
Bab 2 Sifat Indek dan Klasifikasi Tanah

1. UKURAN PARTIKEL TANAH

Ukuran partikel tanah sangat beragam dengan variasi yang cukup besar. Tanah umumnya disebut sebagai :

- Kerikil (*gravel*), yaitu kepingan kepingan batuan yang kadang juga partikel mineral quartz dan feldspar.
- Pasir (*Sand*), yaitu sebagian besar mineral quartz dan feldspar.
- 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.
- Lempung (*clay*), yaitu sebagian besar terdiri dari partikel mikroskopis (berukuran sangat kecil) dan sub-mikroskopis (tak dapat dilihat, hanya dengan mikroskop). Berukuran lebih kecil dari 0.002 mm (2 micron).

Namun tanah yang berukuran lebih kecil dari 2 micron belum tentu lempung. Jadi lempung adalah tanah yang berukuran lebih kecil dari 2 micron yang mempunyai mineral tertentu yang menghasilkan sifat plastis bila dicampur dengan air.

Nama dan sifat tanah ditentukan atau dipengaruhi oleh: Gradasinya (untuk tanah berbutir kasar), dan batas-batas konsistensinya (untuk tanah berbutir halus. Yang dalam hal ini disebut *Sifat Indek Tanah*. Gradasi merupakan sifat yang penting untuk tanah berbutir kasar. Tanah terdiri beraneka ragam ukuran butiran dengan perbandingan prosentasi ukuran butiran beraneka ragam. Dengan kata lain distribusi ukuran butiran atau gradasi butiran tidak pernah sama tanah satu dengan tanah yang lain. Dan untuk menganalisa gradasi tanah berbutir kasar digunakan *analisa saringan*, untuk tanah berbutir halus digunakan cara *pengendapan*.

Rentang ukuran partikel

Lempung	Lanau			Pasir			Kerikil			
	halus	medium	kasar	halus	medium	kasar	halus	medium	kasar	
	0.002	0.006	0.02	0.06	0.2	0.6	2	6	20	60

Ukuran dalam mm

Gambar 2.1: Skema jenis tanah dan batas batas ukuran butirnya.

Biasanya tanah terdiri dari campuran dari beberapa ukuran, biasanya terdiri dari dua rentang ukuran. Semakin panjang rentang gradasinya maka tanah tersebut akan semakin baik, sedangkan tanah yang mempunyai partikel-partikel yang melekat satu sama lain setelah dibasahi dan setelah kering diperlukan gaya yang cukup besar untuk meremas tanah tersebut maka tanah tersebut disebut tanah *Kohesif*.

2. ANALISA UKURAN PARTIKEL

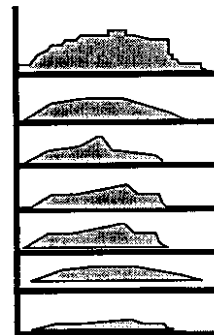
Distribusi ukuran butiran kasar ditentukan dengan metode pengayakan atau sieving. Sedangkan untuk tanah berbutir halus ditentukan dengan metode sedimentasi pengendapan dengan alat Hidrometer

a. Metode Pengayakan

Pada metode ini alat yang digunakan adalah susunan saringan dan sampel butiran butiran kering ditaruh pada ayakan yang paling atas. Kemudian saringan digetarkan dan butiran butiran akan tertinggal pada masing-masing saringan sesuai dengan ukuran dan prosentasinya.

Tabel 1 Ukuran Ayakan Standar

Ayakan No	Lubang ayakan (mm)
4	4.75
6	3.35
8	2.36
10	2.00
16	1.18
20	0.85
30	0.600
40	0.425
50	0.300
60	0.250
80	0.180
100	0.150
140	0.106
170	0.088
200	0.075
240	0.053



Gambar 2. 2.: Susunan saringan.

Dari hasil pengayakan berupa tabel, kemudian dicari presentasi kumulatifnya, dan digambarkan menjadi grafik gradasi butir. Setiap satu sampel tanah mempunyai satu kurva. Contoh analisa ayakan dengan sampel tanah seberat 300 gram.

1	2	3	4	5
No. Ayakan	Diameter (mm)	Massa Tanah Yang Tertahan Pada Setiap Ayakan (gr)	Persentase Yang Lolos Ayakan	Persentase (%)
10	2.0	0	0	100
16	1.18	9.9	3.3	96.7
30	0.60	24.66	8.22	88.45
40	0.425	40.5	13.5	74.98
60	0.25	60.9	20.3	54.68
100	0.15	70.2	23.4	31.28
200	0.075	60.5	20.16	11.11
lengser	33.34	0.11	0	

Keterangan :

Kolom 4 (tertahan) didapat dari pembagian dari kolom 3 dibagi dengan massa total tanah dikalikan 100 %

