PENGARUH KADAR AIR TERHADAP NILAI KONSOLIDASI DI TANAH LEMPUNG PADA LOKASI YANG SAMA

Fakhrul Rozi Yamali*

Abstract

Soil type is the most important known and understood by experts in civil engineering before designing or designing a construction thereon. Construction of such buildings before determining the type of foundation of the civil engineers must know beforehand what type of soil in the location that will be built with soil investigation to determine the physical properties and mechanical ground, so knowing how much water content, soil type what is in the location for facilitate the calculation of construction and also to determine how much length reduction / settlement. Tests carried out on site and soil type laboratory to determine moisture content, soil type and value of consolidation via tail test equipment consolidation test.

Key words: Soil Types, Water, consolidation

PENDAHULUAN

Mekanika tanah merupakan suatu hal yang sangat penting dan memerlukan pemikiran mendalam bagi engineer dalam perencanaan suatu konstruksi. Tanah sebagai dasar pondasi perlu memenuhi kriteria kekuatan, stabilitas dan kekakuan karena tanah merupakan tempat menyalurkan gaya-gaya diatasnya sampai ke bawah pondasi. Ahli teknik sipil harus mengetahui sifat-sifat fisik tanah maupun sifat mekanisnya agar tidak terjadi hal-hal yang dapat merusak konstruksi itu sendiri, salah satunya guna menghindari terjadinya penurunan atau konsolidasi tanah.

Suatu lapisan tanah bila mengalami penambahan beban diatasnya, maka air pori yang terkandung didalam tanah akan mengalir keluar dari lapisan tanah tersebut dan volume nya akan bertambah kecil akibat adanya proses pengaliran air pori, besarnya proses pengaliran air pori tersebut tergantung dari besarnya koefisien permeabilitas *K*, peristiwa ini dalam ilmu mekanika tanah disebut sebagai proses konsolidasi. Proses konsolidasi merupakan fungsi dari waktu dan berbanding lurus, artinya semakin lama tanah itu terbebani maka penurunan konsolidasi akan bertambah besar. Besarnya penurunan yang akan terjadi juga akan dipengaruhi oleh jumlah air pori yang keluar dari dalam tanah tersebut. Jumlah air pori yang keluar dari dalam tanah dapat ditunjukkan dengan besarnya tekanan air pori yang ditimbulkan, sehingga semakin besar tekanan air pori yang terjadi akan semakin besar pula penurunannya.

Menurut J.E. Bowles, 1986 Tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butirana) mineral – mineral padat yang tidak tersegmentasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan berasal dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan udara yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel tersebut. Istilah tanah dalam mekanika tanah digunakan sebagai campuran partikel-partikel yang terdiri dari salah satu atau seluruh jenis berikut :

- Berangkal : > 250 mm
- Kerikil : 5 – 150 mm
- Pasir : 0,074 – 5 mm
- Lempung : 0,002 – 0,0074 mm
- Koloid : < 0,001 mm

Semua material ketika sebuah gaya diberikan akan berdeformasi. Kebanyakan semua material yang dipakai dalam bidang teknik mematuhi hukum Hooke. Untuk tanah, hubungan antara beban dan perubahan deformasi biasanya sangatlah kompleks tergantung dari jenis tanahnya dan waktu memegang peranan yang sangat penting. Dalam ilmu mekanika tanah deformasi yang biasanya diperhitungkan adalah penurunan dari tanah itu sendiri ketika bekerja suatu beban diatasnya, walaupun ada faktor lain yang menyebabkannya antara lain penurunan muka tanah dan getaran. Penuruna (settlement) adalah pengaruh langsung dari pengurangan volume dari massa tanah. Pengurangan ini dapat terjadi karena pengaruh faktor-faktor tanah berikut :

- Keluarnya air dan udara pori dari rongga (void) tanah
- Kompresi dari partikel tanah
- Kompresi dari air tanah dan udara dari rongga

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kadar air terhadap parameter-

