satu negara berkembang di Asia Tenggara dengan pembangunan prasarana infrastruktur yang begitu tinggi adalah Indonesia. Indonesia memiliki kurang lebih 17.000 pulau dimana diantaranya adalah pulau berpenghuni lebih dari 3.700 pulau. Sekarang ini, masyarakat banyak melakukan aktivitas untuk memenuhi kebutuhannya seperti aktivitas perikanan, pertanian, sebagai kawasan industri, bandara yang berada di dekat laut, pelabuhan, kawasan pemerintahan disekitar pantai sehingga pembangunan prasarana dan sarana dibutuhkan di sepanjang pesisir pantai.

Kebanyakan wilayah pantai di Indonesia banyak ditemukan tanah lunak (*soft soil*) baik di daerah pantai, perairan lepas pantai, dan daratan. Aktivitas yang banyak dilakukan khususnya untuk bangunan di daerah pantai (*shore*) dan lepas pantai (*offshore*) yang terkait dengan pemanfaatan sumber daya maka harus membangun infrastruktur seperti floating break water, mooring dolphin, floating doc, anjungan lepas pantai terapung, rumpon, rumah terapung dan sebagainya. Seluruh bangunan tersebut membutuhkan kestabilan, baik untuk bangunan sementara maupun permanen. Masalah utama yang akan dihadapi untuk bangunan di pantai atau lepas pantai yaitu kestabilan struktur akibat pergerakan air laut baik secara vertikal akibat pasang surut maupun pergerakan

horizontal akibat arus, angin dan gelombang. Untuk menjaga kestabilan akibat pergerakan vertikal gaya apung (*uplift*) maka diperlukan suatu struktur penahan yang dikenal dengan angkur (*anchor*).

Di dalam kehidupan kita sehari-hari, tanah menjadi satu hal yang penting dan tidak terlepas dari pandangan, sentuhan, dan dari perhatian kita. Kita melihat, menginjaknya, menggunakan dan memperhatikannya. Kita bergantung dari tanah dan sebaliknya tanah juga bergantung kepada kita dan bagaimana cara kita memperlakukan dan mempergunakan tanah agar dapat menghasilkan tanah yang baik, subur dan sesuai kebutuhan kita. Tanah merupakan salah satu bahan konstruksi yang langsung tersedia di lapangan. Tanah mempunyai peranan yang sangat penting dalam bidang teknik sipil, hal ini disebabkan karena sebagian besar pekerjaan teknik sipil berada di atas permukaan tanah.

Di dalam bidang teknik sipil, ilmu geoteknik sangat berperan penting dalam perencanaan pembangunan infrastruktur. Ilmu ini terbagi dalam beberapa pemahaman salah satunya adalah mekanika tanah. Pengetahuan tentang mekanika tanah adalah hal paling dasar dan sangat diperlukan untuk mengetahui sifat-sifat tanah, cara menganalisis sifat-sifat tersebut, ketahanan tanah dan untuk menentukan metode yang tepat dalam memperhitungkan sifat-sifat tanah tersebut dalam perencanaan suatu bangunan.

Dalam perencanaan pembangunan prasarana dan sarana di daerah pantai, sering ditemukan tanah yang lunak atau yang memiliki

daya dukung tanah rendah. Tanah lunak dalam konstruksi seringkali bahkan selalu menjadi permasalahan, oleh karena itu dibutuhkan stabilitas tanah untuk keperluan penempatan bangunan, untuk struktur bangunan, maupun untuk bahan bangunan. Stabilisasi tanah adalah perubahan atau perawatan terhadap satu atau beberapa properti tanah untuk meningkatkan kondisi material tanah/butiran. Stabilisasi tanah juga secara umum merupakan suatu proses untuk memperbaiki sifat-sifat tanah dengan menambahkan sesuatu pada tanah tersebut, agar dapat menaikkan kekuatan tanah dan mempertahankan kekuatan geser.

Beberapa struktur telah menggunakan angkur dan telah banyak dikembangkan guna berbagai keperluan seperti pada perkuatan lereng, dinding penahan tanah (turap), stabilitas terowongan, pondasi menara transmisi untuk menahan gaya tarik, guling dan sebagainya. Studi tentang kapasitas batas tarik angkur telah dilakukan oleh beberapa peneliti yaitu R.S Merifield and S.W Sloan (2006) dan Djamaludin, R (2003). Beberapa hasil penelitian yang lainnya berperan untuk memahami perilaku dari angkur pada tanah kohesif dan non-kohesif baik akibat beban statis maupun siklik/dinamis.

Perlu dilakukan pengembangan bentuk dan model yang memiliki kemudahan dalam pemasangan dengan kapasitas dukung yang besar. Khusus untuk penggunaan angkur pada tanah kohesif (*cohesive soil*) yang memiliki ketebalan yang besar, memungkinkan untuk dilakukan inovasi dengan angkur tanah lipat (*folding type*) guna untuk kapasitas

tanah dapat ditahan oleh angkur. Dalam proses penggunaan angkur tipe lipat pada tanah kohesi dengan asumsi elemen angkur akan dimekarkan ada saat posisi elemen sudah mencapai kedalaman yang telah ditentukan.

Dalam menekankan kapasitas tanah ada angkur tanah tipe lipat maka yang dilakukan adalah melakukan beberapa variasi perlakuan terhadap angkur tanah tipe lipat yaitu variasi terhadap kepadatan pada kondisi tanah lunak (soft,  $q_c=14-40\text{kg/cm}^2$ ) dan variasi kedalaman angkur. Menentukan besar gaya tarik maksimum, maka perlu diteliti kapasitas tarik angkur (*tensile capacity*) terhadap kedalaman, dengan kondisi keadaan variasi di atas, agar didapatkan besaran kapasitas gaya tarik angkur.

Dalam penelitian ini, akan dibahas mengenai besar kapasitas tarik pada angkur tanah lipat. Dan dari uraian yang dikemukakan di atas, penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul:

**“Studi Kapasitas Tarik Angkur Lipat Terhadap Kedalaman Tanah”**

## **B. Rumusan Masalah**

Perumusan masalah dalam penelitian ini dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Bagaimana karakteristik tanah lempung yang digunakan?
2. Bagaimana pengaruh kedalaman tanah terhadap gaya tarik angkur lipat?

