

## VARIASI KUAT KOKOH TANAH LEMPUNG EKSPANSIF AKIBAT PERUBAHAN MUSIM

Vedi Wihono Susilo<sup>1</sup>, David Christian<sup>2</sup>, Daniel Tjandra<sup>3</sup>, and Paravita Sri Wulandari<sup>4</sup>

**ABSTRAK :** Tanah lempung ekspansif yang tidak diperhitungkan dengan baik dapat mengakibatkan kerusakan pada struktur bangunan. *Wetting* dan *drying*, merupakan sebuah metode yang digunakan untuk mengetahui kondisi tanah pada saat musim hujan dan kemarau. Proses *wetting* dilakukan dengan cara tanah dibasahi untuk mencari beratnya sedangkan *drying* dilakukan dengan cara tanah dikeringkan pada ruangan tertutup untuk mencari beratnya. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh indeks plastisitas dan persentase *fine aggregate* terhadap perubahan kuat kokoh akibat *wetting* dan *drying*. Karakteristik tanah pada kondisi mula-mula dari lima lokasi di Surabaya Barat didapatkan dari pengujian di laboratorium UK Petra. Pada saat proses *wetting*, tanah dibasahi sampai berat tanah yang diinginkan, sedangkan pada proses *drying* tanah dibiarkan di ruangan sampai mencapai berat tanah yang diinginkan. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa nilai indeks plastisitas yang semakin tinggi mengakibatkan *range* kuat kokoh yang kecil, dan persentase *fine aggregate* yang semakin tinggi mengakibatkan *range* kuat kokoh yang besar.

**KATA KUNCI:** lempung ekspansif, *wetting*, *drying*, indeks plastisitas, kuat kokoh.

### 1. PENDAHULUAN

Indonesia mempunyai dua musim yaitu musim hujan dan musim kemarau yang menyebabkan variasi *water content*. Variasi *water content* pada zona aktif menimbulkan perubahan secara fisik dan mekanikal pada karakteristik tanah terutama saat tanah berubah dari jenuh menjadi tidak jenuh (Tjandra et.al.,2015). Tanah lempung dibedakan menjadi dua jenis yaitu lempung jenuh dan lempung ekspansif. Pada tanah lempung jenuh, dibawah permukaan tanah terdapat muka air tanah, sedangkan untuk tanah lempung ekspansif, dibawah permukaan tanah tidak terdapat muka air tanah. Pada saat musim hujan, infiltrasi air kedalam tanah dapat meningkatkan kadar air. Hal ini menimbulkan perubahan kadar air selama musim hujan yang dapat menyebabkan tanah lempung ekspansif mengalami pembasahan sehingga mengakibatkan tanah mengembang. Tanah yang mengembang menyebabkan volume tanah yang meningkat. Sedangkan pada saat musim kemarau, tanah lempung ekspansif akan mengering sehingga terjadi penyusutan (Tjandra et.al.,2013). Tanah yang menyusut menyebabkan volume tanah berkurang. Kadar air pada tanah lempung berkurang hal ini disebabkan karena penurunan volume sampai batas susut yang dicapai. Berdasarkan sifat sensitifitas yang tinggi terhadap perubahan kadar air, akan menyebabkan kerusakan pada struktur bangunan, seperti retaknya dinding, terangkatnya pondasi, dan jalan bergelombang. Hal ini mengakibatkan kerugian sebesar \$9 juta per tahun di Amerika Serikat (Estabragh et.al.,2013). Tanah lempung ekspansif memiliki kandungan mineral yang mengakibatkan perubahan volume secara signifikan. *Montmorillonite* merupakan kandungan mineral terbanyak yang terdapat pada tanah lempung ekspansif (Al-Omari & Oraibi, 2000).

