

**PENGARUH KEDALAMAN ELEKTRODA METODE ELEKTROKINETIK  
TERHADAP PENGEMBANGAN TANAH LEMPUNG EKSPANSIF**

Rizla Sheila<sup>1</sup>, Agus Setyo Muntohar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Mahasiswa (20120110021), <sup>2</sup>Dosen Pembimbing I*

**ABSTRAK**

Tanah lempung ekspansif dikenal sebagai tanah yang memiliki potensi pengembangan dan penyusutan tanah yang sangat tinggi akibat perubahan kadar airnya. Potensi inilah yang sering menyebabkan kerusakan pada struktur bangunan dan jalan, seperti jalan bergelombang, retak, dan lain-lain. Oleh karena itu, dibutuhkan metode stabilisasi tanah untuk mengatasi masalah pengembangan dan penyusutan yang terjadi pada tanah lempung ekspansif.

Pada penelitian ini bertujuan untuk mengurangi potensi pengembangan dan penyusutan yang terjadi pada tanah lempung menggunakan metode elektrokinetik. Metode elektrokinetik merupakan suatu metode stabilisasi tanah dengan cara memberikan tegangan beda potensial pada anoda (kutub positif) dan katoda (kutub negatif) yang ditanam pada tanah untuk memperbaiki karakteristik tanah. Dalam penelitian ini, tanah lempung ekspansif diberi tegangan listrik tetap sebesar 12 volt dengan jarak elektroda sebesar 20 cm dan variasi kedalaman elektroda sebesar 5 cm, 10 cm dan 15 cm.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa besarnya pengembangan pada tanah lempung dapat ditahan oleh proses elektrokinetik. Hal ini dibuktikan dari hasil pengembangan maksimal tanpa elektrokinetik sebesar 19,267% mengalami penyusutan dengan pengembangan maksimal yang terjadi pada elektrokinetik dengan kedalaman elektroda 5 cm, 10 cm dan 15 cm berturut-turut sebesar 13,447%; 14,577%; dan 14,960%. Dapat disimpulkan bahwa metode elektrokinetik dapat digunakan sebagai metode stabilisasi tanah lempung ekspansif.

Kata kunci : tanah lempung ekspansif, pengembangan tanah, stabilisasi tanah, metode elektrokinetik

## PENDAHULUAN

Tanah lempung ekspansif adalah jenis tanah yang memiliki potensi pengembangan dan penyusutan sangat besar akibat pengaruh dari perubahan kadar airnya. Potensi tanah inilah yang sering menyebabkan kerusakan pada struktur bangunan dan jalan, seperti jalan bergelombang, retak, dan lain-lain.

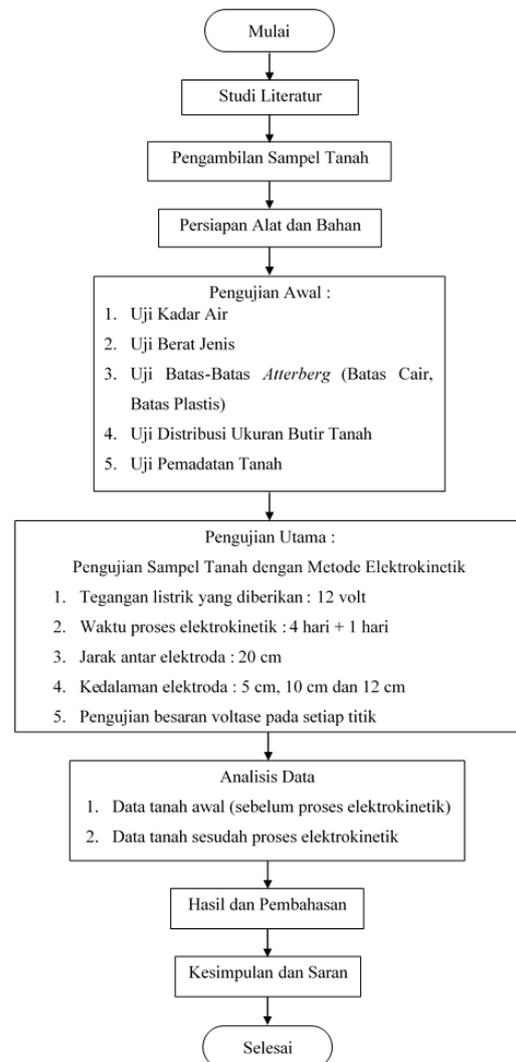
Stabilisasi tanah merupakan salah satu metode yang lazim digunakan untuk perbaikan tanah. Stabilisasi tanah dapat diartikan sebagai perbaikan dari stabilitas atau daya dukung (*bearing*) tanah dengan berbagai metode fisik, kimia, atau biologi agar memenuhi persyaratan teknis sebagai bahan konstruksi. Persyaratan teknis ini akan berbeda-beda sesuai dengan kegunaan tanah dan kondisi lingkungan. Metode stabilisasi ini merubah sifat-sifat tanah seperti kuat geser, kekakuan, kemampuan (*compressibility*), permeabilitas, pengembangan, plastisitas dan perubahan volume. (Muntohar, 2014)

Pada penelitian ini, metode stabilisasi yang digunakan adalah metode elektrokinetik. Metode ini terdiri dari penerapan arus searah (DC) untuk memberikan medan listrik pada tanah melalui sepasang elektroda. Metode ini sangat baik untuk tanah permeabilitas rendah. Namun, metode elektrokinetik belum banyak digunakan sebagai praktik umum dalam rekayasa geoteknik karena kurangnya pemahaman tentang efek elektrokimia dan fenomena fisika yang terjadi ketika stabilisator kimia diperkenalkan bersamaan dengan berlalunya arus melalui sistem tanah - air pori - elektroda.

