

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah

Definisi dan pengertian dari tanah adalah kumpulan tubuh alam yang menduduki sebagian besar daratan planet bumi, yang mampu menumbuhkan tanaman dan sebagai tempat makhluk hidup lainnya dalam melangsungkan kehidupannya. Menurut pandangan dan pengertian yang diberikan oleh para ahli tanah sebagai berikut :

1. Tanah adalah bentukan alam, seperti tumbuh-tumbuhan, hewan, dan manusia yang mempunyai sifat tersendiri serta mencerminkan hasil pengaruh berbagai faktor yang membentuknya di alam.
2. Tanah adalah sarana produksi tanaman yang mampu menghasilkan berbagai tanaman.

(Mekanika Tanah Teori, Soal, dan Penyelesaian oleh Bambang Surendro).

Dalam pandangan teknik sipil, tanah adalah himpunan mineral, bahan organik, dan endapan-endapan yang relatif lepas (*loose*), yang terletak di atas batuan dasar (*bedrock*). (Mekanika Tanah I Edisi ke enam oleh Hary Christady Hardiyatmo).

Tanah dapat digolongkan menjadi tiga jenis atau kategori, yaitu tanah non kohesif, tanah kohesif, dan tanah organik. Pada tanah non kohesif, antar butirannya saling lepas (tidak ada ikatan), pada tanah kohesif butirannya sangat halus dan saling mengikat, sedangkan tanah organik punya ciri tanahnya remah dan mudah ditekan (*compressible*). Tanah organik tidak baik untuk dasar bangunan.

Yang termasuk tanah non kohesif, antara lain kerikil, pasir, dan lumpur. Kerikil punya ukuran butiran lebih besar dari 5 mm, ukuran butiran pasir berkisar antara 0,1 mm – 5 mm. Baik pasir maupun kerikil dikategorikan menjadi dua jenis, yaitu kerikil/pasir kasar dan halus. Ukuran butiran lumpur berkisar antara 0,005 mm – 0,1 mm. Jenis tanah kohesif yang banyak ditemui adalah lempung (*clay*) dengan ukuran butiran sekitar 0,005 mm. (Mekanika Tanah Teori, Soal, dan Penyelesaian oleh Bambang Surendro).

2.2 Tanah Lempung

Lempung (clays) sebagian besar terdiri dari partikel mikroskopis dan submikroskopis (tidak dapat dilihat dengan jelas bila hanya dengan mikroskopis biasa) yang berbentuk lempengan-lempengan pipih dan merupakan partikel-partikel dari mika, mineral-mineral lempung (*clay minerals*), dan mineral-mineral yang sangat halus lain. Lempung didefinisikan sebagai golongan partikel yang berukuran kurang dari 0,002 mm (2 mikron). Namun demikian, di beberapa kasus, partikel berukuran antara 0,002 mm sampai 0,005 mm juga masih digolongkan sebagai partikel lempung (lihat *American Standard Testing and Material (ASTM) D-653*). Di sini tanah diklasifikasikan sebagai lempung (hanya berdasarkan pada ukurannya saja). Belum tentu tanah dengan ukuran partikel lempung tersebut juga mengandung mineral-mineral lempung (*clay minerals*). Dari segi mineral (bukan ukurannya), yang disebut tanah lempung (dan mineral lempung) ialah yang mempunyai partikel-partikel mineral tertentu yang menghasilkan sifat-sifat plastis pada tanah bila dicampur dengan air.

2.2.1 Susunan Tanah Lempung

Pelapukan tanah akibat reaksi kimia menghasilkan susunan kelompok partikel berukuran koloid dengan diameter butiran lebih kecil dari 0,002 mm, yang disebut mineral lempung. Partikel lempung berbentuk seperti lembaran yang mempunyai permukaan khusus, sehingga lempung mempunyai sifat sangat dipengaruhi oleh gaya-gaya permukaan. Terdapat kira-kira 15 macam mineral yang diklasifikasikan sebagai mineral lempung. Di antaranya terdiri dari kelompok-kelompok: *montmorillonite*, *illite*, *kaolinite*, dan *olygorskite* terdapat pula kelompok yang lain, Misalnya: *chlorite*, *vermiculite*, dan *halloysite*.

Susunan kebanyakan tanah lempung terdiri dari silika tetrahedra dan aluminium oktahedra. Silika dan aluminium secara parsial dapat digantikan oleh elemen yang lain dalam kesatuannya, keadaan ini dikenal sebagai *substitusi isomorf*. Kombinasi susunan dari kesatuan dalam bentuk susunan lempeng simbol. Berbagai macam lempung terbentuk oleh kombinasi tumpukan dari susunan lempeng dasarnya dengan bentuk yang berbeda-beda.

