

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Tanah

Tanah dari pandangan ilmu Teknik Sipil merupakan himpunan mineral, bahan organik dan endapan-endapan yang relative lepas (*loose*) yang terletak di atas batu dasar (bedrock) (Hardiyatmo, 1992).

Tanah didefinisikan secara umum adalah kumpulan dari bagian-bagian yang padat dan tidak terikat antara satu dengan yang lain (diantaranya mungkin material organik) rongga-rongga diantara material tersebut berisi udara dan air (Verhoef, 1994).

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

Proses penghancuran dalam pembentukan tanah dari batuan terjadi secara fisis atau kimiawi. Proses fisis antara lain berupa erosi akibat tiupan angin, pengikisan oleh air dan gletser, atau perpecahan akibat pembekuan dan pencairan es dalam batuan sedangkan proses kimiawi menghasilkan perubahan pada susunan mineral batuan asalnya. Salah satu penyebabnya adalah air yang mengandung asam alkali, oksigen dan karbondioksida (Wesley, 1977).

Sedangkan pengertian tanah menurut Bowles (1984), tanah adalah campuran partikel-partikel yang terdiri dari salah satu atau seluruh jenis berikut:

- a. Berangkal (boulders) adalah potongan batuan yang besar, biasanya lebih besar dari 250 sampai 300 mm dan untuk ukuran 150 mm sampai 250 mm, fragmen batuan ini disebut kerakal (cobble/pebbles).
- b. Kerikil (gravel) adalah partikel batuan yang berukuran 5 mm sampai 150 mm.
- c. Pasir (sand) adalah partikel batuan yang berukuran 0,074 mm sampai 5 mm, yang berkisar dari kasar dengan ukuran 3 mm sampai 5 mm sampai bahan halus yang berukuran < 1 mm.
- d. Lanau (silt) adalah partikel batuan yang berukuran dari 0,002 mm sampai 0,0074 mm.
- e. Lempung (clay) adalah partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm yang merupakan sumber utama dari kohesi pada tanah yang kohesif.
- f. Koloid (colloids) adalah partikel mineral yang diam dan berukuran lebih kecil dari 0,001 mm.

## 2.2 Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah secara umum merupakan suatu proses untuk memperbaiki sifat-sifat tanah dengan menambahkan sesuatu pada tanah tersebut, agar dapat menaikkan kekuatan tanah dan mempertahankan kekuatan geser. Tujuan dari stabilisasi tanah adalah untuk mengikat dan menyatukan agregat material yang ada sehingga membentuk struktur jalan atau pondasi jalan yang padat. Adapun sifat tanah yang telah diperbaiki tersebut dapat meliputi : kestabilan volume, kekuatan atau daya dukung, permeabilitas, dan kekekalan atau keawetan.

Menurut Bowles, 1991 beberapa tindakan yang dilakukan untuk menstabilisasikan tanah adalah sebagai berikut : meningkatkan kerapatan tanah, menambah material yang tidak aktif sehingga meningkatkan kohesi dan/atau tahanan gesek yang timbul, menambah bahan untuk menyebabkan perubahan-perubahan kimiawi dan/atau fisis pada tanah, menurunkan muka air tanah (drainase tanah), mengganti tanah yang buruk.

Stabilisasi tanah adalah upaya yang dilakukan untuk memperbaiki sifat-sifat tanah. Metode stabilisasi yang banyak digunakan adalah stabilisasi mekanis dan stabilisasi kimiawi. Stabilisasi mekanis adalah salah satu metode untuk meningkatkan daya dukung tanah dengan cara perbaikan struktur dan perbaikan sifat-sifat mekanis tanah, sedangkan stabilisasi kimiawi yaitu menambah kekuatan dan kuat dukung tanah dengan jalan mengurangi atau menghilangkan sifat-sifat teknis tanah yang kurang menguntungkan dengan cara mencampur tanah dengan bahan kimia.

Salah satu cara terbaik menangani permasalahan tanah berdaya dukung rendah adalah mengganti tanah dasar tersebut dengan tanah yang cukup baik, tetapi hal ini biasanya membutuhkan biaya yang cukup besar. Oleh karenanya, dilakukan upaya upaya untuk mengatasi masalah tersebut dengan cara merubah sifat-sifat fisiknya untuk menekan biaya. Perbaikan sifat-sifat fisik dari tanah kurang baik menjadi tanah yang baik dibidang rekayasa Teknik Sipil disebut sebagai stabilisasi tanah.

Pada umumnya stabilisasi tanah dapat dilakukan dalam 2 cara yaitu :

### 1. Stabilisasi Mekanis

Stabilisasi mekanis yaitu stabilisasi yang dilakukan dengan cara mencampur atau mengaduk dua macam tanah atau lebih yang gradasinya berbeda untuk memperoleh material yang lebih baik yang memenuhi syarat kekuatan tertentu. Stabilisasi mekanis juga dapat dilakukan dengan menggali dan membuang tanah dilokasi yang buruk dan menggantinya dengan material granuler dari tempat lain yang memenuhi syarat kekuatan.

2. Stabilisasi dengan menggunakan bahan tambah. Stabilisasi ini dilakukan dengan cara memberikan bahan tambah pada tanah dilokasi yang tidak memenuhi syarat. Bahan tambah adalah bahan hasil olahan pabrik yang jika ditambahkan ke dalam tanah dengan perbandingan yang tepat akan memperbaiki sifat sifat teknis tanah, sehingga memenuhi syarat kekuatan yang sudah ditentukan.

### 2.3 Klasifikasi Tanah

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

Ada beberapa macam sistem klasifikasi tanah yang umumnya digunakan sebagai hasil pengembangan dari sistem klasifikasi yang sudah ada. Beberapa sistem tersebut memperhitungkan distribusi ukuran butiran dan batas-batas Atterberg, sistem-sistem tersebut adalah sistem klasifikasi AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Official) dan sistem klasifikasi tanah unified (USCS).

#### 1. Sistem Klasifikasi Tanah Berdasarkan AASHTO

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

Tabel 2.10 merupakan sistem klasifikasi tanah berdasarkan AASHTO. Tanah A-1 sampai A-3 adalah tanah berbutir (granular) dengan tidak lebih dari 35 persen bahan lolos saringan No.200. Bahan khas dalam kelompok A-1 adalah campuran bergradasi baik dari kerikil, pasir kasar, pasir halus, dan suatu bahan pengikat (binder) yang mempunyai plastisitas sangat kecil atau tidak sama sekali ( $I_p \leq 6$ ). Kelompok A-3 terdiri dari campuran pasir halus, bergradasi buruk, dengan sebagian kecil pasir kasar dan kerikil, fraksi lanau termasuk bahan tidak plastis lolos saringan No.200.

Tabel 2.1 Sistem Klasifikasi Tanah Berdasarkan AASHTO

Klasifikasi umum	Tanah berbutir (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No.200)						
Klasifikasi kelompok	A-1		A-3	A-2			
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Analisis ayakan (% lolos)							
No.10	Maks 50		Min 51				
No.40	Maks 30	Maks 50	Maks 10	Maks 35			
No.200	Maks 15	Maks 25			Maks 35	Maks 35	Maks 35
Sifat fraksi yang lolos ayakan No.40	Maks 6		NP	Maks 40	Min 41	Maks 40	Min 41
Batas Cair (LL)				Maks 10	Maks 10	Min 11	Min 41
Indeks Plastisitas (PI)							
Tipe material yang paling dominan	Batu pecah, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil dan pasir yang berlanau atau berlempung			
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Baik sekali sampai baik						

Tabel Lanjutan 2.1 Sistem Klasifikasi Tanah Berdasarkan AASHTO

Klasifikasi umum	Tanah berbutir (Lebih dari 35% dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No.200)			
Klasifikasi kelompok	A-4	A-5	A-6	A-7
Analisis ayakan (% lolos) No.10 No.40 No.200	Min 36	Min 36	Min 36	Min 36
Sifat fraksi yang lolos ayakan No.40 Batas Cair (LL) Indeks Plastisitas (PI)	Maks 40 Maks 10	Min 41 Maks 10	Maks 40 Min 11	Min 41 Min 11
Tipe material yang paling dominan	Tanah berlanau		Tanah Berlempung	
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Biasa sampai jelek			

(Sumber : Das,1995.)

