

PENGARUH ELEKTROOSMOSIS PADA TANAH LEMPUNG DITINJAU DARI PARAMETER KONSOLIDASI TANAH

Herfin Ardita Prastiwi¹⁾, Niken Silmi Surjandari²⁾, Yuseph Muslih P.³⁾

¹⁾ Mahasiswa Fakultas Teknik, Prodi teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

^{2), 3)} Pengajar Fakultas Teknik, Prodi teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126; Telp. 0271-634524. Email: arditaprastiwi@yahoo.com

Abstract

Clay soil with a high water content has a low bearing capacity, high plasticity, swelling of soil relatively large, low shear strength and low permeability causing in a huge settlement. Soil improvement is required in order to improve the physical properties of the clay. This study use electroosmosis method to reduce the water content in the clay applying direct current (DC). The purpose of this study is to determine the effect of electroosmosis on clay soil consolidation considering parameters obtaining the value of compression index (C_c), coefficient of consolidation (C_v), decrease (S_c) and the long decline (t). The research performs carried out physical trial test model parameters with respect to consolidation of clay under the influence of electroosmosis without preloading and with preloading in the laboratory. Electroosmosis model with a box shape of measurments $30 \times 30 \times 15$ cm giving a potential difference of 0, 4.5, 9, and 12 V. The results of soil consolidation parameter shows the higher the C_c potential different, the smaller the value of C_c preloading. Without preloading on the anode $C_c = 0.476$ and by preloading $C_c = 0.453$. S_c value by electroosmosis by preloading and without preloading with potential difference of 12 V position anodes $S_c = 0.946$ g / cm^2 is lesser than the S_c value of electroosmosis without preloading with position anode $S_c = 1.030$ g / cm^2 . The greater the potential difference and preloading given, the faster decline of the time. Without preloading position of potential difference of anode 12 V $t = 1,161$ days and by preloading $t = 1,389$ days. The volume of water that comes out with potential difference of 12 V without preloading is 180 ml less than the volume of water that comes out with is 343 ml preloading.

Keywords: clay soil, electroosmosis, consolidation.

Abstrak

Tanah lempung dengan kadar air yang tinggi memiliki daya dukung tanah yang rendah, plastisitas yang tinggi, kembang susut yang relatif besar, kuat geser yang rendah dan permeabilitas yang rendah mengakibatkan penurunan yang besar. Perbaikan tanah diperlukan guna memperbaiki sifat fisik dari tanah lempung. Metode elektroosmosis merupakan metode yang digunakan dalam penelitian ini untuk mengurangi kadar air pada tanah lempung dengan mengaliri arus listrik searah (DC). Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh elektroosmosis pada tanah lempung ditinjau dari parameter konsolidasi tanah sehingga mendapatkan nilai indeks pemampatan (C_c), koefisien konsolidasi (C_v), penurunan (S_c) dan lama penurunan (t). Penelitian ini dilakukan percobaan uji model fisik ditinjau dari parameter konsolidasi tanah lempung dibawah pengaruh elektroosmosis tanpa preloading dan dengan preloading di laboratorium. Model elektroosmosis berbentuk box berukuran $30 \times 30 \times 15$ cm dengan pemberian beda potensial 0, 4.5, 9, 12 V. Hasil konsolidasi tanah parameter nilai C_c semakin tinggi beda potensial dan preloading yang diberikan maka semakin kecil nilai C_c . Tanpa preloading pada anoda $C_c = 0,476$ dan dengan preloading $C_c = 0,453$. Parameter nilai C_v terjadi titik balik voltase pada posisi anoda $C_v = 0,070$ cm^2/det beda potesial 10 V dan pada posisi katoda nilai $C_v = 0,054$ cm^2/det beda potensial 11 V. Nilai S_c yang diberi elektroosmosis dengan preloading pada beda potensial 12 V posisi anoda $S_c = 0,946$ g/ cm^2 lebih kecil dibanding nilai S_c yang diberi elektroosmosis tanpa preloading pada beda potensial 12 V posisi anoda $S_c = 1,030$ g/ cm^2 . Semakin besar beda potensial dan preloading yang diberikan semakin cepat waktu penurunan yang terjadi, tanpa preloading posisi anoda beda potensial 12 V nilai $t = 1,161$ hari dan dengan preloading $t = 1,389$ hari. Volume air yang keluar pada beda potensial 12 V tanpa preloading 180 ml lebih sedikit dibanding volume air yang keluar dengan preloading 343 ml.