Kaolinite merupakan mineral dari kelompok kaolin, terdiri dari susunan satu lembar silica tetrahedral dengan satu lembar aluminium oktahedra, dengan satuan susunan setebal $7,2 \text{ \AA}$ ($1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$). Kedua lembaran terikat bersama-sama, sedemikian hingga ujung dari lembaran silica dan satu lapisan lembaran silica dan aluminium, keduanya terikat oleh ikatan hidrogen. Pada keadaan tertentu, partikel *kaolinite* mungkin lebih dari serratus tumpukan yang sukar dipisahkan. Karena itu, mineral ini stabil dan air tidak dapat masuk diantara lempengan (air dapat menimbulkan kembang-susut pada sel satuannya).

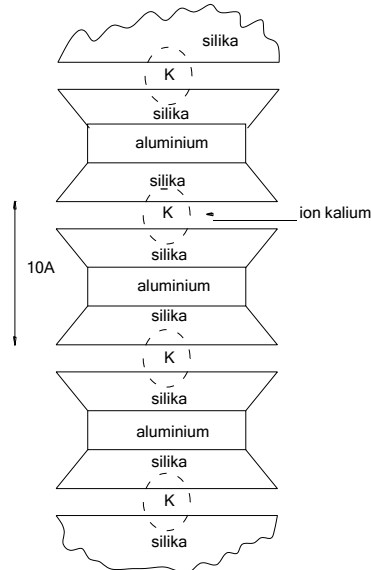
Halloysite hampir sama dengan *kaolinite*, tetapi kesatuan yang berurutan lebih acak ikatannya dan dapat dipisahkan oleh lapisan tunggal molekul air. Jika lapisan tunggal air menghilang oleh karena proses penguapan, mineral ini akan berkelakuan lain. Maka, sifat tanah berbutir halus yang mengandung *halloysite* akan berubah secara tajam jika tanah dipanasi sampai menghilangkan lapisan tunggal molekul airnya. Sifat khusus lain adalah bentuk partikelnya menyerupai silinder-silinder memanjang, tidak seperti *kaolinite* yang berbentuk pelat-pelat.

Montmorillonite, disebut juga *smectite*, adalah mineral yang dibentuk oleh dua lembar silica dan satu lembar aluminium (*gibbsite*). Lembaran oktahedra terletak di antara dua lembaran silika dengan ujung tetrahedral tercampur dengan hidroksil dari lembaran oktahedra untuk membentuk satu lapisan aluminium oleh magnesium. Karena adanya gaya ikatan Van der Waals yang lemah di antara ujung lembaran silika dan terdapat kekurangan muatan negatif dalam lembaran oktahedra, air dan ion-ion yang berpindah-pindah dapat masuk dan memisahkan lapisannya, jadi kristal *montmorillonite* sangat kecil, tapi pada waktu tertentu mempunyai gaya tarik yang kuat terhadap air. Tanah-tanah yang mengandung *montmorillonite* sangat mudah mengembang oleh tambahan kadar air. Tekanan pengembangan yang dihasilkan dapat merusak struktur ringan dan perkerasan jalan raya.

Illite adalah bentuk mineral lempung yang terdiri dari mineral-mineral kelompok *illite*. Bentuk susunan dasarnya terdiri dari sebuah lembaran aluminium oktahedra yang terikat diantara dua lembaran silika tetrahedra. Dalam lembaran oktahedra, terdapat substitusi parsial aluminium oleh magnesium dan besi, dan dalam lembaran tetrahedra terdapat pula substitusi silikon oleh aluminium.

Lembaran-lembaran terikat bersama-sama oleh ikatan lemah ion-ion kalium yang terdapat di antara lembaran-lembarannya. Ikatan-ikatan dengan ion kalium (K^+) lebih lemah daripada ikatan hidrogen yang mengikat satuan kristal *kaolinite*, tapi sangat lebih kuat daripada ikatan ionik yang membentuk kristal *montmorillonite*. Susunan *illite* tidak mudah mengembang oleh air di antara lembaran-lembarannya.

(Mekanika Tanah I Edisi ke enam oleh Hary Christady Hardiyatmo)



Gambar 2.1. Diagram skematik struktur *illite*

2.3 Klasifikasi Tanah

Umumnya, penentuan sifat-sifat tanah banyak dijumpai dalam masalah teknis yang berhubungan dengan tanah. Hasil dari penyelidikan sifat-sifat ini kemudian dapat digunakan untuk mengevaluasi masalah-masalah tertentu seperti :

1. Penentuan penurunan bangunan, yaitu dengan menentukan kompresibilitas tanah. Dari sini, selanjutnya digunakan dalam persamaan penurunan yang didasarkan pada teori konsolidasi, misalnya teori Terzaghi.
2. Penentuan kecepatan air yang mengalir lewat benda uji guna menghitung koefisien permeabilitas. Dari sini kemudian dihubungkan dengan Hukum Darcy dan jarring arus (*flownet*) untuk menentukan debit aliran yang lewat struktur tanah.

3. Untuk mengevaluasi stabilitas tanah yang miring, yaitu dengan menentukan kuat geser tanah. Dari sini kemudian disubstitusikan dalam rumus statika (stabilitas lereng).

