

## PERUBAHAN KUAT GESER TANAH LEMPUNG TANON PADA METODE ELEKTROOSMOSIS DENGAN VARIASI BEDA POTENSIAL

Tri Nugraheni Handayani<sup>1</sup>, Niken Silmi Surjandari<sup>2</sup> dan Noegroho Djarwanti<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

<sup>2</sup>Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami 36 A Surakarta,

Email: [nugraheni98@gmail.com](mailto:nugraheni98@gmail.com)

### ABSTRACT

*The soil located at Kalikobok village, Tanon, Sragen is one of soil type that does not qualify to build a structural buildings on it, because the characters of soft clay soil that has high of water content which is causing the soil carrying capacity becomes low. In other way, if water content is low then it will increase the carrying capacity of the soil. Dewatering process is needed, one of the examples is by electroosmosis methods. Electroosmosis is a drainage method by force that drain the water from anode to cathode so it will fix the technical properties of soil. In this study the variables used are the length of time of the electric current and the voltage. The variation of duration is three days and five days, the variation of potential difference that used is 0 volts, 4.5 volts, 9 volts, and 12 volts. The parameters that tested as a comparison are soil shear strength of soil at each voltage and position (anode, middle, cathode). The results showed that the greater application of potential differences can increase the values of  $c$  and  $\phi$ , but the value of  $c$  at the cathode position decrease due to water accumulation at cathode.*

*Keywords: clay, electroosmosis, variation of potential, shear strength*

### ABSTRAK

Tanah lempung lunak yang terletak pada Desa Kalikobok, Tanon, Sragen adalah salah satu jenis tanah yang kurang memenuhi spesifikasi untuk didirikan bangunan struktural di atasnya, karena sifat dari tanah lempung lunak yang memiliki kadar air tinggi sehingga menyebabkan daya dukung tanah menjadi rendah. Sebaliknya, apabila kadar air rendah maka akan dapat menaikkan daya dukung tanah. Proses *dewatering* perlu dilakukan, salah satu contohnya menggunakan metode elektroosmosis. Elektroosmosis adalah metode drainase paksaan yang mengalirkan air dari posisi anoda ke posisi katoda sehingga dapat memperbaiki sifat teknis tanah. Pada penelitian ini variabel yang digunakan adalah lama waktu pemberian arus listrik dan juga besar voltase. Variasi beda potensial yang digunakan adalah 0 volt, 4,5 volt, 9 volt, dan 12 volt. Parameter yang diuji sebagai pembanding adalah kuat geser tanah tanah pada setiap voltase dan posisi (anoda, tengah, katoda). Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar penerapan beda potensial maka dapat menaikkan nilai  $c$  dan  $\phi$ , akan tetapi nilai  $c$  pada posisi katoda menurun dikarenakan air yang terakumulasi pada katoda.

Kata kunci: lempung, elektroosmosis, beda potensial, kuat geser

## 1. PENDAHULUAN

Tanah lempung lunak adalah salah satu jenis tanah yang kurang memenuhi spesifikasi untuk didirikan bangunan struktural di atasnya, karena sifat dari tanah lempung lunak yang memiliki kadar air tinggi sehingga menyebabkan daya dukung tanah menjadi rendah. Sebaliknya, apabila kadar air rendah maka akan dapat menaikkan daya dukung tanah. Proses *dewatering* perlu dilakukan, salah satu contohnya menggunakan metode elektroosmosis. Metode elektroosmosis adalah metode drainase yang disebabkan karena tanah diberi arus listrik satu arah (DC) sehingga molekul air terikat kemudian mengalir dari elektroda positif (anoda) menuju ke elektroda negatif (katoda), proses tersebut dapat membuat tanah disekitar anoda akan lebih kaku sehingga dapat menaikkan daya dukung tanah.

Sampel penelitian ini diambil dari Desa Kalikobok, Kecamatan Tanon, Kabupaten Sragen karena sebagian besar tanah pada daerah ini mengandung lempung, sehingga apabila musim hujan tiba maka tanah akan menyerap banyak air kemudian akan bersifat lunak hingga sangat lunak, sehingga kemampuan untuk menahan beban di atasnya berkurang atau hampir tidak ada karena adanya keruntuhan akibat geser (*Shear Failure*).

