

PENGARUH *DRYING* TERHADAP KUAT KOKOH TANAH LEMPUNG HALUS JENUH

Michael Henry G¹, Joedy Harto P², Daniel Tjandra³, and Paravita Sri Wulandari⁴

ABSTRAK : Kuat kokoh tanah berperan penting menopang suatu struktur bangunan. Tanah memiliki beragam jenis dengan karakteristiknya yang berbeda-beda. Hal ini menyebabkan perbedaan dalam menyalurkan beban struktur di atasnya. Pada tanah lempung, naik turunnya muka air tanah dapat membuat tanah mengalami perubahan kekuatan. Bila tidak diperhitungkan dengan baik dapat mengakibatkan kerusakan struktur pada bangunan. Pada penelitian ini digunakan *sample* tanah lempung jenuh dengan karakteristik yang berbeda dari lima lokasi yang berbeda baik di Surabaya bagian Timur maupun Selatan. Pengurangan air dilakukan dengan *drying* pada *sample* tanah di ruang terbuka sebesar 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% dari keadaan *initial*. Dari hasil pengujian di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Kristen Petra, didapatkan bahwa semakin besar nilai *plasticity index* (PI) tanah, maka perubahan kuat kokoh tanah semakin kecil, dan sebaliknya. Didapatkan juga bahwa semakin besar kadar *finer aggregate*, maka perubahan kuat kokoh tanah semakin besar, dan sebaliknya. Selain itu, perubahan kadar air pada tanah juga memberi dampak pada perubahan volume tanah.

KATA KUNCI : kuat kokoh, lempung, jenuh, *drying*.

1. PENDAHULUAN

Tanah memiliki banyak jenis dan sangat berperan penting dalam pekerjaan bangunan sipil, yang dalam pemanfaatannya digunakan sebagai lahan pemukiman, perkerasan jalan, hingga pembangunan struktur-struktur besar lainnya. Tanah dasar yang baik merupakan syarat material untuk memikul beban konstruksi, khususnya tanah lempung yang banyak terdapat di Indonesia, mempunyai sifat kekuatan geser rendah, kemampatan dan plastisitas tinggi serta potensi kembangsusut yang besar sehingga mengakibatkan terjadinya kerusakan konstruksi yang akan dibangun di atas tanah tersebut (Nurdin, 2010).

Untuk menentukan kekuatan geser tanah, dapat dilakukan dalam keadaan tanah jenuh ataupun tidak jenuh. Disisi lain, kekuatan geser pada tanah lempung sangat dipengaruhi oleh variasi kadar air dalam tanah tersebut. Adanya air di dalam tanah dapat membuat kondisi tanah menjadi *liquid*, *plastic*, *semi-solid*, atau *solid*. Kondisi tanah tersebut ditentukan dari *liquid*, *plastic*, atau *shrinkage limit* (Tjandra et al., 2015).

Berdasarkan hal tersebut, pengaruh variasi kadar air menjadi perhatian yang serius dalam mendesain suatu pondasi pada tanah lempung. Oleh karena itu, penelitian ini dibuat untuk mempelajari bagaimana pengaruh variasi kadar air dan karakteristik tanah lempung terhadap kekuatan kokohnya.

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, michaelgoe888@gmail.com

²Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, cuky_witch@yahoo.com

³Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, danieljtj@petra.ac.id.

⁴Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, paravita@petra.ac.id.

2. KARAKTERISTIK TANAH LEMPUNG

Tanah lempung sebagian besar terdiri dari partikel yang sangat halus (mikroskopis) yang berbentuk pipih, mineral-mineral lempung, dan mineral-mineral lain yang sangat halus. Tanah lempung sangat keras bila dalam keadaan kering dan bersifat plastis bila dalam kondisi kadar air sedang. Sedangkan bila kadar airnya tinggi, tanah lempung akan bersifat lengket (kohesif) dan lunak (Das, 1998). Partikel mineral lempung memiliki muatan negatif sehingga partikel tanah lempung selalu mengalami hidrasi, yaitu partikel tanah lempung dikelilingi oleh lapisan molekul air (Bowles, 1991).

Kadar air secara signifikan mempengaruhi kohesi tanah. Sejalan dengan kenaikan kadar air, kohesi tanah menurun. Kenaikan kadar air ini dapat merubah jarak antar partikel dan menurunkan kekuatan ikatan antar partikel. Penurunan kekuatan ikatan ini berdampak pada penurunan kohesi dan kekuatan geser tanah tersebut (Tjandra et al., 2013).