Kata-kata kunci : Tanah Lempung, Elektroosmosis, Konsolidasi.

PENDAHULUAN

Tanah memiliki peranan penting dalam mendirikan suatu kontruksi bangunan, sebelum bangunan didirikan perlu dilakukan perbaikan tanah terlebih dahulu untuk meningkatkan kekuatan tanah sehingga mencegah besarnya penurunan tanah. Tanah lempung dengan kadar air yang tinggi memiliki daya dukung tanah yang rendah, plastisitas yang tinggi, kembang susut yang relatif besar, kuat geser yang rendah dan permeabilitas tanah yang rendah

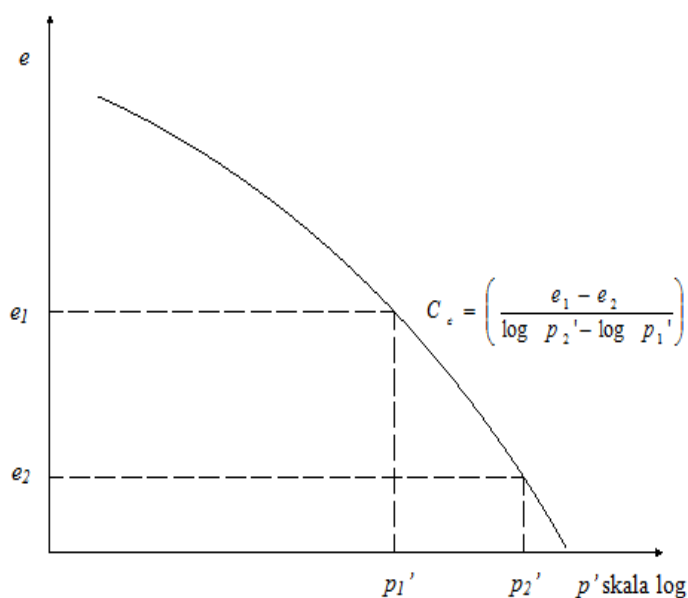
mengakibatkan penurunan yang besar dalam waktu yang lama, sehingga kondisi tanah lempung ini kurang memenuhi syarat untuk mendirikan suatu bangunan atau konstruksi.

Permasalahan yang ditimbulkan akibat dari sifat tanah lempung ini dapat dilihat di Desa Jono, Kecamatan Tanon, Kabupaten Sragen, dimana daerah ini tanahnya mengandung lempung. Pada musim hujan tanah lempung akan mengembang dan pada musim kemarau tanah lempung akan menyusut, hal ini mengakibatkan struktur konstruksi yang dibangun di atas tanah lempung menjadi tidak stabil dan akibatnya menjadi rusak.

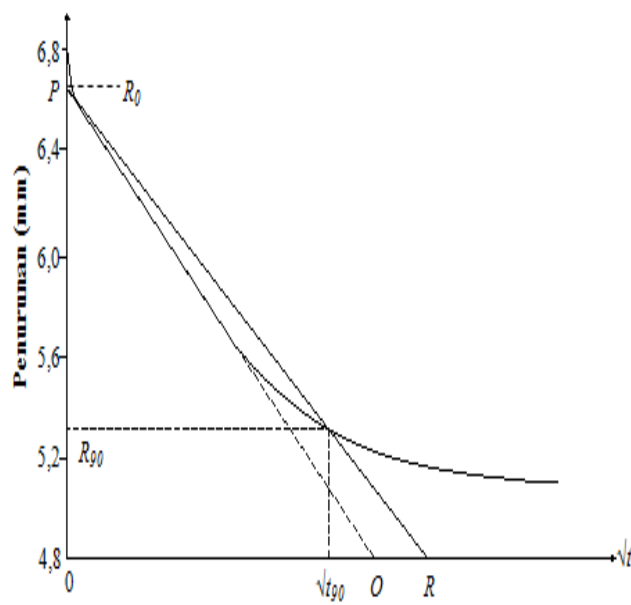
Dalam penelitian ini dilakukan upaya dalam memperbaiki kondisi tanah yang kurang baik terutama pada tanah lempung yaitu menggunakan metode elektroosmosis. Metode elektroosmosis merupakan salah satu metode untuk mengurangi kadar air pada tanah lempung dengan menggunakan listrik arus searah (DC) secara langsung dimana arus listrik akan mengikat air dan membawanya bergerak mengikuti arah aliran listrik dari elektroda positif (anoda) menuju ke elektroda negatif (katoda). Fenomena inilah yang dapat menyebabkan air pada tanah mengalir sehingga dapat dimanfaatkan untuk mengurangi kandungan air pada tanah lempung (Yusuf Resha Atmaja, 2013).

