

# PERILAKU *STRESS PATH* TANAH LEMPUNG DI KOTA PONTIANAK PADA KONDISI *NORMALLY CONSOLIDATED*

Marlensia Emy<sup>1)</sup> Eka Priadi<sup>2)</sup>, Aprianto<sup>2)</sup>

## Abstrak

Seiring dengan berkembangnya pembangunan diberbagai sektor sangat penting untuk mengetahui sifat dan perilaku tanah dimana tempat bangunan itu didirikan. Sifat-sifat teknis dan perilaku tanah disuatu tempat dan tempat lain berbeda-beda. Perilaku tentang tanah tidak hanya dapat diketahui dari kondisi awal dan akhir pembebanan. Fenomena itu dapat digambarkan dengan *stress path* (metode lintasan tegangan) (Soepandji dan Setiadi, 1998). Kondisi ini merupakan dasar untuk menyelidiki perilaku *stress path* yang terjadi selama pembebanan pada tanah lempung di kota Pontianak, sehubungan dengan banyaknya permasalahan geoteknik yang terjadi. Salah satu cara untuk mengetahui sifat fisis dan sifat mekanis tanah adalah dengan melakukan penelitian di laboratorium berupa uji triaksial *consolidated undrained* (CU) pada tanah lempung lunak. Penulisan Tugas Akhir ini bertujuan untuk mengetahui perilaku *stress path* tanah lempung di Kota Pontianak pada kondisi *normally consolidated*. Hasil pengujian laboratorium dan perhitungan serta analisa yang dilakukan diketahui bahwa perilaku *stress path* tanah lempung di Kota Pontianak secara umum adalah tipe *path C* (Holtz, R D, Kovacs W D, 2011) yaitu garis linier yang bergerak kekanan pada grafik  $p$  dan  $q$ , dan membentuk sudut  $45^0$  pada grafik  $\sigma$  dan  $\tau$ .

**Kata Kunci** : triaksial *consolidated undrained* (CU), *stress path*, *normally consolidated*.

## 1. PENDAHULUAN

Sifat-sifat teknis dan perilaku tanah disuatu tempat dan tempat lain berbeda-beda. Perilaku tentang tanah tidak hanya dapat diketahui dari kondisi awal dan akhir pembebanan. Fenomena itu dapat digambarkan dengan *stress path* (metode lintasan tegangan) (Soepandji dan Setiadi, 1998). Kondisi ini merupakan motivasi untuk menyelidiki perilaku *stress path* yang terjadi selama pembebanan pada tanah lempung di kota Pontianak, sehubungan dengan semakin maraknya pembangunan.

Karakteristik regangan dan tegangan dari hasil uji triaksial merupakan bagian penting untuk menggambarkan perilaku tanah, yang tidak hanya dapat diketahui dari kondisi awal dan akhir pembebanan, tetapi juga dari riwayat pembebanan. Metode *stress path*

pertama kali diperkenalkan oleh Lambe dan Whitman (1969). Metode itu kemudian dikembangkan di *University of Cambridge* Inggris (Atkinson dan Bransby, 1978). Bagian dari tegangan yang berada di titik keseimbangan akan mewakili lingkaran Mohr pada sistem koordinat  $\tau$ - $\sigma$ . Hal ini sangat tepat sekali untuk mewakili bagian tegangan di titik tegangan, yang berada di koordinat  $(\sigma_1 - \sigma_3)/2$  dan  $(\sigma_1 + \sigma_3)/2$ . Kita bisa mengasumsikan  $\sigma_1$  dan  $\sigma_3$  pada bidang vertikal dan horisontal, jadi koordinat di titik tegangan menjadi  $(\sigma_v - \sigma_h)/2$  dan  $(\sigma_v + \sigma_h)/2$  atau bisa juga di wakili oleh  $q$  dan  $p$ , menjadi :

$$q = \frac{\sigma_v - \sigma_h}{2} \quad (1)$$

$$p = \frac{\sigma_v + \sigma_h}{2} \quad (2)$$

Setelah di dapat  $q$  dan  $p$ , inilah yang disebut sebagai tegangan utama. Sebuah diagram yang menunjukkan bagian berturut-turut pada rangkaian lingkaran

Mohr bisa digunakan, tapi ini bisa juga kacau, terutama pada lintasan tegangan yang rumit. Oleh karena itu yang lebih sederhana adalah dengan hanya

1. Alumni Prodi Teknik Sipil FT Untan
2. Dosen Prodi Teknik Sipil FT Untan

menunjuk pada satu tempat di titik tegangan. Tempat inilah yang disebut *stress path*, dan hal ini bisa kita gambarkan pada sebuah diagram yang kita sebut diagram *p-q*. Salah satu di antara *p* dan *q* bisa didefinisikan sebagai tegangan total atau tegangan efektif. Tanda yang bisa kita gunakan untuk mengindikasikan tegangan efektif adalah dari persamaan (1) dan (2) dan persamaan tegangan efektif, kita tahu bahwa  $q' = q$  sedangkan  $p' = p - u$ , dimana *u* adalah kelebihan hidrostatis atau tekanan air pori.

Uji triaksial merupakan salah satu bagian penting untuk menggambarkan perilaku tanah. Sampel-sampel tanah yang di uji triaksial dibagi menjadi kondisi *drained* dan *undrained*. Apabila kegagalan (*failure*) sampel-sampel yang pada awalnya ditekan secara isotropis dengan *confining pressure* berbeda dan dibebani pada kondisi *drained* atau *undrained* dihubungkan dalam suatu grafik *p'-q'* akan tampak suatu garis yang mirip dari kedua tipe pengujian itu. Pada penelitian ini akan digunakan tanah di Kota Pontianak pada kondisi *normally consolidated*. *Normally consolidated* adalah suatu kondisi lapisan tanah yang belum pernah menerima beban sebelumnya atau lapisan tanah akan menerima beban yang lebih besar dari yang pernah diterima sebelumnya.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah;

1. Pengumpulan data primer, berupa data;
  - Pemeriksaan sifat-sifat fisik tanah berupa :
    - ✓ Pemeriksaan kadar air tanah
    - ✓ Pemeriksaan berat volume tanah

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan uraian di atas maka dapat ditentukan pembatasan masalah dalam penulisan tugas akhir ini adalah;

1. Analisa yang dilakukan berdasarkan data dari hasil percobaan dilaboratorium yang menggunakan tanah lempung yang diambil dari beberapa lokasi di kota Pontianak.
2. Pemeriksaan sifat mekanis menggunakan uji triaksial CU (*Consolidated Undrained*).
3. Pemeriksaan sifat fisis dari hasil percobaan dilaboratorium.
4. Tanah yang digunakan untuk penelitian ini adalah tanah lempung di kota Pontianak pada kondisi *normally consolidated*.
5. Pengujian dengan *constant rate of strain* dan *constant loading*.
6. Pemberian tekanan dalam cell saat konsolidasi,  
 $\sigma_v' = \gamma' D_f$

dimana :

$\gamma'$  = berat isi tanah kondisi efektif

$D_f$  = kedalaman sampel hasil boring

$$0,5 \sigma_v' \leq \sigma_3 \leq 1,5$$

Atau

Untuk tanah lunak diambil  $\sigma_0 = 0.50 \text{ kg/cm}^2, 1.00 \text{ kg/cm}^2, 1.50 \text{ kg/cm}^2$

Untuk tanah kaku diambil  $\sigma_0 = 1.00 \text{ kg/cm}^2, 1.50 \text{ kg/cm}^2, 2.00 \text{ kg/cm}^2$

- Pemeriksaan sifat-sifat mekanis tanah berupa :  
 Pengujian triaksial *consolidated undrained* (CU)
2. Analisis data untuk mendapatkan perilaku *stress path* tanah lempung di Kota Pontianak pada kondisi *normally consolidated*.