2.1 Identifikasi Tanah Lempung Jenuh

Untuk mendapatkan data spesifikasi dari *sample* tanah yang diambil dari beberapa lokasi di Surabaya bagian Timur dan Selatandalam penelitian ini, dilakukan beberapa pengujian terlebih dahulu. Pengujian tersebut meliputi uji karakteristik tanah.

2.1.1 Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan atau *degree of saturation* (S), adalah perbandingan volume air (V_w) dengan volume total rongga pori tanah (V_v). Tanah dikatakan jenuh apabila memiliki nilai $S=1$.

2.1.2 Specific Gravity (Gs)

Nilai *specific gravity* (Gs) dari butiran tanah sangat berperan penting dalam bermacam-macam keperluan perhitungan mekanika tanah. Nilai ini dapat ditentukan dengan akurat di laboratorium. **Tabel 1** menunjukkan nilai-nilai *specific gravity* untuk berbagai jenis tanah.

Tabel 1. Specific Gravity Tanah

Macam tanah	Berat Jenis (Gs)
Kerikil	2,65 - 2,68
Pasir	2,65 - 2,68
Lanau tak organik	2,62 - 2,68
Lempung organik	2,58 - 2,65
lempung tak organik	2,68 - 2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25 - 1,80

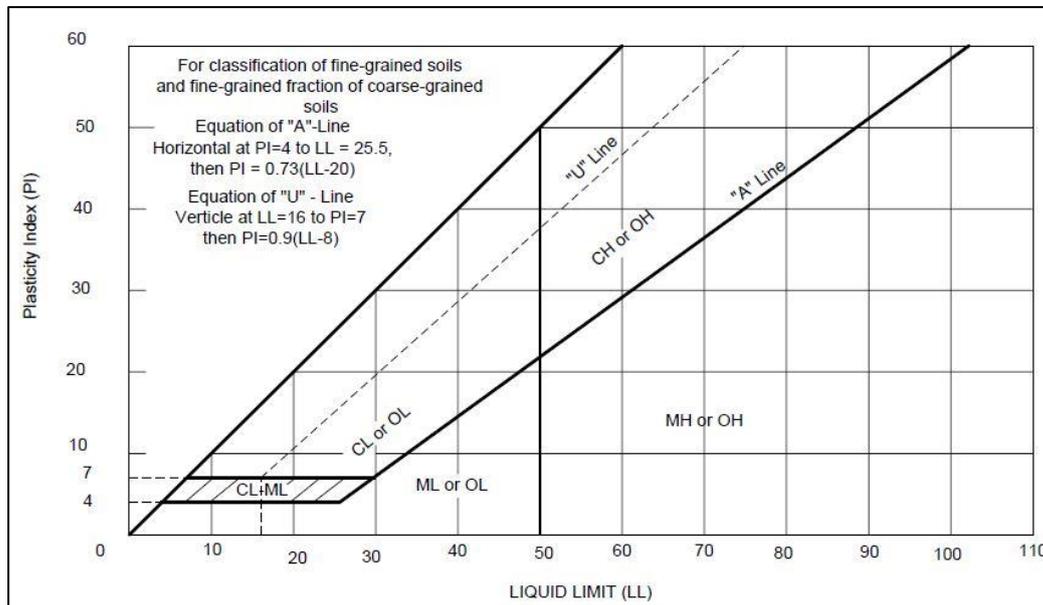
Sumber : Hardiyatmo, 2006

2.1.3 Batas Konsistensi (*Atterberg Limits*)

Menurut Atterberg (ASTM D-4318, 1998), batas-batas konsistensi tanah berbutir halus antara lain, batas cair atau *Liquid Limit* (LL), batas plastis atau *Plastic Limit* (PL), batas susut atau *Shrinkage Limit* (SL), dan indeks plastisitas atau *Plasticity Index* (PI). Parameter-parameter tersebut membantu dalam menentukan karakteristik tanah lempung.

2.2 Plasticity Chart

Pada **Gambar 1**, Casagrande (1932) mengembangkan *plasticity chart* yang digunakan untuk menunjukkan hubungan antara *plasticity index* (PI) dan *liquid limit* (LL).



