

TUGAS AKHIR

**KARAKTERISTIK FISIS DAN MEKANIS ENDAPAN LUMPUR
BANJIR DI MASAMBA 2020**

***PHYSICAL AND MECHANICAL CHARACTERISTICS OF
FLOOD MUD DEPOSITS IN MASAMBA 2020***

**CALVIN EDRICK WIBOWO
D111 16 518**



**PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
2021**

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)

KARAKTERISTIK FISIS DAN MEKANIS ENDAPAN LUMPUR BANJIR DI MASAMBA 2020

Disusun dan diajukan oleh:

CALVIN EDRICK WIBOWO

D111 16 518

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 01 Februari 2021 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

menyetujui,

Pembimbing Utama,



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

Pembimbing Pendamping,



Sitti Hijraini Nur, ST, MT
NIP. 197711212005012001

Ketua Program Studi,



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

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Calvin Edrick Wibowo
NIM : D111 16 518
Program Studi : Teknik Sipil
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul :

Karakteristik Fisis dan Mekanis Endapan Lumpur Banjir di Masamba 2020

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi/Tesis/Disertasi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan Skripsi/Tesis/Disertasi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 01 Februari 2021

Yang menyatakan,



(Calvin Edrick Wibowo)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya, maka penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Karakteristik Fisis dan Mekanis Endapan Lumpur Banjir di Masamba 2020”**, sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi dan memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari bahwa di dalam tugas akhir yang sederhana ini terdapat banyak kekurangan dan sangat memerlukan perbaikan secara menyeluruh. Tentunya hal ini disebabkan keterbatasan ilmu serta kemampuan yang dimiliki penulis, sehingga dengan segala keterbukaan penulis mengharapkan masukan dari semua pihak.

Tentunya 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 dengan segala kerendahan hati, ucapan terima kasih, penghormatan serta penghargaan yang setinggi-tingginya penulis ucapkan kepada semua pihak yang telah membantu, yaitu :

1. Kepada Ayahanda tercinta dan Ibunda tercinta dan saudara-saudara saya, atas kasih sayang yang diberikan kepada saya dan atas bantuan serta dukungan baik secara moral maupun materi.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad Thaha, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
3. Bapak Prof. Dr. H. Muh. Wihardi Tjaronge, S.T., M. Eng. selaku Ketua Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
4. Bapak Ir. H. Achmad Bakri Muhidin, MSc, Ph.D. selaku pembimbing I, yang telah meluangkan waktu serta memberikan bimbingan, saran

dan nasihat mulai dari awal penelitian hingga penyelesaian tugas akhir ini.

5. Ibu Sitti Hijraini Nur, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing II, atas segala kesabaran dan waktu yang diluangkan untuk memberikan bimbingan dan pengarahan hingga terselesainya penulisan ini.
6. Bapak Dr. Eng. Tri Harianto, S.T., MT. selaku kepala Laboratorium Laboratorium Geoteknik Lingkungan Universitas Hasanuddin yang telah mengawal dan membimbing selama proses penelitian hingga selesai.
7. Seluruh dosen, staf dan karyawan Fakultas Teknik Departemen Teknik Sipil Universitas Hasanuddin.
8. Untuk teman-teman KMKO SIPIL 2016, yang sudah selalu bersama dari awal sampai akhir ini. Semoga kita selalu diberikan kesehatan sehingga selalu bersama dan tetap kompak.
9. Untuk teman-teman yang sudah selalu menemani sampai akhir, terima kasih kepada Anse, Faje, Mega, Rany, dan Ria.
10. Untuk orang-orang yang selalu membantu dan memberi semangat kepada penulis, terima kasih kepada Thasya, Kintan, Sri, Mute, Pita, Uli, Ulan, Dian, dan Jordy
11. Untuk teman-teman PATRON 2017, yang telah memberikan warna dan memberikan pelajaran hidup yang sangat berharga selama proses perkuliahan.
12. Kepada rekan-rekan pengurus periode 2019 HMS FT-UH, yang telah mempercayakan saya untuk menjadi salah satu bagian dari kalian. Terimakasih kepada kalian semua, kalian luar biasa.
13. Teman-teman, adik-adik, dan kakak-kakak, yang dipersatukan dalam Laboratorium Geoteknik, yang telah membantu, memberi arahan dan membimbing dalam terselesainya Tugas Akhir ini.
14. Semua pihak yang telah membantu dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.

Tiada imbalan yang dapat diberikan penulis selain doa kepada Tuhan Yang Maha Kuasa, yang melimpahkan karunia-Nya kepada kita semua. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia Teknik Sipil dan bagi kita semua.

Gowa, Februari 2021

Calvin Edrick Wibowo

ABSTRAK

Tanah sangat berperan penting dalam dunia teknik sipil, karena seluruh pekerjaan struktur berada di atas permukaan tanah. Pada suatu lokasi konstruksi, tanah mempunyai peranan yang sangat penting karena tanah adalah pondasi pendukung suatu bangunan atau bahan konstruksi dari bangunan itu sendiri. Dalam bidang geoteknik, indeks *properties* suatu tanah dianggap memiliki peranan sangat penting terutama jika di atas tanah tersebut akan dibangun suatu pekerjaan struktur.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana karakteristik fisis dan mekanis, dapat mengklasifikasikan jenis tanah tersebut, serta dapat menganalisis sebagai tanah timbunan.

Penelitian ini menggunakan tanah endapan lumpur banjir yang terjadi di Masamba pada tahun 2020. Untuk mengetahui karakteristik fisis dan mekanis serta mengklasifikasikan jenis tanah tersebut maka pengujian yang dilakukan pada penelitian ini yaitu uji sifat fisis tanah, uji kepadatan, uji CBR dan uji geser langsung.

Dari hasil pengujian diperoleh hasil bahwa tanah ini memiliki tipe tanah SP menurut klasifikasi USCS dan dalam klasifikasi AASHTO yaitu sebagai tanah berjenis pasir halus.