### **C. Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah tersebut di atas, maka penelitian ini bertujuan untuk :

1. Untuk mengetahui karakteristik tanah lempung yang digunakan.
2. Untuk mengetahui pengaruh kedalaman tanah pada kapasitas tarik angkur.

### **D. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Sebagai bahan studi tentang Kapasitas tarik pada angkur lipat
2. Sebagai acuan bagi penelitian serupa, khususnya mengenai model dan kapasitas angkur lipat.

### **E. Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam melaksanakan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Tanah yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah yang berasal dari Kabupaten Mamasa, Provinsi Sulawesi Barat.
2. Penelitian ini dilakukan pada skala laboratorium, bukan pada skala lapangan
3. Peneliti hanya meneliti sifat fisis dan mekanis tanah lempung, tidak meneliti unsur kimia tanah tersebut.
4. Sifat-sifat fisis dan mekanis tanah yang dianalisis adalah

- a. Pengujian Berat Jenis
  - b. Pengujian Kadar Air
  - c. Pengujian Batas-batas Atterberg
  - d. Pengujian Analisa Saringan dan Hidrometer
  - e. Pengujian *Direct Shear*
5. Metode test yang digunakan adalah berdasarkan metode ASTM dan SNI

#### **F. Sistematika Penulisan**

Adapun sistematika penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

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

Pada bab ini berisi suatu gambaran secara singkat dan jelas tentang latar belakang mengapa penelitian ini perlu dilaksanakan. Pada bab pendahuluan ini telah memuat rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan tugas akhir ini.

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

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

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

Pada bab ini akan 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 oleh peneliti dari hasil serta pembahasan dari penelitian yang telah dilakukan.

#### **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. Angkur Tanah (*Ground Anchor*) dan Kapasitas Tarik Angkur**

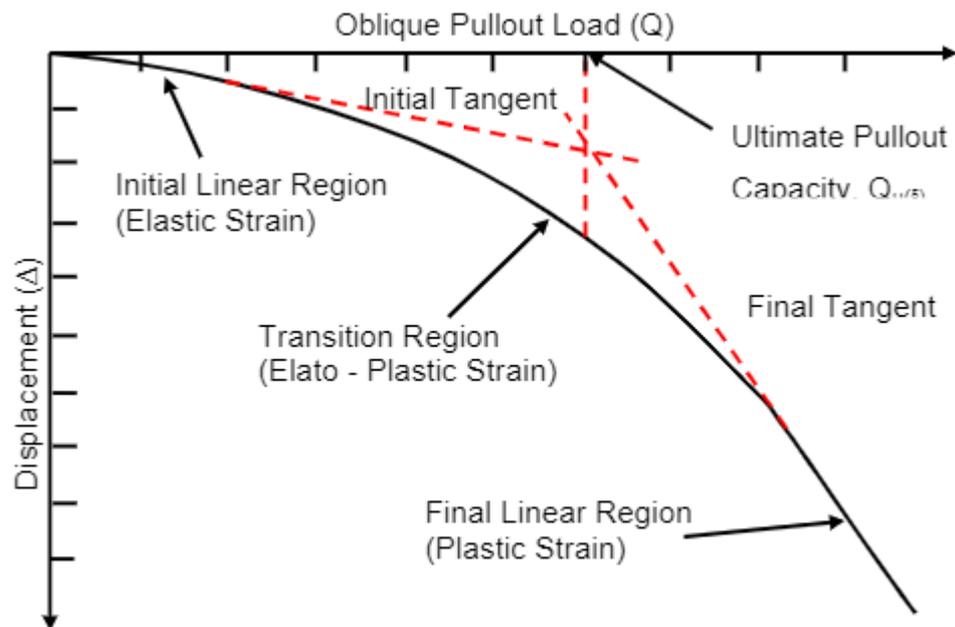
Salah satu metode yang digunakan untuk memberikan proteksi terhadap bahaya kelongsoran pada lereng galian tanah dan abutmen jembatan adalah dengan memasang angkur tanah. Jangkar tanah/ angkur adalah suatu jenis pondasi yang cukup tipis/kecil yang dirancang dan dikonstruksi khusus untuk memperkuat tanah dan bangunan penahan tanah untuk menahan gaya guling dan cabut.

Penggunaan angkur digunakan pada bangunan tanah seperti dinding penahan tanah dan turap, untuk menahan gaya cabut pada beberapa struktur seperti menara transmisi, cerobong asap pada pabrik dan untuk daerah perairan seperti sungai, danau, pantai, lepas pantai dimana untuk menjaga stabilitas bangunan akibat pengaruh gaya apung akibat pasang surut dan pergeseran akibat arus, angin, dan gelombang.

Pemasangan angkur tanah pada umumnya disertai dengan pelaksanaan tes pembebanan untuk mengetahui apakah angkur tanah sudah mampu menahan beban rencana. Pencegahan kelongsoran pada tanah merupakan hal yang penting dalam dunia konstruksi, salah satu contoh pencegahannya adalah dengan menggunakan dinding penahan tanah. Kondisi tanah pada saat jenuh maupun tidak jenuh mempengaruhi keruntuhan yang dapat terjadi. Dinding penahan tanah berfungsi untuk menahan beban lateral serta menyokong tekanan tanah dan air. Faktor

terpenting dalam merencanakan dan membangun dinding penahan tanah adalah mengusahakan agar dinding penahan tanah tidak mengalami perpindahan yang melebihi batas ijin akibat gaya lateral, sehingga dinding penahan tanah harus diberikan perkuatan oleh *ground anchor* untuk menahan beban lateral dari timbunan tanah di belakang dinding penahan tanah.

