

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tanah

Dalam pandangan teknik sipil, tanah adalah himpunan mineral, bahan organik dan endapan-endapan yang relatif lepas (loose), yang terletak di atas batuan dasar (*bedrock*). Ikatan antara butiran yang relatif lemah dapat disebabkan oleh karbon, zat organik, atau oksida-oksida yang mengendap di antara partikel-partikel. Ruang di antara partikel-partikel dapat berisi air, udara ataupun keduanya. Proses pelapukan batuan atau proses geologi lainnya yang terjadi di dekat permukaan bumi membentuk tanah. Pembentukan tanah dari batuan induknya, dapat berupa proses fisik maupun kimia. Proses pembentuk tanah secara fisik yang mengubah batuan menjadi partikel-partikel yang lebih kecil, terjadi akibat pengaruh erosi, angina, air, es, manusia, atau hancurnya partikel tanah akibat perubahan suhu atau cuaca. Partikel-partikel mungkin berbentuk bulat, bergerigi maupun bentuk-bentuk diantaranya. Umumnya, pelapukan akibat proses kimia dapat terjadi oleh pengaruh oksigen, karbondioksida, air (terutama yang mengandung asam atau alkali) dan proses-proses kimia yang lain. Jika hasil pelapukan masih berada di tempat asalnya, maka tanah ini disebut tanah residual (*residual soil*) dan apabilah tanah berpindah tempatnya, disebut tanah terangkut, (*transported soil*). Menurut (Dunn 1980) berdasarkan asalnya, tanah diklasifikasikan secara luas menjadi 2 macam, yaitu :

- a. Tanah organic adalah campuran yang mengandung bagian-bagian yang cukup berarti berasal dari lapukan dan sisa tanaman dan kandang-kandang dari kumpulan kerangka dan kulit organisme.
- b. Tanah organik adalah tanah yang berasal dari pelapukan batuan secara kimia ataupun fisis.

2.2 Sifat-Sifat Tanah

Sifat fisik tanah dan sifat kimiawi tanah.

2.2.1 Sifat Fisik Tanah

Sifat-sifat fisik dari tanah ini meliputi beberapa hal, berupa tekstur tanah, struktur tanah, porositas tanah, warna tanah, bahan induk tanah, kepadatan tanah, temperatur tanah, konsistensi tanah, permeabilitas tanah dan drainase tanah.

1. Tekstur Tanah

Tekstur tanah adalah besar kecilnya ukuran partikel yang menyusun tanah. Setiap jenis tanah memiliki ukuran partikel yang berbeda. Jenis-jenis tanah yang dibedakan berdasarkan ukuran partikelnya adalah tanah pasir, tanah liat dan tanah lempung.

2. Struktur Tanah

Struktur tanah adalah sifat fisika tanah yang menggambarkan susunan ruangan partikel-partikel tanah yang bergabung satu dengan yang lain untuk membentuk gumpalan kecil. Beberapa jenis struktur tanah antara lain granular, gumpal, prisma, tiang dan lempeng.

3. Porositas Tanah

Porositas tanah adalah kemampuan tanah dalam menyerap air. Tingkat kemampuan tanah dalam menyerap air terkait dengan tingkat kepadatan tanah. Semakin padat tanah, porositas tanah akan semakin kecil karena tanah yang padat sulit untuk menyerap air.

4. Warna Tanah

Warna tanah merupakan sifat fisika tanah yang paling mudah dikenali. Perbedaan warna tanah biasanya dipengaruhi oleh perbedaan kandungan bahan organik. Semakin hitam warna tanah, maka tanah tersebut semakin subur. Sebaliknya, semakin terang warna tanah menunjukkan semakin tidak suburnya tanah tersebut.

5. Bahan Induk Tanah

Bahan induk merupakan materi utama dari tanah yang dibentuk oleh berbagai faktor melalui proses kimiawi, biologis dan fisika. Bahan induk tanah secara umum adalah Quartz (SiO_2), Kalsit (CaCO_3), Feldspar dan Biotit.

