

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Tanah

3.1.1 Pengertian Tanah

Dalam pengertian teknik secara umum, tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) padat yang tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut.

Semua jenis tanah secara umum terdiri dari tiga bahan, yaitu butiran tanahnya sendiri, serta air dan udara yang terdapat dalam suatu ruangan di antara butir-butir tersebut. Ruangan ini disebut pori (*voids*). Apabila tanah tersebut sudah benar-benar kering maka tidak ada kandungan air sama sekali dalam porinya, keadaan semacam ini jarang didapatkan pada tanah yang masih dalam keadaan asli dilapangan. Air hanya dapat dihilangkan sama sekali dari tanah apabila dengan mengambil tindakan khusus, misalnya dengan memanaskan tanah di dalam oven (*Wesley, L.D. 1977, Hal 1*)

Seandainya sering ditemukan keadaan dimana pori tanah tidak mengandung udara sama sekali, jadi pori tersebut penuh terisi air. Dalam hal ini tanah dikatakan jenuh air (*fully saturated*). Tanah yang terdapat dibawah muka air hampir selalu dalam keadaan jenuh air. Teori-teori yang kita pergunakan dalam bidang mekanika tanah ini sebagian besar dimaksudkan untuk tanah yang jenuh air. Teori konsolidasi misalnya serta teori kekuatan geser tanah bergantung pada anggapan bahwa pori tanah hanya mengandung air, dan sama sekali tidak mengandung udara (*Wesley, L.D, 1977, Hal 1*).

Menurut *Dunn*, 1980 berdasarkan asalnya, tanah diklasifikasikan secara luas menjadi :

1. Tanah organik adalah campuran yang mengandung bagian-bagian yang cukup berarti berasal dari lapukan dan sisa tanaman dan kadang-kadang dari kumpulan kerangka dan kulit organisme.
2. Tanah anorganik adalah tanah yang berasal dari pelapukan batuan secara kimia ataupun fisik.

3.2 Sistem Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda, yang mempunyai sifat serupa kedalam kelompok-kelompok dan subkelompok berdasarkan pemakaiannya.

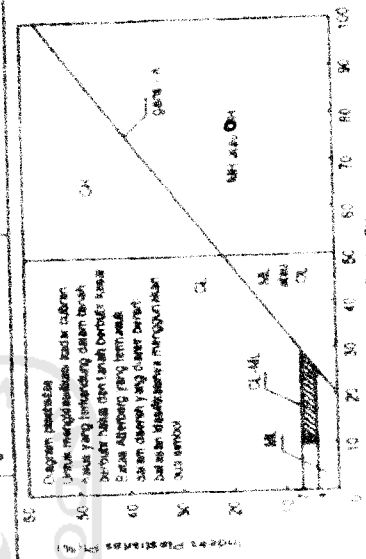
1. **Berdasarkan Sudut Pandang Teknis** (LD. Wesley, 1977), tanah dapat digolongkan menjadi:
 - a. Batu kerikil (*gravel*),
 - b. Pasir (*sand*),
 - c. Lanau (*silt*),
 - d. Lempung (*clay*).
2. **Berdasarkan Ukuran Butir**, tanah dibedakan seperti Tabel 3.1 di bawah ini.

Tabel 3.1 Klasifikasi tanah berdasarkan ukuran butir (L. D. Wesley, 1977)

No	Macam Tanah	Batas-batas Ukuran
1	Berakal (<i>Boulder</i>)	>8 inchi (20 cm)
2	Kerakal (<i>Cobblestone</i>)	3 inchi – 8 inchi (8 – 20 cm)
3	Batu Kerikil (<i>Gravel</i>)	2 mm – 8 mm
4	Pasir Kasar (<i>Course Sand</i>)	0.6 mm – 2 mm
5	Pasir Sedang (<i>Med Sand</i>)	0.2 mm – 0.6 mm
6	Pasir Halus (<i>Fine Sand</i>)	0.06 mm – 0.2 mm
7	Lanau (<i>Silt</i>)	0.002 mm – 0.06 mm
8	Lempung (<i>Clay</i>)	< 0.002 mm