## METODE PENELITIAN

Secara umum penelitian ini dilakukan untuk mengurangi potensi

pengembangan dan penyusutan tanah lempung ekspansif. Penelitian dilakukan dengan menstabilisasi tanah menggunakan metode elektrokinetik. Tahapan penelitian dapat dilihat pada bagan di bawah ini.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Tanah lempung ekspansif terlebih dahulu dilakukan pengujian awal yang bertujuan untuk menentukan sifat-sifat fisik tanah asli. Pengujian meliputi:

1. Uji kadar air
2. Uji berat jenis
3. Uji batas *Atterberg*
4. Uji distribusi ukuran butir tanah
5. Uji pemadatan tanah

Setelah pengujian awal, tanah sebanyak 12,5 kg dicampur dengan 1750 ml (14% dari berat tanah 12,5kg) berat tanah ( $W_d$ ) = 95% x MDD x  $V_{\text{tanah uji}}$  dan berat air ( $W_w$ ) =  $W \times W_d$  setelah tanah tercampur hingga merata masukkan ke dalam box uji berukuran 40x20x20 cm (lihat Gambar 2.).



Gambar 2. Box Uji Elektrokinetik

Tanah dipadatkan hingga mencapai volume 40x20x15 cm. kemudian tancapkan elektroda, untuk anoda (+) berasal dari *stainless* dan katoda (-) berasal dari tembaga dengan variasi kedalaman 5 cm 10 cm dan 15 cm. (lihat Gambar 3).



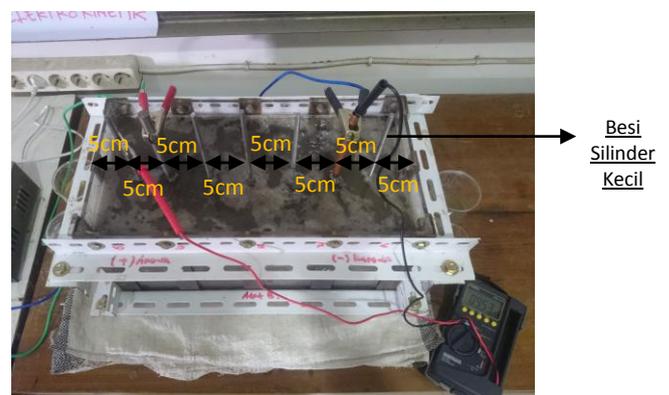
Gambar 3. Pemadatan dan Pemasangan elektroda

Di atas tanah diletakkan plat mika dan disusun *dial gauge* sebanyak 5 buah (lihat Gambar 4) untuk mengukur nilai pengembangan dan penyusutan tanah.



Gambar 4. Jarak *Dial Gauge*

Pada elektroda diberi tegangan dengan sebesar 12 volt. Setelah tanah siap untuk dilakukan pengujian, tanah diberi air untuk penjuanan selama 4 hari dengan alat menyala. Pembacaan arloji dilakukan dengan variasi waktu berikut: 15 menit, 30 menit, 45 menit, 1 jam, 2 jam, 4 jam, 8 jam, 12 jam, 24 jam, 36 jam, 48 jam, 72 jam dan 96 jam. Setelah 4 hari, tanah direndam air lagi selama 1 hari untuk mengetahui seberapa besar pengaruh elektrokinetik terhadap pengembangan tanah. Kemudian diambil sampel tanah untuk diukur kadar airnya. Selain pengujian pengembangan, juga dilakukan pengujian besaran voltase pada setiap titik dial pembacaan pengembangan untuk mengetahui besaran voltase yang terjadi (lihat Gambar 5).



Gambar 5. Pengujian besaran voltase setiap titik

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Hasil Pengujian Awal

#### a. Hasil uji sifat fisik tanah asli

Hasil uji sifat-sifat fisik tanah asli pada tanah lempung ekspansif dapat dilihat pada Tabel 1.

