

# PENGARUH PENGGUNAAN ELEKTROOSMOSIS TERHADAP TEKANAN AIR PORI PADA TANAH LEMPUNG

Abdul Majid<sup>1)</sup>, Niken Silmi Surjandari<sup>2)</sup>, Sholihin As'ad<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Mahasiswa Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

<sup>2),3)</sup>Pengajar Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret.

Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126; Telp. 0271-634524.

Email : amabdulmajid08@gmail.com

## Abstract

Clay soil less qualified as place to establish a building. Electroosmosis is one of clay soil treatment method with drainage control using direct current (DC) directly. The purpose of this work is study effect of the electroosmosis usage on pore water pressure of the clay soil. Electroosmosis metode was physical models in laboratory. Electrode materials is copper with high electrical conductivity metal  $6 \times 10^7 \Omega m$ . Electroosmosis model was formed in box size of  $30 \times 30 \times 15$  cm. The variation of potential difference is 0, 3, 6, 9 and 12 volts. Electroosmosis test was conducted in with and without preloading. The observed parameter was the water level that indicated pore water pressure of clay soil during 24 hours for 3 days of testing. The results showed that the higher the potential was applied in electroosmosis model test for with and without preloading the faster and the more reduction of pore water pressure. with the most reduction of pore water pressure was recordered on 12 Volt. For both condition, with and without preloading condition, the most reduction and fastest pore water pressure occured in the anode region. Electroosmosis model test in preloading condition recordered bigger and faster pore water pressure reduction than without preloading.

**Keywords:** electroosmosis, preloading, pore water pressure

## Abstrak

Tanah lempung dengan kadar air tinggi kurang memenuhi syarat sebagai tempat mendirikan suatu bangunan. Elektroosmosis adalah salah satu metode perbaikan tanah lempung dengan pengaturan drainase menggunakan arus searah (DC) secara langsung. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh penggunaan elektroosmosis terhadap tekanan air pori tanah lempung. Metode elektroosmosis dibuat model fisik di laboratorium. Bahan elektroda adalah tembaga dengan konduktivitas listrik yang tinggi, yaitu sebesar  $6 \times 10^7 \Omega m$ . Model elektroosmosis dalam bentuk *box* ukuran  $30 \times 30 \times 15$  cm dengan variasi beda potensial 0, 3, 6, 9 dan 12 volt. Uji elektroosmosis diberi perlakuan tanpa *preloading* dan dengan *preloading*. Pengamatan yang dilakukan adalah ketinggian muka air tanah untuk mendapatkan nilai tekanan air pori dengan pengamatan setiap 24 jam selama 3 hari pengujian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi beda potensial yang diberikan pada uji model elektroosmosis kondisi tanpa *preloading* dan dengan *preloading* semakin besar dan semakin cepat penurunan tekanan air pori dengan penurunan terbesar terjadi pada beda potensial 12 Volt. Pada kondisi tanpa *preloading* dan dengan *preloading*, penurunan tekanan air pori terbesar dan tercepat terjadi di daerah anoda. Uji model elektroosmosis pada kondisi *preloading* mengalami penurunan tekanan air pori yang lebih besar dan lebih cepat daripada kondisi tanpa *preloading*.

**Kata Kunci :** elektroosmosis, *preloading*, tekanan air pori

## PENDAHULUAN

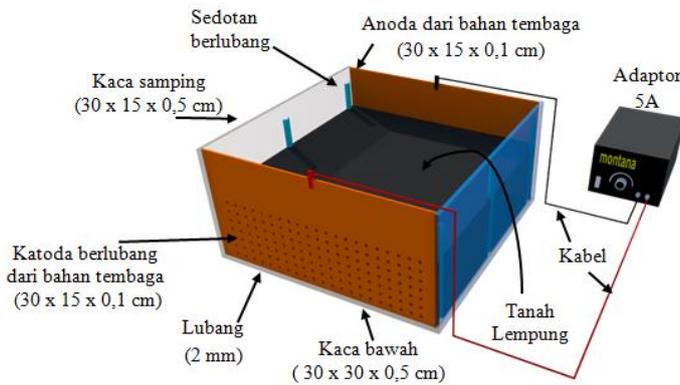
Tanah merupakan bagian penting dari suatu bangunan. Suatu bangunan kadang terpaksa didirikan di atas tanah yang kurang baik, sehingga diperlukan penanganan untuk memperbaiki kondisi tanah tersebut. Tanah lempung dengan kadar air tinggi kurang memenuhi syarat sebagai tempat mendirikan suatu bangunan. Tanah lempung pada kondisi tersebut mempunyai plastisitas yang tinggi, daya dukung yang rendah dan permeabilitas tanah yang rendah sehingga penurunan yang besar dalam waktu yang lama.