Tabel 3.2 Klasifikasi tanah system Unified (Suyono Sosrodarsono, Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, 1990, hal 3)

Orhan-Utama	Symbol Kistompok	Nama Jenis	Nama Jenis
Tanah berbutir kasar 50% butirannya lebih dari 200 (0.075 mm)	GW	Kerakul gradasi baik dan campuran pasir kerakul sedikit atau tidak mengandung butiran halus	<p>Big bales Atterberg berdasar di daerah atas dan diagram berah garna A atau PI < 4</p> <p>Big bales Atterberg di atas garna A atau PI > 7</p> <p>Big bales Atterberg berdasar di daerah atas dan diagram berah garna A atau PI < 4</p> <p>Big bales Atterberg di atas garna A atau PI > 7</p>
	GP	Kerakul gradasi baik dan campuran pasir kerakul atau tidak mengandung butiran halus	
	GM	Kerakul berlanau campuran kerakul pasir lempung	
	GC	Kerakul berlempung campuran kerakul pasir lempung	
Tanah berbutir kasar 50% butirannya lebih dari 4.75 (mm)	SW	Pasir gradasi baik pasir berkerakul sedikit atau tidak mengandung butiran halus	<p>Batas-batas Atterberg berdasar di daerah atas dan diagram berah garna A atau PI < 4</p> <p>Batas-batas Atterberg di atas garna A atau PI > 7</p> <p>Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW</p> <p>Batas-batas Atterberg berdasar di daerah atas dan diagram berah garna A atau PI < 4</p> <p>Batas-batas Atterberg di atas garna A atau PI > 7</p>
	SP	Pasir gradasi baik pasir kerakul sedikit atau tidak mengandung butiran halus	
	SM	Pasir berlanau campuran pasir lanau	
	SC	Pasir berlempung campuran pasir lempung	
Tanah berbutir halus 50% atau lebih lebih dari 200 (0.075 mm)	ML	Lanau tak organik dan clay sangat halus serbuk bentan atau pasir halus berlanau atau berlempung	<p>Dapur padatan untuk mengklasifikasi tanah berbutir halus yang terdapat dalam bentuk berbutir halus dan tanah berbutir kasar</p> <p>Batas-batas Atterberg berdasar di daerah atas dan diagram berah garna A atau PI < 4</p> <p>Batas-batas Atterberg berdasar di daerah atas dan diagram berah garna A atau PI > 7</p> <p>Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW</p> <p>Batas-batas Atterberg berdasar di daerah atas dan diagram berah garna A atau PI < 4</p> <p>Batas-batas Atterberg di atas garna A atau PI > 7</p>
	CL	Lempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang berlempung berkerakul lempung berpasir berlempung berlanau lempung lunak (lean clay)	
	OL	Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah	
	MH	Lanau tak organik atau pasir halus di atasnya berlempung elastis	
	OH	Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi lempung gemuk (fat clay)	
Tanah berbutir halus 50% atau lebih lebih dari 200 (0.075 mm)	OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi	<p>Manual untuk identifikasi secara visual paper diikat di ASTM Designation D-2488</p>
	P	Gambut (peat) dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi	



5. Klasifikasi tanah berdasarkan AASHTO

Sistem klasifikasi tanah AASHTO dikembangkan pada tahun 1929 dan sudah mengalami beberapa perbaikan, sedangkan yang berlaku pada saat ini yaitu ASTM Standar no. D-3282, AASHTO metode M145 yang diperkenalkan pada tahun 1945 (Braja M. Das, I, 1995)

Tabel 3.3 Klasifikasi AASHTO untuk Lapisan Tanah Dasar Jalan Raya (Braja M. Das, 1995).