Konsolidasi adalah proses berkurangnya volume atau berkurangnya rongga pori dari tanah jenuh berpermeabilitas rendah akibat pembebanan. Proses ini terjadi jika tanah jenuh berpermeabilitas rendah dibebani, maka tekanan air pori tanah bertambah, akibatnya air mengalir kelapisan tanah dengan tekanan air pori yang rendah yang diikuti dengan penurunan tanah. Karena permeabilitasnya rendah akibat pembebanan maka proses ini membutuhkan waktu. Untuk menghitung besarnya penurunan akibat konsolidasi tanah dapat digunakan rumus :

$$S_c = \left(\frac{C_c H}{1 + e_0} \right) \log \left(\frac{P_0 + \Delta p}{P_0} \right) \dots \dots \dots (1.1)$$



Gambar 1. Hubungan Angka Pori (e) dan Skala $\log (p')$



Gambar 2. Metode Akar Waktu (Taylor, 1942)

Untuk persamaan Gambar 2 dua titik pada bagian lurus nilai C_c dapat dihitung dengan persamaan :

Indeks pemampatan atau indeks kompresi (C_c) adalah kemiringan dari bagian garis lurus grafik $e - \log p'$ (Hardiyatmo, 2007).

$$C_c = \frac{\Delta e}{\Delta \log p'} = \left(\frac{e_1 - e_2}{\log p_2' - \log p_1'} \right) = \left(\frac{e_1 - e_2}{\log \left(\frac{p_2'}{p_1'} \right)} \right) \dots \dots \dots (1.2)$$

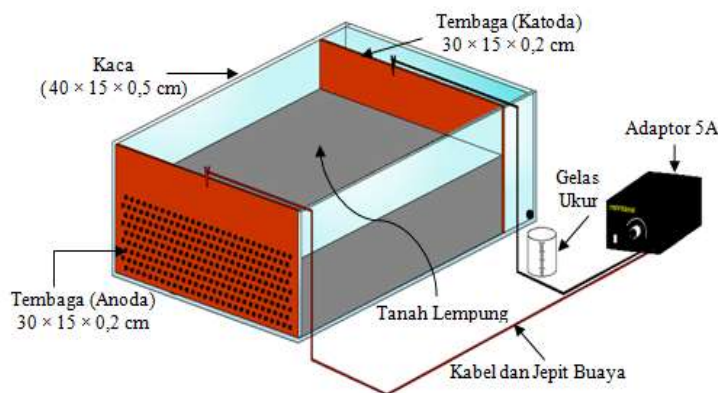
Koefisien konsolidasi (C_v) merupakan lama waktu atau kecepatan konsolidasi hingga selesai. Untuk memperoleh harga C_v di laboratorium digunakan metode akar waktu yang diperkenalkan oleh Taylor (1948) dalam Hardiyatmo (2003). Metode akar waktu yang digunakan untuk menentukan C_v dengan cara menggambarkan hasil uji konsolidasi pada grafik hubungan akar waktu terhadap penurunan.

Koefisien konsolidasi C_v dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

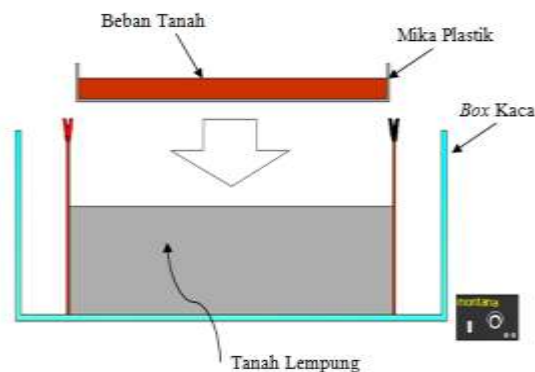
$$C_v = \frac{T_v H_t^2}{t} \dots\dots\dots(1.3)$$

