

# PENGARUH METODE ELEKTROOSMOSIS TERHADAP TEKANAN AIR PORI PADA TANAH LEMPUNG YANG DICAMPUR DENGAN ABU AMPAS TEBU

Ivano Abraham Hendrarto<sup>1)</sup>, Niken Silmi Surjandari<sup>2)</sup>, Noegroho Djarwanti<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: [arcxh@yahoo.com](mailto:arcxh@yahoo.com)

## Abstract

*The method used in this study is the method elektroosmosis and chemical soil stabilization. Elektroosmosis method is one of the effective methods to reduce water content. While the chemical soil stabilization is a method to improve the soil by adding mixing ingredients for a process of chemical binding of water. This research is aimed to determine the effect of variations in the electrical potential difference method elektroosmosis the pore water pressure in the clay soil mixed with bagasse ash on the application of the initial load and no-load early. In this test using physical models shaped glass box measuring 40 x 30 x 15 cm and a piece of copper as a conductor of electrical current. Samples electrified models with a potential difference of 0, 3, 6, 9, 12 Volt and performed initial application of load and no-load early. Added material used is bagasse ash as much as 10% of the weight of the soil sample. Observation of pore water pressure is done by measuring the height of water every 24 hours for 3 days. The results of the analysis show the method elektroosmosis without initial load, the use of bagasse ash in clay soil resulted in a decrease in pore water pressure more than testing on clay without bagasse ash. In elektroosmosis method with the application of the initial load, the use of bagasse ash in clay soil is less effective due to decreased pore water pressures were relatively the same as testing on clay without bagasse ash. In elektroosmosis method with the application of the initial load and no-load start of the clay plus bagasse ash, the application of a potential difference variations affect the higher the reduction in pore water pressure.*

**Keywords:** elektroosmosis, bagasse ash, pore water pressure, initial load

## Abstrak

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode elektroosmosis dan stabilisasi tanah kimiawi. Metode elektroosmosis adalah salah satu metode yang efektif untuk menurunkan kandungan air. Sedangkan stabilisasi tanah kimiawi merupakan metode untuk memperbaiki tanah dengan menambah bahan pencampur agar terjadi proses kimia yang mengikat air. Peneliti ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi beda potensial listrik pada metode elektroosmosis terhadap tekanan air pori pada tanah lempung yang dicampur dengan abu ampas tebu pada penerapan beban awal dan tanpa beban awal. Pada pengujian ini menggunakan model fisik berbentuk box kaca berukuran 40 x 30 x 15 cm dan lempengan tembaga sebagai penghantar arus listrik. Sampel model dialiri listrik searah dengan beda potensial 0, 3, 6, 9, 12 Volt serta dilakukan penerapan beban awal dan tanpa beban awal. Bahan tambah yang digunakan adalah abu ampas tebu sebanyak 10 % dari berat sampel tanah. Pengamatan tekanan air pori dilakukan dengan mengukur ketinggian air setiap 24 jam selama 3 hari. Hasil dari analisis menunjukkan pada metode elektroosmosis tanpa beban awal, penggunaan abu ampas tebu pada tanah lempung mengakibatkan penurunan tekanan air pori lebih banyak dibanding pengujian pada tanah lempung tanpa abu ampas tebu. Pada metode elektroosmosis dengan penerapan beban awal, penggunaan abu ampas tebu pada tanah lempung kurang efektif karena penurunan tekanan air pori yang terjadi relatif sama dengan pengujian pada tanah lempung tanpa abu ampas tebu. Pada metode elektroosmosis dengan penerapan beban awal dan tanpa beban awal terhadap tanah lempung ditambah abu ampas tebu, penerapan variasi beda potensial yang semakin tinggi berpengaruh terhadap penurunan tekanan air pori.

**Kata Kunci :** elektroosmosis, abu ampas tebu, tekanan air pori, beban awal

## PENDAHULUAN

Perencanaan bangunan teknik sipil memerlukan beberapa perlakuan untuk membuat tanah menjadi lebih stabil. Suatu konstruksi yang dilakukan di atas tanah lunak akan menghadapi berbagai masalah Geoteknik. Salah satu penyebabnya adalah tingginya kadar air dalam tanah yang dapat menyebabkan hilangnya lekatan antar butiran tanah. Keadaan tanah dasar yang demikian bila tidak ditangani dengan baik akan mempengaruhi kondisi konstruksi di atasnya dan akan mempercepat kerusakan konstruksi tersebut.

