

# PENGUJIAN KUAT GESER LAPANGAN TANAH DI BAWAH MEDAN ARUS LISTRIK

Noviando<sup>1</sup>, Rustamaji<sup>2</sup>, Abubakar Alwi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak

<sup>2</sup>Dosen Teknik Sipil, Universitas Tanjungpura Pontianak

Email : [noviando02@gmail.com](mailto:noviando02@gmail.com)

## ABSTRAK

*Permasalahan yang pada umumnya adalah nilai daya dukung tanah yang rendah dan kadar air tanah yang tinggi karena tanah di wilayah Pontianak di dominasi oleh tanah lunak. Untuk mengetahui kuat geser tanah maka dilakukan pengujian kuat geser lapangan tanah di bawah medan arus listrik, dengan cara mengurangi kandungan air sehingga dapat meningkatkan kuat geser dan daya dukung tanah tersebut, metode elektrokinetik merupakan salah satu metode yang di gunakan untuk mengurangi kadar air yang terdapat di dalam tanah dimana air didalam tanah akan menjauh dari tiang yang di tancapkan dan dialiri listrik di dalam tanah. Penelitian ini menggunakan tiang tanpa perlakuan elektrokinetik tidak di aliri arus listrik, dan ada tiang yang di aliri arus listrik dengan arus sebesar (640 mA) dengan masa tunggu 15 hari, 21 hari, 28 hari, dan 35 hari, ada juga arus sebesar (1280 mA) dengan waktu tunggu yang sama yaitu 15 hari, 21 hari, 28 hari dan 35 hari. Dari hasil vaneshear test tanah tanpa perlakuan di bandingkan dengan tanah perlakuan yang di aliri listrik dengan arus 640 mA dan 1280 mA. Lamanya waktu tunggu dan dialirkan listrik pada tiang pancang dapat meningkatkan kuat geser dan daya dukung pada tanah terutama pada tiang kedalaman 2 meter zona anoda, di karenakan tiang yang di aliri listrik pada zona anoda air yang ada di sekitar tiang zona anoda pindah ke zona katoda. Dengan nilai 0,1809 kg/cm<sup>2</sup> (tanpa perlakuan), 0,3162 kg/cm<sup>2</sup> (arus 640 mA), 0,3226 kg/cm<sup>2</sup> (arus 1280 mA).*

*Kata kunci : daya dukung tanah, elektrokinetik, vaneshear test*

## ABSTRACT

*The problem that generally is the value of low soil carrying capacity and high ground water content because the soil in the Pontianak area is dominated by soft soil. For strong alert, a strong ground field shear tester under electric current is carried out, by reducing the air content so as to increase the shear strength and bearing capacity of the soil, the electrokinetic method is one of the methods used to reduce the moisture content in the soil where the air in the ground will move away from the pole that is plugged in and electrified in the ground. This study uses poles without electrokinetic treatment that are not energized, and there are poles that are energized with a current of (640 mA) with a waiting period of 15 days, 21 days, 28 days, and 35 days, there is also a current of (1280 mA). ) mA) with the same waiting time, namely 15 days, 21 days, 28 days and 35 days. From the experimental results, the untreated soil was compared to the treated soil which was electrified with a current of 640 mA and 1280 mA. The length of time waiting and flowing electricity at the pile can increase the shear and bearing capacity of the soil, especially at the 2 meter depth pile the anode zone, because the pile that is energized in the air anode zone around the anode zone pile moves to the cathode zone. With a value of 0.1809 kg / cm<sup>2</sup> (untreated), 0.3162 kg / cm<sup>2</sup> (current 640 mA), 0.3226 kg / cm<sup>2</sup> (current 1280 mA).*

*Key words: soil bearing capacity, electrokinetic, vaneshear test*

## I. PENDAHULUAN

Terdapat beberapa metode stabilisasi tanah lunak, yaitu metode pembebanan, metode pencampuran dengan bahan kimia, metode pengeringan, metode *grouting*, dan salah satu metode yang dapat digunakan adalah metode yang memanfaatkan gejala-gejala elektrokinetik tanah. Metode elektrokinetik dapat mengubah sifat-sifat tanah seperti kekakuan, kuat geser, plastisitas, kemampuan pampatan, permeabilitas, dan perubahan volume (Muntohar, 2014).

Pada dasarnya, teori elektroosmosis ini adalah perpindahan kation ( $H^+$ ) ke katoda dan anion ( $OH^-$ ) ke anoda. Metode ini mengharuskan arus

listrik akan mengikat air dan membawanya bergerak mengikuti arah listrik tersebut, sehingga dengan mengurangi air dapat meningkatkan daya dukung tanah. Penelitian laboratorium telah membuktikan bahwa fenomena elektroosmosis memberi pengaruh pada tanah, mempercepat proses konsolidasi dan meningkatkan kuat geser tanah, namun yang menjadi permasalahan adalah belum diketahui kuat arus dan waktu tunggu efektif yang dapat menghasilkan perubahan kuat geser tanah yang optimum

Pada penelitian ini, akan dilakukan pengujian kuat geser tanah di lapangan yang telah di berikan arus listrik. Tanah yang telah diberi perlakuan kemudian akan di uji kuat geser tanahnya dengan uji *Vane Shear Test* untuk mengetahui kuat geser tanah yang optimum.