ABSTRACT

Soil is an important role in the world of civil engineering, because all structural work is above ground level. At a construction site, soil has a very important role because soil is the supporting foundation for a building or the construction material of the building itself. In the geotechnical field, the property index of a soil is considered to have a very important role, especially if a structural work is to be built on the land.

This study aims to determine the physical and mechanical characteristics, can classify the type of soil, and can analyze it as landfill.

This research uses sediment sludge floods that occurred in Masamba in 2020. Tests carried out in this study are soil physical properties test, density test, CBR test and direct shear test.

From the test results, it was found that this soil has an SP soil type according to the USCS classification and in the AASHTO classification, namely as a fine sand type soil.

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian.....	3
D. Batasan Masalah.....	3
E. Sistematika Penulisan	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Pengertian Tanah.....	6
B. Jenis Tanah.....	6
C. Sistem Klasifikasi Tanah	7
C.1 Sistem Klasifikasi AASHTO (American Association Of Highway and Transportation Official)	9
C.2 Sistem Klasifikasi USCS (Unified Soil Clasification System) ...	11
D. Tanah Pasir.....	14
E. Berat Spesifik	14
F. Pemadatan Tanah.....	15
G. <i>California Bearing Ratio</i> (CBR).....	16
H. Kuat Geser Tanah	19
I. Timbunan Tanah	21

BAB 3. METODE PENELITIAN	23
A. Lokasi Penelitian	23
B. Instrumen Penelitian.....	23
B.1. Metode Pengumpulan Data	23
B.2. Diagram Alir Penelitian	24
C. Tahapan Penelitian	26
C.1. Penyiapan.....	26
C.2. Peralatan Laboratorium	26
C.3. Uji Fisik dan Mekanis.....	28
C.3.1. Uji Sifat Fisik.....	28
C.3.2. Uji Sifat Mekanis	29
C.4. Analisa Data	30
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	31
A. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Sifat Fisik Tanah	31
A.1. Karakteristik Sifat Fisik Pada Tanah 1	31
A.2. Klasifikasi Pada Tanah 1	32
A.3. Karakteristik Sifat Fisik Pada Tanah 2	35
A.4. Klasifikasi Pada Tanah 2	36
A.5. Karakteristik Sifat Fisik Pada Tanah 3	37
A.6. Klasifikasi Pada Tanah 3	38
B. Karakteristik Sifat Mekanis Tanah Error! Bookmark not defined.	
B.1. Karakteristik Sifat Mekanis Pada Tanah 1 Error! Bookmark not defined.	
B.2. Karakteristik Sifat Mekanis Pada Tanah 2 Error! Bookmark not defined.	
B.3. Karakteristik Sifat Mekanis Pada Tanah 3 Error! Bookmark not defined.	
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	58
A. Kesimpulan.....	58
B. Saran.....	58
DAFTAR PUSTAKA.....	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Sistem Klasifikasi Tanah USDA	8
Gambar 2. Lokasi Pengambilan Tanah.....	23
Gambar 3. Diagram Alir Penelitian	25
Gambar 4. Gambar Jenis Tanah	26
Gambar 5. Grafik Analisa Butiran Pada Tanah 1	32
Gambar 6. Grafik Analisa Butiran Pada Tanah 2.....	36
Gambar 7. Grafik Analisa Butiran Pada Tanah 3.....	38
Gambar 8. Grafik Hubungan Antara Kadar Air dan Berat Isi Tanah Kering Pada Tanah 1 metode <i>Standard</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 9. Grafik Hubungan Antara Kadar Air dan Berat Isi Tanah Kering Pada Tanah 1 metode <i>Modified</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 10. Grafik Hubungan Antara Penetrasi dengan Nilai Beban Pada Tanah 1.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 11. Grafik Hubungan Antara Perpindahan dengan Tegangan Geser Pada Tanah 1	Error! Bookmark not defined.
Gambar 12. Grafik Hubungan Antara Tegangan Geser dan Tegangan Normal Pada Tanah 1	Error! Bookmark not defined.
Gambar 13. Grafik Hubungan Antara Kadar Air dan Berat Isi Tanah Kering Pada Tanah 2 Metode <i>Standard</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 14. Grafik Hubungan Antara Kadar Air dan Berat Isi Tanah Kering Pada Tanah 2 metode <i>Modified</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 15. Grafik Hubungan Antara Penetrasi dengan Nilai Beban Pada Tanah 2.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 16. Grafik Hubungan Antara Perpindahan dengan Tegangan Geser Pada Tanah 2	Error! Bookmark not defined.
Gambar 17. Grafik Hubungan Antara Tegangan Geser dan Tegangan Normal Pada Tanah 2.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 18. Grafik Hubungan Antara Kadar Air dan Berat Isi Tanah Kering Pada Tanah 3	Error! Bookmark not defined.

- Gambar 19. Grafik Hubungan Antara Kadar Air dan Berat Isi Tanah Kering Pada Tanah 3 metode *Modified*.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 20. Grafik Hubungan Antara Penetrasi dengan Nilai Beban Pada Tanah 3.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 21. Grafik Hubungan Antara Perpindahan dengan Tegangan Geser Pada Tanah 3**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 22. Grafik Hubungan Antara Tegangan Geser dan Tegangan Normal Pada Tanah 3.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 23. Rekapitulasi Hasil Pengujian Analisa Butiran**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 24. Rekapitulasi Hasil Pengujian Kompaksi Metode *Standard*. **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 25. Rekapitulasi Hasil Pengujian Kompaksi Metode *Modified*.. **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 26. Rekapitulasi Hasil Pengujian CBRE**Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Batasan-batasan Ukuran Golongan Tanah.....	7
Tabel 2. Tabel Klasifikasi Tanah Berdasarkan AASHTO	9
Tabel 3. Klasifikasi USCS (<i>Unified Soil Classification System</i>).....	13
Tabel 4. Berat Jenis Tanah (<i>Spesific Gravity</i>).....	15
Tabel 5. Alat-alat dan Gambar Pengujian Sifat Fisis	27
Tabel 6. Alat-Alat dan Gambar Pengujian Sifat Mekanis	27
Tabel 7. Standar Pengujian Sifat Fisik Tanah.....	29
Tabel 8. Standar Pengujian Sifat Mekanis Tanah.....	29
Tabel 9. Klasifikasi USCS (<i>Unified Soil Classification System</i>).....	33
Tabel 10. Klasifikasi Tanah Berdasarkan AASHTO	34
Tabel 11. Rekapitulasi Hasil Pengujian Pada Tanah 1	48
Tabel 12. Rekapitulasi Hasil Pengujian Pada Tanah 2	49
Tabel 13. Rekapitulasi Hasil Pengujian Pada Tanah 3	48