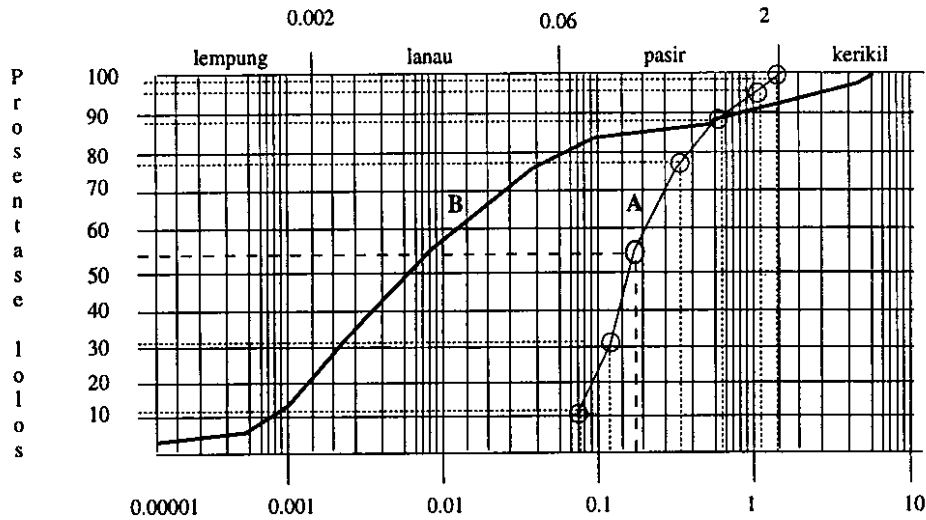
$$\frac{9.9}{300} \times 100\% = 3.3\%$$

$$\frac{24.66}{300} \times 100\% = 8.22\%$$

Kolom 5 (lolos) didapat dari pembagian dari massa tanah total dikurangi jumlah total massa tanah tertahan pada saringan yang lebih besar, dibagi dengan jumlah massa total dikalikan 100%.

$$\frac{300 - 9.9}{300} \times 100\% = 96.7\%$$

$$\frac{300 - 9.9 - 24.66}{300} \times 100\% = 88.45\%$$



Gambar 2.3 : Grafik dari hasil saringan.

Kurva A adalah kurva hasil ayakan pada percobaan tanah diatas

Dari grafik kurva A diatas didapat data sebagai berikut

$$D_{10} = 0.08$$

$$D_{30} = 0.16$$

$$D_{60} = 0.33$$

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0.33}{0.08} = 4.125$$

$$C_c = \frac{D_{60}^2}{D_{60} \times D_{10}} = \frac{0.16^2}{0.33 \times 0.08} = 0.9$$

D_{10} = Diameter yang bersesuaian dengan 10% lolos ayakan

D_{30} = Diameter yang bersesuaian dengan 30% lolos ayakan

D_{60} = Diameter yang bersesuaian dengan 60% lolos ayakan

C_u (Coefisien Uniformitas) Adalah Koefisien keseragaman dimana menunjukkan kemiringan kurva dan menunjukkan sifat seragam (*uniform*) tanah. C_u makin kecil, kurva makin curam, dan butir tanah makin seragam. Sebaliknya C_u makin besar, kurva landai, butir-butir tanah terdiri makin banyak ukuran butir (makin tidak seragam). Ukuran C_u minimal 1, yang berarti semua butiran berukuran sama.

C_c (Curvature Coefisient) Adalah Koefisien gradasi

Suatu tanah dianggap lengkungnya baik jika $1 < C_c < 3$ dan jelek jika $C_c < 1$ dan $C_c > 3$

Gradasi baik (*well graded*) dan gardasi jelek (*poorly graded*)

Kerikil disebut bergradasi baik jika dipenuhi $Cu < 4$ dan $1 < Cc < 3$, dan kedua kriteria harus dipenuhi, jika tidak maka termasuk bergradasi jelek.

Pasir bergradasi baik jika $Cu > 6$ dan $1 < Cc < 3$, kedua kriteria harus dipenuhi, jika tidak maka disebut bergradasi jelek.

Pada gambar kurva diatas semakin ke kanan berarti makin kasar, dan makin ke kiri maka kondisi tanah makin halus. Tanah dengan kurva semakin tegak berarti variasi kuran butiran makin sedikit, atau butir-butirannya makin seragam (*Uniform*). Kurva makin landai berarti ukuran butir makin banyak variasinya atau gradasi makin baik.

Banyaknya presentasi suatu fraksi yang ada dalam tanah dapat diketahui dari perpotongan kurva dengan batas-batas butir fraksi. Misal kurva **B** diatas dapat dilihat presentasinya yaitu

Lempung = 20%

Lanau = 20% - 80% = 60%

Pasir = 80% - 93% = 13%

Kerikil = 93% - 100% = 7%

Batas tanah butir kasar dan tanah butir halus adalah ayakan no 200 (0.075 mm). Jadi pada kurva B tersebut tanah berbutir halus = 82 % dan tanah butir kasar = 18 %

Di alam ini tanah selalu terdiri atas campuran dari beberapa fraksi namun kita akan menamakan tanah tersebut sebagai berikut :

jika kandungan fraksinya lebih besar dari #200 (0.075 mm) lebih dari 50% disebut tanah butir kasar. Jika lebih kecil disebut tanah butir halus.

b. Analisa sedimentasi

Untuk menentukan gradasi butir-butir halus (<0.075 mm) dan menentukan distribusinya. pada analisa ini didasarkan pada hukum Stokes yang berbunyi Butir-butir partikel mengendap dengan kecepatan konstan.

$$V = \frac{(\gamma_s - \gamma_w)gD^2}{1800\mu} \text{ cm/det}$$

Dimana :