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi pengaruh elektroosmosis terhadap parameter kuat geser tanah lempung dengan variabel lama pemberian arus listrik. Penelitian mengenai elektroosmosis yang telah dilakukan adalah oleh Wibowo (2003) mengatakan bahwa semakin besar beda potensial yang diberikan maka semakin besar pula konsolidasi yang terjadi. Kusuma dan Muntohar (2017) mengatakan semakin lama pemberian arus listrik pada

proses elektroosmosis maka akan mampu menahan pengembangan tanah. Atmaja (2013) mengatakan bahwa metode elektroosmosis dengan *preloading* dapat menaikkan nilai kuat geser tanah.

## 2. LANDASAN TEORI

### Tanah Lempung

Das 1995 mengatakan bahwa tanah lempung adalah tanah yang berukuran mikroskopis yang berasal dari pelapukan batuan, pada keadaan kering tanah lempung bersifat keras dan pada keadaan kadar air sedang bersifat plastis dan lengket (kohesif)

ASTM D-2487-66T yang digunakan oleh *United Standard Classification System* mengatakan bahwa jika suatu sampel tanah yang lolos saringan no. 200 (0,075 mm) lebih dari 45% maka sampel tanah tersebut dapat di klasifikasikan sebagai tanah berbutir halus (lanau atau lempung), sebaliknya jika yang tertahan pada saringan no. 200 (0,075 mm) lebih dari 45% maka tanah tersebut dapat diklasifikasikan sebagai tanah berbutir kasar (pasir atau krikil).

### Kuat Gesek

Kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan. Parameter kuat geser tanah ditentukan dari uji-uji laboratorium dari benda uji yang diambil dari lapangan Hardiyatmo (2006).

Coulomb (1776) mendefinisikan persamaan  $f(\sigma)$  sebagai berikut :

$$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \varphi \quad (1)$$

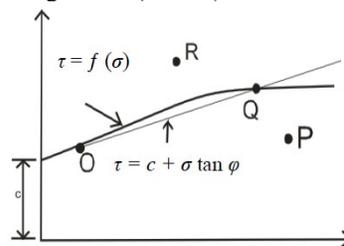
dengan

$\tau$  = kuat geser tanah (kN/m<sup>2</sup>)

$c$  = kohesi tanah efektif (kN/m<sup>2</sup>)

$\varphi$  = sudut gesek dalam tanah atau sudut gesek intern (°)

$\sigma$  = tegangan normal efektif pada bidang runtuh (kN/m<sup>2</sup>)



Gambar 1. Kriteria kegagalan Mohr dan Coloumb (1776)

### Elektroosmosis

Sosrodarsono (1980) metode elektrokinetik adalah salah satu metode drainase paksaan dengan menggunakan dua elektroda berkutub positif dan negatif, sehingga air yang berada di tanah akan bergerak dari elektroda positif menuju elektroda negatif. Metode ini cocok digunakan pada tanah dengan koefisien permeabilitas yang sangat kecil.

Tanah akan selalu berinteraksi dengan air, air murni atau H<sub>2</sub>O dapat berdisosiasi menjadi ion H<sup>+</sup> dan ion OH<sup>-</sup> yang mana dapat menempel pada permukaan mineral lempung yang memiliki muatan listrik negatif. Berlaku juga apabila terdapat ketidakmurnian pada air yang dapat membawa ion-ion lain seperti Na<sup>+</sup> atau Cl<sup>-</sup>, lapisan ini juga disebut lapisan ganda listrik. Sehingga perlakuan dengan memberikan arus listrik pada tanah lempung akan menguntungkan karena pergerakan ion-ion pada lapisan ganda listrik Terzaghi (1967).

## 3. METODE PENELITIAN

Sampel dalam penelitian ini diambil dari Desa Kalikobok, Kecamatan Tanon, Kabupaten Sragen dalam kondisi tanah terganggu (*Disturbed Sample*) pada kedalaman 0,5 – 1 m. Dalam penelitian ini dilakukan uji dengan skala laboratorium menggunakan box kaca dengan dimensi 45 cm x 30 cm x 15 cm. Pemasangan elektroda positif dan negatif diletakkan dengan jarak 30 cm. sumber arus searah yang digunakan berasal dari adaptor dengan kekuatan 5 *Ampere*. Variasi beda potensial yang digunakan adalah 0 V, 4.5 V, 9V, dan 12V dan variasi lama pemberian arus listrik adalah selama tiga hari dan lima hari.