Stabilisasi tanah pada dasarnya memperbaiki sifat-sifat tanah dan meningkatkan daya dukung tanah yang ada. Penggunaan bahan-bahan pencampur (additives) pada tanah lempung terbukti dapat meningkatkan stabilisasi tanah. Salah satu bahan tambah yang dapat digunakan untuk meningkatkan stabilisasi tanah adalah abu ampas tebu. Karena bahan tambah tersebut mengandung silika dan merupakan bahan pembentuk *pozzolan*.

## LANDASAN TEORI

### Tanah Lempung

Lempung adalah partikel mineral berukuran koloid berkerangka dasar silikat dengan diameter butiran kurang dari 0,002 mm. Unsur-unsur pada lempung terdiri dari silikon, oksigen, dan aluminium merupakan unsur yang paling

banyak menyusun kerak bumi. Lempung terbentuk dari proses pelapukan batuan silika oleh asam karbonat dan sebagian dihasilkan dari aktivitas panas bumi.

Mineral lempung terbentuk di atas permukaan bumi di mana udara dan air berinteraksi dengan mineral silikat, memecahnya menjadi lempung dan produk lain (Sapine, 2006). Mineral lempung adalah mineral sekunder yang terbentuk karena proses pengerusakan atau pemecahan dikarenakan iklim dan alterasi air (hidrous alteration) pada suatu batuan induk dan mineral yang terkandung dalam batuan itu.

### **Air Tanah**

Air tanah merupakan air yang terdapat di bawah permukaan bumi. Air sangat berpengaruh pada sifat-sifat teknis tanah khususnya tanah lempung, karena pada tanah berbutir halus luas permukaan spesifik menjadi lebih besar dan variasi kadar air akan mempengaruhi plastisitas tanah. Partikel-partikel lempung mempunyai muatan listrik negatif. Dalam suatu kristal yang ideal, muatan-muatan negatif dan positif seimbang, akan tetapi akibat substitusi isomorf dan kontinuitas perpecahan susunannya, terjadi muatan negatif pada permukaan partikel lempung. Untuk mengimbangi muatan negatif tersebut, partikel lempung menarik ion positif (anion) dari garam yang ada di dalam air pori. Beberapa garam terdapat pada permukaan partikel lempung kering. Pada waktu air ditambahkan pada lempung, kation-kation dan anion-anion mengapung di sekitar partikel.

### **Abu Ampas Tebu**

Secara umum telah banyak cara yang dilakukan untuk menstabilisasi tanah, baik dengan cara mekanis maupun dengan cara kimiawi menggunakan bahan tambah seperti semen, abu sekam, fly ash, kapur, garam, dll. Stabilisasi tanah kimiawi dengan menggunakan abu ampas tebu terbukti dapat menstabilkan tanah ekspansif dan meningkatkan kemampuan daya dukung tanah. Senyawa  $\text{SiO}_2$  yang terkandung dalam abu ampas tebu merupakan bahan pembentuk pozzolan dan jika bercampur dengan tanah dan air akan menghasilkan suatu massa yang keras dan kaku.

Penggunaan abu ampas tebu berdasarkan beberapa alasan, seperti:

1. Abu ampas tebu merupakan limbah hasil industri yang tersedia cukup banyak.
2. Dari segi ekonomis akan lebih menguntungkan karena biaya lebih murah.
3. Kandungan  $\text{SiO}_2$  pada abu ampas tebu cukup tinggi sehingga dapat meningkatkan mutu campuran.

Pengujian XRF (X-Ray Fluorescence) menunjukkan bahwa Silica Oksida ( $\text{SiO}_2$ ) yang terjadi pada abu ampas tebu berbentuk amorf (susunan partikel yang tidak mempunyai bentuk atau tidak jelas bentuknya. Namun, ada juga yang memiliki keteraturan sebagian, tetapi terbatas dan tidak muncul di sebagian padatan. Sehingga disimpulkan bahwa abu ampas tebu memenuhi persyaratan sebagai stabilisator yang bersifat pozzolan.

