

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tinjauan Umum Tanah**

Dalam dunia konstruksi, tanah menduduki peran yang sangat penting dalam sebuah konstruksi bangunan. Tanah berguna sebagai bahan bangunan dalam berbagai macam pekerjaan teknik sipil. Fungsi utama dari tanah adalah sebagai pendukung fondasi dari sebuah bangunan. Fungsi tanah sebagai pendukung fondasi bangunan memerlukan kondisi tanah yang stabil, sehingga apabila ada sifat tanah yang kurang mampu mendukung bangunan harus diperbaiki terlebih dahulu agar mencapai daya dukung tanah yang diperlukan. Bangunan yang berdiri nantinya diharapkan akan kokoh, tidak rusak karena penurunan yang tidak merata ataupun longsoran.

Menurut Das (1995) Tanah merupakan 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. Tanah berguna sebagai bahan bangunan pada berbagai macam pekerjaan teknik sipil, di samping itu tanah berfungsi juga sebagai pendukung fondasi dari bangunan.

Menurut Hardiyatmo (1992), tanah adalah ikatan antara butiran yang relatif lemah dapat disebabkan oleh karbonat, zat organik, atau oksida-oksida yang mengendap-ngendap di antara partikel-partikel. Ruang di antara partikel-partikel dapat berisi air, udara, ataupun yang lainnya.

Menurut Bowles (1989), tanah adalah campuran partikel-partikel yang terdiri dari salah satu atau seluruh jenis berikut :

- a. Berangkal (boulders), merupakan potongan batu yang besar, biasanya lebih besar dari 250 mm sampai 300 mm. Untuk kisaran antara 150 mm sampai 250 mm, fragmen batuan ini disebut kerakal (cobbles).
- b. Kerikil (gravel), partikel batuan yang berukuran 5 mm sampai 150 mm.

- c. Pasir (sand), partikel batuan yang berukuran 0,074 mm sampai 5 mm, berkisar dari kasar (3-5 mm) sampai halus (kurang dari 1 mm).
- d. Lanau (silt), partikel batuan berukuran dari 0,002 mm sampai 0,074 mm. Lanau dan lempung dalam jumlah besar ditemukan dalam deposit yang disedimentasikan ke dalam danau atau di dekat garis pantai pada muara sungai.
- e. Lempung (clay), partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm. Partikel-partikel ini merupakan sumber utama dari kohesi pada tanah yang kohesif

Koloid (*colloids*), partikel mineral yang “diam” yang berukuran lebih kecil dari 0,001 mm.

Untuk menggolongkan tanah berdasarkan ukuran-ukuran partikelnya, terdapat jenis-jenis tanah yang di pisahkan (soil separated soil limits) pada tabel 2.1 berikut :

**Tabel 2.1** Batas Batas Ukuran Tanah

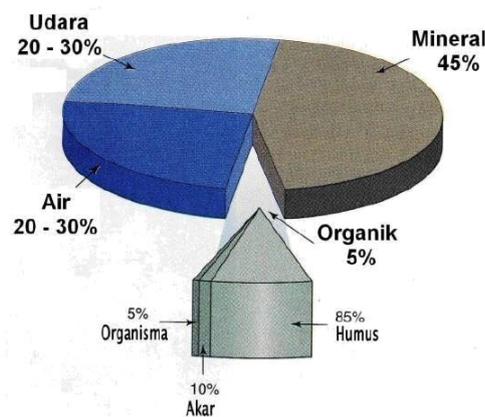
Nama Golongan	Ukuran Butiran (mm)			
	Kerikil	Pasir	Lanau	Lempung
<i>Massachusetts Institute of Technology (MIT)</i>	> 2	2 - 0,06	0,06 - 0,002	< 0,002
<i>U.S Department of Agriculture (USDA)</i>	> 2	2 - 0,05	0,05 - 0,002	< 0,002
<i>American Association of State Highway and Transportation Officials (ASSHTO)</i>	76,2 – 2	2 - 0,075	0,075 - 0,002	< 0,002
<i>Unified Soil Classification System (U.S. Army Corps of Engineers, 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)

## 2.2 Komponen – Komponen Penyusun Tanah

Bahan penyusun tanah tersusun atas empat komponen, yaitu bahan padat mineral, bahan padat organik, air, dan udara. Bahan padat mineral terdiri atas bibir batuan dan mineral primer, lapukan batuan dan mineral, serta mineral sekunder. Bahan padat organik terdiri atas sisa dan rombakan jasad, terutama tumbuhan, zat humik, dan jasad hidup penghuni tanah, termasuk akar tumbuhan hidup (Darusman, 2006).

Secara umum bahan padatan menyusun sekitar 50% bahan tanah, dan 50% lagi berupa cairan dan gas. Bahan padatan terbagi menjadi sekitar 45% bahan mineral dan 5% bahan organik. Bahan cairan (air) dan gas (udara) secara bersamaan dan bergantian mengisi pori-pori tanah, masing-masing dengan kisaran 20-30% (Darusman, 2006). Ilustrasi komposisi penyusun tanah dapat dilihat pada gambar 2.1 berikut.



**Gambar 2.1** Penyusun Tanah Secara Umum

## 2.3 Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah adalah pengelompokan berbagai jenis tanah ke dalam kelompok yang sesuai dengan karakteristiknya. Sistem klasifikasi ini menjelaskan secara singkat sifat-sifat umum tanah yang sangat bervariasi namun tidak ada yang benar-benar memberikan penjelasan yang tegas mengenai kemungkinan pemakaiannya (Das, 1995).

Tujuan klasifikasi tanah adalah untuk menentukan kesesuaian terhadap pemakaian tertentu, serta untuk menginformasikan tentang keadaan tanah dari suatu daerah kepada daerah lainnya dalam bentuk berupa data dasar. seperti karakteristik pemadatan, kekuatan tanah, berat isi, dan sebagainya (Bowles, 1989 dalam Adha 2014). Klasifikasi tanah pada umumnya dibedakan dengan beberapa cara, yaitu :

### **2.3.1 Sistem Klasifikasi AASHTO**

Sistem klasifikasi AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Official*) ini dikembangkan dalam tahun 1929 sebagai *Public Road Administrasion Classification System*. Sistem ini telah mengalami beberapa perbaikan, yang berlaku saat ini adalah yang diajukan oleh *Commite on Classification of Material for Subgrade and Granular Type Road of the Highway Research Board* pada tahun 1945 (ASTM Standar No. D-3282, AASHTO model M145).

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

Sistem klasifikasi AASHTO bermanfaat untuk menentukan kualitas tanah guna pekerjaan jalan yaitu lapis dasar (*subbase*) dan tanah dasar (*subgrade*). Karena sistem ini ditujukan untuk pekerjaan jalan tersebut, maka penggunaan sistem ini dalam prakteknya harus dipertimbangkan terhadap maksud aslinya. Sistem ini membagi tanah ke dalam 7 kelompok utama yaitu A-1 sampai dengan A-7. Tanah yang diklasifikasikan ke dalam A-1, A-2, dan A-3 adalah tanah berbutir di mana 35 % atau kurang dari jumlah butiran tanah tersebut lolos ayakan No. 200. Tanah di

mana lebih dari 35 % butirannya tanah lolos ayakan No. 200 diklasifikasikan ke dalam kelompok A-4, A-5 A-6, dan A-7. Butiran dalam kelompok A-4 sampai dengan A-7 tersebut sebagian besar adalah lanau dan lempung. Sistem klasifikasi ini didasarkan pada kriteria sebagai berikut:

1. Ukuran Butir

a. Kerikil

bagian tanah yang lolos ayakan diameter 75 mm (3 inch) dan yang tertahan pada ayakan No. 20 (2 mm).