6. Kepadatan Tanah

Tingkat kepadatan tanah umumnya berkisar antara 2,6 hingga 2,75 gram/cm³ dan biasanya tidak dapat berubah. Tanah dengan kepadatan tinggi menunjukkan tingkat kandungan pasir yang tinggi, sedangkan tanah dengan kepadatan rendah dapat menyimpan air lebih baik namun bukan berarti cocok untuk pertumbuhan tanaman.

7. Temperatur Tanah

Tanah memiliki temperatur yang bervariasi mulai dari tingkat dingin ekstrim -20 derajat celcius hingga tingkat panas ekstrim mencapai 60 derajat celcius.

8. Konsistensi Tanah

Konsistensi tanah berarti kemampuan tanah untuk menempel pada objek lain dan kemampuan tanah untuk menghindari deformasi atau berpisah. Konsistensi diukur dengan 3 kondisi kelembapan yaitu kering, lembab dan basah. Konsistensi tanah bergantung pada tingkat banyaknya tanah liat.

9. Permeabilitas Tanah

Permeabilitas tanah merupakan kecepatan air dalam merembes ke dalam tanah secara horizontal dan vertical melalui pori-pori tanah. Kecepatan perembesan air ini dipengaruhi oleh tekstur tanah. Permeabilitas tanah juga diartikan sebagai kecepatan tanah dalam meresapkan air dalam kondisi jenuh.

10. Drainase Tanah

Drainase tanah merupakan kemampuan tanah dalam mengalirkan serta memutuskan kelebihan air yang ada dalam tanah atau di permukaan tanah. Tanah yang memiliki drainase buruk akan menyebabkan air cenderung menggenang.

2.2.2 Sifat Kimia Tanah

Sifat kimia tanah ini meliputi beberapa hal yakni bahan organik, unsur hara dan juga pH tanah.

1. Bahan Organik

Bahan organik tanah ini terdiri dari sisa-sisa tanaman serta hewan yang ada di dalam tanah, pupuk hijau, pupuk kendang, kompos, kotoran, cacing lendir, serangga serta binatang-binatang besar lainnya. Kandungan bahan organik tanah bisa dikenali dari warna tanahnya. tanah yang didalamnya mengandung bahan organik tinggi relatif akan memiliki efek warna tanah coklat hingga hitam.

2. Unsur Hara

Unsur hara merupakan unsur-unsur kimia yang oleh tanaman untuk tumbuh. Unsur hara yang disediakan oleh tanaman sebagai bahan makanan atau nutrisi. Sebab, tanaman juga membutuhkan unsur hara, disamping kebutuhan akan oksigen dan karbon monoksida.

3. PH Tanah

PH tanah merupakan sifat kimia tanah menunjukkan derajat keasaman dari tanah. PH tanah ini bisa disebut normal jika nilainya berkisar 6,6 sampai 7,5. Pada PH tanah inilah, seluruh unsur hara tanah yang penting, seperti nitrogen tersedia dengan baik. Sedangkan bila tanah pada kondisi sangat asam dengan PH kurang dari 4,0, maka reaksi kimia dalam tanah bisa menyebabkan unsur-unsur dalam tanah seperti unsur Al, Mn dan Fe jadi memiliki konsentrasi tinggi, akibatnya justru hal ini bersifat meracuni.

2.3 Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah merupakan suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda tapi mempunyai sifat yang serupa dalam kelompok dan subkelompok berdasarkan pemakaianya. Sebagian besar sistem klasifikasi tanah yang telah dikembangkan untuk tujuan rekayasa didasarkan pada sifat-sifat indeks tanah yang sederhana seperti ukuran dan plastisitas.

Ada beberapa macam sistem klasifikasi tanah yang umumnya digunakan sebagai hasil pengembangan dari sistem klasifikasi tanah yang telah ada, Seperti :

2.3.1 Berdasarkan Sudut Pandang Teknis (Wesley, 1977)

Tanah dapat digolongkan menjadi:

1. Batu kerikil

Batu kerikil merupakan bebatuan kecil yang biasanya memiliki ukuran 2mm – 75mm.

