

## PENGARUH KADAR AIR SISI KERING DAN SISI BASAH TERHADAP PARAMETER KUAT GESER TANAH EKSPANSIF

Rina Yuliet

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Andalas  
Kampus Unand Limau Manis, email: rina@ft.unand.ac.id

**Abstract :** *If the clay soil has been compacted on dry side of optimum moisture content, then the composition of the soil will not depend on the kind of compacting. Otherwise if the soil has been compacted on the wet side of optimum moisture content, it will affect the composition, shear strength and compressibility properties of soil. The aims of this study are to determine the effect of moisture content at dry side of optimum and wet side of optimum on the shear strength parameters for expansive soil. Expansive soil which is used as the sample is originally found in the area of Karangnunggal Tasikmalaya, West Java. The results of triaxial test conditions of unconsolidated - undrained without saturation and with saturation, shows that the clay soil compacted on the wet side of optimum will have a shear strength parameters lower than compacted soil on the dry side of optimum. It can be seen from the results of triaxial test conditions of unconsolidated - undrained without saturation on the dry side of optimum, the value of cohesion ( $c$ ) is  $1,2 \text{ kg/cm}^2$  and the value of the friction angle ( $\phi$ ) is  $0,921^\circ$ . Whereas on the wet side of optimum, shear strength parameters is  $0,485 \text{ kg/cm}^2$  and  $0,348^\circ$  for cohesion ( $c$ ) and friction angle ( $\phi$ ) respectively. Moreover, the results of triaxial test conditions of unconsolidated - undrained with saturation on the dry side of optimum yield the cohesion value ( $c$ ) is  $1,006 \text{ kg/cm}^2$  and the value of the friction angle ( $\phi$ )  $0,684^\circ$ . While, on the wet side of optimum, the shear strength parameters is decreasing to  $0,148 \text{ kg/cm}^2$  and  $0,455^\circ$  for cohesion ( $c$ ) and friction angle ( $\phi$ ) respectively.*

**Keywords :** *dry side of optimum, wet side of optimum, shear strength, expansive soil.*

**Abstrak :** *Jika tanah lempung dipadatkan pada kadar air sisi kering optimum, maka susunan tanah tidak akan bergantung pada macam pemadatannya, sedangkan bila tanah dipadatkan pada kadar air sisi basah optimum maka akan mempengaruhi susunan, kuat geser dan sifat kemampatan tanah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kadar air sisi kering dan sisi basah optimum terhadap parameter kuat geser tanah lempung ekspansif. Tanah lempung ekspansif yang dijadikan sampel uji adalah tanah lempung di daerah Karangnunggal Tasikmalaya Jawa Barat. Hasil uji triaksial kondisi tak terkonsolidasi - tak teralirkan tanpa penjenhuan dan dengan penjenhuan, menunjukkan bahwa tanah lempung yang dipadatkan pada sisi basah optimum akan memiliki parameter kuat geser yang lebih kecil dibandingkan tanah yang dipadatkan pada sisi kering optimum. Ini dapat dilihat dari hasil uji triaksial tak terkonsolidasi - tak teralirkan kondisi tanpa penjenhuan pada sisi kering optimum, nilai kohesi ( $c$ )  $1,2 \text{ kg/cm}^2$  dan nilai sudut geser dalam ( $\phi$ )  $0,921^\circ$ . Sedangkan pada sisi basah optimum terjadi penurunan nilai parameter kuat geser tanah dimana nilai kohesi ( $c$ ) adalah  $0,485 \text{ kg/cm}^2$  dan nilai sudut geser dalam ( $\phi$ ) adalah  $0,348^\circ$ . Hasil uji triaksial tak terkonsolidasi - tak teralirkan dengan penjenhuan pada sisi kering optimum nilai kohesi ( $c$ )  $1,006 \text{ kg/cm}^2$  dan nilai sudut geser dalam ( $\phi$ )  $0,684^\circ$ . Sedangkan pada kondisi basah optimum terjadi penurunan nilai parameter kuat geser tanah dimana nilai kohesi ( $c$ )  $0,148 \text{ kg/cm}^2$  dan nilai sudut geser dalam ( $\phi$ )  $0,455^\circ$ .*

**Kata kunci :** *sisi kering optimum, sisi basah optimum, kuat geser, lempung ekspansif*

Tanah lempung di daerah Karang Nunggal Tasikmalaya Jawa Barat, mempunyai kandungan bentonit dengan kadar *montmorillonite* yang sangat tinggi. Tanah

lempung yang mengandung mineral *montmorillonite* sangat mudah mengembang oleh tambahan kadar air sehingga disebut sebagai tanah lempung ekspansif. Sifat

kembang susut yang besar dari tanah lempung ekspansif akan dapat merusak struktur dan perkerasan jalan raya.