Kelompok A-2 juga merupakan bahan berbutir tetapi dengan jumlah bahan yang lolos saringan No.200 yang cukup banyak (tidak lebih dari 35 persen). Bahan ini terletak di antara bahan dalam kelompok A-1 dan A-3 dan bahan lanau – lempung dari kelompok A-4 sampai A-7. Kelompok A-4 sampai A-7 adalah tanah berbutir halus dengan lebih dari 35 persen bahan lolos saringan No.200.

## 2. Sistem Klasifikasi Tanah Sistem Unified (USCS)

Dalam sistem ini, Cassagrande membagi tanah atas 3 (tiga) kelompok (Sukirman, 1992) yaitu :

- a Tanah berbutir kasar, < 50% lolos saringan No. 200.
- b Tanah berbutir halus, > 50% lolos saringan No. 200.
- c Tanah organik yang dapat dikenal dari warna, bau dan sisa-sisa tumbuh-tumbuhan yang terkandung didalamnya,

## 2.4 Tanah Lempung

### 1. Definisi Tanah Lempung

Definisi tanah lempung menurut beberapa ahli :

- a Tanah lempung merupakan tanah dengan ukuran mikrokonis sampai dengan sub mikrokonis yang berasal dari pelapukan unsur-unsur kimiawi penyusun batuan. Tanah lempung sangat keras dalam keadaan kering, bersifat plastis pada kadar air sedang, sedangkan pada keadaan air yang lebih tinggi tanah lempung akan bersifat lengket (kohesif) dan sangat lunak. (Terzaghi, 1987).
- b Tanah lempung merupakan tanah yang terdiri dari partikel-partikel tertentu yang menghasilkan sifat plastis apabila dalam kondisi basah. (DAS, 1995).
- c Mengatakan sifat – sifat yang dimiliki dari tanah lempung yaitu antara lain ukuran butiran halus lebih kecil dari 0,002 mm, permeabilitas rendah, kenaikan air kapiler tinggi, bersifat sangat kohesif, kadar kembang susut yang tinggi dan proses konsolidasi lambat. Dengan adanya pengetahuan mengenai mineral tanah tersebut, pemahaman mengenai perilaku tanah lempung dapat diamati. (Hardiyatmo, 1992).

### 2. Mineral Lempung

Mineral - mineral lempung merupakan produk pelapukan batuan yang terbentuk dari penguraian kimiawi mineral - mineral silikat lainnya dan selanjutnya terangkut ke lokasi pengendapan oleh berbagai kekuatan.

Mineral - mineral lempung digolongkan ke dalam golongan besar yaitu :

a Kaolinite

Kaolinite merupakan anggota kelompok kaolinite serpentin, yaitu hidrus alumino silikat dengan rumus kimia  $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ . Kekokohan sifat struktur dari partikel kaolinite menyebabkan sifat-sifat plastisitas dan daya pengembangan atau menyusut kaolinite menjadi rendah.

b Illite

Illite dengan rumus kimia  $K_yAl_2(Fe_2Mg_2Mg_3)(Si_4yAl_y)O_{10}(OH)_2$  adalah mineral bermika yang sering dikenal sebagai mika tanah dan merupakan mika yang berukuran lempung. Istilah illite dipakai untuk tanah berbutir halus, sedangkan tanah berbutir kasar disebut mika hidrus.

c Montmorilonite

Mineral ini memiliki potensi plastisitas dan mengembang atau menyusut yang tinggi sehingga bersifat plastis pada keadaan basah dan keras pada keadaan kering. Rumus kimia montmorilonite adalah  $Al_2Mg(Si_4O_{10})(OH)_2 \cdot xH_2O$ .

3. Sifat Tanah Lempung

Sifat-sifat yang dimiliki tanah lempung adalah sebagai berikut (Hardiyatmo, 1992) :

- a Ukuran butir halus, yaitu kurang dari 0,002mm.
- b Permeabilitas rendah.
- c Kenaikan air kapiler tinggi.
- d Bersifat sangat kohesif.
- e Kadar kembang susut yang tinggi.
- f Proses konsolidasi lambat.

4. Sifat Tanah Lempung pada Pembakaran

Tanah lempung yang dibakar akan mengalami perubahan seperti berikut (Nuraisyah, 2010) :

- a Pada temperatur + 150oC, terjadi penguapan air pembentuk yang ditambahkan dalam tanah lempung pada pembentukan setelah menjadi batu bata mentah.
- b Pada temperatur antara 400oC – 600oC, air yang terikat secara kimia dan zat-zat lain yang terdapat dalam tanah lempung akan menguap.
- c Pada temperatur diatas 800oC, terjadi perubahan-perubahan kristal dari tanah lempung dan mulai terbentuk bahan gelas yang akan mengisi pori-pori sehingga batu bata menjadi padat dan keras.

- d Senyawa - senyawa besi akan berubah menjadi senyawa yang lebih stabil dan umumnya mempengaruhi warna batu bata.
- e Tanah lempung yang mengalami susut kembali disebut susut bakar. Susut bakar diharapkan tidak menimbulkan cacat seperti perubahan bentuk (melengkung), pecah - pecah dan retak. Tanah lempung yang sudah dibakar tidak dapat kembali lagi menjadi tanah lempung oleh pengaruh udara maupun air.

## 2.5 Tanah Lempung Ekspansif

Tanah lempung ekspansif secara umum didefinisikan sebagai tanah yang menyusut dan mengembang pada kondisi kelembaban yang berubah-ubah. Bila kadar airnya bertambah maka tanah tersebut akan mengembang (*swell*) dan bila sebaliknya maka tanah tersebut cenderung untuk menyusut (*shrink*) (Muntohar, 2014).



Gambar 2.1 Tanah Ekspansif (James, 2014)

Karakteristik tanah ekspansif dipengaruhi oleh dua hal, yaitu faktor mikroskopik dan faktor makroskopik. yang dimaksud dengan faktor mikroskopik mineralogi tanah dan perilaku kimiawi tanah. Sedangkan yang dimaksud dengan faktor makroskopik adalah properti tanah secara fisik, antara lain plastisitas dan berat volume tanah, Faktor makroskopik tanah ekspansif dipengaruhi oleh perilaku mikroskopiknya.

Ada beberapa hal yang termasuk faktor mikroskopik tanah ekspansif yang menyebabkan tanah ekspansif mengalami kembang susut, antara lain mineralogy tanahnya, perilaku kimiawi tanah, dan jumlah *exchangeable cation* (*cation exchange capacity*) serta besarnya *specific surface* dari partikel tanah (Chen, 1985).

Karakteristik makro tanah ekspansif adalah yang biasanya menunjukkan perilaku kembang susut tanah. Batas Atterberg merupakan salah satu parameter



termasuk karakteristik makro tanah yang dapat digunakan sebagai indikator untuk mengetahui potensi kembang susut tanah.

