



---

# Mekanika Tanah untuk Teknik

Erdawaty, Fatmawaty Rachim, Ahmad Utanaka  
Enni Tri Mahyuni, Tri Utomo Taliding, Muh Subri Basri  
Wahyu Satyaning Budhi, Mursalim, Mahyuddin



---

# Mekanika Tanah untuk Teknik

## UU 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

### Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

### Pembatasan Perlindungan Pasal 26

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- a. penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- b. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- c. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- d. penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

### Sanksi Pelanggaran Pasal 113

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).

# **Mekanika Tanah untuk Teknik**

Erdawaty, Fatmawaty Rachim, Ahmad Utanaka  
Enni Tri Mahyuni, Tri Utomo Taliding, Muh Subri Basri  
Wahyu Satyaning Budhi, Mursalim, Mahyuddin



Penerbit Yayasan Kita Menulis

# Mekanika Tanah untuk Teknik

Copyright © Yayasan Kita Menulis, 2024

Penulis:

Erdawaty, Fatmawaty Rachim, Ahmad Utanaka  
Enni Tri Mahyuni, Tri Utomo Taliding, Muh Subri Basri  
Wahyu Satyaning Budhi, Mursalim, Mahyuddin

Editor: Matias Julyus Fika Sirait

Desain Sampul: Devy Dian Pratama, S.Kom.

Penerbit

Yayasan Kita Menulis

Web: [kitamenulis.id](http://kitamenulis.id)

e-mail: [press@kitamenulis.id](mailto:press@kitamenulis.id)

WA: 0821-6453-7176

IKAPI: 044/SUT/2021

Erdawaty., dkk.

Mekanika Tanah untuk Teknik

Yayasan Kita Menulis, 2024

xvi; 178 hlm; 16 x 23 cm

ISBN: 978-623-113-309-0

Cetakan 1, Mei 2024

I. Mekanika Tanah untuk Teknik

II. Yayasan Kita Menulis

## Katalog Dalam Terbitan

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak maupun mengedarkan buku tanpa  
izin tertulis dari penerbit maupun penulis

# Kata Pengantar

Puji dan syukur kami panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena telah menyelesaikan Buku Mekanika Tanah Untuk Teknik ini tepat waktu dan tanpa kendala yang berarti. Tujuan disusunnya buku ini adalah untuk membantu pembaca lebih memahami konsep Dasar Mekanika Tanah dan Manfaat dalam Bidang Teknik.

Buku ini membahas :

Bab 1 Pengertian Mekanika Tanah

Bab 2 Konsep Dasar Mekanika Tanah

Bab 3 Sifat-sifat Tanah

Bab 4 Klasifikasi Tanah

Bab 5 Interaksi Tanah dan Air

Bab 6 Kuat Geser Tanah

Bab 7 Pengujian Laboratorium Mekanika Tanah

Bab 8 Penerapan Rekayasa Geoteknik

Bab 9 Mekanika Tanah

Keberhasilan penulisan buku ini tentunya bukan karena usaha penulis sendiri, melainkan banyak pihak yang telah membantu dan mendukung keberhasilan penulisan buku ini. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan moril dan materil demi keberhasilan penyusunan buku ini.

Buku yang disajikan kepada pembaca tentu tidak bisa menghindari kesalahan. Selalu ada cara untuk menjadi lebih baik. Oleh karena itu, kami sangat menantikan kritik, saran, dan komentar dari para pembaca dan kami sangat terbuka menerimanya demi kesempurnaan dan kelengkapan buku ini.

Sistematika penyusunan buku ini diharapkan dapat membantu pembaca lebih mudah memahami Mekanika Tanah. Akhir kata, kami mengucapkan terima kasih dan penghargaan kepada tim redaksi dan penanggung jawab sumber daya sehingga buku ini dapat terselesaikan dengan sukses. Perbaikan dan perubahan pada buku ini di masa depan selalu terbuka dan memungkinkan seiring dengan perkembangan situasi, kebijakan dan peraturan. Harapannya, buku ini dapat memberi manfaat bagi para pembaca dalam memahami buku dasar mekanika tanah sebagai acuan dalam memahami konsep mekanika tanah untuk teknik.

Medan, Mei 2024

Tim Penulis

# Daftar Isi

Kata Pengantar .....	v
Daftar Isi .....	vii
Daftar Gambar .....	xi
Daftar Tabel.....	xv

## **Bab 1 Pengertian Mekanika Tanah**

1.1 Pengertian Tanah .....	1
1.2 Siklus Batuan .....	7
1.3 Transportasi dari Produk-produk Pelapukan .....	10

## **Bab 2 Konsep Dasar Mekanika Tanah**

2.1 Pendahuluan.....	13
2.2 Mekanika Tanah .....	14
2.3 Klasifikasi Tanah.....	17
2.3.1 Pengertian Umum.....	17
2.3.2 Metode Klasifikasi Tanah .....	18
2.3.3 Klasifikasi Berdasarkan Butir Tanah (Metode Umum) .....	19
2.3.4 Klasifikasi Tanah di Lapangan.....	21
2.3.5 Metode Klasifikasi USDA .....	22
2.3.6 Metode Klasifikasi USCS .....	23
2.3.7 Metode Klasifikasi AASTHO .....	25
2.3.8 Metode Klasifikasi FAO/UNESCO.....	30
2.3.9 Metode Klasifikasi BSCS .....	30
2.3.10 Metode Klasifikasi Tanah Ekspansif .....	32

## **Bab 3 Sifat-sifat Tanah**

3.1 Sifat Fisik Tanah.....	35
3.1.1 Tekstur Tanah .....	35
3.1.2 Struktur tanah.....	36
3.1.3 Konsistensi tanah.....	37
3.1.4 Warna tanah .....	37
3.1.5 Bulk Density .....	38
3.1.6 Porositas .....	39
3.2 Sifat Mekanik Tanah.....	40

3.2.1 Permeabilitas.....	40
3.2.2 Kekakuan Tanah (Soil stiffness).....	42
3.2.3 Kekuatan Tanah (Soil strength).....	43
<b>Bab 4 Klasifikasi Tanah</b>	
4.1 Pendahuluan .....	45
4.2 Sistem Klasifikasi Tanah Secara Alami (Natural System Of Soil Classification) .....	47
4.2.1 Klasifikasi USDA Berdasarkan Tekstur Tanah.....	48
4.2.2 Klasifikasi USDA Terhadap Taksonomi Tanah (Soil Taxonomy).....	49
4.2.3 Klasifikasi USDA Berdasarkan Kelompok Tanah Hidrologi Jasa Konservasi Sumber Daya Alam .....	53
4.3 Sistem American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).....	55
4.4 Sistem Unified Soil Classification System (USCS).....	59
4.4.1 Unified Soil Classification System (USCS) dan Bagan Simbol....	61
<b>Bab 5 Interaksi Tanah dan Air</b>	
5.1 Pendahuluan .....	65
5.1.1 Akuifer .....	66
5.1.2 Air Artesis .....	67
5.1.3 Erosi Air Tanah .....	68
5.1.4 Pengukuran Kecepatan Air Tanah .....	68
5.2 Komposisi Air Tanah .....	69
5.3 Infiltrasi dan Perkolasi.....	70
5.4 Air Kapiler .....	78
5.5 Permeabilitas.....	80
5.5.1 Hukum Bernoulli.....	81
5.5.2 Hukum Darcy .....	84
5.6 Rembesan (Seepage).....	85
5.7 Gaya Rembesan.....	89
5.8 Pengaruh Gaya Rembesan Terhadap Stabilitas Tanah.....	91
<b>Bab 6 Kuat Geser Tanah</b>	
6.1 Umum.....	93
6.2 Uji Kekuatan Geser Tanah.....	96
6.2.1 Direct Shear Test.....	96
6.2.2 Trial Test.....	97
6.3 Sudut Keruntuhan Pasir .....	101

6.4 Perilaku Pasir Jenuh Selama Geser Drain.....	102
6.5 Perilaku Pasir Jenuh selama Geser di Bawah.....	105
6.6 Faktor-faktor yang Memengaruhi Kekuatan Geser Pasir.....	107