Bhardwaj dan Sunil (2013), menggunakan metode garis singgung seperti yang ditunjukkan pada gambar 1, sebagai metode yang paling cocok menentukan kapasitas cabut/tarik batas secara grafis. Dalam metode ini, penting untuk mempertimbangkan kurva beban-perpindahan hingga daerah linier akhir saja, karena setelah ini kadang-kadang penambahan beban kecil dari beban dapat menghasilkan perpindahan besar dan kurva dapat menjadi sejajar dengan perpindahan sumbu, ini dapat mengakibatkan hasil yang tidak diharapkan. Praktis akan lebih mudah untuk mengukur perpindahan dalam arah horizontal dan vertikal lebih ke arah beban, dan usaha yang terpisah kapasitas ultimate atas dasar perpindahan vertikal dan horizontal membantu untuk mengetahui nilai perkiraan sudut kritis yaitu sudut pada mode perubahan keggalan dari aksial ke lateral. Oleh karena itu, dalam penelitian ini, kapasitas tarik/cabut batas ditentukan dari kedua pertemuan dua garis singgung dari grafik yang terbentuk dari hubungan beban cabut dan perpindahan jangkar/angkur seperti yang terlihat pada gambar 1 berikut :



**Gambar 1.** Menentukan Kapasitas Tarik batas secara grafis  
(Bhardwaj dan Sunil, 2013)

Pemodelan uji tarik angkur dengan menggunakan box uji kolom test dengan memberi variasi kepadatan dengan tujuan mengamati kuat tarik angkur. Sejumlah hasil tes di laboratorium dan tes lapangan yang dipublikasikan untuk menentukan kapasitas tarik dari angkur pelat untuk kondisi jangka pendek yang ditanam di dalam tanah lunak dirangkum oleh Das (1990) dimana persamaan untuk menentukan kapasitas jangka pendek pelat angkur sebagai berikut :

$$Q_u = Q_o + W_a + F_s$$

dengan :  $Q_u$  = Kapasitas tarik kotor dari angkur,  $Q_o$  = Kapasitas tarik bersih,  $W_a$  = berat efektif dari pelat jangkar dan  $F_s$  = mud suction force yang merupakan fungsi dari  $C_u$  dan  $k$ . Harga  $Q_o$  menurut Vasic (1971)

$$Q_0 = A (\gamma H + F_c \cdot C_u)$$

dengan : A = Luas dari pelat angkur,  $\gamma$  = Berat volume tanah jenuh, Fc = Break out factor dan Cu = Kohesi tak teralirkan. Selanjutnya Fc merupakan fungsi dari Cu dan rasio penanaman angkur. Merujuk kepada Das (1990):

$$F_c = n(H/D) \leq F^*c = 9$$

nilai n berkisar antara 2 – 5,9 tergantung kepada nilai cu. Untuk setiap model angkur ditanamkan dengan kedalaman 120 cm dengan variasi kepadatan  $q_c = 15 - 30 \text{ kg/cm}^2$ ,  $q_c = 30 - 40 \text{ kg/cm}^2$ . Kepadatan di bak uji kolom test diukur dengan menggunakan *Hand Penetrometer*. Setelah itu didiamkan kemudian dites. Tes tarik dilakukan menggunakan alat dengan diagram skema alat tes tarik seperti pada gambar 4 dan 5. Setelah diamati lalu dianalisa kapasitas tarik untuk semua model angkur yang diuji. Hasilnya dapat ditentukan dari perilaku hubungan beban dengan deformasi tarik selama pengujian.

**Tabel 1.** Uji Model laboratorium pada Angkur Horizontal di Tanah tanpa Kohesi

Source	Type of testing	Anchor shape	Anchor size (mm)	Friction angle (°)	Anchor roughness (°)	HIB or H/D
Das and Seeley 1975	Chamber	Square; rectangular; $L/B = 1-5$	51	31	?	1-5
Rowe 1978	Chamber	Square; rectangular	51	32	16.7	1-8
Ovesen 1981	Centrifuge; field	Circular; square	20	29.5-37.7	?	1-3.39
Murray and Geddes 1987	Chamber	Circular; rectangular; $L/B = 1-10$	50.8	44, dense; 36, medium dense	11, smooth; 42, rough	1-10
Frydman and Shamam 1989	Field chamber (summary)	Strip; rectangular	19; 200	30, loose; 45, dense	?	2.5-9.35
Dickin 1988	Centrifuge chamber	Square; rectangular; $L/B = 1-8$	25; 50	38-41, <sup>a</sup> loose; 48-51, <sup>a</sup> dense	?	1-8
Tagaya et al. 1988	Centrifuge	Circular; rectangular	15	42	?	3-7.02
Murray and Geddes 1989	Chamber	Square; rectangular; $L/B = 1-10$	50.8	43.6, dense; 36, medium dense	10.6	1-8

Note:  $D$ , anchor diameter;  $L$ , anchor length.  
<sup>a</sup>Plane strain friction angle.

**Tabel 2.** Uji Model Laboratorium pada Angkur Vertikal di Tanah tanpa Kohesi

Source	Type of testing	Anchor shape	Anchor size (mm)	Friction angle (°)	Anchor roughness (°)	HIB
Neely et al. 1973	Chamber	Square; rectangular	50.8	38.5	21	1-5
Das 1975	Chamber	Square; circular	38-76	34	?	1-5
Akinmusuru 1978	Chamber	Strip; rectangular; square; circular; $L/B = 2, 10$	50	24; 35	?	1-10
Ovesen 1981	Centrifuge; field	Square	20	29.5-37.7	?	1-3.39
Dickin and Leung 1983, 1985	Centrifuge chamber	Square; rectangular; strip	25; 50	41 <sup>a</sup>	Polished, 29	1-8; 1-13
Hoshiya and Mandal 1984	Sand chamber	Square; rectangular; $L/B = 2, 4, 6$	25.4	29.5	?	1-6
Murray and Geddes 1989	Sand chamber	Square; rectangular; $L/B = 1-10$	50.8	43.6, dense	10.6	1-8

<sup>a</sup>Mobilized plane strain friction angle,  $\phi'_{mp}$ .

## B. Tanah dan Klasifikasi Tanah

### B.1. Pengertian Tanah

Tanah menjadi hal terpenting dalam setiap kehidupan, tanpa tanah manusia tidak dapat hidup bahkan bumi ini tidak dapat dihuni sampai sekarang jika tidak ada tanah di dalamnya. Tanah merupakan campuran dari bahan organik, cairan, mineral, gas dan organisme-organisme yang mendukung kehidupan secara bersama-sama.

