

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah Lempung

Tanah lempung (*clay*) adalah bagian dari tanah yang 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 (Braja M. Das, 1985).

Sifat-sifat tanah lempung pada umumnya terdiri dari (Hardiyatmo, 1999):

1. Ukuran butir halus (kurang dari 0,002 mm)
2. Permeabilitas rendah
3. Kenaikan air kapiler tinggi
4. Sangat kohesif
5. Kadar kembang susut yang tinggi
6. Proses konsolidasi lambat

Umumnya, terdapat kira-kira 15 macam mineral yang diklasifikasikan sebagai mineral lempung (Kerr, 1959). Diantaranya terdiri dari kelompok-kelompok: *montmorillonite*, *illite*, *kaolinite*, dan *polygorskite*. Dari kelompok mineral tersebut, tanah lempung dapat dibagi menjadi lempung ekspansif dan lempung non ekspansif. Tanah lempung ekspansif tersusun dari mineral lempung yang mempunyai karakter kembang dan susut yang besar apabila terjadi perubahan kadar air seperti pada kelompok *montmorillonite*. Kelompok ini menjadikan tanah lempung tidak stabil jika berhubungan dengan air.

Struktur *montmorillonite* mirip dengan struktur *illite*, tetapi ion pemisahannya berupa ion H_2O , yang sangat mudah lepas, mineral ini dapat dikatakan sangat tidak stabil, pada kondisi tergenang, air dengan mudah masuk kedalam sela antar lapisan ini sehingga mineral mengembang, pada waktu mengering, air diantara lapisan juga mengering sehingga mineral menyusut.

Dalam Kriteria Raman, penggolongan tanah ekspansif berdasarkan batas-batas *Atterberg* dapat menggunakan dua parameter yaitu PI (*Plasticity Index*) dan SI (*Shrinkage Index*).

Plasticity Index (%)	Shrinkage Index (%)	Degree Of Expansion
< 12	< 15	Low
12 – 23	15 – 30	Medium
23 – 30	30 – 40	High
> 30	> 40	Very High

Tabel 2.1 Parameter PI dan SI

Dalam kriteria Altmeyer tanah ekspansif dapat digolongkan dengan menggunakan *linear shrinkage* dan *shrinkage limit* (SL).

Tabel 2.2 Kriteria Tanah Ekspansif Berdasarkan Linear Shrinkage dan Shrinkage Limit

Linear Shrinkage	SL(%)	Probable Swell	Degree Of Expansion
< 5	>12	< 0.5	Non Critical
5 - 8	10 - 12	0.5-1.5	Marginal
> 8	< 12	< 1.5	Critical

2.2 Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Zat Aditif

Pada penelitian ini, yang dilakukan adalah usaha untuk stabilisasi tanah menggunakan zat aditif. Zat aditif yang digunakan berupa serbuk *gypsum* dan abu sekam padi, kedua zat aditif tersebut diharapkan dapat menambah nilai nilai CBR, nilai pengembangan (*swelling*) serta berat kering (γ_d) pada sampel yang diuji.

2.2.1 Serbuk *gypsum* Sebagai Bahan Stabilisator Tanah

Dalam ilmu kimia, *gypsum* disebut sebagai Kalsium Sulfat Hidrat ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), yaitu suatu material yang termasuk kedalam mineral sulfat yang berada di bumi dan nilainya sangat menguntungkan. Sekarang ini *gypsum* banyak digunakan pada hiasan bangunan, bahan dasar pembuat semen, pengisi (filler) cat, bahan pembuat pupuk (fertilizer) dan berbagai macam keperluan lainnya.