## **Bab 7 Pengujian Laboratorium Mekanika Tanah**

7.1 Pendahuluan.....	111
7.2 Uji Berat Jenis Tanah .....	112
7.3 Uji Kadar Air .....	114
7.4 Uji Berat Volume Tanah.....	114
7.5 Uji Batas Atterberg.....	115
7.6 Uji Ukuran Butiran.....	118
7.7 Uji Pemadatan Tanah .....	120
7.8 Uji CBR Laboratorium .....	121
7.9 Uji Permeabilitas .....	122
7.10 Uji Konsolidasi .....	124
7.11 Uji Kuat Geser .....	126

## **Bab 8 Penerapan Rekayasa Geoteknik**

8.1 Pendahuluan.....	129
8.2 Manfaat dan Ruang Lingkup Rekayasa Geoteknik .....	130
8.2.1 Manfaat Rekayasa Geoteknik .....	130
8.2.2 Ruang Lingkup Rekayasa Geoteknik .....	131
8.3 Rekayasa Geoteknik Dalam Desain Pondasi .....	131
8.4 Rekayasa Geoteknik dalam Kestabilan Lereng.....	135
8.4.1 Penyebab Longsor .....	135
8.4.2 Alternatif Metode Penanganan Longsor .....	137
8.5 Rekayasa Geoteknik dalam Perbaikan Tanah (Soil Improvement).....	138
8.5.1 Perbaikan Tanah untuk Stabilisasi Lereng atau Jalan .....	138
8.5.2 Stabilisasi atau Perkuatan Tanah (soil improvement) dengan menggunakan Semen untuk Pekerjaan Jalan .....	139

## **Bab 9 Mekanika Tanah**

9.1 Permasalahan Tanah Dalam Ilmu Teknik .....	143
9.2 Perkembangan Dalam Ilmu Mekanika Tanah.....	146
9.3 Tantangan Dalam Ilmu Mekanika Tanah.....	150

Daftar Pustaka .....	155
Biodata Penulis .....	173



# Daftar Gambar

Gambar 2.1:	Tahapan Diskripsi Tanah Dengan Sistem AASHTO .....	29
Gambar 3.1:	Segitiga Tekstur Tanah USDA .....	36
Gambar 3.2:	Bentuk dasar gabungan partikel utama tanah .....	36
Gambar 3.3:	Soil Munsell color chart .....	38
Gambar 3.4:	Ilustrasi permeabilitas .....	40
Gambar 3.5:	Hubungan kekakuan tanah dan gaya geser berdasarkan uji laboratorium .....	43
Gambar 3.6:	Kegagalan daya dukung tanah menyebabkan kemiringan bangunan .....	44
Gambar 3.7:	Tanah yang mengalami kegagalan lereng (kelongsoran) ..	44
Gambar 3.8:	Kegagalan dinding penahan pada ruas Jalan Raya Gubeng Surabaya .....	44
Gambar 4.1:	Soil Texture Triangle dalam mengklasifikasikan tanah.....	49
Gambar 4.2:	Ordo Tanah.....	50
Gambar 4.3:	Gambar yang menunjukkan hubungan antara kelompok hidrologi tanah dan tekstur tanah.....	54
Gambar 4.4:	Kisaran LL dan PI untuk grup A-2, A-4, A-5, A-6 dan A-7 ..	56
Gambar 4.5:	Material Tanah Berbutir Kasar .....	61
Gambar 4.6:	Material Tanah Berbutir Halus .....	62
Gambar 4.7:	Grafik Batas Plastik .....	63
Gambar 5.1:	Gambaran kondisi air artesis.....	67
Gambar 5.2:	Ampere meter (ammeter) Slichter.....	69
Gambar 5.3:	Struktur Lapisan Tanah dan Proses Precipitation .....	71
Gambar 5.4:	Infiltrasi pada Lapisan Tanah.....	72
Gambar 5.5:	Keadaan aliran air tanah terhadap tekanan, elevasi, dan tinggi total energi. ....	83
Gambar 5.6:	Bidang Rembesan Air Tanah.....	86
Gambar 5.7:	Rembesan antara dua garis aliran .....	88
Gambar 5.8:	Garis aliran dan garis ekipontensial.....	89
Gambar 5.9:	Ilustrasi gaya rembesan (a) Tanpa rembesan, (b) Rembesan ke atas dan, (c) Rembesan ke bawah. ....	91

Gambar 5.10:	Ilustrasi tekanan hidrodinamik oleh adanya rembesan .....	92
Gambar 6.1:	Diagram Mohr.....	97
Gambar 6.2:	Uji Triaksial.....	98
Gambar 6.3:	Diagram skematik untuk (a) uji silinder kosong; (b) uji regangan biasa; (c) uji geser triaksial atau kubus sejati.....	100
Gambar 6.4:	Diagram skematis dari (8) torsional atau ing shear: 0) direct 'Spe shear apparatus.....	100
Gambar 6.5:	Gundukan Bukit Pasir .....	101
Gambar 6.6:	Uji triaksial drain terkonsolidasi dengan pengukuran perubahan volume.....	103
Gambar 6.7:	Uji triaksial pada losa dan apecimen padat pasir tipikal (a) kurva tegangan regangan (b) perubahan rasio void selama geser .....	104
Gambar 6.8:	Lingkaran Mohr untuk uji kompresi triaksial tak terdrainase dan terdrainase: (a) kasus di mana $03, > 03$ crx; (b) Kasus di mana $93. < 05$ cr.....	106
Gambar 6.9:	Lingkaran mohr dan selubung keruntuhan dari uji triaksial terdrainase, yang mengilustrasikan efek rasio rongga atau kepadatan relatif terhadap kekuatan geser .....	108
Gambar 6.10:	Korelasi antara sudut gesekan efektif dalam kompresi triaksial dan kepadatan kering, dan klasifikasi tanah .....	109
Gambar 7.1:	Pengujian berat jenis tanah menggunakan metode piknometer	113
Gambar 7.2:	(a) Uji Batas Cair, (b) Uji Batas Plastis, (c) Uji Batas Susut .....	117
Gambar 7.3:	(a) Penuangan sampel tanah ke atas saringan, (b) Proses pengayakan .....	118
Gambar 7.4:	Hidrometer .....	119
Gambar 7.5:	Kurva pemadatan tanah Uji Proctor Standar dan Modifikasi	121
Gambar 7.6:	Contoh hasil analisis CBR pada beberapa lokasi yang berbeda	122
Gambar 7.7:	Pengukuran volume air terhadap waktu pada pengujian constant head .....	123
Gambar 7.8:	Uji falling head permeabilitas .....	124
Gambar 7.9:	Diagram Skema Konsolidometer .....	125
Gambar 7.10:	Sampel tanah pada wadah uji geser langsung .....	126
Gambar 7.11:	Hasil uji geser langsung pada pasir lepas, sedang, dan padat	127

---

Gambar 7.12:	Hasil uji tekan bebas secara umum untuk mengetahui modulus elastisitas tanah .....	127
Gambar 7.13:	Pengaturan umum spesimen tanah di dalam sel triaksial ....	128
Gambar 8.1:	a). Pondasi Tiang Pancang, b). Pondasi Bore Pile, c). Pondasi Piers .....	133
Gambar 8.2:	a). Pondasi Tapak, b). Pondasi Umpak, c). Pondasi Rakit, d) Pondasi sumuran .....	134
Gambar 8.3:	Penyebab terjadinya longsor .....	135
Gambar 8.4:	Proses terjadinya longsor .....	137
Gambar 8.5:	Contoh penanganan kuratif (Penanganan abiom/bronjong)	137
Gambar 8.6:	Contoh penanganan preventif (Barisan vetiver).....	138
Gambar 8.7:	Jenis jenis metode perbaikan tanah .....	139
Gambar 8.8:	Penghamparan tanah.....	140
Gambar 8.9:	Penyebaran semen .....	141
Gambar 8.10:	Pemadatan awal .....	141
Gambar 8.11:	Pemadatan akhir.....	141
Gambar 8.12:	Permukaan jalan stabilisasi tanah dengan semen .....	142