Sebagian besar tanah memiliki kerapatan curah kering (kerapatan tanah dengan mempertimbangkan rongga saat kering) antara 1,1 dan

1,6 g / cm<sup>3</sup>, sedangkan kerapatan partikel tanah jauh lebih tinggi, dalam kisaran 2,6 hingga 2,7 g / cm<sup>3</sup>.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi evolusi atau perubahan tanah, yaitu : parent material, cuaca, iklim, organisme, waktu, dan topografi. Sifat-sifat fisik tanah, dalam urutan semakin berkurang pentingnya jasa ekosistem seperti produksi tanaman, adalah tekstur, struktur, kerapatan curah, porositas, konsistensi, suhu, warna, dan resistivitas. Tekstur tanah ditentukan oleh proporsi relatif dari tiga jenis partikel mineral tanah, yang disebut memisahkan tanah: pasir, lanau, dan tanah liat. Pada skala yang lebih besar berikutnya, struktur tanah yang disebut peds atau lebih umum agregat tanah dibuat dari tanah terpisah ketika besi oksida, karbonat, tanah liat, silika dan humus, melapisi partikel-partikel dan menyebabkannya melekat pada struktur sekunder yang lebih besar dan relatif stabil.

Kepadatan curah tanah, ketika ditentukan pada kondisi kelembaban standar, merupakan perkiraan pemadatan tanah. Porositas tanah terdiri dari bagian volume tanah yang kosong dan ditempati oleh gas atau air. Konsistensi tanah adalah kemampuan bahan-bahan tanah untuk saling menempel. Temperatur dan warna tanah menentukan sendiri. Tahanan mengacu pada resistensi terhadap konduksi arus listrik dan mempengaruhi laju korosi struktur logam dan beton yang terkubur di dalam tanah. Properti ini bervariasi melalui kedalaman profil tanah, yaitu melalui cakrawala tanah. Sebagian besar dari sifat-sifat ini menentukan

aerasi tanah dan kemampuan air untuk menyusup dan ditahan di dalam tanah.

**Tabel 3.** Pengaruh Pemisahan Tekstur Tanah pada Beberapa Sifat Tanah

<i>Property/behavior</i>	<i>Sand</i>	<i>Silt</i>	<i>Clay</i>
<i>Water-holding capacity</i>	<i>Low</i>	<i>Medium to high</i>	<i>High</i>
<i>Aeration</i>	<i>Good</i>	<i>Medium</i>	<i>Poor</i>
<i>Drainage rate</i>	<i>High</i>	<i>Slow to medium</i>	<i>Very slow</i>
<i>Soil organic matter level</i>	<i>Low</i>	<i>Medium to high</i>	<i>High to medium</i>
<i>Decomposition of organic matter</i>	<i>Rapid</i>	<i>Medium</i>	<i>Slow</i>
<i>Warm-up in spring</i>	<i>Rapid</i>	<i>Moderate</i>	<i>Slow</i>
<i>Compactability</i>	<i>Low</i>	<i>Medium</i>	<i>High</i>
<i>Susceptibility to wind erosion</i>	<i>Moderate (High if fine sand)</i>	<i>High</i>	<i>Low</i>
<i>Susceptibility to water erosion</i>	<i>Low (unless fine sand)</i>	<i>High</i>	<i>Low if aggregated, otherwise high</i>

<i>Shrink/Swell Potential</i>	<i>Very Low</i>	<i>Low</i>	<i>Moderate to very high</i>
<i>Sealing of ponds, dams, and landfills</i>	<i>Poor</i>	<i>Poor</i>	<i>Good</i>
<i>Suitability for tillage after rain</i>	<i>Good</i>	<i>Medium</i>	<i>Poor</i>
<i>Pollutant leaching potential</i>	<i>High</i>	<i>Medium</i>	<i>Low (unless cracked)</i>
<i>Ability to store plant nutrients</i>	<i>Poor</i>	<i>Medium to High</i>	<i>High</i>
<i>Resistance to pH change</i>	<i>Low</i>	<i>Medium</i>	<i>High</i>

(Sumber: Brady, Nyle C, 1984).

Menurut Verhoef (1994), tanah adalah kumpulan dari bagian-bagian padat yang tidak terikat antara satu dengan yang lain (diantaranya mungkin material organik) dan rongga-rongga diantara bagian-bagian tersebut berisi udara dan air.

Menurut Craig (1991), tanah adalah akumulasi mineral yang tidak mempunyai atau lemah ikatan antar partikelnya, yang terbentuk karena pelapukan dari batuan. Tanah didefinisikan oleh Das (1995) sebagai material yang terdiri dari agregat mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan

organik telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut.

Sedangkan pengertian tanah menurut Bowles (1984), tanah adalah campuran partikel-partikel yang terdiri dari salah satu atau seluruh jenis berikut:

- a. Berangkal (*boulders*) adalah potongan batuan yang besar, biasanya lebih besar dari 250 (sampai 300 mm dan untuk ukuran 150 mm sampai 250 mm, fragmen batuan ini disebut kerakal (*cobbles/pebbles*).
- b. Kerikil (*gravel*) adalah partikel batuan yang berukuran 5 mm sampai 150 mm.
- c. Pasir (*sand*) adalah partikel batuan yang berukuran 0,074 mm sampai 5 mm, yang berkisar dari kasar dengan ukuran 3 mm sampai 5 mm sampai bahan halus yang berukuran  $< 1$  mm.
- d. Lanau (*silt*) adalah partikel batuan yang berukuran dari 0,002 mm sampai 0,0074 mm.
- e. Lempung (*clay*) adalah partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm yang merupakan sumber utama dari kohesi pada tanah yang kohesif.
- f. Koloid (*colloids*) adalah partikel mineral yang diam dan berukuran lebih kecil dari 0,001 mm.

Tanah terjadi sebagai produk pecahan dari batuan yang mengalami pelapukan mekanis atau kimiawi. Pelapukan mekanis terjadi apabila batuan berubah menjadi fragmen yang lebih kecil tanpa terjadinya suatu perubahan kimiawi dengan faktor-faktor yang mempengaruhi, yaitu pengaruh iklim, eksfoliasi, erosi oleh angin dan hujan, abrasi, serta kegiatan organik. Sedangkan pelapukan kimiawi meliputi perubahan mineral batuan menjadi senyawa mineral yang baru dengan proses yang terjadi antara lain seperti oksidasi, larutan (*solution*), pelarut (*leaching*).

