

**PENGARUH BESARAN VOLTASE METODE ELEKTROKINETIK
TERHADAP PENGEMBANGAN TANAH LEMPUNG EKSPANSIF**

Vendy Yoga Dimas Andhiepsa¹, Agus Setyo Muntohar²

¹*Mahasiswa (20120110045),* ²*Dosen Pembimbing I*

ABSTRAK

Banyaknya metode stabilisasi tanah yang sudah ada mendorong kita para geoteknik untuk lebih berkontribusi melakukan penelitian serta memberikan metode stabilisasi dengan lebih efisien dan ekonomis. Pada penelitian ini dilakukan metode stabilisasi dengan memberikan gradien listrik searah (DC) dengan beda potensial pada tanah, seperti pada tanah lempung ekspansif. Metode ini dikenal sebagai elektrokinetik. Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji pengaruh elektrokinetik terhadap pengembangan (swelling) pada tanah lempung ekspansif.

Pada penelitian ini benda uji yang digunakan adalah tanah lolos saringan No.4 sebanyak 12,5 kg yang dicampur dengan air 1750 ml secara merata yang dimasukkan dalam box plexiglass dengan volume tanah 40 cm x 20 cm x 15 cm. Besaran voltase yang digunakan bervariasi yaitu 6 volt, 9 volt dan 12 volt DC dengan arus 5A. Metode elektrokinetik dilakukan dengan menancapkan elektroda pada tanah dengan anoda (+) bahan dari besi stainless dan katoda (-) dari tembaga pada kedalaman 10 cm. Dengan adanya arus listrik searah dalam tanah, aliran elektron pada elektroda akan menarik ion yang terdapat pada tanah lempung, yaitu anion (-) yang akan tertarik menuju anoda (+) dan kation (+) menuju katoda (-). Jika ion seperti H₂O dalam tanah lempung ditarik dan dikeluarkan maka kadar air akan semakin berkurang, dengan berkurangnya kadar air akan mengurangi potensi pengembangan yang terjadi pada tanah lempung ekspansif.

Dari penelitian yang dilakukan, hasil menunjukkan, tanah yang di elektrokinetik mengalami pengembangan lebih kecil serta kadar air yang lebih sedikit daripada tanah yang tidak di elektrokinetik. Hal ini dapat dilihat dari hasil pengujian setelah dielektrokinetik selama 4 hari dengan 1 hari tambahan untuk mengetahui seberapa efektif metode elektrokinetik dalam menahan pengembangan tanah dan pengujian kadar air yang dilakukan.

Kata Kunci : Stabilisasi tanah, tanah lempung ekspansif, metode elektrokinetik, voltase, pengembangan (swelling), kadar air

PENDAHULUAN

Banyak metode perbaikan tanah yang telah dilaksanakan termasuk preloading dengan instalasi saluran air vertikal, dan stabilisasi kimia sebagai perbaikan tanah. Stabilisasi tanah lempung menggunakan stabilisator berbasis kalsium, seperti kapur dan semen telah dipraktekkan secara rutin selama beberapa dekade. Manfaatnya secara keseluruhan mencakup peningkatan kekuatan tanah, kekakuan, daya tahan, pengurangan plastisitas tanah dan pengembangan serta potensi penyusutan. Namun, metode ini sulit dilakukan untuk menstabilkan tanah di bawah struktur yang sudah ada. Karena perlunya dilakukan pembongkaran serta penggunaan alat berat yang dapat mengganggu struktur atau bangunan untuk mengganti atau memperbaiki tanah yang buruk dengan stabilisator.