Sampel tanah yang telah memenuhi kriteria sebagai tanah lempung kemudian dicampur dan dijenuhkan menggunakan air dengan ketentuan nilai SR=100% selama 4 hari mengacu pada CBR rendaman. Setelah proses penjenuhan sampel, tanah dimasukkan ke dalam *box* uji untuk diberi perlakuan elektroosmosis. Sampel tanah yang telah melalui proses elektroosmosis kemudian dicetak lalu dilakukan pengujian utama untuk mengetahui kuat geser tanah dengan pengujian geser langsung (*direct shear test*) dengan modifikasi tanpa penambahan air dalam *box* uji. Beban normal yang digunakan pada pengujian ini adalah 0.4 kg, 0.8 kg, dan 1.6 kg.

#### 4. HASIL DAN ANALISIS

##### Pengujian Klasifikasi Tanah

Hasil pengujian *index properties* dari sampel tanah asli diperoleh nilai seperti Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi Pengujian *Index Properties*

No.	Pengujian	Parameter	Hasil
1.	<i>Specific Gravity</i>	<i>G<sub>s</sub></i>	2,61
2.	<i>Bulk Density</i> (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_b$	17,39
3.	<i>Water Content</i> (%)	w	43,80
4.	<i>Sieve Analysis</i> dan Hidrometer (%)	<i>Gravel</i>	0,02
		Pasir	6,98
		Lanau	39,45
		Lempung	53,55
6.	Batas Konsistensi <i>Atterberg</i> (%)	Batas Cair	83,76
		Batas Plastis	33,85
		Plastis Indeks	49,91
7.	Klasifikasi	AASHTO	A-7-5
		USCS	Lempung CH

##### Pengujian Utama

Pengujian ini dilakukan pada tanah lempung setelah proses elektroosmosis dengan penerapan beda potensial dan lama pemberian arus yang berbeda, kemudian ditinjau dari parameter kuat geser tanah seperti Tabel 2. dan Tabel 3.

Tabel 2. Rekapitulasi Pengujian Nilai c

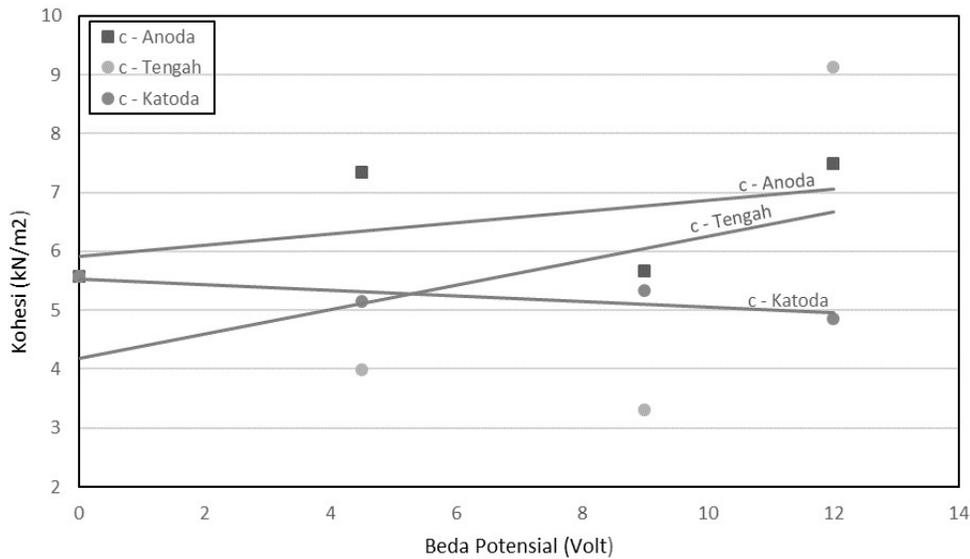
Beda Potensial (V)	Posisi		
	Anoda	Tengah	Katoda
0	4,2032	4,2032	4,2032
4,5	2,4255	3,9369	3,8551
9	5,6297	3,1831	5,5287
12	7,7281	6,0755	7,6337

Tabel 3. Rekapitulasi Pengujian Nilai  $\phi$

Beda Potensial (V)	Posisi		
	Anoda	Tengah	Katoda
0	5,5662	5,5662	5,5662
4,5	7,3426	3,9856	5,1475