## Daftar Tabel

Tabel 2.1: Analisis pH tanah awal dan akhir pertumbuhan .....	
Tabel 2.2: Analisis C-Organik Tanah dan N-Total awal dan akhir pertumbuhan .....	21
Tabel 2.3: Analisis C/N Rasio dan P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm) diawal dan akhir pertumbuhan .....	22
Tabel 2.4: Analisis K <sub>2</sub> O dan KTK tanah awal dan akhir pertumbuhan ...	23
Tabel 2.5: Keanekaragaman dan aktivitas organisme di dalam tanah .....	25
Tabel 2.6: Keanekaragaman jamur patogen serangga pada lahan agroforestri pinus-kopi .....	26
Tabel 2.7: Isolat yang ditemukan untuk pengendalian rayap .....	27
Tabel 3.1: Tipe nutrisi mikroba yang digunakan sebagai sumber energi dan sumber karbon untuk metabolismenya .....	32
Tabel 6.1: Kriteria Nitrogen dalam Tanah.....	84
Tabel 7.1: Beberapa Contoh Asosiasi Spesies Rhizobium dengan Tanaman Legume.....	89
Tabel 8.1: Pengaruh MPF pada cekaman abiotic, aplikasi MPF untuk meningkatkan kinerja tanaman.....	101
Tabel 9.1: Mikroorganisme Menghasilkan Berbagai Asam Organik yang Melarutkan Kalium yang Tidak Larut menjadi Kalium yang Larut .....	112



## **Bab 2**

# **Konsep Dasar Mekanika Tanah**

## **2.1 Pendahuluan**

Tanah terbentuk berlapis-lapis karena proses fisik, kimia, dan biologi yang meliputi transformasi bahan tanah. Di kalangan Insinyur Sipil, membagi materi penyusun kerak bumi atas dua jenis, yakni “tanah” dan “batuan”. Tanah adalah kumpulan butiran mineral alami (agregat) yang bisa dipisahkan oleh suatu cara mekanis bila agregat tersebut diaduk dalam air. Sedangkan batuan adalah agregat yang mineralnya satu sama lain diikat oleh gaya-gaya kohesif yang permanen dan kuat, dan tidak bisa dipisahkan dengan cara mekanis sederhana. Akan tetapi di kalangan Insinyur Geologi istilah “batuan” dimaksudkan untuk semua materi penyusun kerak bumi tanpa mempersoalkan derajat keterikatan partikel-partikel mineralnya (batu, tanah, air). Dan yang dimaksudkan oleh para ahli geologi sebagai “tanah” hanyalah bagian kerak bumi yang menopang tumbuhan. Sedangkan menurut ahli pertanian bahwa yang dimaksud dengan tanah adalah medium alam tempat tumbuhnya tumbuhan dan tanaman yang tersusun dari bahan-bahan padat, gas dan cair.

Sedangkan istilah tanah residual (residual soil) dan tanah terangkut (transported soil), digunakan untuk menggambarkan tempat tanah dan asal terjadinya proses pelapukan. Partikel material tanah dapat bervariasi antara lebih besar dari 100 mm sampai yang berukuran lebih kecil dari 0,001 mm.

Interval ukuran butiran masing-masing jenis tanah akan diuraikan lebih lanjut pada pembahasan klasifikasi tanah.

Mekanika tanah pada dasarnya merupakan studi tentang tanah dan propertinya sehubungan dengan tujuan konstruksi. Mekanika tanah adalah disiplin teknik sipil yang memprediksi karakteristik kinerja tanah, dengan menggunakan teknik statika, teknik dinamika, mekanika fluida, dan teknologi lainnya. Mekanika tanah meliputi studi komposisi tanah, kekuatan, konsolidasi, dan penggunaan prinsip hidrolis, untuk menangani masalah yang menyangkut sedimen dan endapan lainnya.

## 2.2 Mekanika Tanah

Tanah terbentuk berlapis-lapis karena proses fisik, kimia, dan biologi yang meliputi transformasi bahan tanah. Di kalangan Insinyur Sipil, membagi materi penyusun kerak bumi atas dua jenis, yakni “tanah” dan “batuan”. Tanah adalah kumpulan butiran mineral alami (agregat) yang bisa dipisahkan oleh suatu cara mekanis bila agregat tersebut diaduk dalam air. Sedangkan batuan adalah agregat yang mineralnya satu sama lain diikat oleh gaya-gaya kohesif yang permanen dan kuat, dan tidak bisa dipisahkan dengan cara mekanis sederhana. Akan tetapi di kalangan Insinyur Geologi istilah “batuan” dimaksudkan untuk semua materi penyusun kerak bumi tanpa mempersoalkan derajat keterikatan partikel-partikel mineralnya (batu, tanah, air). Dan yang dimaksudkan oleh para ahli geologi sebagai “tanah” hanyalah bagian kerak bumi yang menopang tumbuhan. Sedangkan menurut ahli pertanian bahwa yang dimaksud dengan tanah adalah medium alam tempat tumbuhnya tumbuhan dan tanaman yang tersusun dari bahanbahan padat, gas dan cair.

Dalam buku ini batasan pengertian tentang tanah, menggunakan kriteria yang dipahami di dalam bidang ilmu teknik sipil. Istilah pasir (sand), lempung (clay), lanau (silt), dan lumpur (mud), digunakan untuk menggambarkan ukuran partikel pada batasan ukuran butiran yang telah ditentukan, sekaligus digunakan untuk menjelaskan sifat fisis tanah. Contohnya, tanah lempung adalah jenis tanah yang bersifat plastis dan kohesif, sedangkan pasir adalah jenis tanah yang tidak plastis dan tidak kohesif (non-kohesif). Akan tetapi hampir tidak ada tanah di alam yang hanya terdiri atas satu macam ukuran partikel saja, melainkan tanah merupakan pencampuran dari beberapa konsistensi partikel tanah.

Sedangkan istilah tanah residual (residual soil) dan tanah terangkut (transported soil), digunakan untuk menggambarkan tempat tanah dan asal terjadinya proses pelapukan. Partikel material tanah dapat bervariasi antara lebih besar dari 100 mm sampai yang berukuran lebih kecil dari 0,001 mm. Interval ukuran butiran masing-masing jenis tanah akan diuraikan lebih lanjut pada pembahasan klasifikasi tanah.

Mekanika tanah pada dasarnya merupakan studi tentang tanah dan propertinya sehubungan dengan tujuan konstruksi. Mekanika tanah adalah disiplin teknik sipil yang memprediksi karakteristik kinerja tanah, dengan menggunakan teknik statika, teknik dinamika, mekanika fluida, dan teknologi lainnya. Mekanika tanah meliputi studi komposisi tanah, kekuatan, konsolidasi, dan penggunaan prinsip hidrolik, untuk menangani masalah yang menyangkut sedimen dan endapan lainnya. Dalam pengertian teknik secara umum, tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasikan (terikat secara kimia) satu sama lain 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.

Tanah adalah kombinasi mineral dan unsur organik yang berbentuk padat, gas, dan berair. Tanah terdiri dari lapisan partikel yang berbeda dari bahan aslinya dalam sifat fisik, mineralogi, dan kimia, karena interaksi antara atmosfer dan hidrosfer atau sebab lainnya. Partikel tanah terbentuk dari batuan yang pecah yang telah berubah karena efek kimia dan lingkungan, termasuk cuaca dan erosi. Partikel tanah tersusun secara longgar, menciptakan formasi tanah yang terdiri dari ruang pori. Mempelajari mode pembentukan tanah sangat penting karena membantu dalam menentukan sifat tanah.

Tanah terdiri dari berbagai fase padat, cair, dan gas, di mana karakteristiknya bergantung pada perilaku fase interaksi ini, dan pada tegangan yang diterimanya. Fase padat meliputi tanah liat, mineral non-tanah liat, dan bahan organik. Unsur-unsur ini dikategorikan menurut ukurannya seperti tanah liat, pasir, dan kerikil. Fase cair terdiri dari air yang mengandung senyawa organik yang tersedia dari tumpahan kimiawi, limbah, dan air tanah, sedangkan fase gas biasanya udara. Ukuran, bentuk, sifat kimia, kemampuan kompresibilitas, dan daya dukung muatan partikel tanah ditentukan oleh mineralogi tanah, yang merupakan ilmu yang terkait dengan kimia, struktur, dan sifat fisik mineral.