Klasifikasi umum	material granuler				Tanah-tanah lanau-lempung			
	<35% lolos saringan no.200				>35% lolos saringan no.200			
klasifikasi kelompok	A-1	A-3	A-2		A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a-A-1-b		A-2-4 A-2-5	A-2-6 A-2-7				A-7-5 A-7-6
Analisis saringan (% lolos)								
2.00 mm (no.10)	50 maks	-	-	-	-	-	-	-
0,425 mm (no.40)	30 maks	51 maks	-	-	51 min	51 min	51 min	51 min
0,075 mm (no.200)	50 maks	10 maks	35 maks	35 maks	10 maks	10 maks	10 maks	10 maks
Sifat fraksi lolos saringan no.40								
Batas Cair (LL)	-	-	40 maks	41 min	40 maks	41 min	40 maks	41 min
Indeks Plastis (PI)	6 maks	np	10 maks	10 min	10 maks	10 min	11 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	Kerikil berlanau atau berlempung dan pasir		tanah berlanau		tanah berlempung	
Penilaian umum Sebagai tanah dasar	sangat baik sampai baik				sedang sampai buruk			

Indeks kelompok dihitung dengan persamaan (Hardiyatmo, H.C, 1955, Hal 45) :

$$GI = (F - 35) [0,2 + 0,005(LL - 40)] + 0,01(F - 15)(PI - 10) \dots\dots\dots(3.1)$$

dengan :

GI = Indeks kelompok

F = Persentase butir yang lolos ayakan No. 200

LL = Batas cair

PI = Indeks plastisitas

Catatan : Kelompok A-7 dibagi atas A-7-5 dan A-7-6 bergantung pada batas plastisnya (PL)

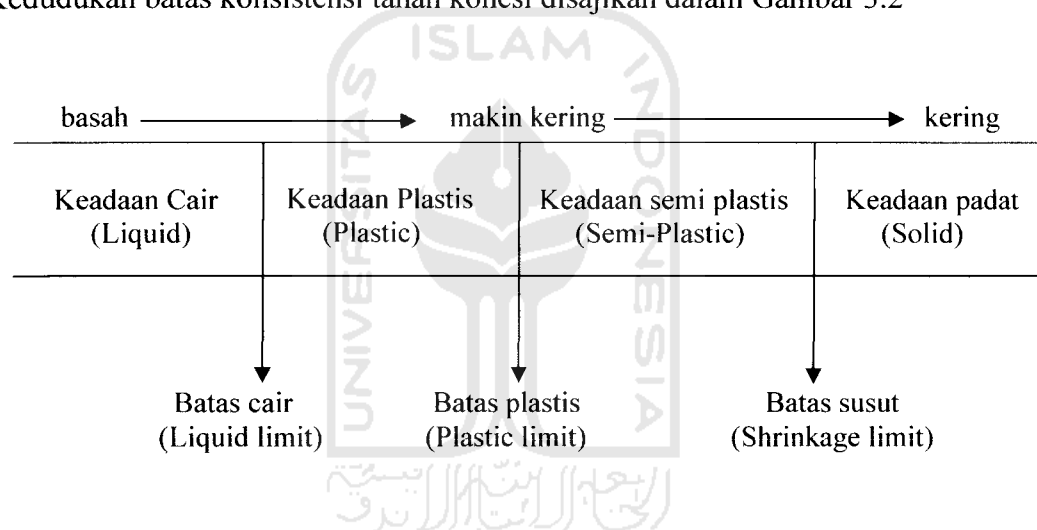
Untuk $PL > 30$ klasifikasinya A-7-5

Untuk $PL < 30$ klasifikasinya A-7-6

np = non plastis

3.3 Batas Atterberg (batas konsistensi)

Atterberg (1911) memberikan cara untuk menggambarkan batas-batas konsistensi dari tanah berbutir halus dengan pertimbangan kandungan kadar airnya. Batas-batas tersebut adalah batas cair, batas plastis dan batas susut. Kedudukan batas konsistensi tanah kohesi disajikan dalam Gambar 3.2



Gambar 3.2 Batas konsistensi tanah

Sumber : Wesley, L.D, 1977, *Mekanika Tanah*, Hal 10

3.3.1 Batas Cair (*Liquid Limit*)

Batas cair (LL) adalah kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis, yaitu batas atas dari daerah plastis.

3.3.2 Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Batas plastis (PL) adalah kadar air pada kedudukan antara daerah plastis dan semi plastis, yaitu persentase kadar air dimana tanah dengan diameter silinder 3,2 mm akan mulai retak-ratak ketika digulung.