Gambar 1. Plasticity Chart

Sumber : Casagrande, 1932

Garis *A-Line*, yang dinyatakan dalam persamaan $PI = 0.73(LL-20)$, digunakan untuk memisahkan daerah tanah lanau (*silts*) yang terletak di bawah garis *A-Line* dari daerah tanah lempung (*clays*) yang terletak diatas garis *A-Line*. Sedangkan garis *U-Line* adalah batas atas hubungan antara Indeks plastisitas (PI) dan batas cair (LL). Tanah dapat diklasifikasikan dalam lima derajat plastisitas, seperti ditunjukkan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Derajat Plastisitas Tanah berdasarkan Batas Cair

No	Derajat Plastisitas	Batas Cair (LL)
1	Rendah (<i>low plasticity</i>)	< 35 %
2	Sedang (<i>medium plasticity</i>)	35 % - 50 %
3	Tinggi (<i>high plasticity</i>)	50 % - 70 %
4	Sangat Tinggi (<i>veryhigh plasticity</i>)	70 % - 90 %
5	Ekstrim Tinggi (<i>extremely high plasticity</i>)	> 90 %

Sumber : Whitlow, 1995

2.3 Kadar Air

Kadar air atau *water content* adalah banyaknya kandungan air yang terdapat di dalam suatu contoh tanah. Kadar air (Wc) dinyatakan dalam persentase terhadap berat tanah dalam keadaan kering seperti pada **Persamaan 1**, sehingga :

$$\text{Persamaan 1: } wc = \frac{W_w}{W_s} \times 100\%$$

Dimana :

Wc = *Water content* (kadar air)

Ww = berat air

Ws = berat tanah kering

Untuk menghitung kadar air suatu *sample* tanah, digunakan metode pengeringan dengan oven (*oven drying method*).

2.4 Pengeringan atau *Drying*

Proses pengeringan (*drying*) adalah suatu kondisi kadar air didalam suatu pori-pori tanah mengalami penurunan. Penelitian ini dikhususkan pada *drying* tanah lempung karena *sample* tanah yang diambil adalah tanah lempung jenuh. Untuk menentukan pengurangan jumlah berat tanah dengan proses *drying* berdasarkan persentase yang diinginkan, dapat digunakan perumusan seperti pada **Persamaan 2**.

$$\text{Persamaan 2 : } W = W_0 - (n\%) \times \frac{wc \cdot W_0}{(1+wc)}$$

Dimana :

W = Berat tanah dengan kandungan air turun $n\%$

W_0 = Berat tanah *undisturb*

$n\%$ = Persentase pengurangan air yang diinginkan

wc = Kadar air pada saat *initial*

2.5 Sieve Analysis

Analisa ayakan adalah metode yang dipakai untuk menentukan penyebaran butiran tanah yang mempunyai ukuran lebih besar dari 0,075 mm (ayakan No. 200 ASTM). Dalam penelitian digunakan analisa ayakan menggunakan metode ASTM (1981). Ada dua macam cara untuk menentukan penyebaran butiran tanah, yang pertama adalah cara kering (*dry method*) dan yang kedua adalah cara basah (*wet method*). Pengujian cara kering digunakan apabila tanah yang akan ditentukan penyebarannya cukup bersih dan hanya mengandung sedikit butiran halus, sedangkan cara basah dipakai jika tanah yang akan diayak mengandung cukup banyak partikel halus (< 0,075 mm).

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk menganalisa variasi kekuatan kokoh tanah lempung jenuh akibat naik turunnya muka tanah. Tanah lempung yang diambil sebagai *sample* adalah tanah lempung jenuh di Surabaya bagian Timur dan Selatan. Oleh karena itu akan dijelaskan lebih lanjut mengenai cara pengujian dan metode yang digunakan, beserta alat-alat dan bahan-bahan yang diperlukan.

Tanah diambil menggunakan pipa baja setinggi ± 80 cm. Untuk membersihkan permukaan tanah yang kotor dibutuhkan alat berupa sekop atau cangkul. Dinding pipa akan dibasahi terlebih dahulu dengan minyak pelumas, supaya bidang kontak antara tanah dan pipa baja licin. Hal ini dilakukan untuk mengurangi gesekan antara tanah dan pipa baja. Untuk memastikan tanah seperti keadaan semula sebelum dilakukan analisa dan pengujian, bagian atas dan bawah pipa baja akan dibungkus dengan malam.