Dilihat dari skala makronya, karakteristik tanah ekspansif yang berpotensi besar untuk mengalami kembang susut, secara umum mempunyai ciri-ciri sebagai berikut :

- a. Mempunyai harga batas cair dan indeks plastisitas tinggi.
- b. Mempunyai harga batas *swelling index* ( $C_s$ ) yang besar.
- c. Mempunyai kandungan karbon organik, *clay*, montmorillonite yang benar.
- d. Arah atau deformasi volume biasanya bersifat *isotropic*.

Mineralogi tanah dapat dibagi berdasar struktur mineralnya. Untuk tanah lempung ada 3 kelompok struktur mineral tanah, yaitu:

- a. Kelompok kaolinite, yang umumnya tidak mempunyai sifat ekspansif.
- b. Kelompok Mica-lite, termasuk Illite dan vermiculite, yang sedikit dapat bersifat ekspansif.
- c. Kelompok Smectite, termasuk Montmorillonite inilah yang disebut tanah yang ekspansif.

Identifikasi tanah ekspansif pada awal penyelidikan tanah diperlukan untuk melakukan metode pengujian yang lebih tepat di laboratorium. Klasifikasi yang berdasarkan pada *index properties* tanah seperti kandungan lempung dan plastisitas adalah yang paling umum diterapkan dalam praktek untuk mengidentifikasi tanah ekspansif. *Plasticity index* (PI) adalah parameter yang paling sering digunakan karena karakteristik plastisitas dan sifat perubahan volume tanah berkaitan erat. Adapun indentifikasi dan klasifikasi dapat dilihat pada table - tabel yang tersedia dibawah ini.

Salah satunya yang dilakukan oleh Skempton (1953), dengan mendefinisikan sebuah parameter yang disebut Aktivitas (A).

$$A = \frac{PI}{\% \text{ lebih halus dari } 2 \mu m} \dots\dots\dots(2.1)$$

Ketereangan :

A = Aktivitas

PI = Plasticity Indeks

Skempton menggunakan tiga kategori aktivitas, yaitu :

$$A < 0,75 \text{ tidak aktif}$$

$0,75 < A < 1,25$  normal

$A > 1,25$  aktif

Lempung yang aktif mempunyai potensi pengembangan yang besar. Nilai tipikal aktivitas beberapa mineral lempung dapat dilihat pada tabel 2.1

**Tabel 2.2** Aktivitas Mineral Lempung

Mineral	Aktivitas
Kaolinite	0.33-0.46
Illite	0.9
Montmorillonite (Ca)	1.5
Montmorillonite (Na)	7.2

Sumber : (Skempton, 1953)

**Tabel 2.3** Identifikasi Masalah Tanah Ekspansif

	Umumnya tidak ekspansif	Ada masalah ekspansif
PI	< 20	> 32
Batas Susut (SL)	> 13	< 10
Free Swell	< 50	> 100

Sumber : ( Wiscman, 1985)

**Tabel 2.4** Klasifikasi Tanah Ekspansif Berdasar Kadar Koloid,PI dan Shrinkage Limit

Kadar Koloid	PI	SH Limit	% Perubahan Volume Total	Derajat Ekspansif
> 28	> 35	< 11	> 30	Sangat Tinggi
20-31	25-41	7-12	20-30	Tinggi
13-23	15-28	10-16	10-20	Medium
< 15	< 18	> 15	< 10	Rendah

Sumber : (Holtz dan Gibbs, 1956)

**Tabel 2.5** Klasifikasi Tanah Ekspansif Berdasar Shrinkage Limit

Linear Shrinkage	SL (%)	Swell (%)	
< 5	> 12	< 0.5	Non Kritis
5-8	10-12	0.5-1.5	Marginal
> 8	< 10	> 1.5	Kritis

Sumber : ( Altmeyer, 1955)

**Tabel 2.6** Klasifikasi Tanah Ekspansif Berdasar Prosentase Butiran Tanah yang Lolos Ayakan No.200, LL, dan Standart Penetration Resistance

Prosentase Butiran Tanah yang Lolos Ayakan no.200	LL (%)	Standart Penetration Resistance (Blows/ft)	% Perubahan Volume Total	Derajat Ekspansif
> 95	> 60	30	> 10	Sangat Tinggi
60-95	40-60	20-30	3-10	Tinggi
30-60	30-40	10-20	1-5	Medium
< 30	< 30	< 10	< 1	Rendah

Sumber :(Chen, 1965)

**Tabel 2.7** Klasifikasi Tanah Ekspansif Berdasar Index Plastisitasnya

Swell Potential	PI
Rendah	0-15
Medium	10-35
Tinggi	20-55
Sangat Tinggi	> 35

Sumber : (Chen, 1988)

**Tabel 2.8** Derajat Ekspansif Berdasar Indeks Plastisitas dan Batas Shrinkage

Indeks Plastisitas (%)	Indeks Shrinkage (%)	Derajat Ekspansif
< 12	< 15	Rendah
12-23	15-30	Medium

23-32	30-40	Tinggi
> 32	> 40	Sangat Tinggi

Sumber : (Roman, 1967)

**Tabel 2.9** Hubungan Antara Indeks Plastisitas dengan Swelling Potential

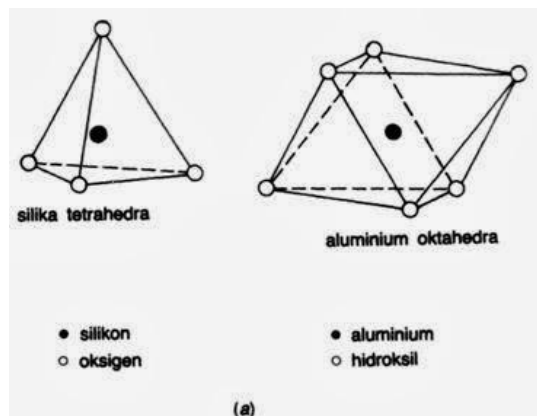
Swelling Potential	PI (%)	Swelling Pressure (KPa)
Lemah	0-15	50
Sedang	15-25	150-250
Tinggi	25-55	250-500
Sangat Tinggi	> 55	> 1000

Sumber : (Costet dan Sanglerat, 1981).

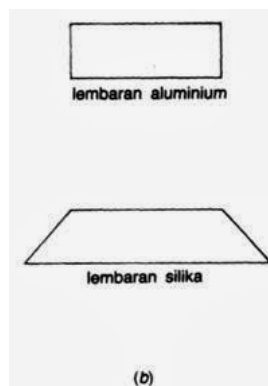
Mineral lempung yang tersusun dalam partikel lempung dapat berbentuk seperti lembaran yang mempunyai permukaan khusus. Umumnya, terdapat kira-kira 15 macam mineral yang diklasifikasikan sebagai mineral lempung (Kerr, 1959). Di antaranya terdiri dari *montmorillonite*. Susunan kebanyakan tanah lempung terdiri dari silika tetrahedra dan aluminium oktahedra (Gambar 2.2). Silika dan aluminium secara parsial dapat digantikan oleh elemen yang lain dalam kesatuannya, keadaan ini dikenal sebagai substitusi isomorph. Kombinasi dari susunan kesatuan dalam bentuk susunan lempeng disajikan dalam symbol, dapat dilihat pada (Gambar 2.3).