Adapun beberapa kekurangan dari *Vane Shear Test* ini adalah dapat terjadi kesalahan (*error*) yang diakibatkan oleh kelebihan gaya gesek pada batang *Vane Shear Test*, kalibrasi torsi yang tidak sesuai, derajat putaran yang tidak memenuhi standar, sangat tergantung pada operator dalam memutar *Vane Shear Test* sehingga keakuratan hasil sangat dipengaruhi pada operator yang melakukan.

### Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah penelitian ini :

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah berapa besar pengaruh yang ditimbulkan dari fenomena elektroosmosis terhadap kuat geser tanah di lapangan dengan *Vane Shear Test*?

### Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh yang ditimbulkan dari fenomena elektroosmosis terhadap

kuat geser tanah di lapangan dengan *Vane Shear Test*.

### Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian yang diharapkan dari penelitian ini adalah dengan adanya Uji Geser Kipas (*Vane Shear Test*) di lapangan dapat mengetahui efektivitas fenomena elektroosmosis dalam meningkatkan kuat geser tanah, sehingga mampu menambah kualitas daya dukung tanah lunak.

### Pembatasan Masalah

Untuk membatasi ruang lingkup pembahasan, dan mencegah pembahasan menyimpang dari pokok-pokok pembahasan yang telah disebutkan sebelumnya, serta menyadari keterbatasan peneliti akan pengetahuan mengenai topik yang diangkat, maka batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan pada jenis tanah lempung yang berlokasi di Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.
2. Sistem penelitian di lapangan yaitu meneliti pengaruh medan listrik akibat fenomena elektrokinetik dalam meningkatkan kuat geser tanah dengan alat *Vane Shear Test*.
3. Dilakukan pengujian untuk tiang tanpa perlakuan dan tiang dengan perlakuan yang diberikan medan listrik
4. Tiang yang digunakan adalah tiang besi *hollow* diameter 4 cm dan panjang 4 m sebagai tiang anoda dan tulangan diameter 5 mm dengan panjang 4 m sebagai tiang katoda.
5. Untuk tiang tanpa perlakuan, waktu tunggu tiang yakni 15 hari, 21 hari, 28 hari dan 35 hari.
6. Untuk tiang dengan perlakuan, jarak antara tiang anoda dan katoda adalah 30 cm, 1 tiang anoda diberikan 4 tiang katoda di sekelilingnya sesuai dengan mata angin.
7. Arus listrik yang diberikan pada tiang dengan perlakuan yakni 640 mA dengan waktu tunggu 15 hari, 21 hari, 28 hari dan 35 hari, serta 1280 mA dengan waktu tunggu yang sama.
8. Hasil pengujian pada tanah tanpa perlakuan akan dibandingkan dengan pengujian pada tanah dengan perlakuan yang diberikan medan listrik.
9. Prosedur dan tata cara melakukan pengujian kuat geser tanah mengacu pada standar pengujian pada *vane shear*.

10. *Vane Shear Test* hanya dilakukan pada anoda, katoda, dan space di antara anoda dan katoda. Satu sampel tiang hanya diambil masing-masing satu pengujian *vane shear* untuk tiang dengan perlakuan.
11. Untuk tiang tanpa perlakuan, VST hanya dilakukan pada tiang anoda.
12. Kedalaman VST yang dilakukan adalah 0,5 m; 1 m; 2 m; dan 4 m.

### Hipotesa Penelitian

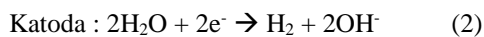
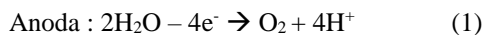
Dalam penelitian ini, akan dibuktikan pengaruh proses elektrokinetik terhadap kuat geser tidak terdrainase di lapangan akibat fenomena elektroosmosis. Hipotesis sementara dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pemberian variasi waktu tunggu mengaliri listrik dengan arus sebesar 640 mA selama 15 hari, 21 hari, 28 hari dan 35 hari dapat meningkatkan nilai kuat geser tak terdrainase (*undrained*) di lapangan.
2. Pemberian variasi waktu tunggu mengaliri listrik dengan arus sebesar 1280 Ma selama 15 hari, 21 hari, 28 hari dan 35 hari juga dapat meningkatkan nilai kuat geser tak terdrainase (*undrained*) di lapangan.

## II. METODOLOGI DAN PUSTAKA

Metode elektrokinetik ini menggunakan arus listrik yang dialirkan pada anoda dan katoda. Pada saat anoda dan katoda di tanam di dalam tanah dan di beri aliran listrik, maka terjadi proses elektrolisis.

dengan persamaan sebagai berikut :



Pada dasarnya, teori elektroosmosis ini adalah perpindahan kation ( $\text{H}^+$ ) ke katoda dan anion ( $\text{OH}^-$ ) ke anoda.