### 3.1. Analisa Hasil Pemeriksaan Kadar Air (*Water Content*)

Untuk menentukan kadar air tanah asli yaitu jumlah air yang dikandung oleh tanah yang dinyatakan dalam persentase (%).

Adapun data – data kadar air yang didapat dari hasil pemeriksaan dapat dilihat dari tabel berikut. Tabel 1 menunjukkan hasil pemeriksaan kadar air tanah lempung.

**Tabel 1.** Hasil Pemeriksaan Kadar Air (W)

LOKASI	KEDALAMAN (m)	KADAR AIR (%)
Jalan Khatulistiwa, Batu Layang, Pontianak	5 – 5,5	77,430
Jalan Khatulistiwa, Batu Layang, Pontianak	9 – 9,5	63,305
Jalan Khatulistiwa, Batu Layang, Pontianak	11 – 11,5	67,343

*Sumber : Laboratorium Geoteknik Fakultas Teknik Untan*

Berdasarkan hasil pemeriksaan kadar air tanah di laboratorium, didapat kadar air tanah asli sebelum pengujian berkisar antara 63,305 – 77,430% dengan kedalaman 5 – 11 m. Rincian hasil pemeriksaan kadar air tanah di laboratorium, dengan kedalaman 5 - 5,5 m kadar air tanah asli sebelum pengujian sebesar 77,430%. Pada kedalaman 9 - 9,5 m kadar air tanah asli sebelum pengujian sebesar 63,305%. Pada kedalaman 11 – 11,5 m kadar air tanah asli sebelum pengujian sebesar 67,334%.

### 3.2. Analisa Hasil Pemeriksaan Berat Volume Tanah ( $\gamma$ )

Berat volume tanah adalah berat tanah persatuan volume, adapun dari hasil pemeriksaan didapatlah berat volume tanah rata – rata dari setiap titik lokasi penelitian. Hasil dari setiap berat volume digunakan untuk menentukan tekanan sel awal untuk percobaan triaksial. Dimana tekanan sel awal adalah berat volume dikalikan kedalaman sampel tanah yang diteliti. Adapun hasil pemeriksaan berat volume setiap lokasi dapat dilihat ditabel. Tabel 2 menunjukkan hasil pemeriksaan berat volume tanah ( $\gamma$ ) di laboratorium.

**Tabel 2.** Hasil Pemeriksaan Berat Volume Tanah ( $\gamma$ )

LOKASI	KEDALAMAN (m)	BERAT VOLUME ( $\gamma$ ) (gr/cm <sup>3</sup> )
Jalan Khatulistiwa, Batu Layang, Pontianak	5 – 5,5	1,432
Jalan Khatulistiwa, Batu Layang, Pontianak	9 – 9,5	1,497
Jalan Khatulistiwa, Batu Layang, Pontianak	11 – 11,5	1,46

*Sumber : Laboratorium Geoteknik Fakultas Teknik Untan*

Berdasarkan hasil pemeriksaan berat volume tanah di laboratorium, didapat

berat volume tanah pada kedalaman 5 – 5,5 m sebesar 1,432 gr/cm<sup>3</sup>. Pada kedalaman 9 – 9,5 m berat volume tanah sebesar 1,497 gr/cm<sup>3</sup>. Pada kedalaman 11 – 11,5 m berat volume tanah sebesar 1,46 gr/cm<sup>3</sup>. Dari uraian di atas, diperoleh berat volume tanah rata - rata berkisar antara 1,432 – 1,497 gr/cm<sup>3</sup>.

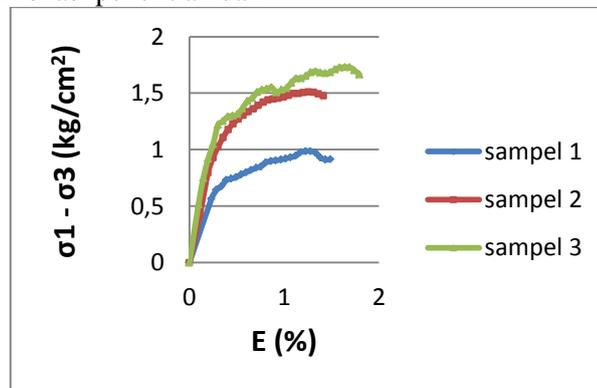
### 3.3. Analisa Hasil Percobaan Triaksial Consolidated Undrained

Adapun hasil – hasil pemeriksaan triaksial CU meliputi, hasil analisa parameter – parameter  $C_{cu}$  dan  $\phi_{cu}$  yang diteliti disetiap titik lokasi penelitian dan

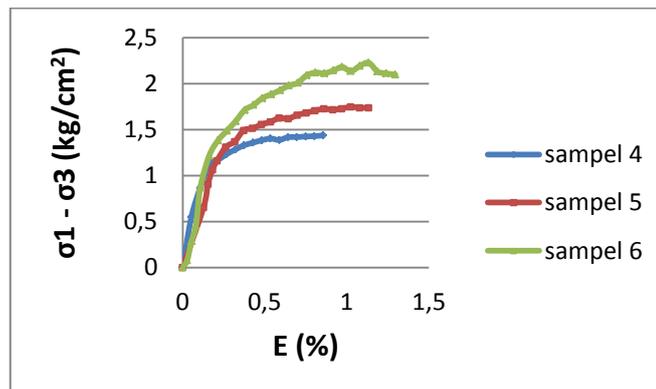
analisa hasil perhitungan tekanan air pori.