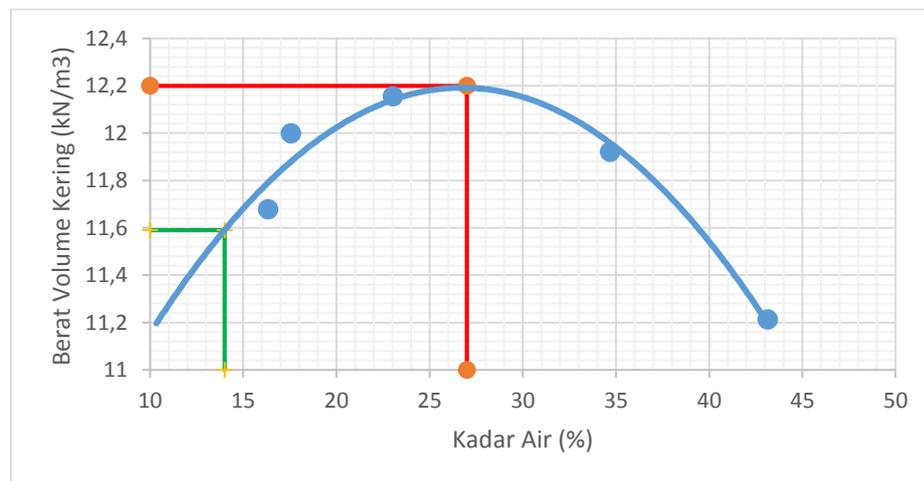
Tabel 1. Hasil Uji Sifat Fisik Tanah Asli

No	Pengujian	Hasil
1	Kadar Air	0
2	Berat Jenis	2,64
3	Batas Cair	69,05
4	Indeks Plastisitas	33,6
5	Persen Lolos Saringan No. 200 ASTM	84

Dari data di atas, diperoleh klasifikasi tanah berdasarkan AASHTO bahwa tanah termasuk tanah berlempung, sedangkan berdasarkan USCS termasuk jenis tanah lempung berplastisitas sedang sampai tinggi.

#### b. Hasil uji pemadatan tanah

Dari hasil uji pemadatan tanah didapatkan kadar air optimum sebesar 14% dan nilai berat volume tanah kering sebesar  $11,59 \text{ kg/m}^3$ . Grafik uji pemadatan dapat dilihat pada Gambar 6.

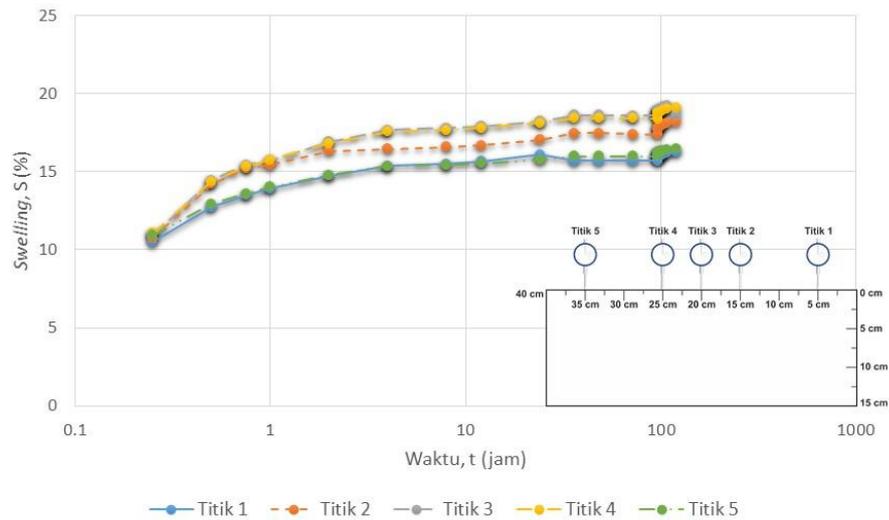


Gambar 6. Grafik Hubungan Kadar Air Dengan Berat Tanah Kering

### 2. Hasil Pengujian Utama

Setelah dilakukan pengujian dengan elektrokinetik, didapatkan hasil:

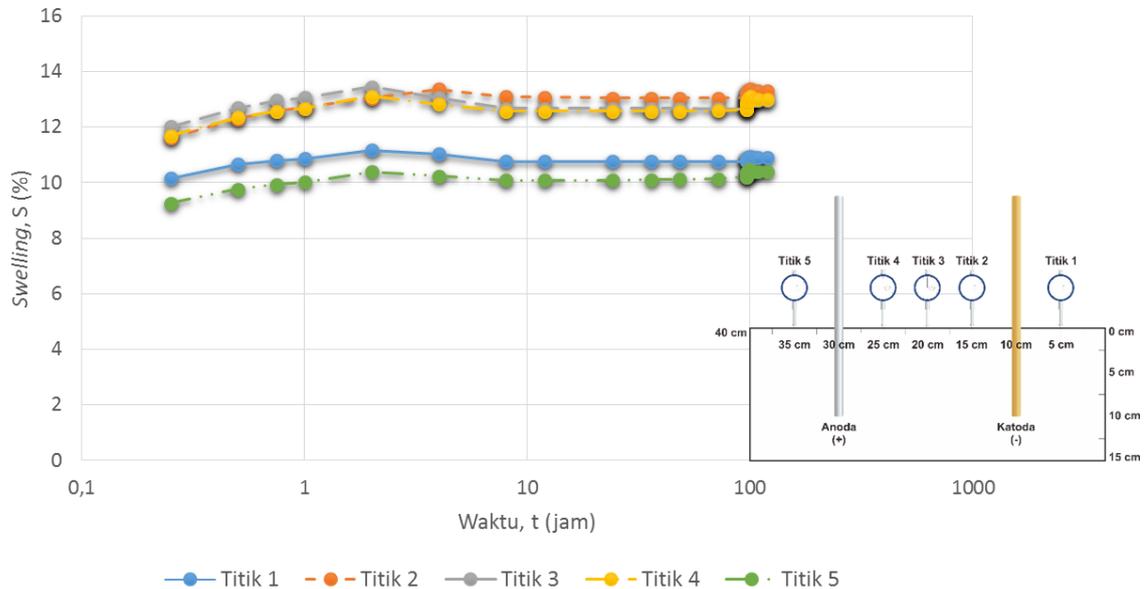
#### a. Pengembangan tanah tanpa elektrokinetik



Gambar 7. Grafik pengembangan (swelling) tanah dan waktu tanpa elektrokinetik

Dari grafik di atas, hasil pengujian selama 4 hari dan 1 hari tambahan didapatkan pengembangan maksimal tanah sebesar 19,267% pada titik 3.