Metode elektrokinetik sebagai alternatif perbaikan tanah memiliki beberapa kelebihan, seperti dapat diterapkan pada tanah yang memiliki permeabilitas rendah, efektif untuk tanah yang memiliki butiran sangat halus, dan derajat kontrol arah aliran air pori tinggi. Beberapa faktor yang berpengaruh pada proses elektrokinetik adalah sebagai berikut :

**Tabel 1.** Karakteristik Tanah

Faktor-Faktor	Karakteristik	
Ukuran butiran tanah dan tipe mineral	Efektif bila 30% atau lebih ukuran butiran lebih kecil dari 2 mm. Lebih efektif pada <i>silty clays</i> dengan <i>moderate plasticity</i> (kaolinite dan illite) dibandingkan pada <i>high plasticity clays</i> .	
Kondisi Tanah	Kadar garam	Tidak efektif pada tanah yang memiliki kadar garam yang tinggi. Tidak efektif pada pH yang rendah (pH < 6)
	pH	Sangat efektif pada pH yang tinggi (pH > 9)
	<i>Current density</i>	Bervariasi tergantung pada karakteristik geoteknik tanah.
Sistem	Macam elektroda	Logam perak, platinum, besi, dan tembaga lebih efektif daripada aluminium, carbon hitam, dan timah.
	Konfigurasi elektroda	Direncanakan berdasarkan kondisi lapangan (arah aliran air pori)

Pengujian *vane shear* dilakukan hingga kedalaman 6 m. Pengujian dihentikan apabila tanah memasuki lapisan relatif keras dengan bacaan kuat geser >50 kPa. Ini dilakukan dengan pertimbangan untuk menghindari kerusakan pada alat dan kesalahan pembacaan nilai momen torsi. Nilai kisaran kuat geser tak terdrainase dari berbagai lapisan tanah tertera pada tabel.

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan lempung jenuh sempurna dalam keadaan tak terdrainase (*undrained*). Pengujian ini sangat cocok untuk jenis tanah lunak, dimana kekuatan gesernya dapat berubah pada saat pengambilan contoh dan pada saat penanganannya.

Alat geser sudu ini memiliki interval pembacaan momen toris dari 0 sampai 260 kPa, dimana interval nilai momen torsi tersebut dapat dilihat dari penggunaan tiga buah sudu (*vane*) yang digunakan.

Keakuratan alat geser sudu ini harus berada di antara 10% dari pembacaan. Berikut merupakan tiga ukuran dari *vane shear* yang dapat digunakan dengan nilai kalibrasi yang disesuaikan sesuai ukuran :

**Tabel 2.** Pembacaan Vaneshear Test

Vane	Kalibrasi
16 x 32 mm (ekstra)	2
20 x 40 mm (standar)	1
25,4 x 50,8 mm (ekstra)	0,5

Uji geser vane shear menggunakan alat-alat yang terdiri dari sebuah sudu (vane) dan baja anti karat dengan empat buah daun yang tegak lurus satu sama lain, yang berhubungan dengan sebuah batang baja mutu tinggi. Batang tersebut diakhiri oleh sebuah katup yang dipenuhi minyak pelumas.

Sudu-sudu dan batang baja tersebut di tekan ke dalam lempung pada dasar sebuah lubang sampai kedalaman paling sedikit tiga kali diameter lubang. Bila dikerjakan dengan hati-hati akan di dapat contoh tanah yang tidak begitu terganggu. Untuk mempertahankan batang baja dan katup serta berada di pusat lubang, maka digunakan bantalan tetap.

Ujung atas batang baja diputar secara berangsur-angsur dengan menggunakan peralatan yang sesuai, sampai tanah lunak tersebut mengalami keruntuhan geser akibat rotasi sudu-sudu. Keruntuhan geser terjadi pada permukaan dan pada ujung-ujung silinder yang memiliki diameter sama dengan keseluruhan sudu-sudu. Kemudian nilai kuat geser untuk tanah lunak tersebut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$Su = \text{Dial Reading} \times 10 \times k \quad (3)$$

Keterangan :

Su = Nilai kuat geser saat terjadi keruntuhan

10 = 10% dari pembacaan sebenarnya

K = Nilai kalibrasi baling

Digunakan untuk menentukan kuat geser undrained di lapangan terhadap lempung jenuh yang tidak retak-retak. Sangat cocok untuk lempung lunak. Berdasarkan uji vane shear dapat diperoleh hubungan :

$$T = MS + MT + MB \quad (4)$$

Keterangan :

T = Torsi maksimum penyebab keruntuhan

MS = Tahanan momen sisi silinder

MT = Tahanan momen puncak

MB = Tahanan momen dasar

Karena :

$$MS = \pi dh (d/2) Su$$

$$MT = MB (\pi/4) d^2 (d/2) Su$$

Maka :

$$T = \pi Su [(\pi dh d/2) + 2(\pi d^2/4(2/3)(d/2))] \quad (5)$$

Dari persamaan di atas diperoleh :

$$Su = T/\pi [d^2 h/2 + d^3/12] \quad (6)$$

Keterangan :

Su = Cu = Kohesi/kuat geser undrained

T = Puntiran pada saat kegagalan

d = Lebar seluruh kipas

h = Tinggi kipas

## Bahan dan Peralatan

### Bahan/Sampel

Adapun bahan atau sampel yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini adalah :

1. Sampel tanah berupa tanah lempung lunak kondisi asli (tidak terganggu) berlokasi tepat disamping laboratorium Tenaga Tegangan Listrik Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura.
2. Tiang baja (pipa baja) dengan diameter 4 cm dan panjang 4,30 m (disisakan 30 cm di atas permukaan tanah). Jumlah sampel dapat dilihat pada tabel 3.1

**Tabel 3.** Jumlah Sampel Tiang yang Diuji

Perlakuan	Variabel	Jumlah Sampel Tiang
Tanpa Perlakuan Elektrokinetik	15 hari (640 mA)	3
	21 hari (640 mA)	3
	28 hari (640 mA)	3
	35 hari (640 mA)	3
Dengan Perlakuan Elektrokinetik	15 hari (1280 mA)	3
	21 hari (1280 mA)	3
	28 hari (1280 mA)	3
	35 hari (1280 mA)	3
<b>TOTAL</b>		<b>36</b>

3. Model pemancangan tiang tunggal digunakan tiang baja pipa berdiameter 4 cm dengan panjang 430 cm.
4. Baja tulangan berdiameter 10 mm dengan panjang 430 cm.
5. DC power supply.
6. Solder dan timah solder.
7. Jepit buaya.
8. Kabel listrik.
9. Terminal listrik.