3.3.3 Batas Susut (*Shrinkage Limit*)

Batas susut adalah kadar air yang didefinisikan pada derajat kejenuhan 100%, dimana untuk nilai-nilai dibawahnya tidak akan terdapat perubahan volume tanah apabila dikeringkan terus. Harus diketahui bahwa batas susut makin kecil maka tanah akan lebih mudah mengalami perubahan volume.

3.3.4 Indeks Plastisitas (*Plasticity Index*)

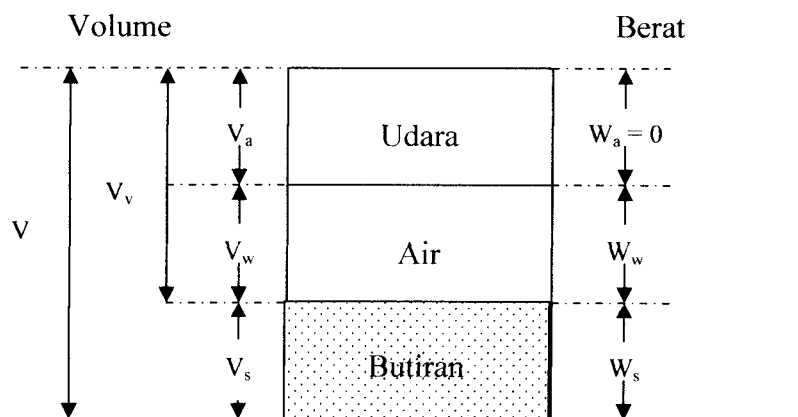
Indeks plastisitas adalah antara batas cair dan batas plastis atau perbedaan antara batas cair dan batas plastis suatu tanah.

Batasan mengenai indeks plastis, sifat, macam tanah, dan kohesinya dapat dilihat pada Tabel 3.4:

Tabel 3.4 Nilai indeks plastisitas dan macam tanah.

PI	Sifat	Macam tanah	Kohesi
0	Non Plastis	Pasir	Non kohesi
< 7	Plastisitas rendah	Lanau	Kohesi sebagian
7 – 17	Plastisitas sedang	Lempung berlanau	Kohesi
> 17	Plastisitas Tinggi	Lempung	Kohesi

3.4 Hubungan antara jumlah butir, air dan udara dalam tanah



Gambar 3.3 Diagram fase tanah

Sumber : Hardiyatmo, H.C. 2002, Teknik Pondasi 1

Dalam hal ini:

- V = Isi (*volume*) (cm³)
- Vw = Isi air (*volume of water*) (cm³)
- Vv = Isi pori/rongga (*volume of void*) (cm³)
- Vs = Isi butir-butir padat (*volume of solid*) (cm³)
- W = Berat Tanah (*weight*) (gr)
- Wa = Berat udara (*weight of air*) ≈ 0
- Ww = Berat air (*weight of water*) (gr)
- Ws = Berat butir-butir padat (*weight of solid*) (gr)

Dari gambar tersebut dapat diperoleh rumus-rumus sebagai berikut :

1. Kadar air (*Moisture content/water content*)

Kadar air adalah perbandingan antara berat air dengan berat partikel padat dalam tanah, yaitu :

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \% \dots\dots\dots(3.2)$$

2. Angka pori (*Void ratio*)

Angka pori adalah perbandingan volume pori dan volume partikel padat, yaitu

$$e = \frac{V_v}{V_s} \times 100\% \dots\dots\dots(3.3)$$

3. Porositas (*Porosity*)

Porositas adalah perbandingan antara volume pori dengan volume keseluruhannya.

$$n = \frac{V_v}{V} \times 100\% \dots\dots\dots(3.4)$$

$$n = \frac{e}{1 + e} \dots\dots\dots(3.5)$$

4. Derajat kejenuhan (*Degree of saturation*)

$$S_r = \frac{V_w}{V_r} \times 100\% \dots\dots\dots(3.6)$$

5. Berat isi tanah alami / asli (*Natural density*)

Adalah perbandingan antara berat tanah seluruhnya dengan isi tanah seluruhnya, yaitu :

$$\gamma = \frac{W}{V} \text{ (gr/cm }^3 \text{)} \dots\dots\dots(3.7)$$

6. Berat volume kering (*Dry density*)

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V} \text{ (gr/cm }^3 \text{)} \dots\dots\dots(3.8)$$