V = Kecepatan

D = Diameter equivalen butiran (mm)

γ_s = Berat unit tanah (N/cm^3) = $G/(1+e)$. γ_w

γ_w = Berat unit air (N/cm^3) (dipengaruhi suhu lingkungan).

m = Kekentalan air (poise = gr/cm/det)

g = Percepatan grafitasi cm/det^2

Untuk kondisi tertentu : g_w , g_s , g konstan

maka $D = c\sqrt{v}$

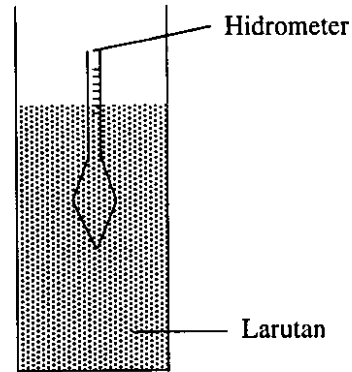
$$D = c\sqrt{L/t}$$

Alat yang digunakan: Hidrometer (alat untuk mengukur berat volume cairan), jika dicelupkan dalam cairan akan terapung berdiri. Berat volume terbaca pada skala dipermukaan cairan.

Butir tanah sebanyak W gram dilarutkan dalam air sehingga volumenya 1000 cc, larutan dikocok rata diberdirikan diatas meja dianggap waktu $t = 0$.

Pada saat itu berat volume larutan = γ (berat volume campuran air dan butir-butir tanah). bila dalam 1000 cc campuran terdapat W gram butir-butir tanah maka :

$$\gamma = \gamma_w = \frac{W(\gamma_s - \gamma_w)}{1000 \gamma_s}$$



Gambar 2.4 Hidrometer dalam suatu larutan.

Pada saat berikutnya, nilai γ akan selalu berkurang karena sebagian butiran mengendap di bawah bendolan hidrometer. Butir-butir yang lebih besar mengendap lebih cepat.

Pada saat $t = t_1$ semua butir yang lebih besar dari $c \sqrt{L_1/t_1}$ sudah lewat bendolan. Bila pada saat $t = t_1$, hidrometer membaca berat volume larutan / cairan = g_1 berarti disekitar butiran hanya ada butir-butir dengan ukuran $\leq D_1$ sebanyak W_1 gram tiap 1000 cc. W_1 dapat dihitung dari persamaan.

$$\gamma = \gamma_w = \frac{W_1 \gamma_s - \gamma_w}{1000 \gamma_s}$$

Dengan mencatat pembacaan γ larutan untuk t_1, t_2, t_3 , dan seterusnya dapat dihitung nilai-nilai W_1, D_1, W_2, D_2 , dst. data tersebut dapat diplotkan pada grafik gradasi tanah, yaitu hubungan antara persen lebih kecil dan diameter butir.

catatan:

Untuk tanah dengan berat unit $\gamma_s = 2.68 \text{ g/cm}^3$ pada suhu 20° , sehingga $\mu = 0.01$ poise, $\gamma_w = 1 \text{ g/cm}^3$ dan $\gamma = 980 \text{ cm/det}^2$, maka $V = 91.5 D^2$

3. KONSISTENSI DAN PLASTISITAS

Konsistensi tanah didefinisikan sebagai suatu kondisi fisis dari suatu tanah berbutir halus pada kadar air tertentu. Sedangkan Plastisitas merupakan karakteristik dari tanah berbutir halus (lempung) yang sangat penting. Plastisitas melukiskan kemampuan tanah untuk berdeformasi pada volume yang tetap tanpa retakan atau remahan.

Atas dasar air yang terkandung didalamnya (Konsistensinya) tanah dibedakan atau dipisahkan menjadi 4 keadaan dasar: Padat, Semi padat, Plastis, Cair.

- Transisi dari padat ke semi padat disebut **batas susut** (*shrinkage limit*) = SL = WS. Yaitu besar kadar air tanah dimana tanah tersebut mempunyai volume terkecil saat airnya mengering.
- Transisi dari semi padat ke plastis disebut **batas plastis** (*plastic limit*) = PL = WP. Yaitu besar kadar air dimana tanah apabila digulung sampai diameter 3.2 mm tanah akan retak-reatak.
- Transisi dari plastis ke cair disebut **batas cair** (*liquid limit*) = LL = WL yaitu kadar air dimana tanah akan mengalir akibat berat sendiri.

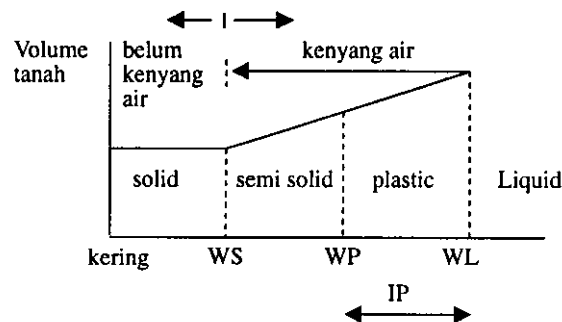
Kadar air pada kondisi transisi diatas pada masing-masing konsistensi disebut batas-batas ATTERBERG. Panjang daerah interval kadar air tanah pada kondisi lastis disebut Index Plastis (IP). $IP = WL - WP =$ selisih batas cair dan batas plastis. Setiap tanah mempunyai WL, WP, WS, IP, yang tidak sama satu dengan yang lain (plastisitas masing masing tanah tidak sama).