BAB 1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Dalam dunia teknik sipil, tanah sangat berperan penting karena seluruh pekerjaan struktur berada di atas permukaan tanah. Pada suatu lokasi konstruksi, tanah mempunyai peranan yang sangat penting karena tanah adalah pondasi pendukung suatu bangunan atau bahan konstruksi dari bangunan itu sendiri seperti tanggul, jalan raya, dsb. Dalam pengertian teknik secara umum, 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 mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut.

Dalam bidang geoteknik, indeks *properties* suatu tanah dianggap memiliki peranan sangat penting terutama jika di atas tanah tersebut akan dibangun suatu pekerjaan struktur. Sebelumnya tanah tersebut harus diteliti terlebih dahulu di laboratorium agar mengetahui apakah bangunan dapat dibangun di atasnya. Selain itu dapat mengetahui cara penanganan tanah tersebut sehingga layak dijadikan tempat membangun suatu struktur.

Banjir merupakan peristiwa dimana daratan yang biasanya kering (bukan daerah rawa) menjadi tergenang oleh air, hal ini disebabkan oleh curah hujan yang tinggi dan kondisi topografi wilayah berupa dataran rendah hingga cekung. Selain itu terjadinya banjir juga dapat disebabkan oleh limpasan air permukaan (*runoff*) yang meluap dan volumenya melebihi kapasitas pengaliran sistem drainase atau sistem aliran sungai. Terjadinya bencana banjir juga disebabkan oleh rendahnya kemampuan infiltrasi tanah, sehingga menyebabkan tanah tidak mampu lagi menyerap air. Banjir dapat terjadi akibat naiknya permukaan air lantaran curah hujan yang diatas

normal, perubahan suhu, tanggul/bendungan yang bobol, pencairan salju yang cepat, terhambatnya aliran air di tempat lain.

Longsor atau gerakan massa eras kaitannya dengan proses-proses yang terjadi secara ilmiah pada suatu bentang alam. Bentang alam merupakan suatu bentukan alam pada permukaan bumi misalnya bukit, perbukitan, gunung, pegunungan, dataran dan cekungan. Tanah Longsor merupakan salah satu bencana alam yang sering melanda daerah tropis basah. Kerusakan yang ditimbulkan oleh gerakan massa tidak hanya kerusakan secara langsung seperti rusaknya fasilitas umum, lahan pertanian, ataupun adanya korban manusia, akan tetapi juga kerusakan secara tidak langsung yang melumpuhkan kegiatan pembangunan dan aktivitas ekonomi di daerah bencana dan sekitarnya.

Pada tahun 2020, salah satu daerah di Sulawesi Selatan tepatnya di Kabupaten Masamba Kecamatan Luwu Utara dilanda bencana alam yaitu banjir dan tanah longsor. Berdasarkan pada latar belakang tersebut, maka di pandang perlu untuk melakukan studi guna mengkaji karakteristik fisis dan mekanis endapan lumpur banjir di Masamba 2020. Sehingga berdasarkan latar belakang tersebut diatas, maka penulis tertarik melakukan penelitian dengan judul :

**“KARAKTERISTIK FISIS DAN MEKANIS ENDAPAN LUMPUR BANJIR DI
MASAMBA 2020”**

B. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana karakteristik fisis dan mekanis endapan lumpur banjir di Masamba 2020?
2. Bagaimana sistem klasifikasi endapan lumpur banjir di Masamba 2020?
3. Apakah tanah endapan lumpur banjir di Masamba 2020 dapat digunakan sebagai tanah timbunan?

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah

1. Untuk mengetahui karakteristik fisis dan mekanis endapan lumpur banjir di Masamba 2020.
2. Untuk mengklasifikasikan endapan lumpur banjir di Masamba 2020 ke dalam standar yang biasa dipakai yaitu AASTHO dan USCS.
3. Untuk mengetahui tanah endapan lumpur banjir di Masamba layak digunakan sebagai tanah timbunan.

D. Batasan Masalah

Agar penelitian dapat berjalan efektif dan mencapai sasaran yang diinginkan maka penelitian dibatasi pada :

1. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Departemen Teknik Sipil Universitas Hasanuddin.
2. Jenis tanah yang digunakan yaitu tanah yang didatangkan langsung dari Kecamatan Masamba, Kabupaten Luwu Utara, Sulawesi Selatan.
3. Penelitian hanya meneliti sifat fisis dan mekanis tanah, tidak meneliti unsur kimia tanah tersebut.

4. Penelitian ini dilakukan pada skala laboratorium bukan pada skala lapangan.
5. Sifat-sifat fisis dan mekanis tanah yang dianalisis adalah:
 - Pengujian Analisa Saringan
 - Pengujian Berat Jenis
 - Pengujian Kadar Air
 - Pengujian Pemadatan (kompaksi)
 - Pengujian *California Bearing Ratio* (CBR)
 - Uji Geser Langsung (*Direct Shear Test*)

E. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan disusun agar pembahasan lebih terarah dan tetap menjurus pada pokok permasalahan dan kerangka isi. Dalam tugas akhir ini sistematika penulisan disusun dalam lima bab yang secara berurutan menerangkan hal-hal sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan latar belakang masalah, rumusan masalah, maksud dan tujuan penelitian, batasan masalah, serta sistematika penulisan penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan teori – teori dan tinjauan umum yang digunakan untuk membahas dan menganalisa tentang permasalahan dari penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

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

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

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

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini akan menerangkan tentang kesimpulan beserta saran yang diperlukan untuk penelitian lebih lanjut dari tugas akhir ini.