[1] Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UNBARI

parameter konsolidasi yang terdiri dari nilai c_v (koefisien konsolidasi), nilai c_c (indeks tekan), dan nilai *k* (rembesan) yang diharapkan hasil akhirnya dapat di ketahui besarnya penurunan yang terjadi serta waktu atau lamanya penurunan/ konsolidasi. Penelitian ini dibagi atas 2 (dua) contoh tanah yang mempunyai kadar air yang berbeda dengan tujuan untuk melihat perbandingan besarnya koefisien penurunan yang terjadi antara kedua contoh tanah tersebut. Tanah untuk *sample* ini diambil dengan menggunakan alat *hand bor* pada titik yang sama dengan kedalaman yang berbeda. *Sample* pertama diambil pada kedalaman 2,50 – 2,90 meter dan *sample* kedua pada kedalaman 4,00 – 4,40 meter untuk kemudian diperiksa sifat-sifat fisik dan mekanis tanah di laboratorium.

KAJIAN PUSTAKA

Menurut Wesley L.D 1997, tanah lempung merupakan tanah yang berbutir halus yang memiliki sifat kohesi, plastisitas, tidak memperlihatkan sifat dilatasi dan tidak mengandung jumlah bahan kasar yang berarti. Sifat kohesi lempung menunjukkan bahwa bagian-bagian lempung dapat melekat satu sama lainnya sedangkan plastisitas adalah sifat yang memungkinkan bentuk bahan itu dapat diubah-ubah tanapa mengalami perubahan isi atau tanpa kembali kebentuk semula dan tidak terjadi retakan-retakan. Lempung sebagai tanah kohesif akan mempunyai kekuatan yang besar apabila berada dalam kondisi kering, namun sebaliknya apabila bercampur dengan air yang melebihi dari kadar air yang di izinkan, maka kekuatan lempung tersebut akan berkurang.

Menurut Ralph B dalam Hardiyatmo 1996, Sistem klasifikasi tanah dapat di bagi atas sistem klasifikasi AASHO (The American Association of State Higway Officials) dan system USCS (Unified Soil Classification System). Sistem klasifikasi tanah yang secara jelas dan secara pokok jenis tanah dibagi dalam dua kelompok yaitu :

- Material granuler dengan persyaratan 35% butiran atau kurang lewat saringan no. 200
- Material lempung dan material lanau yang merupakan tanah berbutir halus dengan persyaratan lebih dari 35% butiran lolos saringan no. 200.

Menurut R.F. Crag 1989, batas-batas konsistensi disebut juga sebagai batas atterberg, biasanya dituliskan dalam kadar air (water content, w) yang terdiri dari :

- Batas cair (liquid limit) yaitu keadaan dimana kadar air tanah berada pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis (yaitu batas atas daerah plastis).
- Batas plastis adalah keadaan dimana kadar air tanah berada pada batas bawah plastis.
- Indeks plastis (Plasticity Indeks) merupakan selisih anatara batas cair dan batas plastis dimana tanah tersebut dalam keadaan plastis.

Perbedaan antara air batas cair dan batas plastis dapat dinyatakan dengan rumus :

$Ip = W_L - W_p$

Dimana :

Ip = Indeks Plastis, persen

W_L = Kadar air pada batas cair, persen dari berat padat

W_p = Kadar air pada batas plastis, persen dari berat padat

Semakin tinggi indeks plastis, semakin tinggi juga tanah tersebut

Kadar air tanah pada tanah lempung sangat berpengaruh terhadap nilai sifat-sifat fisik dan mekanis tanah. Tanah lempung berdasarkan nilai atterberg dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu :

- Lempung dengan batas cair tinggi
- Lempung dengan batas cair rendah

Tanah lempung dengan batas cair tinggi nilai indeks plastisnya akan tinggi begitu juga sebaliiknya tanah lempung dengan batas cair rendah maka nilai indeks plastisnya akan rendah.