*Montmorillonite*, disebut juga dengan *smectite*, adalah mineral yang dibentuk oleh dua lembaran silika dan satu lembaran aluminium (*gibbsite*) (Gambar 2.4). Lembaran oktahedra terletak di antara dua lembaran silika dengan ujung tetrahedra tercampur dengan hidrosil dari lembaran oktahedra untuk membentuk lapisan tunggal (Gambar 2.5). Dalam lembaran oktahedra terdapat substitusi parsial aluminium oleh magnesium. Karena adanya gaya ikatan van der waals yang lemah diantara ujung lembaran silika dan terhadap 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

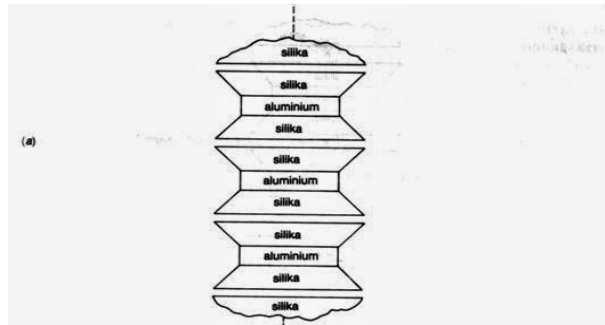
tertentu mempunyai gaya Tarik yang kuat terhadap air. Tanah-tanah yang mengandung *montmorillonite* sangat mudah mengembang oleh tambahan kadar air, yang selanjutnya tekanan pengembangannya dapat merusak struktur ringan dan perkerasan jalan.



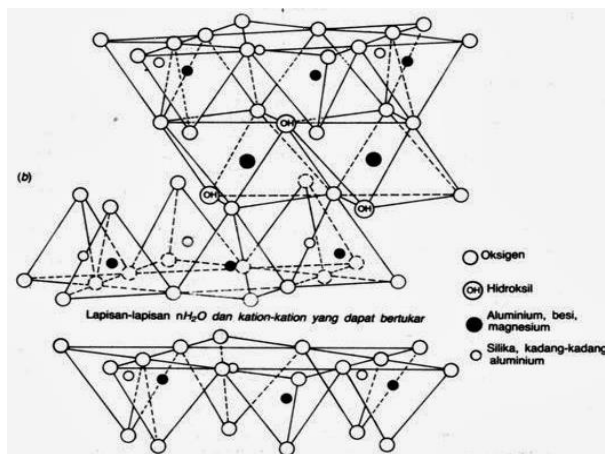
**Gambar 2.2** Mineral-mineral lempung  
(Widhiarto,2015)



**Gambar 2.3** Mineral-mineral lempung  
(Widhiarto,2015)



**Gambar 2.4** Diagram skematik struktur *montmorillonite*  
(Lambe, 1953)



**Gambar 2.5** Struktur atom *montmorillonite*  
(Grim, 1959)

## 2.6 Abu Jerami

Menurut Komar (1984) jerami adalah bagian batang tumbuh yang telah dipanen bulir-bulir buah bersama atau tidak dengan tangkainya dikurangi dengan akar dan bagian batang yang tertinggal. Jerami padi merupakan sumber makanan ruminansia. Sementara ruminansia tergantung pada mikroorganisme rumen dan mensuplai enzim-enzim penting yang mampu mencerna serat kasar dalam jerami (Schiere dan Ibrahim, 1989). Abu jerami padi merupakan hasil dari pembakaran batang-batang padi yang sudah dipanen. Abu jerami tersebut mengandung unsur-unsur yang dapat dimanfaatkan untuk menstabilkan tanah lempung ekspansif.



**Gambar 2.6** Pembakaran Jerami  
(Arif Hidayat, 2010)

Menurut El-Sayed (2006), Abu jerami padi berasal dari jerami yang digiling atau ditumbuk halus, Abu jerami padi dapat dimanfaatkan untuk pupuk, abu gosok, bahan ameliorasi tanah asam dan bahan campuran dalam pembuatan semen hidrolik serta dapat dimanfaatkan campuran batako/mortar, beton, dan campuran batu bata press. Berikut komposisi pada abu jerami padi,

**Tabel 2.10** Komposisi pada abu jerami padi

Kimia	Berat dalam persen
SiO <sub>2</sub>	65,92
AL <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,78
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,20
CaO	2,4
MgO	3,11
SO <sub>4</sub>	0,69

Salah satu manfaat jerami pada kesuburan tanah / lahan sawah yang bisa dipetik yaitu tingkat kesuburan tanah menjadi lebih baik daripada sebelumnya, ini dikarenakan didalam jerami banyak pupuk yang dikandungnya mulai dari pupuk N, P, K, S, Si, Ca, dan Mg.

Sebagai ilustrasi ketika hasil panen padi sebanyak 5 Ton Gabah, maka lahan akan kehilangan unsur hara sekitar 150 kg N, 20 kg P, dan 20 kg S. Selain itu juga, semua

unsur K dan sepertiga dari N, P dan S terdapat pada jerami padi, sehingga tidak dapat dipungkiri bahwa jerami merupakan salah satu sumber pupuk organik yang sangat baik.

Apabila berat jerami mencapai 1,5 Ton, maka diperkirakan kandungan yang terdapat pada jerami mengandung unsur / pupuk berkisar 9 kg N, 2 kg P, dan S 25 kg Si, 6 kg Ca dan 2 kg Mg. Kandungan dari jerami yang bermanfaat untuk tanah diantaranya adanya senyawa N dan C berfungsi sebagai substrat metabolisme mikroba tanah, termasuk gula, pati, selulose, hemiselulose, pektin, lignin, lemak dan protein.

Abu jerami selain untuk menstabilkan tanah lempung ekspansif abu jerami dapat mempengaruhi pertumbuhan dan produksi kedelai dilahan rawa pasang susut.

Penelitian menggunakan Rancangan Kelompok Lengkap Teracak (RKLT) dengan 3 ulangan dan satu faktor yaitu dosis abu jerami. Penelitian menggunakan 4 perlakuan dosis abu jerami yaitu tanpa abu (kontrol), 1 ton/ha, 2 ton/ha, dan 3 ton/ha dengan perlakuan pembanding 100 kg KCl/ha, 2 ton Kapur/ha, serta campuran dari 100 kg KCl/ha dan 2 ton Kapur/ha. Tiap ulangan terdiri dari 7 petak yang diulang sebanyak 3 kali sehingga terdapat 21 unit satuan percobaan. Data yang diperoleh dianalisis dengan uji F, apabila berpengaruh nyata dilanjutkan dengan uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) pada taraf kesalahan 5%. Setiap petak percobaan memiliki ukuran 2 m x 2 m dengan jarak antar petak percobaan 30 cm, saluran memiliki kedalaman 25 cm dan lebar 30 cm. Pemberian air irigasi dilakukan sejak penanaman hingga panen dengan kedalaman muka air 15 cm di bawah permukaan tanah (DPT). Setiap petak percobaan diberikan pupuk sebanyak 200 kg SP-36/ha. Kedelai diberikan pupuk daun N pada 3, 4, 5, dan 6 MST dengan konsentrasi 10 g Urea/l air dengan menggunakan volume semprot 400 l air/ha. Berdasarkan analisis, abu jerami yang digunakan memiliki pH sebesar 10.60. Unsur hara yang terkandung pada abu jerami terdiri dari unsur hara makro dan unsur hara mikro yaitu C, N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Mg, Ca, K, Na, S, Mn, Cu, dan Zn. Unsur K memiliki kandungan yang lebih tinggi dibanding unsur hara lainnya dalam abu jerami yang dianalisis yaitu 3.79 g/100 g. Analisis ragam menunjukkan dosis abu jerami tidak berbeda nyata pada tinggi tanaman, jumlah cabang, buku produktif, buku tidak produktif, dan bobot 100 biji tetapi berbeda nyata pada jumlah polong isi, polong isi/buku produktif, bobot biji per m<sup>2</sup> dan produksi biji. Dosis abu jerami 1 ton/ha mempengaruhi peningkatan komponen produksi pada saat panen diduga berasal dari akumulasi perbaikan peningkatan komponen pertumbuhan (vegetatif) walaupun berdasarkan analisis statistik menunjukkan tidak berpengaruh nyata. Hasil analisis regresi pada dosis abu jerami menunjukkan persamaan sebagai berikut :  $Y = -0.384x^2 + 0.985x + 3.791$ . Berdasarkan persamaan tersebut diperoleh dosis abu jerami optimum yaitu 1.3 ton/ha dengan produktivitas 4.42 ton/ha. Analisis usaha tani menunjukkan dengan pemberian dosis abu jerami sebanyak 1.3 ton/ha



memberikan keuntungan tertinggi yaitu Rp. 18 338 500 dengan nilai B/C rasio sebesar 3.24. Pengujian perlakuan yang dilakukan di lahan petani dengan dosis abu jerami 1 ton/ha dicampur dengan 2 ton kapur/ha memberikan keuntungan sebesar Rp 13 778 500 dengan nilai B/C rasio sebesar 2.47.