3.1 Metode Pengujian

Tanah dibentuk sesuai standar *sample* tanah berdiameter 3,8 cm dengan ketinggian 7,5 cm. Kemudian dilakukan pengujian *initial* yaitu pengujian tanah dalam keadaan semula untuk mengetahui karakteristik tanah tersebut. Dari pengujian ini diketahui perbedaan karakteristik tanah dari lima lokasi yang berbeda. Kemudian dilakukan pengujian dengan *drying* untuk menurunkan kadar air (Wc). Lalu terakhir dilakukan pengujian terhadap kekuatan tanah untuk didapatkan parameter kekuatan kokoh tanah (qu). Yang dimaksud dengan *drying* adalah proses dimana tanah ditempatkan pada ruang

terbuka dengan suhu ruangan untuk didapatkan penurunan kadar air dalam tanah tersebut. Penurunan kadar air yang dilakukan 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% dari keadaan semula.

Pengujian karakteristik tanah terdiri atas *water content (Wc)*, *liquid limit (LL)*, *plastic limit (PL)*, dan *specific gravity (Gs)*. Pengujian *water content (Wc)* dilakukan dengan *oven drying method*. Metode ini dilakukan sesuai standar ASTM D4643 - 08. Pengujian *liquid limit (LL)* dan *plastic limit (PL)* dilakukan sesuai standar ASTM D4318 - 10e1. Pengujian *specific gravity (Gs)* dilakukan sesuai standar ASTM D854 - 14. Selanjutnya, dilakukan pengujian analisa ayakan basah untuk mengetahui kadar *finer aggregate* pada *sample* tanah masing-masing lokasi sesuai dengan metode ASTM (1981). Untuk mengetahui kemampuan tanah (kuat kokoh tanah) dalam menerima tekanan maksimum sebelum *sample* tanah hancur (atau pada regangan aksial maksimum 20%) digunakan *Unconfined Compression Test* sesuai dengan metode ASTM D2166 - 13.

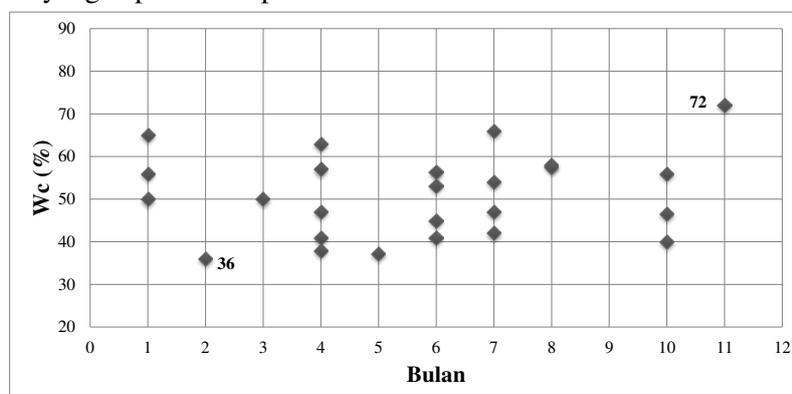
4 HASIL DAN ANALISA

Setelah dilakukan pengujian dan analisa data *sample* tanah masing-masing lokasi, selanjutnya dilakukan pengujian secara keseluruhan, yaitu menggabungkan dan menganalisa keseluruhan data. Berikut ini adalah rekapitulasi pengujian karakteristik tanah dari masing-masing lokasi pengambilan *sample* tanah yang ditampilkan pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Karakteristik Sample Tanah pada Kondisi Initial

No	Lokasi	Wc (%)	Specific Gravity	Liquid Limit (%)	Plastic Limit (%)	PI	Fines Aggregate (%)
1	Makarya	72,46	2,61	103,44	22,56	80,88	82,41
2	Siwalankerto Selatan	61,09	2,63	104,15	43,10	61,06	91,92
3	Kertomenanggal	92,28	2,64	99,04	41,23	57,81	93,92
4	Krian	74,17	2,66	93,51	40,81	52,71	96,42
5	Keputih	111,85	2,58	117,32	28,37	88,95	76,52