b. Pasir

bagian tanah yang lolos ayakan No. 10 (2 mm) dan yang tertahan pada ayakan No. 200 (0.075 mm).

c. Lanau dan lempung

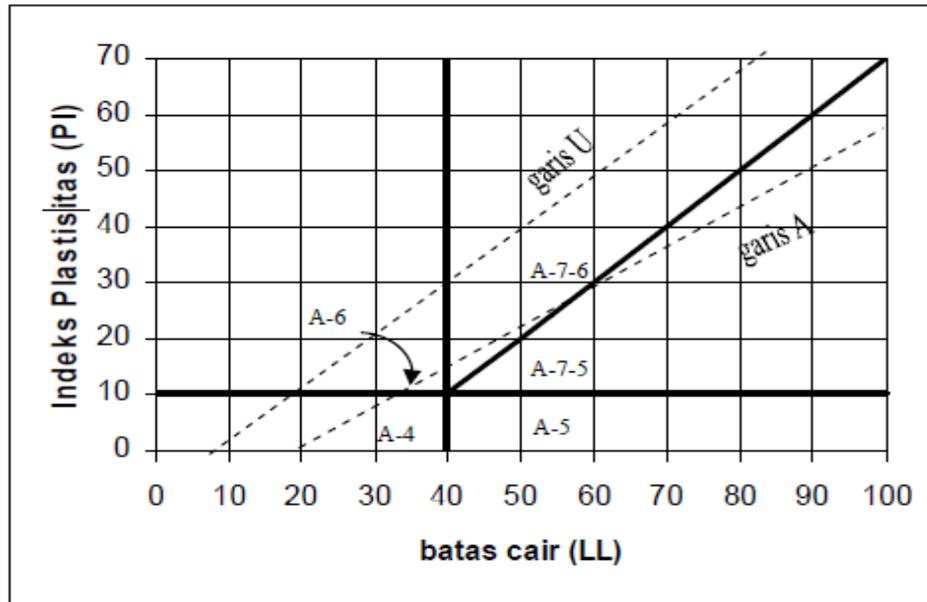
bagian tanah yang lolos ayakan No. 200.

2. Plastisitas

Nama berlanau dipakai apabila bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastis sebesar 10 atau kurang. Nama berlempung dipakai bilamana bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastis sebesar 11 atau lebih.

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

Apabila system klasifikasi AASHTO digunakan untuk mengklasifikan tanah, makadata dari hasil uji dicocokkan dengan angka-angka yang diberikan dalam tabel 2.2 dari kolom sebelah kiri ke kolom sebelah kanan hingga ditemukan angka-angka yang sesuai. Gambar 2.2 menunjukkan suatu gambar dari senjang batas cair dan indeks plastisitas untuk tanah yang masuk dalam kelompok A-2, A-4, A-5, A-6 dan A-7.



**Gambar 2.2** Rentang dari Batas Cair (LL) dan Indeks Plastisitas (PI)

(Sumber : Buku Braja M Das, 1995:68)

**Tabel 2.2** Sistem Klasifikasi Tanah Berdasarkan AASHTO

Klasifikasi Umum	Material Granular ( <35% lolos saringan no. 200 )							Tanah - Tanah Lanau - Lempung ( > 35% lolos saringan no. 200 )			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Klasifikasi Kelompok	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 A-7-6
Analisa saringan , % lolos : No. 10 (2,00 mm) No. 40 (0,425 mm) No. 200 (0,075 mm)	50 maks 30 mks 15 maks	- 50 maks 25 maks	- 51 min 10 maks	- 35 maks	- 35 maks	- 35 maks	- 35 maks	- 36 min	- 36 min	- 36 min	- 36 min
Karakteristik fraksi lolos saringan no. 40 : Batas Cair (LL) Indeks Plastisitas (PI)	-		-	40 maks 10 maks	41min 10 maks	40 maks 11 min	41 min 11 min	40 maks 10 maks	41 min 10 maks	40 maks 11 min	41 min 11 min
Indeks Kelompok (GI)	0		0	0		4 maks		8 maks	12 maks	16 maks	20 maks
Tipe material yang pokok pada umumnya	Pecahan batu, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil dan pasir berlanau atau berlempung				Tanah berlanau		Tanah berlempung	
Penilaian umum sebagai tanah dasar (Subgrade)	Sangat Baik sampai Baik							Sedang sampai Buruk			

(Sumber : Braja M Das, Mekanika Tanah, Jilid I, Erlangga, Jakarta 1995)

Untuk mengevaluasi mutu (kualitas) dari suatu tanah sebagai bahan lapisan tanah dasar (*subgrade*) dari suatu jalan raya, suatu angka yang dinamakan indeks grup (*group indeks*, GI) juga diperlukan selain kelompok dan subkelompok dari tanah yang bersangkutan. indeks grup dapat dihitung dengan memakai persamaan seperti dibawah ini:

$$GI = (F - 35) [0,2 + 0,005(LL - 40)] + 0,01(F - 15) (PI - 10) \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:

F = Persentase butiran yang lolos ayakan No. 200

LL = Batas cair (*liquid limit*)

PI = Indeks plastisitas

Suku pertama persamaan di atas yaitu  $(F - 35) [0,2 + 0,005(LL - 40)]$ , adalah bagian dari indeks grup yang ditentukan dari batas cair (LL). Suku yang kedua yaitu  $0,01(F - 15) (PI - 10)$ , adalah bagian dari indeks grup yang ditentukan dari indeks plastisitas (PI). Berikut ini adalah aturan untuk menentukan harga dari indeks grup:

- a. Apabila persamaan di atas menghasilkan GI yang negative, maka harga GI dianggap nol.
- b. Indeks grup yang dihitung dengan menggunakan persamaan di atas dibulatkan ke angka yang paling dekat.
- c. Tidak ada batas atas untuk indeks grup.
- d. Indeks grup untuk tanah yang masuk dalam kelompok A-1a, A-1b, A-2-4, A-2-5 dan A-3 selalu sama dengan nol.
- e. Untuk tanah yang masuk kelompok A-2-6 dan A-2-7, hanya bagian dari indeks grup untuk PI saja yang digunakan, yaitu:

$$GI = 0,01 (F - 15) (PI - 10) \dots\dots\dots (2.2)$$

Pada umumnya, kualitas tanah yang digunakan untuk bahan tanah dasar dapat dinyatakan sebagai kebalikan dari harga indeks grup.

### 2.3.2 Sistem klasifikasi *Unified Soil Classification System* (USCS)

Sistem ini pada mulanya diperkenalkan oleh *Casagrande* dalam tahun 1942 untuk dipergunakan pada pekerjaan pembuatan lapangan terbang yang dilaksanakan oleh *The Army Corps of Engineers* selama Perang Dunia II. Dalam rangka kerja sama dengan *United States Bureau of Reclamation* tahun 1952, sistem ini disempurnakan. Pada masa kini, sistem klasifikasi tersebut digunakan secara

luas oleh para ahli teknik. Sistem ini mengelompokkan tanah ke dalam dua kelompok besar, yaitu:

1. Tanah berbutir-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.
2. Tanah berbutir-halus (*fine-grained-soil*), yaitu tanah di mana 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 = *well graded* (tanah dengan gradasi baik)
- P = *poorly graded* (tanah dengan gradasi buruk)
- L = *low plasticity* (plastisitas rendah) ( $LL < 50$ )
- H = *high plasticity* (plastisitas tinggi) ( $LL > 50$ )

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

1. Persentase butiran yang lolos ayakan No. 200 (ini adalah fraksi halus).
2. Persentase fraksi kasar yang lolos ayakan No. 40.
3. Koefisien keseragaman (*uniformity coefficient*,  $C_u$ ) dan koefisien gradasi (*gradation coefficient*,  $C_c$ ) untuk tanah dimana 0 - 12% lolos ayakan No. 200.
4. Batas cair (LL) dan indeks plastisitas (PI) bagian tanah yang lolos ayakan No. 40 (untuk tanah di mana 5% atau lebih lolos ayakan No. 200).