Metode drainase adalah salah satu metode stabilisasi tanah dengan cara menurunkan kadar air dalam tanah. Metode elektroosmosis adalah salah satu metode drainase paksaan dengan menerapkan dua elektroda negatif dan positif (DC). Metode ini efektif untuk menurunkan kandungan air dalam tanah yang mempunyai koefisien permeabilitas rendah. Arus listrik ini akan mengikat air dan membawanya bergerak mengikuti arah aliran listrik yaitu dari elektroda positif (anoda) menuju elektroda negatif (katoda) (Sosrodarsono, 1991).

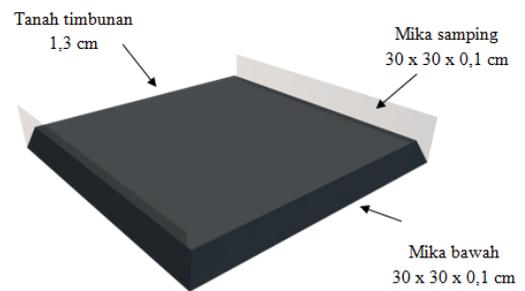
Wibowo (2003) telah melakukan uji model elektroosmosis pada tanah lempung dengan tujuan untuk mengetahui perubahan debit air, konsolidasi, kadar air, arus listrik dan efisiensi pada variasi beda potensial. Penelitian ini dilakukan untuk melanjutkan dari penelitian tersebut dengan tujuan untuk mengetahui perubahan tekanan air pori pada uji elektroosmosis tanpa *preloading* dan dengan *preloading*. Penelitian ini dilakukan dengan model fisik di laboratorium.

## METODE

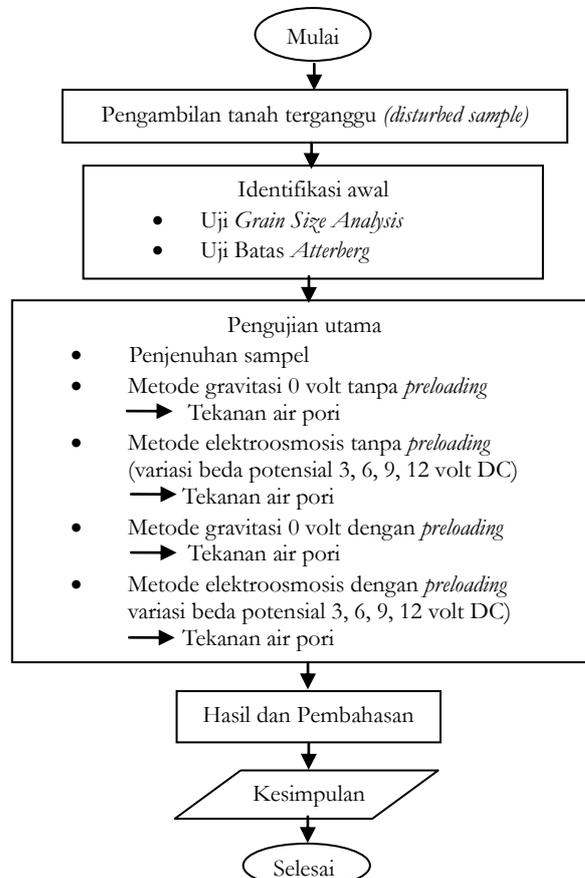
Tanah lempung yang digunakan adalah tanah terganggu yang diambil dari Dasa Jono Kecamatan Tanon Kabupaten Sragen. Uji klasifikasi tanah yang dilakukan adalah uji *grainsize* dan *atterberg limits*. Metode yang digunakan adalah metode elektroosmosis. Metode elektroosmosis berupa model fisik berbentuk *box* ukuran  $30 \times 30 \times 15$  cm yang terbuat dari bahan kaca dan tembaga seperti terlihat pada Gambar 1. Sebelum pengujian utama terlebih dahulu melakukan penjenuhan sampel selama 4 hari. Sampel yang sudah jenuh diberi tegangan listrik dengan variasi 0, 3, 6, 9, 12 V. setiap variasi dilakukan pengamatan ketinggian muka air tanah pada sedotan yang sudah dilubangi seperti pada Gambar 1. Pengamatan dilakukan setiap 24 jam selama 3 hari. Nilai tersebut digunakan untuk memperoleh besar tekanan air pori. Uji elektroosmosis juga diberi pelakuan *preloading*. Tinggi timbunan untuk *preloading* adalah 1,3 cm dengan slope 1:1 seperti pada Gambar 2. Tinggi timbunan pada penelitian ini diperoleh dari hasil interpolasi tinggi timbunan yang diberikan pada kedalaman tertentu di lapangan pada penelitian Hidayati dan Ardana (2008). Tanah timbunan dilapisi oleh mika, kemudian diletakkan diatas sampel yang sudah jenuh pada model elektroosmosis. Kemudian diberi tegangan listrik dengan variasi dan pengamatan yang sama seperti pada uji elektroosmosis kondisi tanpa *preloading*.