---

<sup>1</sup>Mahasiswa Skripsi Universitas Kristen Petra, vidisusilo@gmail.com

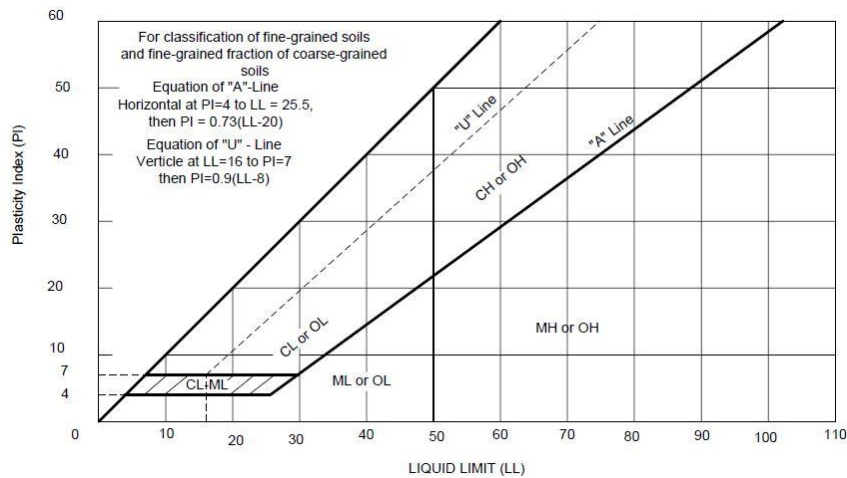
<sup>2</sup>Mahasiswa Skripsi Universitas Kristen Petra, davidchristian304@yahoo.com

<sup>3</sup>Dosen Pembimbing 1 Universitas Kristen Petra, danieljtj@petra.ac.id

<sup>4</sup>Dosen Pembimbing 2 Universitas Kristen Petra, paravita@petra.ac.id

## 2. KARAKTERISTIK TANAH

Beberapa parameter yang menentukan karakteristik tanah antara lain adalah kadar air ( $w_c$ ) yang merupakan besarnya kandungan air yang terdapat didalam suatu contoh tanah (ASTM D2116) , batas cair (LL) merupakan kadar air yang terkandung didalam tanah pada perbatasan antara fase cair dan fase plastis (ASTM D-4318), batas plastis (PL) merupakan kadar air didalam tanah pada fase antara plastis dan semi padat (Tjandra et.al.,2015), indeks plastisitas (PI) merupakan perbedaan antara batas cair dengan batas plastis (ASTM D-4318), *Specific Gravity* ( $G_s$ ) merupakan perbandingan antara masa kering butiran tanah dan masa air suling, pada volume yang sama dengan volume butiran tersebut (ASTM,1981) dan gradasi butiran dengan metode ayakan basah yang digunakan jika tanah yang akan diuji mengandung banyak partikel halus seperti lanau dan lempung (ASTM,1981) (Budi, 2011). Penentuan jenis tanah berdasarkan *Unified Soil Classification System* (USCS) dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Berdasarkan **Gambar 1** terdapat dua garis, A Line yang digunakan untuk memisahkan daerah lanau (*silts*) dari daerah lempung (*clay*), dan U Line yang merupakan batas atas hubungan antara Indeks Plastisitas dengan batas cair (LL). Setelah didapatkan batasan antara garis A Line dan U Line maka berdasarkan USCS didapatkan penentuan jenis tanah lempung yang dilihat pada **Tabel 1**.

**Tabel 1. Unified Classification System  $F_{200} \geq 50$**   
(Based on Materials Passing 75mm (3.in) Sieve (Based on ASTM-2487))

Major division	Group Symbol	Criteria				
$F_{200} \geq 50$	ML	$PI < 4$ or plots below A-line (Gambar 1 .)				
	CL	$PI > 7$ and plots on or above A-line (Gambar 1 .)				
	CL-ML	PI plots in the hatched area (Gambar 1 .)				
	OL	$\frac{LL(\text{oven dried})}{LL(\text{not dried})}$	<	0.75	PI plots in the OL area in	
	MH	PI plots below A-line (Gambar 1 .)				
	CH	PI plots on or above A-line (Gambar 1 .)				
	OH	$\frac{LL(\text{oven dried})}{LL(\text{not dried})}$	<	0.75	PI plots in the OH area	
	Highly organic matter	Pt	Peat			

### 3. WETTING - DRYING

*Wetting-Drying* merupakan suatu proses penambahan dan pengurangan air dalam *sample* tanah untuk mensimulasikan perubahan kadar air akibat terjadinya hujan dan panas matahari. Persamaan yang digunakan untuk menentukan jumlah penambahan dan pengurangan air adalah penurunan dari rumus umum *water content*, yang pada hasil akhirnya didapatkan persamaan :

$$W_w = \frac{wc \cdot W_o}{(1+wc)} \quad (1)$$

$W_w$  = Berat air (gr)  
 $wc$  = Kadar air (%)  
 $W_o$  = Berat tanah *initial* (gr)