2. Pasir

Pasir merupakan bahan bangunan yang sering digunakan dari struktur paling bawah hingga paling atas dalam bangunan.

3. Lanau

Lanau merupakan tanah atau butiran penyusun yang berukuran diantara pasir dan lempung.

4. Lempung

Lempung merupakan partikel mineral berkerangka dasar silikat yang berdiameter kurang dari 4 mikrometer.

2.3.2 Sistem Klasifikasi Tanah Sistem USCS (Unified)

Dalam sistem ini, tanah dibagi atas 3 kelompok (Sukiman, 1992), yaitu:

1. Tanah berbutir kasar <50% lolos saringan No. 200
2. Tanah berbutir halus >50% lolos saringan No. 200
3. Tanah organik yang dapat dikenal dari warna, bau dan sisa-sisa tumbuhan yang terkandung didalamnya.

Klasifikasi tanah berdasarkan Unifird Sistem (Aria Febriantama, 2016), tanah dikelompokkan menjadi:

1. Tanah berbutir kasar adalah tanah yang lebih dari 50% bahannya tertahan pada saringan No. 200. Tanah butir kasar terbagi atas kerikil dengan symbol G (gravel) dan pasir dengan symbol S (sand).
 2. Tanah butiran halus adalah tanah yang lebih dari 50% bahannya lewat pada saringan no. 200. Tanah butiran halus terbagi atas lanau dengan simbol M (slit), lempung dengan simbol C (clay), serta lanau dan lempung organik dengan simbol O, tergantung pada tanah itu terletak pada grafik plastisitas. Tanda L untuk plastisitas rendah dan tanda H untuk plastisitas tinggi.

2.3.3 Sistem Klasifikasi Tanah Berdasarkan AASHTO

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

Indeks kelompok (GI) digunakan untuk mengevaluasi lebih lanjut tanah-tanah dalam tiap kelompoknya. Indeks kelompok dihitung dengan rumus :

Keterangan :

GI = Indeks kelompok

F = Persen butiran lolos saringan No. 200 (0,075mm)

LL = Batas cair

PP = Indeks plastisitas

Bila nilai Indeks Kelompok (GI) semakin tinggi, maka semakin berkurang ketepatan dalam penggunaan tanahnya. Tanah granular diklasifikasikan ke dalam klasifikasi A-1 sampai A-3 adalah pasir bersih yang bergradasi buruk.

Tanah A-2 termasuk tanah granular (kurang dari 35% lolos saringan no. 200), tetapi masih mengandung lanau dan lempung. Tanah berbutir halus diklasifikasikan dari A-4 sampai A-7, yaitu lempung lanau.

Tabel 2.1 Sistem Klasifikasi AASHTO

Klasifikasi umum	Material granuler (< 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-7-5/A-7-6
Analisis saringan (% lolos) 2,00 mm (no. 10) 0,425 mm (no. 40) 0,075 mm (no. 200)	50 maks 30 maks 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	- -
Sifat fraksi lolos saringan no. 40 Batas cair (LL) Indeks plastis (Pl)	- - 6 maks	- - Np	40 maks 10 maks	41 min 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 (G)	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 berlanau atau berlempung dan pasir			Tanah berlanau	Tanah berlempung			
Penilaian umum sebagai tanah dasar	Sangat baik sampai baik					Sedang sampai buruk				

(Sumber : Hardiyatmo, 2010)