Konsolidasi tanah juga merupakan faktor penting yang perlu dipelajari untuk membuat struktur yang kuat dan tahan lama. Konsolidasi adalah prosedur yang menurutnya volume tanah berkurang, oleh penerapan tekanan karena partikel tanah digabungkan secara rapat, sehingga menurunkan volume. Dengan pemindahan tekanan, tanah akan terpentak kembali dan memulihkan sebagian volume yang hilang selama proses konsolidasi. Sementara mempelajari konsolidasi, faktor penting yang harus dianalisis adalah tingkat konsolidasi dan jumlah konsolidasi. Faktor penting lainnya adalah permeabilitas tanah. Semua faktor terkait erat satu sama lain dan mempengaruhi keseluruhan desain dan proses konstruksi. Misalnya, jika strukturnya dibangun di atas tanah dengan butiran halus yang memiliki permeabilitas rendah, aliran air melalui rongga tanah akan berkurang. Kandungan air yang besar di tanah ini dapat menyebabkan struktur meresap karena beratnya. Proses konsolidasi di tanah berbutir halus ini lambat. Namun, ekstraksi air pori sederhana di tanah berbutir kasar karena bergerak bebas di dalam wilayah. Tingkat konsolidasi akan dipengaruhi oleh sejarah tanah, sifat tanah, dan beban pada tanah. Dengan demikian semua faktor seperti permeabilitas kadar air, konsolidasi, batas cair dianalisis secara kolektif. Studi mekanika tanah dapat juga digunakan untuk menentukan tekanan tanah lateral, daya dukung tanah, dan analisis stabilitas lereng.

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.

1. Kerikil (gravel), yaitu kepingan bantuan 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).

## 2.3 Klasifikasi Tanah

### 2.3.1 Pengertian Umum

Klasifikasi tanah adalah ilmu yang berhubungan dengan kategorisasi tanah berdasarkan karakteristik yang membedakan masing-masing jenis tanah. Klasifikasi tanah merupakan sebuah subjek yang dinamis yang mempelajari struktur dari sistem klasifikasi tanah, definisi dari kelas-kelas yang digunakan untuk penggolongan tanah, kriteria yang menentukan penggolongan tanah, hingga penerapannya di lapangan. Deskripsi maupun klasifikasi tanah dimaksudkan untuk memberikan keterangan mengenai sifat-sifat teknis dari tanah itu sendiri, sehingga untuk tanah-tanah tertentu dapat diberikan nama dan istilah-istilah yang tepat sesuai dengan sifatnya. Klasifikasi tanah menggambarkan karakteristik mekanis dari tanah, juga menentukan kualitas tanah untuk tujuan perencanaan maupun dalam pelaksanaan suatu konstruksi.

Sistem klasifikasi yang dipakai dalam Mekanika Tanah dimaksudkan untuk memberikan keterangan mengenai sifat-sifat teknis dari bahan-bahan itu dengan cara yang sama seperti halnya pernyataan-pernyataan secara geologis yang dimaksudkan memberikan keterangan mengenai asal geologis dari bahan-bahan itu. Metode-metode klasifikasi ini tidak boleh dicampur-baur, walaupun diperbolehkan untuk melampirkan keterangan geologis pada akhir dari keterangan Mekanika 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 bukan merupakan sistem identifikasi untuk menentukan sifat-sifat mekanis dan geoteknis tanah. Karenanya, klasifikasi tanah bukanlah satu-satunya cara yang digunakan sebagai dasar untuk perencanaan dan perancangan konstruksi. Klasifikasi tanah sangat membantu perencana dalam memberikan pengarahan melalui cara empiris yang tersedia dari hasil pengalaman yang telah lalu. Tetapi, perencana harus berhati-hati dalam penerapannya karena penyelesaian masalah stabilitas, kompresi (penurunan), aliran air yang didasarkan pada klasifikasi tanah sering menimbulkan kesalahan yang signifikan (Lambe, 1979).

Kebanyakan klasifikasi tanah menggunakan indeks tipe pengujian yang sangat sederhana untuk memperoleh karakteristik tanah. Karakteristik tersebut digunakan untuk menentukan kelompok atau klasifikasi tanah. Umumnya klasifikasi tanah didasarkan atas ukuran partikel yang diperoleh dari analisis saringan (dan atau uji sedimentasi) serta plastisitas.

Dari sudut pandangan teknis, secara umum tanahtanah ini dapat digolongkan ke dalam kelas/macam pokok sebagai berikut:

1. Batu Kerikil (gravel)
2. P a s i r (Sand)
3. L a n a u (Silt)
4. Lempung (Clay):
  - a. Lempung anorganik (anorganic clay)
  - b. Lempung organik (organic clay)

Golongan Batu Kerikil dan Pasir seringkali dikenal sebagai kelas bahan-bahan yang berbutir kasar atau bahan-bahan tidak kohesif (non cohesive soils). Sedangkan golongan Lanau dan Lempung dikenal sebagai kelas bahan-bahan yang berbutir halus atau bahan-bahan yang kohesif (cohesive soils).

### 2.3.2 Metode Klasifikasi Tanah

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 umum di mana 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 (Bowles, 1989). Klasifikasi tanah dapat dilakukan secara sistematik yang didasarkan pada hasil-hasil percobaan laboratorium atau dilakukan secara visual. Dalam kedua cara ini, prinsip-prinsipnya sama, dan akan menghasilkan deskripsi atau klasifikasi yang sama pula.

Insinyur geoteknik umumnya mengklasifikasikan tanah berdasarkan karakteristik teknisnya dan hubungannya dalam membangun pondasi dan bangunan di atasnya. Sistem klasifikasi modern didesain untuk memudahkan perkiraan sifat dan perilaku tanah berdasarkan observasi di lapangan. Klasifikasi keteknikan yang paling banyak digunakan adalah klasifikasi

*Unified Soil Classification System (USCS)*. Klasifikasi USCS memiliki tiga kelompok utama, yaitu tanah dengan ukuran partikel kasar (mengandung pasir dan kerikil), partikel halus (tanah lempung dan liat), dan tanah dengan kadar organik tinggi (misal tanah gambut). Sistem tanah untuk keteknikan lainnya yaitu AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials).

Klasifikasi tanah secara menyeluruh membutuhkan banyak data yang terdiri dari warna, kadar air, kekuatan tekan, dan sifat-sifat lainnya. Terdapat beberapa sistem klasifikasi tanah yang dapat digunakan sebagai pedoman dalam mendeskripsi tanah. Sistem-sistem tersebut antara lain:

1. Metode Umum (General Method)
2. AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials).
3. USCS (Unified Soil Classification System)
4. USDA (United States Department of Agriculture)
5. Sistem Klasifikasi Tanah Nasional (Dudal & Soepraptohardjo, 1957; Soepraptohardjo, 1961),
6. Sistem FAO/UNESCO.
7. BSCS (British Soil Classification System)

### 2.3.3 Klasifikasi Berdasarkan Butir Tanah (Metode Umum)

Sifat-sifat tanah sedikit banyaknya selalu tergantung pada ukuran butir-butirnya dan ini dipakai sebagai titik tolak untuk penentuan klasifikasiteknis dari tanah. Berdasarkan hal ini, tanah dibagi sebagai berikut:

**Tabel 2.1:** Pembagian Jenis Tanah Berdasarkan Ukuran Butir

Jenis Tanah	Batasan Ukuran Butir
Berangkal (Boulder)	>8 inci (20 cm)
Kerakal (Cobblestone)	3 inci-8 inci (8 – 20 cm)
Batu Kerikil (Gravel)	2 mm-3 inci (2 mm – 8 cm)
Pasir Kasar (Course Sand)	0,6 mm-2 mm
Pasir Sedang (Medium Sand)	0,2 mm-0,6 mm
Pasir Halus (Fine Sand)	0,06 mm-0,2 mm
Lanau (Silt)	0,002 mm-0,06 mm
Lempung (Clay)	< 0,002 mm

Untuk tanah-tanah yang berbutir kasar, maka sifatsifatnya sangat tergantung pada ukuran butirnya, sehingga distribusi ukuran butir-butir itu adalah satu-satunya sifat yang dipakai untuk mengklasifikasikan tanah-tanah granuler. Akan tetapi lain halnya dengan tanah berbutir halus. Pada tanah-tanah yang berbutir halus diketahui bahwa tidak ada hubungan langsung antara sifat-sifatnya dengan ukuran butir-butirnya.