Setelah didapatkan berat air pada *sample* baru, berat akhir tanah setelah proses *Wetting-Drying* dapat didapatkan dengan persamaan (2) untuk *wetting* dan persamaan (3) untuk *drying*.

$$W = W_o + (x\%) \times \frac{wc \cdot W_o}{(1+wc)} \quad (2)$$

$$W = W_o - (x\%) \times \frac{wc \cdot W_o}{(1+wc)} \quad (3)$$

$W$  = Berat tanah akhir (gr)  
 $wc$  = Kadar air (%)  
 $W_o$  = Berat tanah *initial* (gr)  
 $x$  = Persentase air yang diinginkan (%)

### 4. METODOLOGI PENELITIAN

Tanah yang digunakan adalah tanah lempung ekspansif dari lima lokasi di daerah Surabaya Barat. Pengambilan *sample* tanah dilapangan menggunakan pipa besi dengan diameter  $\pm 7$ cm untuk menjaga tanah agar tetap dalam kondisi *undisturbed*. Lima lokasi dengan karakteristik berbeda dipilih untuk mengetahui pengaruh dari karakteristik tanah terhadap kuat kokoh tanah. Pemeriksaan karakteristik tanah dan gradasi butiran dilakukan berdasarkan ASTM yang ada. Proses *Wetting* dilakukan dengan membungkus tanah dengan *aluminium foil* seperti pada **Gambar 2a**, kemudian menambahkan air sampai berat akhir tanah sesuai dengan perhitungan. Setelah itu, *sample* dimasukkan ke dalam tabung desikator selama  $\pm 3$  hari untuk memastikan kandungan air dalam *sample* tanah merata. Sedangkan pada proses *Drying*, *sample* tanah dibiarkan di ruangan seperti pada **Gambar 2b**, dengan melakukan penimbangan secara berkala sampai didapatkan berat tanah akhir yang sesuai dengan perhitungan, kemudian tanah dibungkus dengan *wrapping plastic*, dimasukkan ke dalam tabung desikator selama  $\pm 3$  hari untuk memastikan kandungan air dalam *sample* tanah merata.



(a)



(b)

Gambar 2.(a) Proses *Wetting* (b) Proses *Drying*

## 5. HASIL PENELITIAN

Pada jurnal ini diteliti tanah lempung ekspansif pada lima lokasi di Surabaya Barat. Pada percobaan ini dilakukan penelitian mengenai karakteristik tanah dan gradasi butiran, nilai kuat kokoh, volume dan derajat kejenuhan untuk masing-masing lokasi.

### 5.1. Karakteristik Tanah dan Gradasi Butiran

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa masing-masing lokasi karakteristik tanah yang berbeda-beda, akan tetapi untuk nilai *Specific Gravity* yang memiliki nilai berkisar 2.64-2.67. Nilai *water content*, *plastic limit*, dan *fine aggregate* yang terbesar terletak pada lokasi Dian Istana yaitu 43.96%, 30.20%, dan 95.74% (9.90% pasir, 68.31% lanau, dan 27.43% lempung), sedangkan nilai *liquid limit* dan *plasticity index* terbesar terdapat pada lokasi Mayjend Yono Soewoyo dengan nilai 135.55% dan 108.77% seperti terlihat pada **Tabel 2**.

**Tabel 2. Karakteristik Tanah dan Gradasi Butiran**

Lokasi	Karakteristik Tanah				
	Water Content (%)	Specific Gravity	Liquid Limit (%)	Plastic Limit (%)	Plasticity Index (%)
Grand Sungkono Lagoon	43.93	2.67	117.2	27.78	89.41
Simpang Darmo Permai Selatan	40.85	2.67	96.58	28.99	67.58
Dian Istana	43.96	2.64	104.2	30.2	74
Mayjend Yono Soewoyo	43.07	2.67	134.55	25.78	108.77
Sukomanunggal	37.11	2.64	74.76	22.95	51.81