Perilaku kuat geser tanah lempung sangat menarik untuk diamati. Sebagai salah satu usaha untuk mempelajari fenomena tersebut, maka perlu dilihat pengaruh kadar air sisi kering dan sisi basah optimum terhadap parameter kuat geser tanah lempung ekspansif.

### KAJIAN PUSTAKA

Sifat-sifat teknis tanah lempung setelah pemadatan bergantung pada cara atau usaha pemadatan, jenis tanah dan kadar airnya. Usaha pemadatan yang lebih besar diperoleh kepadatan yang lebih tinggi. Biasanya posisi kadar air tanah yang dipadatkan, didasarkan pada posisi-posisi kadar air sisi kering optimum (*dry side of optimum*), dekat optimum atau optimum, dan sisi basah optimum (*wet side of optimum*). Kering optimum didefinisikan sebagai kadar air yang kurang daripada kadar air optimumnya. Basah optimum didefinisikan sebagai kadar air yang lebih dari kadar air optimumnya (Hardiyatmo, H.C., 06:84,86).

Sifat pengembangan tanah lempung yang dipadatkan, akan lebih besar pada lempung yang dipadatkan pada kering optimum daripada lempung yang dipadatkan pada basah optimum. Lempung yang dipadatkan pada kering optimum relatif kekurangan air sehingga cenderung untuk menyerap air. Sebagai hasilnya adalah sifatnya lebih mudah mengembang. Tanah lempung kering optimum lebih sensitif terhadap perubahan kadar air. Hal ini kebalikan pada tinjauan penyusutan,

dimana tanah yang dipadatkan pada basah optimum akan mempunyai sifat mudah susut yang lebih besar (Hardiyatmo, H.C., 2006:87,92).

### Identifikasi Tanah Lempung Ekspansif

Identifikasi tanah ekspansif secara sederhana melalui uji laboratorium umumnya menggunakan nilai batas *Atterberg* dan persentase kandungan lempung untuk menggambarkan potensi pengembangan suatu tanah secara kualitatif. Identifikasi cara tidak langsung tidak berdiri sendiri melainkan perlu dibandingkan pula dengan cara lain sebagai berikut :

- a. Nilai indeks plastisitas (PI) dan batas susut (SI)

Identifikasi tanah ekspansif secara tidak langsung dengan menggunakan nilai indeks plastisitas (PI) dan nilai indeks susut (SI) diperlihatkan pada **Tabel 1**. Berdasarkan tabel tersebut dapat diperoleh besarnya tingkat pengembangan yang dibagi menjadi empat kelas yaitu rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi.

**Tabel 1. Korelasi indeks plastisitas, indeks susut dengan tingkat pengembangan (Chen, Raman, 1967)**

PI (%)	SI (%)	Tingkat Pengembangan
< 12	15	Rendah
12 – 23	13 – 50	Sedang
23 – 32	30 - 40	Tinggi
>32	>40	Sangat Tinggi

Sumber : Depertemen Pekerjaan Umum

- b. Tingkat keaktifan (*activity*)

Batas *Atterberg* dan fraksi lempung dapat dikombinasikan menjadi satu parameter yang dinamakan tingkat keaktifan (*activity*). Pada

umumnya, tanah dengan indeks plastisitas (PI) kurang dari 15% tidak akan memperlihatkan perilaku pengembangan. Untuk tanah dengan PI lebih besar dari 15%, kadar lempung dan batas Atterbergnya harus diuji. Jika dikorelasikan dengan potensi pengembangan, maka tanah lempung dibagi menjadi tiga kelas berdasarkan tingkat keaktifannya, seperti yang diperlihatkan pada tabel berikut:

**Tabel 2. Korelasi tingkat keaktifan dengan potensi pengembangan (Skempton, 1953)**

Tingkat keaktifan	Potensi Pengembangan
< 0,075	Tidak aktif
0,075 – 1,25	Normal
>1,25	Aktif

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum

Untuk tanah yang dipadatkan dengan pemadatan standar pada kadar air optimum, tingkat keaktifannya ditentukan berdasarkan persamaan berikut :

$$A_c = \frac{PI}{CF - 10} \quad (1)$$

dimana :

- $A_c$  = tingkat keaktifan (tanpa satuan)
- PI = indeks plastisitas (%)
- CF = persentase fraksi ukuran lempung < 0.002 mm atau 2  $\mu$ m (%)

