

# EKSPERIMENTAL 1 DIMENSI KONSOLIDASI TERZAGHI UNTUK MENENTUKAN KONSOLIDASI TANAH MONTMORILLONITE

Nahesson H Panjaitan \*)  
Dosen Universitas Negeri Medan

## ABSTRACT

*Determination is of earth consolidation, especially clay montmorillonite soil of vital importance, because this can cause the happening of unstabilized structures (construction).. Mistake in determining derivation of total soil clay montmorillonite happened at determination of derivation of consolidation after table.*

*This experiment is intended to add scientific repertoire especially in problems of soil clay consolidation montmorillonite cum consolidation basic concept and also model influence of giving of increment load at soil clay montmorillonite to the soil consolidation.*

*By using theorem modification 1D Terzaghi, the determination of consolidation phenomenon at soil clay montmorillonite. To prove consolidation phenomenon at soil clay, hence by giving is special treatment where water whose dissipation from soil clay layer arrested in order not to go out from soil layer by the way of pressurizing of water (hidrostatic pressure)*

*From inferential done research result that consolidation happened the dissipation influence after table of interstitial water from soil particle as result of giving increment load. Varieties of increment load totally don't cause compared ever greater soil consolidation with varies of increment load step by step.*

**Key Words : consolidation, montmorillonite, Terzaghi**

---

\*) Dosen jurusan Program Teknik Bangunan Universitas Negeri Medan

## A. PENDAHULUAN

Penentuan konsolidasi tanah, terutama jenis lempung *montmorillonite* sangat penting dilakukan, karena dapat menyebabkan terjadinya ke *tidak stabil-an* pada struktur (*konstruksi*).

Permasalahan yang sering terjadi adalah kekeliruan mendasar untuk merumuskan kapan penurunan segera (*immediate settlement*) terjadi dan kapan penurunan akibat konsolidasi (*consolidation settlement*) terjadi, sehingga mengakibatkan kesalahan interpretasi terhadap besarnya penurunan total (*total settlement*) tanah. Dimana total settlement adalah penjumlahan dari *immediate settlement* dan *consolidation settlement* ( $S_t = S_i + S_c$ ).

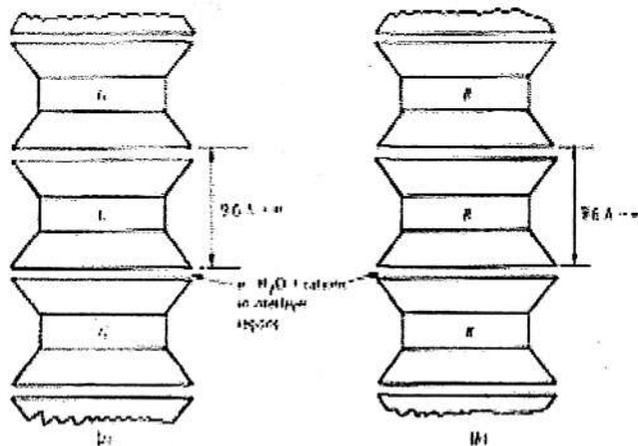
Penurunan tanah adalah suatu fenomena alam, terjadi akibat adanya penambahan beban diatas tanah. Konsep dasar untuk menganalisa konsolidasi adalah dengan menggunakan teori 1 Dimensi Terzaghi (*One Dimensional Consolidation Terzaghi's*).

Penurunan tanah terdiri dari 2 bagian, yaitu : penurunan segera (*immediate settlement*) dan penurunan konsolidasi (*consolidation settlement*). Penurunan segera terjadi sesaat tanah menerima penambahan beban luar ( $\square P$ ), sedangkan penurunan konsolidasi adalah kelanjutan dari penurunan segera, dimana air yang terdapat pada pori tanah keluar (*terdisipasi*) akibat tidak mampu memikul beban luar tambahan tersebut ( $\square P$ ). Akibat keluarnya air dari pori tanah, tanah akan mampat (*padat*), sehingga terjadi penurunan. Penurunan ini terjadi secara perlahan dan memerlukan waktu yang cukup lama. Penurunan inilah yang disebut konsolidasi (*consolidation settlement*).

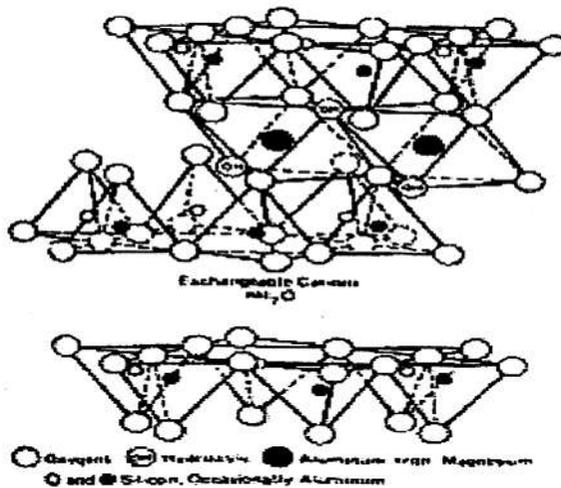
### **Struktur dan Ikatan Atom Molekul Tanah Lempung (Montmorillonite)**

Tanah lempung (*montmorillonite*) adalah: suatu jenis tanah yang memiliki potensi untuk menyusut dan mengembang dengan cepat akibat pengaruh perubahan kadar air. Efek yang sering terlihat pada struktur adalah rusaknya struktur dinding, terangkatnya struktur plat, rusaknya struktur jalan atau jembatan, rusaknya jaringan pipa juga struktur bawah tanah lainnya.