Karena itu, untuk menyatakan sifat-sifat dan mengklasifikasikannya dipakai metoda-metoda lain, yaitu terutama dengan percobaan Batas Atterberg dan/atau percobaan Dilatasi. Dengan kata lain, apabila sudah jelas diketahui bahwa butir-butir tanah tertentu seluruhnya lebih halus dari 0,08 mm, maka tidak perlu lagi mengukur lebih lanjut ukuran butir-butirnya, untuk menentukan apakah tanah itu lanau atau lempung. Penentuannya dilakukan atas dasar hasil-hasil percobaan-percobaan Batas Atterberg atau Dilatasi. Adalah penting untuk diketahui perbedaan antara istilah “lempung” dan “fraksi lempung” atau “lanau” dengan “fraksi lanau”.

Lempung ; adalah suatu istilah yang dipakai untuk menyatakan tanah yang berbutir halus yang bersifat seperti lempung, yaitu memiliki sifat kohesi, plastisitas, dan tidak memperlihatkan sifat dilatasi, serta tidak mengandung jumlah bahan kasar yang berarti. Fraksi lempung ; menunjukkan bagian berat butir-butir dari tanah yang lebih halus dari 0,002 mm.

Lanau ; adalah suatu istilah yang dipakai untuk menyatakan tanah yang berbutir halus namun lebih kasar dari butiran lempung, yang sedikit memiliki sifat kohesi, dan tidak memiliki sifat plastisitas. Fraksi lanau ; adalah bagian berat bahan antara 0,002-0,06 mm.

Dalam banyak hal, tanah itu terdiri dari ukuran-ukuran butir yang meliputi beberapa macam ukuran tersebut di atas. Untuk menyatakannya dipakai istilah seperti ; kerikil kepasiran yaitu terutama terdiri dari batu kerikil, tetapi ada mengandung sejumlah pasir; pasir kelanauan yaitu lebih banyak mengandung pasir, tetapi juga ada mengandung sejumlah lanau; dan lain sebagainya.

Misalnya:

1. Kerikil Kepasiran, suatu bahan yang hampir seluruhnya terdiri dari kerikil, tetapi ada mengandung sejumlah pasir.
2. Pasir Kelempungan, suatu bahan yang hampir seluruhnya terdiri dari pasir, tetapi ada mengandung sejumlah lempung.

### 2.3.4 Klasifikasi Tanah di Lapangan

Untuk mengklasifikasi tanah dari hasil pengeboran di lapangan biasanya didasarkan pada cara visual. Metode deskripsi dan klasifikasi tanah yang berdasarkan parameter laboratorium hanya dapat dilakukan setelah dilakukan pengujian. Adalah sangat penting bahwasanya keterangan-keterangan perlu diberikan untuk mendeskripsikan contoh-contoh asli, terutama pada waktu memotong dan mengambil contoh-contoh tersebut dari lubang bor.

Keterangan-keterangan tambahan yang harus ditambahkan pada deskripsi itu adalah sebagai berikut:

#### 1. Pasir dan Kerikil

Sifat tanah ditempat yang paling penting adalah kepadatan atau derajat pemadatan. Istilah-istilah lepas, kepadatan sedang, padat dan sangat padat, dipakai untuk menyatakan sifat-sifat ini. Sebagai tambahan beberapa pasir dan kerikil mempunyai lapisan yang nyata, atau mengandung daerah-daerah lempung, atau potongan-potongan akar. Hal-hal demikian harus dicatat.

#### 2. Lanau dan Lempung

Sifat setempat yang paling penting adalah kekuatannya (atau keadaan wujudnya), dan istilah-istilah yang dipakai untuk menerangkannya, sesuai dengan kekuatan yang bersangkutan, seperti ; stiff clay, hard clay, soft clay, very soft clay, dan lain sebagainya. Disamping tingkat kekuatan ini, harus pula diberikan keterangan mengenai struktur bahan, terutama mengenai apakah homogen, berlapis-lapis, berongga dan sebagainya.

Urutan yang baik untuk menerangkan tanah asli, sebagai berikut:

Nama Bahan/Kekuatan atau Kepadatan/Warna/

Keterangan

Contoh-contoh deskripsi yang khas adalah sebagai berikut:

1. LANAU ; lunak, biru pucat mengandung jalur-jalur bahan organik.
2. PASIR ; rapat, abu-abu tua, hanya pasir halus dan ukuran sedang, homogen, kadang-kadang disana-sini terdapat kulit kerang.

### 2.3.5 Metode Klasifikasi USDA

Pada tahun 1960, *United State Department of Agriculture* (USDA) memperkenalkan sistem klasifikasi tanah yang baru yang disebut *Comprehensive System* atau *Soil Taxonomy*. Sistem klasifikasi tanah ini lebih banyak menekankan pada morfologi dan kurang menekankan pada faktor-faktor pembentuk tanah.

Sistem klasifikasi tanah berdasarkan tekstur tanah, distribusi ukuran butir dan plastisitas tanah menurut USDA, adalah:

1. Pasir: ukuran butiran antara 2,0 – 0,05 mm
2. Lanau: ukuran butiran 0,05– 0,002 mm.
3. Lempung: ukuran butiran < 0,002 mm

Soil Taxonomy (USDA, 1975) menggunakan 6 kategori yaitu ordo, sub ordo, great group, sub group, family dan seri.

1. Ordodot tanah ; dibedakan berdasarkan ada tidaknya horizon penciri serta jenis (sifat) dari horizon penciri tersebut.
2. Sub-ordodot tanah ; dibedakan berdasarkan perbedaan genetik tanah, misalnya: ada tidaknya sifat-sifat tanah yang berhubungan dengan pengaruh: (1) air, (2) regim kelembaban, (3) bahan induk utama, dan (4) vegetasi. Untuk tanah ordo histosol (tanah organik) yang digunakan adalah tingkat pelapukan dari bahan organik pembentuknya: fibris, hemis, dan safris.
3. Great Group Tanah ; great grup dibedakan berdasarkan perbedaan: (1) jenis, (2) tingkat perkembangan, (3) susunan horizon, (4) kejenuhan basa, (5) regi suhu, dan (6) kelembaban, serta (7) ada tidaknya lapisan-lapisan penciri lain, seperti: plinthite, fragipan, dan duripan.
4. Sub Group Tanah ; sub grup dibedakan berdasarkan: (1) sifat inti dari great group dan diberi nama Typic, (2) sifat-sifat tanah peralihan ke: (a) great group lain, (b) sub ordo lain, dan (c) ordo lain, serta (d) ke bukan tanah.
5. Famili Tanah ; bagian famili tanah dibedakan berdasarkan sifat-sifat tanah yang penting untuk pertanian dan atau engineering, meliputi

sifat tanah: (1) sebaran besar butir, (2) susunan mineral liat, (3) regim temperatur pada kedalaman 50 cm.

6. Seri Tanah ; bagian ini dibedakan berdasarkan: (1) jenis dan susunan horison, (2) warna, (3) tekstur, (4) struktur, (5) konsistensi, (6) reaksi tanah dari masing-masing horison, (7) sifat-sifat kimia tanah lainnya, dan (8) sifatsifat mineral dari masing-masing horison. Penetapan pertama kali kategori Seri tanah, digunakan nama lokasi tersebut sebagai penciri seri.