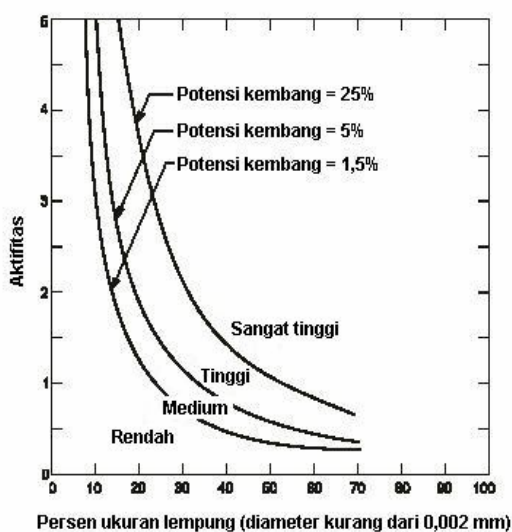
Hasil perhitungan tingkat keaktifan dengan persamaan di atas dikaitkan dengan persentase fraksi lempungnya, kemudian diplot ke dalam grafik pada **Gambar 1** untuk memperoleh besarnya tingkat potensi mengembang tanah yang dipadatkan.

#### c. Mineral lempung

Mineral lempung merupakan faktor utama yang mengontrol perilaku tanah ekspansif.

**Tabel 3** di bawah ini memperlihatkan hub-

ungan antara jenis mineral dengan tingkat keaktifan. Dari tabel tersebut terlihat bahwa apabila suatu lempung memiliki kandungan mineral *montmorillonite* maka tanah tersebut merupakan tanah ekspansif. Metode *X-ray diffraction* merupakan metode yang direkomendasikan untuk dipakai di antara metode-metode lainnya karena relatif murah dan cepat.



**Gambar 1. Klasifikasi potensi mengembang menurut Seed (1962)**

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum

**Tabel 3. Hubungan antara jenis mineral dengan tingkat keaktifan (Skempton, 1953)**

Mineral	Keaktifan
Kaolinite	0,33-0,46
Illite	0,9
Montmorillonite (Ca)	1,5
Montmorillonite (Na)	7,2

#### Pemadatan Tanah Lempung

Tanah lempung yang dipadatkan dengan cara yang benar akan dapat memberikan kuat geser yang tinggi. Stabilitas terhadap kembang susut sangat tergantung dari jenis kandungan mineralnya. Sebagai contoh, lempung *montmorillonite* akan mempunyai kecenderungan yang lebih besar terhadap

perubahan volume bila dibandingkan dengan lempung *kaolinite*. Lempung padat memiliki permeabilitas yang rendah dan tanah ini tidak dapat dipadatkan dengan baik pada waktu sangat basah (jenuh) karena air sulit mengalir keluar dari rongga pori lempung. Hal ini menyebabkan butiran sulit merapat satu sama lain saat dipadatkan (Hardiyatmo, H.C., 2006:75).

Pemadatan adalah peristiwa bertambahnya berat volume kering oleh beban dinamis, dimana butir-butir tanah merapat satu sama lain sebagai akibat berkurangnya rongga udara (Hardiyatmo, H.C., 2006:75).

Pada setiap standar pemadatan yang digunakan akan diperoleh nilai kadar air optimum (*Optimum Moisture Content*, OMC) yang menghasilkan kepadatan kering maksimum (*Maximum Dry Density*, MDD). Pada kadar air lainnya dari kadar air optimumnya, baik di sisi kering optimum (*dry side of optimum*) maupun di sisi basah optimum (*wet side of optimum*), akan diperoleh kepadatan yang lebih kecil dari pada kepadatan maksimumnya. Makin jauh dari kadar air optimumnya kepadatan yang didapatkan semakin berkurang.

Proctor (1933), menerangkan bahwa pemadatan di daerah yang sangat kering akan mengakibatkan timbulnya efek kapiler yang menahan Bergeraknya butiran yang satu terhadap yang lainnya saat dipadatkan, sehingga kepadatannya akan kecil. Pemadatan dengan meningkatkan kadar air mengakibatkan licinnya bidang butiran sehingga butir-butir bergerak untuk mencari bentuk yang lebih stabil. Ini berakibat meningkatnya kepadatan

tanah. Proses pemadatan dengan peningkatan kadar air yang disertai dengan peningkatan kepadatan berlangsung sampai satu titik (optimal) dimana kadar air dan volume udara tidak bisa dikeluarkan lagi. Pemadatan dengan peningkatan kadar air lebih lanjut akan menimbulkan peningkatan volume udara dan air, yang berakibat menurunnya kepadatan tanah.