Penelitian terhadap tanah montmorillonite sudah banyak dilakukan. Hal yang terpenting yang diperoleh adalah diketahuinya struktur atom penyusun serta ikatan yang terjadi pada tanah ini. *Lambe (1953)* dan *Grimm (1959)* berhasil mengidentifikasi struktur pembentuk dan diagram skematik dari molekul tanah montmorillonite (*gambar 1 dan 2*).



Gambar 1. Diagram skematik struktur *montmorillonite* (*Lambe, 1953*)



Gambar 2. Struktur atom *montmorillonite* (Grimm, 1959)

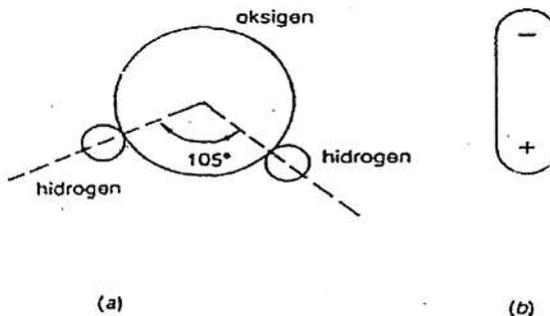
*Montmorillonite* adalah mineral yang dibentuk oleh dua lembaran silika dan satu lembaran alumunium (*gibbsite*). Lembaran oktahedra terletak diantara dua lembaran silika dengan ujung tetrahedra tercampur dengan hidroksil dari lembaran oktahedra untuk membentuk satu lapisan tunggal (*gambar 2*). Dalam lembaran oktahedra terdapat substitusi parsial alumunium oleh magnesium. Untuk membentuk lapisan montmorillonite yang lebih besar, maka 1 molekul montmorillonite akan mengikat molekul montmorillonite lainnya. Ikatan antar molekul montmorillonite ini disebut ikatan Van der Waals. Akibat ikatan molekul yang sejenis (*silika - silika*) maka ikatan molekul ini sangat lemah, dimana terdapat kekurangan muatan negatif dalam lembaran oktahedra (*Lambe, 1953*). Sehingga air dan ion-ion yang berpindah-pindah dapat masuk dan memisahkan lapisannya. Rumus kimia montmorillonite adalah sebagai berikut :

$(\text{OH})_4 \text{Si}_8 (\text{Al}_{3.34}\text{Mg}_{66}) \text{O}_{20}$   $(\text{OH})_4 (\text{Si}_{7.34} \text{Al}_{66}) \text{Fe}_4 \text{O}_{20}$  dan  $(\text{OH})_4 (\text{Si}_{7.34}\text{Al}_{66}) \text{Mg} 6\text{O}_{20}$

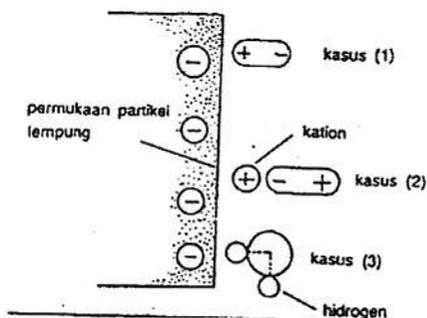
### **Interaksi Air dengan Tanah Lempung**

Dalam suatu kristal molekul mineral yang ideal, muatan-muatan negatif dan positif atom penyusunnya adalah seimbang. Kondisi yang berbeda ditemukan pada tanah lempung, dimana akibat *isomorphous substitution* dan *kontinuitas* perpecahan susunannya, terjadi muatan negatif pada permukaan partikel lempung. Untuk mengimbangi muatan negatif tersebut, partikel lempung menarik ion muatan positif (*kation*) dari garam yang ada di dalam air porinya. Peristiwa ini disebut dengan pertukaran kation (*cation exchange*) (Bowles, 1992).

Molekul air merupakan molekul yang dipolar, yaitu atom hidrogen tidak tersusun simetri di sekitar atom-atom oksigen (*gambar 3a*). Ini berarti bahwa satu molekul air merupakan batang yang mempunyai muatan positif dan negatif pada ujung yang berlawanan atau dipolar (*gambar 3.b*). Pada waktu air ditambahkan pada tanah lempung, kation-kation dan anion-anion mengapung di sekitar partikelnya (*gambar 4*)



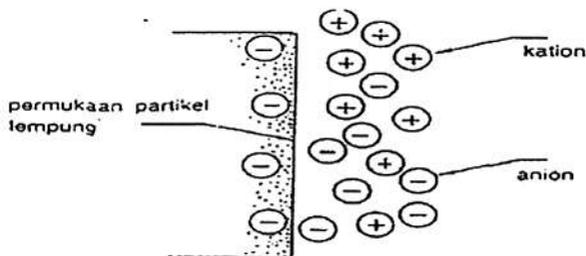
Gambar 3. Sifat dipolar air (Gouy, 1910; Chapman, 1913)