Keuntungan penggunaan serbuk *gypsum* dalam pekerjaan teknik sipil :

- a. Serbuk *gypsum* yang dicampur lempung dapat mengurangi retak karena sodium pada tanah tergantikan oleh kalsium pada *gypsum* sehingga pengembangannya lebih kecil.
- b. Serbuk *gypsum* dapat meningkatkan stabilitas tanah organik karena mengandung kalsium yang mengikat tanah bermateri organik terhadap lempung yang memberikan stabilitas terhadap agregat tanah.
- c. Serbuk *gypsum* meningkatkan kecepatan rembesan air, dikarenakan serbuk *gypsum* lebih menyerap banyak air. (Sumber : www.minerals.net, opened at December,1,2005)

Pada penelitian yang dilakukan oleh Diah Sari Damayanti dan Yasin Widodo (2002) didapatkan hasil bahwa dengan penambahan serbuk *gypsum* terjadi peningkatan pada kuat tekan tanah asli *undisturb*, ini menunjukkan bahwa serbuk *gypsum* dapat memperbaiki konsistensi tanah.

Dari beberapa hal yang didapat dari serbuk *gypsum* hal yang dapat dimanfaatkan adalah bahwa serbuk *gypsum* dapat meningkatkan karakteristik tanah lebih baik, ekonomis, dan bahan baku mudah didapat.

2.2.2 Abu Sekam Padi (*Rice Husk Ash*) Sebagai Bahan Stabilisator Tanah

Abu sekam padi merupakan bahan hasil sampingan dari produk pertanian, yang dinilai hanyalah limbah. Akan tetapi sekam yang dinilai hanya limbah tersebut bila dibakar memiliki sifat pozzolan yang mempunyai unsur silikat tinggi, rata-rata SiO_2 yaitu 91,72% dengan pozzolanic activity index sebesar 87%. Pozzolan ini mengandung sifat sementasi jika bercampur dengan air.

Abu sekam padi sebagai *filler*. Fungsi dari *filler* adalah sebagai bahan pengisi rongga-rongga antar agregat (kasar) yang diharapkan dapat meningkatkan kerapatan dan memperkecil permeabilitas dari campuran.

Disamping ukurannya yang harus relatif halus, bahan *filler* harus memiliki sifat-sifat tertentu seperti bersifat sementasi jika terkena air dan memiliki daya rekat yang tinggi dengan agregat lainnya (Mutohar, Y., 2002). Diantara bahan-bahan yang memiliki sifat sementasi jika terkena air dan banyak dipakai sebagai bahan *filler* adalah abu batu (*rock ash*), abu terbang (*fly ash*), portland cement (PC), abu sekam padi dan lainnya.

Dari hasil penelitian yang sudah pernah dilakukan (Muntohar A. S. dan B. Hantoro, 2001), abu sekam diyakini memiliki sifat-sifat yang baik sebagai *filler* pemadat karena memiliki sifat sementasi, disamping ukuran butirannya yang relatif kecil (lolos No.200). Hasil yang diperoleh bahwa abu sekam dapat mengurangi kembang susut dari tanah lempung dengan melihat penurunan indeks plastisnya dari 41,25% menjadi 0,96% pada kadar abu sekam 12-12,5 %, kemudian nilai CBR tanah meningkat dari 3,03% menjadi 16,3% pada kadar abu sekam 6-12,5%, pada kadar abu sekam 6-10%, penurunan konsolidasi mengecil, yaitu dari 0,03 menjadi 0,006 serta peningkatan parameter geser akibat CBR menjadi 4.131 kN/m² dari yang sebelumnya 391,12 kN/m².

Beberapa keuntungan yang jelas terlihat dari abu sekam sebagai bahan *filler* diantaranya keberlimpahan sekam sebagai limbah padi memberikan prospek bagi pengadaan bahan *filler* yang relatif murah dibanding dengan bahan lain yang relatif mahal dan biasanya sulit didapat.

2.3 Uji Laboratorium

Menurut Shirley (1994), jenis percobaan di laboratorium dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu:

1. Sifat fisik tanah (*Index Properties*): yaitu sifat tanah dalam keadaan asli yang digunakan untuk menentukan jenis tanah.
2. Sifat mekanis tanah (*Engineering Properties*): yaitu sifat tanah jika memperoleh pembebanan dan digunakan sebagai parameter dalam perencanaan.