Bilamana persentase butiran yang lolos ayakan No. 200 adalah antara 5 sampai dengan 12%, simbol ganda seperti GW-GM, GP-GM, GW-GC, GP-GC,

SW-SM, SW-SC, SP-SM, dan SP-SC diperlukan. Rincian klasifikasi ini diberikan dalam Tabel 2.3.

Klasifikasi tanah berbutir halus dengan simbol ML, CL, OL, MH, CH, dan OH didapat dengan cara menggambar batas cair dan indeks plastisitas. tanah yang bersangkutan pada bagan plastisitas (*Casagrande*, 1948) yang diberikan dalam Tabel 2.3. Garis diagonal pada bagan plastisitas dinamakan garis A dan garis A tersebut diberikan dalam persamaan:

$$PI = 0,73 (LL - 20) \dots\dots\dots (2.3)$$

Untuk tanah gambut (*peat*), identifikasi secara visual mungkin diperlukan. Klasifikasi tanah dengan system klasifikasi USCS dapat dilihat pada Tabel 2.3

Tabel 2.3 Klasifikasi Tanah Berdasarkan USCS

Divisi Utama		Simbol Kelompok	Nama Umum		
Tanah Berbutir Kasar	Lebih dari 50% butiran tertahan pada ayakan No.200	Kerikil 50% atau lebih dari fraksi kasar tertahan pada ayakan No. 4	Kerikil bersih (hanya kerikil)	GW	Kerikil bergradasi-baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
				GP	Kerikil bergradasi-buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
			Kerikil dengan butiran halus	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau
				GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung
	Pasir lebih dari 50% fraksi kasar lolos ayakan No. 4	Pasir bersih (hanya pasir)	SW	Pasir bergradasi-baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	
			SP	Pasir bergradasi-buruk dan pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	
		Pasir dengan butiran halus	SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau	
			SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung	
	Tanah Berbutir Halus	50% atau lebih lolos ayakan No.200	Lanau dan Lempung Batas Cair 50% atau Kurang	ML	Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung
				CL	Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus" (lean clays)
OL				Lanau-organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah	
Lanau dan Lempung Batas Cair lebih dari 50%		MH	Lanau anorganik atau pasir halus diatomae atau lanau diatomae, lanau yang elastis		
		CH	Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" (fat clays)		
		OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi		
Tanah-tanah dengan kandungan organik sangat tinggi		PT	Pear (gambut), muck dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi		

(Sumber: Braja M Das, Mekanika Tanah, Jilid I, Erlangga, Jakarta 1995)

Tabel 2.4 Kriteria Klasifikasi Tanah USCS

Klasifikasi berdasarkan persentase butir halus Kurang dari 5% lolos ayakan No. 200 GW, GP, SW, SP Lebih dari 12% lolos ayakan No. 200 GM, GC, SM, SC 5% sampai 12% lolos ayakan No. 200 Klasifikasi perbatasan yang memerlukan penggunaan dua simbol	$C_u = D_{60}/D_{10}$ Lebih besar dari 4 $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3.	
	Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW	
	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$	Batas-batas Atterberg yang digambar dalam daerah yang diarsir merupakan klasifikasi batas yang membutuhkan simbol ganda
	Batas-batas Atterberg di atas garis A dengan $PI > 7$	
	$C_u = D_{60}/D_{10}$ Lebih besar dari 6 $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3	
	Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW	
Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$	Batas-batas Atterberg yang digambar dalam daerah yang diarsir merupakan klasifikasi batas yang membutuhkan simbol ganda	
Batas-batas atterberg di atas garis A dengan $PI > 7$		

**Bagan Plastisitas**

Untuk klasifikasi tanah berbutir-halus dan fraksi halus dari tanah berbutir-kasar

Batas Atterberg yang digambarkan di bawah yang diarsir merupakan klasifikasi batas yang membutuhkan simbol ganda

Persamaan garis A  
 $PI = 0,73(LL - 20)$

Indeks plastisitas

Batas cair

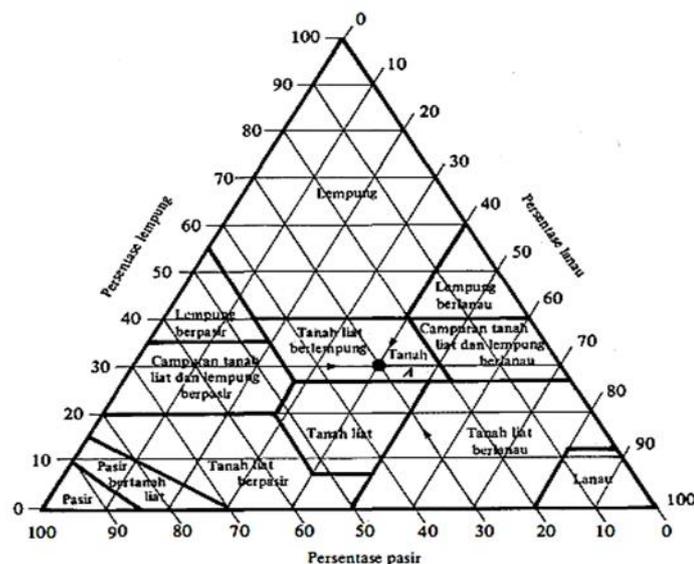
(Sumber: Braja M Das, *Mekanikan Tanah*, Jilid I, Erlangga, Jakarta, hal 71-72)

### 2.3.3 Sistem klasifikasi *United State Department of Agriculture* (USDA)

Kehalusan tanah yang terjadi karena terdapatnya perbedaan komposisi kandungan fraksi pasir, lanau dan lempung yang terkandung pada tanah (Badan Pertanahan Nasional). Dari ketiga jenis fraksi tersebut partikel pasir mempunyai ukuran diameter paling besar yaitu 2 – 0.05 mm, lanau dengan ukuran 0.05 – 0.002 mm dan lempung dengan ukuran < 0.002 mm (penggolongan berdasarkan USDA). keadaan tekstur tanah sangat berpengaruh terhadap keadaan sifat-sifat tanah yang lain seperti struktur tanah, permeabilitas tanah, porositas dan lain-lain.

Butir-butir yang paling kecil adalah butir lempung, diikuti oleh butir lanau (silt), pasir, dan kerikil. Selain itu, ada juga tanah yang terdiri dari batu-batu. Tekstur tanah dikatakan baik apabila komposisi antara pasir, debu dan liatnya hampir seimbang. Tanah seperti ini disebut tanah lempung. Semakin halus butir-butir tanah (semakin banyak butir liatnya), maka semakin kuat tanah tersebut memegang air dan unsur hara. Tanah yang kandungan liatnya terlalu tinggi akan sulit diolah, apalagi bila tanah tersebut basah maka akan menjadi lengket. Tanah jenis ini akan sulit melewatkan air sehingga bila tanahnya datar akan cenderung tergenang dan pada tanah berlereng erosinya akan tinggi. Tanah dengan butir-butir yang terlalu kasar (pasir) tidak dapat menahan air dan unsur hara. Dengan demikian tanaman yang tumbuh padatanah jenis ini mudah mengalami kekeringan dan kekurangan hara.