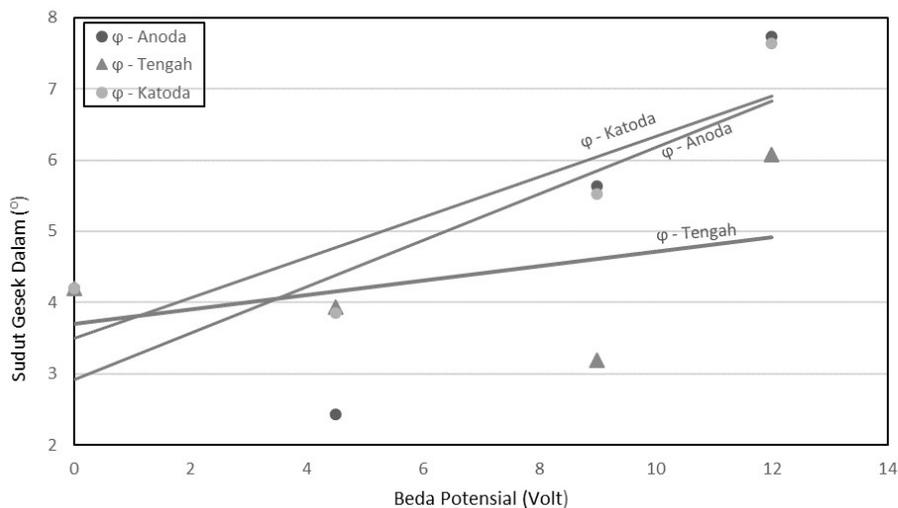
9	5,6732	3,3099	5,3349
12	7,4973	9,1337	4,8529

Dari tabel di atas didapatkan grafik sebagai berikut :



Gambar 2. Hubungan antara parameter c terhadap beda potensial

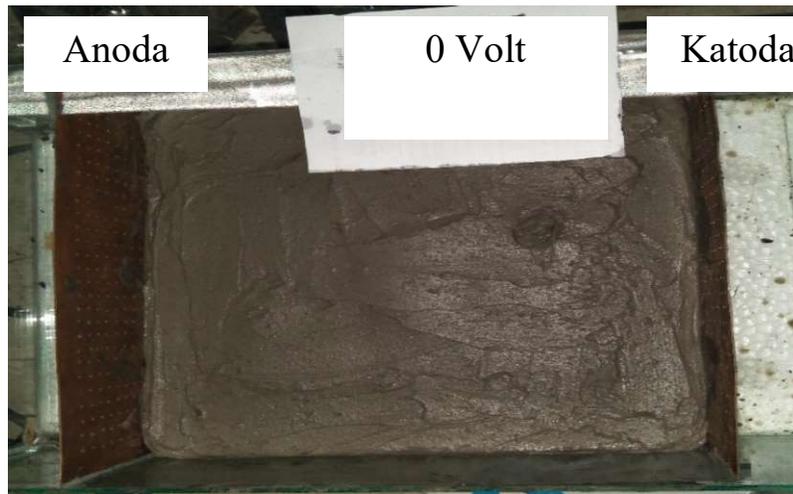
Penerapan beda potensial dan lama pemberian arus saat elektroosmosis mempengaruhi nilai c, karena semakin besar pemberian beda potensial dapat menaikkan nilai c pada posisi anoda. Proses elektroosmosis menyebabkan tanah yang jenuh air mengalirkan airnya dari posisi anoda ke katoda, sehingga tekstur tanah pada anoda lebih kaku dan padat secara visual dibandingkan posisi tengah dan katoda. Dengan menghilangnya air pada anoda jarak antar butiran tanah menjadi lebih dekat yang menyebabkan gaya tarik menarik antar partikel tanah juga semakin naik, sehingga dapat menaikkan nilai c pada posisi anoda dan tengah. Akan tetapi nilai c pada pemberian arus listrik selama tiga hari mengalami penurunan, hal ini berkaitan dengan kandungan tanah yang terlalu jenuh air karena proses elektroosmosis yang mengalirkan air ke katoda sehingga ikatan antar butiran tanah melemah atau hampir tidak ada.