### **Elektroosmosis**

Tanah yang mengandung air jika dialiri potensial listrik akan mengakibatkan terjadi aliran air di dalam tanah dari elektroda positif menuju elektroda negatif, aliran ini disebut elektroosmosis. Pergerakan air ini disebabkan oleh kation (ion bermuatan positif) dalam tanah tertarik menuju katoda (elektroda negatif) dengan membawa air hidrasi dan mendesak penghambat cairan di sekitarnya. Besarnya aliran elektroosmosis tergantung pada koefisien konduktivitas elektroosmosis dan beda potensial listrik.

### **Metode Penerapan Beban Awal**

Metode penerapan beban awal adalah metode konstruksi perbaikan tanah dengan menempatkan timbunan pada lokasi yang akan distabilisasi. Berat timbunan minimal sama dengan berat struktur yang digunakan dan akan dibuang pada saat konsolidasi yang diinginkan telah tercapai. Penggunaan metode penerapan beban awal terbukti dapat mempercepat proses penurunan yang diharapkan, serta meningkatkan daya dukung tanah.

Pada penelitian ini penerapan beban awal berupa timbunan tanah yang diberikan di atas sampel model uji elektroosmosis. Tinggi timbunan mengacu pada penelitian Hidayati dan Ardana (2008) tentang penerapan beban awal untuk mempercepat konsolidasi tanah lempung lunak. Pada penelitiannya yang berjudul "Kombinasi Preloading dan Penggunaan Pre-Fabricated Vertical Drains untuk Mempercepat Konsolidasi Tanah Lempung Lunak" dilakukan pemberian beban awal atau prapembebanan secara langsung di lapangan. Pada penelitian tersebut tinggi timbunan yang diberikan adalah 3 m dengan kedalaman tanah lempung setinggi 16 m. Penelitian yang dilakukannya merupakan aplikasi di lapangan, sementara pengujian ini dilakukan di laboratorium. Sehingga untuk mendapatkan tinggi timbunan pada penelitian ini diperoleh dengan cara interpolasi antara tinggi timbunan dan kedalaman tanah di lapangan dibandingkan dengan tinggi timbunan rencana dan kedalaman sampel di laboratorium. Pada penelitian ini tinggi sampel adalah 10 cm, sehingga dengan interpolasi diperoleh tinggi timbunan 2 cm dengan slope 1:1.

## Tekanan Air Pori

Perpindahan air keluar dari anoda menuju katoda menyebabkan terjadi konsolidasi tanah di sekitar anoda sehingga tegangan efektif akan meningkat dan tekanan air pori akan menurun. Pada tanah yang mengandung air, ruang pori tanah terisi oleh air dan besar bidang kontak antara butiran satu dengan lainnya tergantung bentuk dan susunan butiran. Tegangan yang terjadi pada bidang kontak antar butiran dipengaruhi oleh tekanan air pori. Pada tanah yang jenuh sempurna, kenaikan tekanan air pori disebabkan oleh air yang mengisi ruang pori dapat menahan tegangan normal.

Menurut Terzaghi (1996), rumus perhitungan tekanan air pori ( $u$ ) adalah:  $u = \gamma_w \cdot z$  ..... [1]

## Penerapan Metode Elektroosmosis

Penerapan metode elektroosmosis dalam bidang rekayasa geoteknik sampai saat ini telah banyak dilakukan

1. Sebagai stabilisasi lereng atau pekerjaan galian

Teknik elektroosmosis dapat meningkatkan stabilitas lereng atau pekerjaan galian dengan cara memperkuat bagian permukaan tanah yang biasanya kritis terhadap bahaya longsor.

2. Pencegahan kelongsoran lereng

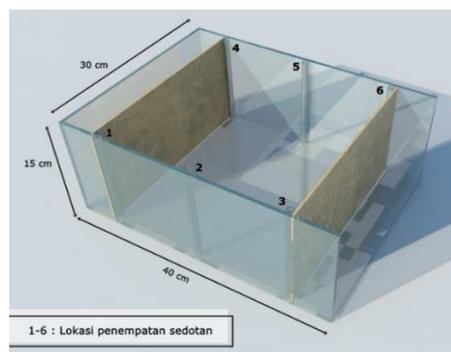
Penerapan elektroosmosis dapat memperbaiki tanah dengan drainase air tanah dan perbaikan sifat-sifat tanah lewat pertukaran ion, sehingga meningkatkan kuat gesek tanah pada lereng.

3. Penanggulangan masalah gesekan dan tekanan air pori pada tiang pancang

Metode elektroosmosis dapat digunakan untuk menggantikan lekatan kulit dari tiang besi dengan lempung.