#### 3.3.1. Analisa Grafik Regangan dan Tegangan Deviator

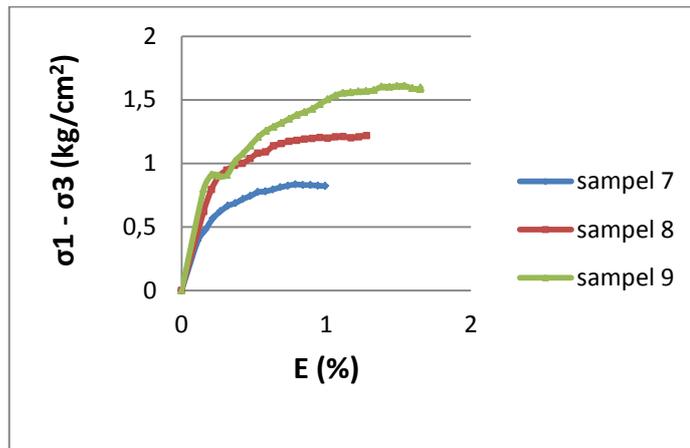
Berdasarkan hasil pengujian triaksial CU, data – data dapat digambarkan dengan grafik hubungan regangan dan tegangan deviator untuk mengetahui titik keruntuhan dari sampel yang diberi beban. Pada gambar 1 sampai dengan gambar 3 menunjukkan gambar dari grafik hubungan regangan dan tegangan deviator.



**Gambar 1.** Grafik Hubungan Regangan dan Tegangan Deviator Kedalaman 9 m.



**Gambar 2.** Grafik Hubungan Regangan dan Tegangan Deviator Kedalaman 11 m.



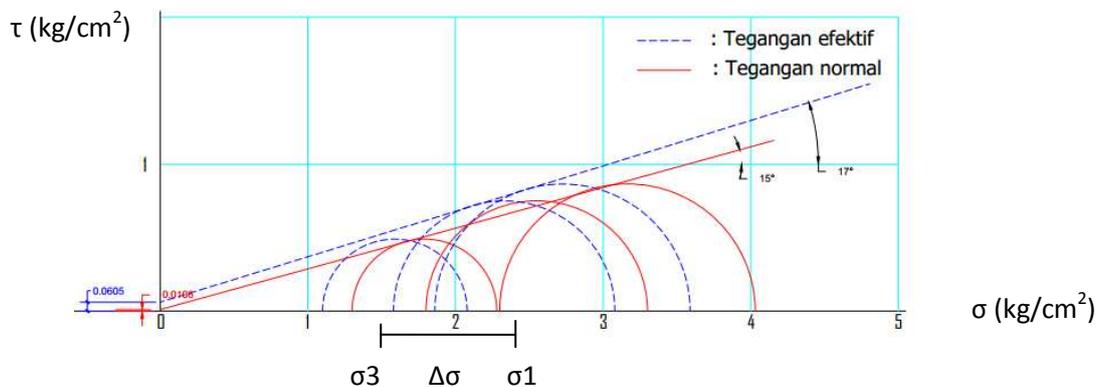
**Gambar 3.** Grafik Hubungan Regangan dan Tegangan Deviator Kedalaman 5 m.

Pada gambar 1- 3 menunjukkan hubungan regangan dan tegangan deviator yang menunjukkan titik keruntuhan tanah pada masing – masing sampel.

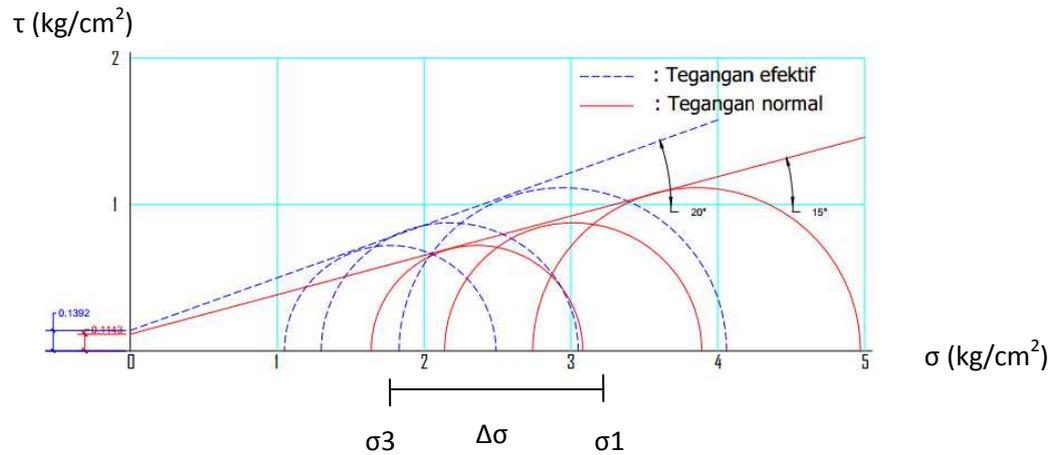
### 3.3.2. Analisa Hasil Perhitungan Parameter $C_{cu}$ dan $\phi_{cu}$ Tanah

Untuk menentukan nilai  $C$  dan  $\phi$  dapat menggunakan beberapa metode, dalam perhitungan ini menggunakan metode

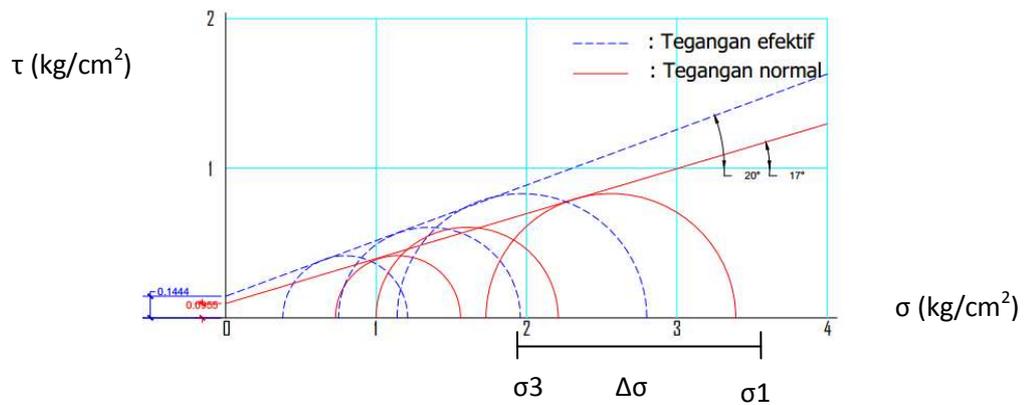
Lingkaran Mohr (metode grafis). Pada gambar 4 sampai dengan gambar 6 menunjukkan gambar lingkaran mohr dari hasil perhitungan  $\sigma_3$ ,  $\Delta\sigma$  dan  $\sigma_1$ . Dimana garis padat menunjukkan hasil perhitungan dari tegangan total dan garis putus - putus menunjukkan hasil perhitungan dari tegangan efektif



**Gambar 4.** Lingkaran Mohr Tabung 1 Pada Kedalaman 9 m.



**Gambar 5.** Lingkaran Mohr Tabung 2 Pada Kedalaman 11 m.



**Gambar 6.** Lingkaran Mohr Tabung 3 Pada Kedalaman 5 m.

Adapun hasil – hasil perhitungan  $c$  dan  $\phi$  dapat dilihat di tabel. Tabel 3 menunjukkan hasil perhitungan nilai

sudut geser dan kohesi untuk tegangan total dan tegangan efektif pada kedalaman 9, 11 dan 5 m.