Konsolidasi Tanah

Menurut Braja M. Das 1985, penurunan yang terjadi pada lapisan tanah yang disebabkan oleh pembebanan dapat dibagi menjadi dua kelompok besar yaitu :

- Penurunan konsolidasi (consolidation settlement) yang merupakan hasil dari perubahan volume tanah jenuh air, sebagi akibat berkurangnya air yang menempati pori-pori tanah.
- Penurunan segera (immediate settlement) merupakan akibat dari deformasi elastis tanah kering, basah dan jenuh air tanpa adanaya perubahan kadar air.

Penurunan konsolidasi (consolidation settlement) terjadi secara terus menerus atau bertahap dalam kurun waktu yang panjang dan umumnya terjadi pada tanah lempung dan lanau. Sedangkan penurunan segera (immediate settlement) terjadi pada pasir.

Menurut Terzaghi dalam Hardiyatmo 1996, teori konsolidasi yang pertama kali

diperkenalkannya mendasari persamaan matematisnya sebagai berikut :

- Lapisan lempung adalah homogen
- Lapisan lempung adalah jenuh sempurna
- Partikel padat tanah dan partikel air tidak kompresibel
- Kompresi dan aliran satu dimensi
- Regangan kecil
- Kukum Darcy berlaku untuk tanah berbutir halus
- Koefisien permeabilitas dan koefisien kompresibilitas volume tetap konstan selama proses berlangsung.

Asumsi-asumsi yang dikemukakan Terzaghi, maka didapat konstanta-konstanta dan definisi-definisi yang timbul dari teori konsolidasi sebagai berikut :

- Koefisien daya kompresi (coefficient of compressibility) m_v, diartikan sebagai perubahan volume atau pengurangan volume persatuan kenaikan tekanan, perubahan volume dapat dinyatakan dari nilai angka pori dan tebal contoh. Nilai m_v tidak konstan tetapi tergantung pada rentang tekanan/ tegangan yang diberikan.
- Koefisien konsolidasi (coefficient of consoliadtion) c_v merupakan konstanta yang dijabarkan dari teori dimana :

$$c_v = \frac{k}{m_v \gamma_w}$$

k = Rembesan tanah
m_v = Koefisien daya kompresi
γ_w = Kerapatan air

Dari konstanta (c_v) dapat ditentukan waktu yang diperlukan terjadinya konsolidasi

- Indeks kompresi (c_c) merupakan kemiringan pada garis ;linear yang terdapat dalam grafik konsolidasi, indeks tekanan atau indeks kompresi tidak mempunyai dimensi dan hubungan dengan besarnya penurunan yang akan terjadi.

METODOLOGI PENELITIAN

Penyelidikan Tanah Di Lapangan

a. Pemboran (Drilling)
b. Pengambilan contoh bahan tanah (Soil Sampling)

Penyelidikan Tanah Di Laboratorium

a. Pemeriksaan sifat fisik tanah (*Indeks Properties*)
   - Pemeriksaan kadar air tanah yaitu perbandingan antara berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat kering tanah (%) perhitungan kadar air didapat :

Berat = $W_2 - W_3$
Berat tanah kering = $W_3 - W_1$

$$\text{Kadar air tanah} = \frac{W_2 - W_1}{W_3 - W_1} \times 100\%$$

- Pengukuran berat jenis (*Specific Gravity)* untuk menentukan berat jenis tanah sample. Perhitungan berat jenis dapat di cari dengan cara :
  Berat tanah = $W_2 - W_1$
  Berat air = $W_4 - W_1$ (isi piknometer)
  Berat air pada waktu piknometer berisi air dan tanah ($W_3 - W_2$)

$$GS = \frac{W_2 - W_1}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)}$$

  Dimana :
  W_1 = Berat piknometer (gram)
  W_2 = Berat piknometer dan tanah kering (gram)
  W_3 = Berat piknometer, tanah dan air (gram)
  W_4 = Berat piknometer dan air (gram)

- Pengukuran bagian butiran dengan analisa saringan, pada bagian ini digunakan ayakan No. 2", 1", 3/8", 4, 10,40,200