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 (Braja M. Das, 1995).

Menurut Smith (1984) tanah dianggap sebagai suatu lapisan sedimen lepas seperti kerikil (*gravel*), pasir (*sand*), lanau (*silt*) dan lempung (*clay*) atau suatu campuran dari bahan-bahan tersebut. Definisi secara teknis hendaknya tidak dikaitkan dengan definisi tanah secara geologis, yakni merupakan bahan organik pada permukaan yang terpengaruh oleh cuaca atau tanah lapisan atas (*topsoil*) yang pada umumnya dibongkar sebelum suatu proyek dikerjakan.

B. Jenis Tanah

Kebanyakan jenis tanah terdiri dari banyak campuran lebih dari satu macam ukuran partikelnya. Tanah lempung belum tentu terdiri dari partikel lempung saja. Akan tetapi, dapat bercampur dengan butiran-butiran ukuran lanau maupun pasir dan mungkin juga terdapat campuran bahan organik. Ukuran partikel tanah dapat bervariasi dari lebih besar dari 100 mm sampai dengan lebih kecil dari 0,001 mm. (Hardiyatmo, 1992).

1. Kerikil (*gravel*), yaitu kepingan batuan yang kadang juga partikel mineral *quartz* dan *feldspar*.
2. Pasir (*Sand*), yaitu sebagian besar mineral *quartz* *feldspar*.
3. Lanau (*Silt*), yaitu sebagian besar fraksi mikroskopis (yang berukuran sangat kecil) dari tanah yang terdiri dari butiran-butiran *quartz* yang sangat halus, dan dari pecahan-pecahan mika.

4. Lempung (*clay*), yaitu sebagian besar terdiri dari partikel mikroskopis (yang berukuran sangat kecil) dan sub-mikroskopis (tak dapat dilihat, hanya dengan mikroskop). Berukuran lebih kecil dari 0,002 mm (2 *micron*).

Tanah memiliki butiran yang variatif dan keanekaragaman butiran tersebut menjadi batasan ukuran golongan tanah menurut beberapa sistem. Tabel 1 merupakan batasan-batasan ukuran golongan tanah.

Tabel 1. Batasan-batasan Ukuran Golongan Tanah

Nama Golongan	Ukuran Butiran (mm)			
	Kerikil	Pasir	Lanau	Lempung
<i>Massachusetts institute of technology (MIT)</i>	>2	2 - 0,06	0,06 - 0,002	<0,002
<i>U.S. Department of Agriculture (USDA)</i>	>2	2 - 0,05	0,05 - 0,002	<0,002
<i>American Association of State Highway and Transportation Official (AASHTO)</i>	76,2 - 2	2 - 0,075	0,075 - 0,002	<0,002
<i>Unified Soil Classification System (U.s Bureau of Reclamation)</i>	76,2 - 4,75	4,75 - 0,075	Halus (yaitu lanau dan lempung <0,075)	

(Sumber: Braja M. Das (1995))

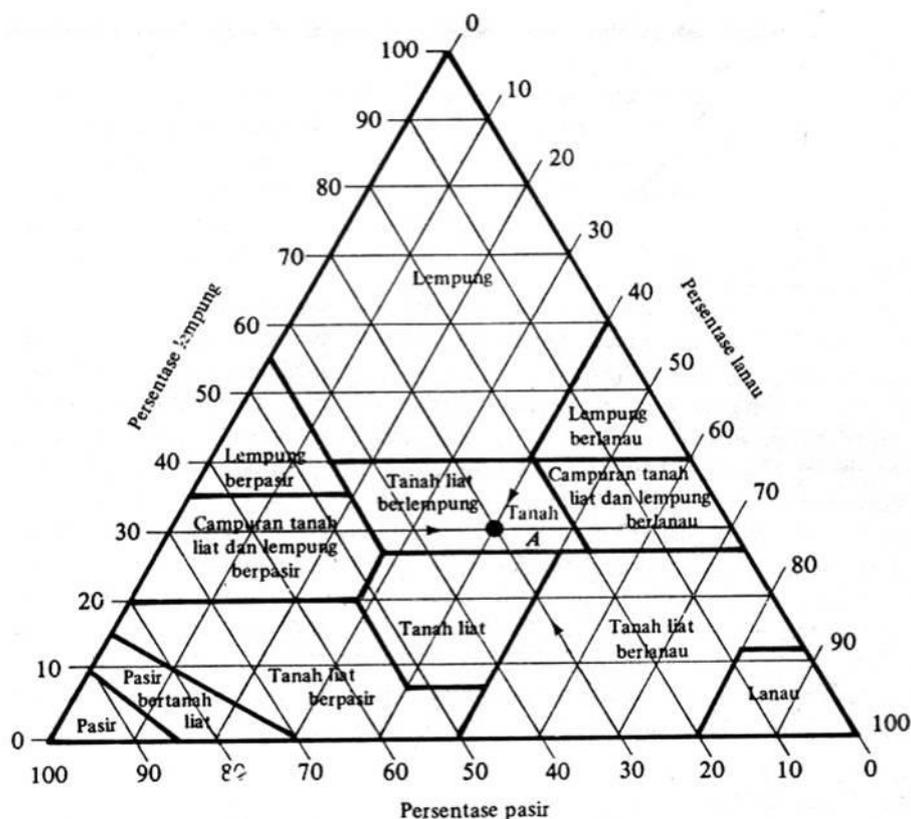
C. Sistem Klasifikasi Tanah

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).