7. Berat volume jenuh (*Saturated density*)

$$\gamma_{sat} = \frac{W_w + W_s}{V} \text{ (gr/cm }^3 \text{)} \dots\dots\dots(3.9)$$

8. Berat volume basah (*Submerged / wet density*)

$$\gamma_b = \frac{W_w + W_s}{V} \text{ (gr/cm }^3 \text{)} \dots\dots\dots(3.10)$$

3.5 Pengujian Pemadatan Tanah (Proktor Standar)

Pemadatan adalah suatu proses memadatnya partikel tanah sehingga terjadi pengurangan volume udara dan volume air dengan memakai cara mekanis. Kepadatan tanah tergantung banyaknya kadar air, jika kadar air tanah sedikit maka tanah akan keras begitu pula sebaliknya bila kadar air banyak maka tanah

akan menjadi lunak atau cair. Pemadatan yang dilakukan pada saat kadar air lebih tinggi daripada kadar air optimumnya akan memberikan pengaruh terhadap sifat tanah.

Tujuan pemadatan tanah adalah memadatkan tanah pada kadar air optimum dan memperbaiki karakteristik mekanisme tanah, yang akan memberikan keuntungan yaitu :

- a. Memperkecil pengaruh air terhadap tanah.
- b. Bertambahnya kekuatan tanah.
- c. Memperkecilkan pemampatannya dan daya rembes airnya.
- d. Mengurangi perubahan volume sebagai akibat perubahan kadar air

(Hardiyatmo, H.C., 1992, hal 53).

Pemadatan tanah dapat dilaksanakan di lapangan maupun di laboratorium. Dilapangan biasanya tanah akan digilas dengan mesin penggilas yang didalamnya terdapat alat penggetar, getaran akan menggetarkan tanah sehingga terjadi pemadatan. sedangkan dilaboratorium menggunakan pengujian standar yang disebut dengan uji proktor, dengan cara suatu palu dijatuhkan dari ketinggian tertentu beberapa lapisan tanah di dalam sebuah mold. Dengan dilakukannya pengujian pemadatan tanah ini, maka akan terdapat hubungan antara kadar air dengan berat volume. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 3.4.

Derajat kepadatan tanah diukur dari berat volume keringnya, hubungan berat volume kering (γ_d), berat volume basah (γ_b) dan kadar air (w) dinyatakan dengan persamaan:

$$\gamma_d = \frac{\gamma_b}{1 + w} \dots\dots\dots(3.11)$$

Untuk pengujian ini :

Tegangan utama mayor total = $\sigma_3 + \sigma_f = \sigma_1$

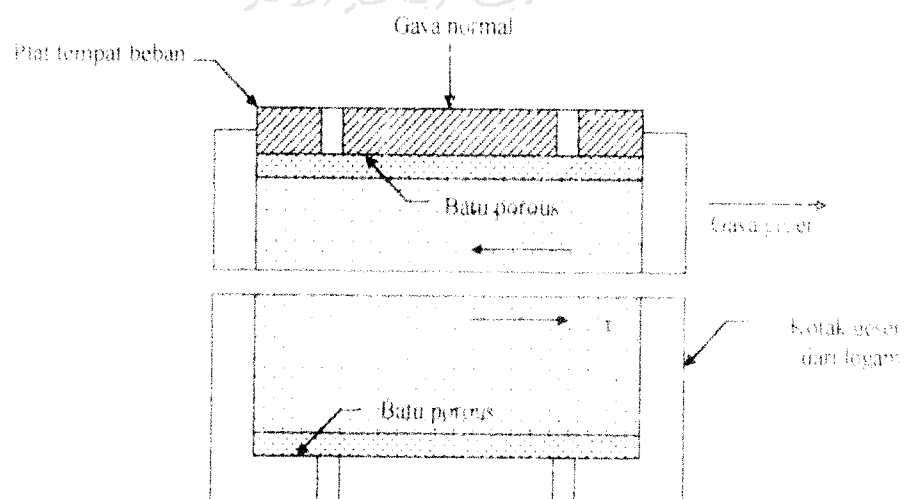
Tegangan utama minor total = σ_3

Persamaan kuat geser pada kondisi *undrained* dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$\tau = 1/2 (\sigma_1 - \sigma_3) \sin 2 \theta \dots \dots \dots (3.12)$$