Plastisitas rendah $LL < 35\%$

Plastisitas sedang $LL 35\% - 50\%$

Plastisitas tinggi $LL > 50\%$

Berikut ini adalah skema hubungan antara kadar air, volume tanah, konsistensinya, dan batas-batas konsistensinya.

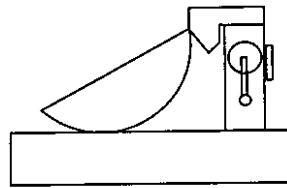


Gambar 2.5 : Skema hubungan kadar air, Volume, dan konsistensi.

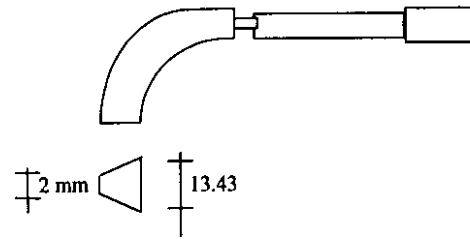
a. Penentuan Batas Cair di Laboratorium

Alat yang digunakan adalah mangkok kuning (Casagrade). Sampel tanah diaduk rata dengan air dalam mangkuk, kemudian pada bagian tengah di barut dengan coret sehingga menjadi dua bagian dengan alur selebar 2 mm. Engkol diputar maka mangkuk terangkat 1 cm dan jatuh bebas pada landasan. Pemutaran dilakukan berulang kali sehingga bagian tanah dalam mangkuk tertaut. Makin kurang "cair" akan memerlukan jumlah pukulan semakin

banyak. Setelah bagian tanah tertaut, dicatat jumlah pukulan dan diperiksa kadar airnya. Tanah dalam keadaan batas cair diperlukan kurang lebih 25 kali pukulan.



Gambar 2.6 Alat Casagrade.



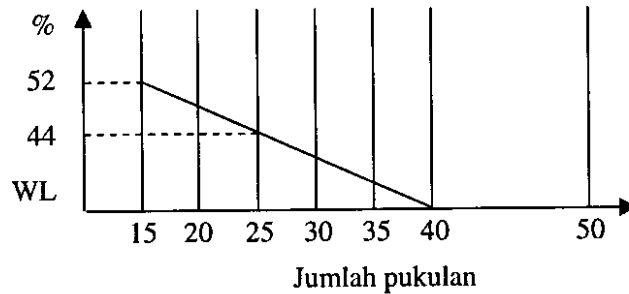
Gambar 2.7 Pengarut (coret).



Gambar 2.8 Kondisi tanah sebelum di putar dan sesudah diputar.

Contoh

sampel	I	II	III	IV
jumlah pukulan	38	28	22	17
kadar air tanah %	39.5	43.1	48.2	52



Gambar 2. 9 : Grafik hubungan jumlah pemukulan dengan kondisi tanah.

Menurut penelitian hubungan antara jumlah pukulan dengan kadar air tanah merupakan garis lurus jika digunakan grafik semi logaritma.

Interpolasi pada pukulan 25 perpotongan pada garis vertikal $N = 25$ lalu tarik garis mendatar didapat $WL = 44 \%$

b. Menentukan Batas Plastis Tanah di Laboratorium

Jika tanah digulung sampai diameter 3 mm mulai timbul retak, maka kondisi semacam ini dianggap sebagai batas plastis. Mulanya tanah basah 20 - 30 gram dibentuk menjadi bola, dan digiling-giling di atas kaca dengan telapak tangan sehingga menjadi silinder dengan diameter kurang lebih 3 mm. Bila tanah menjadi batangan-batangan berdiameter 3 mm belum retak-retak maka kondisinya masih plastis. Maka pekerjaan ini perlu diulang lagi sampai didapat batangan berdiameter 3 mm dengan terdapat retak-retak (batas plastis). Kemudian batang yang retak tersebut dicari kadar airnya. Sehingga didapat kadar air pada batas plastis (WP).



Gambar 2.10 : Gulungan tanah pada uji batas plastis.

c. Menentukan Batas Susut di Laboratorium

Yaitu : kadar air batas, dimana jika tanah dikeringkan tidak susut lagi dan tanah tidak kenyang air. Disini yang dicari adalah kadar air yang menyebabkan tanah dengan volume terkecil V_o menjadi kenyang air.

Pada percobaan ini alat yang digunakan adalah porselin dengan diameter 44.4 mm dan tinggi 12.7 mm. Alat tersebut diisi dengan tanah lalu dikeringkan dengan menggunakan oven.

$$SL = (w_i - \Delta w)\%$$

w_i = kadar air mula mula sebelum dioven

Δw = perubahan kadar air setelah dioven

$$w_i = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100\%$$

$$\Delta w = \frac{(V_i - V_f)\rho_w}{m_2} \times 100\%$$

- dimana
- m_1 = Massa tanah basah
 - m_2 = Massa tanah kering
 - V_i = Volume tanah awal
 - V_f = Volume tanah kering
 - ρ_w = Kerapatan air gr/cm^3