Dalam banyak masalah teknis (semacam perencanaan perkerasan jalan, bendungan dalam urugan, dan lain-lainnya), pemilihan tanah-tanah ke dalam kelompok ataupun subkelompok yang menunjukkan sifat atau kelakuan yang sama akan sangat membantu. Pemilihan ini disebut klasifikasi.

Klasifikasi tanah sangat membantu perancang dalam memberikan pengarahan melalui cara empiris yang tersedia dari hasil pengalaman yang telah lalu. Tetapi, perancang harus berhati-hati dalam penerapannya karena penyelesaian masalah stabilitas, kompresi (penurunan), aliran air yang didasarkan pada klasifikasi tanah sering menimbulkan kesalahan yang berarti. Kebanyakan klasifikasi tanah menggunakan indeks tipe pengujian yang sangat sederhana untuk memperoleh karakteristik tanah. Karakteristik tersebut digunakan untuk menentukan kelompok klasifikasi. Umumnya, klasifikasi tanah didasarkan atas ukuran partikel yang diperoleh dari analisis saringan (dan uji sedimentasi) dan plastisitas.

Terdapat dua system klasifikasi yang sering digunakan, yaitu *Unified Soil Classification System* dan *AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials)*. Sistem-sistem ini menggunakan sifat-sifat indeks tanah yang sederhana seperti distribusi ukuran butiran, batas cair dan indeks plastisitas. Klasifikasi tanah dari *Sistem Unified* mula pertama diusulkan oleh Casagrande (1942), kemudian direvisi oleh kelompok teknisi dari USBR (*United State Bureau of Reclamation*). Dalam bentuk yang sekarang, system ini banyak digunakan oleh berbagai organisasi konsultan geoteknik.

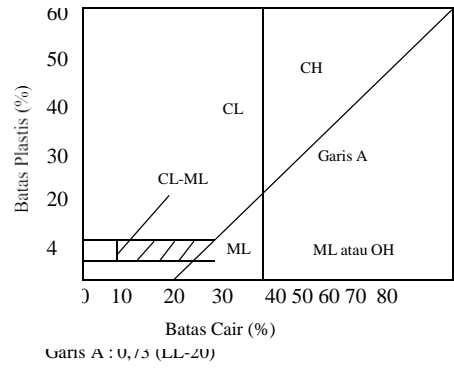
2.3.1 Sistem Klasifikasi *Unified*

Pada sistem *Unified*, tanah diklasifikasikan ke dalam tanah berbutir kasar (kerikil dan pasir) jika kurang dari 50% lolos saringan nomor 200, dan sebagai tanah berbutir halus (lanau/lempung) jika lebih dari 50% lolos saringan nomor 200. Selanjutnya, tanah diklasifikasikan dalam sejumlah kelompok dan subkelompok yang dapat dilihat dalam Tabel 2.1. Simbol-simbol yang digunakan tersebut adalah

- G* = kerikil (*gravel*)
S = pasir (*sand*)
C = lempung (*clay*)
M = lanau (*silt*)
O = lanau atau lempung organik (*organic silt or clay*)
Pt = tanah gambut dan tanah organik tinggi (*peat and highly organic soil*)
W = gradasi baik (*well-graded*)
P = gradasi buruk (*poorly-graded*)
H = plastisitas tinggi (*high-plasticity*)
L = plastisitas rendah (*low-plasticity*)

Tabel 2.1. Sistem Klasifikasi Tanah Unified

| Divisi Utama | | Simbol | Nama Umum | Kriteria Klasifikasi | | |
|--|--|---|--|---|---|---|
| Tanah berbutir kasar ≥ 50% butiran tertahan saringan No. 200 | Kerikil 50% ≥ fraksi kasar tertahan saringan No. 4 | Kerikil bersih (hanya kerikil) | GW | Krikil bergradasi-baik dan campuran krikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus | $Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $Cu = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW | |
| | | | GP | Kerikil bergradasi -buruk dan campuran pasir, sedikit kerikil atau halus sama sekali tidak mengandung butiran | | |
| | | Kerikil dengan Butiran halus | GM | Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau | Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$ | Bila batas Atterberg berada di daerah arsis dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol |
| | | | GC | Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung | Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI > 7$ | |
| | Pasir ≥ 50% fraksi kasar lolos saringan No. 4 | Pasir bersih (hanya pasir) | SW | Pasir bergradasi-baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus | $Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $Cu = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 | |
| | | | SP | Pasir bergradasi-buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus | | |
| | | Pasir dengan butiran halus | SM | Pasir berlanau, campuran pasir-lanau | Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$ | Bila batas Atterberg berada di daerah arsis dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol |
| | | | SC | Asir berlempung, campuran pasir lempung | Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI > 7$ | |
| | Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos ayakan No. 200 | Lanau dan lempung batas cair ≤ 50% | ML | Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung | Diagram Plastisitas: Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan kasar. Batas Atterberg yang termasuk dalam daerah yang di arsis berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol. | |
| | | | CL | Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus" (<i>lean clays</i>) | | |
| OL | | | Lanau-organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah | | | |
| Lanau dan lempung batas cair ≥ 50% | | MH | Lanau anorganik atau pasir halus diatomae, atau lanau diatomae, lanau yang elastis | | | |
| | | CH | Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" (<i>fat clays</i>) | | | |
| | | OH | Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi | | | |
| Tanah-tanah dengan kandungan organik sangat tinggi | PT | Peat (gambut), muck, dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi | Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488 | | | |