## **2.7 Teori Pengujian**

### **2.7.1 Pengujian Kadar Air Tanah**

Kadar air merupakan perbandingan antara berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat butiran tanah kering yang dinyatakan dalam persen (%). Pengujian kadar air dalam praktikum ini menggunakan standar ASTM D2216-92 (1996).

Tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari butiran mineral-mineral padat yang tidak tersementasi satu sama lainnya serta terletak diatas batuan batuan dasar. Ikatan butiran relatif lemah yang disebabkan karena adanya ruang (rongga) diantara pertikel-pertikel butiran pada tanah. Ruang tersebut berisi air dan udara malah bisa kedua duanya.

Apabila tanah sudah benar-benar kering maka tidak akan ada air sama sekali dalam porinya. Keadaan ini jarang ditemukan di tanah yang masih dalam keadaan asli/tanah dilapangan. Air hanya dapat dihilangkan dari tanah apabila kita ambil tindakan khusus untuk maksud itu, misalnya dengan memanaskan didalam oven. Penyelidikan tanah yang memadai merupakan suatu pekerjaan pendahuluan yang sangat penting pada perencanaan sebuah proyek. Oleh sebab itu perlu dilakukan uji kadar air pada tanah agar derajat kejenuhan pada tanah jangan sampai dikacaukan dengan kadar, yaitu perbandingan antara berat air dalam contoh tanah dengan berat butir.

Segumpal tanah dapat terdiri dari 2 hingga 3 bagian. saat kondisi kering, kondisi jenuh air, tanah terdiri dari dua bagian yakni butiran tanah dan air pori. Pada kondisi natural, tanah terdiri dari tiga bagian, yakni butir tanah, pori udara dan air pori. Hubungan berat dan volume yang digunakan dalam mekanika tanah adalah : kadar air, porositas, angka pori, berat volume, berat jenis derajat kejenuhan dan lain-lain.

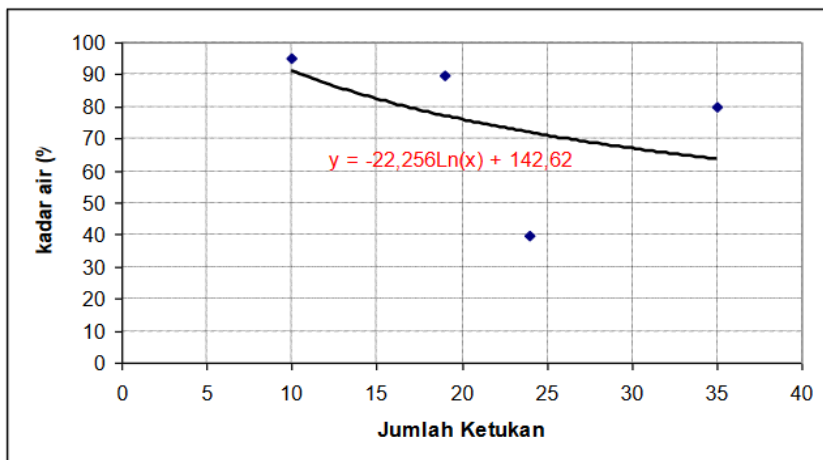


**Gambar 2.7** Alat pengujian kadar air tanah  
(Purwanto,2017)

Contoh perhitungan Manual *Liquid Limit*

Untuk *Liquid Limit* dengan 10x pukulan

- a.  $W_{\text{sample}} + \text{Tare (wet)} = 42,10 \text{ gr (data percobaan)}$
- b.  $W_{\text{sample}} + \text{Tare (dry)} = 25,97 \text{ gr (data percobaan)}$
- c.  $W_{\text{air}} = 42,106 - 25,97$   
 $= 16,13 \text{ gr}$
- d.  $\text{Tare} = 9 \text{ gr (data percobaan)}$
- e.  $W_{\text{dry of soil}} = 25,97 \text{ gr} - 9$   
 $= 16,97 \text{ gr}$
- f.  $\text{Kadar Air} = (16,13/16,97) \times 100\%$   
 $= 95,05 \%$



**Gambar 2.8** Contoh grafik pengujian kadar air tanah  
(Sumber : Herman,2012)

### 2.7.2 Pengujian Berat Isi Tanah

Menurut Harjowigeno (1987) Berat isi tanah adalah berat suatu volume tanah dalam keadaan utuh, dinyatakan dalam gram/cm<sup>3</sup>. Kalau dalam berat jenis tanah yang dimaksud dalam volume tanah, hanya volume padatan tanah saja, sedangkan untuk berat isi volume tanah dalam hal ini termasuk dalam bahan padat dan ruang pori.

Faktor yang mempengaruhi berat isi tanah adalah besarnya ruang pori tanah, semakin besar ruang pori total tanah akan semakin kecil berat isi tanah. Tanah berpasir dan lempung berpasir umumnya berkisar antara 1,2 – 1,8 g/cm<sup>3</sup>. Sedangkan tanah yang lebih halus antara 1,0 – 1,6 g/cm<sup>3</sup>.

Berat isi tanah merupakan salah satu sifat fisik tanah yang sering ditetapkan karena berkaitan erat dengan perhitungan penetapan sifat-sifat fisik tanah lainnya, seperti retensi air (pF), ruang pori total (RPT), coefficient of linier extensibility (COLE), dan kadar air tanah. Kita perlu mengetahui berat isi tanah dan sifat-sifat fisik tanah lainnya karena dalam bidang pertanian Data sifat-sifat fisik tanah tersebut diperlukan dalam beberapa aspek budidaya seperti optimalisasi pengolahan tanah, perhitungan penambahan kebutuhan air, pupuk, kapur, dan pembenah tanah pada satuan luas tanah sampai kedalaman tertentu selain itu berat isi tanah juga erat kaitannya dengan tingkat kepadatan tanah dan kemampuan akar tanaman menembus tanah.