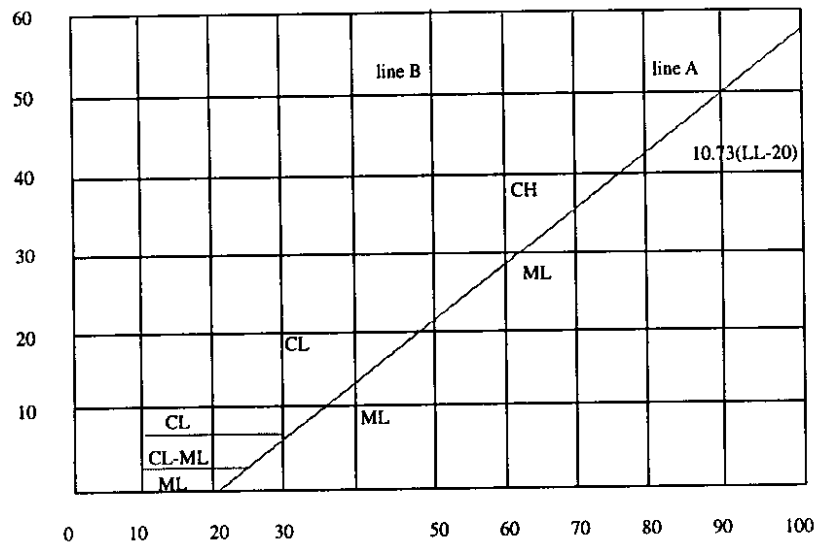
Gambar 2.11: Perbedaan Volume tanah sebelum dan sesudah di oven.

$$SL = \left(\frac{m_1 - m_2}{m_2} \right) \times 100\% - \left(\frac{(V_i - V_f)\rho_w}{m_2} \right) \times 100\%$$

d. Hubungan Batas Batas Konsistensi dengan sifat tanah

WL, WP, WS, dan IP berguna untuk memperkirakan sifat dan mengetahui jenis tanah berbutir halus.

1. Tanah dengan W_s makin kecil menunjukkan tanah bersifat kembang susut makin besar
2. Dengan tanah $WL < 50\%$ Disebut tanah plastisitas rendah.
 $WL > 50\%$ Disebut tanah dengan plastisitas tinggi.
3. Jenis tanah dan sifat tanah ditentukan dari WL dan Ip dengan menggunakan diagram plastisitas (*casagrade*).



Gambar. 2.12 : Diagram karakteristik tanah.

Diagram dibagi dengan empat daerah dengan line A dan B. Jika tanah diketahui nilai WL dan IP dan diplotkan pada diagram dapat diketahui nama tanah dan sifatnya.

$$WL = 60\%$$

$$IP = 40\%$$

maka tanah diatas disebut tanah plastisitas tinggi (*Clay High Plasticity*) disebelah kiri garis B untuk tanah plastisitas rendah, dan sebelah kanan garis B untuk palstisitas tinggi.

Diatas garis A untuk tanah lempung dan dibawah garis A untuk lanau atau tanah organik.

Bila tanah terletak dikiri garis B dan diatas garis A berarti $WL < 50\%$ dan $IP > 0.73 (WL - 30)$ adalah tanah lempung *low plasticity* (CL).

Bila tanah terletak dikanan garis B dan diatas garis A berarti $WL > 50\%$ dan $IP > 0.73 (WL - 20)$.

Contoh

Tanah butiran halus diperiksa di laboratorium diperoleh batas-batas konsistensinya sbb:

WL = 40%, WP = 10%, Termasuk tanah apa?

IP = WL - WP = 30 %

a. Kombinasi WL=40 % dan IP = 30%

setelah diplotkan pada casagrade diagram diatas A dan di kiri B berarti CL

b. Tanpa Diagram

Untuk WL = 40%, IP = 0.73 (40 - 20) = 14.6 %

maka IP = 30% > IP batas =14.6 %

berarti diatas garis A Clay

WL = 40% < 50%

berarti dikiri garis B (*low plasticity*)

4. KLASIFIKASI TANAH

Dalam jenis dan sifat tanah sangat bervariasi. hal ini ditentukan oleh

- perbandingan banyaknya fraksi-fraksi(kerikil, pasir, lanau dan lempung).
- sifat plastisitas butiran halus.

Klasifikasi bermaksud membagi tanah menjadi beberapa golongan tanah dengan kondisi dan sifat yang mirip diberi simbol nama yang sama. Ada 2 cara klasifikasi yang umum yang digunakan:

cara UNIFIED

cara AASHTO

Klasifikasi menurut sistem UNIFIED

Setiap tanah diberi simbol dua huruf, dan dari simbol tersebut dapat diketahui jenisnya dan sifatnya.

Huruf pertama menunjukkan jenisnya, misal

G = kerikil (*gravel*)

S = pasir (*sand*)

M = lanau (*silt*)

C = lempung (*clay*)

O = tanah organik

Huruf kedua menunjukkan sifatnya

W = bergradasi baik (*well graded*)

P = bergradasi jelek (*poorly graded*)

M = mengandung lanau

C = mengandung lempung

L = bersifat plastis rendah (*low plasticity*)

H = bersifat plastis tinggi (*high plasticity*)

Sifat Index (sifat general) yang digunakan untuk mengklasifikasikan tanah adalah :

1. Perbandingan butir kasar dan butir halus, banyaknya fraksi kerikil dan pasir.
2. Gradasi tanah (C_u dan C_o).
3. Batas konsistensi tanah butir halus (W_L dan I_P).
4. Sifat organik tanah.