### 2.3.6 Metode Klasifikasi USCS

Klasifikasi tanah sistem USCS (Unified Soil Classification System), diajukan pertama kali oleh Casagrande dan selanjutnya dikembangkan oleh *United State Bureau of Reclamation* (USBR) dan *United State Army Corps of Engineer* (USACE). Kemudian *American Standard Testing of Materials* (ASTM), telah memakai USCS sebagai metode standar guna mengklasifikasikan tanah.

Dalam USCS, suatu tanah diklasifikasikan ke dalam dua kategori utama yaitu:

1. Tanah berbutir kasar (coarse-grained soils) yang terdiri atas kerikil dan pasir yang mana kurang dari 50% tanah yang lolos saringan No. 200 ( $F_{200} < 50$ ). Simbol kelompok diawali dengan G untuk kerikil (gravel) atau tanah berkerikil (gravelly soil) atau S untuk pasir (sand) atau tanah berpasir (sandy soil).
2. Tanah berbutir halus (fine-grained soils) yang mana lebih dari 50% tanah lolos saringan No. 200 ( $F_{200} \geq 50$ ).

Selanjutnya tanah diklasifikasikan dalam sejumlah kelompok dan sub-kelompok. Digunakan symbol-simbol dalam sistem USCS sebagai berikut:

1. G = gravel (kerikil)
2. S = sand (pasir)
3. C = anorganic clay (lempung)
4. M = anorganic silt (lanau)
5. O = lanau atau lempung organik
6. Pt = peat (tanah gambut atau tanah organic tinggi)

7. W = well-graded (gradasi baik)
8. P= poorly-graded (gradasi buruk) H = high-plasticity (plastisitas tinggi)
9. L = low-plasticity (plastisitas rendah).

Prosedur penentuan klasifikasi tanah dengan Sistem Unified sebagai berikut:

1. Tentukan tanah apakah berbutir “halus” atau “kasar” (secara visual atau saringan No. 200).
2. Untuk tanah berbutir kasar, maka lakukan ;
  - a. Saringan tanah tersebut dan gambarkan grafik distribusi butiran.
  - b. Hitung persen lolos saringan No.4 ; bila persentase lolos < 50% klasifikasikan tanah sebagai “kerikil” ; bila persentase lolos > 50% klasifikasikan tanah sebagai “pasir”.
  - c. Hitung persen lolos saringan No.200 ; bila persentase lolos < 5% maka hitung  $C_u$  dan  $C_c$  ; bila termasuk bergradasi baik, klasifikasikan sebagai GW (bila kerikil) dan klasifikasikan sebagai SW (bila pasir) ; bila termasuk bergradasi buruk, klasifikasikan sebagai GP (bila kerikil) dan klasifikasikan sebagai SP (bila pasir).
  - d. Apabila persentase butiran yang lolos saringan No.200 di antara 5% sampai 12%, maka tanah akan memiliki symbol ganda dan mempunyai sifat plastisitas (GW-GM atau SW-SM, dan lain-lain).
  - e. Apabila persentase butiran yang lolos saringan No.200 > 12%, maka harus dilakukan uji batas Atterberg dengan menyingkirkan butiran tanah yang tinggal pada saringan No.40. Kemudian dengan menggunakan diagram plastisitas, tentukan klasifikasinya (GM, GC, SM, SC, GM-GC atau SM-SC).
3. Untuk tanah berbutir halus, maka:
  - a. Lakukan uji batas-batas Atterberg dengan menyingkirkan butiran yang tinggal di atas saringan No.40. Bila batas cari (LL) > 50, klasifikasikan tanah tersebut sebagai H (plastisitas tinggi) ; bila LL < 50 klasifikasikan tanah sebagai L (plastisitas rendah)

- b. Untuk tanah H, bila batas-batas Atterberg diplot pada grafik plastisitas dan berada di bawah garis A, tentukanlah apakah masuk kategori OH (organic) atau MH (anorganik). Dan bila plottingnya jatuh di atas garis A, klasifikasikan sebagai tanah CH (organic plastisitas tinggi).
- c. Untuk tanah L, bila batas-batas Atterberg diplot pada grafik plastisitas dan berada di bawah garis A dan area yang diarsir, tentukanlah apakah masuk kategori OL (organic) atau ML (anorganik) berdasarkan warna, bau atau perubahan batas cair dan batas plastisnya dengan mengeringkannya di dalam oven.
- d. bila batas-batas Atterberg diplot pada grafik plastisitas dan berada pada area yang diarsir, dekat dengan garis A, atau nilai LL sekitar 50, maka gunakan symbol ganda.

### 2.3.7 Metode Klasifikasi AASTHO

Klasifikasi tanah dengan cara AASTHO (American Association of State Highway and Transportation Officials), mempunyai tujuan agar kita dapat dengan mudah memilih material tanah untuk konstruksi subgrade. Pemilihan tanah tersebut, tentunya didasarkan atas hasil uji tanah dan apabila kita telah mempunyai pengalaman lapangan dalam pembuatan konstruksi subgrade maka pemilihan tanah sangat mudah dilakukan. Sistem klasifikasi tanah sistem AASTHO pada mulanya dikembangkan pada tahun 1929 sebagai *Public Road Administration Classification System*. Sistem ini mengklasifikasikan tanah kedalam delapan kelompok, A-1 sampai A-7. Setelah diadakan beberapa kali perbaikan, sistem ini dipakai oleh *The American Association of State Highway Officials* (AASHTO) dalam tahun 1945.

Pengklasifikasian tanah dilakukan dengan cara memproses dari kiri ke kanan pada bagan AASTHO, sampai menemukan kelompok pertama yang data pengujian bagi tanah tersebut yang terpenuhi. Khusus untuk tanah-tanah yang mengandung bahan butir halus diidentifikasi lebih lanjut dengan indeks kelompoknya. Indeks kelompok didefinisikan, sesuai dengan kelompok tanah, yang dapat diklasifikasikan berdasarkan partikel butiran tanah, seperti pada tabel-tabel berikut.

Untuk jenis tanah yang berbutir kasar (granuler soils), dibagi atas tujuh golongan/klasifikasi, seperti yang dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 2.2:** Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO (Tanah Granuler) (*Braja M. Das (1998)*)

Klasifikasi Umum	Tanah Berbutir ( <i>Granuler Soil</i> ) (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No.200)						
Klasifikasi Ayakan	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	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	— Maks 6	Non Plastisitas	Maks 40 Maks 10	Maks 41 Maks 10	Maks 40 Min 11	Min 41 Min 11
Tipe materia yang paling dominan	Batu pecah kerikil pasir	Pasir Halus	Kerikil dan pasir yang berlanau				
Penilaian sbg bahan tanah dasar	Baik Sekali sampai Baik						

Menurut sistim di atas tanah dibagi menjadi 7 kelompok, dan diberi nama dari A-1 sampai A-7. Semakin kecil angkanya, semakin baik untuk bahan subgrade jalan, dan sebaliknya semakin besar angkanya semakin jelek untuk subgrade. Kecuali pada tanah dalam group A-3, lebih baik dari pada semua jenis tanah dalam group A-2 sebagai bahan untuk subgrade jalan.

Untuk jenis tanah yang berbutir halus (finer soils), terbagi atas empat kelompok/klasifikasi, seperti yang dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 2.3:** Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO (Tanah Finer) (Braja M. Das (1998))

Klasifikasi Umum	Tanah Lanau-Lempung (lebih dari 35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No.200)			
	A4	A5	A6	A7
Klasifikasi Kelompok				A7-5 A7-6
Analisis Ayakan (% lolos) No. 10	—	—	—	—
N0. 40	—	—	—	—
N0. 200	Min 36	Min 36	Min 36	Min 36
Sifat fraksi yang lolos ayakan No.40	Maks 40	Maks 41	Maks 40	Min 41
Batas Cair (LL)	Maks 10	Maks 10	Min 11	Min 11
Indeks Plastisitas (PI)				
Tipe material yang paling dominan	Tanah Berlanau		Tanah Berlempung	
Penilaian sbg bahan tanah dasar	Biasa sampai Jelek			

Catatan:

Kelompok A7 dibagi atas A7-5 dan A7-6, bergantung pada batas plastisitasnya (PL):

1. Untuk  $PL > 30$  ; klasifikasinya A7-5
2. Untuk  $PL < 30$  ; klasifikasinya A7-6

AASHTO (American Assosiation of State Highway and Transportation Officials Classification), sebagai badan transportasi dan jalan raya di Amerika Serikat menyusun sistem klasifikasi tanah untuk keperluan perencanaan lapisan pondasi jalan (subbase) dan lapisan tanah dasar jalan (subgrade).