Gambar 4. Kation dan Anion pada partikel lempung (Gouy, 1910; Chapman, 1913)

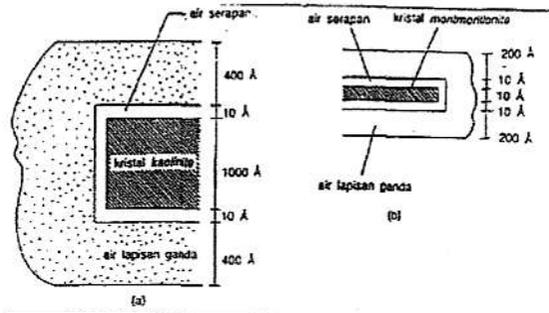
Molekul-molekul air berinteraksi dengan partikel lempung dengan tiga proses (gambar 5)

1. Kutub positif molekul dipolar air akan langsung saling menarik dengan permukaan partikel lempung yang bermuatan negatif.
2. Air diikat oleh partikel lempung melalui ikatan hydrogen (*hydrogen air ditarik oksigen atau hydroxyl lainnya yang ada pada permukaan partikel lempung*).
3. Permukaan partikel lempung yang bermuatan negatif menarik kation yang mengapung pada air, sebagaimana disebutkan dalam fenomena *diffuse double layer*.



Gambar 5. Molekul air dipolar pada lapisan ganda (Law, 1961)

Air yang tertarik secara elektrik, yang berada di sekitar partikel lempung, disebut air lapisan ganda (*double-layer water*). Sifat plastis tanah lempung adalah akibat keberadaan air lapisan ganda. Air lapisan ganda pada bagian paling dalam, yang sangat kuat melekat pada partikel lempung, disebut air serapan (*absorbed water*) (*gambar 6*). Hubungan mineral lempung dengan air serapannya, memberikan bentuk dasar dari susunan tanahnya.

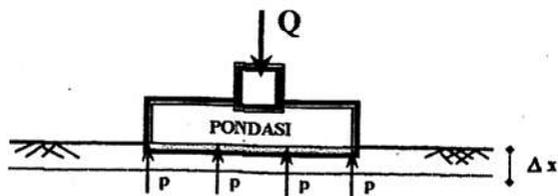


Gambar 6. Air pada partikel lempung a. *Kaolinite*; b. *Montmorillonite* (Lambe, 1960)

### ***Fenomena Konsolidasi Pada Tanah Lempung Montmorillonite***

Konsolidasi tanah adalah suatu fenomena alam, dimana tanah mengalami penurunan akibat adanya penambahan beban di atasnya. Peristiwa ini terjadi apabila beban luar ( $Q$ ) yang terjadi lebih besar dari gaya perlawanan tanah ( $p$ ). Akibatnya tanah akan mengalami penurunan sebesar  $\Delta x$  (*gambar 7*). Peristiwa ini dengan jelas dapat dilihat pada jenis tanah lempung (*clay*).

Terzaghi, seorang ilmuwan geoteknik (*mekanika tanah*), pada pertengahan tahun 1920 merumuskan suatu teori yaitu : *Konsolidasi 1 Dimensi Terzaghi* (*Terzaghi's One Dimensional Consolidation*) (Terzaghi, 1943).



Dengan beberapa asumsi penyederhanaan yang dibuat seperti :

1. Tanah yang mengalami konsolidasi diasumsikan sejenis (*homogen*)
2. Tanah diasumsikan dalam kondisi jenuh total (Saturated,  $S = 100\%$ )
3. Tegangan yang terjadi antara air dan tanah diasumsikan diabaikan
4. Regangan (strain) ke arah sumbu  $x, y, z$ , diasumsikan sama
5. Aliran air diasumsikan hanya terjadi 1 arah
6. Tekanan pada tanah diasumsikan hanya terjadi 1 arah
7. Hukum Darcy diasumsikan berlaku / terjadi
8. Sifat fisik (properties) tanah selama mengalami konsolidasi diasumsikan tetap (constant)
9. Hubungan angka pori ( $e$ ) dengan tekanan (pressure,  $p$ ), adalah berupa garis lurus (*linier*)

Dengan asumsi diatas, Terzaghi melakukan suatu pengujian dengan menggunakan alat *konsolidometer (oedometer)* (ASTM 2435) dan menurunkan suatu persamaan konsolidasi tanah sebagai berikut :

$$S = \left[ \frac{C_c \times H}{1 + e_0} \log \left( \frac{\sigma_0 + \Delta\sigma}{\sigma_0} \right) \right]$$

dimana :

$C_c$  = Koefisien konsolidasi

$H$  = Tinggi lapisan tanah yang ditinjau

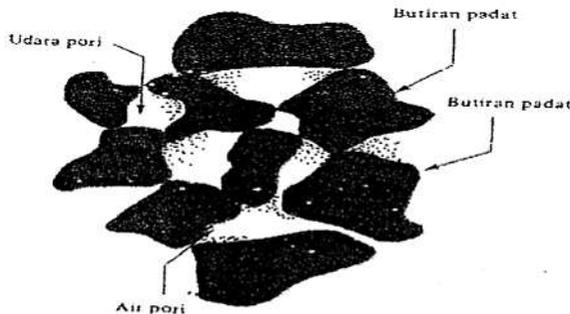
$e_0$  = Angka porisitas tanah

$\sigma_0$  = Tegangan vertikal yang diakibatkan oleh lapisan tanah diatas tanah yang ditinjau.