### Uji Triaksial (*Triaxial Test*)

Pada uji triaksial (**Gambar 2**), benda uji memiliki diameter 3.81 cm dan tinggi 7.62 cm. Benda uji dimasukkan dalam selubung karet tipis dan diletakan dalam tabung kaca. Biasanya ruangan dalam tabung diisi dengan air atau udara. Benda uji ditekan dengan tekanan sel ( $\sigma_3$ ), yang berasal dari tekanan cairan dalam tabung. Udara kadang-kadang dapat digunakan sebagai media untuk penerapan tekanan selnya (tekanan kekang atau *confining pressure*). Alat pengujian dihubungkan dengan pengatur drainase ke dalam maupun ke luar dari benda uji. Untuk menghasilkan kegagalan geser pada benda uji, gaya aksial dikerjakan melalui bagian atas benda uji. (Hardiyatmo, H.C., 2006:310-311).



**Gambar 2.** Alat Uji Triaksial Laboratorium Mekanika Tanah Intitut Teknologi Bandung

Uji triaksial dapat dilakukan dengan 3 cara, yaitu :

- Unconsolidated-Undrained* / tak terkonsolidasi-tak teralirkan (UU)
- Consolidated-Undrained* / terkonsolidasi-takteralirkan (CU)
- Consolidated-Drained* / terkonsolidasiteralirkan (CD)

### **Uji Triaksial *Unconsolidated Undrained* (UU)**

Pada uji triaksial UU atau *quick test* (pengujian cepat), benda uji yang umumnya berupa lempung mula-mula dibebani dengan penerapan tekanan sel (tekanan kekang). Kemudian dibebani dengan beban normal, melalui penerapan tegangan deviator ( $\Delta\sigma$ ) sampai mencapai keruntuhan. Pada penerapan tegangan deviator selama pengujian, katup drainase ditutup. Karena pada pengujian air tidak diizinkan mengalir keluar, beban normal tidak ditransfer ke butiran tanahnya. Keadaan tanpa drainase ini menyebabkan adanya kelebihan tekanan pori (*excess pore pressure*) dengan tidak ada tahanan geser hasil perlawanan dari butiran tanah (Hardiyatmo, H.C., 2006:313).

### **Uji triaksial dengan penerapan tekanan balik (*Back pressure*)**

Uji triaksial dengan penerapan tekanan balik dilakukan untuk meyakinkan bahwa benda uji jenuh sempurna atau untuk menirukan kondisi tekanan air pori di lapangan. Selama pengambilan benda uji, derajat kejenuhan mungkin menurun tidak 100% lagi karena kemungkinan berkurangnya kadar air

maupun karena pengembangan contoh benda uji akibat terlepas dari beban yang dialaminya di dalam tanah. Selain itu contoh tanah yang dipadatkan, sering mempunyai derajat kejenuhan yang kurang dari 100% pula. Dalam kedua kasus di atas, pada uji triaksial, diberikan tekanan balik yang dimaksudkan untuk mendorong udara kedalam larutan air porinya (Hardiyatmo, H.C., 2006:317).

### **METODE PENELITIAN**

Pengujian dilakukan terhadap contoh tanah terganggu yang diambil di daerah Karang Nunggal Tasikmalaya Jawa Barat. Uji Sifat fisik dan mekanis tanah lempung mengacu pada ASTM. Pengujian sifat fisik tanah asli meliputi pengujian :

- Kadar air tanah (ASTM D2216-71)
- Batas-batas Atterbergh (*Atterberg Limits*) (ASTM D2216-80)
- Analisa saringan (ASTM D241-58)
- Analisa hydrometer (ASTM D-54)

Pengujian sifat mekanis tanah meliputi :

- Uji pemadatan standar (ASTM D3441-6)
- Uji triaksial tak terkonsolidasi tak teralirkan/*Unconsolidated Undrained (UU Test)* ASTM D-2850 pada kondisi kadar air sisi kering dan sisi basah optimum.

### **HASIL PEMBAHASAN**

#### **Hasil Identifikasi Berdasarkan Nilai Indeks Plastisitas (PI)**

Hasil uji sifat-sifat indeks tanah lempung Karangnunggal Tasikmalaya Jawa Barat dapat dilihat pada **Tabel 4**. Berdasarkan nilai indeks plastisitas (PI) sebesar 52.83% dapat diidentifikasi bahwa tanah lempung daerah

tersebut memiliki tingkat pengembangan yang *sangat tinggi* dimana  $PI > 32\%$ .