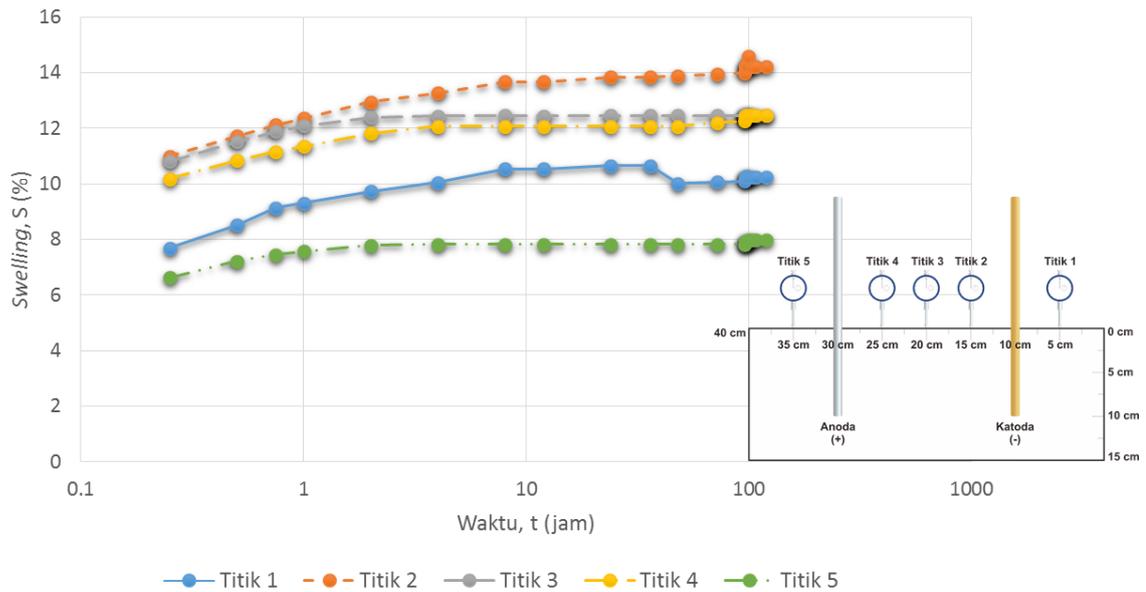
- b. Pengembangan tanah dengan metode elektrokinetik pada kedalaman elektroda 5 cm



Gambar 8. Grafik pengembangan (swelling) tanah dan waktu pada kedalaman elektroda 5 cm

Dari grafik di atas, hasil pengujian selama 4 hari dan 1 hari tambahan didapatkan pengembangan maksimal tanah sebesar 13,447% pada titik 3.

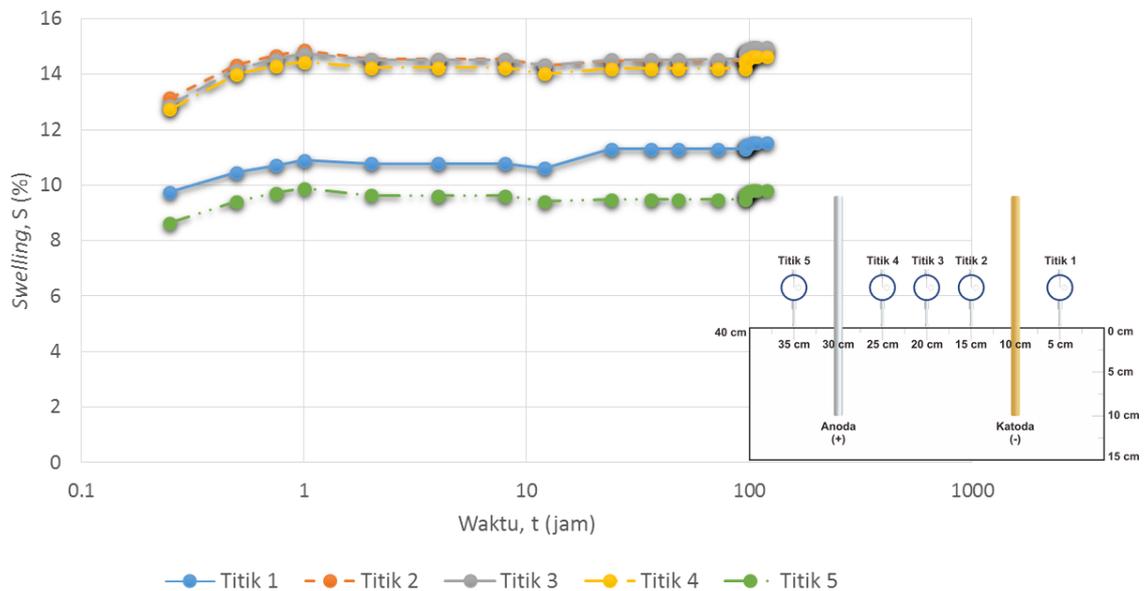
- c. Pengembangan tanah dengan metode elektrokinetik pada kedalaman elektroda 10 cm