Sifat fisik tanah meliputi pemeriksaan kadar air tanah, berat jenis tanah, batas *atterberg*, analisa saringan, dan berat isi tanah. Sedangkan sifat mekanis tanah meliputi beberapa pemeriksaan, namun dalam penelitian ini hanya difokuskan pada pemadatan standar, uji CBR dan uji *swelling*.

2.3.1 Kadar Air Tanah (*Water Content*)

Pemeriksaan kadar air tanah (*Water Content*) dilakukan untuk menentukan perbandingan berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat kering tanah dinyatakan dalam prosen.

2.3.2 Berat Isi Tanah (*Density Test*)

Pemeriksaan berat isi tanah (*Density Test*) dilakukan untuk mengetahui kerapatan butiran tanah atau berat volume tanah. Berat isi tanah didefinisikan sebagai perbandingan antara berat butiran padat dengan volume butiran padat.

2.3.3 Analisa Saringan

Analisa saringan dilakukan untuk menentukan pembagian ukuran butir suatu contoh tanah melalui saringan.

Tabel 2.3 Tabel Nomor Saringan

No. Saringan (ASTM)	Masa tanah tertahan pada saringan (g)
#4	0
10	40
20	60
40	89
60	140
80	122
100	210
200	56
Pan	12

2.3.4 Berat Jenis Tanah (*Specific Gravity*)

Berat jenis tanah (Gs) didefinisikan sebagai perbandingan antara berat volume butiran padat dengan volume air pada temperatur 4°C. Nilai-nilai berat jenis dari berbagai jenis tanah diberikan dalam tabel 2.2 berikut ini:

Tabel 2.4 Berat Jenis Tanah

Macam Tanah	Berat Jenis (Gs)
Kerikil	2,65 – 2,68
Pasir	2,65 – 2,68
Lanau organik	2,62 – 2,68
Lempung organik	2,58 – 2,65
Lempung anorganik	2,68 – 2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25 – 1,80

Sumber: Hardiyatmo (1999:4)

2.3.5 Batas Atteberg (*Atteberg Limit*)

Sifat plastisitas tanah lempung, yaitu kemampuan tanah dalam menyesuaikan perubahan bentuk dan volume yang konstan tanpa retak-retak atau remuk. Kedudukan fisik tanah berbutir halus pada kadar air tertentu disebut konsistensi. Menurut Atterberg batas-batas konsistensi tanah berbutir halus tersebut adalah batas cair, batas plastis, dan batas susut. Indeks plastisitas adalah selisih batas cair dan batas plastis (interval kadar air pada kondisi tanah masih bersifat plastis), karena itu menunjukkan sifat keplastisan tanah. Berikut merupakan batas Atterberg lebih lengkap :

2.3.5.1 Batas Cair (*Liquid Limit*)

Batas cair (*Liquid Limit*) didefinisikan sebagai kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis, yaitu batas atas dari daerah plastis. Batas cair ditentukan dari pengujian Casagrande (1948).

2.3.5.2 Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Batas Plastis (*Plastic Limit*) didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan antara daerah plastis dan semi padat, yaitu persentase kadar air dimana tanah dengan silinder sekitar 3 mm mulai retak-retak ketika dipilin-pilin.

Tabel 2.5 Nilai indeks plastisitas dan macam tanah (Chen, 1975)

PI	Sifat	Macam tanah
0	Non Plastis	Pasir
<7	Plastisitas rendah	Lanau
7-17	Plastisitas sedang	Lempung berlanau
>17	Plastisitas tinggi	Lempung

2.3.5.3 Batas Susut (*Shrinkage Limit*)

Suatu tanah akan mengalami penyusutan bila kadar air secara perlahan-lahan hilang dari dalam tanah. Dengan kehilangan air terus menerus akan mencapai suatu tingkat keseimbangan atau telah mencapai batas susutnya. Batas susut (*Shrinkage Limit*) didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan antara daerah semi padat dan padat, yaitu persentase kadar air dimana pengurangan kadar air selanjutnya tidak mengakibatkan perubahan volume tanah.