$\Delta\sigma$  = Penambahan tegangan vertikal (*beban vertikal*).

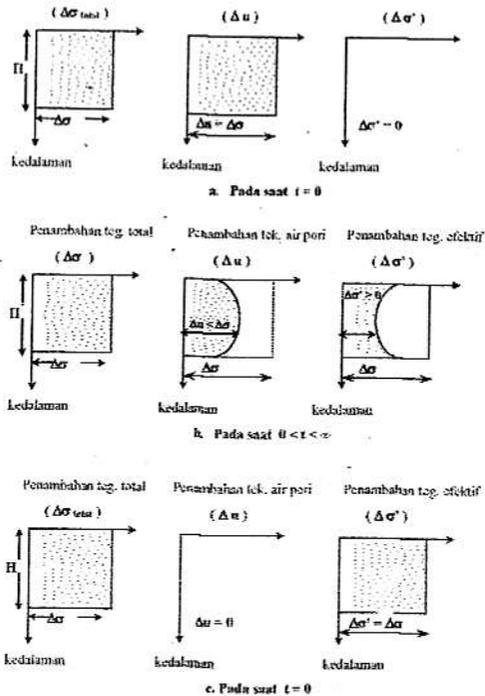
Konsolidasi terjadi akibat proses keluarnya air dari dalam pori tanah secara perlahan (*terdisipasi*), disaat adanya penambahan beban, yang disertai dengan pemindahan kelebihan tekanan air pori ke tegangan efektif. Proses ini berlangsung secara perlahan dan memerlukan waktu yang relatif lama.

Seiring dengan kemajuan ilmu pengetahuan, beberapa ahli geoteknik mengembangkan teori konsolidasi 1 dimensi Terzaghi (*Konsolidasi 1D*). Para ahli menyimpulkan bahwa tanah tersusun dari butiran padat / tanah, pori tanah yang berisi udara dan air (*gambar 8*). Pada saat tanah menerima beban luar, akan terjadi interaksi antar partikel tanah. Akibatnya terjadi perubahan sifat fisik tanah (*properties tanah*) selama berlangsungnya proses konsolidasi.



Gambar 8. Struktur Partikel Tanah

Interaksi tegangan yang terjadi pada partikel tanah pada fenomena konsolidasi dapat dijelaskan pada gambar 9 berikut ini (Das, 1984).



Gambar 9. Distribusi tegangan pada tanah akibat penambahan  $\Delta\sigma$  (Das, 1984)

Dari gambar 9 diperlihatkan bahwa pada saat  $t = 0$ , pada seluruh kedalaman lapisan tanah, penambahan tegangan,  $\Delta\sigma$ , akan dipikul oleh air seluruhnya ( $\Delta\sigma = \Delta u$  dan  $\Delta\sigma' = 0$ ). Sesaat setelah pemberian penambahan tegangan ( $0 < t < \infty$ ), air dalam ruang pori pada lapisan tanah mulai tertekan dan akan mengalir ke luar. Akibatnya adalah tekanan air pori tiap kedalaman pada lapisan

lempung akan berkurang secara perlahan sedangkan tegangan yang dipikul oleh butiran tanah (*tegangan efektif,  $\sigma'$* ) akan bertambah. Sehingga pada saat  $0 < t < \infty$  :

$$\Delta\sigma = \Delta\sigma' + \Delta u \quad (\Delta\sigma' > 0 \text{ dan } \Delta u < \Delta\sigma)$$

Pada saat  $t = \infty$ , seluruh kelebihan tekanan air pori sudah hilang dari lapisan tanah lempung, jadi  $\Delta u = 0$ . Pada kondisi ini, penambahan tegangan total ( $\Delta\sigma$ , seluruhnya dipikul oleh butir tanah. Sehingga pada saat  $t = \infty$  :

$$\Delta\sigma = \Delta\sigma'$$

Konsolidasi terjadi akibat proses keluarnya air dari dalam pori tanah secara perlahan (*terdisipasi*), disaat adanya penambahan beban, yang disertai dengan pemindahan kelebihan tekanan air pori ke tegangan efektif (*Akawi et al., 1994*). Dengan keluarnya air tanah, menyebabkan tanah akan turun, dan selanjutnya terjadi peningkatan kepadatan tanah.

Pengembangan model eksperimental *ID Consolidation Terzaghi's* dapat digunakan untuk menjelaskan penurunan tanah segera (*immediate settlement*) dan juga akibat konsolidasi (*consolidation settlement*) secara jelas.