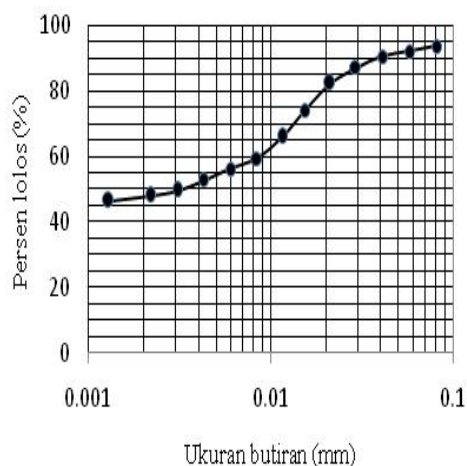
**Tabel 4. Hasil uji sifat-sifat indeks tanah lempung Karangnunggal Tasikmalaya**

Sifat-sifat Indeks	Nilai
Specific gravity (Gs)	2,567
Kadar air awal (%)	50,08%
Batas` cair (LL)	95%
Batas plastis (PL)	42,17%
Batas susut (SL)	24,65%
Indeks Plastisitas (PI)	52,83%

### Hasil Identifikasi Berdasarkan Nilai Aktivitas

Berikut ini adalah grafik distribusi ukuran butiran dari hasil analisa saringan dan hydrometer pada tanah lempung daerah Karangnunggal Tasikmalaya.

Dari hasil analisis distribusi ukuran butiran dapat diketahui persentase fraksi ukuran lempung  $< 0.002$  mm atau  $2 \mu\text{m}$  sebesar 48.88%.



**Gambar 3. Analisis distribusi ukuran butiran**

Tingkat keaktifan tanah lempung dapat dihitung berdasarkan **persamaan (1)** sbb :

$$A_c = \frac{52,83}{48,88 - 10} = 1,433$$

Berdasarkan **Tabel 2** dapat diidentifikasi bahwa tanah lempung Karangnunggal Tasikmalaya Jawa Barat memiliki nilai aktivitas  $> 1.25$  dimana pada kondisi tersebut tanah lempung memiliki potensi pengembangan yang *aktif*.

Berdasarkan **Gambar 1** (menurut Seed, 1962) tanah lempung Karangnunggal Tasikmalaya juga dapat diidentifikasi sebagai tanah lempung dengan klasifikasi potensi mengembang *sangat tinggi* yaitu  $> 25\%$ .

### Hasil Identifikasi Berdasarkan Uji Mineral Lempung

Dari hasil pengujian difraksi sinar-X yang dilakukan di Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral Bandung, diketahui bahwa contoh tanah lempung daerah Karang Nunggal memiliki komposisi mineral seperti pada **Tabel 5** berikut :

**Tabel 5. Hasil Analisa X-Ray Difraction Tanah Ekspansif Daerah Karang Nunggal Tasikmalaya**

Ket- erangan	Contoh Tanah	
	A	B
Kom- posisi mineral	• Cristobalit	• Montmorillonite
	• Anorthite	• Cristobalite
	• Montmorillonite	

Berdasarkan analisa kimia yang dilakukan di Balai Keramik terhadap contoh tanah di daerah Karangnunggal Tasikmalaya didapat unsur-unsur kimia seperti pada **Tabel 6**.

Hasil rasional mineral berdasarkan uji minerologi dan uji kimia tanah didapatkan persentase kandungan mineral *montmorillonite* 56.02% dan *Cristobalite* 43.96%, sehingga dapat disimpulkan bahwa tanah lempung

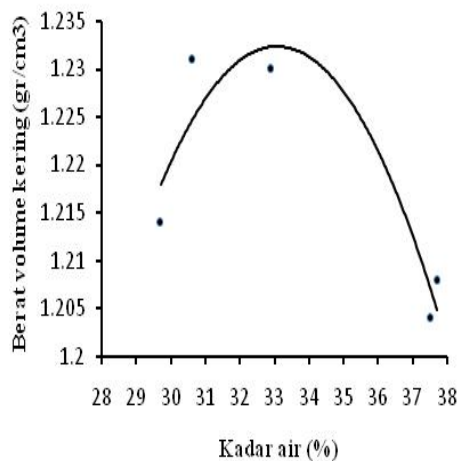
daerah Karangnunggal Tasikmalaya Jawa Barat adalah tanah lempung ekspansif yaitu tanah lempung yang memiliki kembang susut yang besar akibat perubahan kadar air.