Tanah dibagi atas 3 kelompok besar :

- a). Tanah organik jika tampak organik misal humus dan gambut. Langsung diberi simbol Pt (plat).
- b). Tanah berbutir halus. Jika butir halusnya lebih banyak dari butir kasarnya, (dari diagram gradasinya atau dilihat di lapangan).
- c). Tanah berbutir kasar, jika butir kasarnya lebih banyak dari butir halusnya (lihat batas ukuran butir halus dan butir kasar).

Tanah butir halus dibagi menjadi 2 kelompok, yaitu tanah butir halus yang sifat plastisnya rendah ($W_L < 50\%$, dan yang sifat plastisnya tinggi ($W_L > 50\%$). Tanah butir kasar juga di bagi menjadi dua bagian yaitu kelompok kerikil jika butir kasarnya fraksi kerikilnya lebih besar dari fraksi pasir (G). Dan yang kedua adalah pasir, jika fraksi pasirnya lebih besar dari fraksi kerikil (S).

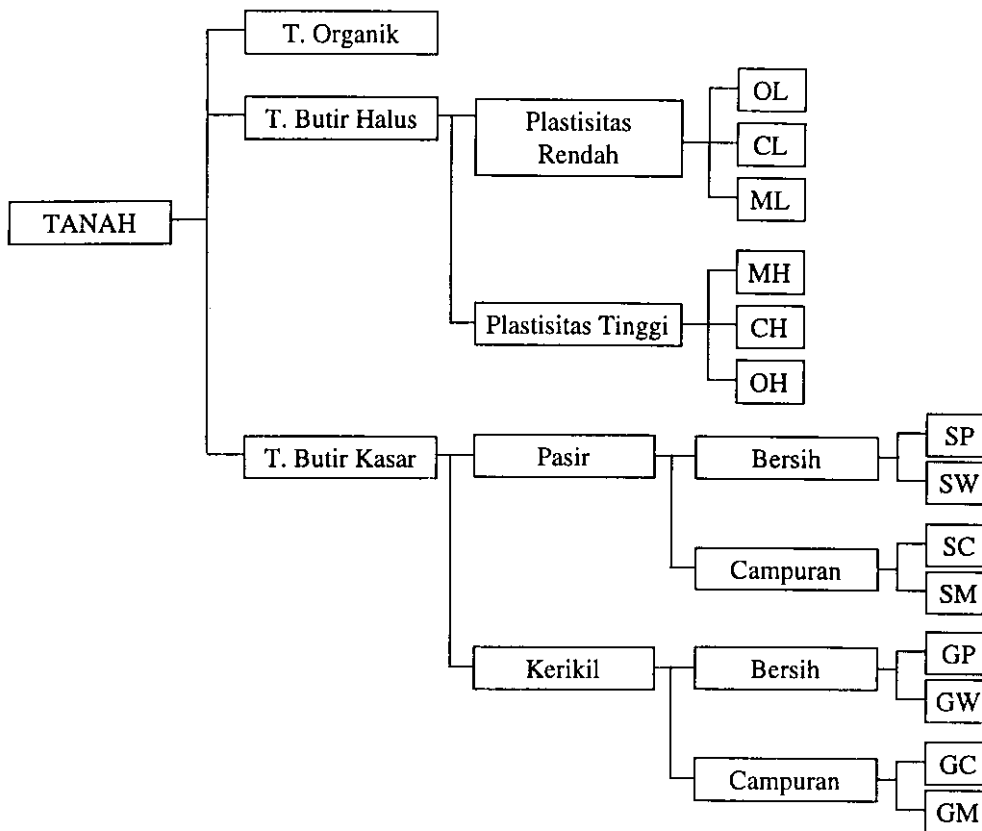
Simbol tanah butir halus ditetapkan dengan menggunakan diagram plastisitas Casagrade didapat CH , MH , OH , CL , ML , OL . Dengan data W_L dan I_P diplotkan dalam diagram, lalu dilihat secara analisis $W_L < 50\%$ atau $W_L > 50\%$. Kemudian dihitung I_P batas = $0.73(W_L - 20)$. jika $I_P > I_P$ batas berarti diatas garis A dan sebaliknya.

Untuk tanah kasar Disini ada 3 kemungkinan pertama bersih bila fraksi halusnya $< 5\%$, kedua dianggap campuran jika fraksi halusnya $> 12\%$ dan ketiga peralihan jika fraksi halusnya antara $5 - 12\%$.

1. Tanah butir kasar bersih (fraksi halus $< 5\%$), tanah butir kasar yang bersih ini disebut punya gradasi baik jika $C_u > 4$ dan $1 < c_c < 3$ untuk pasir dan $C_u > 6$ dan $1 < C_c < 6$, dan disebut poorly graded (simbol P) jika tidak dipenuhi salah satu kriteria diatas.
2. Jika tidak bersih (fraksi halus $> 12\%$), tanah ini tidak perlu dicari C_u dan C_c , fraksi halus dipisahkan dan dicari batas-batas konsistensinya (W_L dan W_P), selanjutnya dilihat pada diagram casagrade. Jika diatas garis A berarti fraksi halusnya lempung. (di dapat tanah GC dan SC) bila dibawah garis A berarti lanau maka diperoleh tanah GM dan SM.
3. Jika fraksi halus antara $5\% - 12\%$.