## B. BAHAN DAN METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah lempung montmorillonite dan tabung kaca eksperimen (*aquarium*) yang memiliki ukuran/skala terhadap tinggi (*sumbu y*), sehingga kenaikan dan penurunan air dan tanah dalam tabung kaca dapat diamati dengan jelas. Selain itu diperlukan kamera/ handy cam yang digunakan untuk mengabadikan tahap-tahap yang terjadi

dalam proses konsolidasi pada contoh tanah (*sample*) dalam tabung kaca. Hasil perekaman oleh kamera dan handy cam disimpan dalam hardisk pada Portable Computer (*PC*) atau Laptop dalam bentuk film (*audio visual*).

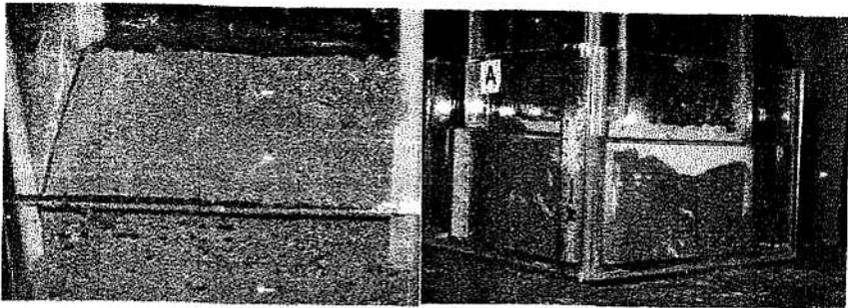


Gambar 10. Bahan dan Alat yang digunakan dalam penelitian

Metode penelitian yang akan dilakukan adalah model eksperimental *ID Consolidation Terzaghi's*. Pada pengembangan model eksperimental *ID Consolidation Terzaghi's*, tanah lempung yang akan diuji terlebih dahulu dijenuhkan dengan air, setelah itu diberikan beban luar (*incremental load*,  $\square P$ ) yang direncanakan. Pemberian beban dilakukan secara bertahap agar dapat diperoleh penurunan segera dan penurunan konsolidasi.

Pengamatan yang dilakukan pada eksperimental ini adalah dengan cara membandingkan 2 (*dua*) perilaku konsolidasi yang dikondisikan berbeda, yaitu : kondisi A, dimana pada saat pemberian beban tambahan ( $\square q$ ) pada contoh tanah yang dijenuhkan (*gambar 11*) dengan cara aplikasi penambahan tinggi air pada aquarium beban (*aquarium C (gambar 10)*), terdapat air pada aquarium perendam/ penjenuh (*aquarium A (gambar 10)*).

Pada kondisi **B**, pada saat pemberian beban tambahan pada contoh tanah yang dijenuhkan, aquarium A dikeringkan (*tidak ada air*). Semua perlakuan lain seperti tahap pemberian beban, tinggi contoh tanah, proses penjenuhan tanah, serta tahap konsolidasi diperlakukan dengan sama. Penjenuhan contoh tanah dilakukan selama 24 jam dengan cara pemberian air murni (*aquades*) pada *aquarium A*. Sample tanah dimasukkan kedalam *aquarium B* (*gambar 10*), dipadatkan secara perlahan, sehingga diperoleh permukaan sample yang relatif rata. Metode penjenuhan cara ini dilakukan untuk menghindari terjadinya kerusakan pada contoh tanah serta menghasilkan penjenuhan total yang merata. Setelah sample jenuh, diberikan beban awal (*initial load*), berupa berat aquarium C yang kosong. Setelah 5 menit dari pemberian beban awal, kemudian diberikan beban tambahan (*incremental load*) secara perlahan-lahan. Beban tambahan merupakan aplikasi penambahan air jernih (*aquades*) pada *aquarium C* (*gambar 10*). Prosedur pemberian beban tambahan dengan aplikasi penambahan air pada *aquarium C* dilakukan untuk memperoleh distribusi pembebanan yang merata pada contoh tanah (*sample*). Setiap pemberian beban tambahan diamati penurunan tanah dan kenaikan air yang keluar dari pori tanah. Setelah penurunan tanah berhenti, beban tambahan diberikan kembali. Perlakuan ini diberikan berulang sebanyak jumlah beban tambahan yang direncanakan. Perubahan contoh tanah dan penambahan beban dicatat dan diamati. Eksperimental ini dilakukan dengan perilaku perubahan tinggi sample sebanyak 3 (*tiga*) kondisi, yaitu 8, 10, dan 12 cm, sedangkan pemberian beban tambahan (*incremental load*) dilakukan dengan penambahan tinggi *aquades* yang dituangkan pada *aquarium C* sebanyak 6 (*enam*) kondisi yaitu  $H_0, H_1, H_2, H_3, H_4, H_5$  masing-masing : 0, 5, 10, 15, 20, 25 cm.