**Tabel 6. Hasil Analisa Kimia Tanah Ekspansif Daerah Karangnunggal Tasikmalaya**

Unsur Kimia	Persentase (%)
Silika (SiO <sub>2</sub> )	64,39
Aluminium (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	17,52
Besi III Oksida (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0,73%
Titania (TiO <sub>2</sub> )	Negative
Kalsit (CaO)	1,49
Magnesia (MgO)	5,06
Natrium Oksida (Na <sub>2</sub> O)	0,13
Kalium Oksida (K <sub>2</sub> O)	0,11
Hilang Pijar (HP)	10,56

### Hasil Uji Pemadatan

Hasil uji pemadatan dengan standar Proctor dapat dilihat pada **Gambar 4**. Dari grafik tersebut didapatkan nilai kadar air optimum sebesar 33% dengan berat kering maksimum 1,233 gr/cm<sup>3</sup>



**Gambar 4. Hubungan kadar air vs berat volume kering dari hasil uji standar Proctor**

### Hasil Uji Triaksial *Unconsolidated Undrained (UU)*

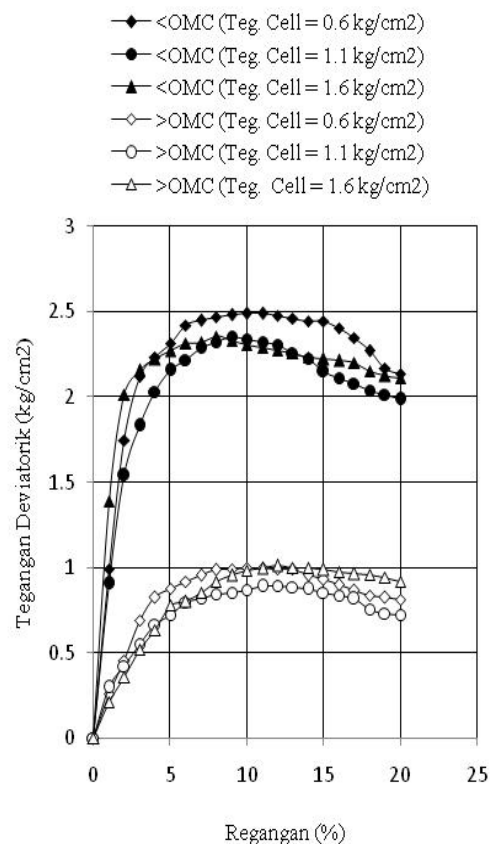
Pengujian yang dilakukan meliputi uji triaksial tak terkonsolidasi - tak teralirkan kondisi tanpa penjumlahan dan dengan penjumlahan.

Contoh tanah yang diuji adalah contoh tanah yang dipadatkan pada kondisi kadar air sisi kering optimum (< OMC) dan kadar air sisi basah optimum (> OMC)

### Hasil Uji Triaksial UU tanpa Penjumlahan

Hasil uji triaksial tak terkonsolidasi - tak teralirkan tanpa penjumlahan pada tanah lempung ekspansif daerah Karang Nunggal Tasikmalaya Jawa Barat dapat dilihat pada **Gambar 5**.

Dari **Gambar 5** dapat diperoleh nilai tegangan deviatorik pada saat runtuh ( $\Delta\sigma_f$ ) untuk setiap tegangan sel yang diterapkan. Perhitungan dapat dilihat pada **Tabel 7**.

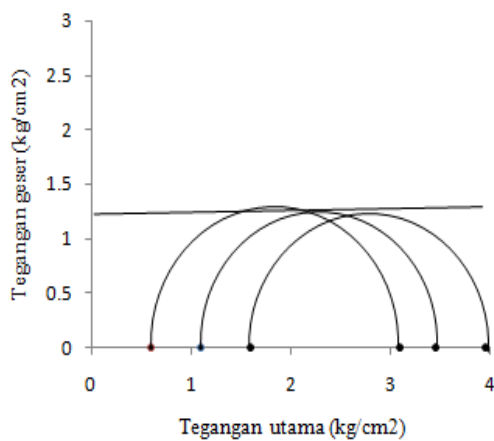


**Gambar 5. Grafik hubungan antara regangan vs Tegangan deviatorik pada uji triaksial tak terkonsolidasi-takteralirkan tanpa penjumlahan**

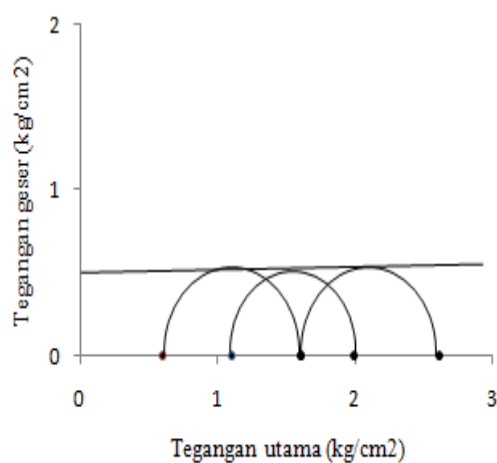
Tabel 7. Perhitungan tegangan total uji triaksial UU tanpa penjenhuan

Keterangan	Tegangan cell ( $\sigma_3$ )	Tegangan deviatorik ( $\Delta\sigma=\sigma_1-\sigma_3$ )	Teg. utama besar ( $\sigma_1$ )	Total
Kadar air kering optimum (<OMC)	0,6	2,489	3,089	
	1,1	2,354	3,454	
	1,6	2,356	3,956	
Kadar air basah optimum (> OMC)	0,6	1,001	1,601	
	1,1	0,895	1,995	
	1,6	1,012	2,612	

Dari Tabel 7 maka dapat digambarkan lingkaran Mohr dan selubung keruntuhan dari hasil uji triaksial UU tanpa penjenhuan.