(Sumber : *Mekanika Tanah I Edisi ke enam, Hardiyatmo, 2012*)

Prosedur untuk menentukan klasifikasi tanah Sistem Unified adalah sebagai berikut :

1. Tentukan apakah tanah berupa butiran halus atau butiran kasar secara visual atau dengan cara menyaringnya dengan saringan nomor 200.
2. Jika tanah berupa butiran kasar :
 - a. Saring tanah tersebut dan gambarkan grafik distribusi butiran.
 - b. Tentukan persen butiran lolos saringan no. 4. Bila persentase butiran yang lolos kurang dari 50%, klasifikasikan tanah tersebut sebagai kerikil. Bila persen butiran yang lolos lebih dari 50%, klasifikasikan sebagai pasir.
 - c. Tentukan jumlah butiran yang lolos saringan no.200. Jika persentase butiran yang lolos kurang dari 5%, pertimbangkan bentuk grafik distribusi butiran dengan menghitung C_u (koefisien keseragaman) dan C_c (koefisien gradasi). Jika termasuk bergradasi baik, maka klasifikasikan sebagai *GW* (bila kerikil) atau *SW* (bila pasir). Jika termasuk bergradasi buruk, klasifikasikan sebagai *GP* (bila kerikil) atau *SP* (bila pasir).
 - d. Jika persentase butiran tanah yang lolos saringan no.200 di antara 5 sampai 12%, tanah akan mempunyai simbol dobel dan mempunyai sifat keplastisan (*GW - GM*, *SW - SM*, dan sebagainya).
 - e. Jika persentase butiran yang lolos saringan no.200 lebih besar 12%, harus dilakukan uji batas-batas Atterberg dengan menyingkirkan butiran tanah yang tinggal dalam saringan no. 40. Kemudian, dengan menggunakan diagram plastisitas, ditentukan klasifikasinya (*GM*, *GC*, *SM*, *SC*, *GM - GC* atau *SM - SC*).
3. Jika tanah berbutir halus :
 - a. Kerjakan uji batas-batas Atterberg dengan menyingkirkan butiran tanah yang tinggal dalam saringan no. 40. Jika batas cair lebih dari 50, klasifikasikan sebagai H (plastisitas tinggi) dan jika kurang dari 50, klasifikasikan sebagai L (plastisitas rendah).
 - b. Untuk H (plastisitas tinggi), jika plot batas-batas Atterberg pada grafik plastisitas di bawah garis A, tentukan apakah tanah organik (OH) atau

anorganik (MH). Jika plotnya jatuh di atas garis A, klasifikasikan sebagai CH.

- c. Untuk L (plastisitas rendah), jika plot batas-batas Atterberg pada grafik plastisitas di bawah garis A dan area yang diarsir, tentukan klasifikasi tanah tersebut sebagai organik (OL) atau anorganik (ML) berdasar warna, bau, atau perubahan batas cair dan batas plastisnya dengan mengeringkannya di dalam oven.
- d. Jika plot batas-batas Atterberg pada grafik plastisitas jatuh pada area yang diarsir, dekat dengan garis A atau nilai LL sekitar 50, gunakan simbol dobel.

2.3.2 Sistem Klasifikasi AASHTO

Sistem klasifikasi *AASHTO* (*American Association of State Highway and Transportation Officials Classification*) berguna untuk menentukan kualitas tanah untuk perencanaan timbunan jalan, *subbase* dan *subgrade*. Sistem ini terutama ditujukan untuk maksud-maksud dalam lingkup tersebut.

Sistem klasifikasi *AASHTO* membagi tanah ke dalam 8 kelompok, A-1 sampai A-8 termasuk sub-sub kelompok. Tanah-tanah dalam tiap kelompoknya dievaluasi terhadap indeks kelompoknya yang dihitung dengan rumus-rumus empiris. Pengujian yang digunakan adalah analisis saringan dan batas-batas Atterberg. Sistem klasifikasi *AASHTO* dapat dilihat dalam Tabel 2.2.