- Atterberg Limit
  Batas cair (*Liquid Limit*) adalah batas kadar dimana suatu tanah berubah dari keadaan cair menjadi keadaan plastis, lewat saringan no. 40
  Batas Plastis (*Plastis Limit)* adalah kadar air minimum dimana tanah masih dalam kedaan plastis (semi padat) menjadi keadaan padat, tanah dalam uji ini harus lolos saringan no. 40
  Plastis Indek (IP) yaitu selisih batas batas cair dan batas plastis (LL – PL) atau selisih kadar air dimana didalamnya tanah memiliki plastisitas atau dikenal sebagai daerah plastis yang kecil, maka keadaan ini disebut maka keadaan ini disebut tanah kurus begitu juga sebaliknya maka disebut

tanah gemuk.

b. Pemeriksaan sifat mekanis tanah (*Engineer Properties)*
   - Sifat mekanis tanah untuk mengetahui kemampuan tanah menahan serta memikul beban dengan melakukan percobaan konsolidasi dengan menggunakan alat uji oedometer dan sampel yang digunakan merupakan sampel tanah tak terganggu (undisturb).
   - Percobaan Konsolidasi yang dilkukan dilaboratorium sesuai metode uji yang ada untuk mengetahui besarnya penurunan maupun kecepatan penurunan, rumus yang digunakan antara lain :
     a. Tinggi benda uji (HT) = BK
        Ht = Tinggi efektif uji = tinggi butiran-butiran tanah (jika dianggap menjadi satu)
        A = Luas benda uji
        B = Berat jenis tanah
        Bk = Berat tanah kering

   - Angka pori $\Delta e = \frac{H}{Ht}$

   - Hitung angka pori (e) setiap pembebanan dengan rumus :
     $E = e_0 - \Delta e$

   - Derajat kejenuhan (Sr)

     $Sr = \frac{W \cdot G}{e}$

     Sr = Derajat kejenuhan
     W = Kadar air
     G = Berat jenis air
     E = Angka pori

   - Harga koefisien konsolidasi (c_v)

     $c_v = \frac{0{,}212\ Hm^2}{t_{90}}$

     c_v = Koefisien konsolidasi (cm^2/detik)
     Hm = Tinggi benda uji rata-rata pada pada pembebanan yang bersangkutan
     t_{90} = waktu untuk mencapai konsolidasi 90% (detik)
     c_v = Kompresi indek

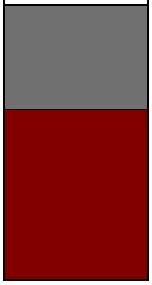
     $c_v = \frac{e_1 - e_2}{\log p_1 - \log p_2}$