METODE PENELITIAN

Penelitian ini digunakan sampel tanah asli berasal dari Desa Jono, Kecamatan Tanon, Kabupaten Sragen dalam kondisi tanah terganggu (*disturbed sample*) dengan mencangkul tanah kedalaman 0,5 – 1m. Pengujian elektroosmosis digunakan model berbentuk *box* kaca berukuran 30 × 30 × 15 cm. Digunakan tembaga sebagai elektroda yang di pasang di dalam *box* dengan jarak antar elektroda (anoda dan katoda) adalah 30 cm. Sumber tegangan untuk penelitian ini menggunakan adaptor dengan arus 5 A yang dapat menghasilkan beda potensial 0, 4,5, 9, dan 12 Volt DC. Penelitian ini menggunakan *preloading* berupa tanah timbunan dengan ketebalan 1,3 cm dengan berat tanah 1874 gram yang diletakkan didalam mika.



Gambar 3. Sketsa Model Pemberian Beban (*Preloading*) pada Sampel



Gambar 4. Sketsa Model Elektroosmosis

HASIL DAN ANALISIS

Hasil uji klasifikasi tanah lempung pada Desa Tanon diperoleh uji *specific gravity* (G_s) 2,627. Hasil *grain size analysis* diperoleh gradasi butiran terdiri dari lanau dan lempung sebesar 95,05%. Percobaan *Atterberg Limit* diperoleh nilai LL 92,71%, PL 36,73% dan PI 55,98% sehingga dari hasil tersebut sampel tanah dikategorikan lempung anorganik dengan plastisitas tinggi (CH).

PENGUJIAN UTAMA

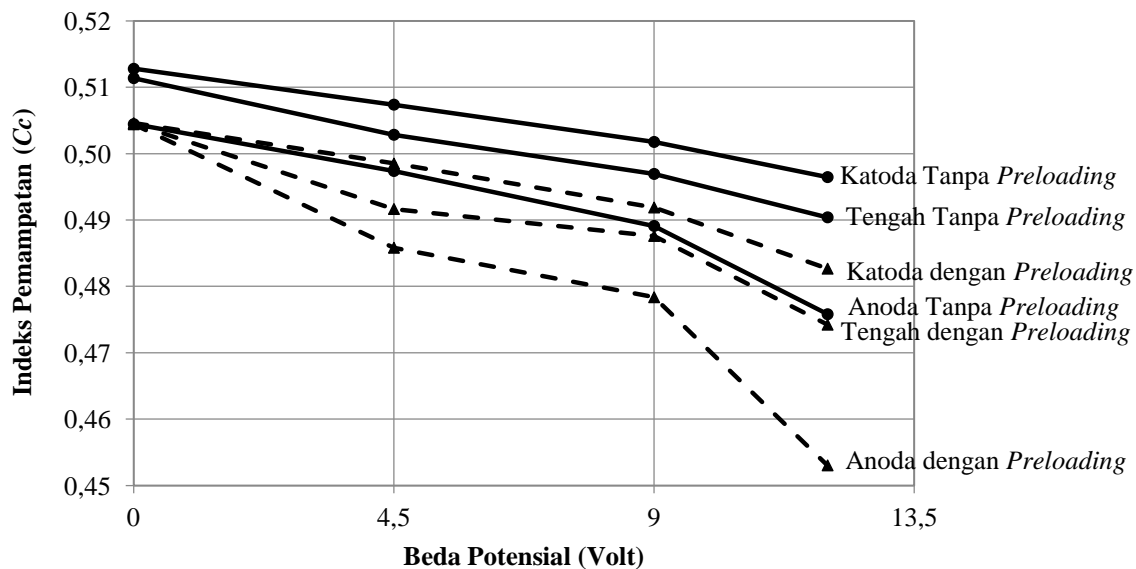
Pengujian ini dilakukan untuk pengaruh elektroosmosis pada tanah lempung ditinjau dari parameter konsolidasi. Hasil dan analisis pada masing-masing parameter konsolidasi yang diamati sebagai berikut:

Hubungan Parameter Indeks Kemampatan (C_c) dengan Beda Potensial

Tabel 1. Rekapitulasi C_c Metode Elektroosmosis Tanpa *Preloading* dan dengan *Preloading*

| Beda Potensial | C_c | | | | | |
|----------------|------------------|--------|--------|-------------------|--------|--------|
| | Tanpa Preloading | | | Dengan Preloading | | |
| V | Anoda | Tengah | Katoda | Anoda | Tengah | Katoda |

| | | | | | | |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0 | 0,504 | 0,511 | 0,513 | 0,504 | 0,505 | 0,505 |
| 4.5 | 0,497 | 0,503 | 0,507 | 0,486 | 0,492 | 0,499 |
| 9 | 0,489 | 0,497 | 0,502 | 0,478 | 0,488 | 0,492 |
| 12 | 0,476 | 0,490 | 0,496 | 0,453 | 0,474 | 0,483 |

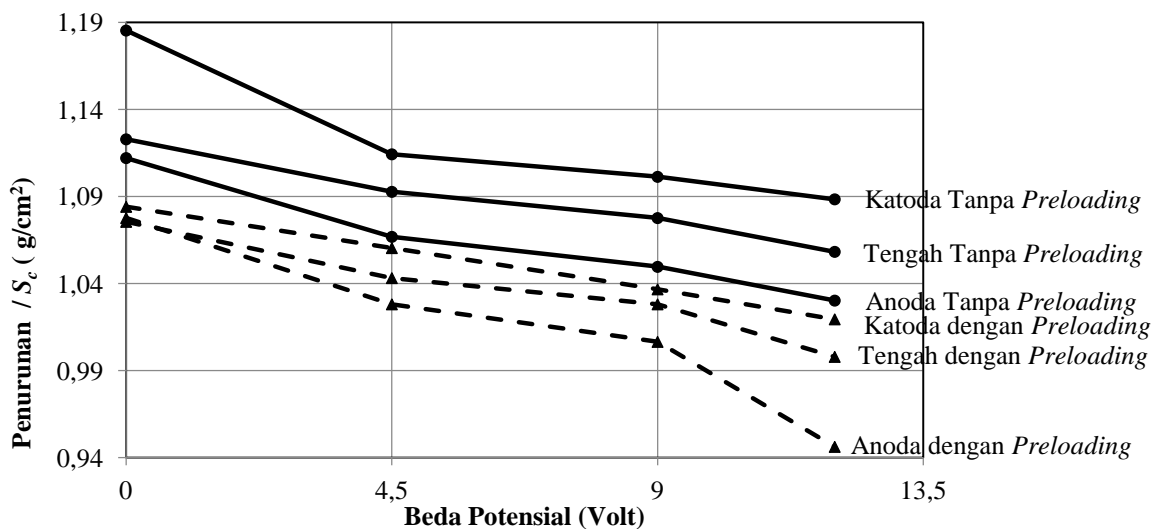


Gambar 5. Hubungan Parameter C_c dengan Beda Potensial

Hubungan Parameter Besarnya Penurunan (S_c) dengan Beda Potensial

Tabel 2. Rekapitulasi S_c dengan Beda Potensial Metode Elektroosmosis Tanpa *Preloading* dan dengan *Preloading*

| Beda Potensial | S_c | | | | | |
|----------------|-------------------------|--------|--------|--------------------------|--------|--------|
| | Tanpa <i>Preloading</i> | | | dengan <i>Preloading</i> | | |
| V | Anoda | Tengah | Katoda | Anoda | Tengah | Katoda |
| 0 | 1,112 | 1,123 | 1,185 | 1,078 | 1,075 | 1,084 |
| 4.5 | 1,067 | 1,093 | 1,114 | 1,028 | 1,043 | 1,060 |
| 9 | 1,050 | 1,078 | 1,101 | 1,006 | 1,028 | 1,037 |
| 12 | 1,030 | 1,058 | 1,088 | 0,946 | 0,998 | 1,019 |



Gambar 6. Hubungan Parameter S_c dengan Beda potensial

Dari pengamatan Grafik 4 diperoleh nilai C_c diberi elektroosmosis tanpa *preloading* lebih besar dibanding nilai C_c diberi elektroosmosis dengan *preloading*. Nilai C_c diberi elektroosmosis tanpa *preloading* pada beda potensial 0 V anoda 0,504, tengah 0,511 dan katoda 0,513. Beda potensial 12 V anoda turun 0,476, tengah 0,490 dan katoda 0,496. Sedangkan nilai C_c pada saat diberi elektroosmosis dengan *preloading* penerapan beda potensial 0 V anoda 0,504, tengah 0,505 dan katoda 0,505. Beda potensial 12 V anoda turun 0,457, tengah 0,474 dan katoda 0,487.