**Gambar 2.9** Alat Pengujian berat isi tanah  
(Andy Khan,2014)

### 2.7.3 Pengujian Berat Jenis Tanah

Menurut Christiady,1992 Berat jenis tanah adalah angka perbandingan antara berat butir tanah dan berat isi air suling dengan isi sama pada suhu 40C. Peralatan yang digunakan dalam pengujian ini antara lain piknometer atau botol ukur, saringan,

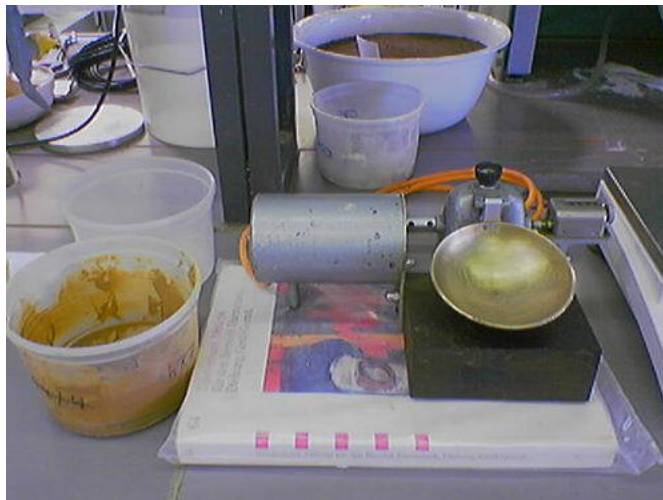
thermometer, oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu, alat pendingin dll. Prosedur pengujian meliputi tahapan pengeringan benda uji di dalam oven selama 24 jam dan penimbangan, selanjutnya benda uji dimasukkan kedalam piknometer lalu timbang lagi dan seterusnya. Berat jenis adalah perbandingan relative antara massa jenis sebuah zat dengan massa jenis air murni. Air murni bermassa jenis  $1 \text{ g/cm}^3$  atau  $1000 \text{ kg/m}^3$ .

#### 2.7.4 Pengujian Atterberg *Limit*

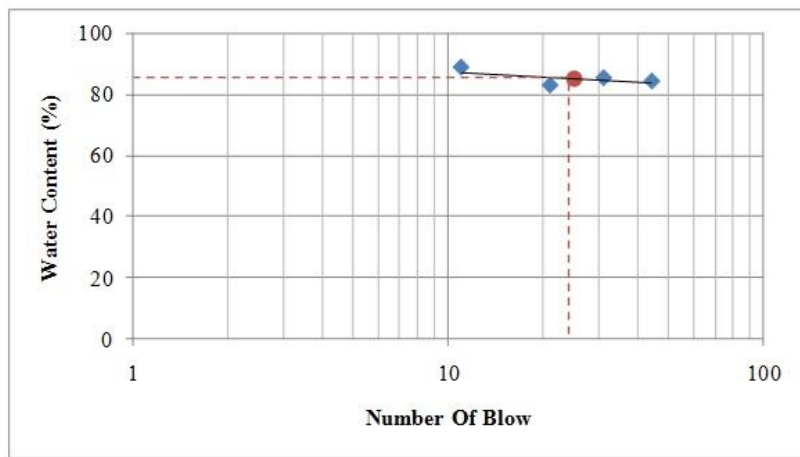
Atterberg Limit diciptakan oleh Albert Atterberg seorang kimiawan Swedia, yang kemudian diperbaharui oleh Arthur Casagrande. Limit ini adalah Perhitungan dasar dari tanah butir halus. Apabila tanah butir halus mengandung mineral lempung, maka tanah tersebut dapat di remas-remas (remolded) tanpa menimbulkan retakan. Sifat kohesif ini disebabkan karena adanya air yang terserap di sekeliling permukaannya.

Atterberg mengembangkan metode untuk menjelaskan sifat konsistensi tanah butir halus pada kadar air yang bervariasi. Berdasarkan pada jumlah air pada tanah, tanah dapat dipisahkan dalam 4 keadaan dasar : solid, semi-solid, plastis, dan cair.

Setiap tingkat mempunyai kepadatan dan tingkah laku tanah berbeda-beda dan begitu juga properti teknisnya. Batas perbedaan antara setiap bentuk dapat ditentukan berdasarkan perubahan kebiasaan tanah tersebut. Atterberg dapat digunakan antara silt dan clay, yang dapat dibedakan lagi menjadi beberapa bagian pada setiap jenisnya.



**Gambar 2.10** Alat pengujian Atterberg Limit  
(Sumber : Andi 2014)



**Gambar 2.11** Contoh Grafik Uji Batas Atterberg *Limit*  
(Ferdinand, 2015)

Berikut rumus Atterberg Limit :

Indeks Plastis (IP) :  $LL - PL$

Batas Susut :  $SL = \left[ \frac{(m1 - m2)}{m2} - \frac{(v1 - v2)\gamma_w}{m2} \right] \times 100\%$

Kadar Air ( $W_c$ ) :  $\frac{B - C}{C - A} \times 100$

dengan :

LL = batas cair

PL = batas plastis

m1 = berat tanah basah dalam cawan percobaan (gr)

m2 = berat tanah kering oven (gr)

v1 = volume tanah basah dalam cawan (gr)

v2 = volume tanah kering oven (gr)

$\gamma_w$  = berat jenis air

A = berat cawan

B = berat cawan + tanah basah

C = berat cawan + tanah kering

### 2.7.5 Pengujian Analisa Saringan

Tanah merupakan komponen/susunan dari hasil lapisan kerak bumi yang sifatnya ditentukan dari ukuran butirannya. Untuk membedakan dan menunjukkansifat-sifat dari tanah ini sering digunakan cara AASTHO dan USCS.

Suatu tanah bergradasi baik atau buruk dapat diketahui berdasarkan pendistribusian ukuran partikel tanah.

Analisa ayakan dapat dilakukan dengan dua cara yaitu cara kering dan cara basah. Cara kering dilakukan dengan menggetarkan saringan, baik itu digetarkan dengan cara manual atau dengan alat penggetar. Cara basah dilakukan dengan mencampur tanah dengan air sampai menjadilumpur encer dan dibasuh seluruhnya melewati saringan.

Analisa hidrometer adalah analisa yang digunakan untuk menentukan ukuran butiran dari tanah berbutir halus atau bagian berbutir halus dari tanah berbutir kasar yang didasarkan pada prinsip sedimentasi (pengendapan) butir-butir dari dalam air.

Ukuran butir tanah :

- Kerikil Kasar = Lolos saringan 3” dan tertahan di 3/4”
- Kerikil Halus = Lolos saringan 3/4” dan tertahan di No.4
- Pasir Kasar = Lolos saringan No.4 dan tertahan di No. 10
- Pasir Sedang = Lolos saringan No.10 dan tertahan di No. 40
- Pasir Halus = Lolos saringan No.40 dan tertahan di No.200
- Lanau dan Lempung = Lolos saringan No.200



**Gambar 2.12** Skema Pengujian Saringan (digambar ulang atas seizin Prof. Yeol, Yeol, et al. 2000)

Rumus Analisa Saringan :

saringan secara kumulatif.

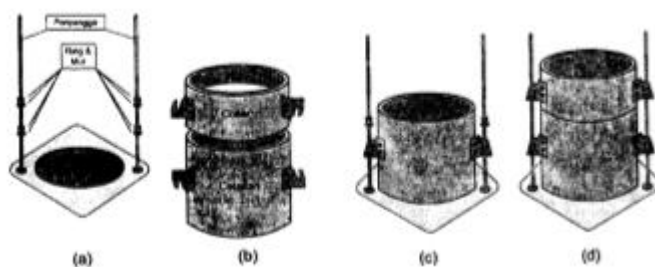
- ( % ) Kumulatif tertahan = % Berat tanah tertahan + % Berat tanah tertahan berikutnya
- ( Pan) Berat tanah tertahan = 300- berat tanah tertahan.
- (Pan) % Berat tanah tertahan = % 100 - % berat tanah tertahan.