2.3.6 Uji Pemadatan (*Standart Proctor Test*)

Uji pemadatan (*Standart Proctor Test*) dilakukan untuk menentukan hubungan antara kadar air dan kepadatan tanah sehingga bisa diketahui kepadatan maksimum dan kadar air optimum. Besar kepadatan diukur dalam berat jenis kering tanah (γ_d) atau kepadatan kering tanah. Uji pemadatan laboratorium ini nantinya akan digunakan pada pemadatan timbunan di lapangan.

Pemadatan tanah ialah dimana sejumlah tanah yang terdiri dari partikel padat, air, dan udara direduksi volumenya dengan menggunakan beban. Beban tersebut dapat berupa beban bergerak, dipukulkan, maupun yang digetarkan. Pemadatan tanah bertujuan untuk mengurangi pori udara dalam tanah, meningkatkan kuat geser tanah, dan mengurangi permeabilitas tanah.

Standart Proctor Test adalah salah satu metode dalam uji pemadatan tanah. Pengujian ini menggunakan 25 pukulan pemadat seberat 2,5 kg dengan tinggi jatuh 30 cm. Pukulan sebanyak 25 kali dilakukan di tiap lapisan tanah di dalam *mould* yang keseluruhan terdiri dari 3 lapisan.

2.3.7 Uji CBR (*California Bearing Ratio*)

Untuk menguji kapasitas dukung tanah yang di padatkan biasanya digunakan percobaan tahanan penetrasi, diantaranya pengujian CBR. California Bearing Ratio (CBR) adalah merupakan suatu perbandingan antara beban percobaan (test load) dengan beban standar (standard load) dan dinyatakan dalam persen. Nilai Beban percobaan

$$\text{Nilai CBR} = \frac{\text{Nilai Beban Percobaan}}{\text{Nilai Beban Standard}} \times 100\%$$

Harga CBR adalah nilai yang menyatakan kualitas tanah dasar dibandingkan dengan bahan tandar berupa batu pecah yang mempunyai nilai CBR sebesar 100% dalam memikul beban lalu lintas.

Nilai CBR adalah salah satu parameter yang digunakan untuk mengetahui daya dukung tanah dasar dalam perencanaan lapis perkerasan. Bila tanah dasar memiliki nilai CBR yang tinggi, praktis akan mengurangi ketebalan lapis perkerasan yang berada di atas tanah dasar (*subgrade*), begitu pula sebaliknya. Menurut Soedarmo dan Purnomo (1997), CBR dapat dibagi sesuai dengan cara mendapatkan contoh tanahnya yaitu :

1. CBR lapangan
2. CBR lapangan rendaman (*undisturbed soaked CBR*)
3. CBR laboratorium (Laboratory CBR), dapat dibedakan atas 2 macam :

- CBR laboratorium rendaman (soaked laboratory CBR) dan
- CBR laboratorium tanpa rendaman (*unsoaked laboratory CBR*).

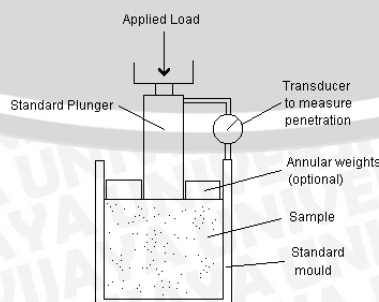
Penentuan nilai CBR dilaksanakan terhadap contoh tanah yang sudah dipadatkan dengan pemadatan standar. Apabila nilai CBR ditentukan dengan rendaman maka perendaman dilaksanakan selama 4 hari (96 jam). Uji CBR metode rendaman adalah untuk mengasumsikan

keadaan hujan atau saat kondisi terjelek di lapangan yang akan memberikan pengaruh penambahan air, sehingga akan mengakibatkan terjadinya pengembangan (swelling) dan penurunan daya dukung tanah. Dari setiap pekerjaan CBR laboratorium dihitung:

1. Kadar air tanah (ω)
2. Berat isi basah (γ_b)
3. Berat Volume kering tanah (γ_d)
4. Nilai CBR

Hitung nilai CBR (dalam %) dari grafik yang telah dikoreksi, yaitu perbandingan antara tekan penetrasi yang diperoleh terhadap tekan penetrasi standar. Nilai CBR yang digunakan dan dilaporkan adalah nilai penetrasi 0,1". Apabila dalam pemeriksaan ternyata nilai CBR untuk penetrasi 0,2" lebih besar dari nilai untuk 0,1", maka percobaan harus diulang. Dan apabila pada percobaan ulang ini CBR untuk 0,2" tetap lebih besar daripada 0,1", maka nilai CBR yang dipakai adalah nilai untuk 0,2".

Alat serta cara melakukan percobaan CBR dapat dilihat pada Gambar 2.1. Dengan mempergunakan dongkrak mekanis sebuah piston penetrasi ditekan supaya masuk tanah dengan kecepatan 0.05 inci per menit. Luas piston tersebut adalah 3 inci persegi. Untuk menentukan beban yang bekerja pada piston ini dipakai sebuah *proving ring* yang terpasang antara piston dan dongkrak. Pada nilai-nilai penetrasi tertentu, beban yang bekerja pada piston tercatat sehingga kemudian dapat dibuat grafik beban terhadap penetrasi.



Gambar 2.1 Skema alat percobaan CBR

Percobaan CBR dapat dilakukan pada contoh tanah asli (*undisturbed samples*), ataupun pada contoh yang dipadatkan (*compacted samples*) percobaan CBR juga dapat dilakukan di lapangan, langsung pada tanah yang mau dicoba. Contoh yang dipadatkan (*compacted samples*) untuk percobaan CBR biasanya dibuat dalam cetakan yang mempunyai diameter 6 *inch*. Tinggi contoh dibuat sama dengan pada percobaan pemadatan, dan cara memadatkan tanahnya juga sama, yaitu dengan memakai alat pemukul dan jumlah lapisan yang sama. Karena luas cetakan CBR lebih besar dari pada luas cetakan pemadatan, maka banyaknya pukulan harus ditambah untuk mendapatkan daya pemadatan yang sama. Yaitu :

Banyaknya pukulan pada contoh CBR (n) :

$$n = \left(\frac{6}{4}\right)^2 \times 25 = 56 \text{ pukulan}$$

2.3.8 Uji Swelling

Uji swelling merupakan salah satu bentuk uji tanah pada tanah lempung ekspansif, pada pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui seberapa besar pengembangan tanah lempung ekspansif bila direndam air dalam waktu tertentu.

Uji pengembangan (*Swelling*) ini dilakukan bersamaan dengan perendaman sample tanah untuk uji CBR terendam (*CBR soaked*). Sample yang telah dipadatkan dengan keadaan OMC dipasangkan arloji, kemudan direndam pada suatu wadah beserta moldnya. Arloji berguna untuk mengukur pengembangan (*Swelling*).

Pembacaan dial dibaca selama 4 hari atau 96 jam. Rentang waktu pembacaan arloji ditetapkan dalam form yang sudah ditentukan sehingga akan diketahui seberapa besar pengembangan yang terjadi. Nilai *swelling* dihitung berdasarkan prosentase benda tinggi uji sesudah proses perendaman terhadap tinggi benda uji sebelum proses perendaman.

$$\text{Swelling} = \frac{(h_2 - h_1)}{h_1} \times 100\%$$

Keterangan: - h1 = tinggi benda uji semula

- h2 = tinggi benda uji setelah perendaman