Lokasi	Gradasi Butiran			
	% Pasir	% Lanau	% Lempung	% Fine Agregate
Grand Sungkono Lagoon	21.93%	34.50%	43.57%	78.07%
Simpang Darmo Permai Selatan	9.90%	53.25%	36.85%	90.10%
Dian Istana	4.26%	68.31%	27.43%	95.74%
Mayjend Soewoyo	15.01%	38.57%	46.42%	84.99%
Sukomanunggal	20.39%	39.43%	40.19%	79.61%

### 5.2. Volume Tanah, Kuat Kokoh, dan Kejenuhan

Pada lokasi yang berbeda-beda, menimbulkan volume, kuat kokoh dan kejenuhan untuk masing-masing lokasi yang berbeda pula pada saat *Drying-Wetting* hal ini diakibatkan oleh tingkat kandungan mineral yang berbeda pada setiap lokasinya seperti terlihat pada **Tabel 3**, **Tabel 4**, dan **Tabel 5**.

**Tabel 3. Volume Tanah 5 Lokasi**

Tes	Volume ( cm <sup>3</sup> )				
	Lagoon	SDPS	Dian Istana	Soewoyo	Sukomanunggal
Drying 50%	61.74	70.57	67.03	65.14	67.4
Drying 40%	66.39	69.55	67.67	65.76	71.31
Drying 30%	72.27	75.02	72.31	71.93	72.61
Drying 20%	79.6	78.49	80.62	75.32	75.32
Drying 10%	82.8	83.92	83.17	83.92	83.92
Initial	86.19	86.19	86.19	86.19	86.19
Wetting 5%	90.79	86.19	89.26	87.72	87.72
Wetting 10%	91.98	90.79	90.79	90.43	90.43
Wetting 15%	95.5	90.79	91.19	93.18	93.18

**Tabel 4. Kuat Kokoh 5 Lokasi**

Tes	Kuat Kokoh (kg/cm <sup>2</sup> )				
	Lagoon	SDPS	Dian Istana	Soewoyo	Sukomanunggal
Drying 50%	13.94	15.63	7.95	21.21	16.92
Drying 40%	7.42	9.85	5.83	12.11	8.32
Drying 30%	3.6	3.31	3.11	5.04	3.67
Drying 20%	2.24	1.86	1.48	3.26	2.31
Drying 10%	1.58	1.03	0.53	1.05	0.96
Initial	1	0.27	0.42	0.51	0.77
Wetting 5%	0.5	0.23	0.2	0.3	0.41
Wetting 10%	0.36	0.16	0.07	0.24	0.24
Wetting 15%	0.21	0.08	0.04	0.12	0.13

**Tabel 5. Kejenuhan 5 Lokasi**

Tes	Kejenuhan (%)				
	Lagoon	SDPS	Dian Istana	Soewoyo	Sukomanunggal
Drying 50%	62.35	53.66	51.33	67.35	52.69
Drying 40%	62.82	64.83	61.63	70.46	63.92
Drying 30%	71.26	75.91	78.03	86.62	73.98
Drying 20%	80.7	87.44	95.35	93.48	84.1
Drying 10%	100	100	100	100	100
Initial	100	100	100	100	100
Wetting 5%	100	100	100	100	100
Wetting 10%	100	100	100	100	100
Wetting 15%	100	100	100	100	100

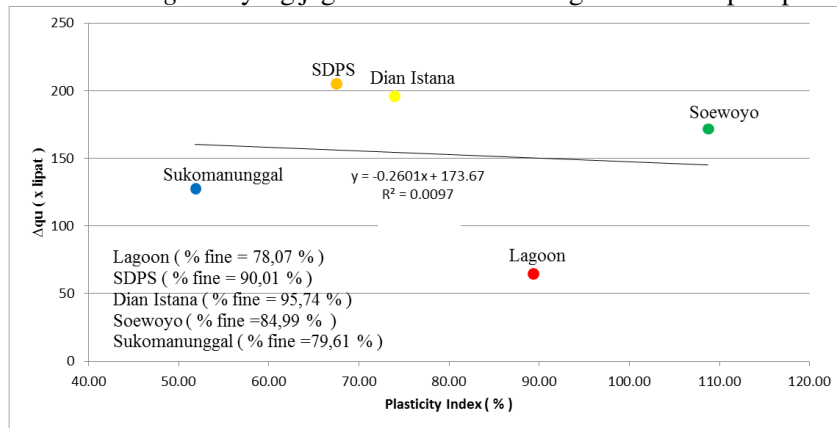
**5.3 Hubungan Indeks Plastisitas (PI) dan Persentase *Fine Aggregate* dengan Perubahan Kuat Kokoh**