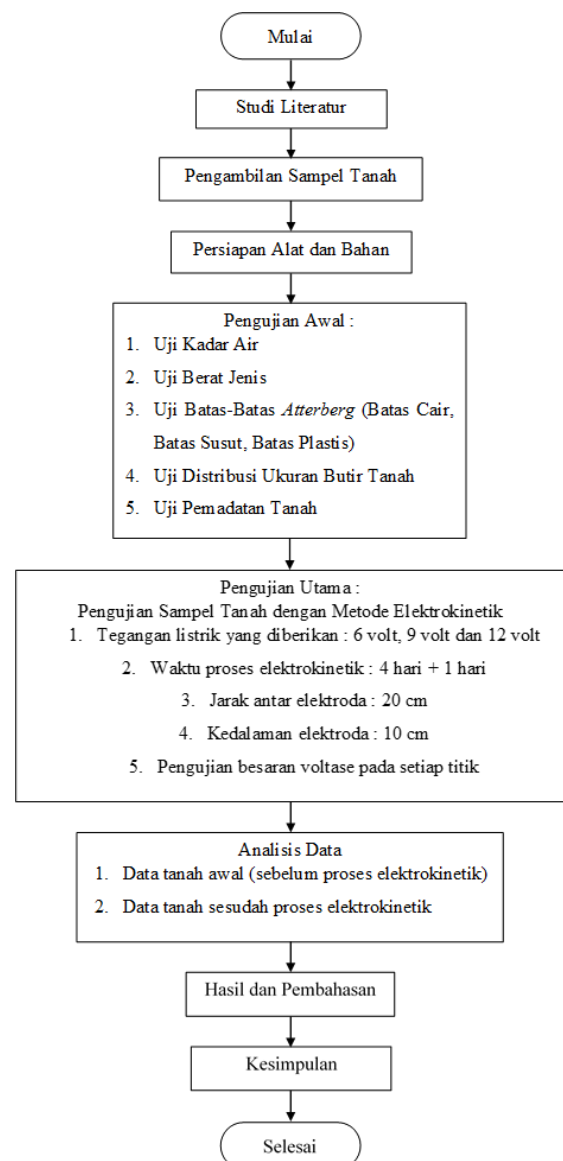
Tanah lempung ekspansif adalah jenis tanah yang memiliki potensi pengembangan dan penyusutan sangat besar akibat pengaruh dari perubahan kadar airnya. Potensi tanah inilah yang sering menyebabkan kerusakan pada struktur bangunan dan jalan, seperti jalan bergelombang, retak, dan lain-lain.

Dari banyaknya metode perbaikan tanah untuk tanah lempung yang sudah ada, pemilihan metode perbaikan tanah yang praktis, efektif serta efisien semakin dicari dan diteliti. Pada penelitian ini, metode perbaikan tanah lempung ekspansif yang dilakukan adalah dengan menancapkannya sepasang elektroda yaitu dengan anoda sebagai kutub (+) dan katoda sebagai kutub (-) pada tanah dan mengalirkan listrik beda potensial atau searah (DC). Pada tanah lempung terdapat ion-ion (kation (+) dan anion (-)) yang tertarik menuju elektroda, dengan anion (-) tertarik menuju anoda (-) dan kation (+) tertarik menuju katoda (-). Penggunaan metode ini dipilih karena penggunaannya yang lebih praktis dan efisien. Metode ini lebih dikenal dengan metode elektrokinetik.

Dengan metode elektrokinetik yang dapat menarik ion, metode ini dapat mengurangi kadar air pada tanah dengan menarik ion menuju elektroda dan menyalurkannya menuju pembuangan. Dengan berkurangnya kadar air pengembangan pada tanah lempung ekspansif semakin kecil

METODE PENELITIAN

Tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah mengetahui pengaruh beda besaran voltase dengan metode elektrokinetik terhadap pengembangan tanah lempung ekspansif. Tahapan penelitian dapat dilihat pada bagan di bawah ini (lihat Gambar 1).



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 tana

Setelah pengujian awal, tanah sebanyak 12,5 kg dicampur dengan 1750 ml (14% dari berat tanah 12,5kg) berat tanah ($W_d = 95\% \times MDD \times V_{\text{tanah uji}}$) 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 (+) bahan dari *stainless* dan katoda (-) dari tembaga dengan variasi besaran voltase 6, 9 dan 12 volt. (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

Elektroda dimasukkan dengan kedalaman 10 cm. Setelah siap untuk dilakukan pengujian, tanah diberi air untuk penjuhan 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.