Pengujian tanah yang diperlukan dalam klasifikasi ini adalah “analisis saringan” dan “uji batas-batas Atterberg”. Selanjutnya dihitung indeks kelompok (group index – GI), yang digunakan untuk mengevaluasi pengelompokan tanah. Indeks kelompok dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$GI = (F-35)[0,2+0,005(LL-40)] + (F-15)(PI-10).... (2.1)$$

Yang mana:

F = persen lolos saringan No.200

LL = batas cair

PI = indeks plastisitas

Apabila nilai indeks kelompok semakin tinggi, maka semakin berkurang ketepatan dalam pemilihan penggunaan tanah tersebut (gradasi jelek). Tanah granuler diklasifikasikan dalam A1 sampai A3. Sedangkan tanah berbutir halus diklasifikasikan dalam A4 sampai A7. Tanah klasifikasi A1, adalah tanah granuler bergradasi “baik”, dan tanah klasifikasi A3, merupakan pasir bersih yang bergradasi “buruk”.Sedangkan klasifikasi A2 adalah tanah granuler (kurang dari 35% lolos saringan No. 200), tapi masih mengandung lanau dan lempung.

Contoh Soal:

Untuk penggunaan sistem AASHTO dapat ditunjukkan pada contoh analisis klasifikasi tanah sebagai berikut: Dari hasil analisis butiran tanah anorganik (analisis saringan dan hydrometer), didapat distribusi butiran seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut:

Diameter butiran (mm)	% Lolos
2,0 (saringan No. 10)	100
0,075 (saringan No.200)	75
0,05	65
0,005	33
0,002	18

Dari uji batas-batas Atterberg didapatkan data:

LL = 54% dan PI =23%

Penentuan klasifikasi tanah dilakukan sebagai berikut:  $F = 75\% > 35\%$  ; berarti tanah termasuk jenis “lanau” atau “lempung”

LL = 54% ; kemungkinan masuk kelompok A5 (min 41%), A7-5 (min 41%), atau A7-6 (min 41%)

PI = 23% ; untuk A5 terlihat PI maks 10%, jadi tidak terpenuhi. Sekarang tinggal 2 alternatif (A7-5 atau A7-6).

Untuk menentukan dari keduanya, hitung  $PL = LL - PI = 54 - 23 = 31$

Karena  $PL > 30$ , maka klasifikasi tanah tersebut adalah A7-5

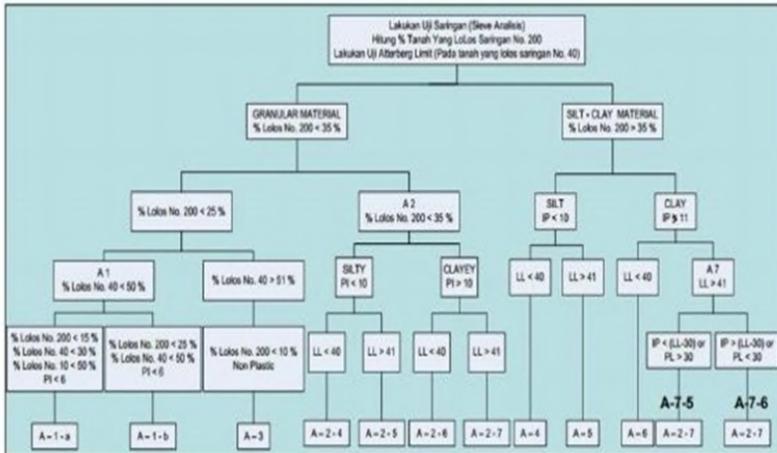
Selanjutnya hitung indeks kelompoknya:

$$GI = (75-35)[0,2+0,005(54-40)] + 0,01(75-15)(23-10) = 19.$$

Jadi klasifikasi lengkap tanah tersebut yaitu tanah A75 (19)

Ada beberapa aturan dalam penggunaan nilai GI, yakni:

1. Bila nilai  $GI < 0$ , maka dianggap  $GI = 0$
2. Nilai yang dihitung dari formula GI, dibulatkan ke angka terdekat.
3. Nilai GI kelompok tanah A1-a, A1-b, A2-4, A2-5, dan A3 selalu sama dengan nol.
4. Untuk kelompok tanah A2-6 dan A2-7, hanya bagian dari persamaan indeks kelompok yang dipergunakan, yaitu:  $GI = 0,01(F-15)(PI-10)$
5. Nilai GI tidak ada batas atasnya, walaupun ditentukan tanah kelompok A-7 GI maks 20.



**Gambar 2.1:** Tahapan Diskripsi Tanah Dengan Sistem AASHTO

**Tabel 2.4:** Perbandingan Sistem AASHTO dengan Sistem Unified (Liu, 1967)

Kelompok tanah AASHTO	Kelompok tanah yang sebanding dalam sistem Unified		
	Sangat mungkin	Mungkin	Kemungkinan kecil
A1-a	GW, GP	SW, SP	GM, SM
A1-b	SW, SP, GM, SM	GP	-
A3	SP	-	SW, GP
A2-4	GM, SM	GC, SC	GW, GP, SW, SP
A2-5	GM, SM	-	GW, GP, SW, SP
A2-6	GC, SC	GM, SM	GW, GP, SW, SP
A2-7	GM, GC, SM, SC	-	GW, GP, SW, SP
A4	ML, OL	CL, SM, SC	GM, GC
A5	OH, MH, ML, OL	-	SM, GM
A6	CL	ML, OL, SC	GC, GM, SM
A7-5	OH, MH	ML, OL, CH	GM, SM, GC, SC
A7-6	CH, CL	ML, OL, SC	OH, MH, GC, GM, SM

### 2.3.8 Metode Klasifikasi FAO/UNESCO

Sistem klasifikasi tanah ini dibuat dalam rangka pembuatan peta tanah dunia dengan skala 1: 5.000.000. Peta tanah ini terdiri dari 12 peta tanah. Sistem ini terdiri dari 2 kategori. Kategori pertama setara dengan great soil group, dan kategori kedua setara dengan sub group dalam Taksonomi Tanah (USDA). Untuk pengklasifikasian, digunakan horisonhorison penciri yang sebagian diambil dari kriteria-kriteria horison penciri pada Taksonomi Tanah dan sebagian dari sistem klasifikasi tanah ini.

Adapun beberapa nama dan sifat tanah dalam kategori Great Group menurut sistem FAO (Food and Agriculture Organization) dan badan dunia UNESCO (United Nation Educational, Scientific and Cultural Organization) sebagai berikut: *Fluvisol*, *Gleysol*, *Regosol*, *Lithosol*, *Arenosol*, *Rendzina*, *Ranker*, *Andosol*, *Solonchok*, *Xerosol*, *Kastanozem*, *Chernozem*, *Phaeozem*, *Greyzem*, *Cambisol*, *Luvisol*, *Podzoluvisol*, *Podsol*, *Planosol*, *Acrisol*, *Nitosol*, *Ferrasol*, dan *Histosol*.

### 2.3.9 Metode Klasifikasi BSCS

Selain sistem USCS, USDA, AASHTO, dan FAO/UNESCO, terdapat pula salah satu sistem pendeskripsian tanah yang sering digunakan, yaitu *British Standard* atau *British Soil Classification System* (BSCS).