Gambar 9. Grafik pengembangan (swelling) tanah dan waktu pada kedalaman elektroda 10 cm

Dari grafik di atas, hasil pengujian selama 4 hari dan 1 hari tambahan didapatkan pengembangan maksimal tanah sebesar 14,577% pada titik 2.

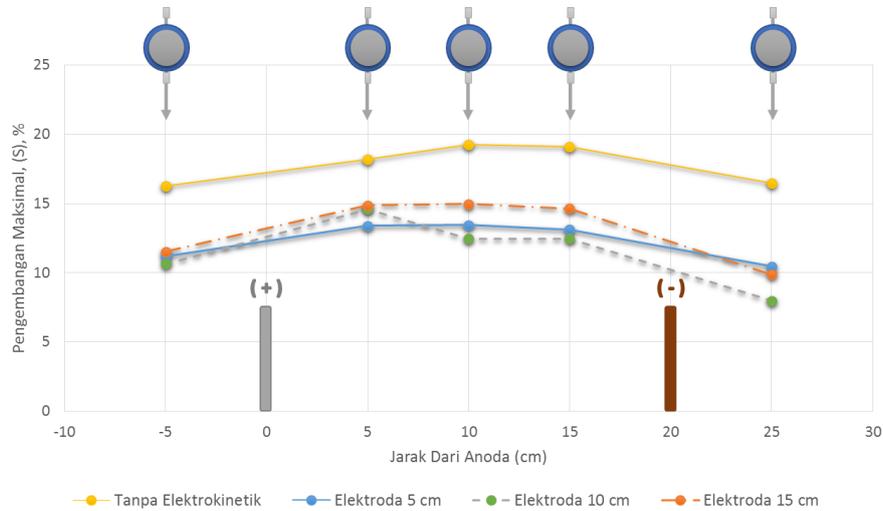
d. Pengembangan tanah dengan metode elektrokinetik pada kedalaman elektroda 15 cm



Gambar 10. Grafik pengembangan (swelling) tanah dan waktu pada kedalaman elektroda 15 cm

Dari grafik di atas, hasil pengujian selama 4 hari dan 1 hari tambahan didapatkan pengembangan maksimal tanah sebesar 14,960% pada titik 3.

- e. Pengembangan maksimal selama proses elektrokinetik 4 hari dan 1 hari tambahan



Gambar 11. Grafik pengembangan maksimal tanah

Dari grafik di atas, didapatkan hasil pengembangan paling kecil terjadi pada pengujian tanah dengan elektrokinetik pada kedalaman elektroda 10 cm.

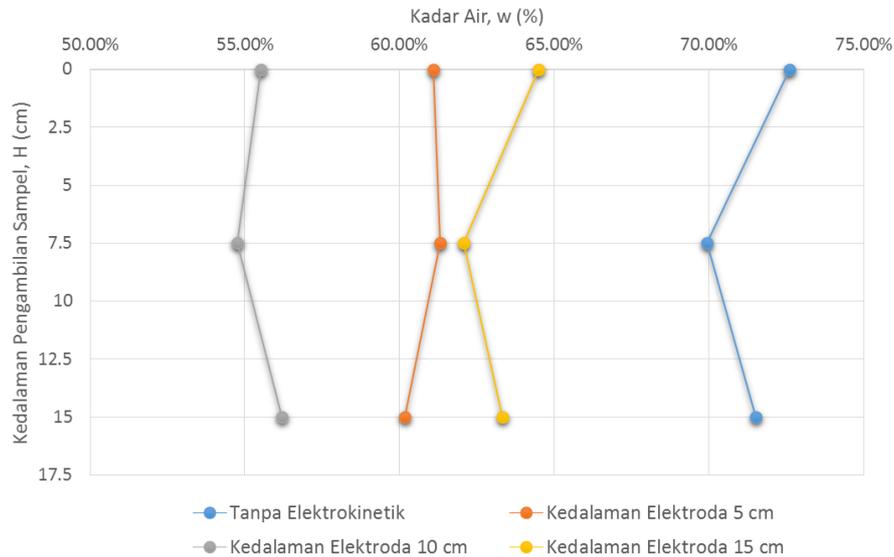
Pada hasil pengujian elektrokinetik ini, didapatkan hasil yang menunjukkan bahwa pengembangan yang terjadi pada pengujian dengan kedalaman elektroda 15 cm paling besar, sedangkan yang paling kecil terjadi pada pengujian dengan kedalaman elektroda 5 cm. Hal ini karena elektroda dimasukkan hingga menyentuh dasar box uji yang menyebabkan medan listrik pada elektroda tidak terdistribusi dengan baik dan potensial listrik di setiap tempat pada tanah yang diuji tidak sama, sehingga metode elektrokinetik tidak dapat menstabilisasi tanah dengan efektif pada kedalaman elektroda ini. Pengujian elektrokinetik dengan kedalaman elektroda 5 cm efektif untuk dapat menahan pengembangan yang terjadi tanah lempung ekspansif. Hal ini dibuktikan dengan nilai selisih antara pengembangan yang terjadi selama 4 hari dengan pengembangan 1 hari tambahan yang kecil. Namun bila dilihat dari nilai pengembangan, pengembangan paling kecil terjadi pada elektroda dengan kedalaman 10 cm. Maka dapat disimpulkan bahwa kedalaman elektroda 10 cm merupakan kedalaman elektroda yang paling efektif digunakan untuk menahan pengembangan tanah yang terjadi pada pengujian elektrokinetik ini.