## Metode Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah tanah lempung dan abu ampas tebu. Tanah lempung berasal dari Desa Jono, Kecamatan Tanon, Kabupaten Sragen dan abu ampas tebu diperoleh dari Pabrik Gula Mojo Sragen. Sebelum pengujian utama, dilakukan uji *grainsize* dan *atterberg limit* pada tanah lempung. Pengujian utama menggunakan metode elektroosmosis dengan model fisik berbentuk *box* ukuran 40 x 30 x 15 cm. Model uji terbuat dari kaca dan terdapat lempengan tembaga pada bagian anoda dan katoda. Sebelum uji elektroosmosis, dilakukan penjenuhan sampel selama 4 hari dan dilanjutkan dengan mencampur tanah lempung dengan abu ampas tebu. Banyaknya abu ampas tebu yang digunakan adalah 10% dari berat sampel tanah. Pada uji elektroosmosis, sampel diberi tegangan listrik dengan variasi 0, 3, 6, 9, 12 V. Pada uji elektroosmosis dengan penerapan beban awal, tinggi timbunan yang digunakan adalah 1,3 cm dengan slope 1:1. Pengamatan yang dilakukan adalah mengamati ketinggian muka air tanah pada sedotan yang sudah dilubangi, pengamatan dilakukan setiap 24 jam selama 3 hari.

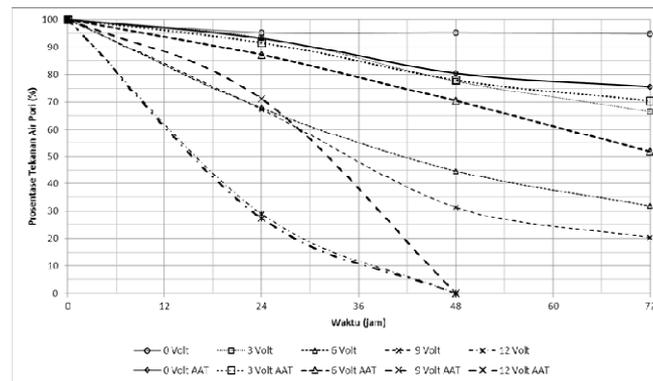


Gambar 1. Model elektroosmosis

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil dari pengujian yang dilakukan, diperoleh nilai *Specific Gravity* ( $G_s$ ) sebesar 2,62 dan dari *Grain Size Analysis* diperoleh kandungan lempung dan lanau = 98,22 %. Sedangkan pada *Atterberg Limit* diperoleh jenis tanah lempung CH, yaitu tanah lempung dengan plastisitas tinggi.

## Hubungan Tekanan Air Pori Metode Elektroosmosis dengan Penerapan Tanpa Beban Awal pada Tanah Lempung dan Tanah Lempung ditambah Abu Ampas Tebu



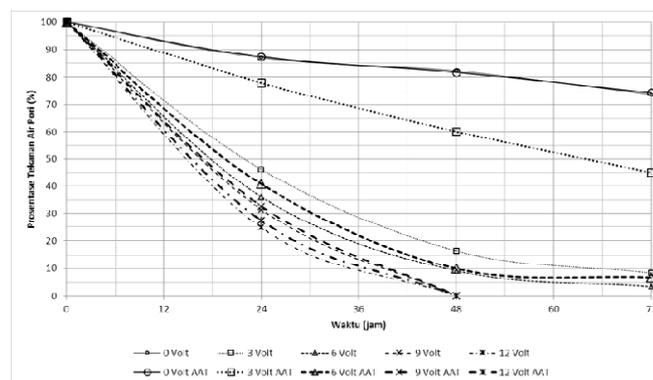
Gambar 2. Grafik prosentase tekanan air pori uji elektroosmosis tanpa beban awal pada tanah lempung dan tanah lempung dicampur abu ampas tebu

Pada Gambar 2 terlihat prosentase tekanan air pori yang menurun seiring meningkatnya waktu pengujian dan bertambahnya beda potensial listrik. Pada gambar tersebut juga terlihat prosentase tekanan air pori terbesar terjadi pada beda potensial 0 V. Hal ini disebabkan pada penerapan aliran listrik 0 V atau disebut juga dengan metode gravitasi, tidak terjadi proses elektroosmosis pada tanah sehingga penurunan tekanan air pori hanya bergantung pada gaya gravitasi.