Pada tanah ini diberikan simbol ganda. Untuk menetapkan W atau P harus dilihat dulu C_u dan C_c . Untuk menetapkan apakah termasuk keluarga C atau M maka perlu diperiksa W_L atau I_P , maka kemungkinan simbol GW-GC, GW-GM, GP-GC, GP-GM, SW-SC, SW-SM, SP-SC, SP-SM.

Tanah butir halus juga dapat diberi simbol ganda misal CL - ML, jika pada diagram casagrade terletak diatas garis Adan nilai I_P nya antara $4 - 7$.



Gambar 2.13: Diagram distribusi tanah.

5. PERMEABILITAS TANAH

Permeabilitas merupakan sifat bahan berpori, dia dapat mengalir / merembes dalam tanah. (dalam tanah dapat terjadi perkolasi air). Tinggi rendahnya permeabilitas ditentukan ukuran pori.

- Pori bersifat sangat permeabel = permeabilitasnya tinggi.
= bersifat pervius
- Lempung bersifat impermeabel = permeabilitasnya rendah.
= impervius
= rapat air / kedap air.
- Lanau dan tanah campuran pasir lempung permeabilitasnya antara pasir lempung.

Koefisien Permeabilitas (k)

Nilai k untuk macam-macam tanah

Kerikil	> 10 cm/det
Pasir	$10 - 10^{-2}$ cm/det
Lanau	$10^{-2} - 10^{-5}$ cm/det
Lempung	$< 10^{-5}$ cm/det

Aliran dalam tanah umumnya aliran laminar berlaku hukum Darcy

$$V = k i$$

dimana V = kecepatan (cm/det)

k = koefisien permeabilitas

I = gradien hidrolis h/l = selisih tinggi tekanan dibagi panjang lintasan

Dari rumus tersebut dapat didefinisikan k adalah kecepatan aliran bila gradien hidrolis $I = 1$

6. DEBIT ALIRAN DALAM TANAH

$$Q = V A$$

Q = debit cm^3/det

A = luas Tampang cm^2

V = bukan kecepatan air yang sebenarnya, karena luas tampang air sama dengan luas pori bukan luas tampang tanah.

7. TEKANAN TOTAL, TEKANAN EFEKTIF DAN TEKANAN PORI

a. Kondisi tanah kering

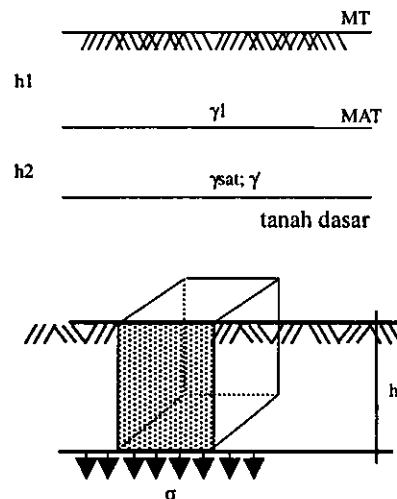
Dipandang tekanan pada suatu bidang datar didalam tanah. Kondisi tanah homogen dan tidak ada air, berapakah tekanan yang bekerja pada kedalaman h ? Tekanan = gaya per luas, Tekanan = berat prisma tanah yang tumpangnya 1 m

$$\text{Berat (W)} = A h \gamma$$

$$\text{Tekanan } (\sigma) = h \gamma$$

Tanah dapat bermacam-macam sesuai kondisinya γ kering = γ_k , atau basah = γ' atau γ_{sat} . Jika tanah berlapis-lapis dan ada beban, maka tekanan pada tanah dasar:

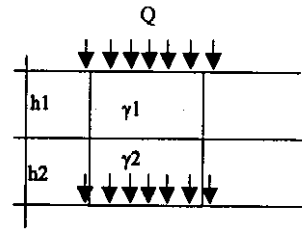
$$\gamma = h_1 \gamma_1 + h_2 \gamma_2 + Q$$



b. Kondisi ada air tanah

Pada kondisi ini dibedakan

- Tekanan total
- Tekanan pori (tekanan air pori = tekanan hidrostatika)



Berapakah tekanan (σ) pada tanah dasar. Tanah terdiri 2 lapis muka air tanah sedalam h_1 dari muka tanah, dengan berat volume tanah γ dan tanah dasar sedalam h_2 dari muka air tanah, dengan berat volume tanah kenyang air = γ_{sat} . Tekanan total = berat total prisma tanah

$$\sigma = h_1 \gamma + h_2 \gamma_{sat}$$

Tekanan air (pori) atau tekanan hidrostatik pada dasar tanah berpengaruh tekanan keatas pada prisma.

$$u = h_2 \gamma_w$$

Maka tekanan efektif = berat prisma efektif

$$\sigma' = \sigma - u$$

Untuk kondisi sederhana seperti diatas jika dihitung didapat

$$\begin{aligned}\sigma' &= \sigma - u \\ &= (h_1 \gamma + h_2 \gamma_{sat}) - h_2 \gamma_w \\ &= h_1 \gamma + h_2 (\gamma_{sat} - \gamma_w)\end{aligned}$$

$$\text{Atau} = h_1 \gamma + h_2 \gamma'$$

Jadi pada kondisi sederhana berlaku tekanan efektif = jumlah tekanan lapisan-lapisan tanah adalah bagian dibawah air dianggap γ' .