### Peralatan

Adapun peralatan yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini adalah :

1. Alat *vane shear test*.
2. Kunci-kunci pipa.
3. Meteran.

## Prosedur Penelitian Lapangan Persiapan Penelitian

Pekerjaan persiapan yang dilakukan merupakan pekerjaan persiapan lokasi penelitian sampai siap dilakukan uji geser kipas (*vane shear test*) lapangan.

1. Tujuan  
Untuk menyiapkan tiang percobaan agar dapat dilakukan perlakuan elektrokinetik.
2. Langkah Pekerjaan  
Adapun langkah-langkah pekerjaan yang dilakukan :
  - a. Pembersihan lokasi penelitian yang sudah ditentukan.
  - b. Pemancangan tiang besi diameter 4 cm sedalam  $\pm 4$  m.

## Aplikasi Perlakuan Elektrokinetik

Tiang pancang diberi perlakuan elektrokinetik dengan variabel kuat arus 640 mA dan 1280 mA dengan variabel waktu selama 15 hari, 21 hari, 28 hari, dan 35 hari. Adapun prosedur yang dilakukan sebagai berikut :

1. Pancang 1 model tiang pancang pada kedalaman 4 meter dengan jarak antar tiang pancang sejauh  $\pm 3$  m untuk masing-masing variabel, tiang ini berfungsi sebagai anoda.
2. Tanam besi beton dengan kedalaman 4 meter yang berfungsi sebagai katoda dengan jarak 30 cm pada 4 penjuru tiang.
3. Alirkan arus listrik pada kedua elektroda secara kontinu dengan durasi waktu yang ditentukan menggunakan DC *power supply*.
4. Instalasi alat untuk perlakuan elektrokinetik dengan variabel kuat arus 640 mA, 1280 mA, masing-masing sebanyak 3 sampel.
5. Instalasi alat untuk perlakuan elektrokinetik dengan variabel waktu selama 15 hari, 21 hari, 28 hari, dan 35 hari yang dialiri kuat arus.

## Pengujian Geser Kipas (*Vane Shear Test*) Lapangan

Pada penelitian ini, pengujian dilakukan dengan *Field Vane Shear Test in Cohesive Soils* (AASHTO, D : T, 223-96). Alat geser ini memiliki interval pembacaan momen torsi dari 0 sampai 260 kPa, interval nilai momen torsi tersebut dapat dilihat dari 3 buah ukuran kipas (*vane*) yang berbeda.

Pengujian *vane shear* dilakukan hingga kedalaman 4 m. Pengujian dihentikan apabila tanah memasuki lapisan relatif keras dengan bacaan kuat geser  $>50$  kPa. Ini dilakukan dengan pertimbangan

untuk menghindari kerusakan pada alat dan kesalahan pembacaan nilai momen torsi. Nilai kisaran kuat geser tak terdrainase dari berbagai lapisan tanah tertera pada tabel :

**Tabel 4.** Ciri Ciri Tanah

Kuat Geser Tak Terdrainase (kPa)	Istilah	Ciri-Ciri
<12	Sangat Lunak	Mudah keluar diantara jari ketika diremas
12 – 25	Lunak	Sulit keluar diantara jari ketika diremas
25 – 50	Agak Kaku	Dapat ditekan masuk oleh ibu jari dengan sedikit usaha
50 – 100	Kaku	Dapat ditekan masuk dengan tekanan ibu jari
100 – 200	Sangat Kaku	Dapat ditekan masuk dengan kuku ibu jari
200 – 500	Keras	Sulit ditekan masuk dengan kuku ibu jari

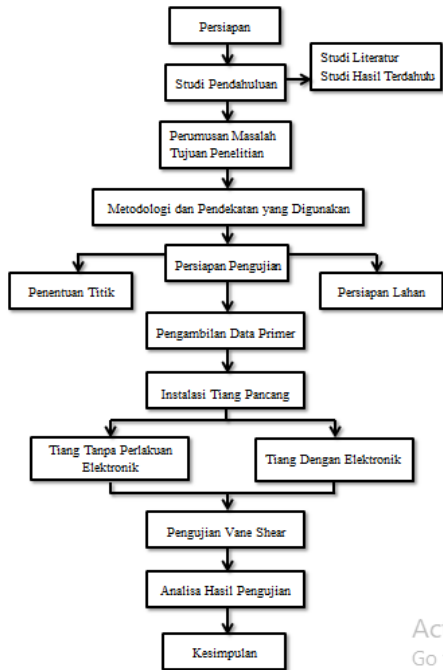
## Peralatan *Vane Shear* Lapangan

- a. Alat pemutar beserta alat ukur pembacaan
- b. Seperangkat pipa *vane shear* lapangan, dengan panjang masing-masing batang adalah 50 cm.
- c. Kipas atau *vane*.
- d. Kunci-kunci pipa