- f. Kadar air setelah pengujian tanpa dan dengan elektrokinetik

Pengambilan sampel kadar air dilakukan pada setiap titik dengan letak pengambilan, yaitu permukaan (0 cm), tengah (7,5 cm) dan dasar (15 cm). Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa banyak kadar air yang ada setelah proses elektrokinetik. Karena fenomena elektroosmosis dan elektroforesis yang dapat menarik partikel bermuatan kation (positif) dan anion (negatif) menuju elektroda sehingga kadar air berkurang. Jumlah air yang keluar pada setiap anoda dan katoda terhadap beda besaran voltase. Air

yang diberikan untuk proses elektrokinetik selama 4 hari sebanyak 6400 ml dan tambahan 1 hari sebanyak 1850 ml.

Pada pengujian tanah dengan elektrokinetik pada kedalaman elektroda 15 cm mempunyai pengembangan tanah paling besar sehingga nilai kadar air yang dihasilkan sangat tinggi di antara tanah yang diuji elektrokinetik dengan kedalaman elektroda 5 cm dan 10 cm (lihat Gambar 12).



Gambar 12. Grafik hubungan kadar air rata-rata dan kedalaman pengambilan sampel

Nilai kadar air rata-rata pada tanah paling besar terdapat pada pengujian tanah tanpa elektrokinetik, sedangkan kadar air paling kecil terdapat pada pengujian tanah dengan elektrokinetik pada kedalaman elektroda 10 cm. Dapat disimpulkan bahwa kedalaman elektroda 10 cm mampu mengurangi kadar air pada tanah lempung yang sangat besar.

g. **Beda bahan elektroda**

Pada pengujian yang dilakukan bahan sebagai elektroda adalah besi *stainless* (anoda (+)) dan tembaga (katoda (-)). Pada pengujian pertama bahan yang digunakan untuk anoda adalah besi tanpa *stainless*. Tetapi dikarenakan besi mengalami keropos, maka dilakukan penggantian menggunakan besi *stainless* yang diharapkan tidak mengalami keropos. (lihat Gambar 13)



Gambar 13. Elektroda anoda (besi) dan katoda (tembaga) mengalami keropos

Namun, hasil yang didapatkan setelah pengujian selesai ternyata besi *stainless* tetap mengalami keropos, tetapi tidak sebanyak besi tanpa *stainless* (lihat Gambar 14)

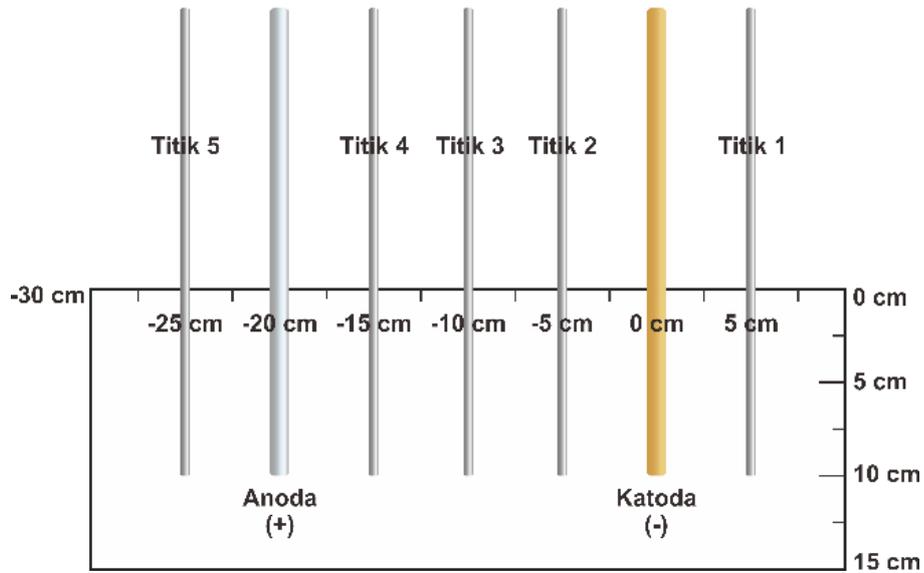


Gambar 14. Elektroda anoda (*besi stainless*) dan katoda (tembaga) mengalami keropos