Data kuat kokoh yang telah diperoleh pada **Tabel 4** digunakan untuk mendapatkan perubahan kuat kokoh ( $\Delta Qu$ ) dari *Wetting 15%* sampai *Drying 50%*. Perubahan kuat kokoh terbesar berada pada lokasi SDPS sebesar 205.48 x lipat terlihat pada **Tabel 6**.

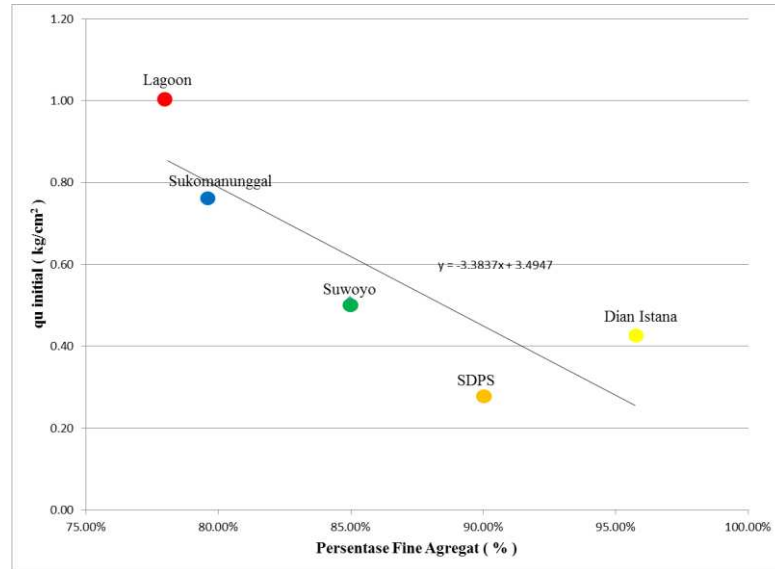
**Tabel 6. Perubahan Nilai Kuat Kokoh ( $\Delta Qu$ )**

Lokasi	Lagoon	SDPS	Dian Istana	Soewoyo	Sukomanunggal
$\Delta Qu$ ( x lipat )	65.97	205.48	196.22	171.18	127.68

Pada **Gambar 3** didapatkan hasil bahwa semakin besar nilai PI, maka semakin kecil nilai perubahan kuat kokoh ( $\Delta Qu$ ), akan tetapi pada lokasi Lagoon dan Sukomanunggal tidak sesuai, dikarenakan pada lokasi tersebut memiliki nilai persentase *fine aggregate* yang lebih kecil dibandingkan dengan lokasi-lokasi lainnya. Sehingga mempunyai nilai kuat kokoh *initial* dan *wetting 15%* yang juga lebih besar dibanding lokasi lain seperti pada **Gambar 4**.

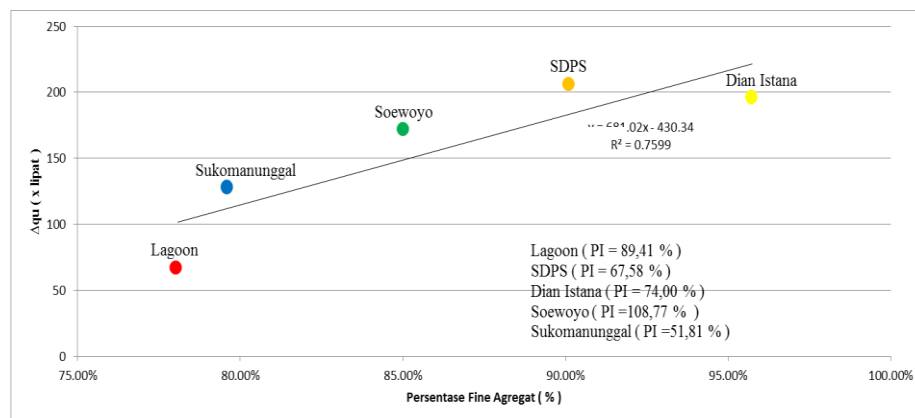


**Gambar 3. Hubungan PI dan  $\Delta Qu$**



Gambar 4. Hubungan Kuat Kokoh dengan *Fines Aggregate*

Pada **Gambar 5** semakin besar nilai persentase *fine aggregate*, maka semakin besar nilai perubahan kuat kokoh ( $\Delta qu$ ), dan begitu juga sebaliknya. Persentase *fine aggregate* (kandungan lempung) yang semakin tinggi menyebabkan tingkat sensitivitas tinggi, sehingga perubahan *water content* mengakibatkan perubahan kuat kokoh yang besar.