3.7 Uji Geser Langsung

Alat uji geser langsung menggunakan kotak geser dari besi yang berfungsi sebagai tempat benda uji kuat geser, benda uji dapat berbentuk bujur sangkar atau lingkaran. Pengujian dilakukan dengan menempatkan contoh tanah kedalam kotak geser dengan ukuran benda uji 6 x 6 cm, dengan tinggi 2 cm dan luas 36 cm². Kotak geser terdiri dari dua bagian sama sisi dengan arah horisontal. Gaya normal pada benda uji tanah didapat dengan menaruh suatu benda di atasnya, beban mati tadi menyebabkan tekanan pada benda uji 0,25 kg/cm², 0,5 kg/cm² dan 1 kg/cm². Gaya geser diberikan dengan mendorong sisi kotak sebelah atas sampai terjadi keruntuhan geser pada tanah. Sketsa alat uji geser langsung dapat dilihat pada gambar (3.5).



Gambar 3.5 Sket Uji Geser Langsung

Uji geser langsung dilakukan beberapa kali pada sebuah benda uji tanah dengan beberapa macam tegangan normal. Harga tegangan normal dan harga tegangan yang didapat dengan melakukan pengujian dapat digambarkan dengan beberapa grafik untuk melakukan harga parameter kuat geser.

Tegangan normal dapat dihitung dengan persamaan 3.13.

$$\sigma = \text{Tegangan normal} = \frac{\text{Gaya normal yang bekerja}}{\text{Luas penampang lintang sampel tanah}} \dots\dots\dots(3.13)$$

Tegangan geser yang melawan pergerakan geser dapat dihitung dengan persamaan 3.14.

$$\tau = \text{Tegangan geser} = \frac{\text{Gaya geser yang melawan pergerakan}}{\text{Luas penampang lintang sampel tanah}} \dots\dots\dots(3.14)$$

3.8 Sifat-Sifat Tanah

Penujian sifat fisik tanah bertujuan mengetahui warna, bentuk butiran dan ukuran butiran. Adapun pengujian yang dilakukan pada penelitian ini hanya untuk mengetahui ukuran butiran.

3.8.1 Uji Distribusi Butiran

Tanah uji disaring melewati susunan saringan standar menurut standar ASTM D 422-72.

3.8.2 Uji Hidrometer

Untuk tanah berbutir halus (lolos saringan no.200) dapat diketahui dengan pengujian hidrometer didasarkan pada prinsip pengendapan (sendimentasi) butir-butir tanah dalam air.

3.9 Tanah Lempung

Lempung adalah tanah berbutir halus yang memiliki sifat kohesi, plastisitas tinggi, tidak memperlihatkan sifat dilatasi dan tidak mengandung jumlah butiran kasar yang berarti. Lempung bila ditinjau dari segi ukuran, didefinisikan sebagai golongan partikel yang berukuran kurang dari 0,002 mm. Ditinjau dari segi

mineral, tanah lempung dan mineral lempung adalah tanah yang mempunyai partikel-partikel mineral tertentu serta mempunyai sifat plastis bila tanah dicampur dengan air.

3.10 Kuat Geser Tanah

Kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan. Kuat geser tanah dapat dinyatakan dalam persamaan Coulomb:

$$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \varphi \dots\dots\dots(3.15)$$

dengan:

τ = kuat geser tanah (kg/cm^2)

c = kohesi tanah (kg/cm^2)

σ = tegangan normal pada bidang runtuh (kg/m^2)

φ = sudut geser dalam tanah ($^\circ$)

3.11 Stabilisasi tanah

Bila benda yang diujikan merupakan tanah lempung yang memiliki kuat dukung tanah yang rendah dan kadar air yang tinggi, sehingga tidak dimungkinkannya suatu struktur berada diatas tanah lempung, maka tanah ini harus distabilisasikan.