Gambar 1. Model elektroosmosis



Gambar 2. Model *preloading*



Gambar 3. Diagram alir metode penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil klasifikasi tanah diperoleh berat jenis (GS) adalah 2,62, sementara itu dari uji *grainsize* diperoleh kandungan lempung dan lanau = 98,22 %. dan uji *atterberg* diperoleh jenis tanah lempung CH.

### Hubungan Tekanan Air Pori terhadap Variasi Beda Potensial pada Kondisi tanpa Preloading

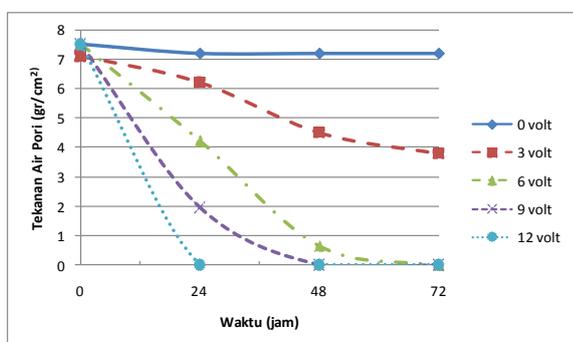
Pada Gambar 4a sampai Gambar 4c. Terlihat bahwa Pada penerapan 0 V perubahan tekanan air pori pada semua posisi masih sangat kecil, pada penerapan 3 V, besar tekanan air pori hari ke 3 berturut-turut dari posisi anoda sampai katoda 3,8 gr/cm<sup>2</sup>, 5,8 gr/cm<sup>2</sup> dan 5,05 gr/cm<sup>2</sup>, pada penerapan 6 V adalah 0 gr/cm<sup>2</sup>, 3 gr/cm<sup>2</sup> dan 4,175 gr/cm<sup>2</sup>, pada penerapan 9 V adalah 0 gr/cm<sup>2</sup>, 1,65 gr/cm<sup>2</sup> dan 2,9 gr/cm<sup>2</sup> dan pada penerapan beda potensial 12 V besar tekanan air pori hari ke 3 pada ketiga posisi pengamatan adalah 0 gr/cm<sup>2</sup>

Jika tanah lempung telah jenuh dengan air, maka pada bagian tersebut akan memiliki muatan *negative*. Hal ini akan menyebabkan kation dalam air akan menempati bagian di daerah lempung, sehingga seakan terbentuk dua lapisan listrik atau air lapisan ganda (*double-layer water*). Jika dialiri potensial listrik, kation tersebut akan berpindah menuju ke daerah katoda. Dengan kondisi tersebut, ion-ion positif dikatakan terhidrasi di mana setiap ion membawa air dalam jumlah kecil, maka pada gilirannya menyebabkan air mengalir menuju ke daerah katoda. Peristiwa tersebut dinamakan proses elektroosmosis.