**Tabel 3.** Sudut Geser dan Kohesi

LOKASI	KEDALAMAN (m)	SUDUT GESER ( $\phi$ )		KOHESI ( $c$ ) ( $\text{kg/cm}^2$ )	
		Sudut geser total	Sudut geser efektif	Kohesi total	Kohesi efektif
Jalan Khatulistiwa, Batu Layang, Pontianak	5 – 5,5	$15^0$	$17^0$	0,0106	0,0605
Jalan Khatulistiwa, Batu Layang, Pontianak	9 – 9,5	$15^0$	$20^0$	0,1143	0,1392
Jalan Khatulistiwa, Batu Layang, Pontianak	11 – 11,5	$17^0$	$20^0$	0,0355	0,1444

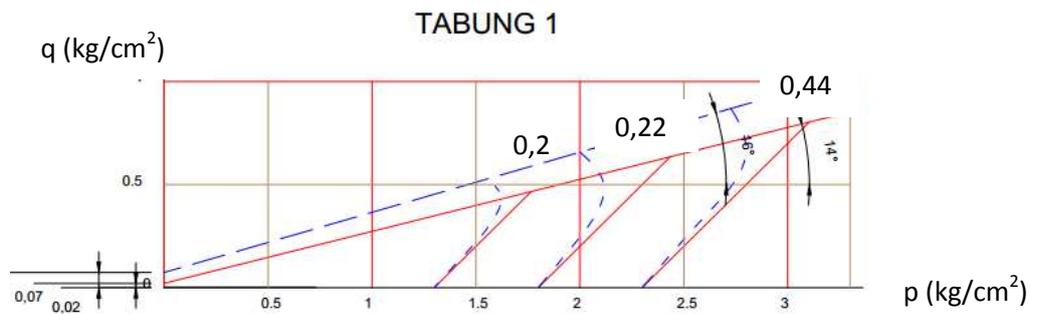
Berdasarkan hasil analisa, pada kedalaman 5 – 5,5 m didapat nilai sudut

geser total sebesar  $15^0$ , nilai sudut geser efektif sebesar  $17^0$ , nilai kohesi total

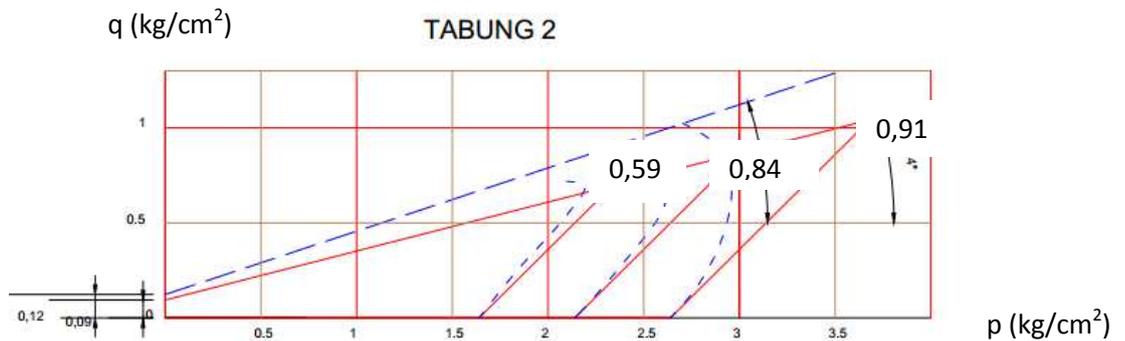
sebesar  $0,0106 \text{ kg/cm}^2$ , nilai kohesi efektif sebesar  $0,0605 \text{ kg/cm}^2$ . Pada kedalaman  $9 - 9,5 \text{ m}$  didapat nilai sudut geser total sebesar  $15^\circ$ , nilai sudut geser efektif sebesar  $20^\circ$ , nilai kohesi total sebesar  $0,1143 \text{ kg/cm}^2$ , nilai kohesi efektif sebesar  $0,1392 \text{ kg/cm}^2$ . Pada kedalaman  $11 - 11,5 \text{ m}$  didapat nilai sudut geser total sebesar  $17^\circ$ , nilai sudut geser efektif sebesar  $20^\circ$ , nilai kohesi total sebesar  $0,0355 \text{ kg/cm}^2$ , nilai kohesi efektif sebesar  $0,1444 \text{ kg/cm}^2$ .

### 3.3.3. Analisa Hasil Perhitungan Tekanan Air Pori ( $\Delta U$ )

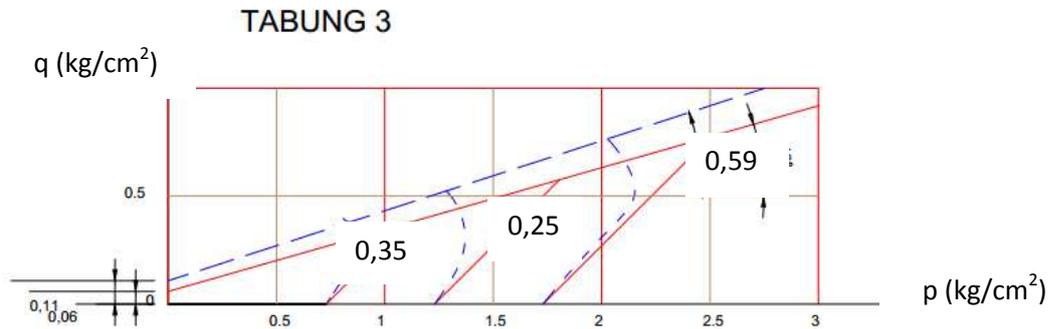
Perbedaan tekanan air pori ( $\Delta U$ ), bisa didapatkan dari hasil analisa perhitungan dalam persamaan  $\Delta U = \sigma_3' - \sigma_3$ . Dalam perhitungan ini selain menggunakan metode analisa juga menggunakan metode grafis. Pada gambar 7 sampai dengan gambar 9 menunjukkan gambar grafik hasil dari perhitungan tegangan total dan tegangan efektif. Garis linier menunjukkan hasil perhitungan dari tegangan total dan garis lengkung menunjukkan hasil perhitungan dari tegangan efektif. Sedangkan jarak antara garis merah dan garis biru merupakan perubahan tekanan air pori.



**Gambar 7.** Perubahan Tekanan Air Pori Tabung 1 Pada Kedalaman 9 m.



**Gambar 8.** Perubahan Tekanan Air Pori Tabung 2 Pada Kedalaman 11 m.



**Gambar 9.** Perubahan Tekanan Air Pori Tabung 3 Pada Kedalaman 5 m.

Adapun hasil perhitungan tekanan air pori ( $\Delta U$ ) dapat dilihat ditabel. Besarnya nilai perubahan tekanan air pori bergantung pada kandungan kadar air yang terdapat dalam sampel tanah setelah pengujian penjenuhan dan

konsolidasi berlangsung. Oleh karena itulah besarnya nilai perubahan tekanan air pori tidak berurutan walaupun pada kedalaman yang berbeda – beda. Tabel 4 menunjukkan hasil perhitungandari tekanan air pori dengan metode grafis.