Gambar 11. Tahap penjenjuran contoh tanah (*sample*)

### C. HASIL DAN PEMBAHASAN

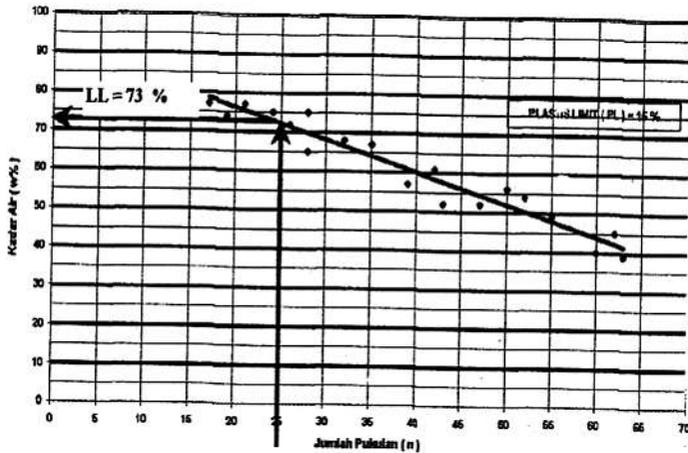
#### *Hasil*

Dari hasil pengujian awal yang dilakukan terhadap contoh tanah lempung, diperoleh data sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil analisa indeks properties contoh tanah lempung percobaan *ID Konsolidasi Terzaghi*

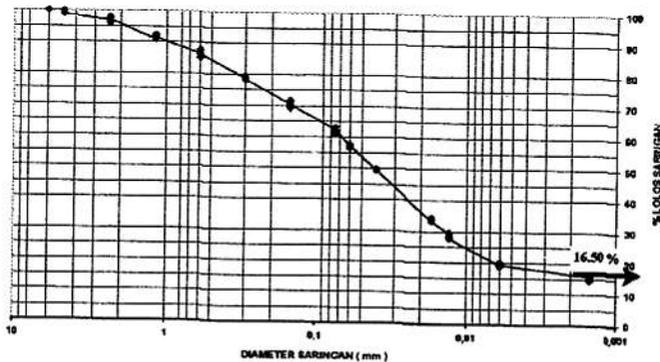
No.	Komponen	Nilai
1	Specific Gravity (Gs)	2.62
2	Batas Cair (LL)	73.0 %
3	Batas Plastis (PL)	15.0 %
4	Batas Susut (SL)	12.33 %
5	Indeks Plastisitas (PI)	58.0 %
6	Fraksi Lempung (C)	16.50 %

Dari hasil uji *Atterberg Limit* terhadap contoh tanah lempung seperti gambar 13 dibawah ini, diperoleh nilai batas cair (LL) : 73 % dan Batas Plastis (PL) : 15 %.



Gambar 13. Grafik Uji Atterberg Limit Percobaan *ID Konsolidasi Terzaghi*

Dari hasil uji analisa saringan dan hidrometer (*Sieve and Hydrometer Analysis*) diperoleh distribusi ukuran butiran lempung dan fraksi lempung seperti gambar 14 dibawah ini.



Gambar 14. Kurva analisa hidrometer dan saringan Percobaan *ID Konsolidasi Terzaghi*

Dari hasil pengujian/eksperimental 1D Konsolidasi Terzaghi yang dilakukan, diperoleh data seperti pada tabel 2 dan 3 serta gambar 15, 16 dan 17 sebagai berikut:

Tabel 2. Data hasil pengujian eksperimental 1D Konsolidasi Terzaghi dengan pemberian beban tambahan secara bertahap (*incremental load*)

NO	PERLAKUAN PEMBEBANAN (cm)	PERCOBAAN 1		PERCOBAAN 2		PERCOBAAN 3	
		KONDISI		KONDISI		KONDISI	
		A	B	A	B	A	B
1	H (TINGGI SAMPLE JENUH)	8,00	8,00	10,00	10,00	12,00	12,00
2	H <sub>0</sub> = 0 cm (INITIAL LOAD)	7,95	7,95	10,00	9,98	12,00	12,00
3	H <sub>1</sub> = 5 cm	7,95	7,95	10,00	9,95	11,97	11,95
4	H <sub>2</sub> = 10 cm	7,90	7,87	10,00	9,95	11,97	11,93
5	H <sub>3</sub> = 15 cm	7,90	7,85	9,95	9,90	11,93	11,90
6	H <sub>4</sub> = 20 cm	7,90	7,80	9,95	9,85	11,93	11,87
7	H <sub>5</sub> = 25 cm	7,85	7,75	9,90	9,80	11,90	11,85
8	H <sub>6</sub> = 30 cm	7,83	7,70	9,87	9,78	11,88	11,82