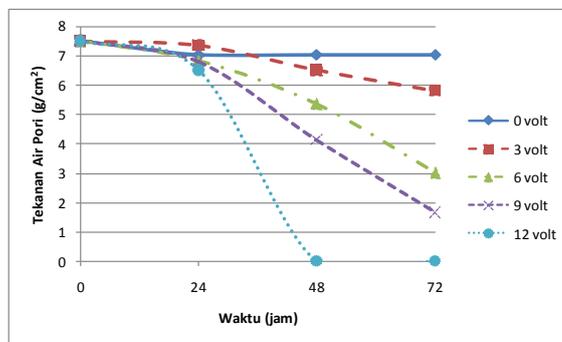
Pada semua penerapan variasi beda potensial, penurunan tekanan air pori terbesar terjadi di posisi anoda. Hal itu terjadi karena tidak ada lagi air tambahan yang tertampung di posisi elektroda positif, ketika air yang terkandung di posisi ini mengalir menuju katoda.

Pada uji elektroosmosis kondisi tanpa *preloading* terjadi penurunan ketinggian muka air tanah sampai 0 cm terutama terjadi penerapan 12 volt. Pada kondisi tersebut tanah dalam model tidak dalam kondisi kering, tetapi masih dalam kondisi basah. Hal itu terjadi karena selama proses elektroosmosis berlangsung kemampuan air mengalir dalam tanah lempung sangat sulit. Sementara itu, air dalam sedotan bisa mengalami penurunan ketinggian sampai 0 cm karena mudah untuk mengalir.

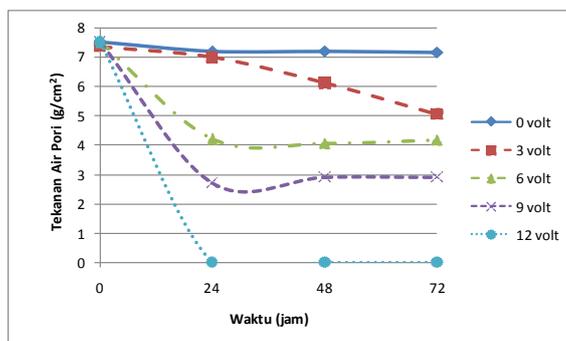
Berdasarkan penjelasan tersebut menunjukkan bahwa semakin besar beda potensial yang diterapkan pada uji elektroosmosis pada kondisi tanpa *preloading* semakin besar pula penurunan tekanan air pori yang terjadi dan semakin sedikit waktu yang dibutuhkan.



a. Posisi anoda



b. Posisi tengah model



c. Posisi katoda

Gambar 4. Hubungan tekanan air pori terhadap variasi beda potensial kondisi tanpa *preloading*

### Hubungan Tekanan Air Pori terhadap Variasi Beda Potensial pada Kondisi dengan Preloading

Pada Gambar 5a sampai Gambar 5c. terlihat bahwa pada metode gravitasi (0 V) terjadi penurunan tekanan air pori yang cukup besar, hal itu terjadi karena pengaruh pembebanan awal. Pada penerapan 3 V tekanan air pori berturut-turut pada hari ke 3 dari posisi anoda sampai katoda adalah 0 gr/cm<sup>2</sup>, 0 gr/cm<sup>2</sup> dan 1,8 gr/cm<sup>2</sup> pada penerapan 6 V adalah 0 gr/cm<sup>2</sup>, 0 gr/cm<sup>2</sup> dan 0,75 gr/cm<sup>2</sup>, pada penerapan 9 tekanan air pori hari ke 3 adalah 0 gr/cm<sup>2</sup>, 0 gr/cm<sup>2</sup> dan 0 gr/cm<sup>2</sup> dan pada penerapan 12 V tekanan air pori mulai hari ke 2 pada ketiga posisi pengamatan adalah 0 gr/cm<sup>2</sup>.

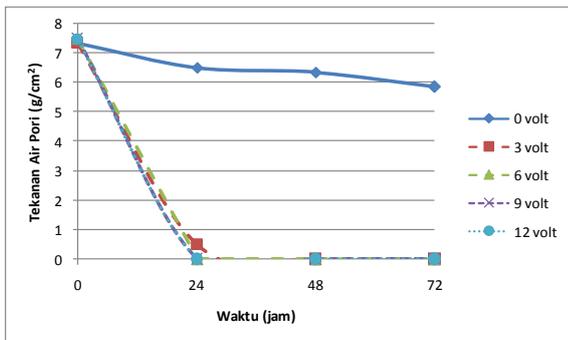
Pada permukaan lempung yang jenuh air memiliki muatan *negative*. Untuk mengimbangi muatan tersebut, partikel lempung menarik kation dari air. Sehingga seakan terbentuk dua lapisan listrik atau air lapisan ganda (*double-layer water*). Jika dialiri aliran listrik searah, kation akan bergerak menuju katoda. Dengan kondisi tersebut, ion-ion positif dikatakan terhidrasi di mana setiap ion membawa air dalam jumlah kecil, maka pada gilirannya menyebabkan air mengalir menuju ke daerah katoda. Peristiwa tersebut dinamakan proses elektroosmosis.