### 2.7.6 Pengujian *California Bearing Ratio (CBR)*

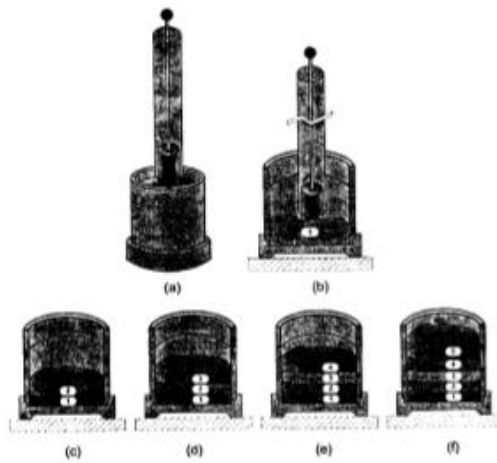
Lapisan tanah yang akan dipakai sebagai lapisan sub-base atau Lsub-grade suatu konstruksi jalan pada umumnya memerlukan proses pemadatan agar mampu menerima beban sesuai dengan yang direncanakan. Salah satu cara untuk mengukur kekokohan (bearing) lapisan tanah adalah pengujian California Bearing Ratio (CBR).

Prinsip dasar dari pengujian CBR adalah membandingkan besarnya beban (gaya) yang diperlukan untuk menekan torak dengan luas penampang 3 inch<sup>2</sup> ke dalam lapisan perkerasan sedalam 0.1 inch (2.54 mm) atau 0.2 inch (5.08 mm) dengan beban standar. Oleh karena itu, kekokohan lapisan perkerasan dinyatakan dalam "kekokohan relatif" atau persen kekokohan. Besarnya beban standar untuk penetrasi 0.1 inch adalah 3000 lbs (pound) atau sekitar 1 350 kg, sedangkan besarnya beban standar untuk penetrasi 0.2 inch adalah 4500 lbs atau sekitar 2025 kg.

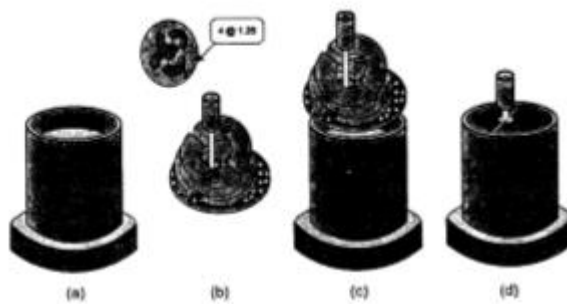
Suatu hal yang perlu diingat bahwa pengujian CBR hanya mengukur kr.krokohan relatif dari lapisan permukaan tanah, karena diameter lx'n(unpang torak yang dipergunakan hanya sekitar 4.96 cm, sehingga daerah (volume) lapisan tanah di bawah torak yang terpengaruh tekanan (sress bulb) hanya di permukaan.



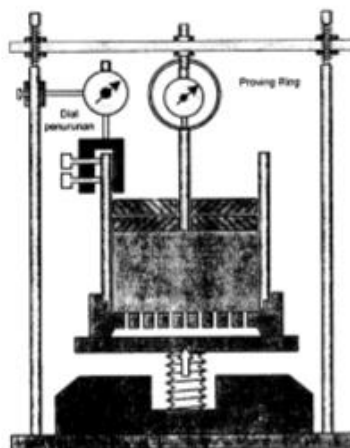
**Gambar 2.13** Tabung Untuk Pengujian CBR (Yeol et al., 2000)



**Gambar 2.14** Langkah Proses Pemadatan (Yeol et al., 2000)



**Gambar 2.15** Proses Penyusunan Beban untuk Perendaman (Yeol et al., 2000)



**Gambar 2.16** Skema Pengujian CBR Di Laboratorium (Ycol ct al., 2000)



### 2.7.7 Pengujian Proctor Test

Proses pemadatan tanah pada prinsipnya adalah usaha untuk memperkecil jarak antara butiran tanah (so/id) dengan jalan mengurangi volume udara yang ada di dalam pori tanah tersebut. Semakin kecil jarak antara butiran tanah semakin banyak jumlah butiran yang ada dalam satu satuan volume tanah, sehingga tanah dikatakan semakin padat.

Kepadatan tanah dinyatakan sebagai berat kering maksimum butiran per satuan volume tanah (dry densitfi yang dinotasikan dengan  $J_a.y$ . Tanah dapat dipadatkan apabila mengandung kadar air tertentu.

Proses pemadatan tanah kelembungan pada kondisi kering (dry) 21u, sebaliknya pada kondisi jenuh tidak akan menghasilkan kepadatan yang maksimum. Kadar air yang diperlukan untuk mendapatkan kepadatan maksimum disebut kadar air optimum (water content optimum,  $Wc_{optimum}$ )

Jenis pengujian yang berhubungan dengan kepadatan tanah adalah:

1. Proctor test
2. Sand cone
3. California Bearing Ratio (CBR)

Beberapa hal yang harus diperhatikan untuk menentukan jenis tanah yang cocok untuk timbunan atau urugan antara lain adalah kegunaan timbunan, sifat tanah, dan energy yang dipakai untuk pemadatan tanah. Tanah non kohesif (kepasiran) mempunyai sifat kokoh, porous (mudah dilalui air) tetapi tidak ada ikatan antara partikel satu dengan yang lain. Sebaliknya butiran tanah kohesif (lempung) terikat satu dengan yang lain (cohesive), relatif lebih kedap air, mempunyai kadar air cukup tinggi, dan pada umumnya kompresibel. Salah satu cara di laboratorium untuk menentukan kepadatan maksimum suatu contoh tanah yang dapat dicapai pada energi standar adalah pengujian Proctor.

Ada dua jenis uji Proctor:

- Standard Proctor
- Modified Proctor

Salah satu cara untuk mengetahui kepadatan tanah di lapangan adalah dengan pengujian *sand cone*. Pada prinsipnya, metode ini (*sand cone*) hanya dipergunakan untuk menentukan volume tanah yang digali pada lapisan perkerasan. Sedangkan berat dan kadar air di dalam contoh tanah dapat ditentukan masing-masing dengan menimbang dan mengeringkannya.

Pada pengujian *Sand cone*, volume galian ditentukan dengan cara mengkonversikan berat pasir standar (yang sudah diketahui berat volume nya)

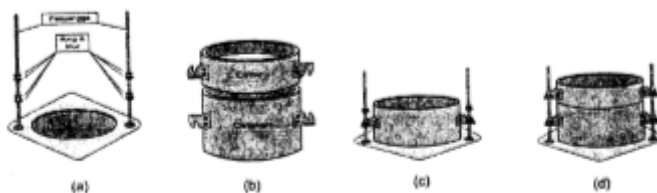
yang diperlukan untuk mengisi lubang galian bekas pengambilan contoh tanah.

Kekokohan(bearing) suatu lapisan tanah, baik asli maupun yang telah dipadatkan biasanya ditentukan dengan pengujian California Bearing Ratio(CBR). Pengujian CBR suatu jenis tanah dapat dilakukan di laboratorium maupun di lapangan. Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan kekokohan relatif lapisan tanah dibandingkan dengan beban standar. Besarnya beban yang dapat dipikul tanah ditentukan dari besarnya gaya yang diperlukan untuk memasukkan torak berbentuk silinder, dengan luas penampang 3 inch<sup>2</sup>, sedalam 0.1 inch atau 0.2 inch (0.2"). Nilai CBR diperoleh dari rasio antara kekokohan lapisan tanah dan beban standar, yang besarnya 3000 lbs (sekitar 1350 kg) untuk penetrasi 0.1 inch dan 4500 lbs (atau sekitar 2025 kg) untuk penetasi torak 0.2 inch.