## **B.2. Klasifikasi Tanah**

Klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok dan subkelompok berdasarkan pemakaiannya. Sistem klasifikasi ini menjelaskan secara singkat sifat-sifat umum tanah yang sangat bervariasi namun tidak ada yang benar-benar memberikan penjelasan yang tegas mengenai kemungkinan pemakainya (Das, 1995).

Sistem klasifikasi tanah dimaksudkan untuk memberikan informasi tentang karakteristik dan sifat-sifat fisik tanah serta mengelompokkannya sesuai dengan perilaku umum dari tanah tersebut. Tanah-tanah yang dikelompokkan dalam urutan berdasarkan suatu kondisi fisik tertentu. Tujuan klasifikasi tanah adalah untuk menentukan kesesuaian terhadap pemakaian tertentu, serta untuk menginformasikan tentang keadaan tanah dari suatu daerah kepada daerah lainnya dalam bentuk berupa data

dasar. Klasifikasi tanah juga berguna untuk studi yang lebih terperinci mengenai keadaan tanah tersebut serta kebutuhan akan pengujian untuk menentukan sifat teknis tanah seperti karakteristik pemadatan, kekuatan tanah, berat isi, dan sebagainya (Bowles, 1989).

Dalam mengklarifikasi tanah, terdapat penelitian mengenai tekstur tanah. Tekstur tanah merupakan suatu kondisi tanah dengan tingkat kehalusan (*smooth*) yang terjadi pada tanah karena adanya perbedaan kandungan fraksi Liat/Lempung, Lanau maupun Pasir yang terkandung pada tanah (BAN). Diameter dari ketiga fraksi berdasarkan USDA, yaitu :

- a. < 0.002 mm (Lempung)
- b. 0.05-0.002 mm (Lanau)
- c. 2-0.05 mm (Pasir)

Keadaan tekstur tanah ini sangat memengaruhi keadaan sifat-sifat tanah seperti porositas, permeabilitas tanah dan lain-lain.

Menurut Verhoef (1994), tanah dapat dibagi dalam tiga kelompok:

1. Tanah berbutir kasar (pasir, kerikil)
2. Tanah berbutir halus (lanau, lempung)
3. Tanah campuran

Perbedaan antara pasir/kerikil dan lanau/lempung dapat diketahui dari sifat-sifat material tersebut. Lanau/lempung seringkali terbukti kohesif (saling mengikat) sedangkan material yang berbutir (pasir, kerikil) adalah tidak kohesif (tidak saling mengikat). Struktur dari tanah yang tidak berkoheisi ditentukan oleh cara penumpukan butir (kerangka butiran).

Sruktur dari tanah yang berkoheisi ditentukan oleh konfigurasi bagianbagian kecil dan ikatan diantara bagian-bagian kecil ini.

Tanah dapat diklasifikasikan secara umum sebagai tanah tidak kohesif dan tanah kohesif, atau tanah berbutir kasar dan berbutir halus (Bowles, 1984). Namun klasifikasi ini terlalu umum sehingga memungkinkan terjadinya identifikasi yang sama untuk tanah-tanah yang hampir sama sifatnya.

Ada beberapa macam sistem klasifikasi tanah, antara lain:

#### 1. Klasifikasi Tanah Berdasarkan *Unified System*

Sistem klasifikasi tanah ini yang paling banyak dipakai untuk pekerjaan teknik fondasi seperti bendungan, bangunan dan konstruksi yang sejenis. Sistem ini biasa digunakan untuk desain lapangan udara dan untuk spesifikasi pekerjaan tanah untuk jalan. Klasifikasi berdasarkan *Unified System* (Das,1988), tanah dikelompokkan menjadi:

- a. Tanah berbutir kasar (*Coarse-grained-soil*) yaitu tanah kerikil dan pasir dimana kurang dari 50% berat total contoh tanahnya lolos dari saringan No.200. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan 10 huruf awal G atau S. G adalah untuk kerikil (*gravel*) dan S untuk pasir (*sand*) atau tanah berpasir. Selain itu juga dinyatakan gradasi tanah dengan simbol W

untuk tanah bergradasi baik dan P untuk tanah bergradasi buruk.

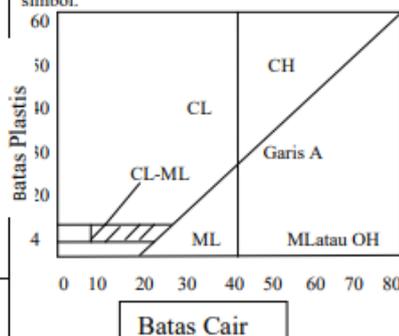
- b. Tanah berbutir halus (*fine-grained-soil*) yaitu tanah dimana lebih dari 50% berat total contoh tanahnya lolos dari saringan No.200. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal M untuk lanau (*silt*) anorganik, C untuk lempung (*clay*) anorganik, dan O untuk lanau organik dan lempung organik. Simbol PT digunakan untuk tanah gambut (*peat*), muck, dan tanah-tanah lain dengan kadar organik yang tinggi. Plastisitas dinyatakan dengan L untuk plastisitas rendah dan H untuk plastisitas tinggi.

**Tabel 4.** Klasifikasi berdasarkan USCS

Jenis Tanah	Prefiks	Subkelompok	Sufiks
Kerikil	G	Gradasi baik	W
		Gradasi buruk	P
Pasir	S	Berlanau	M
		Berlempung	C
Lanau	M		
Lempung	C	w <sub>l</sub> < 50 persen	L
Organik	O	W <sub>l</sub> > 50 persen	H
Gambut	Pt		

(Sumber: Bowles, 1989).