**Tabel 4.** Tekanan Air Pori

Tabung	Sampel	Tekanan Air Pori ( $\Delta U$ )
Tabung 1 (9 – 9,5 m)	Sampel 1	0,2
	Sampel 2	0,22
	Sampel 3	0,44
Tabung 2 (11 – 11,5 m)	Sampel 4	0,59
	Sampel 5	0,84
	Sampel 6	0,91
Tabung 3 (5 – 5,5 m)	Sampel 7	0,35
	Sampel 8	0,25
	Sampel 9	0,59

### 3.3.4. Analisa Garis Kedudukan Tegangan (*Stress Path*)

Hasil pengujian triaksial dapat digambarkan dengan diagram yang disebut garis kedudukan tegangan (*stress path*). Garis kedudukan tegangan ini adalah garis yang menghubungkan titik-titik kedudukan dari keadaan tegangan yang dialami oleh suatu sampel tanah selama pengujian berlangsung. Ada beberapa cara untuk menggambarannya, tetapi pada penelitian ini akan dibahas satu

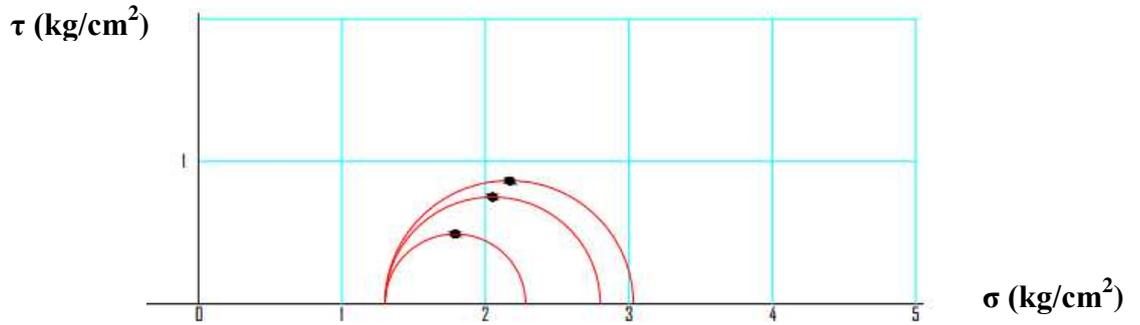
cara saja yaitu grafik  $p$  dan  $q$ . Pada gambar 10 sampai dengan gambar 15 menunjukkan bahwa perubahan berturut-turut dari lingkaran mohr. Pada awal pemberian beban tegangan deviator, dinyatakan bahwa  $\sigma_1' = \sigma_3' = \sigma_3$ . Jadi,

$$p' = \frac{\sigma_3' + \sigma_3'}{2} = \sigma_3' = \sigma_3$$

dan

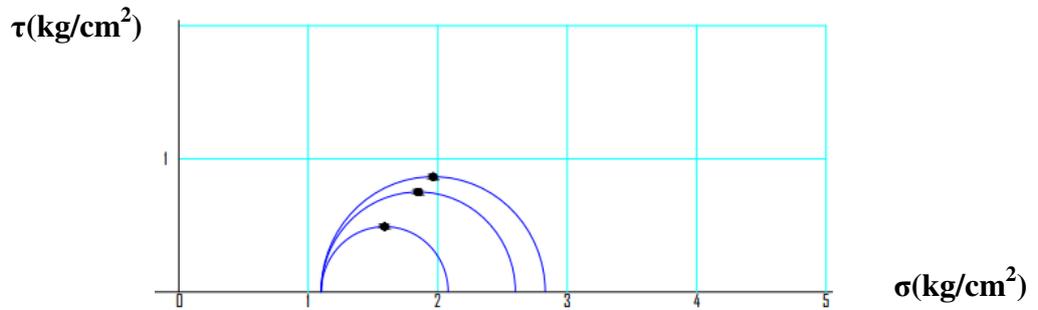
$$q' = \frac{\sigma_3' - \sigma_3'}{2} = 0$$

### STRESS PATHS TEGANGAN TOTAL Tabung 1



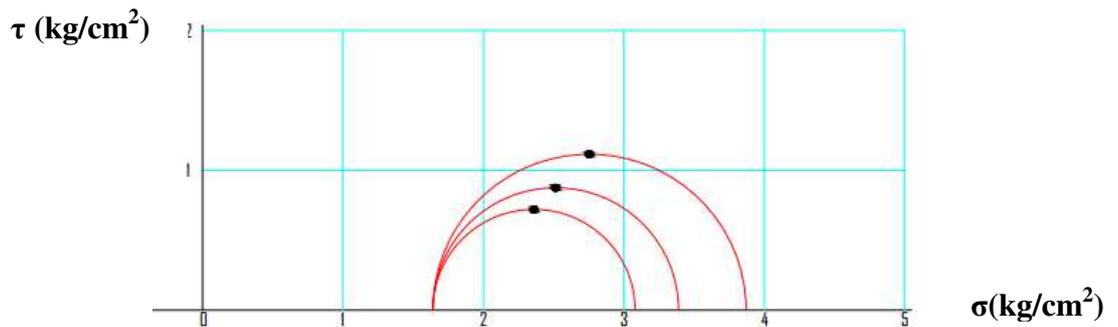
**Gambar 10.** Grafik  $\sigma$  dan  $\tau$  tegangan total tabung 1 pada kedalaman 9 m.

### STRESS PATHS TEGANGAN EFEKTIF Tabung 1



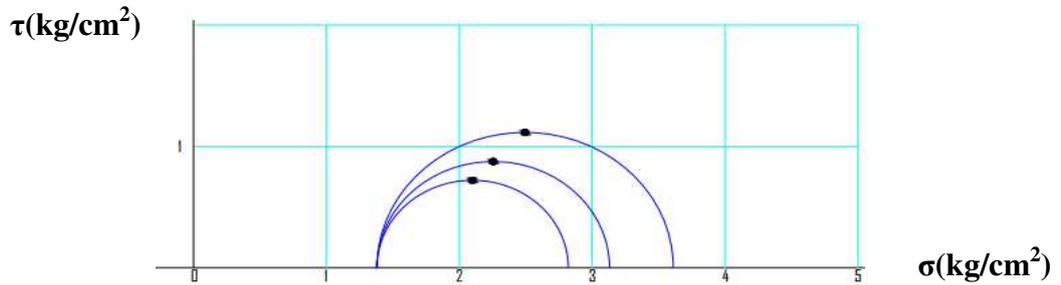
**Gambar 11.** Grafik  $\sigma$  dan  $\tau$  tegangan efektif tabung 1 pada kedalaman 9 m.