Sistem klasifikasi tanah dibuat pada dasarnya untuk memberikan informasi tentang karakteristik dan sifat-sifat fisis tanah. Karena variasi sifat dan perilaku tanah yang begitu beragam, sistem klasifikasi secara umum mengelompokkan tanah ke dalam kategori yang dimana tanah memiliki kesamaan sifat fisis. 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.

Sistem klasifikasi menjadi penting dalam menentukan jenis kelompok tanah. Pengklasifikasian ini berguna untuk menggolongkan tanah berdasarkan karakteristik dan sifat fisik tanah secara singkat tanpa penjelasan terperinci. Sistem klasifikasi dibagi menjadi dua yaitu klasifikasi berdasarkan tekstur dan klasifikasi berdasarkan pemakaian. Klasifikasi berdasarkan tekstur adalah sistem klasifikasi USDA (lihat Gambar 1), sedangkan klasifikasi berdasarkan pemakaian yaitu sistem klasifikasi AASHTO dan sistem klasifikasi USCS. Klasifikasi USDA biasanya digunakan untuk keperluan bidang pertanian, sedangkan sistem klasifikasi AASHTO dan USCS biasanya digunakan untuk keperluan bidang geoteknik yang berkaitan dengan teknik sipil.



Gambar 1. Sistem Klasifikasi Tanah USDA

Terdapat dua sistem klasifikasi tanah yang selalu dipakai dalam rekayasa teknik sipil, yaitu sistem klasifikasi AASHTO (*American Association Of Highway and Transportation Official*) dan sistem klasifikasi USCS (*Unified Soil Clasification System*) atau sering disebut dengan sistem klasifikasi Unified.

C.1 Sistem Klasifikasi AASHTO (American Association Of Highway and Transportation Official)

Sistem klasifikasi tanah AASHTO dikembangkan sejak tahun 1929 adalah sistem yang biasa digunakan untuk keperluan jalan raya. Sistem ini membagi tanah menjadi tujuh kelompok besar yaitu A-1 sampai dengan A-7. Tanah diklasifikasikan berdasarkan persentase jumlah butiran tanah yang lolos no. 200 dan nilai batas *atterberg*-nya (PI dan LL). Untuk lebih jelas dalam pengklasifikasian tanah berdasarkan AASHTO dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Tabel Klasifikasi Tanah Berdasarkan AASHTO

Klasifikasi tanah	Tanah berbutir (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No.200)						
	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
Analisa ayakan (% lolos) No.10 No.40 No.200	Maks.50 Maks.30 Maks.15	Maks.50 Maks.25	Maks.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. 11
Tipe material yang paling dominan	Batu pecah, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil dan pasir yang berlannau atau berlempung			
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Baik sekali sampai baik						

Klasifikasi tanah	Tanah lanau – lempung (Lebih dari 35% dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No.200)			
	A - 4	A - 5	A - 6	A - 7 A - 7-5* A - 7-6**
Analisa 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 (IP)	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 sebagai bahan tanah dasar	Biasa sampai jelek			

(Sumber: Braja M. Das (1995))

Dari tabel di atas, kelompok tanah yang terletak paling kiri adalah kelompok tanah yang paling baik dalam hal menahan beban roda, berarti yang paling baik sebagai bahan untuk tanah dasar. Semakin ke kanan letak kelompok tanah dalam tabel dari sistem AASHTO semakin berkurang kualitas tanah tersebut sebagai tanah dasar. Kelompok tanah berbutir kasar, A-1, A-2 dan A-3, didefinisikan sebagai berikut :

- A-1 Adalah kelompok tanah yang terdiri dari kerikil dan pasir kasar dengan sedikit atau tanpa butir halus, dengan atau tanpa sifat-sifat plastis.
- A-3 Adalah kelompok tanah yang terdiri dari pasir halus dengan sedikit sekali mengandung butir-butir halus yang lolos saringan No. 200 dan bersifat tidak plastis.
- A-2 Sebagai kelompok batas antara kelompok tanah berbutir kasar dengan tanah berbutir halus. Kelompok A-2 ini terdiri dari campuran kerikil/pasir kasar dengan tanah berbutir halus yang cukup banyak (< 35%).

Kelompok tanah berbutir halus, A-4, A-5, A-6 dan A-7, didefinisikan sebagai berikut :

- A-4 Adalah kelompok tanah lanau berplastisitas rendah.

- A-5 Adalah kelompok tanah lanau yang mengandung lebih banyak partikel halus yang bersifat plastis. Sifat plastis tanah lebih besar dari kelompok A-4.
- A-6 Adalah kelompok tanah lempung yang masih mengandung butir-butir pasir dan kerikil, tetapi sifat perubahan volume cukup besar.
- A-7 Adalah kelompok tanah lempung yang lebih bersifat plastis. Tanah ini mempunyai sifat perubahan volume besar.

C.2 Sistem Klasifikasi USCS (Unified Soil Classification System)

Sistem klasifikasi tanah ini yang paling banyak dipakai untuk pekerjaan teknik pondasi seperti untuk bendungan, bangunan dan konstruksi yang sejenis. Sistem ini biasa digunakan untuk perencanaan lapangan udara dan untuk spesifikasi pekerjaan tanah untuk jalan. Sistem klasifikasi berdasarkan hasil-hasil percobaan laboratorium yang paling banyak dipakai secara meluas adalah sistem klasifikasi kesatuan tanah. Percobaan laboratorium yang dipakai adalah analisa ukuran butir dan batas-batas konsistensi. Klasifikasi berdasarkan *Unified Soil Classification System* (Das, 1988), tanah dikelompokkan menjadi (lihat Tabel 3) :

- a. Tanah butir kasar (*Coarse-Grained-Soil*) yaitu tanah kerikil dan pasir dimana kurang dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan no.200. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal G atau S. 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 yang tinggi.