**Tabel 5.** Sistem Klasifikasi Tanah berdasarkan USCS

Divisi Utama		Simbol	Nama Umum	Kriteria Klasifikasi		
Tanah berbutir kasar $\geq 50\%$ butiran tertahan saringan No. 200	Kerikil $50\% \geq$ fraksi kasar tertahan saringan No. 4	GW	Kerikil bergradasi-baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3  Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW		
		GP	Kerikil bergradasi-buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus			
		Kerikil dengan Butiran halus	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI > 7$  Bila batas Atterberg berada di daerah sirdaridial gramplastisitas, maka dipakai simbol	
			GC	Kerikil lempung, campuran kerikil-pasir-lempung		
		Pasir $\geq 50\%$ fraksi kasar lolos saringan No. 4	Pasir bersih (hanya pasir)	SW	Pasir bergradasi-baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3  Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW
				SP	Pasir bergradasi-buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	
	Pasir dengan butiran halus		SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI > 7$  Bila batas Atterberg berada di daerah sirdaridial gramplastisitas, maka dipakai simbol	
			SC	Pasir lempung, campuran pasir-lempung		
	Tanah berbutir halus $50\%$ atau lebih lolos ayakan No. 200		Lanau dan lempung batas cair $\leq 50\%$	ML	Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung	Diagram Plastisitas: Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan kasar. Batas Atterberg yang termasuk dalam daerah yang diarsir berarti batas klasifikasinya menggunakan dua simbol.    Garis A : $PI = 0.73 (LL-20)$
				CL	Lempungan anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus" (lean clays)	
		OL		Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah		
		Lanau dan lempung batas cair $\geq 50\%$	MH	Lanau anorganik atau pasir halus diatomaceous, atau lanau diatomaceous, lanau yang elastis		
CH			Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" (fat clays)			
OH			Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi			
Tanah-tanah dengan kandungan organik sangat tinggi		PT	Peat (gambut), muck, dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488		

Sumber : Hary Christady, 1996.

## 2. Sistem Klasifikasi Tanah AASHTO

Sistem klasifikasi AASHTO awalnya membagi tanah kedalam 8 kelompok, A-1 sampai A-8 termasuk subkelompok. Sistem yang direvisi (*Proc. 25 th Annual Meeting of Highway Research Board, 1945*) mempertahankan delapan kelompok dasar tanah tadi tapi menambahkan dua subkelompok dalam A-1, empat kelompok dalam A-2, dan dua subkelompok dalam A-7. Kelompok A-8 tidak diperlihatkan tetapi merupakan gambut atau rawang yang ditentukan berdasarkan klasifikasi visual. Tanah-tanah dalam tiap kelompoknya dievaluasi terhadap indeks kelompoknya yang dihitung dengan rumus-rumus empiris. Pengujian yang dilakukan hanya analisis saringan dan batas-batas Atterberg (Bowles, 1984).

**Tabel 6.** Sistem Klasifikasi Tanah berdasarkan AASHTO

Klasifikasi umum	Tanah berbutir (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No.200)						
Klasifikasi kelompok	A-1		A-3	A-2			
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Analisis ayakan (% 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 Plastisitas (PI)	Maks 6		NP	Maks 40 Maks 10	Min 41 Maks 10	Maks 40 Min 11	Min 41 Min 41
Tipe material yang paling dominan	Batu pecah, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil dan pasir yang berlanau atau berlempung			
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Baik sekali sampai baik						
Klasifikasi umum	Tanah berbutir (Lebih dari 35% dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No.200)						
Klasifikasi kelompok	A-4		A-5		A-6		A-7
Analisis ayakan (% 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 Plastisitas (PI)	Maks 40 Maks 10		Maks 41 Maks 10		Maks 40 Maks 11		Min 41 Min 11
Tipe material yang paling dominan	Tanah berlanau				Tanah Berlempung		
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Biasa sampai jelek						

Sumber : Das (1995).

Tanah A-1 sampai A-3 adalah tanah berbutir (*granular*) dengan tidak lebih dari 35 persen bahan lolos saringan No.200. Bahan khas dalam kelompok A-1 adalah campuran bergradasi baik dari kerikil, pasir kasar, pasir halus, dan suatu bahan pengikat (*binder*) yang mempunyai

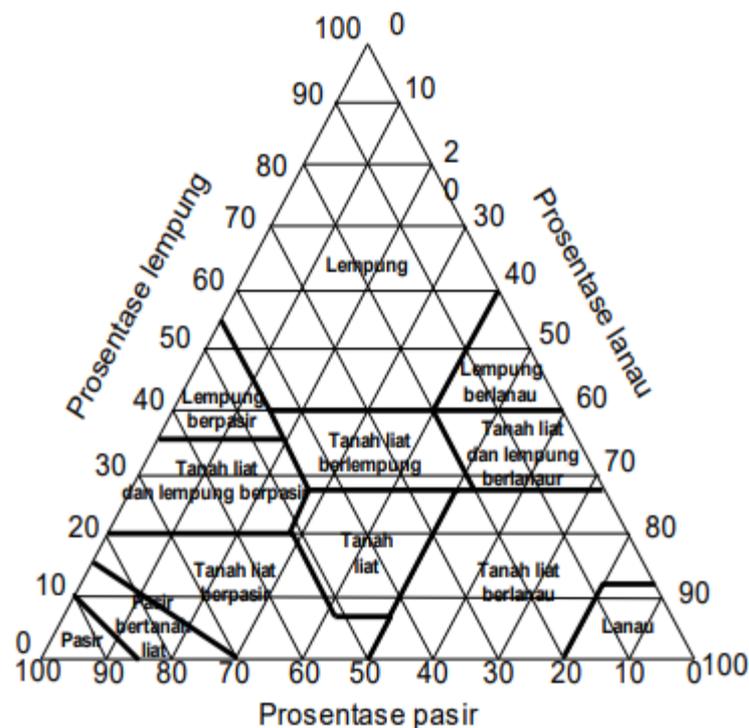
plastisitas sangat kecil atau tidak sama sekali ( $I_p \leq 6$ ). Kelompok A-3 terdiri dari campuran pasir halus, bergradasi buruk, dengan sebagian kecil pasir kasar dan kerikil, fraksi lanau yang merupakan bahan tidak plastis lolos saringan No.200. Kelompok A-2 juga merupakan bahan berbutir tetapi dengan jumlah bahan yang lolos saringan No.200 yang cukup banyak (tidak lebih dari 35 persen). Bahan ini terletak di antara bahan dalam kelompok A-1 dan A-3 dan bahan lanau – lempung dari kelompok A-4 sampai A-7. Kelompok A-4 sampai A-7 adalah tanah berbutir halus dengan lebih dari 35 persen bahan lolos saringan No.200.