Gambar 6. Lingkaran Mohr tegangan total tanpa penjenhuan pada sisi kering optimum

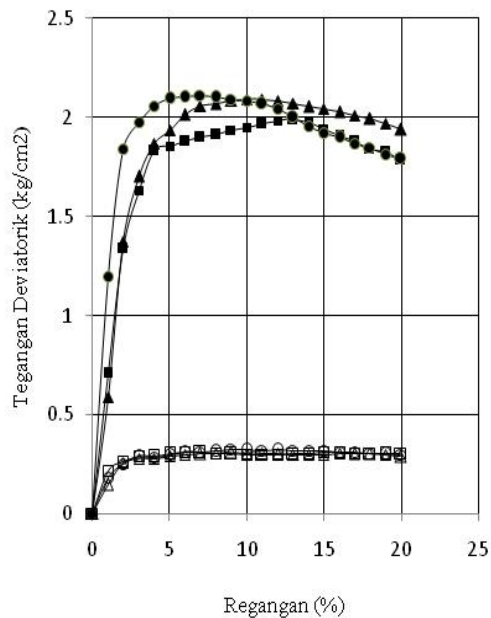


Gambar 7. Lingkaran Mohr tegangan total tanpa penjenhuan pada sisi basah optimum

## Hasil Uji Triaksial UU dengan Penjenhuan

Untuk uji triaksial dengan penjenhuan sampel tanah dijenuhkan dengan memberikan tegangan balik (*back pressure*) sebesar 0,2 kg/cm<sup>2</sup> dan 0,4 kg/cm<sup>2</sup>.

- ▲ <OMC (Teg. Cell = 0.6 kg/cm<sup>2</sup>)
- <OMC (Teg. Cell = 1.1 kg/cm<sup>2</sup>)
- <OMC (Teg. Cell = 1.6 kg/cm<sup>2</sup>)
- △ >OMC (Teg. Cell = 0.6 kg/cm<sup>2</sup>)
- >OMC (Teg. Cell = 1.1 kg/cm<sup>2</sup>)
- >OMC (Teg. Cell = 1.6 kg/cm<sup>2</sup>)



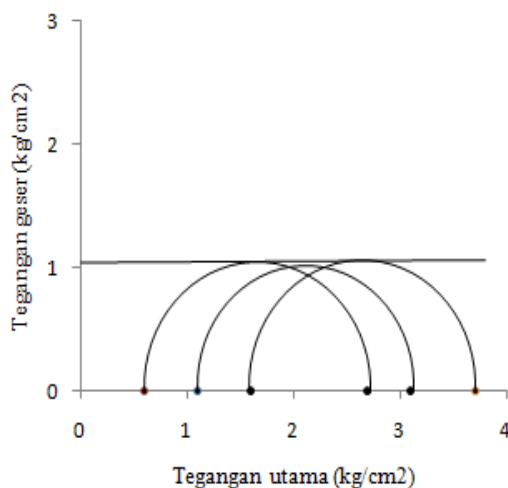
Gambar 8. Grafik hubungan antara regangan vs Tegangan deviatorik pada uji triaksial dengan penjenhuan

Tabel 8. Perhitungan tegangan total uji triaksial UU dengan penjenhuan

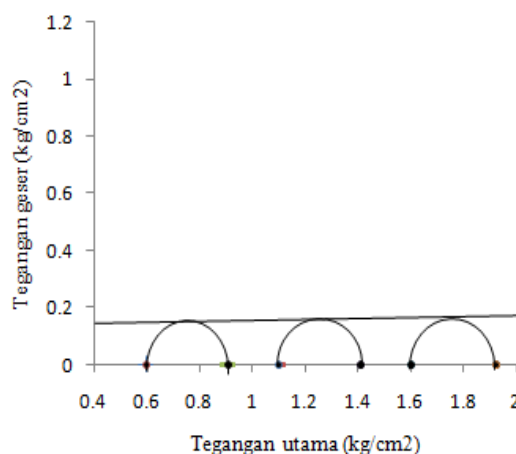
Keterangan	Tegangan cell ( $\sigma_3$ )	Tegangan deviatorik ( $\Delta\sigma=\sigma_1-\sigma_3$ )	Teg. utama besar ( $\sigma_1$ )
Kadar air kering optimum (<OMC)	0,6	2,092	2,692
	1,1	1,989	3,089
	1,6	2,108	3,708
Kadar air basah optimum (> OMC)	0,6	0,308	0,908
	1,1	0,313	1,423
	1,6	0,324	1,924



Lingkaran Mohr dan selubung keruntuhan dari uji triaksial UU dengan penjumlahan pada kondisi kering optimum dan basah optimum dapat dilihat pada **Gambar 9** dan **Gambar 10**.