2.4 Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah adalah suatu Teknik yang dilakukan untuk mengubah sifat-sifat tanah dengan cara mencampur atau menggabungkan tanah dengan bahan tambah baru. Proses stabilisasi tanah dapat dilakukan secara mekanis, fisik dan kimiawi, tergantung pada tujuan dan kondisi tanah yang akan distabilisasi. Stabilisasi daya dukung tanah biasanya dipilih sebagai salah satu alternatif dalam perbaikan

tanah. Perbaikan tanah dengan cara stabilisasi bisa meningkatkan kepadatan dan daya dukung tanah. Stabilisasi tanah yang ramah lingkungan dilakukan untuk meningkatkan daya dukung tanah. Contoh usaha stabilisasi tanah yang ramah lingkungan adalah, dengan mencampurkan tanah dengan limbah atau serat alamiah guna mencapai unsur ramah lingkungan seperti sabut kelapa, pecahan genteng, puing pembongkaran konstruksi, serutan karet ban dan cangkang telur ayam yang dapat meningkatkan daya dukung tanah secara signifikan. Ada beberapa metode yang digunakan untuk sifat-sifat tanah, salah satunya yaitu stabilisasi. Menurut Hardiyatmo, 2002 dalam (perbandingan & Jafri, 2016).

Stabilisasi adalah proses dalam memperbaiki sifat tanah dengan cara memberikan suatu bahan tambah (additive) pada tanah tersebut untuk dapat mempertahankan kuat geser dan menaikkan kekuatan tanah serta dapat menyatukan dan mengikat agregat material yang ada sehingga dapat membentuk pondasi yang baik.

Menurut Blowles, 1991 ada beberapa usaha yang dapat dilakukan untuk membantu stabilisasi tanah yaitu sebagai berikut : menaikkan kerapatan tanah, memperbanyak bahan yang tidak aktif sehingga dapat menaikkan kohesi dan/atau tahanan gesek yang ditimbulkan, memperbanyak material yang dapat menyebabkan terjadinya perubahan-perubahan kimiawi dan/atau fisik pada tanah, menurunkan muka air tanah (drainase tanah), penggantian tanah yang buruk (prasenda, setyanto, & Iswan, 2015). Metode stabilisasi yang sering digunakan yaitu stabilisasi kimiawi dan stabilisasi mekanis.

2.4.1 Sifat Fisik Tanah Yang Di Uji

A. Berat isi tanah

Berat isi tanah merupakan salah satu sifat fisik tanah yang kering ditetapkan karena berkaitan erat dengan perhitungan penetapan sifat-sifat fisik tanah lainnya seperti rensi air (pF), ruang pori total (RPT), koeffisient of linier extensibility (COLE), dan kadar air tanah.

Data sifat-sifat fisik tanah tersebut diperlukan dalam perhitungan penambahan kebutuhan air, pupuk,

kapur dan penambahan tanah pada satuan luas tanah sampai kedalaman tertentu. Berat isi tanah bisa dicari dengan menggunakan rumus :

Dimana : y = Berat isi tanah (gr/cm^3)

w = Berat tanah basah (gr)

v = Volume wadah (cm^3)

Berat kering/dry densiy (Yd) adalah perbandingan antara berat butir dengan isi tanah seluruhnya. Berat isi tanah kering bisa dicari dengan menggunakan rumus berikut :

$$y_d = \frac{y}{1-w}. \quad \dots \dots \dots \quad (2.3)$$

Dimana : y_d = Berat isi kering (gr/cm³)

w = kadar air

y = berat isi tanah (gr/cm³)

B. Berat Jenis

Berat jenis adalah berat tanah kering dibagi volume partikel padat (tidak termasuk volume pori-pori tanah). Berat jenis partikel tanah dinyatakan dlm satuan gr/cm^3 atau mg/cm^3 .