Indeks kelompok (*group index*) (GI) digunakan untuk mengevaluasi lebih lanjut tanah-tanah dalam kelompoknya. Indeks kelompok dihitung dengan persamaan :

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

dengan :

GI = indeks kelompok (*group index*)

F = persen butiran lolos saringan no. 200 (0,075 mm)

LL = batas cair

PI = indeks plastisitas

Tabel 2.2. Sistem Klasifikasi AASHTO

| Klasifikasi Umum | Tanah berbutir (35 % atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200) | | | | | | | Tanah lanau - lempung (lebih dari 35 % dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200) | | | |
|--|--|-----------|----------------|--|-----------|-----------|-----------|--|-----------|------------------|----------------|
| | A-1 | | A-3 | A-2 | | | | A-4 | A-5 | A-6 | A-7 |
| Klasifikasi Kelompok | A-1a | A-1b | | A-2-4 | A-2-5 | A-2-6 | A-2-7 | | | | A-7-5* A-7-6** |
| Analisis ayakan (% lolos) | | | | | | | --- | | | | |
| No. 10 | ≤ 50 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| No. 40 | ≤ 30 | ≤ 50 | ≥ 51 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| No. 200 | ≤ 15 | ≤ 25 | ≤ 10 | ≤ 35 | ≤ 35 | ≤ 35 | ≤ 35 | ≥ 36 | ≥ 36 | ≥ 36 | ≥ 36 |
| Sifat fraksi yang lolos ayakan No. 40 | | | | | | | | | | | |
| Batas Cair (LL) | --- | --- | --- | ≤ 40 | ≥ 41 | ≤ 40 | ≥ 41 | ≤ 40 | ≥ 40 | ≤ 40 | ≥ 41 |
| Indek Plastisitas (PI) | ≤ 6 | | NP | ≤ 10 | ≤ 10 | ≥ 11 | ≥ 11 | ≤ 10 | ≤ 10 | ≥ 11 | ≥ 11 |
| Tipe material yang paling dominan | Batu pecah, kerikil dan pasir | | Pasir halus | Kerikil dan pasir yang berlanau atau berlempung | | | | Tanah berlanau | | Tanah berlempung | |
| Penilaian sebagai bahan tanah dasar | Baik sekali sampai baik | | | | | | | Biasa sampai jelek | | | |

Keterangan : * Untuk A-7-5, $PI \leq LL - 30$ ** Untuk A-7-6, $PI > LL - 30$

(Sumber : Mekanika Tanah I Edisi ke enam, Hardiyatmo, 201

Bila nilai indeks kelompok (GI) semakin tinggi, maka semakin berkurang ketepatan dalam penggunaan tanahnya. Tanah bergranuler diklasifikasikan ke dalam klasifikasi A-1 sampai A-3. Tanah A-1 merupakan tanah granuler yang bergradasi baik, sedang A-3 adalah pasir bersih yang bergradasi buruk. Tanah A-2 termasuk tanah granuler (kurang dari 35% lolos saringan no. 200), tetapi masih mengandung lanau dan lempung. Tanah berbutir halus diklasifikasikan dari A-4 sampai A-7, yaitu tanah lempung-lanau. Perbedaan keduanya didasarkan pada batas-batas Atterberg. (Mekanika Tanah I Edisi ke enam oleh Hary Christady Hardiyatmo)

2.4 Prosedur Pengujian Laboratorium

Dalam suatu pengujian laboratorium terdapat beberapa prosedur kerja yang harus diikuti sesuai dengan langkah-langkah kerja yang telah ada di buku panduan, sehingga pengujian yang dilakukan menghasilkan nilai yang sebenarnya.

2.4.1 Pengujian Indeks Propertis Tanah

Sifat fisik tanah yaitu sifat tanah dalam keadaan asli yang digunakan untuk menentukan jenis tanah. Pengujian ini dilakukan pada sampel tanah yang akan digunakan yaitu pengujian pengidentifikasian tanah. Adapun pengujian ini terdiri dari:

a. Pengujian kadar air (Water Content)

Kadar air sangat mempengaruhi perilaku tanah khususnya proses pengembangannya. Tanah dengan kadar air rendah memiliki potensi pengembangan yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanah kadar air tinggi. Hal ini disebabkan karena tanah dengan kadar air alami rendah lebih berpotensi untuk menyerap air lebih banyak.

b. Pengujian berat jenis (GS) Specific Gravity

Berat jenis tanah adalah perbandingan antara berat butir tanah dengan volume tanah padat atau berat air dengan isi sama dengan isi tanah padat tersebut pada suhu tertentu. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berat jenis butiran tanah.

Tabel 2.3. Berat jenis tanah (*specific gravity*)

| Jenis Tanah | Berat Jenis (GS) |
|-------------------|------------------|
| Kerikil | 2,65 – 2,68 |
| Pasir | 2,65 – 2,68 |
| Lanau anorganik | 2,62 – 2,68 |
| Lempung organic | 2,58 – 2,65 |
| Lempung anorganik | 2,68 – 2,75 |
| Humus | 1,37 |
| Gambut | 1,25 – 1,80 |

(Sumber : Hardiyatmo, 2012)

c. Analisa saringan butiran

Sifat-sifat tanah sangat bergantung pada ukuran butirannya. Besarnya butiran dijadikan dasar untuk pemberian nama dan klasifikasi tanah. Oleh karena itu, analisis butiran ini merupakan pengujian yang sangat sering dilakukan.