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 :

- a. Persentase butiran yang lolos ayakan No. 200 (fraksi halus).
- b. Persentase fraksi kasar yang lolos ayakan No. 40.
- c. Koefisien keseragaman (*Uniformity Coefficient, C_u*) dan koefisien gradasi (*Gradation Coefficient, C_c*) untuk tanah dimana 0-12% lolos ayakan No. 200.
- d. Batas cair (*LL*) dan indeks plastisitas (*IP*) bagian tanah yang lolos ayakan No. 40 (untuk tanah dimana 5% atau lebih lolos ayakan No. 200).

Tabel 3. Klasifikasi USCS (Unified Soil Classification System)

Divisi Utama	Simbol	Nama Umum	Kriteria Klasifikasi		
Tanah berbutir kasar $\geq 50\%$ butiran terahan saringan No. 200	Kerikil $50\% \geq$ fraksi kasar terahan saringan No. 4	Kerikil berbutir (hanya kerikil)	GW	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $Cc = \frac{(D_{10})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$ Bila batas <i>Atterberg</i> berada didaerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol $Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ $Cc = \frac{(D_{10})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$ Bila batas <i>Atterberg</i> berada didaerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol	
		Kerikil dengan Butiran halus	GP		
		Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lanau	GM		
			GC		
		Pasir $\geq 50\%$ fraksi kasar lolos saringan No. 4	Pasir berbutir (hanya pasir)		SW
			Pasir berlempung, campuran pasir-pasir-lanau		SP
	Pasir dengan butiran halus		SM		
			SC		
	Tanah berbutir halus		Lanau dan lempung batas cair $\leq 50\%$	ML	Diagram Plastisitas: Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan kasar. Batas <i>Atterberg</i> yang termasuk dalam daerah yang di arsir berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol.
				CL	
		OL			
		Lanau dan lempung batas cair $\geq 50\%$	MH		
CH					
OH					
Tanah-tanah dengan kandungan organik sangat tinggi	PT	<i>Peat</i> (gambut), <i>muck</i> , dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488		

Sumber : Hary Christady, 1996.

D. Tanah Pasir

Pasir (*sand*) adalah partikel buatan yang berukuran 0,074 mm sampai dengan 5 mm. Berkisar dari kasar (3 mm sampai 5 mm) dan halus (<1 mm). Jenis tanah yang termasuk tipe pasir atau kerikil (disebut juga tanah berbutir kasar) jika, setelah kerakal atau berangkalnya disingkirkan, lebih dari 65% material tersebut berukuran pasir dan kerikil (Craig, 1974). Secara visual, tanah pasir dapat ditentukan melalui teksturnya, dan dengan berdasarkan penampilan tekstur ini pula tanah pasir lebih mudah untuk diklasifikasikan.

Berdasarkan ukuran butirannya tanah pasir mempunyai ukuran yang berbeda sesuai dengan standar yang digunakan. Berdasarkan standar AASHTO, jenis tanah yang digolongkan pasir adalah bagian tanah yang lolos ayakan No. 10 (2 mm) dan yang tertahan pada ayakan No. 200 (0.075 mm) sedangkan menurut standar USCS jenis tanah yang digolongkan pasir adalah tanah di mana kurang dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan No. 200 (0.075 mm). Pasir merupakan jenis tanah *noncohesive*, yang mana mempunyai sifat lepas (*loose*) antara butiran-butirannya apabila dikeringkan dan hanya akan melekat apabila dalam keadaan yang disebabkan oleh gaya tarik permukaan. Adhesi semu (*apparent*) antar butiran dalam tanah nonkohesif dapat terjadi akibat gaya tarik kapiler dalam air pori. Tanah ini mempunyai kuat geser kecil atau tidak ada sama sekali jika keadaan kering dan tanah tidak terkekang. Tanah nonkohesif juga tidak mempunyai garis batas antara keadaan plastis dan tidak plastis, karena jenis tanah ini tidak plastis untuk semua nilai kadar air. Berdasarkan mineral yang terkandung di dalamnya, pasir terdiri dari sebagian mineral *quartz* (kwarsa) dan *feldspar*.

E. Berat Spesifik

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

volume air (γ_w). G_s tidak berdimensi. Secara tipikal, berat jenis berbagai jenis tanah berkisar antara 2.65 sampai 2.75 seperti pada Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4. Berat Jenis Tanah (*Spesific 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

(Hardiyatmo, Hary Christady, 2010)

F. Pemadatan Tanah

Pemadatan adalah suatu usaha untuk meningkatkan kerapatan tanah dengan cara mengeluarkan udara dari pori-pori tanah. Di lapangan, proses pemadatan dilakukan dengan cara penggilasan, sedangkan di laboratorium pemadatan dilakukan dengan cara ditumbuk sesuai yang distandarkan. Proses pemadatan dangat bergantung pada kadar air. Hasil pemadatan maksimal akan dapat dicapai apabila kadar air berada pada kondisi optimum.

Kerb dan Walker dalam Seta (2006) menyatakan bahwa ukuran kepadatan tanah adalah berat isi kering (γ_d), yaitu perbandingan antara berat butiran tanah dibandingkan dengan volumenya.

Tujuan pemadatan adalah untuk memperbaiki mutu/kualitas tanah, karena :

1. Dapat memperbesar daya dukung tanah, karena sudut gesek dalam tanah bertambah besar dan kohesi (C) bertambah besar pula.
2. Mengurangi permeabilitas
3. Mengurangi *settlement* (penurunan tanah).
4. Mengurangi kembang susut tanah karena ruang pori menjadi sedikit.

G. California Bearing Ratio (CBR)

Metode perencanaan perkerasan jalan yang umum dipakai adalah cara-cara empiris dan yang biasa dikenal adalah cara CBR (*California Bearing Ratio*). Metode ini dikembangkan oleh California State Highway Departement sebagai cara untuk menilai kekuatan tanah dasar jalan (*subgrade*). Istilah CBR menunjukkan suatu perbandingan (ratio) antara beban yang diperlukan untuk menekan piston logam (luas penampang 3 sqinch) ke dalam tanah untuk mencapai penurunan (penetrasi) tertentu dengan beban yang diperlukan pada penekanan piston terhadap material batu pecah di California pada penetrasi yang sama.