## 2. Klasifikasi Tanah Berdasarkan Tekstur dan Ukuran Butiran

Sistem klasifikasi ini didasarkan pada keadaan permukaan tanah yang bersangkutan, sehingga dipengaruhi oleh ukuran butiran tanah dalam tanah. Klasifikasi ini sangat sederhana didasarkan pada distribusi ukuran tanah saja. Pada klasifikasi ini tanah dibagi menjadi kerikil (*gravel*), pasir (*sand*), lanau (*silt*), dan lempung (*clay*) (Das, 1993). Sistem klasifikasi tanah berdasarkan tekstur dikembangkan oleh Departemen Pertanian Amerika dan klasifikasi internasional yang dikembangkan oleh Atterberg. Tekstur tanah dipengaruhi oleh ukuran tiap-tiap butir yang ada dalam tanah. Pada umumnya tanah asli merupakan campuran dari butir-butir yang mempunyai ukuran yang berbeda-beda. Sistem ini relatif sederhana karena hanya

didasarkan pada sistem distribusi ukuran butiran tanah yang membagi tanah dalam beberapa kelompok, yaitu:

Pasir : Butiran dengan diameter 2,0 – 0,05 mm. Lanau : Butiran dengan diameter 0,005 – 0,002 mm. Lempung : Butiran dengan diameter lebih kecil dari 0,02 mm.



**Gambar 2.** Klafikasi Tanah berdasarkan Tekstur oleh

Departemen Pertanian AS (sumber : DAS, 1993)

### B. 3 Struktur Mineral Lempung

Tanah kohesif atau tanah yang lunak adalah jenis tanah yang di dalam konstruksi seringkali menjadi satu permasalahan. Lempung didefinisikan sebagai golongan partikel yang berukuran kurang dari 0.002 mm. Hardiyatmo (2010), mengatakan sifat-sifat yang dimiliki dari tanah

lempung yaitu antara lain ukuran butiran-butiran halus  $< 0.002$  mm, permeabilitas rendah, kenaikan air kapiler tinggi, bersifat sangat kohesif, kadar kembang susut tinggi dan proses konsolidasi lambat.

Tanah yang kohesif didefinisikan sebagai tanah yang lengket, dan dapat disebut sebagai tanah liat atau tanah liat berlumpur. Ketegangan permukaan air kapiler mengerahkan kekuatan kapiler, yang mengurangi kekuatan tanah.

Sifat dan perilaku lempung terlihat pada komposisi mineral, unsur-unsur kimianya, dan partikel-partikelnya serta pengaruh yang ditimbulkan di lingkungan sekitarnya. Sehingga untuk dapat memahami sifat dan perilakunya diperlukan pengetahuan tentang mineral dan komposisi kimia lempung, hal ini dikarenakan mineralogi adalah faktor utama untuk mengontrol ukuran, bentuk dan sifat fisik serta kimia dari partikel tanah. Tanah lempung memiliki sifat khas yaitu apabila dalam keadaan kering dia akan bersifat keras, dan jika basah akan bersifat lunak plastis, sehingga mempunyai perubahan volume yang besar dan itu terjadi karena pengaruh air.

Warna tanah pada tanah lempung tidak dipengaruhi oleh unsur kimia yang terkandung didalamnya, karena tidak adanya perbedaan yang dominan dimana kesemuanya hanya dipengaruhi oleh unsur Natrium saja yang paling mendominasi. Semakin tinggi plastisitas, grafik yang dihasilkan pada masing-masing unsur kimia belum tentu sama. Hal ini

disebabkan karena unsur-unsur warna tanah dipengaruhi oleh nilai Liquid Limit(LL) yang berbeda-beda (Marindo, 2005 dalam Afryana, 2009).

Mineral lempung merupakan senyawa aluminium silikat yang kompleks. Mineral ini terdiri dari dua lempung kristal pembentuk kristal dasar, yaitu silika tetrahedral dan aluminium oktahedral. (Das,1995). Hampir semua mineral lempung berbentuk lempengan yang mempunyai permukaan spesifik (perbedaan antara luas permukaan dan massa) yang tinggi. Jenis-jenis mineral lempung tergantung dari komposisi susunan satuan struktur dasar atau tumpuan lembaran serta macam ikatan antara masing-masing lembaran. Jenis-jenis mineral lempung, yaitu : kaolinite, illite, montmorillonite.

Air *sangat* mempengaruhi sifat tanah lempung, karena butiran dari tanah lempung sangat halus, sehingga luas permukaan spesifikasinya menjadi lebih besar. Dalam suatu partikel lempung yang ideal, muatan positif dan negatif berada dalam posisi seimbang, selanjutnya terjadi substitusi isomorf dan kontinuitas perpecahan susunannya, sehingga terjadi muatan negatif pada permukaan partikel kristal lempung. Salah satu cara untuk mengimbangi muatan negatif, partikel tanah lempung menarik muatan positif (kation) dari garam yang ada di dalam air porinya. Hal ini disebut dengan pertukaran ion-ion.

Pertemuan antar molekul air dan partikel lempung akan menimbulkan lekatan yang sangat kuat, sebab air akan tertarik secara elektrik dan air akan berada di sekitar partikel lempung yang disebut air

lapisan ganda, yaitu air yang berada pada lapisan air resapan. Lapisan air inilah yang menimbulkan gaya tarik menarik antar partikel lempung yang disebut *unhindered moisture film*. Air lapisan ganda inilah yang menyebabkan sifat plastis pada tanah lempung.

### **C. Daya Dukung Tanah ( $q_u$ )**

Daya dukung tanah adalah kemampuan tanah untuk memikul tekanan atau beban maksimum yang diizinkan untuk bekerja pada pondasi. Untuk mendapat tegangan yang dipakai dalam perencanaan pondasi, besarnya beban dibagi dengan faktor keamanan (*safety factor*). Nilai yang diperoleh disebut dengan tegangan tanah yang diizinkan. Penelitian tanah perlu dilakukan di laboratorium untuk menghitung daya dukung tanah yang meliputi uji fisik tanah dan uji mekanik. Uji fisik tujuannya untuk mengetahui sifat-sifat fisik tanah dan uji mekanik untuk memperoleh nilai sudut geser dan kohesi tanah. Pondasi adalah bagian dari struktur bangunan yang berada paling bawah yang berfungsi untuk menyalurkan beban bangunan di atasnya ke tanah dasar di bawahnya. Nilai yang di dapatkan harus memenuhi syarat daya dukung yang diperlukan sehingga bangunan dapat berdiri dengan stabil dan tidak terjadi penurunan yang terlalu besar.