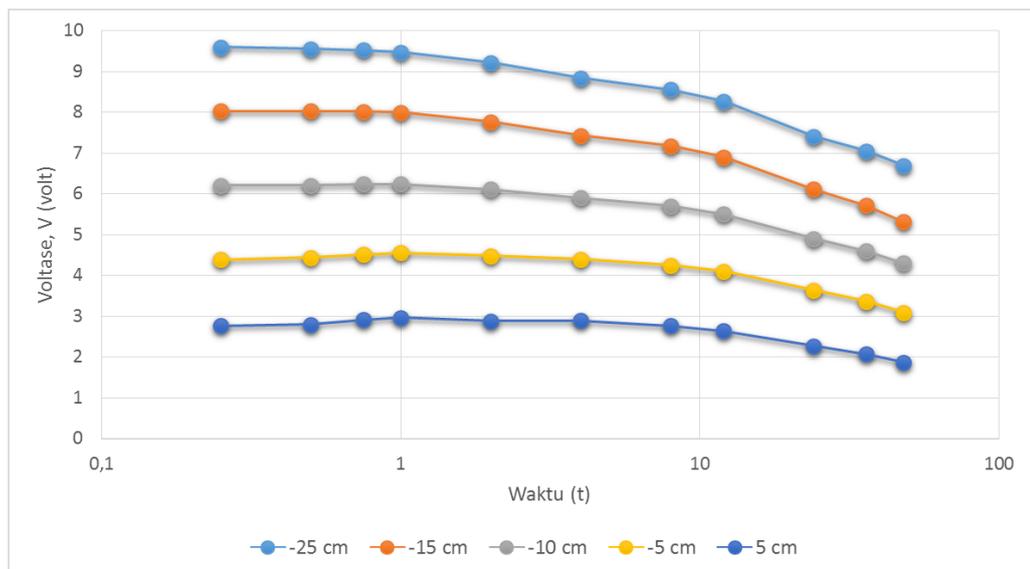
Pemilihan bahan anoda (+) besi dan katoda (-) tembaga karena sifat besi (Fe) sebagai senyawa yang bermuatan kation (+) lebih banyak dari pada tembaga (Cu). Sehingga pemilihan besi sebagai anoda (+) lebih efektif untuk menarik anion (-) yang ada dalam tanah lempung dan tembaga sebagai katoda (-) yang memiliki kation yang lebih sedikit.

h. Beda besaran voltase pada setiap titik pengujian

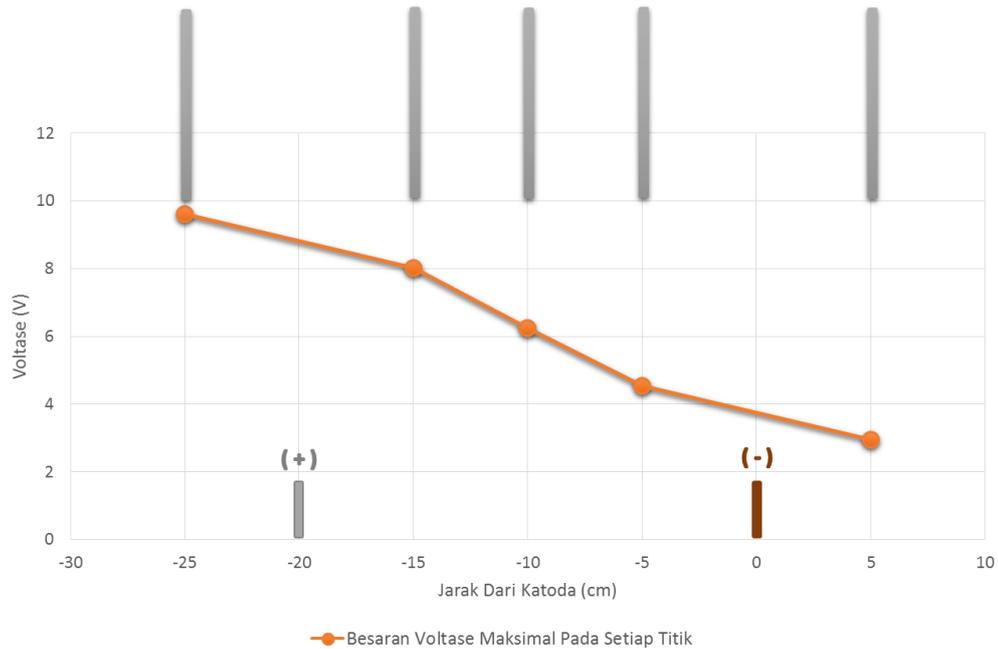
Pengukuran besar voltase dari katoda dilakukan dengan menggunakan besi berdiameter 0,6 cm yang dimasukkan ke dalam tanah sesuai pada titik-titik pengujian. Pengujian ini dilakukan dengan pemberian tegangan listrik sebesar 12 volt dan kedalaman elektroda 10 cm karena pada pengujian yang telah dilakukan dengan tegangan dan kedalaman elektroda ini, tanah mengalami pengembangan yang minimum (lihat Gambar 15). Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui besaran voltase pada tiap titik dial pengujian. Pengujian dilakukan selama 2 hari karena dari pengujian sebelumnya mengalami pengembangan yang cenderung tetap/stabil setelah proses elektrokinetik selama 2 hari (lihat Gambar 16).