Pada grafik uji elektroosmosis tanpa beban awal yang menggunakan tanah lempung tanpa abu ampas tebu, terlihat prosentase tekanan air pori terkecil terjadi pada saat 48 jam setelah sampel model dialiri listrik pada variasi beda potensial 12 V. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi proses elektroosmosis pada tanah lempung yaitu ketika tanah basah terkena arus listrik, terjadi perpindahan kation (ion bermuatan positif) ke katoda dan anion (ion bermuatan negatif) ke anoda. Partikel lempung mempunyai muatan listrik negatif, sehingga untuk mengimbangi muatan negatif tersebut, partikel lempung menarik kation dari air pori. Jumlah kation yang jauh lebih banyak melebihi jumlah anion menyebabkan terjadi pergerakan aliran air pori tanah dari anoda menuju katoda. Pada penerapan variasi beda potensial listrik yang semakin besar menyebabkan daya tarik kation menuju katoda juga semakin besar sehingga ion hidrasi yang mengangkut molekul air menuju katoda meningkat. Hal tersebut mengakibatkan penurunan tekanan air pori.

Pada grafik uji elektroosmosis tanpa beban awal yang menggunakan tanah lempung dicampur abu ampas tebu, terlihat prosentase tekanan air pori terkecil terjadi pada variasi beda potensial arus listrik 9 V dan 12 V pada saat 48 jam setelah sampel model dialiri listrik. Hal ini disebabkan penggunaan abu ampas tebu sebagai bahan tambah pada tanah yang bersifat mengisi rongga pori antar butiran tanah. Sehingga sebagian air tanah terserap oleh abu ampas tebu dan sebagian air tanah keluar model dengan mengikuti arus elektroosmosis dan menyebabkan tekanan air pori tanah menurun.

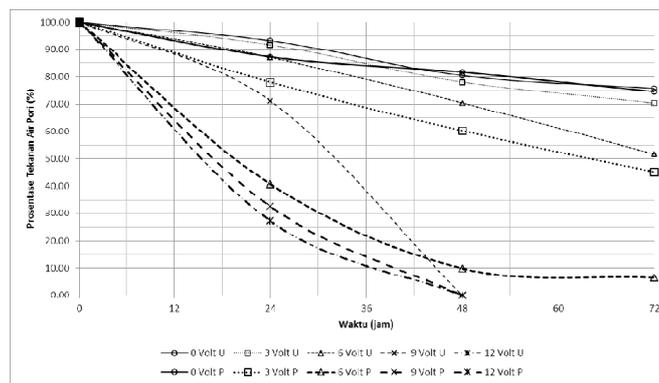
## Hubungan Tekanan Air Pori Metode Elektroosmosis dengan Penerapan Beban Awal pada Tanah Lempung dan Tanah Lempung ditambah Abu Ampas Tebu



Gambar 3. Grafik prosentase tekanan air pori uji elektroosmosis dengan penerapan beban awal pada tanah lempung dan tanah lempung dicampur abu ampas tebu

Pada Gambar 3 terlihat prosentase tekanan air pori pada uji elektroosmosis dengan penerapan beban awal tanah lempung dan tanah lempung dicampur abu ampas tebu mengalami penurunan yang hampir sama seiring meningkatnya beda potensial listrik yang diterapkan dan prosentase tekanan air pori terkecil terjadi pada variasi beda potensial arus listrik 9 V dan 12 V setelah 48 jam sampel model dialiri listrik. Hal ini karena pada uji elektroosmosis menggunakan tanah lempung tanpa abu ampas tebu, tanah mengalami perlakuan elektroosmosis dan penerapan beban awal. Sedangkan pada grafik uji elektroosmosis dengan penerapan beban awal menggunakan tanah lempung dicampur abu ampas tebu, tanah mengalami tiga perlakuan, yaitu dicampur dengan abu ampas tebu, metode elektroosmosis, dan penerapan beban awal. Hal ini menunjukkan bahwa pada metode elektroosmosis dengan penerapan beban awal, penggunaan abu ampas tebu pada tanah lempung kurang efektif karena penurunan tekanan air pori yang terjadi relatif sama dengan pengujian metode elektroosmosis dengan penerapan beban awal pada tanah lempung tanpa abu ampas tebu.