Dalam percobaan ini adalah untuk mengetahui berat spesifik/berat jenis tanah (G_s) akan dihitung dengan persamaan berikut ini :

$$G_s = \frac{w_s}{w_s + w_4 - w_3} \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana : $G_s = \text{Berat jenis tanah}$

W1 = Berat perkilometer + tanah

W2 = Berat piknometer

$$W_s = \text{Berat tanah} = W_1 - W_2$$

$$W_3 = \text{Berat piknometer + air + tanah}$$

W4 = Berat piknometer + air pada

Tabel 2.2 berat jenis tanah

Macam tanah	Berat Jenis Gs
Kerikir	2,65 – 2,68
Pasir	2,65 – 2,68
Lanau tak organic	2,62 – 2,68
Lempung organic	2,58 – 2,65
Lempung tak organik	2,68 – 2,75
Humus	1,37
Gambuk	1,25 – 1,80

(Sumber : Hardiyatmo, 1992)

C. Kadar Air

Kadar air tanah adalah konsentrasi air dalam tanah yang biasanya dinyatakan dengan berat kering. Kadar air tanah dapat dinyatakan dalam persen volume yaitu presentase volume air terhadap volume tanah. Cara ini mempunyai keuntungan karena dapat memberikan gambaran tentang ketersediaan air bagi tanaman pada volume tanah tertentu. Cara penetapan kadar air dapat dilakukan dengan sejumlah tanah basah dikering ovenkan dalam oven pada suhu 100 °C - 110 °C untuk waktu tertentu (Hakim, 1968).

Untuk mengetahui berapa besar kadar air yang terkandung dalam contoh tanah yang diteliti, maka percobaan ini akan dilakukan dengan mengikuti standar (SNI 03-1965-1990). Nilai kadar air (w) akan dihitung dengan persamaan berikut ini :

Dimana : $W_w =$ Berat air (gram)

$W_s =$ Berat tanah kering (gram)

Tabel 2.3 Keadaan Air Dalam Keadaan Jenuh

Tipe Tanah	Keadaan air dalam keadaan jenuh
Tanah kering	0
Tanah agak lembab	>0 – 0.25
Tanah lembab	0.26 – 0.50
Tanah sangat lembab	0.51 – 0.75
Tanah basah	0.76 – 0.99
Tanah jenuh air	1

Sumber: Dr. Ir. Hary Chistiady Hardiyatmo M. Eng, DEA (2002), mekanika tanah I edisi 4, hal 6, Gaja Mada University Press, Yogyakarta

D. Batas- batas Atterberg

Seorang ahli tanah berkebangsaan Swedia, Albert Atterberg, yang bekerja dalam bidang keramik dan pertanian mengusulkan (sekitar tahun 1911) lima keadaan konsistensi tanah. Batas-batas konsistensi tanah ini di dasarkan pada kadar air, yaitu:

1. Batas cair (*liquit limit*) wl. Kadar air dimana untuk nilai-nilai diatasnya tanah akan berperilaku sebagai cairan kental (campuran tanah-air tanpa kuat geser yang dapat diukur). Dalam teknik tanah batas cairan ini didefinisikan secara kasar sebagai kadar air dimana 25 kali pukulan oleh alat batas cair akan menutup celah (groove) standar yang dibuat pada lempeng tanah untuk panjang 12,7 cm.
Casagrande (1958) dan yang telah memodifikasi percobaan yang pada awalnya dibuat oleh Atterberg ini sehingga tidak terlalu tergantung pada penilaianya operatornya dan dapat diulang kembali. Dengan peralatan standar berbagai operator akan mampu menghasilkan kembali nilai-nilai batas cair dengan perbedaan sekitar 2 sampai 3

persen (yaitu, misalnya $w_L = 39 \pm 2$ persen, dan bukan $39 \times 0,02$). Percobaan ini akan ditinjau secara lebih terinci dalam pasal 4-2.

2. Batas plastis (*plastic limit*) w_p . Kadar air dimana untuk nilai-nilai dibawahnya tanah tidak lagi berperilaku sebagai bahan yang plastis. Tanah akan bersifat sebagai bahan yang plastis dalam kadar air berkisar antara w_L dan w_p . Kisaran ini disebut indeks plastisitas dan dihitung sebagai