California Bearing Ratio (CBR) adalah rasio dari gaya perlawanan penetrasi (*penetration resistance*) dari tanah terhadap penetrasi sebuah piston yang ditekan secara kontinu dengan gaya perlawanan penetrasi serupa pada contoh tanah standard berupa batu pecah di California. Rasio tersebut diambil pada penetrasi 2,5 dan 5,0 mm (0,1 dan 0,2 in) dengan ketentuan angka tertinggi yang digunakan. Gaya perlawanan penetrasi adalah gaya yang diperlukan untuk menahan penetrasi konstan dari suatu piston ke dalam tanah.

CBR merupakan perbandingan antara beban penetrasi suatu bahan terhadap bahan standar dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama. Pengujian ini menggunakan pemadatan standar dan modified. Sebagai Perbandingan, CBR tanah asli pada

pemadatan standar dan *modified* juga dilakukan pengujiannya dengan yang direndam dan tanpa proses perendaman

Harga CBR adalah nilai yang menyatakan kualitas tanah dasar dibandingkan dengan bahan standar berupa batu pecah yang mempunyai nilai CBR sebesar 100 % dalam memikul beban. Sedangkan, nilai CBR yang didapat akan digunakan untuk menentukan tebal lapisan perkerasan yang diperlukan di atas lapisan yang mempunyai nilai CBR tertentu. Untuk menentukan tebal lapis perkerasan dari nilai CBR digunakan grafik-grafik yang dikembangkan untuk berbagai muatan roda kendaraan dengan intensitas lalu lintas.

Berdasarkan cara mendapatkan contoh tanahnya, *California Bearing Ratio (CBR)* dapat dibagi atas :

a. *California Bearing Ratio (CBR)* Lapangan

CBR lapangan disebut juga *CBR in place* atau *field in place* dengan kegunaan sebagai berikut :

- Mendapatkan nilai CBR asli dilapangan sesuai dengan kondisi tanah pada saat itu. Umumnya digunakan untuk perencanaan tebal lapis perkerasan yang lapisan tanah dasarnya sudah tidak akan dipadatkan lagi
- Mengontrol apakah kepadatan yang diperoleh sudah sesuai dengan yang diinginkan. Pemeriksaan ini tidak umum digunakan, metode pemeriksaannya dengan meletakkan piston pada kedalaman dimana nilai CBR akan ditentukan lalu dilakukan penetrasi dengan menggunakan beban yang dilimpahkan melalui gardan truk.

b. *California Bearing Ratio (CBR)* Laboratorium

Tanah dasar pada konstruksi jalan baru dapat berupa tanah asli, tanah timbunan atau tanah galian yang dipadatkan sampai mencapai 95% kepadatan maksimum. Dengan demikian daya dukung tanah dasar merupakan kemampuan lapisan tanah yang memikul beban setelah tanah itu dipadatkan. CBR ini

disebut CBR laboratorium, karena disiapkan di laboratorium. CBR laboratorium dibedakan atas 2 macam, yaitu CBR laboratorium rendaman dan CBR laboratorium tanpa rendaman.

Manfaat dari pengujian CBR adalah untuk menentukan tebal perkerasan secara umum biasanya kekuatan tanah dasar dinyatakan dalam nilai CBR dimana nilai CBR adalah perbandingan kekuatan tanah dasar atau bahan lain yang dipakai untuk pembuatan perkerasan terhadap nilai CBR didapat dari percobaan baik, untuk contoh tanah asli (*undisturbed sample*) maupun contoh tanah yang dipadatkan (*compacted sample*). Kekuatan tanah dasar tentu banyak tergantung pada kadar airnya. Makin tinggi kadar airnya, makin kecil kekuatan CBR dari tanah tersebut.

Kekuatan tanah dasar tentu banyak tergantung pada kadar airnya. Makin tinggi kadar airnya, makin kecil kekuatan CBR dari tanah tersebut. Banyaknya penambahan air dapat dihitung dengan rumus:

$$6000 \times \left(1 - \frac{100+A}{100+B}\right) \quad (1)$$

Dimana:

A = Kadar Air Asli (%)

B = Kadar Air Optimum (%) [Dari Data Kompaksi]

6000 = Jumlah Contoh Tanah (gram)

Penentuan nilai CBR yang biasa digunakan untuk menghitung kekuatan pondasi jalan adalah penetrasi 0,1" dan penetrasi 0,2", yaitu dengan rumus sebagai berikut :

$$CBR = \frac{\text{correctedload}}{\text{standarload}} \times 100$$

(2)

Jadi:

$$CBR_{0,1} = \frac{A}{3000} \times 100\%$$

$$CBR_{0,2} = \frac{A}{4500} \times 100\%$$

Dimana :

A = pembacaan dial pada saat penetrasi 0,1"

B = pembacaan dial pada saat penetrasi 0,2"

H. Kuat Geser Tanah

Kekuatan geser tanah adalah kekuatan tanah untuk melawan pergeseran yang terjadi didalam tanah. Apabila tegangan normal tanah melampaui kuat geser tanah, maka akan terjadi kelongsoran. Kuat geser tanah diperlukan untuk berbagai macam persoalan praktis terutama untuk menghitung daya dukung tanah, tegangan tanah terhadap dinding penahan tanah dan kestabilan lereng.