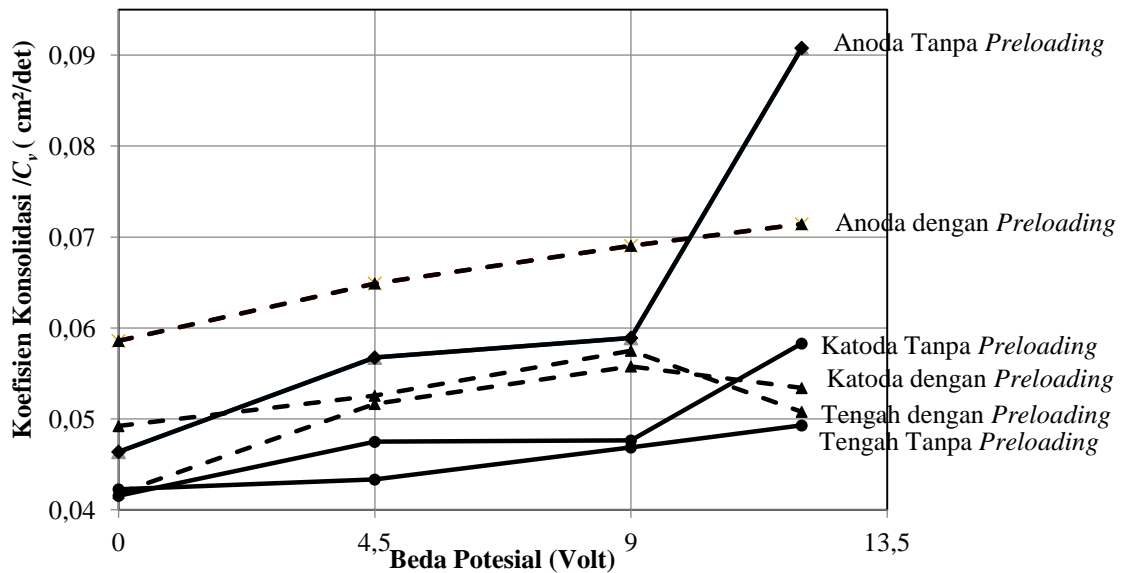
Dari Gambar 5 dapat dilihat bahwa nilai C_c berbanding lurus dengan nilai S_c , apabila nilai C_c mengalami kenaikan nilai S_c juga ikut naik, ataupun sebaliknya. Diperoleh nilai S_c diberi elektroosmosis tanpa *preloading* pada beda potensial 0 V anoda 1,112, tengah 1,123 dan katoda 1,185. Beda potensial 12 V anoda turun 1,030, tengah 1,058 dan katoda 1,088. Sedangkan nilai S_c diberi elektroosmosis dengan *preloading* penerapan beda potensial 0 V anoda 1,078, tengah 1,075 dan katoda 1,084. Beda potensial 12 V anoda turun 0,946, tengah 0,998 dan katoda 1,019.

Dapat disimpulkan dari nilai diatas bahwa sampel tanah diberi elektroosmosis dengan *preloading* lebih kaku dan padat dibandingkan dengan sampel tanah diberi elektroosmosis tanpa *preloading*. *Preloading* dengan gejala elektroosmosis membuktikan pengaruh yang signifikan, dimana terlihat pemampatan awal telah terjadi dibanding dengan menggunakan gejala elektroosmosis tanpa *preloading*. Besarnya penerapan beda potensial yang diberikan juga mempengaruhi besarnya pemampatan yang terjadi, dimana semakin besar beda potensial yang diberikan, maka semakin besar pula penambahan pemampatannya. Terutama pemampatan terjadi lebih besar pada posisi anoda dibanding pada posisi tengah dan katoda.

Hubungan Parameter Koefisien Konsolidasi (C_v) dengan Beda Potensial

Tabel 3. Rekapitulasi C_v dengan Beda Potensial Metode Elektroosmosis Tanpa *Preloading* dan dengan *Preloading*

| Beda Potensial | C_v | | | | | |
|----------------|-------------------------|--------|--------|--------------------------|--------|--------|
| | Tanpa <i>Preloading</i> | | | dengan <i>Preloading</i> | | |
| V | Anoda | Tengah | Katoda | Anoda | Tengah | Katoda |
| 0 | 0,046 | 0,042 | 0,042 | 0,059 | 0,042 | 0,049 |
| 4.5 | 0,057 | 0,043 | 0,047 | 0,065 | 0,052 | 0,053 |
| 9 | 0,059 | 0,047 | 0,048 | 0,069 | 0,056 | 0,058 |
| 12 | 0,091 | 0,049 | 0,058 | 0,071 | 0,053 | 0,051 |