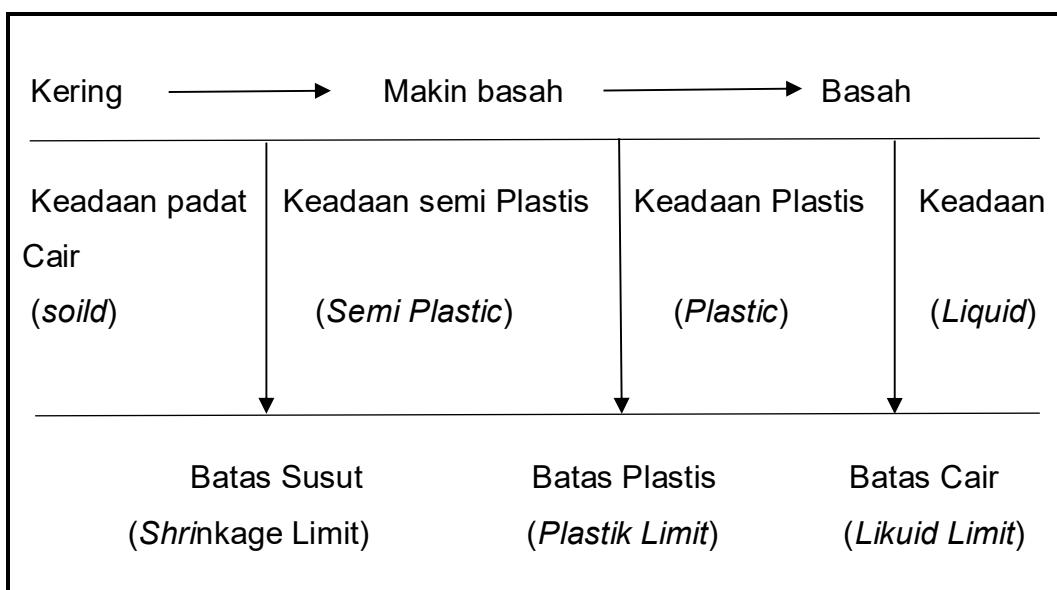
Dari definisi $\|p\|$ ini terlihat bahwa tidak mungkin didapatkan nilai yang negatif.

Batas plastis secara kasar didefinisikan sebagai kadar air dimana selapis tanah yang digulung sampai berdiameter 3 mm akan putus atau terpisah. Pengujian ini lebih tergantung pada penilaian operator dari pada pengujian batas cair.

3. Batas susut (*shrinkage limit*) w_s . Kadar air yang didefinisikan pada derajat kejenuhan = 100 persen, dimana untuk nilai-nilai dibawahnya tidak akan terdapat perubahan volume tanah apabila dikerungkan terus. Batas ini cukup penting di daerah yang kering dan untuk tanah jenis tertentu yang mengalami perubahan volume yang cukup besar dengan berubahnya kadar air. Harus diketahui bahwa apabila batas susut ini makin kecil, maka tanah akan lebih mengalami perubahan volume, yaitu semakin kecil w_s , semakin sedikit air yang dibutuhkan untuk dapat mengubah volume. Apabila batas cair 5 persen, maka bila kadar air dilapangan melebihi nilai ini, tanah akan mulai mengembang. Lokasi-lokasi relatif dari w_L , w_P , dan w_s pada suatu skala kadar air.
 4. Batas lengket (*sticky limit*). Kadar air dimana tanah kehilangan sifat adhesinya dan tidak dapat lengket lagi pada benda lainnya seperti jari atau permukaan yang halus dari logam spatula. Batas ini berguna dalam didang pertanian dan untuk kontraktor-kontraktor pekerja tanah, karna tahanan pada alat penggaru akan bertambah apabila tanah cukup basah untuk menjadi lengket.

5. Batas kohesi (*cohesion limit*). Kadar air dimana butiran tanah tidak dapat melengket lagi, yaitu dimana pengambilan tanah tidak dapat menghasilkan lempeng-lempeng yang bersatu. Batas ini juga lebih banyak berguna untuk ahli pertanian dibandingkan dengan untuk insinyur tanah.