Pembagian Ukuran Fraksi-Fraksi Tanah (Tekstur) Menurut Sistem Departemen Pertanian Amerika Serikat (USDA) Tahun 1938 dapat dilihat pada gambar 2.3.



**Gambar 2.3** Klasifikasi berdasarkan tekstur oleh Departemen Pertanian Amerika Serikat (USDA)

(Sumber: Das, Braja, M. *Mekanika Tanah Jilid I*)

## 2.4 Tanah Lunak

Dalam Panduan Geoteknik 1, penggunaan istilah tanah lunak berkaitan dengan tanah-tanah yang jika tidak dikenali dan diselidiki secara berhati-hati dapat menyebabkan masalah ketidakstabilan dan penurunan jangka panjang yang tidak dapat ditolerir. Tanah tersebut mempunyai kuat geser yang rendah dan kompreibilitas yang tinggi.

Pengertian tanah lunak menurut Rachlan (1986) dan Bina Marga (1999) adalah tanah yang umumnya terdiri dari tanah lempung termasuk material fondasi yang sangat jelek karena kadar airnya yang tinggi, permeabilitas rendah dan sangat *compressible* dan tanah yang secara visual dapat ditembus dengan ibu jari minimum sedalam  $\pm 25$  mm, atau mempunyai kuat geser 40 kpa berdasarkan uji geser baling lapangan.

Menurut Oltz dan Kovacs (1981), mereka mendefinisikan tanah lunak adalah sebagai tanah yang mempunyai sebagian besar ukuran butirnya sangat halus atau lolos ayakan no. 200.

Menurut Dini (2014), beberapa sifat tanah lunak adalah sebagai berikut:

1. Gaya gesernya kecil
2. Kemampatan yang besar
3. Permeabilitas tinggi
4. Tanah lunak memiliki sifat kompresibilitas yang sangat tinggi. Salah satunya faktor penyebab tingginya tingkat kompreibilitas pada tanah lunak adalah karena tanah jenis ini memiliki angka pori yang tinggi.
5. Memiliki kadar air yang tinggi sehingga menyebabkan tanah lunak memiliki daya dukung yang sangat rendah dan memiliki masalah penurunan yang besar selama dan setelah kontruksi dibangun.

Menurut Panduan Geoteknik 1 (2001), tanah lunak dibagi dalam dua tipe: lempung lunak dan gambut.

1. Lempung Lunak

Tanah ini mengandung mineral- mineral lempung dan memiliki kadar air yang tinggi, yang menyebabkan kuat geser yang rendah.

## 2. Gambut

Suatu tanah yang pembentuk utamanya terdiri dari sisa-sisa tumbuhan. Tipe tanah yang ketiga yaitu, lempuk organik, adalah suatu material transisi antara lempung dan gambut, tergantung pada jenis dan kuantitas sisa-sisa tumbuhan mungkin berperilaku seperti lempung atau gambut.

Dalam rekayasa geoteknik, klasifikasi ketiga tipe tanah tersebut dibedakan berdasarkan kadar organiknya, sebagai berikut:

**Tabel 2.5** Tipe tanah berdasarkan kadar organik

<b>Jenis Tanah</b>	<b>Kadar Organik %</b>
Lempung	<25
Lempung Organik	25-75
Gambut	>75

(Sumber: Panduan Geoteknik 1)

## 2.5 Stabilitas Tanah

Sebagai salah satu hal penting dalam mendukung sebuah konstruksi tetap aman, tanah sebagai penahan beban haruslah memiliki daya dukung yang cukup untuk menahan beban dari konstruksi. Stabilisasi tanah adalah proses untuk memperbaiki sifat-sifat tanah dengan menambahkan atau memodifikasi struktur lapisan tanah agar dapat menaikkan daya dukung tanah, mempertahankan kekuatan geser dan mengurangi terjadinya deformasi tanah.

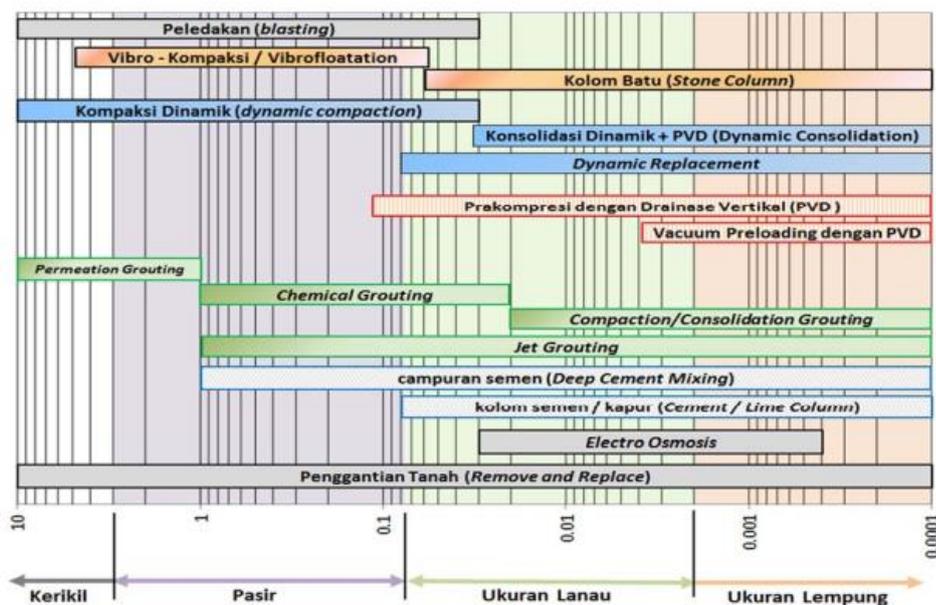
Menurut Bowles (1991) dalam Jatmiko (2014), beberapa tindakan yang dilakukan untuk menstabilkan tanah adalah sebagai berikut :

1. Meningkatkan kerapatan tanah.
2. Menambah material yang tidak aktif sehingga meningkatkan kohesi dan tahanan gesek yang terjadi.
3. Menambah bahan untuk menyebabkan perubahan-perubahan kimiawi atau fisis pada tanah.

4. Menurunkan muka air tanah (drainase tanah).
5. Mengganti tanah yang buruk.

Untuk mencapai tujuan tersebut, proses stabilisasi ini bisa dilakukan dengan cara yang sederhana seperti pemadatan, hingga menggunakan teknik yang lebih efektif dan juga memerlukan dana yang cukup besar, yaitu dengan mencampur tanah dengan campuran pasir atau semen, grouting atau injeksi semen, abu terbang, Spent Bleaching Earth dan lain sebagainya.

Untuk penentuan metode perbaikan tanah yang akan di pilih memerlukan parameter penyelidikan geoteknik pendahuluan yang terdiri penyelidikan lapangan dan pemeriksaan tanah di laboratorium. Hasil dari penyelidikan tersebut dapat ditentukan pada gambar berikut :



**Gambar 2.4** Jenis – Jenis Metode Perbaikan Tanah

(Sumber : SNI Geoteknik 8460:2017)

Adapun jenis-jenis stabilisasi tanah yang diklasifikasikan menjadi 4 macam, yaitu :

1. Stabilisasi Mekanis

Stabilisasi mekanis adalah stabilitas mekanikal dengan cara mencampur dua macam tanah yang bergradasi berbeda untuk memenuhi syarat kekuatan tertentu. Pencampuran ini dapat dilakukan di lokasi proyek , di pabrik atau

di tempat pengambilan bahan timbunan contoh perbaikan secara mekanis yaitu dengan menggunakan metal strip , geotextile , geomembrane , geogrid, vertical drain dan lain sebagainya.