### STRESS PATHS TEGANGAN TOTAL Tabung 2



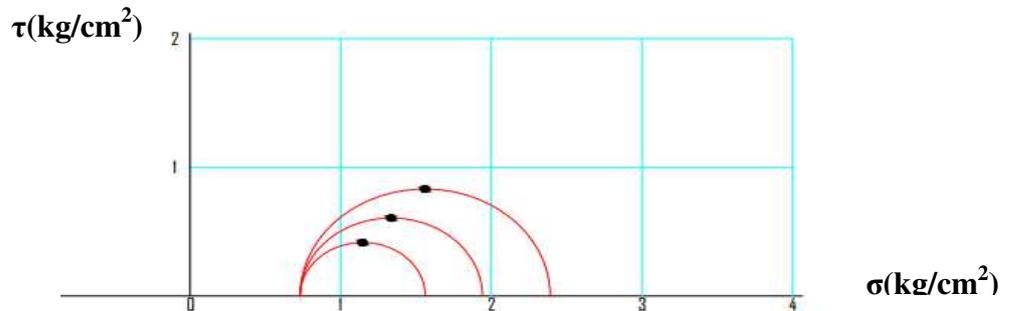
**Gambar 12.** Grafik  $\sigma$  dan  $\tau$  tegangan total tabung 2 pada kedalaman 11 m.

**STRESS PATHS TEGANGAN EFEKTIF Tabung 2**



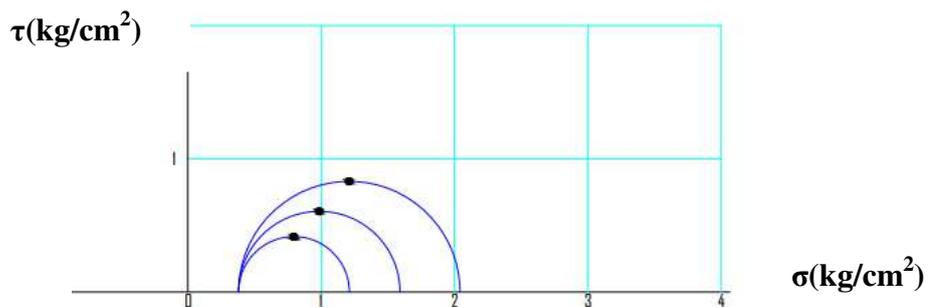
**Gambar 13.** Grafik  $\sigma$  dan  $\tau$  tegangan efektif tabung 2 pada kedalaman 11 m.

**STRESS PATHS TEGANGAN TOTAL Tabung 3**



**Gambar 14.** Grafik  $\sigma$  dan  $\tau$  tegangan total tabung 3 pada kedalaman 5 m.

**STRESS PATHS TEGANGAN EFEKTIF Tabung 3**



**Gambar 15.** Grafik  $\sigma$  dan  $\tau$  tegangan efektif tabung 3 pada kedalaman 5 m.

Pada gambar 10 - 15, grafik  $\sigma$  dan  $\tau$  menggambarkan harga - harga  $p, q, p'$  dan  $q'$  yang diperoleh dari perhitungan sebagai sebuah titik yang terdapat dipuncak lingkaran mohr yang merupakan titik kedudukan tegangannya. Jadi apabila harga - harga  $p'$  dan  $q'$  bermacam - macam tingkat pembebanan tegangan efektif diplotkan

dan titik - titik tersebut digandengkan ke lingkaran pertama akan didapatkan garis lurus. Garis ini akan membentuk sudut  $45^\circ$  terhadap garis horisontal. Garis lurus dari grafik  $\sigma$  dan  $\tau$  ini merupakan garis kedudukan tegangan (*stress path*) dari sebuah uji triaksial *consolidated undrained*.

Tabel 5 menunjukkan hasil dari perhitungan p dan q. Hasil perhitungan

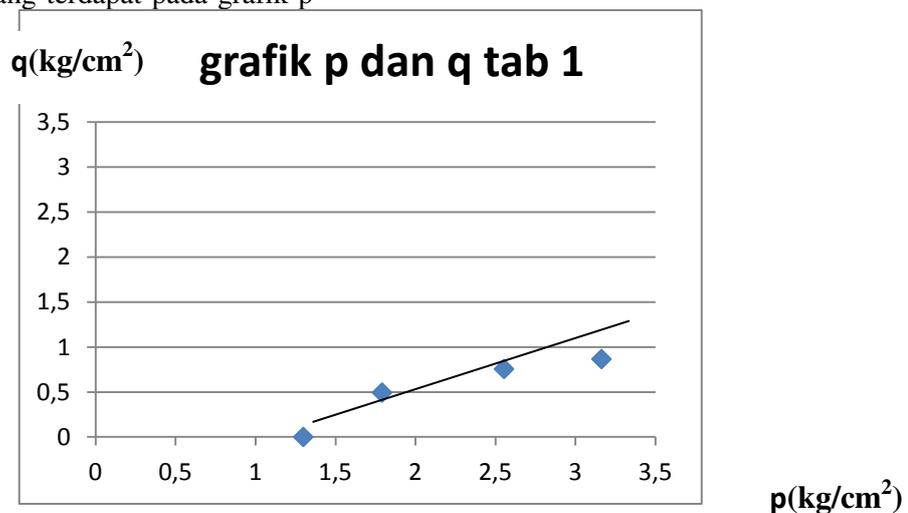
p dan q ini merupakan titik keruntuhan dari sampel pada saat penelitian.

**Tabel 5.** Hasil Perhitungan p dan q

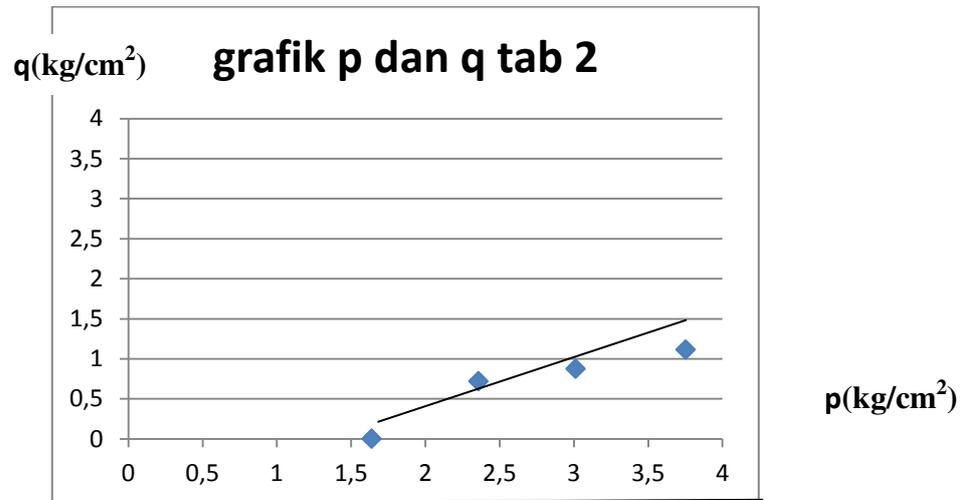
Tabung	Sampel	p (kg/cm <sup>2</sup> )	q (kg/cm <sup>2</sup> )
Tabung 1(9-9,5 m)		1,3	0
	Sampel 1	1,793	0,493
	Sampel 2	2,555	0,755
	Sampel 3	3,164	0,864
Tabung 2 (11-11,5 m)		1,64	0
	Sampel 4	2,358	0,718
	Sampel 5	3,012	0,872
	Sampel 6	3,753	1,113
Tabung 3 (5-5,5 m)		0,73	0
	Sampel 7	1,147	0,417
	Sampel 8	1,839	0,609
	Sampel 9	2,557	0,827