Gambar 15. Jarak besi terhadap katoda



Gambar 16. Grafik pengujian besaran voltase pada setiap titik



Gambar 17. Grafik besaran voltase maksimum pada setiap titik pengujian terhadap jarak dari katoda

Dari hasil besaran voltase maksimum yang diperoleh (lihat Tabel 4.1), terlihat bahwa semakin lama waktu pengujian, semakin kecil besaran voltase atau mengalami penurunan seiring waktu pembacaan selama 2 hari. Hal ini diakibatkan dari proses elektrokinetik yang menyebabkan ion yang berada dalam tanah lempung terikat dan keluar dari box pengujian, sehingga perantara elektron pada elektroda menjadi semakin sedikit dan membuat tegangan listrik yang dialirkan semakin berkurang.

## **KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh bahwa penggunaan metode elektrokinetik secara umum dapat digunakan dalam stabilisasi pengembangan tanah lempung. Adapun kesimpulan yang didapatkan adalah sebagai berikut :

1. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan hasil yang menunjukkan bahwa besarnya pengembangan pada tanah lempung dapat ditahan oleh proses elektrokinetik. Hal ini dibuktikan dari hasil pengembangan maksimal tanpa elektrokinetik sebesar 19,267% mengalami penyusutan dengan pengembangan maksimal yang terjadi pada elektrokinetik dengan kedalaman elektroda 5 cm, 10 cm dan 15 cm berturut-turut sebesar 13,447%; 14,577%; dan 14,960%.
2. Pada penelitian ini, diperoleh kedalaman elektroda yang efektif untuk stabilisasi tanah lempung ekspansif adalah 10 cm. Terlihat dari nilai pengembangan dan kadar air paling kecil pada setiap pengujian elektrokinetik ini dicapai pada pengujian dengan kedalaman elektroda 10 cm.
3. Prinsip semakin dalam elektroda dimasukkan maka semakin kecil nilai pengembangan dan kadar air tanah, tidak terlalu berlaku pada pengujian elektrokinetik dengan variabel kedalaman elektroda. Hal ini dibuktikan dari nilai pengembangan dan kadar air pada kedalaman elektroda 15 cm yang sangat besar dibandingkan dengan kedalaman elektroda 5 cm dan 10 cm. Kedalaman elektroda jelas mempunyai pengaruh terhadap pengembangan dan penurunan kadar air tanah. Namun, perlu diperhatikan bahwa semakin elektroda mendekati

dasar box, maka medan listrik tidak dapat terdistribusi dengan baik sehingga proses elektrokinetik menjadi tidak efektif dalam stabilisasi tanah.

4. Pemilihan bahan untuk elektroda yang akan dipakai sangat penting agar dapat menghantarkan tegangan listrik dengan baik untuk menstabilisasi tanah lempung.

## **SARAN**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan untuk penelitian selanjutnya, antara lain :

1. Perlu diteliti lagi kedalaman elektroda yang efektif untuk stabilisasi tanah lempung dengan metode elektrokinetik.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai metode elektrokinetik yang tidak kontinyu, seperti pengujian pengembangan tanah yang terjadi tanpa diberikan elektrokinetik lagi setelah pengujian tanah menggunakan proses elektrokinetik.
3. Perlu dilakukan penambahan waktu proses elektrokinetik pada tanah agar stabilisasi pengembangan tanah lebih optimal.
4. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan untuk variasi jarak antar elektroda.
5. Perlu dilakukan variasi bahan elektroda agar dapat diketahui bahan yang baik untuk digunakan sebagai elektroda.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Agustina, 2014, Analisis Kombinasi Preloading Mekanis dan Elektrokinetik Terhadap Pemampatan Tanah Lunak

- Pontianak, Universitas Tanjungpura Pontianak.
- ASTM D698-12, 2010, Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort (12.400 ft-lbf/ft<sup>3</sup> (600 kNm/m<sup>3</sup>)).
- ASTM D854-10, 2010, Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer.
- ASTM D2216-10, 20120, Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass.
- ASTM D4318-10, 2010, Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils.
- ASTM D6913-04, 2010, Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis.
- Atmaja, Y. R., Surjandari, N. S. dan As'ad, S., 2013, Pengaruh Penggunaan Elektroosmosis Terhadap Parameter Kuat Geser Tanah Lempung, e-Jurnal Matriks Teknik Sipil, Vol. 1, No. 4, Desember 2013, pp 20.
- Hardiyatmo, H.C., 2002, Mekanika Tanah 1, Gadjah Mada University Press.
- Mosavat, N. Oh, E. dan Chai, G., 2012, A Review of Electrokinetic Treatment Technique for Improving the Engineering Characteristics of Low Permeable Problematic Soils, *International Journal of Geomate*, Vol. 2, No. 2 (SL No. 4), June 2012, pp 266-272.
- Muntohar, A.S., 2014, Perbaikan Tanah, LP3M UMY.
- Tjandra, D. dan Wulandari, P.S., 2007, Improving Marine Clay with Electrokinetics Method, *Civil Engineering Dimension*, Vol. 9, No. 2, September 2007, pp 98-102.