## 2. Stabilisasi Kimiawi

Stabilitas dengan cara kimiawi yaitu dengan menambahkan bahan kimia tertentu dengan material tanah sehingga terjadi reaksi kimia antara tanah dengan bahan pencampurannya yang akan menghasilkan material baru yang memiliki sifat teknis yang lebih baik. Metode perbaikan tanah dengan bahan kimia dapat menggunakan bahan kimia dan/atau bubuk kimia yang dicampurkan dengan tanah yang akan diperbaiki dengan beberapa metode pencampuran yang disesuaikan kondisi bahan stabilizer maupun kondisi tanahnya.

## 3. Stabilisasi Hidrolis

Stabilitas dengan cara hidrolis yaitu upaya untuk mengeluarkan air dari massa tanah, sehingga kuat geser dan daya dukung tanah akan meningkat.

## 4. Stabilitas Dengan Menggunakan Geosintetik

Geosintetik berasal dari kata “*geo*” (bumi) dan “*synthetics*” (buatan), sehingga geosintetik adalah bahan buatan manusia yang digunakan untuk pekerjaan yang berhubungan dengan bumi atau tanah. Menurut istilah, geosintetik adalah bahan buatan manusia berupa polymer atau sejenis plastik yang digunakan dalam pekerjaan-pekerjaan di bidang teknik sipil yang berhubungan dengan tanah dan batuan.

## 2.6 Kapur

Kapur merupakan bahan stabilizer yang secara kimiawi bersifat basa. Prinsip perbaikan tanah dengan kapur adalah mencampurkan kapur untuk memanfaatkan keunggulan sifat sifat teknis dari bahan kapur dengan tanah yang memiliki karakteristik kurang baik , seperti tanah dengan plastisitas tinggi, potensi ekspansif yang tinggi, kompresibiitas dan lain sebagainya.

Berdasarkan persyaratan SNI 03-4147-1996, jenis kapur yang direkomendasikan untuk digunakan sebagai bahan perbaikan tanah adalah kapur

padam dan kapur tohor. Sebagaimana diketahui bahwa beberapa jenis kapur antara lain :

1. Kapur Tohor (CaO)

Kapur tohor yaitu kapur dari hasil pembakaran batu kapur pada suhu  $\pm 90^{\circ}\text{C}$ , dengan komposisi sebagian besar berupa kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ).

2. Kapur Padam

Kapur padam yaitu kapur dari hasil pemadaman kapur tohor dengan air sehingga membentuk senyawa kalsium hidrat [ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ].

3. Kapur Tipe I

Kapur tipe I yaitu kapur yang mengandung kalsium hidrat [ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ] tinggi, dengan kadar magnesium oksida (MgO) paling tinggi 4% berat.

4. Kapur tipe II

Kapur tipe II adalah kapur magnesium atau dolomit yang mengandung magnesium oksida (MgO) lebih dari 4% dan paling tinggi 36% berat.

Berdasarkan buku dasar-dasar teknik perbaikan tanah, Dr.Ir.H. Darwis,M. Sc, perbaikan tanah dengan bahan kapur (*soil lime*) memiliki sasaran utama sebagai berikut :

1. Untuk meningkatkan kohesi tanah (c).
2. Sudut geser dalam tanah ( $\phi$ )
3. Berat volume tanah ( $\gamma$ )
4. Memperkecil tekanan pori tanah (e) karena akan memperkecil angka porositas dalam massa tanah.
5. Peningkatan parameter – parameter tersebut, memberikan dampak signifikan terhadap peningkatan daya dukung ( $q_u$ ) dan kuat geser tanah.

Untuk mendapatkan akurasi dan efektifitas di dalam penerapan suatu metode perbaikan tanah, beberapa hal yang harus di pahami dengan baik, antara lain prinsip teknis dari jenis perbaikan tanah yang akan diterapkan, sifat-sifat bahan stabilisasi, kriteria tanah yang cocok dengan bahan stabilisasi, mekanisme reaksi

antara tanah dengan bahan stabilisasi, dan perubahan properti tanah yang terjadi dan relevansinya dengan syarat teknis yang ingin dicapai.

Perbaikan tanah dengan kapur perlu diikuti dengan pemadatan. Oleh karena itu tanah yang diperbaiki dengan bahan kapur, akan mempermudah pekerjaan pemadatan tanah, karena kapur akan mengurangi kelekatan dan kelunakan tanah, serta membuat struktur partikel tanah lempung menjadi rapuh (*fragile*), sehingga mudah untuk dipadatkan. Namun, konsekuensi negative dari perbaikan tanah dengan kapur adalah menurunkan nilai kepadatan maksimum dari massa tanah.

**Tabel 2.6** Kadar Kapur yang Disarankan Ingles dan Metcalf (1972)

Macam Tanah	Kadar Kapur Untuk "Modifikasi"	Kadar Kapur Untuk "Stabilitas"
Batu pecah halus*	2 - 4%	Tidak dianjurkan
Kerikil berlempung gradasi baik	1 - 3%	Sampai 3%
Pasir **	Tidak Dianjurkan	Tidak Dianjurkan
Lempung berpasir	Dianjurkan	Sampai 5%
Lempung berlanau	1 - 3%	2 - 4%
Lempung gemuk ( <i>heavy clay</i> )	1 - 3%	3 - 8%
Lempung sangat gemuk ( <i>very heavy clay</i> )	1 - 3%	3 - 8%
Tanah Organik	Tidak Dianjurkan	Tidak Dianjurkan
* Kapur terhidrasi Ca(OH) <sub>2</sub> , persen terhadap berat kering. - Kapur hanya efektif, jika butiran halus tanahnya plastis  -- Kapur digunakan dalam stabilisasi bitumen untuk menambahkan kohesi : kapur tohor dalam material <i>loess</i>		

(Sumber : Buku Stabilisasi Tanah Untuk Perkerasan Jalan )

## 2.7 Spent Bleaching Earth (SBE)

Menurut Wahyudi (2000), SBE merupakan campuran antara bleaching earth dan senyawa organik yang berasal dari minyak yang di-bleaching (senyawa trigliserida (fat), digliserida, asam lemak bebas, protein, zat warna alami, dan wax). Selain itu dalam spent bleaching earth juga masih terkandung komponen asam fosfat. Asam fosfat ini berasal dari proses degumming yang terbawa oleh minyak ke unit bleaching.

Spent Bleachig Earth berasal dari Bleaching Earth atau tanah pemucat. BE merupakan sejenis tanah liat dengan komposisi utamanya terdiri dari  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ , dan  $\text{MgO}$ . BE merupakan Ca - bentonit yang mempunyai sifat menyerap sedikit air, cepat mengendap tanpa membentuk suspensi, pH sekitar 4.0 – 7.1, dan daya tukar ion cukup besar. Absorben BE yang digunakan pada proses bleaching CPO berkisar 0,6 – 2%. Berikut adalah kandungan kimia dari Bleaching Earth :

**Tabel 2.7** Kandungan Kimia Spent Bleaching Earth

Nama Senyawa	Min (%)	Max (%)	Avg (%)
$\text{SiO}_2$	55	80	67.5
$\text{Al}_2\text{O}_3$	5	20	12,5
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	2	10	6
$\text{MgO}$	0	8	4
$\text{CaO}$	0	5	2.5
$\text{Na}_2\text{O}$	0	2	1
$\text{K}_2\text{O}$	0	2	1

(Sumber: Webinar Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2020)

Berikut adalah ciri – ciri fisika dan kimia dari bleaching earth :

1. Berbentuk butiran
2. Cukup asam
3. Tidak mudah terbakar
4. Tidak mudah meledak
5. Berat jenis relatif 350 – 1000  $\text{kg/m}^3$
6. Tidak mudah larut dalam air, minyak dan pelarut