Berdasarkan hasil perhitungan seperti pada tabel 5 dibuatlah suatu grafik p dan q. Nilai p dan q digambarkan oleh sebuah titik yang terdapat pada grafik p

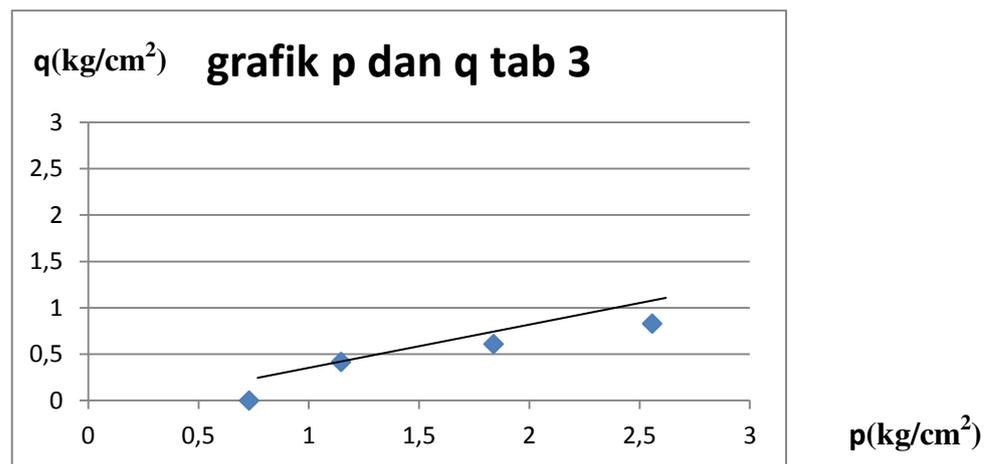
dan q seperti yang terlihat pada gambar 13 sampai dengan 15.



**Gambar 16.** Grafik p dan q Tabung 1 pada kedalaman 9 m.



**Gambar 17.** Grafik p dan q Tabung 2 pada kedalaman 11 m.

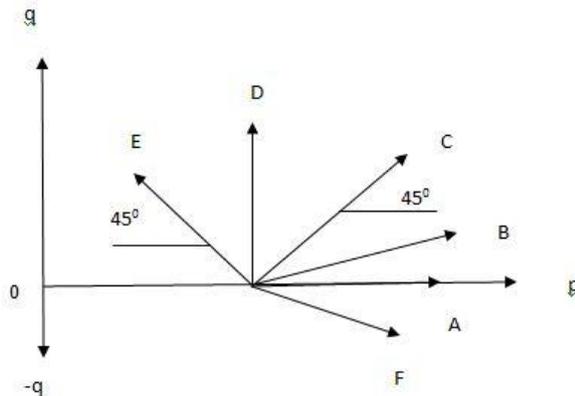


**Gambar 18.** Grafik p dan q Tabung 3 pada kedalaman 5 m.

Titik – titik yang terdapat pada gambar 16 - 18 merupakan titik keruntuhan yang membentuk sudut  $\beta$  pada garis horisontal. Titik ini berawal dari titik yang merupakan pemberian beban awal pada saat penelitian. Garis lurus yang menghubungkan titik – titik pada grafik

p dan q ini merupakan garis kedudukan tegangan (*stress path*) dari hasil uji triaksial *consolidated undrained* pada masing-masing kedalaman.

*Stress path* dari grafik p dan q dapat juga dijelaskan melalui gambar 19 berikut ini.



**Gambar 19. Stress Path**  
(Sumber : Holtz, R D, Kovacs W D, 2011)

Pada gambar 19 dapat dijelaskan sebagai berikut

- Path A :  $\Delta\sigma_h = \Delta\sigma_v$
- Path B :  $\Delta\sigma_h = \frac{1}{2} \Delta\sigma_v$
- Path C :  $\Delta\sigma_h = 0$ ,  $\Delta\sigma_v =$  bertambah
- Path D :  $\Delta\sigma_h = - \Delta\sigma_v$
- Path E :  $\Delta\sigma_h =$  berkurang,  $\Delta\sigma_v = 0$
- Path F :  $\Delta\sigma_h =$  bertambah,  $\Delta\sigma_v =$  berkurang

Pada penelitian ini, perlakuan yang diberikan pada sampel saat penelitian berlangsung adalah  $\Delta\sigma_h =$  tetap,  $\Delta\sigma_v =$  bertambah, dan seperti pada penjelasan gambar 4.16 hasil *stress path* yang diperoleh adalah *path C*. Maka penelitian yang dilakukan sesuai dengan hasil yang didapatkan pada grafik p dan q, yaitu garis yang bergerak ke kiri seperti *path C* dan membentuk sudut  $45^\circ$  pada horisontal grafik  $\sigma$  dan  $\tau$ .

Berdasarkan analisa hasil *stress path* dari grafik p dan q pada gambar 16 sampai dengan gambar 18 yang membentuk sudut  $\beta$  maka didapat besarnya sudut yang terbentuk dari tabung 1 kedalaman 9 m adalah  $15,307^\circ$ , tabung 2 kedalaman 11 m adalah  $15,849^\circ$  dan tabung 3 kedalaman 5 m adalah  $16,241^\circ$ .

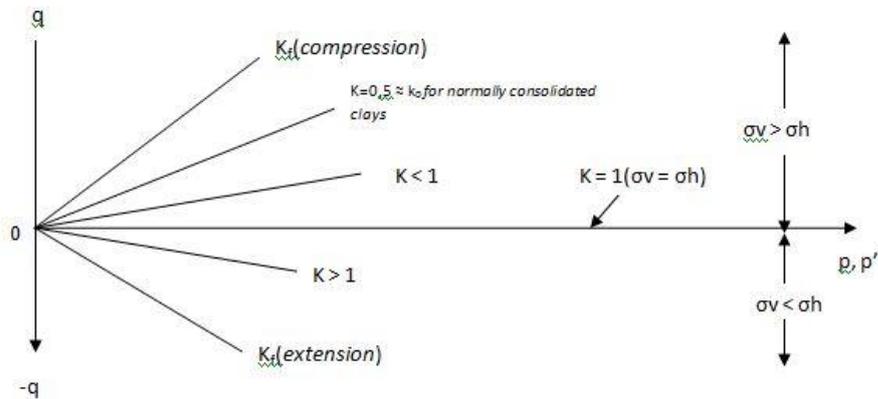
### 3.3.5. Analisa Koefisien Tekanan Tanah (K)