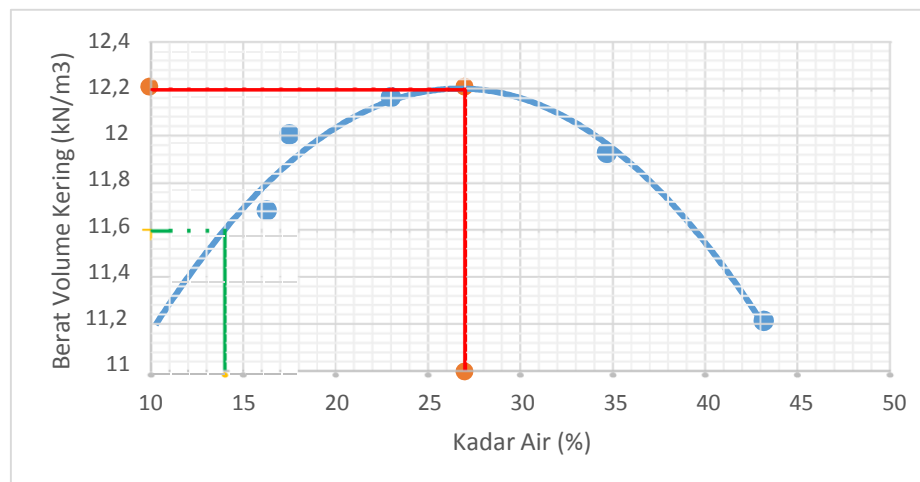
Tabel 1. Hasil Uji Sifat Fisik Tanah Asli

No	Pengujian	Hasil
1	Kadar Air	0
2	Berat Jenis	2,61-2,68
3	Batas Cair	94,39%
4	Indeks Plastisitas	59,81 %
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 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.

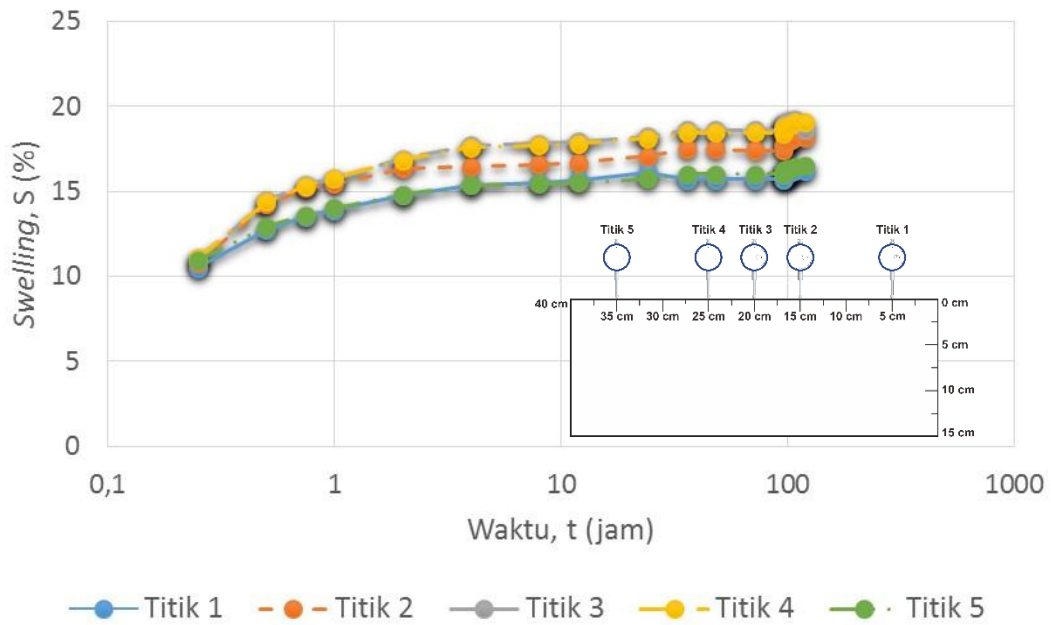


Gambar 6. Grafik Hubungan Kadar Air Dengan Berat Tanah Kering

2. Hasil Pengujian Utama

Setelah dilakukan pengujian dengan elektrokinetik, didapatkan hasil:

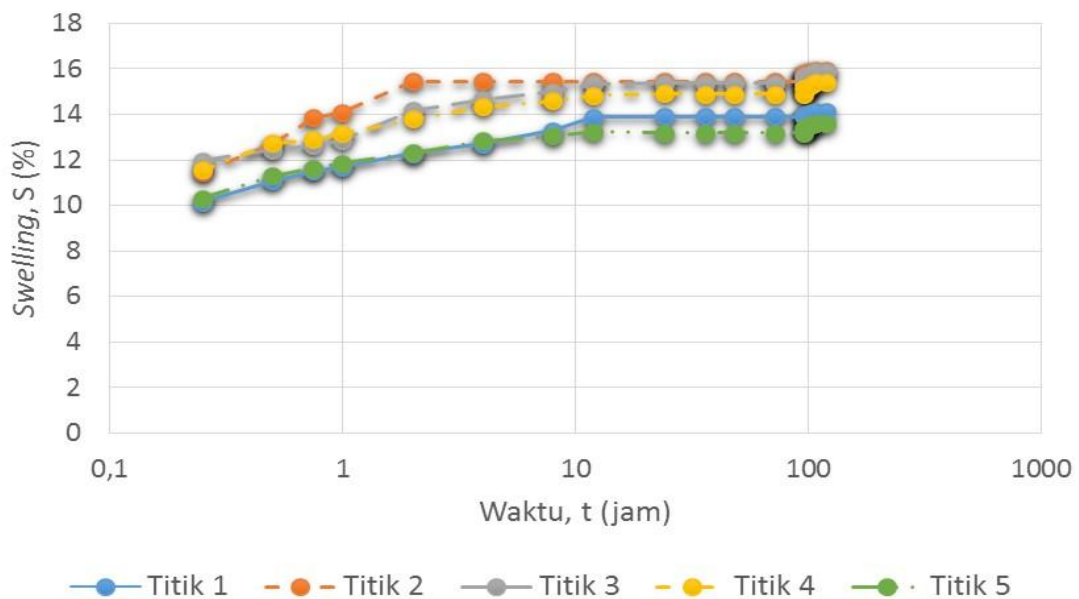
a. Pengembangan tanah tanpa elektrokinetik



Gambar 7 Kurva pengembangan (*swelling*) dan waktu tanpa metode elektrokinetik

Hasil pengujian tanpa elektrokinetik pada kurva didapat pengembangan maksimal 19,267 % pada titik 3.

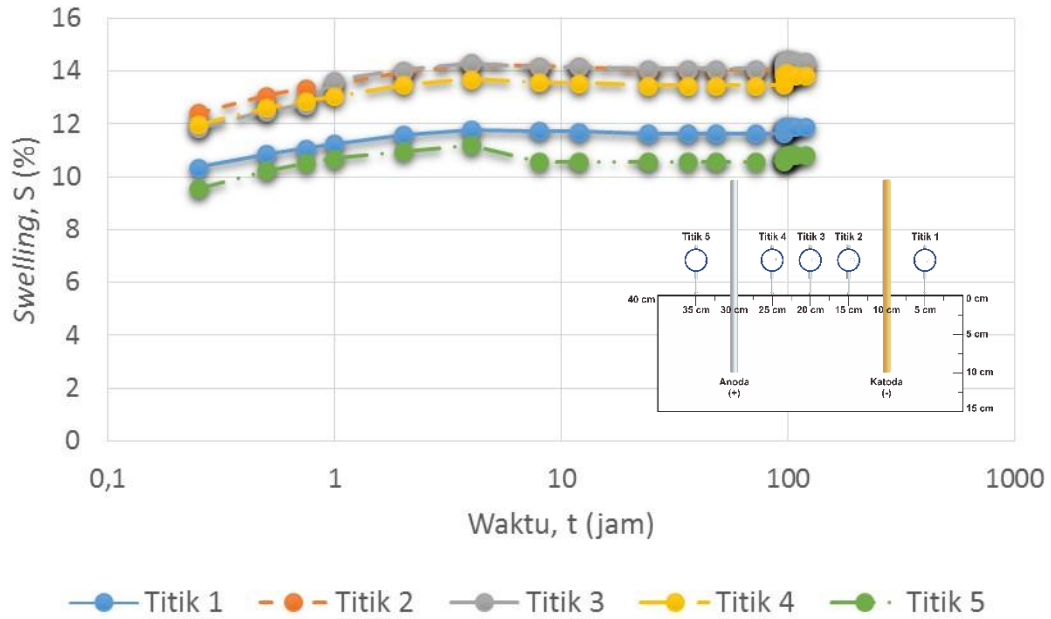
- b. Pengembangan tanah dengan metode elektrokinetik pada besaran voltase 6 volt