## 2.8 Sifat – Sifat Fisis Tanah

Akumulasi partikel mineral yang tidak mempunyai atau lemah ikatan antarpartikelnya, yang terbentuk karena pelapukan dari batuan. Diantara partikel-partikel tanah terdapat ruang kosong yang disebut pori-pori (*void space*) yang berisi air dan/atau udara. Ikatan yang lemah antara partikel-partikel tanah disebabkan oleh pengaruh karbonat atau oksida yang tersenyawa di antara partikel-partikel tersebut, atau dapat juga disebabkan oleh adanya material organik. Bila hasil dari pelapukan tersebut di atas tetap berada pada tempat semula, maka bagian ini disebut tanah sisa (*residual soil*). Hasil pelapukan yang terangkut ke tempat lain dan mengendap di beberapa tempat yang berlainan disebut tanah bawaan (*transportation soil*). Media pengangkut tanah berupa gaya gravitasi, angin, air, dan *gleyser*. Pada saat berpindah tempat, ukuran dan bentuk partikel-partikel dapat berubah dan terbagi dalam beberapa rentang ukuran. (R.F Craig, 1989)

Untuk mendapatkan sifat-sifat fisik tanah, ada beberapa ketentuan yang harus diketahui terlebih dahulu, diantaranya adalah sebagai berikut:

### 2.8.1 Kadar Air

Kadar air merupakan perbandingan antara berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat butiran tanah kering yang dinyatakan dalam persen (%). Untuk mengetahui kadar air yang terkandung dalam tanah.

Kadar air merupakan perbandingan antara berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat tanah tersebut yang dinyatakan dalam persen (%). Analisa kadar air tanah dilakukan sebanyak dua kali percobaan. Secara matematis kadar air tanah dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Kadar Air (W)} = \frac{\text{Berat air}}{\text{Berat tanah kering}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.4)$$

### 2.8.2 Berat Volume Tanah

Pemeriksaan berat volume tanah bertujuan untuk mengetahui berat volume dari suatu sampel tanah sehingga tanah dapat diklasifikasikan sesuai dengan standar yang sudah ditentukan. Dalam ilmu mekanika tanah, biasanya tanah

disederhanakan menjadi model untuk memahami perilakunya. Tanah terdiri dari butiran padat dan rongga pori (*void*). Rongga pori sendiri dapat berupa air atau udara atau kedua-duanya, apabila tanah dalam kondisi jenuh air rongga pori akan terisi sepenuhnya oleh air. Berat volume tanah secara matematis dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Berat Volume Tanah } (\gamma) = \frac{\text{Berat tanah basah}}{\text{Volume}} \dots\dots\dots (2.5)$$

### 2.8.3 Berat Jenis

Tujuan dari percobaan ini adalah untuk menentukan berat jenis suatu tanah (Gs). Berat jenis (*specific gravity*) tanah didefinisikan sebagai angka perbandingan antara berat dari suatu volume tanah ( $\gamma_s$ ) terhadap berat dari volume air ( $\gamma_w$ ). Berat jenis tanah tidak memiliki satuan dan dimensi. Rumus untuk mencari berat jenis tanah adalah sebagai berikut:

$$G_s = \gamma_s / \gamma_w \dots\dots\dots (2.6)$$

penggolongan tanah dapat dilihat dari Batas – batas nilai berat jenis tanah yang terdapat dalam tabel berikut :

**Tabel 2.8** Golongan Tanah Berdasarkan Berat Jenis

Macam Tanah	Berat Jenis
Kerikil	2,65 – 2,68
Pasir	2,65 – 2,68
Lanau Tak Organik	2,62 – 2,68
Lempung Organik	2,58 – 2,65
Lempung Tak Organik	2,68 – 2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25 - 1,80

(Sumber: Hardiyatmo, 1992)

### 2.8.4 Permeabilitas

Permeabilitas adalah kemampuan tanah dalam meneruskan air melalui pori – porinya. Sedangkan rembesan atau *seepage* adalah proses mengalirnya air dari pori – pori tanah. Masalahnya rembesan ini cukup penting dalam disiplin ilmu teknik sipil demi keamanan suatu konstruksi. Misalnya dalam pekerjaan bendungan, bangunan penahan air, dan sebagainya.

Besarnya kemampuan tanah dalam meneruskan air disimbolkan dalam huruf “k” atau biasa disebut dengan koefisien permeabilitas. Koefisien permeabilitas dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$K = Q / (i \cdot A \cdot t) \dots\dots\dots(2.7)$$

**Tabel 2.9** Karakteristik permeabilitas dan pengaliran air tanah

Nilai k	10 <sup>2</sup>	10 <sup>1</sup>	1.0	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-9</sup>
Pengaliran Air	Baik				Buruk				Secara praktis kedap			
Jenis tanah	Kerikil bersih	Pasir bersih, campuran pasir bersih dan kerikil		Pasir sangat halus, lanau organik dan anorganik, campuran pasir lanau dan lempung, till glasial, endapan lempung terstratifikasi, dan lain lain				Tanah kedap, misal lempung homogen di bawah lajur pelapukan				
Penentuan langsung nilai k	Pengujian langsung tanah dalam posisi asli uji pemompaan. Handal jika dilakukan selayaknya. Diperlukan pengalaman yang sangat banyak					-						
Penentuan tak langsung nilai k	-	Permeter hulu jatuh. Handal. Diperlukan sedikit pengalaman			Permeter hulu jatuh. Tidak handal. Diperlukan banyak pengalaman.			Permeter hulu jatuh. Agak handal. Diperlukan sangat banyak pengalaman				
	Perhitungan dari sebaran ukuran butiran. Dapat diterapkan hanya untuk pasir tak berkoheesi halus dan kerikil				-				Perhitungan berdasarkan hasil uji konsolidasi. Handal. Diperlukan pengalaman yang sangat banyak.			

(Sumber: Terzaghi dan Peck, 1987)

### 2.8.5 Analisa Gradasi

Tujuan umum dari analisa ini adalah untuk mengetahui prosentase susunan butir tanah sesuai dengan batas klasifikasinya sehingga dapat diketahui jenis contoh tanah yang diuji. Percobaan ini terdiri dari 2 macam percobaan, yaitu:

1. Analisa Hidrometer (ASTM D 1440-00)  
Yaitu untuk mengetahui diameter butir tanah yang lolos saringan no. 200. Analisa *hydrometer* didasarkan pada prinsip sedimentasi butir-butir tanah dalam air.
2. Analisa Saringan (ASTM D 422-63)  
Yaitu untuk mengetahui diameter butir dari suatu contoh tanah.

### 2.8.6 Batas Cair Atterberg

Batas cair adalah kadar air tanah pada keadaan batas peralihan antara cair dan plastis. Tujuannya yaitu untuk menentukan batas cair suatu tanah. Tanah dalam keadaan batas cair apabila diperiksa dengan alat *cassagrande*, kemudian pada 25 kali ketukan dengan alat, tanah sudah dapat merapat (sebelumnya terpisah dalam jalur yang dibuat dengan *grooving tool*).

### 2.8.7 Batas Plastis Atterberg

Batas plastis adalah kadar air minimum (dinyatakan dalam persen) dari tanah dimana masih dalam keadaan plastis atau keadaan di antara keadaan plastis dan keadaan semi plastis. Tanah pada keadaan plastis jika tanah yang digiling batang-batang dengan diameter 3 mm mulai terjadi retak-retak. Tujuan untuk mengetahui kadar air tanah pada batas atas pada daerah plastis.