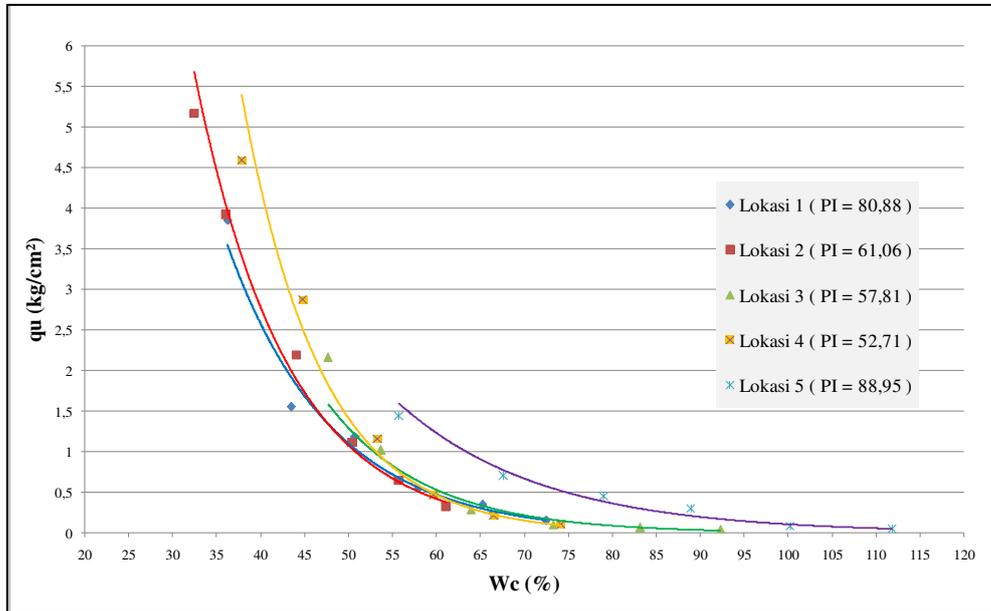
Dari hasil **Tabel 3**, dilakukan analisa secara keseluruhan *sample* tanah sesuai dengan tujuan penelitian ini. Untuk melengkapi penelitian ini, dilakukan pencarian data sekunder di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Kristen Petra berupa kadar air (Wc) dari berbagai lokasi di daerah Surabaya bagian Timur dan Selatan sepanjang tahun. Data kadar air diambil di kedalaman 1 sampai 2 meter. Variasi kadar air (Wc) yang didapatkan selama setahun yang berkisar antara 36% dan 72%. Berikut adalah hasil data sekunder yang dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Variasi Kadar Air (Wc) Berbagai Lokasi Daerah Surabaya Timur dan Selatan

4.1 Hubungan antara Kadar Air (W_c) dan Kuat Kokoh Tanah (q_u)

Pada **Gambar 3** dapat dilihat hubungan antara kadar air (W_c) dan kuat kokoh tanah (q_u) dari lima lokasi berbeda, dimana terjadi peningkatan kekuatan seiring berkurangnya kadar air, dan sebaliknya.

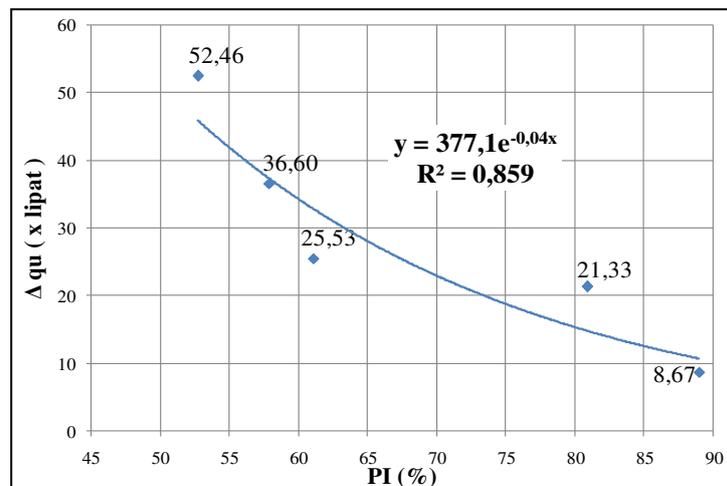


Gambar 3. Hubungan antara Kadar Air (W_c) dan Kuat Kokoh Tanah (q_u)

Sejalan dengan kenaikan kadar air, kohesi tanah menurun. Kenaikan kadar air ini dapat merubah jarak antar partikel dan menurunkan kekuatan ikatan antar partikel tanah. Penurunan kekuatan ikatan ini berdampak pada penurunan kohesi dan kekuatan geser tanah tersebut (Tjandra et al., 2013).