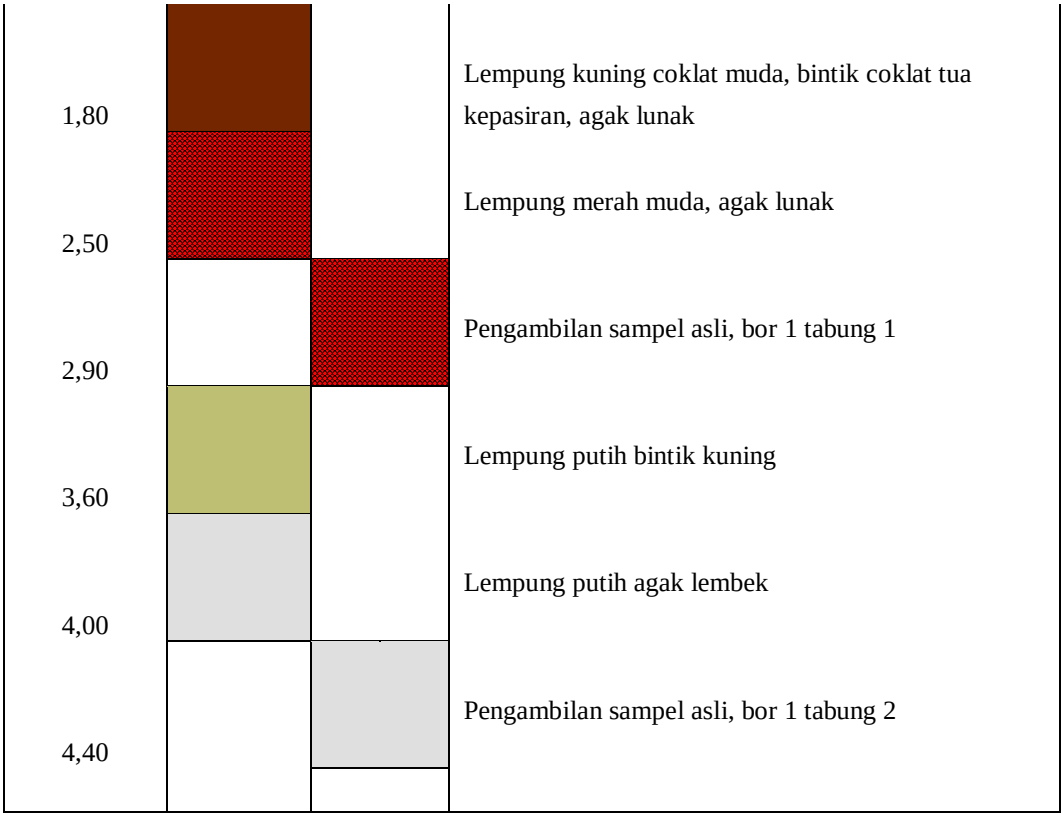
ANALISA DAN PEMBAHASAN

Sifat Fisik Tanah Lempung

Sampel tanah lempung dalam dalam penelitian ini diambil dari hasil bor tangan (boring log) di area kampus unbari, tanah lempung tersebut berada pada kedalaman yang berbeda, dimana untuk sampel pertama berada pada kedalaman 2,50 – 2,90 meter dan untuk sampel kedua diambil pada kedalaman 4,00 – 4,40 meter. Diskrifsi tanah lempung sampel dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini yang menjelaskan hasil dari pengeboran.

Tabel 1. Jenis tanah hasil boring log

Kedalaman (m)	Gambar	Pengambilan Sampel	Deskripsi Sampel
0,00 0,30 1,00			Lempung bekas bahan bangunan, hitam, kecoklatan berhumus Lempung merah muda kepasiran, bintik-bintik merah, lembek



Sumber : Hasil Boring Log / Hand bor

Klasifikasi Tanah

Sifat-sifat fisik tanah lempung dari hasil pengujian di laboratorium dapat diuraikan secara terperinci pada tabel 2 di bawah ini :

Tabel 2. Sifat Fisik Tanah Lempung

No. Sampel	Kedalaman	Sifat-sifat fisik	Nilai Rata-rata
1	2,50 – 2,90 m	Kadar air	30,57 %
		Atterberg limit	
		- Batas cair	40,50 %
		- Batas plastis	25,87 %
		- Indeks plastis	14,63 %
		Berat jenis	2,53
		Analisa saringan	
		- Lolos saringan no. 10	95,57 %
		- Lolos Saringan no. 40	93,42 %
		- Lolos Saringan no. 200	55,17 %
2	4,00 – 4,40 m	Kadar air	29,50 %
		Atterberg limit	
		- Batas cair	31,50 %
		- Batas plastis	19,45 %
		- Indeks plastis	12,05 %
		Berat jenis	2,44
		Analisa saringan	
		- Lolos saringan no. 10	99,35 %
		- Lolos Saringan no. 40	97,75 %
		Lolos Saringan no. 200	57,78 %

Sumber : Hasil pemeriksaan karakteristik tanah lempung kampus unbari

Berdasarkan data tersebut diatas, merujuk klasifikasi tanah sistem AASHO sebagaimana

yang dikemukakan Bureau dkk Dalam Nakazawa, 2005, tanah tersebut termasuk golongan tanah lempung dengan kode A-7-5, begitu juga dengan klasifikasi tanah USCS tanah tersebut tergolong tanah lempung berplastisitas rendah atau yang dalam sistem klasifikasi tanah unified dinamai CL (*Clay Low*)

Sifat Mekanis Tanah Lempung

Untuk melihat sejauh mana pengaruh kadar air pada tanah lempung terhadap nilai konsolidasi, dapat disimpulkan dari pengujian mekanis yang telah dilakukan sehingga menghasilkan hububungan yang antara satu dengan lainnya. Pada penelitian ini penulis mengambil dua sampel tanah lempung dititik lokasi yang sama dimana kadar air dan tingkat kedalaman yang berbeda.