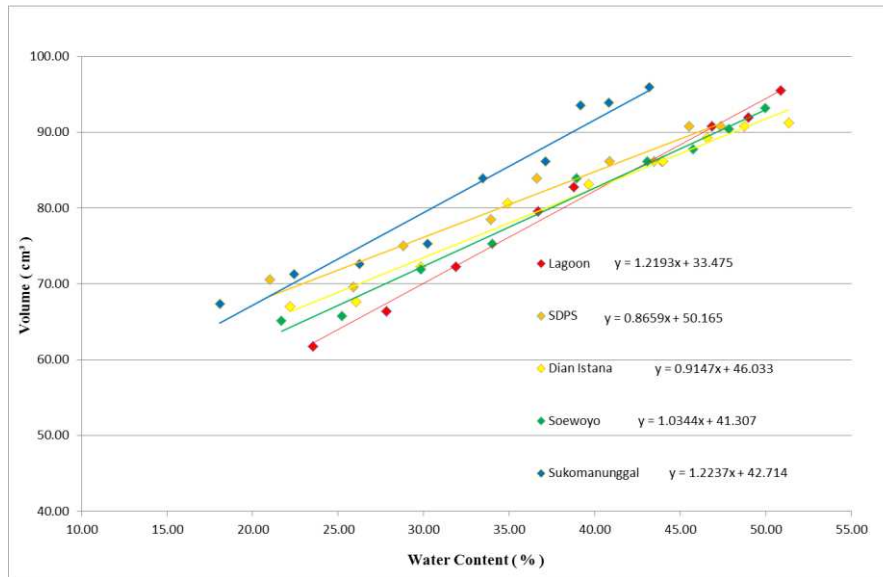


Gambar 5. Hubungan *Fines Aggregate* dan  $\Delta qu$

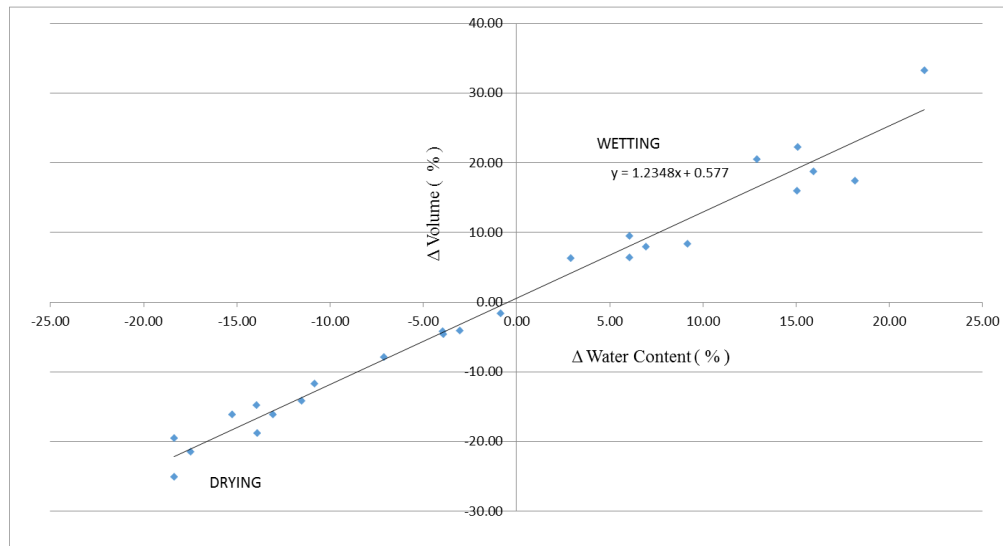
#### 5.4. Hubungan Perubahan *Water Content* dengan Perubahan Volume

Dari data volume **Tabel 3** didapatkan grafik hubungan volume dengan *water content* seperti pada **Gambar 6** yang kemudian dari persamaan yang telah didapat digunakan untuk mencari perubahan volume dengan *water content* yang berbeda-beda yang mengacu pada data sekunder selama dua belas bulan, dimana nilai *water content* tertinggi sebesar 59% dan *water content* terendah sebesar 25.57%.