Dari hasil sudut yang diperoleh dari grafik p dan q kita dapat menentukan ratio tekanan arah horisontal dan tekanan arah vertikal yang dinamakan

koefisien tekanan tanah (K). Nilai K didapat dari persamaan :

$$K = 1 - \tan \beta / 1 + \tan \beta$$

Analisa koefisien tekanan tanah (K) berdasarkan stress path dapat dijelaskan melalui gambar 20 berikut ini:



**Gambar 20.** Koefisien Tekanan Tanah Berdasarkan *Stress Path*.  
(Sumber : Holtz, R D, Kovacs W D, 2011)

Berdasarkan gambar 20 nilai koefisien tekanan tanah yang didapat pada *path C* adalah  $K = 0,5$  merupakan  $K_0$  untuk tanah lempung terkonsolidasi normal. Maka pada penelitian ini nilai koefisien tekanan tanah yang didapatkan akan berkisar diantara 0,5 karena sampel tanah yang digunakan dalam kondisi tekonsolidasi normal. Berikut ini adalah hasil analisa perhitungan nilai  $K$  dari masing – masing kedalaman sampel tanah yang diteliti.

- Nilai  $K$  tabung 1 pada kedalaman 9 m
 
$$K = 1 - \tan \beta / 1 + \tan \beta$$

$$K = 1 - \tan 15,307^\circ / 1 + \tan 15,307^\circ$$

$$K = 0,57$$
- Nilai  $K$  tabung 2 pada kedalaman 11 m
 
$$K = 1 - \tan \beta / 1 + \tan \beta$$

$$K = 1 - \tan 15,849^\circ / 1 + \tan 15,849^\circ$$

$$K = 0,557$$
- Nilai  $K$  tabung 3 pada kedalaman 5 m
 
$$K = 1 - \tan \beta / 1 + \tan \beta$$

$$K = 1 - \tan 16,241^\circ / 1 + \tan 16,241^\circ$$

$$K = 0,548$$

Dari hasil perhitungan nilai  $K$  tabung 1,2 dan 3 didapat rata – rata nilai  $K = 0,558$ .

Nilai  $K$  ini menunjukkan bahwa tanah yang diteliti merupakan tanah lempung terkonsolidasi normal (*normally consolidated*).

#### 4. KESIMPULAN

1. Berdasarkan grafik hubungan regangan dan tegangan deviator, terjadi regangan yang semakin besar karena diberikan beban yang semakin besar pula.
2. Nilai sudut geser dan nilai kohesi pada masing – masing kedalaman adalah
  - Kedalaman 5 – 5,5 m didapat nilai sudut geser tegangan total sebesar  $15^\circ$ , nilai sudut geser tegangan efektif sebesar  $17^\circ$ , nilai kohesi tegangan total sebesar  $0,0106 \text{ kg/cm}^2$ , nilai kohesi tegangan efektif sebesar  $0,0605 \text{ kg/cm}^2$ .
  - Kedalaman 9 – 9,5 m didapat nilai sudut geser tegangan total sebesar  $15^\circ$ , nilai sudut geser tegangan efektif sebesar  $20^\circ$ , nilai kohesi tegangan total sebesar  $0,1143 \text{ kg/cm}^2$ , nilai kohesi tegangan efektif sebesar  $0,1392 \text{ kg/cm}^2$ .
  - Kedalaman 11 – 11,5 m didapat nilai sudut geser tegangan total sebesar  $17^\circ$ , nilai sudut geser tegangan efektif sebesar  $20^\circ$ , nilai kohesi tegangan total sebesar  $0,0355 \text{ kg/cm}^2$ , nilai kohesi

tegangan efektif sebesar 0,1444 kg/cm<sup>2</sup>.

3. Hasil analisa metode grafis dan analitis, nilai tekanan air pori yang diperoleh pada masing – masing kedalaman adalah
  - Kedalaman 5 – 5,5 m nilai tekanan air pori yang diperoleh berkisar antara 0,25 – 0,59.
  - Kedalaman 9 – 9,5 m nilai tekanan air pori yang diperoleh berkisar antara 0,2 – 0,44.
  - Kedalaman 11 – 11,5 m nilai tekanan pori yang diperoleh berkisar antara 0,59 – 0,91.
4. Sudut  $\beta$  hasil dari grafik p dan q pada masing – masing kedalaman adalah
  - Kedalaman 5 – 5,5 m = 16,241<sup>0</sup>
  - Kedalaman 9 – 9,5 m = 15,307<sup>0</sup>
  - Kedalaman 11 – 11,5 m = 15,849<sup>0</sup>
5. Nilai K pada masing – masing kedalaman adalah
  - Kedalaman 5 – 5,5 m = 0,57
  - Kedalaman 9 – 9,5 m = 0,557
  - Kedalaman 11 – 11,5 m = 0,548

Dari hasil perhitungan nilai K tabung 1,2 dan 3 didapat rata – rata nilai K = 0,558. K = 0,5 merupakan K<sub>0</sub> untuk tanah lempung terkonsolidasi normal.

## 5. SARAN

- 1) Membandingkan parameter kuat geser dari hasil tes triaksial dengan tes geser langsung pada tanah lempung kondisi *normally consolidated*.
- 2) Meneliti penurunan yang terjadi pada tanah lempung *normally consolidated* berdasarkan regangan yang timbul dari grafik p dan q.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J. E, Johan K.H. (1984). *Sifat – Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Bowles 1993, *Analisis & Desain Pondasi Jilid 1 dan 2*, Erlangga, Jakarta.
- Craig, R. F, Budi S. S. (1994). *Mekanika Tanah edisi keempat*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Fachrurrozi, W, Hary C. H, Kabul B. S. (2003). *Jurnal, Perilaku Lintasan Tegangan (Stress Path) pada Tanah Gambut Rawaseragi Lampung*.
- Hardiyatmo, C. H. (2010). *Mekanika Tanah I, edisi kelima*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, C. H. (2010). *Mekanika Tanah II, edisi kelima*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, C. H. (2010). *Analisis dan Perancangan Fondasi I*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Holtz, R. D, William D. Kovacs. (1981). *An Introduction To Geotechnical Engineering*. New Jersey: Englewood Cliffs.
- Holtz, R. D, William D. Kovacs. ©(2011). *An Introduction To Geotechnical Engineering Second Edition*. New Jersey: Englewood Cliffs.
- Mochtar, N, Endah. (1988). *Mekanika Tanah Jilid II*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Munawir, A. (2011). *Pengaruh Kadar Air Terhadap Perilaku Modulus*

*Deformasi Tanah Lempung di  
Kawasan Universitas Brawijaya  
Malang yang Dipadatkan  
Secara Standar.*  
[http://www.rekayasasipil.ub.ac.i  
d](http://www.rekayasasipil.ub.ac.id), 11 januari 2015.

Supriyandi, A. (2007). Skripsi. *Kajian  
Modulus Elastisitas Lempung  
Pontianak Selatan terhadap  
Penurunan Elastisitas Tanah*