## Prosedur Pelaksanaan

- a. Pasang alat uji *vane shear* lapangan secara vertikal di tempat yang akan diuji.
- b. Kipas atau *vane* dipasang diujung setelah pipa *vane shear*.
- c. Rangkaian pipa pertama dipasang pada alat uji *vane shear*.
- d. Pipa *vane shear* beserta kipas ditekan pada kedalaman yang diinginkan.
- e. Pembacaan :
  - 1) Alat pemutar yang sudah ada alat pembacanya dan sudah disambung dengan pipa dan kipas, diputar secara berangsur sampai lempung tergeser akibat rotasi dan kipasnya.
  - 2) Kecepatan rotasi harus dalam interval  $6^\circ$  sampai  $12^\circ$  per menit.
  - 3) Jika diinginkan, hubungan antara tenaga puntiran dan rotasi dapat dicatat selama pengujian.

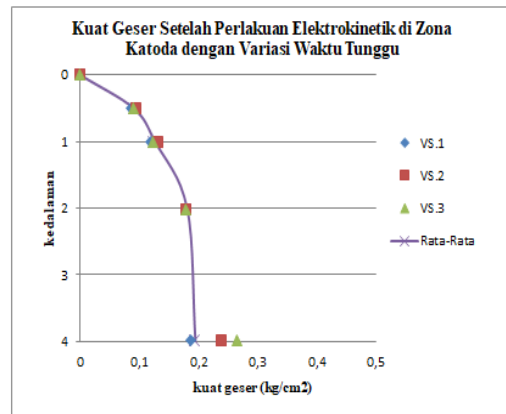
- 4) Pembacaan dilakukan setiap kedalaman yang diinginkan.



Gambar 1. Diagram Alir

### III. HASIL PENELITIAN DAN ANALISA DATA

Kedalaman (m)	Tanpa Perlakuan Elektronik			
	VS.1 Su (kg/cm <sup>2</sup> )	VS.2 Su (kg/cm <sup>2</sup> )	VS.3 Su (kg/cm <sup>2</sup> )	Rata-Rata Su (kg/cm <sup>2</sup> )
0.0 - 0.0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0.0 - 0.5	0,0844	0,0965	0,0904	0,0904
0.5 - 1.0	0,1206	0,1326	0,1266	0,1266
1.0 - 2.0	0,1809	0,1809	0,1809	0,1809
2.0 - 4.0	0,1899	0,2412	0,2653	0,1949

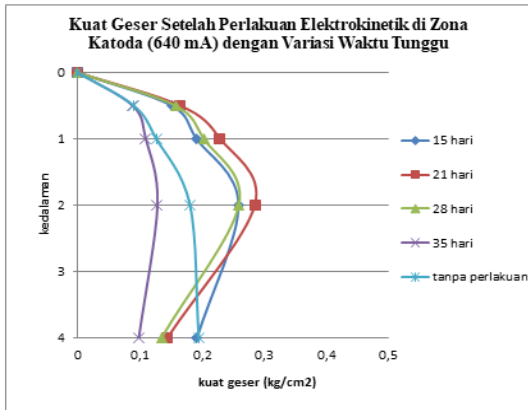


Gambar 2. Grafik Hasil Tanah Tanpa Perlakuan

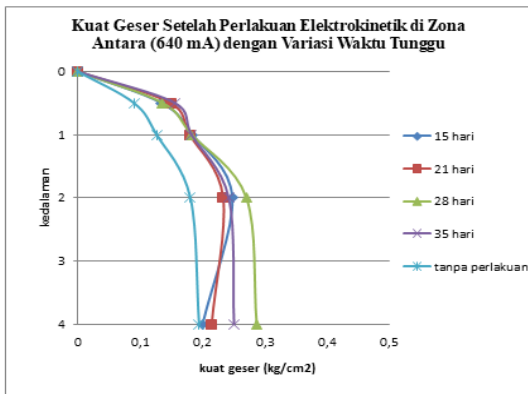
Berdasarkan gambar 2, diperoleh grafik hubungan kuat geser tak terdrainase tanah dan kedalaman. Hasil pengujian dapat dilihat terjadi peningkatan pada setiap kedalaman. Rata-rata peningkatan nilai kuat geser tertinggi terdapat pada kedalaman 4 meter sebesar 0,1949 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabel 5. Hasil Uji Geser Kipas Lapangan Setelah Perlakuan Elektronik dengan Variabel Waktu Tunggu dan Dialiri Arus yang Sama (640 mA)