Pada **Gambar 7** ditunjukkan hubungan antara perubahan *water content* dengan perubahan volume, dimana semakin besar perubahan *water content* maka perubahan volume yang terjadi akan semakin besar pula. Pada saat kondisi *wetting* terjadi penambahan *water content* yang mengakibatkan tanah akan mengembang disebabkan oleh perubahan volume sedangkan pada saat kondisi *drying* terjadi pengurangan *water content* yang mengakibatkan tanah akan menyusut disebabkan oleh perubahan volume.



Gambar 6. Hubungan Volume dengan *Water Content*



Gambar 7. Hubungan Perubahan *Water Content* dengan Perubahan Volume

## 6. KESIMPULAN

Pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh *Plasticity Index* (PI), persentase *fine aggregate* terhadap perubahan kuat kokoh ( $\Delta q_u$ ) yang digunakan untuk mengetahui perubahan kuat kokoh pada saat musim hujan dan musim kemarau. Dari hasil penelitian yang telah diperoleh, dapat disimpulkan bahwa :

1. Semakin besar nilai *water content*, maka kuat kokoh ( $q_u$ ) akan semakin kecil, begitu pula sebaliknya
2. Semakin besar nilai *Plasticity Index* (PI), maka perubahan kuat kokoh ( $\Delta q_u$ ) semakin kecil, begitu juga sebaliknya. Berdasarkan hasil dan analisa penelitian didapatkan persamaan hubungan antara PI dan  $\Delta q_u$  adalah  $\Delta q_u = -0.2621 \text{ PI} + 173.67$
3. Semakin besar kandungan *fine aggregate*, maka perubahan kuat kokoh ( $\Delta q_u$ ) semakin besar, begitu juga sebaliknya. Berdasarkan hasil dan analisa penelitian didapatkan persamaan hubungan antara persentase *fine aggregate* (FA) dan  $\Delta q_u$  adalah  $\Delta q_u = 681.02 \text{ FA} - 430.34$

4. Semakin besar perubahan *water content*, maka perubahan volume semakin besar, begitu juga sebaliknya. Berdasarkan hasil dan analisa penelitian didapatkan persamaan hubungan antara  $\Delta w_c$  dan  $\Delta V$  adalah  $\Delta V = 1.2348 \Delta w_c + 0.577$

## 7. DAFTAR REFERENSI

- Al-Omari R.R. & Oraibi W.K. (2000). "Cyclic Behavior of Reinforced Expansive Clay". *Soil and Foundations 2000*. Vol. 40, No. 2,1-8.
- A.R. Estabragh, M. Moghadas and A.A. Javadi (2013). "Effect of Difference Type of Wetting Fluids on the Behaviour of Expansive Soil During Wetting and Drying". *Soil and Foundations 2013*. Vol. 53, No. 5, 617-627
- Budi, G.S. (2011). *Pengujian Tanah di Laboratorium: Penjelasan dan Panduan*, Graha Ilmu, Yogyakarta
- Tjandra, D., Indarto, and Soemitro, R.A.A (2013). "The Effect of Water Content Variation on Adhesion Factor of Pile Foundation in Expansive Soil". *Civil Engineering Dimension*. Vol. 15, No.2, 114-119
- Tjandra, D., Indarto, and Soemitro R.A.A (2015). "Behavior of Expansive Soil Under Water Content Variation and Its Impact to Adhesion Factor on Friction Capacity of Pile Foundation". *International Journal of Applied Engineering Research, ISSN 0973-4562*. Vol.10, No.18, 38913-38917
- Tjandra, D., Indarto, and Soemitro R.A.A (2015). "Effect of Drying-Wetting Process on Friction Capacity and Adhesion Factor of Pile Foundation in Clayey Soil". *Jurnal Teknologi*, Vol.77, No.11, 145-150