Indeks plastisitas adalah selisih antara batas cair dan batas plastis. Adapun rumusan dalam menghitung besaran nilai indeks plastisitas adalah sesuai dengan persamaan 2.7 seperti yang ditunjukkan pada rumusan dibawah ini :

$$PI = LL - PL \dots\dots\dots (2.8)$$

Klasifikasi jenis tanah berdasarkan besar indeks platisitasnya ditunjukan pada Tabel 2.9.

**Tabel 2.10** Indeks Plastisitas Tanah

PI	Sifat	Macam Tanah	Kohesi
0	Non-Plastis	Pasir	Non-Kohesif
< 7	Plastisitas Rendah	Lanau	Kohesif Sebagian
17-Jul	Plastisitas Sedang	Lempung berlanau	Kohesif
>17	Plastisitas Tinggi	Lempung	Kohesif

(Sumber: Hardiyatmo, 1992)

### 2.8.8 Batas Susut Atterberg

Batas susut adalah kadar air atau batas dimana tanah yang dalam keadaan jenuh dan sudah kering tidak akan mengalami penyusutan lagi meskipun

dikeringkan secara terus menerus. Batas susut juga dapat diartikan batas dimana meskipun tanah benar – benar telah kehilangan kadar airnya, tidak akan menyebabkan penyusutan volume tanah. Batas susut tanah dapat dinyatakan dalam persamaan :

$$SL = \left( \frac{m_1 - m_2}{m_2} \right) - \left( \frac{(v_1 - v_2)\gamma_w}{m_2} \right) \times 100 \% \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan :

$m_1$  = berat tanah basah dalam cawan percobaan (gr)

$m_2$  = berat tanah kering oven (gr)

$v_1$  = volume tanah basah dalam cawan ( $\text{cm}^3$ )

$v_2$  = volume tanah kering oven ( $\text{cm}^3$ )

$\gamma_w$  = Berat volume air ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )

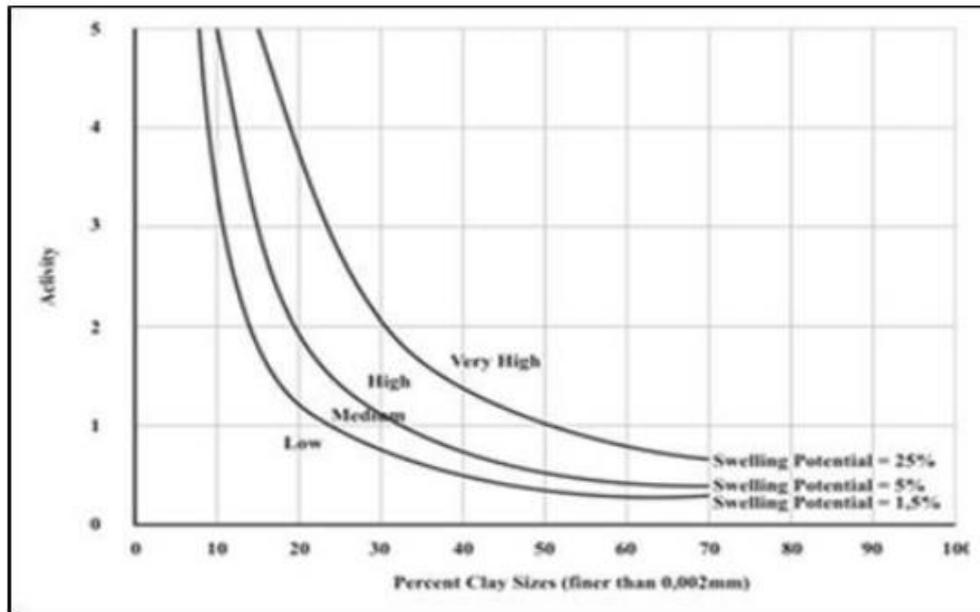
## 2.9 Aktifitas

Ketebalan air mengelilingi butiran tanah lempung tergantung dari macam mineralnya. Plastisitas tanah lempung menjadi tolak ukur yaitu sifat mineral lempung yang ada pada butiran dan jumlah mineralnya. Bila ukuran butiran semakin kecil, maka luas permukaan butiran semakin besar. Pada konsep Atterberg, jumlah air yang tertarik oleh permukaan partikel tanah akan bergantung pada jumlah partikel lempung yang ada di dalam tanah. Aktivitas merupakan perbandingan antara indeks plastisitas dengan persen fraksi ukuran lempung (persen dari berat butiran yang lebih kecil dari 0,002 mm).

**Tabel 2. 11** Angka Aktifitas Lempung

Classification	Activity
Inactive clays (kaolinite)	< 0,75
Normal clays (illite)	0,75 – 1,25
Active (montmorillonite)	> 1,25

(Sumber: Skempton, 1953)



**Gambar 2. 5** Grafik klasifikasi potensi mengembang

(Sumber: Seed et al., 1962)

## 2.10 Tanah Timbunan

Berdasarkan tujuan penggunaannya tanah timbunan dibagi menjadi dua macam, yaitu :

### 1. Timbunan Biasa

Timbunan yang diklasifikasikan sebagai timbunan biasa harus terdiri dari bahan galian tanah atau bahan galian batu yang disetujui oleh Direksi Pekerjaan sebagai bahan yang memenuhi syarat untuk digunakan dalam pekerjaan permanent seperti yang dipersyaratkan dalam Spesifikasi (Spesifikasi Umum 2018, Divisi 3).

Bahan yang dipilih sebaiknya tidak termasuk tanah yang dengan plastisitas tinggi, yang diklasifikasikan sebagai A-7 – 6 menurut AASHTO M145 atau sebagai CH menurut “Unified atau Casagrande Soil Classification System”. Jika penggunaan tanah yang dengan plastisitas tinggi tidak bisa dihindari, maka bahan tersebut harus digunakan hanya pada bagian dasar dari timbunan atau pada penimbunan kembali yang tidak memerlukan kekuatan

geser atau daya dukung yang tinggi. Tanah dengan plastis seperti itu sangat tidak dianjurkan digunakan pada 30 cm lapisan langsung di bawah bagian dasar perkerasan atau bahu jalan atau tanah dasar bahu jalan. Timbunan untuk lapisan ini bila diuji dengan SNI 03-1744-1989, harus memiliki CBR lebih dari 6 % setelah perendaman 4 hari bila dipadatkan 100% kepadatan kering maksimum (MDD) sesuai dengan ketentuan SNI 03-1742-1989.

Tanah dengan kualitas rendah yang memiliki nilai aktif lebih besar dari 1,25, atau derajat pengembangan yang diklasifikasikan oleh AASHTO T258 sebagai “very high” atau “extra high”, tidak dapat digunakan sebagai bahan timbunan. Nilai aktif adalah perbandingan antara Indeks Plastisitas (IP) (SNI 03-1966-1989) dan persentase kadar lempung (SNI 03-3422-1994).

## 2. Timbunan Pilihan

Timbunan pilihan adalah timbunan yang digunakan untuk pencapaian elevasi akhir *subgrade* yang disyaratkan dalam gambar perencanaan dengan maksud khusus lainnya, misalnya untuk mengurangi tebal lapisan fondasi bawah, untuk memperkecil gaya lateral tekanan tanah dibelakang dinding penahan tanah badan jalan.