Pada semua penerapan variasi beda potensial, penurunan tekanan air pori terbesar terjadi di posisi anoda. Hal itu bisa terjadi karena tidak ada lagi air tambahan yang tertampung di posisi anoda ketika air yang terkandung di posisi ini mengalir menuju katoda.

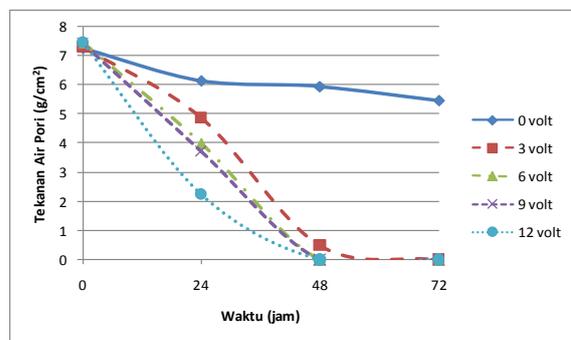
Sementara itu pada penerapan metode gravitasi, penurunan terbesar terjadi di posisi katoda. Hal itu terjadi karena air yang terkandung di posisi katoda akan segera terdorong keluar melalui katoda berlubang ketika diberi *preloading*. Sementara itu air yang terkandung di posisi anoda dan tengah model sulit untuk mengalir karena koefisien permeabilitas yang sangat kecil pada pada tanah lempung kondisi jenuh.

Pada uji elektroosmosis kondisi *preloading* terjadi penurunan ketinggian muka air tanah sampai 0 cm terutama terjadi penerapan voltase besar. Pada kondisi tersebut tanah dalam model tidak dalam kondisi kering, tetapi masih dalam kondisi basah. Hal itu terjadi karena selama proses elektroosmosis berlangsung kemampuan air mengalir dalam tanah lempung sangat sulit. Sementara itu, air dalam sedotan bisa mengalami penurunan ketinggian sampai 0 cm karena mudah untuk mengalir.

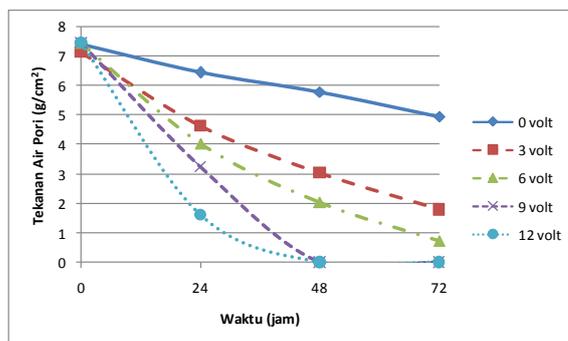
Berdasarkan penjelasan tersebut menunjukkan bahwa semakin besar beda potensial yang diterapkan pada uji elektroosmosis kondisi *preloading* semakin besar pula penurunan tekanan air pori yang terjadi dan semakin sedikit waktu yang dibutuhkan.



a. Posisi Anoda



b. Posisi tengah model



c. Posisi katoda

Gambar 5. Hubungan tekanan air pori terhadap variasi beda potensial kondisi *preloading*

## Hubungan Tekanan Air Pori terhadap Variasi Beda Potensial pada Kondisi tanpa Preloading dan dengan Preloading

Pada gambar 4a dan Gambar 5a posisi anoda terlihat bahwa Pada penerapan 6 V, 9 V dan 12 V kondisi *preloading*, tekanan air pori mulai hari ke 1 adalah 0 gr/cm<sup>2</sup>. Sedangkan pada kondisi tanpa *preloading* hanya terjadi pada penerapan 12 V.

proses elektroosmosis pada kondisi tanpa *preloading* maupun dengan *preloading* adalah sama. pada kondisi *preloading* selain terjadi karena pengaruh penerapan beda potensial seperti pada kondisi tanpa *preloading* juga terjadi karena adanya pemberian beban awal yang membuat air yang terkandung dalam tanah segera terdorong mencari rongga yang lebih besar. Sehingga penurunan tekanan air pori pada kondisi *preloading* lebih besar dan cepat daripada saat kondisi tanpa *preloading*.