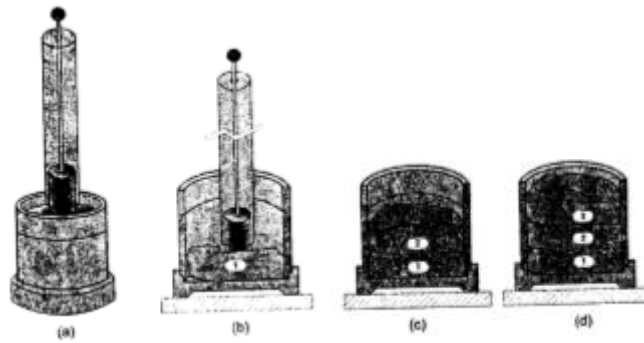
Di bidang rekayasa sipil, banyak dijumpai aktivitas penggalian dan pengurugan tanah. Pada umumnya, pekerjaan pengurugan selalu diikuti dengan proses pemadatan sehingga lapisan tanah urugtersebut memiliki sifat-sifat teknik (engineering properties) sesuai dengan yang direncanakan.

Pemadatan adalah proses yang dilakukan untuk merapatkan butiran tanah (so/id) yang satu dengan yang lain, sehingga partikel tanah saling berdekatan dan poritanah menjadi kecil.

Pengertian pemadatan seringkali disalah-artikan dengan konsolidasi. Meskipun hasil akhir dari proses pemadatan dan konsolidasi adalah pemampatan (sett/ement), namun keduanya memiliki perbedaan. Pemadatan adalah proses pengurangan volume udara di dalam pori tanah (void), sedangkan konsolidasi adalah proses pengurangan volume air dari dalam pori tanah. Istilah konsolidasi hanya dipakai pada tanah k'mpung yang jenuh (tidak ada udara di dalam pori tanah). Proses pemadatan di lapangan biasanya dilakukan secara mekanik, sr.lrcrt i lrr.nggi lasan (Roll ing), penumbukan (Ramming), atau penggel,rr.ur (Vlbr.rliltg).



**Gambar 2.17** Peralatan Proctor (Yeol et al. 2000)



**Cambar 2.18** Langkah Proses Pemasatan (digambar ulang atas seizin Prof . Yeol, Yeol et al, 2000)

Rumus perhitungan Standard Proctor :

$$\gamma d = \frac{\gamma t}{1 + (Wc\%/100)} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$\gamma t = \frac{B-A}{V} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$Wc = \frac{D-E}{E-C} \times 100 \% \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

$\gamma d$  = Berat Volume Kering

$\gamma t$  = Berat Volume Basah

A = Berat Cetakan + Plat Dasar

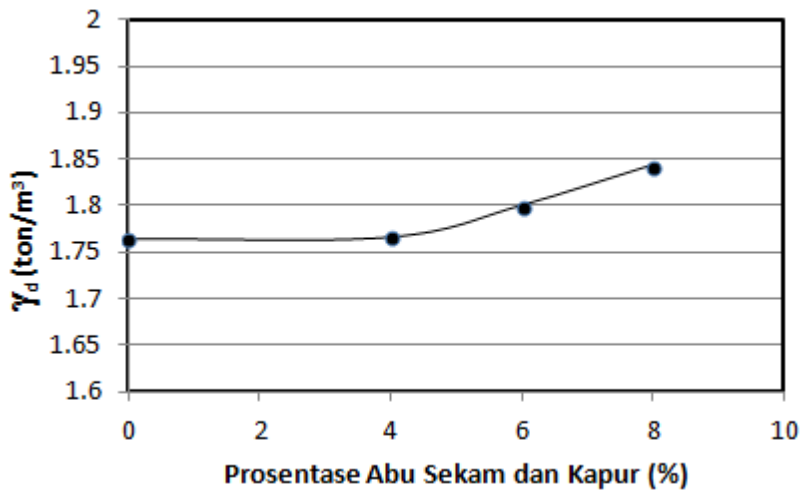
B = Berat Cetakan + Plat Dasar + TB

C = Berat Cawan Kosong

D = Berat Cawan + TB

E = Berat Cawan + TK

Wc = Kadar Air



**Gambar 2.19** Contoh pengujian Hubungan antara kepadatan kering,  $\gamma_d$  dengan prosentase abu-sekam dan kapur (*sumber : Widhiarto,dkk 2015*)

Pada uji pemadatan (proctor test), seperti terlihat pada gambar 2.5, semakin besar prosentase campuran (abu-sekam dan kapur) semakin besar nilai berat volume kering,  $\gamma_d$  yang dihasilkan.

## 2.8 Penelitian Terdahulu

**Tabel. 2.11 Penelitian Terdahulu**

Nama Peneliti	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
Gibral Maulana & Indra Noer Hamdhan, Desember 2016	Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif Menggunakan Campuran Renolith dan Kapur	Hasil Pengujian CBR dimana tanah terlebih dahulu dicampurkan dengan renolith dan kapur menunjukkan peningkatan yang signifikan terhadap daya dukung tanah, hal ini ditunjukkan pada campuran kapur sebanyak 8% dan renolith sebanyak 5% pada waktu pemeraman 3 hari dapat meningkatkan <i>unsoaked</i> hingga 142.63% sedangkan untuk CBR <i>soaked</i> presentase kenaikannya sebesar 286,46% serta menurunkan potensi

		pengembangannya hingga 96,75%
Wisnu Permadi, Brian Kusuma Pradipta, Siti Hardiyati, Bambang Pardoyo, 2016	Stabilisasi tanah lempung ekspansif godong purwodadi km 50 menggunakan proses elektrokinetik dengan stabilisator accu zuur dan kapur	Pengujian indeks properties mengalami peningkatan, namun tidak terlalu signifikan untuk penambahan accu zuur saja dikarenakan butir tanah pada sampel yang distabilisasi tidak dapat mengikat partikel lempung, namun kekurangan tersebut dapat diatasi dengan penambahan kapur. Sehingga hasil yang didapatkan sesuai dengan hasil yang diharapkan pada awal penelitian. Besarnya nilai CBR pada tanah modifikasi 10x tumbukan berkisar antara 1,02% - 16,73% pada penetrasi 0,1", 1,00% - 14,89% untuk penetrasi 0,2", sedangkan untuk tanah modifikasi 56x tumbukan berkisar antara 2,80% - 45,65% untuk penetrasi 0,1", 2,51% - 40,49% untuk penetrasi 0,2".
Andreas Gunarso, Rizqi Nuprayogi, Windu Partono, dan Bambang Pardoyo, 2017	Stabilisasi tanah lempung ekspansif dengan campuran larutan naoh 7,5 %	Dari hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa indeks propertis tanah asli dan tanah stabilisasi mengalami peningkatan, sedangkan hasil untuk pengujian kuat tekan bebas menunjukkan penurunan nilai $q_u$ dan $C_u$ , dan pada hasil pengujian swell potential dan swell pressure antara tanah asli dan tanah stabilisasi tidak mengalami perubahan yang signifikan.

Herry Widhiarto, dkk 2015	Stabilisasi tanah lempung ekspansif dengan menggunakan campuran abu sekam dan kapur.	Nilai indeks plastisitas, IP, mengalami penurunan sebesar 59,35 % pada campuran abu sekam dan kapur sebesar 6%. Semakin besar prosentase campuran abu-sekam dan kapur, nilai kepadatan kering, $\gamma_d$ semakin bertambah. Penurunan swelling terjadi cukup besar pada prosentase 4% campuran abu-sekam dan kapur dan pada penambahan prosentase campuran (>4%) pengurangan swelling relatif kecil. Nilai CBR semakin meningkat dengan semakin bertambahnya prosentase abu-sekam dan kapur.
------------------------------	---	---