Seperti material teknik lainnya, tanah mengalami penyusutan volume jika menderita tekanan merata disekelilingnya. Apabila menerima tegangan geser, tanah akan mengalami distorsi dan apabila distorsi yang cukup besar, maka partikel-partikelnya akan terpeleket satu sama lain dan tanah akan dikatakan gagal dalam geser. Dalam hampir semua jenis tanah, daya dukungnya terhadap tegangan tarik sangat kecil atau bahkan tidak mampu sama sekali. Tanah tidak berkoheesi, kekuatan gesernya hanya terletak pada gesekan antara butir tanah saja ($c = 0$), sedangkan pada tanah berkoheesi dalam kondisi jenuh, maka $\phi = 0$ dan $S = c$. Parameter kuat geser tanah diperlukan untuk analisa-analisa daya dukung tanah (*bearing capacity*), tegangan tanah terhadap dinding penahan (*earth pressure*) dan kestabilan lereng (*slope stability*).

Kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan. Dengan dasar seperti ini, bila tanah mengalami pembebanan akan ditahan oleh :

- a. Kohesi tanah yang tergantung pada jenis tanah dan pematatannya, tetapi tidak tergantung dari tegangan vertikal yang bekerja pada gesernya.
- b. Gesekan antara butir-butir tanah yang besarnya berbanding lurus dengan tegangan vertikal pada bidang gesernya.

Salah satu cara untuk mengetahui kuat geser tanah yaitu dengan cara dilakukan percobaan geser langsung (*Direct Shear Test*) yang mempunyai tujuan untuk mengetahui gaya geser dengan tegangan geser langsung, sudut geser dalam dan kohesi tanah. Kuat geser sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain :

1. Tekanan efektif atau tekanan antar butir.
2. Kemampuan partikel atau kerapatan.
3. Saling keterkuncian antar partikel: jadi, partikel-partikel yang bersudut akan lebih saling terkunci dan memiliki kuat geser yang lebih tinggi (ϕ yang lebih besar) daripada partikel-partikel yang bundar seperti pada tebing-tebing.
4. Sementasi partikel, yang terjadi secara alamiah atau buatan.
5. Daya tarik antar partikel atau kohesi.

Kekuatan geser tanah dapat dianggap terdiri dari dua bagian atau komponen, yaitu :

1. Gesekan dalam, yang sebanding dengan tegangan efektif yang bekerja pada bidang geser.
2. Kohesi yang tergantung pada jenis tanah dan kepadatannya tanah pada umumnya digolongkan sebagai berikut :
 - 1) Tanah berkohesi atau berbutir halus (misal lempung)
 - 2) Tanah tidak berkohesi atau berbutir kasar (misal pasir)
 - 3) Tanah berkohesi-gesekan, ada c dan ϕ (misal lanau)

I. Timbunan Tanah

Urugan tanah adalah suatu jenis pekerjaan yang bertujuan untuk memindahkan tanah (padas, merah, atau semi padas) dari satu tempat lokasi (sumber pengambilan tanah) ke tempat lokasi lain yang diinginkan sebanyak yang dibutuhkan agar tercapai bentuk dan ketinggian tanah yang diinginkan, antara lain sektor pertanian (sawah, ladang dan perkebunan), infrastruktur pembangunan (pondasi bangunan) dan kerajinan (gerabah, tembikar, pot, genteng dan batu bata). Dengan memakai acuan perhitungan ritase atau pun m^3 .

Timbunan dapat digunakan sebagai lapis penopang untuk meningkatkan daya dukung tanah dasar, juga digunakan didaerah saluran air dan lokasi serupa, timbunan atau urugan dibagi dalam 2 macam sesuai dengan maksud penggunaannya yaitu :

1. Timbunan biasa, adalah timbunan atau urugan yang digunakan untuk pencapaian elevasi akhir subgrade yang dinyatakan dalam gambar perencanaan tanpa maksud khusus lainnya. Timbunan biasa ini juga digunakan untuk penggantian material existing subgrade yang tidak memenuhi syarat.
 - i. Timbunan yang di klasifikasikan sebagai timbunan biasa harus terdiri dari tanah yang disetujui oleh pengawas yang memenuhi syarat untuk digunakan dalam pekerjaan permanen.
 - ii. Bahan yang tidak termasuk tanah yang plastisitasnya tinggi, yang diklasifikasi sebagai A-7-6 dari persyaratan (AASHTO M 145) atau sebagai CH dalam sistem klasifikasi "*Unified* atau *Casagrande*". Sebagai tambahan, urugan ini harus memiliki CBR yang tak kurang dari 6% bila diuji dengan (AASHTO T 193).
 - iii. Tanah yang pengembangannya tinggi yang memiliki nilai aktif lebih besar dari 1,25 bila di uji dengan (AASHTO T 258), tidak boleh digunakan sebagai bahan timbunan. Nilai aktif diatur sebagai indeks plastisitas (PI) –

(AASHTO T 90) dan presentase ukuran lempung (AASHTO T 88).

2. Timbunan pilihan, adalah timbunan atau urugan yang digunakan untuk pencapaian elevasi akhir subgrade yang disyaratkan dalam gambar perencanaan dengan maksud khusus lainnya, misalnya untuk mengurangi tebal lapisan pondasi bawah, untuk memperkecil gaya lateral tekanan tanah dibelakang dinding penahan tanah talud jalan. Bahan timbunan pilihan harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- a) Timbunan hanya boleh diklasifikasikan sebagai “timbunan pilihan” bila digunakan pada lokasi atau untuk maksud yang telah ditentukan atau disetujui secara tertulis oleh pengawas.
- b) Timbunan yang diklasifikasikan sebagai timbunan pilihan harus terdiri dari bahan tanah berpasir (sandy clay) atau padas yang memenuhi persyaratan dan sebagai tambahan harus memiliki sifat tertentu tergantung maksud penggunaannya. Dalam segala hal, seluruh urugan pilihan harus memiliki CBR paling sedikit 10%, bila diuji sesuai dengan (AASHTO T 193).

Faktor-faktor utama yang harus diperhitungkan dalam desain timbunan adalah :

- a. Stabilitas timbunan.
- b. Daya dukung timbunan.
- c. Penurunan (settlement) timbunan.
- d. Kemampuan melayani lalu-lintas (trafficability).
- e. Faktor lain, terutama permeabilitas.