Salah satu cara menstabilisasikan tanah lempung adalah dengan mencampurkan bahan aditif pada presentase tertentu sehingga menghasilkan kuat dukung tanah optimum. Tujuan pencampuran bahan aditif secara umum sebagai berikut :

1. Mengurangi permeabilitas
2. Menaikkan kuat gesernya
3. Stabilitas volume
4. Mengurangi deformasi

Secara garis besar tujuan stabilisasi pada tanah adalah sebagai berikut:

1. Meningkatkan kualitas kuat dukung tanah.
2. Menjaga tanah agar tidak terpengaruh oleh faktor iklim dan cuaca yang dapat menurunkan kualitas kuat dukung tanah.

Apabila suatu tanah yang terdapat dilapangan bersifat sangat lepas atau sangat mudah tertekan, atau apabila ia mempunyai indeks konsistensi yang tidak sesuai, mempunyai permeabilitas yang terlalu tinggi, atau mempunyai sifat lain yang tidak diinginkan atau tanah lempung yang memiliki kuat dukung tanah serta kuat geser tanah yang rendah dan kadar air yang tinggi, sehingga tidak sesuai untuk suatu proyek pembangunan, maka tanah tersebut harus distabilisasi. Stabilisasi dapat terdiri dari salah satu tindakan berikut:

1. Menambah kerapatan tanah.
2. Menambah material yang tidak aktif sehingga mempertinggi kohesi dan atau tahanan geser yang timbul.
3. Menambah material untuk menyebabkan perubahan-perubahan kimiawi dan fisik dari material tanah.
4. Merendahkan muka air (drainase tanah)
5. Mengganti tanah-tanah yang buruk.

Setiap perubahan sifat fisik atau teknis dari massa tanah akan membutuhkan penyelidikan dari alternatif-alternatif ekonomis seperti relokasi tempat bangunan atau mempergunakan tempat bangunan alternatif. Pada saat ini sebagian besar lokasi bangunan di daerah perkotaan telah dipergunakan sehingga lokasi alternatif mungkin tidak akan praktis. Pada saat ini tempat-tempat seperti bekas penimbunan sampah, rawa-rawa, teluk, semak belukar, tepi bukit dan areal yang kurang baik lainnya telah dipakai sebagai tempat konstruksi, dan gejala ini terlihat telah berlangsung terus-menerus dan bahkan makin banyak terjadi. Apabila tempat alternatif tidak tersedia atau pertimbangan-pertimbangan lingkungan, oposisi dari masyarakat, dan pengaturan zone telah sangat membatasi yang tersedia, maka makin dibutuhkan modifikasi atau distabilisasi suatu lokasi untuk mendapatkan sifat-sifat yang diinginkan. Suatu penyelesaian yang secara ekonomis menguntungkan adalah suatu tantangan bagi para insinyur geoteknik.

Stabilisasi dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu terdiri dari salah satu atau kombinasi dari pekerjaan berikut:

1. Secara fisik, stabilisasi tanah dapat dilakukan dengan termal yaitu tanah dipanaskan sehingga sifatnya berubah dari sifat aslinya.
2. Cara mekanik, dapat dilakukan dengan pemadatan dengan berbagai jenis peralatan mekanis seperti mesin gilas (*roller*), benda-benda yang dijatuhkan, eksplosif, tekanan statis, tekstur, pembekuan, pemanasan dan sebagainya.
3. Cara kimiawi (bahan aditif), dapat dilakukan dengan menambahkan kerikil untuk tanah kohesif, lempung untuk tanah berbutir kasar, dan pencampuran kimiawi seperti semen portland, kapur karbid, gamping, abu batubara (produk sampingan dari pembakaran batubara), semen aspal, sodium, dan kalsium klorida, limbah-limbah pabrik kertas dan lainnya (mengandung sodium silikat, polifosfat dan sebagainya)

3.12 Semen Portland (PC)

Semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan Klinker yang terutama terdiri dari selikat-selikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambahan.