Keadaan sederhana, misal:

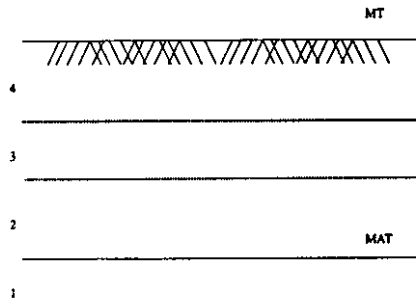
- ada aliran air
- ada gempa bumi
- tanah dalam proses konsolidasi

Pada kondisi-kondisi ini digunakan rumus umum

$$\begin{aligned}\sigma' &= \sigma - u \\ u &\neq h \gamma_w \text{ (bisa lebih benar)}\end{aligned}$$

Catatan

Dalam praktek air tanah berpengaruh pada tanah sebagai berikut:



1. Berat terendam, berat total menggunakan γ_{sat} , berat efektif menggunakan γ' di 2 dan 3. Karena naiknya air kapiler.
2. Tidak terendam, tapi tidak kenyang air dan beratnya γ_{sat} .
3. Kondisi basah atau lembab.
4. Kondisi kering.

Kenaikan air kapiler dipengaruhi oleh ukuran pori-pori tanah. Pada lempung yang pori-porinya kecil, kenaikan air kapiler bisa beberapa meter.

Contoh:

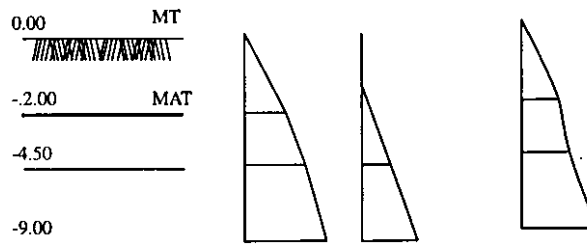
Hitung dan gambarkan diagram tekanan total, tekanan pori dan tekanan efektif untuk kondisi tanah sebagai berikut (sampai -9,0):

MAT terdapat pada -2.0 m

dari + 0. 0 sampai - 4.50 m tanahnya pasir dengan $G = 2.6$, $e = 0.5$ dan bagian diatas mat mempunyai $S = 60\%$

dibawah -4.5 m berupa lempung dengan $G=2.7$ dan $e=0.6$

Pasir dimuka air tanah



$$\gamma = \frac{G + Se}{1 + e} \gamma_w = \frac{2.6 + 0.6 \cdot 0.5}{1 + 0.5} \cdot 9.81 = 18.97 \text{ KN/M}^3$$

Pasir dibawah muka air tanah

$$\gamma_{sat} = \frac{G + e}{1 + e} \gamma_w = 20.87 \text{ KN/M}^3$$

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w = 10.46 \text{ KN/M}^3$$

Lempung

$$\gamma_{sat} = \frac{2.7 + 0.6}{1.06} 9.81 = 20.23 \text{ KN/M}^3$$

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w = 20.23 - 9.81 \text{ KN/M}^3$$

Pada - 0.2 m :

$$\text{Tekanan total} = \sigma_1 = 2 \times 18.97 = 37.94 \text{ KN/M}^2$$

Tekanan pori ul = 0

$$\text{Tekanan efektif} = \sigma_1' = \sigma_1 - u = 37.94 \text{ KN/M}^2$$

Pada -4.5 m

$$\sigma_2 = 2 \times 18.97 + 2.5 \times 20.27 = 88.62 \text{ KN/M}^2$$

$$u_2 = h \gamma_w = 2.5 \times 9.8 = 24.53 \text{ KN/M}^2$$

$$\sigma_2' = \sigma_2 - u_2 = 88.62 - 24.53 = 64.09 \text{ KN/M}^2$$

Pada kedalaman -0.9 m

$$\sigma_s = 2 \times 18.97 + 2.5 \times 20.27 + 4.5 \times 20.23 = 179.65 \text{ KN/M}^2$$

$$u = 7 \times 9.8 = 68.67 \text{ KN/M}^2$$

$$\sigma_s' = \sigma_s - u = 179.65 - 68.67 = 110.98 \text{ KN/M}^2$$

Plotkan angka-angka tersebut pada diagram gambar A, B, C Untuk kondisi ini σ' juga dapat dihitung secara langsung dengan menggunakan γ' .

$$\sigma_1' = \sigma_1 = 2 \times 18.97 = 37.94 \text{ KN/M}^2$$

$$\sigma_2' = h_1 \gamma_1 + h_2 \gamma_2 = 2 \times 18.97 + 2.5 \times 10.16 = 64.09 \text{ KN/M}^2$$

$$\sigma_3' = 2 \times 18.97 + 2.5 \times 10.46 + 4.5 \times 10.42 = 110.98 \text{ KN/M}^2$$

Jika diatas tanah ada $q = 10 \text{ KN/M}^2$ (merata) maka diagram berubah