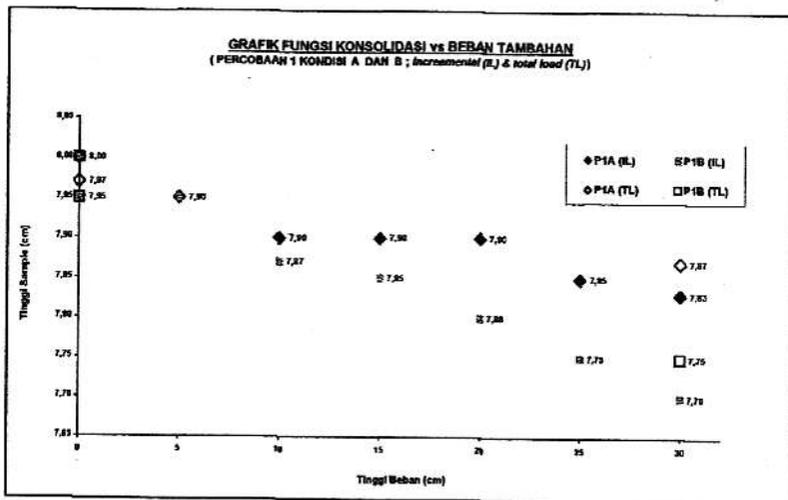
Tabel 3. Data hasil pengujian eksperimental 1D Konsolidasi Terzaghi dengan pemberian beban tambahan secara total (*total load*)

NO	PERLAKUAN PEMBEBANAN (cm)	PERCOBAAN 1		PERCOBAAN 2		PERCOBAAN 3	
		KONDISI		KONDISI		KONDISI	
		A	B	A	B	A	B
1	H (TINGGI SAMPLE JENUH)	8,00	8,00	10,00	10,00	12,00	12,00
2	H <sub>0</sub> = 0 cm (INITIAL LOAD)	7,97	7,95	10,00	9,98	12,00	12,00
3	H <sub>1</sub> = 30 cm	7,87	7,75	9,90	9,85	11,92	11,87

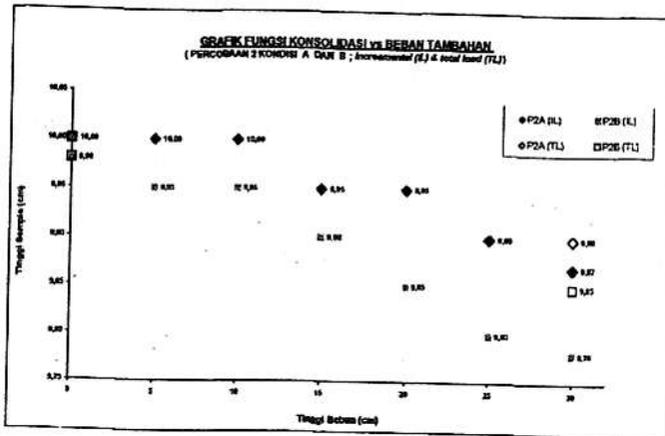
**Keterangan :**

1. Kolom *perlakuan pembebanan* adalah : pemberian beban tambahan (*incremental load*) pada sample dengan penambahan air pada aquarium beban.

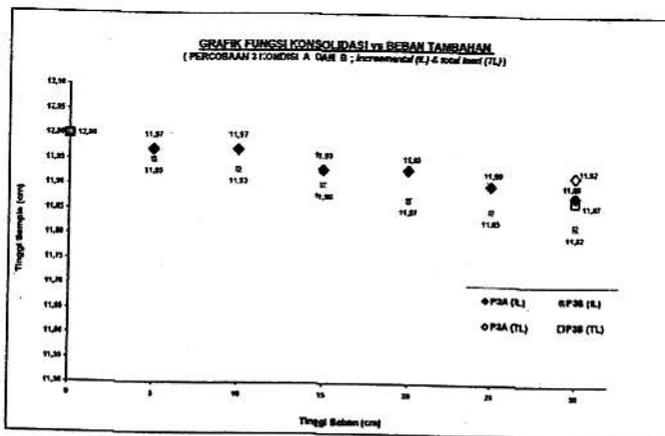
2. Kolom *percobaan* adalah : jumlah pengulangan percobaan yang dilakukan.
3. Kondisi A dan B adalah : pemodelan kondisi sample tanah yang akan diuji, dimana kondisi A adalah : kondisi sample tanah jenuh air yang diletakkan dalam aquarium A (*aquarium penjemuh*) yang berisi air setinggian sample tanah yang akan diuji. Pada kondisi B, sample tanah yang sudah jenuh air didalam aquarium A (*aquarium penjemuh*) yang sudah kering air.



Gambar 15. Grafik fungsi konsolidasi vs beban tambahan percobaan 1 kondisi A dan B ; *incremental (IL) dan total load (TL)*



Gambar 16. Grafik fungsi konsolidasi vs beban tambahan percobaan 2 kondisi A dan B ; *incremental (IL) dan total load (TL)*



Gambar 17. Grafik fungsi konsolidasi vs beban tambahan percobaan 3 kondisi A dan B ; *incremental (IL) dan total load (TL)*