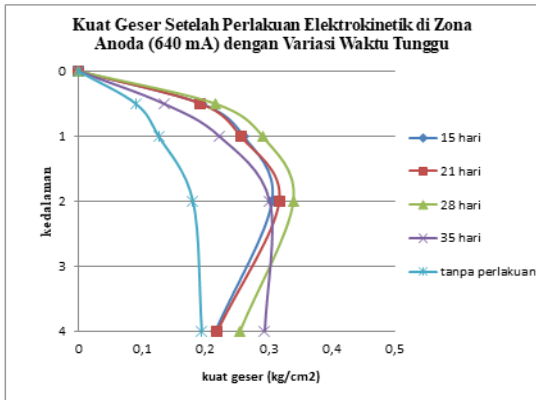
Posisi	Kedalaman (m)	Variabel Hari			
		15 Hari Su (kg/cm <sup>2</sup> )	21 Hari Su (kg/cm <sup>2</sup> )	28 Hari Su (kg/cm <sup>2</sup> )	35 Hari Su (kg/cm <sup>2</sup> )
Tanpa Perlakuan	0.0 - 0.0			0,0000	
	0.0 - 0.5			0,0904	
	0.5 - 1.0			0,1266	
	1.0 - 2.0			0,1809	
	2.0 - 4.0			0,1949	
	0.0 - 0.0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Katoda	0.0 - 0.5	0,1514	0,1653	0,1575	0,0886
	0.5 - 1.0	0,1912	0,2294	0,2030	0,1096
	1.0 - 2.0	0,2590	0,2852	0,2596	0,1284
	2.0 - 4.0	0,1922	0,1447	0,1353	0,0985
	0.0 - 0.0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Antara	0.0 - 0.5	0,1345	0,1488	0,1365
0.5 - 1.0		0,1843	0,1798	0,1831	0,1827
1.0 - 2.0		0,2480	0,2335	0,2707	0,2424
2.0 - 4.0		0,2004	0,2149	0,2873	0,2510
0.0 - 0.0		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Anoda		0.0 - 0.5	0,1942	0,1932	0,2163
	0.5 - 1.0	0,2610	0,2563	0,2907	0,2225
	1.0 - 2.0	0,3058	0,3172	0,3395	0,3022
	2.0 - 4.0	0,2161	0,2191	0,2552	0,2945
	0.0 - 0.0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	0.0 - 0.5	0,1942	0,1932	0,2163	0,1351



**Gambar 3.** Grafik Hasil Tanah Perlakuan Zona Katoda (640 mA)



**Gambar 4.** Grafik Hasil Tanah Perlakuan Zona antara (640 mA)



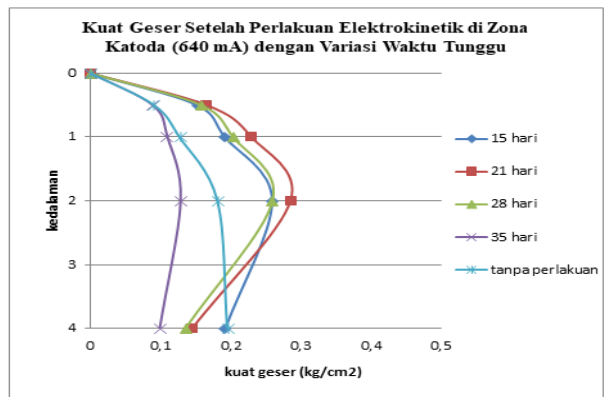
**Gambar 5.** Grafik Hasil Tanah Perlakuan Zona anoda (640 mA)

Dari ke tiga zona katoda, zona antara dan zona anoda serta variasi waktu 15 hari, 21 hari, 28 hari, dan 35 hari dapat di lihat dari grafik gambar 3, gmba 4 dan gambar 5 nilai kuat geser terhadap tiang tanpa perlakuan dari setiap zona nilai kuat geser yang di hasilkan meningkat. Terutama di kedalaman 2 meter di tiang anoda dengan nilai 0,3058 kg/cm<sup>2</sup>; 0,3172 kg/cm<sup>2</sup>; 0,3395 kg/cm<sup>2</sup>;

0,3022 kg/cm<sup>2</sup>; di karenakan proses elektrokinetik yaitu air menjauhi tiang anoda dan berpindah ke tiang katoda.

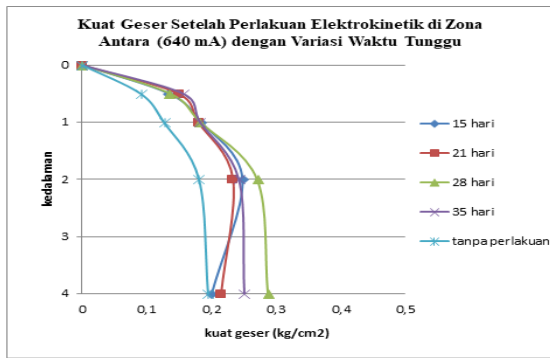
**Tabel 6.** Hasil Uji Geser Kipas Lapangan Setelah Perlakuan Elektronik dengan Variabel Waktu Tunggu dan Dialiri Arus yang Sama (1280 mA)

Posisi	Kedalaman (m)	Variabel Hari			
		15 Hari Su (kg/cm <sup>2</sup> )	21 Hari Su (kg/cm <sup>2</sup> )	28 Hari Su (kg/cm <sup>2</sup> )	35 Hari Su (kg/cm <sup>2</sup> )
Tanpa Perlakuan	0.0 – 0.0			0,0000	
	0.0 – 0.5			0,0904	
	0.5 – 1.0			0,1266	
	1.0 – 2.0			0,1809	
	2.0 – 4.0			0,1949	
Katoda	0.0 – 0.0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	0.0 – 0.5	0,1068	0,1208	0,1065	0,1721
	0.5 – 1.0	0,1552	0,1660	0,1704	0,2008
	1.0 – 2.0	0,1905	0,2364	0,2374	0,2348
	2.0 – 4.0	0,1209	0,2080	0,1440	0,1594
Antara	0.0 – 0.0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	0.0 – 0.5	0,1139	0,1208	0,1217	0,1413
	0.5 – 1.0	0,1512	0,1660	0,1968	0,1700
	1.0 – 2.0	0,2590	0,2364	0,2445	0,2837
	2.0 – 4.0	0,1633	0,2080	0,0903	0,1275
Anoda	0.0 – 0.0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	0.0 – 0.5	0,1935	0,1734	0,1704	0,1785
	0.5 – 1.0	0,2278	0,2227	0,2323	0,2837
	1.0 – 2.0	0,2832	0,3289	0,3094	0,3687
	2.0 – 4.0	0,2963	0,3120	0,3074	0,3549