Analisis ukuran butiran tanah adalah penentuan persentase berat butiran pada satu unit saringan. Dengan ukuran diameter lubang tertentu.

1. Tanah berbutir kasar

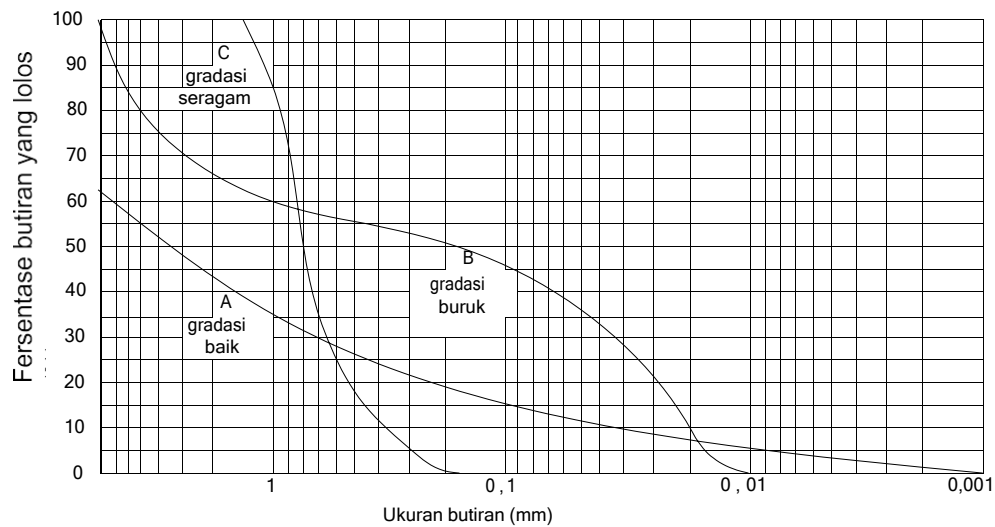
Distribusi ukuran butir untuk tanah berbutir kasar dapat ditentukan dengan cara menyaring. Caranya, tanah benda uji disaring lewat satu unit saringan standar laboratorium. Berat tanah yang tertinggal pada masing-masing saringan ditimbang, lalu persentase terhadap berat kumulatif tanah dihitung.

2. Tanah berbutir halus

Distribusi ukuran butir tanah berbutir halus dapat ditentukan dengan cara sedimentasi. Metode ini didasarkan pada hukum Stokes, yang berkenaan dengan kecepatan mengendap butiran pada larutan suspense.

Untuk tanah yang terdiri dari campuran butiran halus dan kasar, gabungan antara analisis saringan dan sedimentasi dapat digunakan. Dari hasil penggambaran kurva yang diperoleh, tanah berbutir kasar digolongkan sebagai gradasi baik bila tidak ada kelebihan butiran pada sembarang ukuran saringannya dan tidak ada yang kurang pada butiran sedang. Umumnya tanah

bergradasi baik jika distribusi ukurannya tersebar luas. Tanah berbutir kasar digambarkan sebagai gradasi buruk, bila jumlah berat butiran sebagian besar mengelompokkan di dalam batas interval diameter butir yang sempit (disebut bergradasi seragam). Tanah juga termasuk bergradasi buruk, jika butiran besar maupun kecil ada, tapi dengan pembagian butiran yang relatif rendah pada ukuran sedang.



Gambar 2.2. Analisis Distribusi Ukuran Butiran

d. Pengujian batas-batas konsistensi (Atterberg Limit)

Suatu metode untuk menjelaskan sifat konsistensi tanah berbutir halus pada air yang bervariasi. *Atterberg limits* yang dimiliki suatu jenis tanah memberikan gambaran akan plastisitas tanah tersebut, dan sangat berhubungan dengan masalah kemampuan pengembangan (*swelling*) dan penyusutan (*shrinkage*). Air yang berkaitan dengan fase-fase perubahan pada tanah lempung adalah batas-batas konsistensi (*atterberg limits*). Pengujian batas-batas konsistensi (*atterberg limit*) dilakukan pada tanah terganggu (*disturbed*). Adapun pengujian batas-batas konsistensi (*atterberg limit*) yang dilakukan adalah :

- Batas susut (*Shrinkage Limit / SL*)

Batas susut didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan antara semi padat dan padat, yaitu persentase kadar air maksimum dimana pengurangan kadar air selanjutnya tidak menyebabkan berkurangnya volume tanah. Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan batas susut suatu tanah. *Linier Shrinkage* merupakan persentasi dari panjang asli dari sampel tanah yang diuji. Percobaan batas susut dilaksanakan dengan cawan poselin diameter 44,4 mm dan tinggi 12,7 mm. Bagian dalam cawan dilapisi minyak dan diisi dengan tanah jenuh sempurna. Kemudian keringkan dalam oven. Volume ditentukan dengan mencelupkannya dengan air raksa.