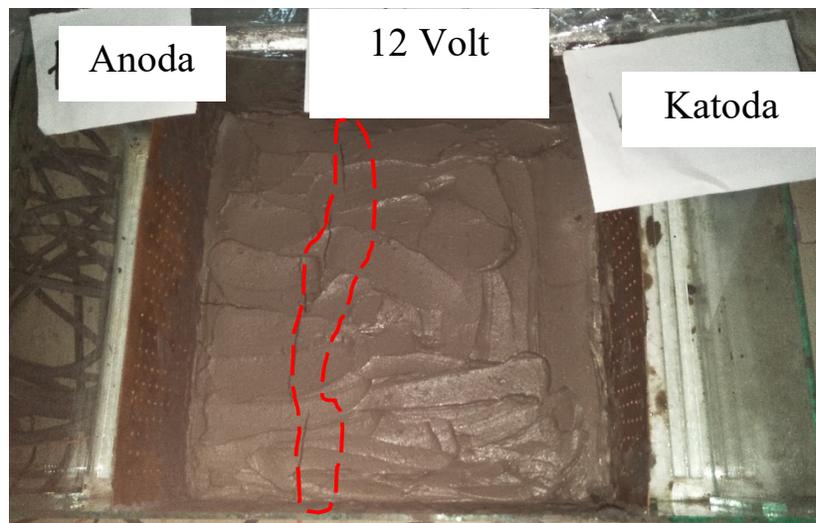
Gambar 3. Hubungan antara parameter φ terhadap beda potensial

Penerapan beda potensial dan lama pemberian arus saat elektroosmosis mempengaruhi nilai  $\phi$ , karena semakin besar pemberian beda potensial dapat menaikkan nilai  $\phi$ . Proses elektroosmosis menyebabkan tanah yang jenuh air mengalirkan airnya dari posisi anoda ke katoda sehingga merapatnya butiran tanah menyebabkan sudut yang dibentuk dari pergeseran antar butiran semakin besar sehingga nilai  $\phi$  naik.

Penerapan elektroosmosis pada tanah dengan variasi beda potensial menyebabkan air terdesak dari anoda ke katoda sehingga air akan keluar dari model uji. Akibat dari proses perpindahan air secara visual juga dapat dilihat dari model uji seperti Gambar 4. dan Gambar 5.



Gambar 4. Tampak visual sampel sebelum proses elektroosmosis



Gambar 5. Tampak visual keretakan sampel setelah proses elektroosmosis

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan seperti berikut:

1. Proses elektroosmosis berpengaruh pada nilai kuat geser tanah, posisi anoda lebih padat dan kaku secara visual dibandingkan tanah yang berada pada posisi tengah dan katoda.
2. Semakin besar beda potensial yang diberikan pada proses elektroosmosis maka nilai  $c$  akan semakin naik pada posisi anoda dan tengah. Sedangkan untuk posisi katoda pada nilai  $c$  mengalami penurunan karena air yang terkumpul pada sisi katoda.

3. Semakin besar beda potensial yang diberikan dan semakin lama pemberian arus pada proses elektroosmosis maka nilai  $\phi$  akan semakin naik pada posisi anoda, tengah dan katoda.

## DAFTAR PUSTAKA

- ASTM D-423-72 Standard Test Method for Sieve Analysis. Annual Books of ASTM Standard USA.
- ASTM D-422-73 Standard Test Method for Hydrometer Analysis. Annual Books of ASTM Standard USA.
- ASTM D-424-74 Standard Test Method for Plastic Index. Annual Books of ASTM Standard USA.
- ASTM D-432-66 Standard Test Method for Plastic Limit and Liquid Limit. Annual Books of ASTM Standard USA.
- ASTM D-3080-90 Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions. Annual Books of ASTM Standard USA.
- Das, B. M., 1995, *Mekanika Tanah (Prinsip – Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid I*, Erlangga, Jakarta.
- Hardiyatmo, Hary Christady, 2006, *Mekanika Tanah 1: Edisi Keempat*, Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Sosrodarsono, Suyono, 1983, *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*. Jakarta : Pradya Paramita.
- SNI 2813. 2008. Cara Uji Kuat Geser Langsung Tanah Terkonsolidasi dan Terdrainase. Bandung : Badan Standarisasi Nasional.
- Terzaghi, Karl dan Ralph B, Peck. 1993. *Edisi Kedua Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa Jilid-1*, Erlangga, Jakarta.
- Atmaja, Yusup R, 2013, *Pengaruh Penggunaan Elektroosmosis Terhadap Parameter Kuat Geser Tanah Lempung*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Kusuma, A., Muntohar, A, 2017, *Pengaruh Lama Pemberian Arus Terhadap Pengembangan Tanah Lempung Ekspansif Metode Elektrokinetik*. Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Majid, Abdul, 2013, *Pengaruh Penggunaan Elektroosmosis Terhadap Tekanan Air Pori pada Tanah Lempung*. Skripsi. Surakarta: Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Wibowo, Budi, 2003, *Uji Model Elektroosmosis pada Tanah Lempung*, Skripsi Sarjana, Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret, Surakarta.