### **D. Berat Jenis**

Berat spesifik atau berat jenis (*specific gravity*) adalah perbandingan antara berat volume butiran padat dengan berat volume air

.  $G_s$  tidak berdimensi. Secara tipikal, berat jenis berbagai jenis tanah berkisar antara 2.65 sampai 2.75. Spesifikasi berat jenis tanah seperti pada Tabel 7.

**Tabel 7.** Berat Jenis Tanah (*specific gravity*)

Macam Tanah	Berat Jenis (Gs)
Kerikil	2,65 – 2,68
Pasir	2,65 -2,68
Lanau `anorganik	2,62 – 2,68
Lempung organik	2,58 -2,65
Lempung anorganik	2,68 – 2,75
Humus	1, 37
Gambut	1,25 – 1,80

(Sumber: Hardiyatmo, 2012)

#### **E. Batas-batas Atterberg**

Suatu hal yang penting pada tanah berbutir halus adalah sifat plastisitasnya. Plastisitas disebabkan oleh adanya partikel mineral lempung dalam tanah. Istilah plastisitas menggambarkan kemampuan tanah dalam menyesuaikan perubahan bentuk pada volume yang konstan tanpa retak-retak atau remuk.

Bergantung pada kadar air, tanah dapat berbentuk cair, plastis, semi padat, atau padat. Menurut Atterberg batas-batas konsistensi tanah berbutir halus tersebut adalah batas cair, batas plastis, batas susut. Batas konsistensi tanah ini didasarkan kepada kadar air yaitu :

##### **a. Batas Cair (*Liquid Limit*)**

Batas cair adalah kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis

**b. Batas Plastis (*Plastic Limit*)**

Pengertian batas plastisitas adalah sifat tanah dalam konsistensi, cair, plastis, semi padat, atau padat bergantung pada kadar airnya. Kebanyakan dari tanah lempung atau tanah berbutir halus yang ada di alam dalam keadaan plastis. Secara umum semakin besar plastisitas tanah, yaitu semakin besar rentang kadar air daerah plastis maka tanah tersebut akan semakin berkurang kekuatan dan mempunyai kembang susut yang semakin besar.

Indeks plastisitas adalah selisih batas cair dan batas plastis (interval kadar air pada kondisi tanah masih bersifat platis), karena itu menunjukkan sifat keplastisan tanah

$$PI = LL - PL$$

Dimana :

PI = Plastis Indeks (%)

LL = *Liquid Limit* (%)

PL = *Plastis Limit* (%)

**Tabel 8.** Nilai Indeks Plastisitas dan Macam-macam Tanah

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

(sumber : Hary, 2012).

### c. Batas Susut (*Shrinkage Limit*)

Suatu tanah akan mengalami penyusutan bila kadar air secara perlahan-lahan hilang dari dalam tanah. Dengan hilangnya air terus menerus akan mencapai suatu tingkat keseimbangan, dimana penambahan kehilangan air tidak akan menyebabkan perubahan volume tanah. Kandungan mineral *montmorillonite* mempengaruhi nilai batas konsistensi. Semakin besar kandungan mineral *montmorillonite* semakin besar batas cair dan indeks plastisitas serta semakin kecil nilai batas susut dan batas plastisnya (Hardiyatmo, 2006).

## F. Kadar Air

Pekerjaan teknik sipil banyak dilakukan pada tanah tidak jenuh air (*unsaturated*). Perubahan kedudukan muka air tanah akan mempengaruhi tingkat kadar air dalam tanah. Pekerjaan teknik sipil banyak dilakukan pada tanah kenyang air sebagian (*unsaturated*) seperti pada pekerjaan pemadatan tanah untuk konstruksi jalan

raya. Perubahan kedudukan muka air tanah akan mempengaruhi tingkat kadar air dalam tanah.

Kadar air tanah adalah perbandingan antara berat air dengan berat tanah kering dengan volume yang sama pada temperature tertentu. Nilai kadar air sangat dibutuhkan dalam pengolahan data hasil pengujian laboratorium dan perhitungan mekanika tanah.

Penentuan kadar air dapat dilakukan dengan cara memasukkan tanah undisturbed ke dalam cawan kemudian di oven selama 24 jam pada suhu 110°C, dinginkan cawan sampai mendekati suhu ruangan, kemudian hitung beratnya. Metode yang digunakan adalah ASTM D-2216-89.

#### **G. Analisa Saringan**

Tanah merupakan komponen atau susunan dari hasil lapisan kerka bumi. Dimana sifat-sifat dari suatu urutan tanah tergantung pada ukuran butirnya, karena pengukuran besarnya butir tanah merupakan suatu percobaan yang sering dilakukan dalam bidang mekanika tanah. Untuk membedakan serta menunjukkan dengan tepat masing-masing sifat tanah ini digunakan metode sistematika, sehingga tanah-tanah tertentu dapat dipilih dengan tepat. Suatu tanah bergradasi baik atau tidak dan seragam apabila terdapat

distribusi yang merata dari butir-butir dengan ukuran butiran yang memungkinkan, diantara batas atas dan batas bawah butiran.

Distribusi ukuran partikel tanah berbutir kasar dapat ditentukan dengan saringan. Fungsi dari analisa saringan adalah untuk menentukan distribusi butiran tanah (gradasi) antara saringan No. 4 sampai saringan No. 200 dengan menggunakan saringan standar. Metode yang digunakan adalah Sistem AASHTO dan Sistem *Unified*.

#### **H. Hidrometer**

Analisis hidrometer didasarkan pada prinsip sedimentasi (pengendapan) butir-butir tanah dalam air. Bila suatu contoh tanah dilarutkan dalam air, partikel-partikel tanah akan mengendap dengan kecepatan yang berbeda-beda tergantung pada bentuk, ukuran, dan beratnya.

Untuk mudahnya, dapat dianggap bahwa semua partikel tanah ini berbentuk bola bulat dan kecepatan mengendap dari partikel-partikel tersebut. Proses untuk memisahkan partikel tanah ke dalam jenis-jenis tanah sesuai dengan variasi ukuran partikelnya disebut analisis mekanis. Percobaan ini berfungsi untuk menentukan ukuran dan susunan butir (gradasi) tanah yang lolos saringan No.200.