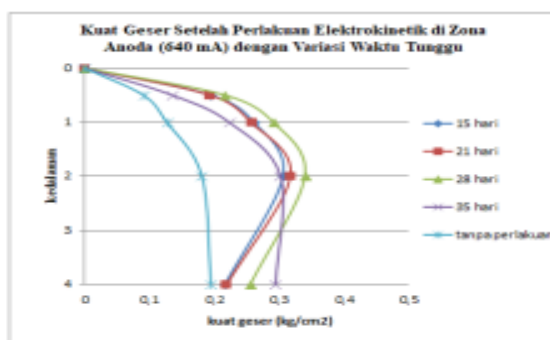


**Gambar 6.** Grafik Hasil Tanah Perlakuan Zona katoda (1280 mA)





**Gambar 7.** Grafik Hasil Tanah Perlakuan Zona antara (1280 mA)



**Gambar 8.** Grafik Hasil Tanah Perlakuan Zona anoda (1280 mA)

Dari ke tiga zona katoda, zona antara dan zona anoda serta variasi waktu 15 hari, 21 hari, 28 hari, dan 35 hari dapat di lihat dari grafik gambar 6, gmba 7 dan gambar 8 nilai kuat geser terhadap tiang tanpa perlakuan dari setiap zona nilai kuat geser yang di dihasilkan meningkat. Terutama di kedalaman 2 meter di tiang anoda dengan nilai 0,3058 kg/cm<sup>2</sup>; 0,3172 kg/cm<sup>2</sup>; 0,3395 kg/cm<sup>2</sup>; 0,3022 kg/cm<sup>2</sup>; di karenakan proses elektrokinetik yaitu air menjauhi tiang anoda dan berpindah ke tiang katoda.

Dan juga dari setiap kedalaman dari 0,5 meter; 1 meter; 2 meter dan 4 meter terhadap zona katoda terhadap zona anoda dapat di simpulkan dari setiap pemberian arus 640 mA dan 1280 mA setiap kedalaman meningkat di karenakan pemberian arus pada setiap waktu tunggu yang di berikan sehingga tanah menjadi menjadi baik dari tanah yang sebelumnya yang tidak di berikan aliran listrik sehingga nilai kuat gesernya meningkat tetapi di kedalaman 4 meter nilai kuat geser menurun di bandingkan kedalaman 2 meter di arus 640 mA dan 1280 mA tetapi pada kedalaman 4 meter nilai kuat geser lebih besar dari pada nilai kuat geser terhadap tanah tanpa perlakuan pada zona anoda, di karena

pada zona anoda, ion air berpindah dari posisi anoda menuju tiang katoda

### III. KESIMPULAN

1. Berdasarkan hasil analisa data sekunder tes laboratorium dan tes sondir pada tanah di lokasi penelitian, didapatkan hasil klasifikasi tanah menurut AASHTO bahwa tanah termasuk golongan A-7-5, dimana golongan A-7-5 termasuk tanah berlempung.
2. Dari hasil uji kuat geser (*vane shear test*) lapangan, nilai kuat geser tak terdrainase ( $c_u$ ) tanah tanpa perlakuan mengalami peningkatan pada setiap kedalaman. Untuk kedalaman 0,5 meter sebesar 0,0904 kg/cm<sup>2</sup>; 1 meter sebesar 0,1266 kg/cm<sup>2</sup>; 2 meter sebesar 0,1809 kg/cm<sup>2</sup> dan kedalaman 4 meter sebesar 0,3497 kg/cm<sup>2</sup>.
3. Pada penelitian ini, nilai kuat geser tanah ( $c_u$ ) dengan perlakuan di zona katoda antara dan anoda dengan variasi waktu tunggu yang berbeda 15 hari, 21 hari, 28 hari dan 35 hari yang dialiri arus (640 mA) dan (1280 mA) dimana pada kedalaman 2 meter kuat geser mencapai nilai optimum untuk katoda, antara, anoda berturut-turut 0,2348 kg/cm<sup>2</sup>; 0,2837 kg/cm<sup>2</sup>; 0,3687 kg/cm<sup>2</sup> (640 mA pada hari ke 35) kemudian pada kedalaman 4 meter mengalami penurunan. untuk katoda, antara, anoda berturut-turut 0,0000 kg/cm<sup>2</sup>; 0,0387 kg/cm<sup>2</sup>; 0,1151 kg/cm<sup>2</sup> (640 mA pada hari ke 35)
4. Kuat geser tak terdrainase ( $c_u$ ) tanah pada kedalaman 2 meter setelah perlakuan elektrokinetik pada zona anoda dengan arus 640 mA dan variasi tunggu 15, 21, 28 dan 35 hari berturut-turut dengan nilai 0,3058 kg/cm<sup>2</sup>; 0,3172 kg/cm<sup>2</sup>; 0,3395 kg/cm<sup>2</sup>; 0,3022 kg/cm<sup>2</sup> daripada nilai kuat geser tak terdrainase ( $c_u$ ) tanah tanpa perlakuan dengan nilai 0,1809 kg/cm<sup>2</sup>;
5. Kuat geser tak terdrainase ( $c_u$ ) tanah pada kedalaman 2 meter setelah perlakuan elektrokinetik pada zona anoda dengan arus 1280 mA dan variasi tunggu 15, 21, 28 dan 35 hari berturut-turut dengan nilai 0,2832 kg/cm<sup>2</sup>; 0,3289 kg/cm<sup>2</sup>; 0,3094 kg/cm<sup>2</sup>; 0,3687 kg/cm<sup>2</sup>; daripada nilai kuat geser tak terdrainase ( $c_u$ ) tanah tanpa perlakuan dengan nilai 0,1809 kg/cm<sup>2</sup>.
6. Semakin besar waktu tunggu semakin besar pula kuat geser yang terjadi, ini menunjukkan bahwa perpindahan air terus terjadi selama waktu tunggu yang di tentukan
7. Nilai perbandingan kuat geser tak terdrainase ( $c_u$ ) tanah tanpa perlakuan terhadap kuat geser ( $c_u$ ) tanah dengan