**Gambar 9.** Lingkaran Mohr tegangan total dengan penjumlahan kondisi kering optimum



**Gambar 10.** Lingkaran Mohr tegangan total dengan penjumlahan kondisi kering optimum

Berdasarkan **Gambar 6**, **Gambar 7**, **Gambar 9** dan **Gambar 10**, didapatkan nilai parameter kuat geser tanah ( $\phi$  dan  $c$ ) untuk kadar air sisi kering dan sisi basah optimum. Rekapitulasi nilai parameter kuat geser tanah dapat dilihat pada **Tabel 9**.

**Tabel 9.** Rekapitulasi parameter kuat geser tanah lempung ekspansif berdasarkan uji triaksial UU tanpa penjumlahan dan dengan penjumlahan

Keterangan	$\phi$ ( $^{\circ}$ )	$c$ ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )
Kadar air kering optimum (<OMC)	0,68	1,006
Kadar air basah optimum (> OMC)	0,46	0,148

Dari **Tabel 9** terlihat bahwa nilai parameter kuat geser tanah lempung dari hasil uji triaksial tanpa penjumlahan dan dengan penjumlahan pada sisi basah optimum ( $> \text{OMC}$ ) lebih kecil bila dibandingkan pada sisi kering optimum ( $< \text{OMC}$ ). Hal ini disebabkan karena kuat geser tanah lempung pada kondisi basah optimum bergantung pada tipe pemadatan karena perbedaan yang terjadi pada susunan tanahnya. Pada keadaan kering optimum tanah terflokulasi, sedangkan pada keadaan basah optimum susunan tanah lebih terdispersi (beraturan).

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Kadar air sangat berpengaruh terhadap nilai parameter kuat geser tanah lempung ekspansif, hal ini dapat dilihat dari hasil uji triaksial UU tanpa penjumlahan dan dengan penjumlahan, dimana nilai sudut geser dalam ( $\phi$ ) dan nilai kohesi ( $c$ ) pada sisi basah optimum lebih kecil bila dibandingkan dengan kadar air sisi kering optimum.

### Saran

Perlu penelitian lebih lanjut dengan menggunakan alat uji triaksial kondisi terkonsolidasi - takteralirkan (CU Test) dan terkonsolidasi-teralirkan (CD Test)

**DAFTAR PUSTAKA**

- Ika M.P.R., Yulvi Z., Arief, R., 2015. *Pengaruh Kadar Air terhadap Kuat Geser Tanah Ekspansif Bojonegoro dengan Stabilisasi menggunakan 15% Fly Ash dengan Metode Deep Soil Mix*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.  
<http://sipil.studentjournal.ub.ac.id/index.php/jmts/article/view/232>.
- Silaen, S., 2014. *Analisis Kuat Geser Tanah Lempung dari Uji Triaksial UU dan Unconfined Compressive Strength*. Jurnal Polimedia.  
<http://polmed.ac.id/jurnal/index.php/polimedia/article/view/245>.
- Nugroho, S, A., Wibisono, G., Kasbi, F., 2013. *Analisa Peningkatan Kekuatan Tanah yang Diperkuat Serat dan Bahan Stabilisasi pada Sisi kering dan Sisi Basah*. Jurnal Teknik Sipil. Jurnal Teknik Sipil, Hal : 137-144. ISSN 1411-660X. <http://e-journal.uajy.ac.id/4897/>.
- Hardiyatmo, H.C., 2006. *Mekanika Tanah 1*. Gadjah Mada University Press.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2005. *Penanganan Tanah Ekspansif untuk Konstruksi Jalan. Pedoman Konstruksi dan Bangunan Pd T-10-2005*.
- Yuliet, R., 2002. *Studi Perilaku Mengembang dengan Metoda ASTM D4546-90 (A,B,C) dan Kekuatan Geser pada Lempung Montmorillonite Ka-rangnunggal*. Thesis for Magister Degree. Rekayasa Geoteknik, Institut Teknologi Bandung (unpublished).
- Daz, Braja M., 1994. *Principles of Foundation Engineering Second Edition*. PWS-KENT Publishing Company, Boston.