Semen Portland merupakan bahan ikat yang penting dan banyak dipakai dalam pembangunan fisik. Semen Portland digunakan untuk meningkatkan mutu dari bahan pencampurannya, mengingat bahwa kemampuannya mengerat dan mengikat butir-butir agregat sanat bermamfaat bagi usaha untuk mendapatkan suatu massa tanah yang kokoh dan tahan terhadap deformasi. Sehingga dapat dikatakan bahwa semen portland dapat bereaksi dengan semua jenis tanah, dari yang jenis tanah kasar non kohesif sampai yang sangat plastis sekalipun.

Semen portland terutama terdiri dari oksida kapur (CaO), oksida silika (SiO_2), oksida alumina (Al_2O_3) dan oksidasi besi (Fe_2O_3). Kandungan dari keempat oksida kurang lebih 95% terdiri dari oksida magnesium (MgO) dan oksida lain. Komposisi spesifik semen Portland tergantung pada jenis semen dan komposisi

bahan baku yang dipergunakan. Komposisi kimia semen portland mempunyai limitasi seperti pada Tabel 3.5 :

Tabel 3.5 Komposisi Limit Semen Portland

Oksida	Komposisi(% Berat)
Kapur [CaO]	60-67
Silika [SiO ₂]	17-25
Alumina [Al ₂ O ₃]	3-8
Besi [Fe ₂ O ₃]	0,5-6,0
Magnesium [MgO]	0,1-5,5
Soda / Potash [Na ₂ O +K ₂ O]	0,5-1,3
TiO ₂	0,1-0,4
P ₂ O ₅	0,1-0,2
SO ₃	1-3

Keempat oksida utama pada semen akan membentuk senyawa-senyawa yang biasa disebut:

1. *Trikalsium silikat, 3CaO.SiO₂ disingkat C₃S*

Sifat C₃S hampir sama dengan sifat semen , yaitu apabila ditambah air akan menjadi kaku dalam berapa jam saja pasta akan mengeras. C₃S menunjang kekuatan awal semen dan menimbulkan panas hidrasi ± 500 joule/gram. Kandungan C₃S pada semen portland bervariasi antara 35%-55% tergantung pada jenis semen portland.

2. *Dikalsium silikat, 2CaO.SiO₂ disingkat C₂S*

Sifat C₂S, pada penambahan air segera terjadi reaksi, menyebabkan pasta mengeras dan menimbulkan sedikit panas ± 250 joule/gram. Pasta yang mengeras, perkembangan kekuatannya dan lambat pada beberapa minggu, kemudian mencapai kekuatan tekan akhir hampir sama dengan C₃S. Kandungan C₂S pada semen portland bervariasi antara 15%-35% dan rata-rata 25%.

3. *Trikalsium aluminat, 3CaO.Al₂O₃ disingkat C₃A*

Sifat C_3A , dengan air bereaksi menimbulkan panas hidrasi yang tinggi yaitu ± 850 joule/gram . Perkembangan kekuatan terjadi pada satu sampai dua hari, tetapi sangat rendah. Kandungan C_3A pada semen portland bervariasi antara 7%-15%.

4. *Tetra kalsium alumino ferrite, $4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$ disingkat C_4AF*

Sifat C_4AF , dengan air bereaksi dengan cepat dan pasta terbentuk dalam beberapa menit , menimbulkan panas hidrasi ± 420 joule/gram. Warna abu-abu pada semen dipengaruhi oleh C_4AF . Kandungan C_4AF pada semen portland bervariasi antara 5%-10% dan Rata-rata 8%.

Keterangan mengenai keempat senyawa diatas dapat dilihat dalam Tabel 3.6 :

Tabel 3.6 Sifat Senyawa Semen

Senyawa	Laju reaksi	Panas ikatan (tiap satuan)	Nilai ikatan (tiap satuan)	
			awal	Pada optimum
C_3A	sedang	sedang	baik	baik
C_2S	lambat	kecil	kurang	baik
C_3A	besar	besar	baik	kurang
C_4AF	lambat	kecil	kurang	kurang