$$SL = \left\{ \frac{m_1 - m_2}{m_2} - \frac{(v_1 - v_2) \cdot \gamma_w}{m_2} \right\} \times 100\% \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana :

- m_1 = berat tanah dalam percobaan (gram)
- m_2 = berat tanah kering oven (gram)
- v_1 = volume tanah basah dalam cawan (cm^3)
- v_2 = volume tanah kering oven (cm^3)
- γ_w = berat volume air (gr/cm^3)

- Batas cair (*Liquid Limit / LL*)

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan kadar air suatu tanah pada keadaan batas cair. Pengujian ini dilakukan terhadap tanah yang berbutir halus atau lebih kecil. Batas cair adalah kadar air minimum, yaitu sifat tanah berubah dari keadaan cair menjadi keadaan plastis.

Perhitungan :

1. Tentukan kadar air masing-masing variasi dan digambarkan dalam bentuk grafik.
2. Buatlah garis lurus melalui titik-titik hasil pengujian.
3. Kadar air didapatkan pada jumlah ketukan 25 kali adalah nilai batas cairnya.

- Batas plastis (*Plasticity Limit / PL*)

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan kadar air suatu tanah pada keadaan plastis. Batas plastis adalah kadar air minimum, yaitu tanah masih

dalam keadaan plastis. Persentase kadar air dimana tanah dengan diameter silinder 3,2 mm mulai retak-retak ketika di gulung.

- Indeks plastisitas (*Plasticity Index / PI*)

Indeks plastisitas (PI) adalah selisih batas cair dan batas plastis. Indeks Plastis (PI) merupakan interval kadar air dimana tanah masih bersifat plastis. Karena itu, plastisitas menunjukkan sifat keplastisan tanah. Jika tanah mempunyai PI yang tinggi, maka tanah banyak mengandung butiran lempung. Jika PI rendah, seperti lanau sedikit pengurangan kadar air berakibat tanah menjadi kering. Batasan mengenai indek plastisitas, sifat, macam tanah, dan kohesi diberikan oleh *atterberg limit* terdapat dalam tabel.

Perhitungan :

$$\text{Indeks plastis (PL)} = \text{batas cair (LL)} - \text{batas plastis (PL)} \dots\dots\dots (2.3)$$

2.4.2 Pengujian Sifat Mekanis Tanah

a. Pengujian pemadatan (*Compaction*)

Pemadatan merupakan proses dimana tanah yang terdiri dari butiran tanah, air, dan udara diberi energi mekanik seperti penggilasan (*rolling*) dan pergetaran (*vibrating*) sehingga volume tanah akan berkurang dengan mengeluarkan udara pada pori-pori tanah. Untuk pemadatan di laboratorium dapat dilakukan dengan cara, yaitu *Standart Compaction Test* dan *Modified Compaction Test*.

Pengujian pemadatan ini dilakukan untuk mengurangi kompresibilitas dan permeabilitas tanah serta untuk menentukan kadar air optimum yaitu nilaikadar air pada berat kering maksimum. Kadar air optimum yang diperoleh dari hasil pengujian pemadatan ini digunakan untuk penelitian uji kuat tekan bebas.

Pemadatan tanah ini dilakukan pada asli dan campuran yang menggunakan metode *Standart Compaction Test*. Pengujian ini dipakai untuk menentukan kadar air optimum dan berat isi kering maksimum.

Pemadatan ini dilakukan dalam cetakan dengan memakai alat pemukul dengan tinggi jatuh tertentu

Perhitungan :

$$\text{- Berat isi basah} = \frac{\text{berat tanah}}{\text{volume}} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$\text{- Berat isi kering} = \frac{\text{berat isi basah}}{100 + (\text{kadar air sebenarnya}) \times 100\% \dots\dots\dots(2.6)$$

$$\text{- Berat} = \text{berat isi kering} \times \text{volume} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$\text{- Volume tanah kering} = \frac{\text{berat tanah kering}}{G_s} \dots\dots\dots(2.8) -$$

$$\text{ZAV} = \frac{G_s \cdot \gamma_w}{1 + \frac{w}{100}} \times G_s \dots\dots\dots (2.9)$$

b. California Bearing Ratio (CBR)

CBR dikembangkan oleh *California State Highway Departement* sebagai cara untuk menilai kekuatan tanah dasar jalan (*subgrade*). CBR menunjukkan nilai relatif kekuatan tanah, semakin tinggi kepadatan tanah maka nilai CBR akan semakin tinggi. Walaupun demikian, tidak berarti bahwa sebaiknya tanah dasar dipadatkan dengan kadar air rendah supaya mendapat nilai CBR yang tinggi, karena kadar air kemungkinan tidak akan konstan pada kondisi ini. Pemeriksaan CBR bertujuan untuk menentukan harga CBR tanah yang dipadatkan di laboratorium pada kadar air tertentu. Di samping itu, pemeriksaan ini juga dimaksudkan untuk menentukan hubungan antara kadar air dan kepadatan tanah. Pemeriksaan CBR laboratorium mengacu pada AASHTO T-193-74 dan ASTM-1883-73. Untuk perencanaan jalan baru, tebal perkerasan biasanya ditentukan dari nilai CBR dari tanah dasar yang dipadatkan.