Gambar 7. Hubungan Parameter C_v dengan Beda potensial

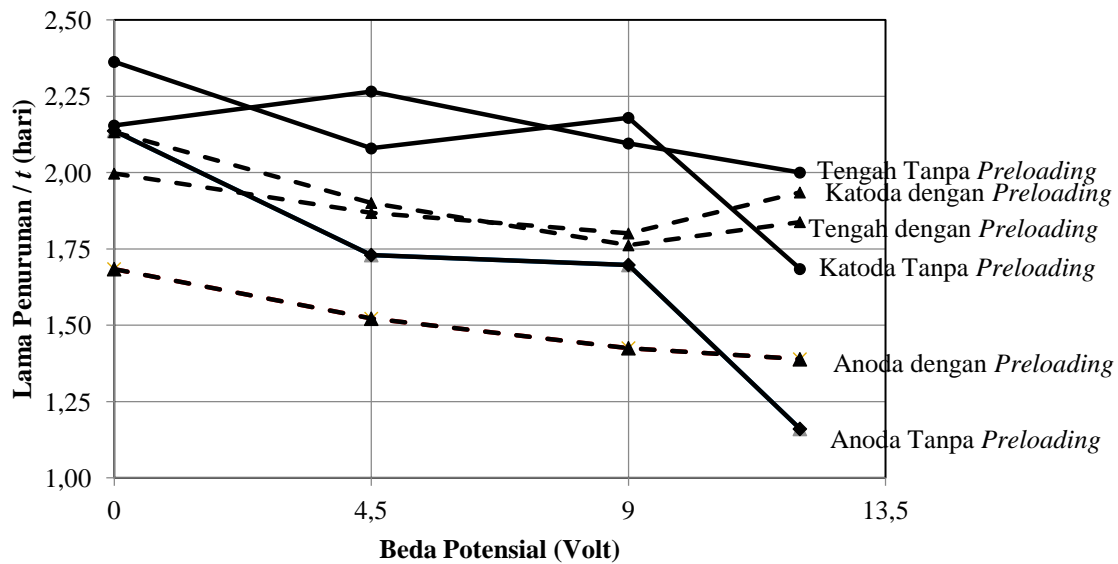
Dari pengamatan Gambar 6 diperoleh nilai C_v uji elektroosmosis tanpa *preloading* pada beda potensial 0 V pada anoda sebesar 0,046, tengah 0,042 dan katoda 0,042. Pada saat diberi beda potensial 12 V nilai C_v pada anoda mengalami peningkatan sebesar 0,091, tengah 0,049 dan katoda 0,058. Sedangkan pada nilai C_v uji elektroosmosis dengan *preloading* pada beda potensial 0 V pada anoda sebesar 0,059, tengah 0,071 dan katoda 0,049 saat diberi beda potensial 12 V pada anoda mengalami kenaikan sebesar 0,071, tengah 0,053 dan katoda 0,051.

Dapat dilihat bahwa semakin besar beda potensial yang diberikan maka nilai C_v akan semakin besar pula. Nilai C_v mempengaruhi proses terjadinya konsolidasi berlangsung lebih cepat.

Hubungan Parameter Lama Penurunan (t) dengan Beda Potensial

Tabel 4. Rekapitulasi t dengan Beda Potensial Metode Elektroosmosis Tanpa *Preloading* dan dengan *Preloading*

| Beda Potensial | t | | | | | |
|----------------|-------------------------|--------|--------|--------------------------|--------|--------|
| | Tanpa <i>Preloading</i> | | | dengan <i>Preloading</i> | | |
| V | Anoda | Tengah | Katoda | Anoda | Tengah | Katoda |
| 0 | 2,137 | 2,154 | 2,363 | 1,684 | 2,133 | 1,977 |
| 4.5 | 1,730 | 2,266 | 2,079 | 1,522 | 1,901 | 1,868 |
| 9 | 1,698 | 2,096 | 2,180 | 1,425 | 1,762 | 1,801 |
| 12 | 1,161 | 2,000 | 1,684 | 1,389 | 1,838 | 1,935 |