perlakuan pada zona anoda dengan variasi waktu tunggu 15, 21, 28, dan 35 hari (640 mA) berturut-turut diperoleh persentase sebesar 69,0712 %; 75,3741 %; 87,7034 % dan 67,0809 %

8. Nilai perbandingan kuat geser tak terdrainase ( $c_u$ ) tanah tanpa perlakuan terhadap kuat geser ( $c_u$ ) tanah dengan perlakuan pada zona anoda dengan variasi waktu tunggu 15, 21, 28, dan 35 hari (1280 mA) berturut-turut diperoleh persentase sebesar 56,5761 %; 81,8428 %; 71,0616% dan 103,8475 %
9. Nilai persentase perbandingan kuat geser pada zona anoda untuk arus (640 mA) terhadap (1280 mA) pada kedalaman 2 meter untuk variasi tunggu 15, 21, 28, dan 35 hari berturut-turut -7,390%; 3,689 %; -8,866 % dan 22,005 %. Dari hasil ini bahwa peningkatan arus (640 mA ke 1280 mA) tidak mempengaruhi peningkatan nilai kuat geser yang terjadi.
10. Penelitian ini merupakan gejala elektroosmosis, di karenakan pada tiang sebelum di beri aliran listrik nilai kuat gesernya terhadap tiang yang sudah di beri aliran listrik berbeda. Terutama tiang pada zona anoda nilai kuat gesernya meningkat dari nilai kuat geser sebelum di alirkan listrik, dapat dilihat di tabel 4.4 ( arus 640 mA ) dan tabel 4.5 ( arus 1280 mA )

## SARAN

1. Perlu dilakukan penjadwalan yang baik dalam melakukan penelitian, sebaiknya dilakukan penelitian di lapangan pada saat musim kemarau mengingat kondisi lokasi penelitian berada pada daerah dengan tanah lunak.
2. Ketelitian sangat diperlukan dalam penelitian ini agar didapatkan hasil yang sesuai dengan yang diinginkan baik alat maupun proses pengerjaan sampel.
3. Diperlukan kajian dan penelitian lanjutan untuk variabel yang beragam baik variabel waktu dan variabel arus yang diberikan untuk mendapatkan nilai optimum kuat geser tak terdrainase ( $c_u$ ) pada perlakuan elektrokinetik.
4. Diperlukan kajian dan penelitian terhadap kedalaman elektroda dalam

skala lapangan untuk mengetahui penyebaran distribusi elektroda yang efektif sehingga mendapatkan nilai kuat geser tak terdrainase ( $c_u$ ) yang optimal pada kondisi tanah yang lain.

5. Untuk kedalaman 4 meter dalam melakukan uji *vaneshear test* sebaiknya peneliti harus sangat teliti di karenakan semakin dalam tanah maka tanah semakin keras, oleh karena itu alat *vaneshear test* dalam pemutaran torsinya juga semakin keras, karena bisa menyebabkan eror dalam pengambilan data.
6. Kuat geser baling harus ada koreksinya untuk mengetahui penurunan tanah yang terjadi di dalam tanah terutama pada kedalaman yang paling dalam

## DAFTAR PUSTAKA

- Atmaja, Yusuf Resha. 2013. Pengaruh Penggunaan Elektroosmosis Terhadap Parameter Kuat Geser Tanah Lempung. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Bowles, Joseph E. 1999. Sifat-Sifat Fisis Dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah). Jakarta Erlangga
- Das, B. M. 1995. Mekanika Tanah (prinsip-prinsip rekayasa geoteknik), Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Hary christady hardiyatmo, 2002, Mekanika Tanah 1, Ugm Press
- Juniardi, Fitr. 2016. Korelasi Hasil Pengujian Mackintosh Probe Test (MP) Dengan Sifat Mekanik Tanah Di Kota Pontianak. Pontianak: Universitas Tanjungpura
- Rustamaji, Raden Mas. 2007. Ground Improvemen Elektro Chemical Injection. Aachen: RWTH Aachen University
- Utomo, Marsudi. 2018. Analisa Pengaruh Waktu Pada Fenomena Elektrokinetik Terhadap Daya Dukung Tiang Tunggal. Pontianak: Universitas Tanjungpura