Berdasarkan penjelasan tersebut menunjukkan bahwa pada uji elektroosmosis kondisi *preloading* terjadi penurunan tekanan air pori yang lebih besar dan lebih cepat dibandingkan dengan kondisi tanpa *preloading* pada penerapan beda potensial yang sama.

## SIMPULAN

Semakin tinggi beda potensial yang diberikan pada uji model elektroosmosis kondisi tanpa *preloading* dan dengan *preloading* semakin besar dan semakin cepat penurunan tekanan air pori dengan penurunan terbesar terjadi pada beda potensial 12 V. Penurunan tekanan air pori terbesar pada uji elektroosmosis baik kondisi tanpa *preloading* maupun dengan *preloading* terjadi di posisi anoda. Penurunan tekanan air pori pada uji elektroosmosis kondisi *preloading* lebih besar dan cepat dari pada uji elektroosmosis kondisi tanpa *preloading*.

## REKOMENDASI

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut pada lempung ekspansif, perlu ditambahkan pengamatan volume air yang keluar dan perlu dilakukan percobaan di lapangan, perlu dicoba pemberian air siklik/berulang dan perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai fenomena elektroforesis

## UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih kepada Allah SWT atas limpahan rahmat dan nikmatnya, kepada kedua orang tua saya yang selalu mendoakan saya, kepada Dr. Niken Silmi S, ST.MT dan Dr.Ir.Tech.Sholihin As'ad, MT selaku dosen pembimbing, asisten laboratorium mekanika tanah UNS yang sering membantu dalam penelitian, rekan – rekan sipil 2008 UNS dan seluruh civitas akademika Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil.

## REFERENSI

- Chotimah, dkk. 2011. *Optimasi Sistem Elektroosmosis dengan Variasi Pola Pulsa pada Proses Pengurangan Kandungan Air untuk Pelestarian Cagar Budaya*.: Jurnal Prosiding Pertemuan Ilmiah XXV HFI Jateng & DIY. Yogyakarta
- Hidayati, Anissa dan Made, Ardana. 2008. *Kombinasi Preloading dan Penggunaan Pre-Fabricated Vertical Drains untuk Mempercepat Konsolidasi Tanah Lempung Lunak*. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil. Vol.12 (juli), hal. 187.
- Masliyah, Jacob H dan Bhattacharjer, Subir. 2006. *Electrokinetic And Colloid Transport Phenomena*. United States of America: John Wiley & Sons, Inc.
- Mitchell, James K dan Kenichi, Soga. 2005. *Fundamentals of Soil Behaviour*. New York : Third Edition, John Wiley & Sons inc.
- Mujasam. 2005. *Laju Pengangkutan Air Melalui Elektroosmosis dengan Polaritas Tegangan Dc Berbalik*. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil. Papua: Universitas Negeri Papua.
- Nabila. 2012. *Perencanaan Perbaikan Tanah Metode Preloading dengan Kombinasi PVD dan Micropile pada Proyek Reklamasi Ancol Timur Jakarta Utara*. Skripsi. Surabaya: Institut Teknologi Surabaya.
- Na'imah, Niswaton. 2011. *Metode Elektro-Osmosis Untuk Mengurangi Kelembaban Pada Bangunan*. Skripsi. Surabaya: Institut Sepuluh November.

- Nurjaman, B.2006. *Pengaruh Pembebanan Awal (Preloading) terhadap Indeks Kompresi (Cc Dan Cr) pada Tanah Lempung Lunak*. Skripsi. Depok:Universitas Indonesia.
- Siong, Le dan Agustino, Andy. 2004. *Pengaruh Elektroosmosis Terhadap Kecepatan Penurunan Tanah*. Skripsi. Surabaya: FT Universitas Kristen Petra.
- Wesley,L.D. 2012. *Mekanika Tanah untuk Tanah Endapan dan Residu*. Yogyakarta:Penerbit Andi.
- Wibowo, Budi. 2003. *Uji Model Elektroosmosis pada Tanah Lempung*. Skripsi. Surakarta: FT Universitas Sebelas Maret.