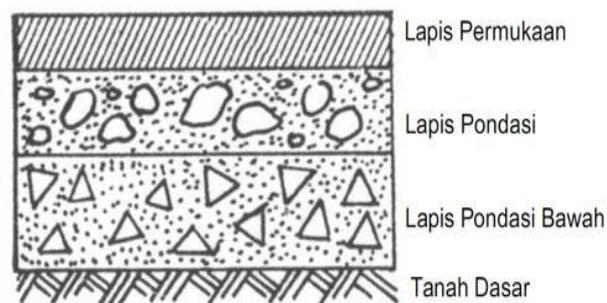
Bahan timbunan pilihan harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut :

- 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 dari maksud penggunaannya. Dalam segala hal, seluruh timbunan pilihan harus memiliki CBR paling sedikit 10 %, bila diuji sesuai dengan AASHTO T-193.

## 2.11 Lapisan Konstruksi Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi untuk memberikan pelayanan kepada sarana transportasi. Fungsi perkerasan adalah untuk memikul beban lalu lintas secara cukup aman dan nyaman, serta sebelum umur rencananya tidak terjadi kerusakan yang berarti. Agar perkerasan mempunyai daya dukung dan keawetan yang memadai, tetapi juga ekonomis, maka perkerasan jalan dibuat berlapis – lapis (Sukirman 2003).

Menurut AASHTO dan Bina Marga lapisan konstruksi perkerasan jalan terdiri dari :



**Gambar 2.6** Susunan Lapisan Perkerasan Jalan

### 1. Lapisan Fondasi Dasar (*Subgrade*)

Lapisan tanah dasar dapat berupa tanah asli yang dipampatkan jika tanah aslinya sudah baik. Tanah yang didatangkan dari tempat lain dan dipampatkan atau tanah yang distabilisasi dengan kapur atau bahan lainnya. Pempadatan yang diperoleh jika dilakukan pada kadar air optimum dan diusahakan kadar air tersebut konstan selama umur rencana.

### 2. Lapisan Fondasi Bawah (*Sub-Base Course*)

Lapis fondasi bawah (*sub-base*) adalah suatu lapisan yang terletak antara lapis tanah dasar dan lapis fondasi atas (*base*), yang berfungsi sebagai bagian perkerasan yang meneruskan beban di atasnya, dan selanjutnya menyebarkan tegangan yang terjadi ke lapis tanah dasar.

### 3. Lapisan Fondasi Atas (*Base Course*)

Lapis fondasi atas adalah suatu lapisan perkerasan jalan yang terletak antara lapis permukaan dan lapis fondasi bawah (*sub-base*), yang berfungsi

sebagai bagian perkerasan yang mendukung lapis permukaan dan beban-beban roda yang bekerja di atasnya dan menyebarkan tegangan yang terjadi ke lapis fondasi bawah, kemudian ke lapis tanah dasar.

#### 4. Lapisan Permukaan (*Surface Course*)

Lapisan Permukaan adalah lapisan perkerasan yang terletak paling atas yang bersentuhan langsung dengan roda kendaraan. Lapisan perkerasan ini memiliki stabilitas tinggi dan kedap air, sehingga air hujan yang jatuh di atasnya tidak meresap ke lapisan yang ada dibawahnya dan melemahkan lapisan-lapisan tersebut.

Berdasarkan Peraturan Pelaksanaan Pembangunan Jalan Raya Departemen Pekerjaan Umum (1972), berbagai jenis tanah bisa digunakan sebagai material perkerasan jalan raya dengan ketentuan yang terdapat pada Tabel 2.12.

**Tabel 2.12** Persyaratan Material Untuk Konstruksi Badan Jalan

Sifat – sifat	Lapis Fondasi Agregat			Lapis Drainase
	Kelas A	Kelas B	Kelas S	
Abrasi dari Agregat Kasar (SNI 2417:2008)	0 - 40 %	0 - 40 %	0 - 40 %	0 - 40 %
Butiran pecah, tertahan ayakan No.4 (SNI 7619:2012)	95/90 <sup>1)</sup>	55/50 <sup>2)</sup>	55/50 <sup>2)</sup>	80/75 <sup>3)</sup>
Batas Cair (SNI 1967:2008)	0 - 25	0 - 35	0 - 35	-
Indek Plastisitas (SNI 1966:2008)	0 - 6	4 - 10	4 - 15	-
Hasil kali Indek Plastisitas dengan % Lolos Ayakan No.200	maks.25	-	-	-
Gumpalan Lempung dan Butiran-butiran Mudah Pecah (SNI 4141:2015)	0 - 5 %	0 - 5 %	0 - 5 %	0 - 5 %
CBR rendaman (SNI 1744:2012)	min.90 %	min.60 %	min.50 %	-
Perbandingan Persen Lolos Ayakan No.200 dan No.40	maks.2/3	maks.2/3	-	-
Koefisien Keseragaman : $C_v = D_{60}/D_{10}$	-	-	-	> 3,5

(Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi II, 2018)

### 2.12 Stabilitas Dengan *Spent Bleaching Earth*

Penggunaan *Spent Bleaching Earth* bisa digunakan dengan efektif untuk bahan timbunan atau bahan perkuatan. *Spent Bleaching Earth* memiliki koefisien keseragaman yang tinggi, terdiri dari partikel ukuran lanau. Sifat-sifat teknik yang akan mempengaruhi penggunaan *Spent Bleaching Earth* pada timbunan yaitu termasuk distribusi butiran, karakteristik pemadatan, *shear strength*, *compressibility* dan *permeability*.

Pelepasan bahan anorganik termasuk *mercury* dan *arsenic* pada stabilisasi tanah dengan *Spent Bleaching Earth* menunjukkan bahwa stabilisasi tanah dengan menggunakan *Spent Bleaching Earth* memiliki jumlah endapan yang paling sedikit dibandingkan dengan stabilisasi tanah dengan menggunakan kapur maupun tanpa distabilisasi. Stabilisasi tanah dengan penambahan *Spent Bleaching Earth* sering kali digunakan untuk tanah lunak.

### 2.13 Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan mengacu pada jurnal – jurnal penelitian terdahulu dibawah ini, yaitu:

1. Salimah, A'isyah dan Ighfar Qaribullah. (2022). Pengaruh Penambahan Kapur terhadap Nilai Plastisitas Tanah Lunak, Politeknik Negeri Jakarta. Penelitian kali ini melakukan penambahan kapur terhadap nilai plastisitas tanah. Variasi kapur yang digunakan yaitu 0%, 5%, 10%, dan 15%. Hasil penelitian membuktikan bahwa penambahan kapur terhadap tanah lunak dapat menurunkan nilai indeks plastisitas. Indeks plastisitas yang dihasilkan tiap variasi yaitu 22,008%, 18,911%, 18,837%, 18,765%.
2. Sumarno, Agung. (2021). “Pemanfaatan Limbah Spent Bleaching Earth pada Stabilisasi Tanah Lempung dengan Clean Set Cement”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh limbah SBE sebagai bahan tambah pada stabilisasi tanah lempung yang menggunakan 10% Clean Set Cements (CS-60) terhadap densitas dan California Bearing Ratio (CBR). Variasi perbandingan tanah lempung : CS-60 : SBE yang digunakan pada sampel ST03, ST04, dan ST05 berturut-turut 67,5% : 10% : 22,5%, 45% : 10% : 45% dan 22,5% : 10% : 67,5%. Hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa sampel ST01 yang berupa tanah lempung asli memiliki nilai CBR 3,24% dan sampel ST02 yang berupa tanah lempung yang distabilisasi dengan 10% CS-60 menghasilkan nilai CBR 5,01%. Penambahan limbah SBE dapat meningkatkan nilai CBR dengan nilai yang lebih tinggi bila dibanding dengan hanya distabilisasi dengan CS-60, hal ini terlihat pada sampel ST03, ST04, dan ST05 dengan nilai CBR berurutan sebesar 5,39%, 8,52%, dan 17,99%.