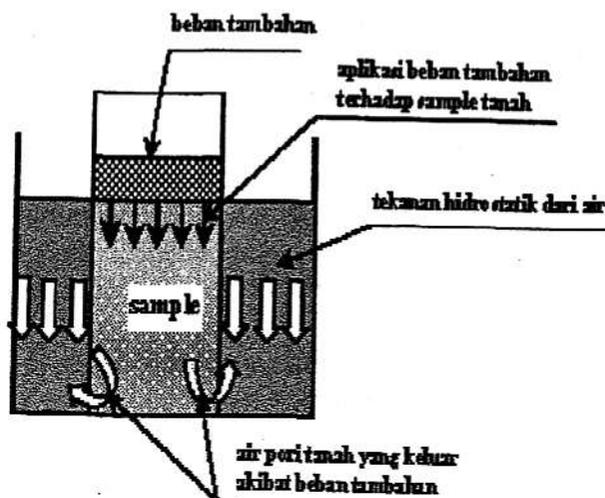
### ***Pembahasan Penelitian***

Dari data penelitian yang diperoleh menunjukkan bahwa proses konsolidasi diiringi dengan keluarnya air dari lapisan tanah montmorillonite. Keluarnya air pori tanah ini menyebabkan tanah memadat. Hal ini dibuktikan bahwa hasil konsolidasi tanah yang terjadi pada sample model B selalu lebih besar dari pada konsolidasi pada model A untuk semua variasi tinggi sample yang dilakukan. Pada sample model A, untuk membuktikan bahwa konsolidasi tanah adalah penurunan tanah yang diikuti oleh keluarnya air pori tanah, maka direncanakan untuk mencegah keluarnya air pori dari butiran tanah lempung dengan menggunakan *tekanan hidrostatik* yang diaplikasikan melalui air yang ada di aquarium A (*aquarium penjemuh*) diberikan setinggi sample tanah yang berada di aquarium B.

Air yang keluar dari lapisan sample akibat pemberian beban tambahan mendapat perlawanan oleh tekanan hidrostatik dari air di aquarium B (*gambar 18*), sehingga konsolidasi yang terjadi pada sample model B lebih kecil dari konsolidasi yang terjadi pada model A. Kondisi ini menunjukkan bahwa konsolidasi pada tanah lempung terjadi adalah karena keluarnya air dari pori-pori tanah (*air pori*)

Konsolidasi tanah yang terjadi akibat perbedaan pemberian beban tambahan, juga menunjukkan karakteristik total konsolidasi tanah yang berbeda. Dari data hasil eksperimental diperoleh kenyataan bahwa total konsolidasi yang terjadi pada pemberian beban tambahan dengan cara bertahap (*incremental load*) lebih besar dari konsolidasi yang terjadi pada sample yang diberikan beban tambahan secara total (*total load*). Hal ini disebabkan karena pada kondisi *total load* air pori dari lapisan tanah lempung belum semua keluar dari pori tanah lempung, sehingga konsolidasi yang terjadi belum seluruhnya terjadi (*belum sempurna*). Proses keluarnya air dari pori tanah (*disipasi*) terjadi secara perlahan-

lahan. Pemberian beban tambahan secara total tidak menambah besar nilai konsolidasi tanah lempung, namun hanya mempercepat terjadinya suatu kondisi konsolidasi tanah yang akan dicapai.



Gambar 18. Aplikasi gaya hidrostatik sebagai gaya perlawanan pada proses keluarnya air pori tanah akibat konsolidasi pada model percobaan A.

#### D. KESIMPULAN

Dari data percobaan dan pembahasan yang telah diuraikan, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Konsolidasi yang terjadi pada tanah lempung adalah proses keluarnya air pori tanah yang terdisipasi secara perlahan-lahan dari pori-pori tanah lempung, sehingga tanah memadat.
2. Pemberian beban dengan cara total (*total load*) tidak menyebabkan besar konsolidasi pada proses ini lebih besar

dari konsolidasi pada pemberian beban dengan cara bertahap (*incremental load*), bahkan dalam percobaan ini dibuktikan bahwa nilai konsolidasi yang dihasilkan dengan pemberian beban secara total bahkan lebih kecil dari konsolidasi dengan pemberian beban secara bertahap.

### DAFTAR PUSTAKA

- AASHTM 216-68 (*American Association of State Highway and Transportation Official*), 1982., " *Lime for Soil Stabilization* "., Washington D.C.
- ASTM ( *American Society for Testing and Materials* ), 1988., " *Soil and Rock, Building, Stones, Geotextile* ", Volume 04.08
- Akawwi, Emad & Al-Kharabsheh, Atef, 1994., " *Consolidation Coefficient and Swelling Potential for the Expansive Soils in Jordan* "., Engineering Journal Geotechnical Engineering (EJGE)
- Bowles, Joseph E., 1992., " *Engineering Properties of Soils and Their Measurement* ", fourth edition., McGraw-Hill., Inc
- Das, Braja M., 1983 ., " *Advanced Soil Mechanics* "., McGraw – Hill, Singapore
- Holtz, W.G & Gibbs ( 1954 ), " *Engineering Properties of Expansive Clays* " ., Prog. ASCE. Soil Mechanic Foundation Div.80 (516)
- Lambe, Whitman., 1969 ., " *Soil Mechanic* "., John Wiley & Sons. New York.

Ladd, C. C., 1973., "*Settlement Analysis for Cohesive Soil*",  
Research Report R71-2, no.272, Department of Civil  
Engineering, Massachusetts Institute of Technology,  
Cambridge

Mitchell, James K., 1992., "*Fundamentals Of Soil Behavior*",  
Second Edition., John Wiley & Sons. New York.