Cara yang dipakai untuk mendapatkan nilai CBR yang digunakan untuk perencanaan ditentukan dengan perhitungan dua faktor (Wesley, 1977), yaitu:

- Kadar air tanah yang berat isi kering pada waktu pemadatan
- Perubahan pada kadar air yang mungkin akan terjadi setelah perkerasan selesai dibuat.

Nilai CBR sangat bergantung kepada proses pemadatan. Selain digunakan untuk menilai kekuatan tanah dasar atau bahan lain yang hendak dipakai, CBR juga digunakan sebagai dasar untuk menentukan tebal lapisan dari suatu perkerasan serta untuk menilai *subgrade* yang dipadatkan hingga mencapai kepadatan kering maksimum, dan membentuk profil sesuai yang direncanakan.

Hasil pengujian dapat diperoleh dengan mengukur besarnya beban pada penetrasi tertentu. Besarnya penetrasi sebagai dasar menentukan CBR adalah 0,1” dan 0,2”. Dari kedua nilai perhitungan digunakan nilai terbesar dihitung dengan persamaan berikut:

- Penetrasi 0,1” (0,254 cm) → 1000 psi/ 3000 lbs
13,24 kN/ 6895 kPa

$$\text{CBR (\%)} = \frac{P_1}{1000} \times 100\% \dots\dots\dots (2.10)$$

- Penetrasi 0,2” (0,508 cm) → 1500 psi/ 4500 lbs
19,96 kN/ 10,342 kPa

$$\text{CBR (\%)} = \frac{P_2}{1500} \times 100\% \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana :

P1 : Tekanan pada penetrasi 0,1 : (psi)

P2 : Tekanan pada penetrasi 0,2 : (psi)

1000 psi : Angka standar tegangan penetrasi pada penetrasi 0,1 in

1500 : Angka standar tegangan penetrasi pada penetrasi 0,2 in

$$\text{Nilai CBR pada penetrasi 0,1”} = \frac{P_1}{6895 \text{ kPa}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.12)$$

$$\text{Nilai CBR pada penetrasi 0,2”} = \frac{P_2}{10342 \text{ kPa}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.13)$$

Dimana :

A = Pembacaan *dial* pada saat penetrasi 0,1”

B = Pembacaan *dial* pada saat penetrasi 0,2”

Nilai CBR yang didapat adalah nilai yang terkecil diantara hasil perhitungankedua nilai CBR.

**Lampiran E
(informatif)
Contoh isian formulir penentuan nilai CBR**

| | |
|--|---|
| Lokasi pengujian : Sukaasih, Sanjadi - Bandung | Kedalaman pengujian : 30 cm dari permukaan perkerasan |
| Waktu pengujian : 12 Juli 2007 | Jenis lapisan perkerasan : beton aspal |

| Informasi Data Tanah | |
|--|---|
| Kadar Air (w) : 39,2 % | Berat isi kering : 1,28 g/cm ³ |
| Berat isi basah (γ _t) : 1,70 g/cm ³ | |

| Waktu (min) | Penurunan (mm) | Pembacaan Arloji | Beban (kg) | Tegangan (kg/mm ²) |
|-------------|----------------|------------------|------------|--------------------------------|
| 1/4 | 0,32 | 3,5 | 87 | 0,04 |
| 1/2 | 0,64 | 6,1 | 151 | 0,07 |
| 1 | 1,27 | 11 | 271 | 0,13 |
| 1 1/2 | 1,81 | 17 | 424 | 0,21 |
| 2 | 2,54 | 21 | 523 | 0,26 |
| 3 | 3,81 | 3 | 743 | 0,37 |
| 4 | 5,08 | 37 | 920 | 0,45 |
| 6 | 7,62 | 51 | 1267 | 0,63 |
| 8 | 10,16 | 62 | 1538 | 0,76 |
| 10 | 12,70 | 69 | 1716 | 0,85 |

| CBR | Penurunan | |
|-----------|---|---|
| | 0,254 cm | 0,508 cm |
| Nilai CBR | $\frac{0,28}{0,71} \times 100\% = 40\%$ | $\frac{0,48}{1,06} \times 100\% = 46\%$ |

Tegangan
(lb/ft²) (kg/m²)

Penurunan
(mm) (in)

Beban
(lbf) (kg)

Diperiksa oleh

()

Dikerjakan oleh

()