Batas-batas cair, plastis, dan susut diketahui di seluruh dunia ini. Batas lengket telah dipakai di Eropa, tetapi pada umumnya batas-batas lengket dan kohesi tidak digunakan oleh insinyur geoteknik



Gambar 2.1 kondisi Batas-Batas Atterberg

2.4.2 Sifat Mekanis Tanah Yang Di Uji

A. Pemadatan Tanah (*Compaction*)

Pemadatan (*Compaction*) merupakan proses naiknya kerapatan tanah dengan memperkecil jarak antara partikel sehingga terjadi reduksi volume udara : tidak terjadi perubahan volume air yang cukup berarti pada tanah ini. Pada dasarnya pemadatan merupakan usaha mempertinggi kepadatan tanah dengan pemakaian energy mekanis untuk menghasilkan pemampatan partikel. Energi pemadatan di lapangan dapat diperoleh dari mesin gilas, alat-alat pemadatan getaran dan dari benda-benda berat yang dijatukan.

Di dalam labotatorium digunakan alat-alat pemedatan tanah untuk percobaan. Derajat kepadatan yang dapat dicapai tergantung tiga faktor yang saling berhubungan, yaitu kadar air selama pemedatan, volume dan jenis tanah dan jenis beban pemedatan yang digunakan (krebs dan walker, dalam satrio 1998). Ada 2 macam percobaan di laboratori yang biasa dipakai untuk menentukan kadar air optimum (*Optimum Moisture Content = O.M.C*) dan berat isi kering maksimum (*Maximum Dry Density =d*). Percobaan-percobaan tersebut ialah percobaan pemedatan standar (*Standart Compaction Test*) dan percobaan pemedatan modifikasi (*modified Compaction Test*).

Pada tanah yang mengalami pengujian pemasukan akan terbentuk grafik hubungan berat volume kering dengan kadar air. Kemudian dari grafik hubungan antara kadar air dan berat volume kering ditentukan kepadatan maksimum dan kadar air optimum.

B. Kuat Geser Tanah

Kuat geser tanah adalah perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan. Hubungan fungsi antara tegangan normal dengan tegangan geser pada bidang runtuh dinyatakan dengan persamaan :

Coloumb, 1976 (dalam Hardiyatmo 2002) mendefinisikan fungsi $f(\sigma)$ sebagai :

$$\tau = c = (\sigma) \operatorname{tg} \varphi \dots \quad (2.7)$$

Dimana τ adalah kuat geser tanah,

σ adalah tegangan normal

c adalah kohesi

Pengujian kuat geser langsung adalah salah satu jenis pengujian sangat sederhana untuk mendapat nilai kohesi (c), sudut geser tanah (ϕ) dan nilai kuat geser.

Adapun rumus untuk menghitung nilai kuat geser tanah dalam persamaan berikut ini :

$$\tau = c + \sigma \tan\theta \dots \quad (2.8)$$

Diketahui τ adalah kuat geser maksimum (kg/cm^2), c adalah kohesi (kg/cm^2), σ adalah tegangan normal (kg/cm^2), ϕ adalah sudut geser tanah ($^\circ$). Adapun rumus untuk menghitung tegangan normal dalam persamaan berikut ini :

$$\sigma n \frac{\text{Beban normal}}{A} \dots \dots \dots \quad (2.9)$$

Dimana : σn = Tegangan normal , dan A = Luas sampel

2.5 Pemadatan Tanah

Pemadatan merupakan usaha untuk mempertinggi kerapatan tanah dengan pemakaian energy mekanis untuk menghasilkan pemampatan partikel (Bowles, 1991). Usaha pemandatan tersebut akan menyebabkan volume tanah akan berkurang, volume pori berkurang namun volume butir tidak berubah. Hal ini biasa dilakukan dengan cara menggilas atau menumbuk. Pada kadar air yang sangat tinggi, kepadatan kurang maksimum dicapai bila tanah didapatkan dengan kejemuhan dimana hamper semua udara didorong keluar. Pada kadar air rendah, partikel-partikel tanah mengganggu satu sama lain dan penambahan kelembapan akan memungkinkan kepadatan massal yang lebih besar.