Gambar 8. Hubungan Parameter t dengan Beda potensial

Dari pengamatan Gambar 7 diperoleh nilai t uji elektroosmosis tanpa *preloading* pada beda potensial 0 V pada anoda sebesar 2,137, tengah 2,154 dan katoda 2,363 pada saat diberi beda potensial lebih besar 12 V anoda turun menjadi 1,161, tengah 2,000, dan katoda 1,684. Sedangkan nilai t uji elektroosmosis dengan *preloading* juga mengalami penurunan pada beda potensial 0 V pada anoda sebesar 1,684, tengah 2,133 dan katoda 1,977 pada saat diberi beda potensial 12 V turun menjadi anoda 1,389, tengah 1,838 dan katoda 1,935.

Semakin besar beda potensial diberikan maka semakin cepat waktu penurunannya. Kecepatan penurunan tanah terjadi karena berkurangnya volume tanah dipengaruhi oleh kecepatan air pori merembes melewati lapisan tanah lempung.

SIMPULAN

Hasil dari analisis dan pembahasan diperoleh kesimpulan :

Semakin kecil nilai C_c maka semakin kecil pula nilai S_c , karena nilai C_c dan S_c berbanding lurus. Diperoleh nilai C_c dan S_c pada saat diberi elektroosmosis dengan *preloading* lebih kecil dibanding nilai C_c dan S_c pada saat diberi elektroosmosis tanpa *preloading*. Maka semakin besar beda potensial yang diberikan, semakin besar pula penambahan pemampatannya dan penurunannya. Dan sampel tanah yang diberi elektroosmosis dengan *preloading* lebih kaku dan padat dibandingkan dengan sampel tanah diberi elektroosmosis tanpa *preloading*.

Semakin besar beda potensial yang diberikan maka semakin besar pula nilai C_p . Nilai C_p juga mempengaruhi proses terjadinya konsolidasi berlangsung lebih cepat. Sedangkan untuk nilai t semakin besar beda potensial maka semakin besar waktu penurunannya. Kecepatan penurunan tanah terjadi karena berkurangnya volume tanah dipengaruhi oleh kecepatan air pori merembes melewati lapisan tanah lempung.

REKOMENDASI

Perlu dilakukan uji elektroosmosis dengan *preloading* menggunakan tambahan beban secara bertahap serta perlu adanya variasi pada model uji elektroosmosis, dapat digunakan tembaga berupa *stick* (batangan) dengan menambah variasi jarak antar tiap konduktor.

REFERENSI

- Agustina. 2014. *Analisis Kombinasi Preloading Mekanis dan Elektrokinetik Terhadap Pemampatan Tanah Lunak Pontianak. Jurnal Teknik Sipil Vol 2 No 2 (2014). Universitas Tanjungpura. Pontianak.*
- Atmaja, Y.R. 2013. *Pengaruh Elektroosmosis Terhadap Parameter Kuat Geser Tanah Lempung.* Skripsi Sarjana. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Das, B.M. 1985. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis).* (Alih Bahasa Mochtar, N.E. dan Mochtar, I.B., 1995). Jilid 1. Erlangga : Jakarta.
- Hardiyatmo, H.C. 2006. *Mekanika Tanah I.* Edisi keempat. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H.C. 2007. *Mekanika Tanah II.* Edisi keempat. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Hidayati, A., dan Ardana, M. 2008. *Kombinasi Preloading dan Penggunaan Pre-Fabricated Vertical Drains untuk Mempercepat Konsolidasi Tanah Lempung Lunak.* Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Vol 1 No 2 Juli (2008). Universitas Udayana. Denpasar.
- Majid, A. 2013. *Pengaruh Penggunaan Elektroosmosis Terhadap Tekanan Air Pori Pada Tanah Lempung.* Skripsi Sarjana. Universitas Sebelas Maret. Surakarta..
- Siong, I., dan Agustino, A. 2004. *Pengaruh Elektroosmosis Terhadap Penurunan Tanah.* Skripsi Sarjana. Universitas Kristen Petra. Surabaya
- Syarifudin, A. 2013. *Perubahan Parameter Konsolidasi Tanah Lempung Tanon yang dicampur Abu Ampas Tebu.* Skripsi Sarjana. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Wibowo, B. 2003. *Uji Model Elektroosmosis pada Tanah Lempung.* Skripsi Sarjana. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.