Ada beberapa hal yang menjadi tolak ukur atau dasar-dasar dalam mendeskripsi tanah dengan BS (British Standard), antara lain:

1. Rapat massarelatif, diperoleh dari pengujian di lapangan. Jika tidak dilakukan pengujian terhadap sampel, maka deskripsi rapat massa tidak dapat dicantumkan. Pengujian yang sederhana terhadap tanah, adalah tanah yang mudah disekop berarti tanah tersebut memiliki rongga-rongga sehingga tidak padat atau longgar dan demikian pula sebaliknya. Adapaun ukuran-ukuran deskripsi rapat massa relative antara lain, very soft, soft, firm, stiff, very stiff, danhard.
2. Warna menunjukkan tingkatan pelapukan dari tanah. Warna tanah yang diamati dapat memberikan informasi mengenai ciri-ciri tanah. Warna ini dapat dilihat dengan mata telanjang. Selain itu, dalam menentukan warna tanah, harus menggunakan standar tertentu. Salah satunya, berdasarkan sistem klasifikasi warna Munsell adalah Geological Society of America (GSA), berupa bagan warna tanah.
3. Subsidiary Constituents. Dalam prakteknya sangat sulit untuk memperkirakan konstituen sekunder tanah dengan mata dan dengan perasaan, dan terutama di tanah kohesif. Presentasi materi sekunder ini tidak lebih dari 10%. Dalam tanah granular, materi sekunder ini penting untuk diketahui karena permeabilitas tanah granular didominasi oleh materi-materi sekunder yang halus ini.
4. Bentuk butir, dalam mendeskripsi tanah sangat mudah pada ukuran butir kerikil dan pasir. Bentuk butir ini didasarkan pada kebulatan butir yang terkandung pada tanah. Terdapat beberapa ukuran dalam bentuk butir, yaitu rounded, subrounded, subangular, dan angular.
5. Ukuran Butir. Kebanyakan tanahakan terdiri dari berbagai ukuran partikel yang berbeda, beberapa di antaranya mungkin kohesif. Jenis penyusun butiran tanah yang utama adalah batu-batu, berbatu, kerikil, pasir atau lumpur yang dianggap mewakili secara umum tipe-tipe tanah. Adapun ukuran-ukuran dalam tipe-tipe tanah antara lain: boulders, cobbles, gravel, sand, silt, dan clay.
6. Keterangan Rinci Tentang Kemas (Fabric) dan Materi Tambahan Keterangan yang lebih detail mengenai kemas dan materi-metri

penyusun tambahan dapat ditambahkan dalam klasifikasi jika terdeteksi pada saat melakukan pengujian sampel di lapangan maupun di laboratorium.

7. Sumber Geologi Tanah Dalam klasifikasi BS, juga diberikan salah satu keterangan mengenai asal mula tanah yang ditemukan atau jenis tanah pertama kali ditemukan. Jika sumber geologi tanah tidak diketahui, maka tidak akan menjadi masalah.
8. Simbol Klasifikasi Tanah sebagai opsi tambahan, dalam mendeskripsi tanah juga dapat diberikan simbol-simbol klasifikasi tanah yang sesuai dengan standar yang telah ditetapkan.

### 2.3.10 Metode Klasifikasi Tanah Ekspansif

Tanah lempung ekspansif adalah tanah yang mempunyai potensi kembang yang besar. Apabila terjadi peningkatan kadar air tanah akan mengembang disertai dengan peningkatan tekanan air pori dan timbulnya tekanan pengembangan dan sebaliknya apabila kadar air berkurang akan terjadi penyusutan. Beberapa mineral yang biasa terdapat pada tanah ekspansif adalah montmorilonite, kaolinite, dan illite. Dari hasil penelitian sebelumnya memberikan konfirmasi bahwa masalah terbesar terjadi pada tanah ekspansif dengan kandungan montmorilonite tinggi seperti terlihat pada table berikut ini:

**Tabel 2.5:** Hubungan Mineral Tanah dengan Aktivitas (Chen F.H. (1975))

Mineral	Aktivitas
Kaolinite	0,33 – 0,46
Illite	0,90
Montmorillonite (Ca)	1,50
Montmorillonite (Na)	7,20

Menurut Chen (1975) bahwa sifat-sifat fisis tanah yang mempengaruhi pengembangan pada tanah ekspansif di antaranya yaitu:

1. Kadar Air
2. Kepadatan Kering (Dry Density)-Indeks Properties.

Adanya korelasi yang baik untuk menunjukkan sifat tanah ekspansif berdasarkan dari persentase tanah lempung, batas cair dan tahanan penurunan tanah di lapangan, seperti yang terlihat pada tabel berikut:

**Tabel 2.6:** Hubungan % Lolos Saringan No. 200 & Batas Cair terhadap Potensi Pengembangan. (Chen F.H. (1975))

Data Laboratorium dan Lapangan			Kemungkinan Pengembangan % total Perubahan Volume	Tekanan Pengembangan (ksf)	Potensi Pengembangan
% Lolos No.200	Batas Cair %	Tahanan Penurunan Standar (blow/ft)			
> 95	> 60	> 30	> 10	> 20	Sangat Tinggi
60 – 95	40-60	20 – 30	3 – 10	5-20	Tinggi
30 – 60	30-40	10 – 20	1-5	3-5	Sedang
< 30	< 30	< 10	1	1	Rendah

Klasifikasi tanah ekspansif juga dapat dilihat dari hubungan antara Indeks Plastis (IP) dan Batas Susut (Shrinkage Limit) yang dimiliki tanah, seperti yang diperlihatkan pada tabel berikut:

**Tabel 2.7:** Hubungan IP dan SL dengan Tingkat Pengembangan (Chen F.H., 1975)

% Koloid	IP	Batas Susut	Tingkat Pengembangan
> 28	> 35	> 11	Sangat Tinggi
20-31	25-41	7-12	Tinggi
13-23	15-28	10-16	Sedang
< 15	< 18	< 15	Rendah

Selanjutnya klasifikasi tanah ekspansif lebih sederhana bila dilihat dari nilai Indeks Plastis yang dimiliki tanah, seperti yang diperlihatkan pada tabel berikut:

**Tabel 2.8:** Hubungan IP dengan Potensi Pengembangan (Chen F.H., 1975)

Indeks Plastisitas (%)	Potensi Pengembangan
0-15	Rendah
15-35	Sedang
20-55	Tinggi
> 55	Sangat Tinggi

Pengukuran pengembangan tanah ekspansif dengan cara langsung dapat dilakukan dengan menggunakan alat konsolidasi satu dimensi (oedometer), untuk mendapatkan angka prosentase pengembangan. Untuk mengetahui tingkat kondisi suatu tanah ekspansif yang mengalami pengembangan, dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 2.9:** Hub. Persen Pengembangan dengan Tingkat Kondisi

<b>% Pengembangan</b>	<b>Tingkat Kondisi</b>
> 100	Kritis
50 – 100	Batas
< 50	Aman

# Mekanika Tanah untuk Teknik

Mekanika tanah adalah cabang ilmu teknik sipil yang mempelajari perilaku dan sifat-sifat fisik, mekanik, dan hidrolik tanah serta interaksi antara tanah dengan struktur yang dibangun di atasnya. Ini penting dalam perencanaan, desain, dan konstruksi struktur seperti jembatan, bangunan, bendungan, dan jalan raya.

Pemahaman yang baik tentang mekanika tanah sangat penting bagi insinyur sipil untuk memastikan keandalan dan keamanan struktur. Ini melibatkan studi tentang sifat-sifat tanah seperti kekuatan, kepadatan, permeabilitas, dan kemampuan penyaluran air. Teknik-teknik ini digunakan untuk memprediksi perilaku tanah di bawah beban tertentu, seperti beban struktural, air tanah, atau gempa bumi.

Buku ini membahas :

- Bab 1 Pengertian Mekanika Tanah
- Bab 2 Konsep Dasar Mekanika Tanah
- Bab 3 Sifat-sifat Tanah
- Bab 4 Klasifikasi Tanah
- Bab 5 Interaksi Tanah dan Air
- Bab 6 Kuat Geser Tanah
- Bab 7 Pengujian Laboratorium Mekanika Tanah
- Bab 8 Penerapan Rekayasa Geoteknik
- Bab 9 Mekanika Tanah



YAYASAN KITA MENULIS  
press@kitamenulis.id  
www.kitamenulis.id

ISBN 978-623-113-309-0