Kadar Air dan Nilai Konsolidasi

Pengujian konsolidasi dua macam sampel ini, didapatkan hasil yang menjelaskan penurunan/konsolidasi yang terjadi. Hasil-hasil yang didapat dari pengujian kemudian diolah dalam bentuk perhitungan sehingga didapat nilai-nilai / koefisien mengenai konsolidasi yang terjadi. Koefisien-koefisien tersebut berupa nilai m_v, c_v, c_c dan nilai *k* (rembesan) seperti tabel 3 dibawah ini :

Tabel 3. Nilai Koefisien Konsolidasi

No Sampel	Kedalaman (m)	Kadar Air (%)	Nilai		
			Cv Cm^2/det	Cc mm	K cm^2/det
1	2,50 - 2,90	30,57	$4{,}44 \times 10^{-3}$	0,143	$3{,}33 \times 10^{-7}$
2	4,00 - 4,40	29,50	$4{,}20 \times 10^{-3}$	0,23	$2{,}67 \times 10^{-7}$

Sumber : Hasil uji konsolidasi

KESIMPULAN

1. Semakin tinggi persentase kadar air pada tanah lempung maka nilai koefisien konsolidasi (Cv) akan semakin besar, sebaliknya apabila persentase kadar air rendah maka nilai koefisien konsolidasi akan semakin kecil.
2. Nilai indeks kompresi (Cc) atau indeks tekanan secara umum semakin tinggi persentase kadar air yang didapat maka nilai kompresinya akan semakin besar. Akan tetapi nilai indeks kompresi dapat juga dipengaruhi oleh ukuran butiran yang terdapat di dalam tanah lempung sehingga nilai indek kompresinya menjadi kecil.
3. Nilai rembesan (*k*) semakin besar jika persentase kadar air tinggi sebaliknya nilai rembesan (*k*) akan kecil jika persentase kadar air rendah.

S A R A N

1. Lakukan pegujian lebih lanjut untuk melihat seberapah besar pengaruh kadar air terhadap nilai geser.
2. Pastikan terlebih dahulu semua peralatan di laboratorium yang ada kaitannya dengan penelitian, apakah sudah dikalibrasi oleh Komisi Akreditasi Nasional (KAN) sebelum melakukan pengujian guna mendapatkan hasil yang valid
3. Harapan bagi para perancang konstruksi melakukan uji sifat- sifat fisik dan mekanis tanah sebelum pelaksanaan konstruksi agar memberikan kenyamanan dan keamanan bagi pengguna konstruksi itu sendiri.

DAFTAR PUSTAKA

Bowles, Joseph. E, 1986, "*Sifat-sifat Fisik Tanah dan geoteknis Tanah"* Edisi ke II, Erlangga Jakarta.

Craig R.F, 1989, "*Mekanik Tanah"* Edisi ke IV Departemen of Civil Engineering University Of Dundee

Das Braja M, 1993, "*Mekanika Tanah (Prinsif-prinsif Rekayasa Geoteknis)"* Jilid I, The Universe of Texas of El Paso, Erlangga Jakarta

Hardiyatmo, C.H, 1996, "*Mekamika Tamnah"* Gramedia Pustaka Jakarta

Sosrodarsono Sugono, Nakazawa, 2005, "*Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi"* cetakan ke VIII, Pradnya Paramita Jakarta

Sunggono. Kh, 1995, "*Mekanika Tanah"* Nova Bandung

Wesley L.D, 1997, "*Mekanika Tanah"* Cetakan ke VI Badan Penerbit Umum, Jakarta