4.2 Hubungan antara *Plasticity Index* (PI) dan Perubahan Kuat Kokoh Tanah (Δq_u)

Dalam penelitian ini digunakan data sekunder untuk mengetahui perubahan maksimum hingga minimum kadar air sepanjang tahun. Dari data sekunder didapatkan perubahan kadar air berkisar antara 36% dan 72%. Dari analisa yang dilakukan, nilai PI berpengaruh terhadap variasi kekuatan tanah. Pada **Gambar 4**, dapat dilihat bahwa adanya variasi perubahan kekuatan tanah dengan nilai PI yang berbeda-beda.

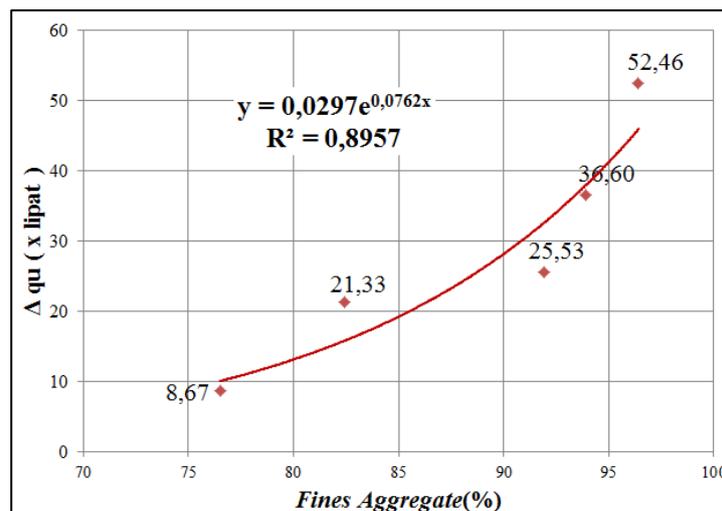


Gambar 4. Hubungan antara *Plasticity Index* (PI) dan Perubahan Kuat Kokoh Tanah (Δq_u)

Berdasarkan **Gambar 4**, dapat dilihat bahwa semakin besar nilai *plasticity index* (PI), perubahan kuat kokoh tanah (Δq_u) semakin kecil, dan sebaliknya. Hal tersebut dikarenakan semakin besar nilai *plasticity index* (PI), jarak antara *liquid limit* dan *plastic limit* semakin besar, sehingga perubahan kuat kokoh tanah (Δq_u) menurun.

4.3 Hubungan antara Kadar *Fines Aggregate* dan Perubahan Kuat Kokoh Tanah (Δq_u)

Seperti halnya *plasticity index* (PI), *fines aggregate* juga merupakan karakteristik tanah yang mempengaruhi perubahan kuat kokoh tanah (Δq_u). Data sekunder digunakan untuk mengetahui perubahan maksimum hingga minimum kadar air sepanjang tahun yang mempengaruhi kekuatan kokoh tanah. Hubungan antara kadar *fines aggregate* dan perubahan kuat kokoh tanah (Δq_u) dapat dilihat pada **Gambar 5**.

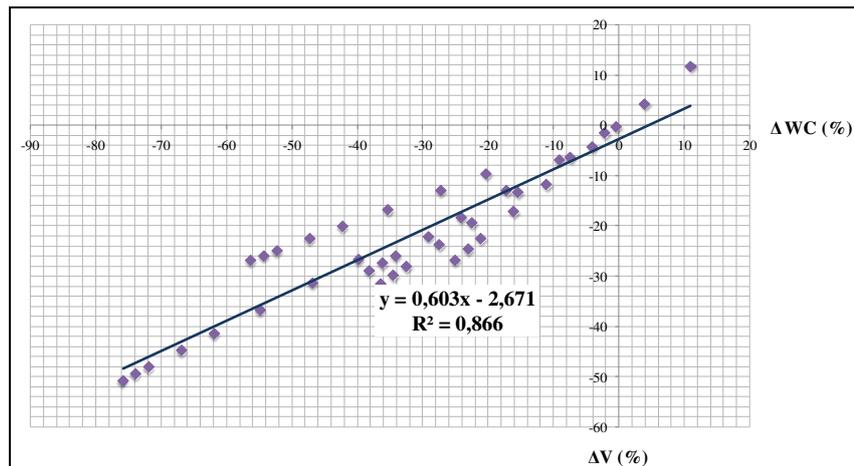


Gambar 5. Hubungan antara *Fines Aggregate* dan Perubahan Kuat Kokoh Tanah (Δq_u)