### Hubungan Tekanan Air Pori Metode Elektroosmosis dengan Penerapan Beban Awal dan Tanpa Beban Awal pada Tanah Lempung ditambah Abu Ampas Tebu



Gambar 3. Grafik prosentase tekanan air pori uji elektroosmosis dengan penerapan beban awal dan tanpa beban awal pada tanah lempung ditambah abu ampas tebu

Pada Gambar 4 terlihat grafik prosentase tekanan air pori pada uji elektroosmosis tanpa beban awal yang menurun seiring dengan beda potensial yang semakin meningkat dan pada variasi beda potensial arus listrik 9 V dan 12 V mengalami tekanan air pori terkecil pada saat 48 jam setelah sampel model dialiri listrik. Hal ini disebabkan penggunaan abu ampas tebu sebagai stabilisasi kimiawi pada tanah yang bersifat mengisi rongga pori antar butiran tanah. Sehingga sebagian air tanah terserap oleh abu ampas tebu dan sebagian air tanah keluar model dengan mengikuti arus elektroosmosis dan menyebabkan tekanan air pori tanah menurun.

Pada Gambar 4 terlihat grafik prosentase tekanan air pori pada uji elektroosmosis dengan penerapan beban awal mengalami perubahan tekanan air pori yang semakin kecil di beberapa variasi beda potensial, terutama pada beda potensial 6 V, 9 V, dan 12 V. Hal ini dikarenakan tanah mengalami tiga perlakuan, yaitu stabilisasi kimiawi dengan abu ampas tebu, metode elektroosmosis, dan penerapan beban awal. Pada stabilisasi kimiawi, abu ampas tebu mengisi rongga pori antar butiran tanah sehingga sebagian air tanah terserap oleh abu ampas tebu. Pada metode elektroosmosis terjadi pergerakan aliran air tanah menuju katoda dan mengakibatkan sebagian air tanah keluar model. Pada penerapan beban awal, terjadi penyusutan antar rongga butiran tanah, sehingga tanah menjadi lebih padat dan mengakibatkan tekanan air pori tanah berkurang.

### SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada metode elektroosmosis tanpa beban awal, penggunaan abu ampas tebu pada tanah lempung mengakibatkan penurunan tekanan air pori lebih banyak dibanding pengujian pada tanah lempung tanpa abu ampas tebu.
2. Pada metode elektroosmosis dengan penerapan beban awal penggunaan abu ampas tebu pada tanah lempung kurang efektif karena penurunan tekanan air pori yang terjadi relatif sama dengan pengujian pada tanah lempung tanpa abu ampas tebu.
3. Pada uji elektroosmosis dengan penerapan beban awal dan tanpa beban awal pada tanah lempung ditambah abu ampas tebu, penerapan variasi beda potensial yang semakin tinggi berpengaruh terhadap penurunan tekanan air pori.

## REKOMENDASI

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan memperbanyak variasi beda potensial atau memperbanyak variasi bahan tambah abu ampas tebu.

## REFERENSI

- Hardiyatmo, Hary C, 2006, *Mekanika Tanah I*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Haryono, Sri., Sudjatmiko, A. *Kajian Kandungan Pozzolan pada Limbah Abu Ampas Tebu (Baggase Ash) dengan Subu Pembakaran secara Terkontrol*, Skripsi Sarjana, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah, Surakarta.
- Hidayati Anissa, Made Ardana, 2008. *Kombinasi Preloading dan Penggunaan Pre-Fabricated Vertical Drains untuk Mempercepat Konsolidasi Tanah Lempung Lunak*, Jurnal Iimiah Teknik Sipil. Vol.12 (Juni), hal. 187.
- Majid, Abdul, 2013, *Pengaruh Penggunaan Elektroosmosis terhadap Parameter Tekanan Air Pori Tanah Lempung*, Skripsi Sarjana, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta
- Mithell, James K, Kenichi Soga, 2005, *Fundamentals of Soil Behavior*, Third Edition, John Wiley & Sons inc., New Jersey.
- Terzaghi, Karl; Peek, Ralph B, Mesti, Gholamreza, 1996, *Soil Mechanics in Engineering Practice*, Third edition John Wiley dan Sons inc, New York.
- Wibowo Budi, 2003, *Uji Model Elektroosmosis pada Tanah Lempung*, Skripsi Sarjana, Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret, Surakarta.