Pada saat terjadi kepadatan puncak efek ini mulai menetralkan oleh kejemuhan tanah. Manfaat dari pemasukan tanah adalah memperbaiki beberapa sifat teknik tanah, yaitu:

1. Memperbaiki kuat geser tanah yaitu menaikkan σ dan c_u
 2. Mengurangi kompresibilitas yaitu mengurangi penurunan oleh beban
 3. Mengurangi permeabilitas nilai k
 4. Mengurangi sifat kembang susut tanah.

Prosedur pengujian yang digunakan pada pengujian pemanatan laboratorium disebut uji proctor.

Uji pemedatan proctor adalah metode laboratorium untuk menentukan kadar air optimal dimana dimana jenis tanah yang di uji akan menjadi yang paling padat dan mencapai kepaatan kering maksimum.

Tabel 2.3 beban penetrasi bahan standar

Penetrasi (inch)	Beban Standar (lbs)	Beban standar (lbs/ inch)
0,1	3000	1000
0,2	4500	1500
0,3	5700	1900
0,4	6900	2300
0,5	7800	6000

(Sumber Sukiman 1999)

2.6 Kuat Geser Tanah (Direct Shear Test)

Kuat geser tanah yaitu perlawaan yang terjadi antara butir-butir tanah terhadap tarikan ataupun desakan-desakan (Badan Standardisasi Nasional, 2008e). Tujuan dari pengujian ini adalah mendapatkan nilai kohesi dan sudut geser dalam. Kohesi adalah gaya Tarik menarik antara molekul yang sama. Jarak serta kerapatan antara molekul di dalam suatu benda dapat mempengaruhi nilai kohesi yang ada sehingga kohesi berbanding lurus dengan kerapatan benda tersebut. Apabila kerapatan semakin besar maka kohesi yang dihasilkan juga semakin besar. Sedangkan sudut geser dalam adalah sudut rekahan yang terbentuk ketika material dikenai dengan tegangan atau gaya terhadapnya yang melebihi tegangan gesernya. Semakin besar sudut geser yang terbentuk dalam suatu material maka material tersebut akan lebih tahan menerima tegangan luar yang diberikan terhadapnya.

Menurut Morh (1990) menyatakan bahwa penyebab runtuhnya suatu material dapat terjadi akibat adanya kombinasi yang berasal dari tegangan geser dan tegangan normal (Sudarman, 2016). Hubungan fungsi antara tegangan normal dengan tegangan geser pada bidang runtuh dinyatakan dengan persamaan:

Keterangan

τ = Tegangan geser pada saat terjadinya keruntuhan atau kegagalan

σ = Tegangan normal pada saat kondisi tersebut.

Coulomb (1776) dalam (Alfansyah, 2019) mendefinisikan fungsi (σ)

Keterangan : $\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \phi$

τ = kuat geser tanah (kN/m²)

$$C = \text{kohesi tanah} \quad (\text{kN/m}^2)$$

σ = sudut geser dalam tanah atau sudut gesek internal

ϕ = Tegangan normal pada bidang runtuh (KN/m²)

2.7 Aspal

Aspal atau bitumen adalah suatu cairan kental yang merupakan senyawa hidrokarbon dengan sedikit mengandung sulfur, oksigen, dan klor. Aspal sebagai bahan pengikat dalam perkerasan lentur mempunyai sifat viskoelastis. Aspal akan bersifat padat pada suhu ruang dan bersifat cair bila dipanaskan. Aspal merupakan bahan yang sangat kompleks dan secara kimia belum dikarakterisasi dengan baik. Salah satu jenis bitumen yang dapat dipakai sebagai bahan stabilisasi adalah aspal cut bakh. Aspal ini menurut Silvia Sukirman (2003) adalah jenis aspal cair yang merupakan campuran aspal semen dengan pelarut minyak bumi. Tanah biasa distabilisasi dengan bitumen menurut *Guide to Stabilization in Roads Works* 19.