Dari **Gambar 5**, dapat disimpulkan bahwa perubahan kuat kokoh tanah (Δq_u) meningkat seiring dengan bertambahnya kadar *fines aggregate*. Kadar *fines aggregate* yang tinggi menandakan tingginya kadar lempung dalam tanah. Jadi, tanah lempung dapat dikatakan lebih sensitif terhadap perubahan kuat kokoh tanah (Δq_u) dibandingkan dengan pasir.

4.4 Hubungan antara Perubahan Kadar Air (ΔW_c) dan Perubahan Volume Tanah (ΔV)

Pada dasarnya, sifat-sifat tanah lempung selain memiliki ukuran partikel yang sangat halus ($< 0,075$ mm) dan kohesif, tanah lempung juga mempunyai sifat kembang susut yang cukup tinggi (Hardiyatmo, 2006). Hal tersebut diakibatkan karena adanya perubahan kadar air dalam tanah. Perubahan kadar air yang terjadi sepanjang tahun diambil dari data sekunder. Pada **Gambar 6**, dapat dilihat bahwa terjadi perubahan volume tanah akibat perubahan kadar air tanah. Dari **Gambar 6** tersebut, terjadi penurunan volume tanah hingga 50,82% dari volume awalnya dan terjadi pengembangan volume tanah hingga 11,68% dari volume awalnya. Hubungan antara perubahan kadar air dan perubahan volume tanah dapat diambil persamaan garis lurus, yaitu : $y = 0,603x - 2,671$. Sumbu (y) adalah perubahan volume tanah dan sumbu (x) adalah perubahan kadar air.



Gambar 6. Hubungan antara Perubahan Kadar Air (ΔW_c) dan Perubahan Volume Tanah (ΔV)

5 KESIMPULAN

Dari pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini, didapat kesimpulan bahwa :

- Semakin berkurang kadar air pada tanah, maka semakin besar nilai kuat kokoh tanah lempung, dan sebaliknya.
- Semakin besar nilai *plasticity index* (PI) tanah, maka semakin kecil perubahan kuat kokoh tanah (Δq_u), dan sebaliknya.
- Semakin tinggi kadar *finer aggregate* pada tanah, maka semakin besar perubahan kuat kokoh tanah (Δq_u), dan sebaliknya.
- Semakin kecil perubahan kadar air (ΔW_c), maka semakin kecil juga perubahan volume tanah (ΔV), dan sebaliknya.

6 DAFTAR REFERENSI

- ASTM. (1981). *Annual Book of ASTM*, PA, Philadelphia.
- ASTM. (1998). *ASTM Book of Standards*, Sec.4, Vol. 04.08, PA, West Conshohocken.
- Bowles, J. E. (1991). *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*, Erlangga, Jakarta.
- Casagrande, A. (1932). "Research of Atterberg Limits of Soil." *Public Roads*. Vol. 13, No. 8, 121-136.
- Das, B. M. (1998). *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 1*, Erlangga, Jakarta.
- Hardiyatmo, C. (2006). *Mekanika Tanah (4th. Ed)*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Nurdin, S. (2010). "Pengaruh Siklus Pengeringan dan Pembasahan Terhadap Kuat Geser Tanah dan Volume Tanah." *Jurnal Ilmiah Universitas Tadulako*. Vol. 12, No. 1.
- Tjandra, D., Indarto, & Soemitro, R. (2013). "The Effects of Water Content Variation on Adhesion Factor of Pile Foundation in Expansive Soil." *Civil Engineering Dimension*. Vol. 15, No. 2.
- Tjandra, D., Indarto, & Soemitro, R. (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*. Vol. 10, No. 18, 38913-38917.
- Tjandra, D., Indarto, & Soemitro, R. (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.
- Whitlow, R. (1995). *Basic Soil Mechanics Third Edition*, Longman Scientific & Technical, UK.