Gambar 8 Kurva pengembangan (*swelling*) dan waktu dengan kedalaman 10 cm pada besaran voltase 6 volt

Hasil pengujian elektrokinetik pada kurva dengan besaran voltase 6 volt dan kedalaman 10 cm didapat pengembangan maksimal 15,95 % pada titik 3.

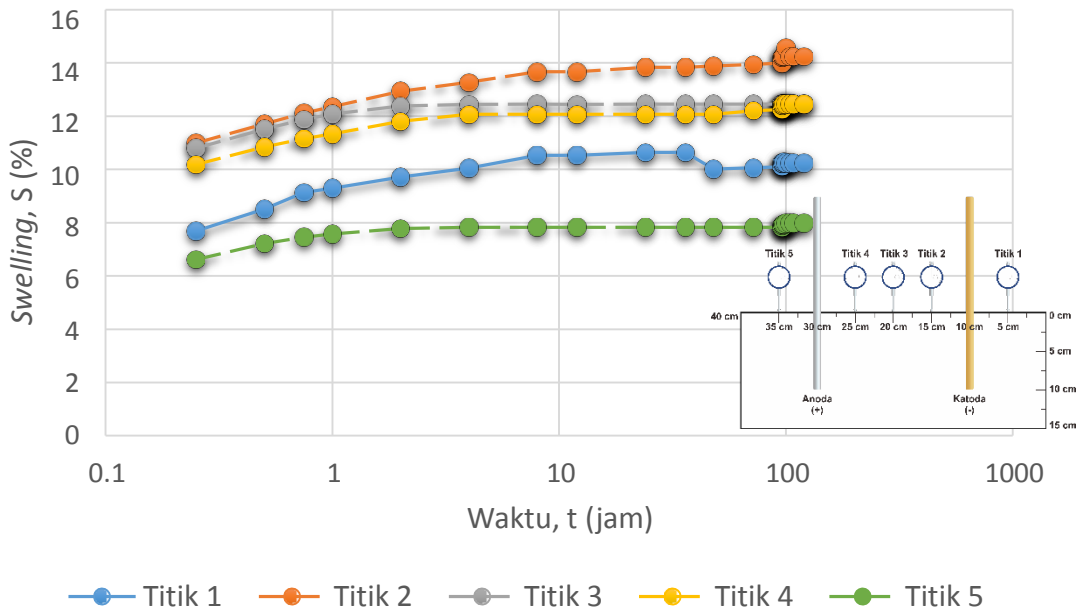
- c. Pengembangan tanah dengan metode elektrokinetik pada besaran voltase 9 volt.



Gambar 9 Kurva pengembangan (*swelling*) dan waktu dengan kedalaman 10 cm pada besaran voltase 9 volt

Hasil pengujian elektrokinetik pada kurva dengan besaran voltase 9 volt dan kedalaman 10 cm didapat pengembangan maksimal 14,36 % pada titik 3.

- d. Pengembangan tanah dengan metode elektrokinetik pada besaran voltase 12 volt

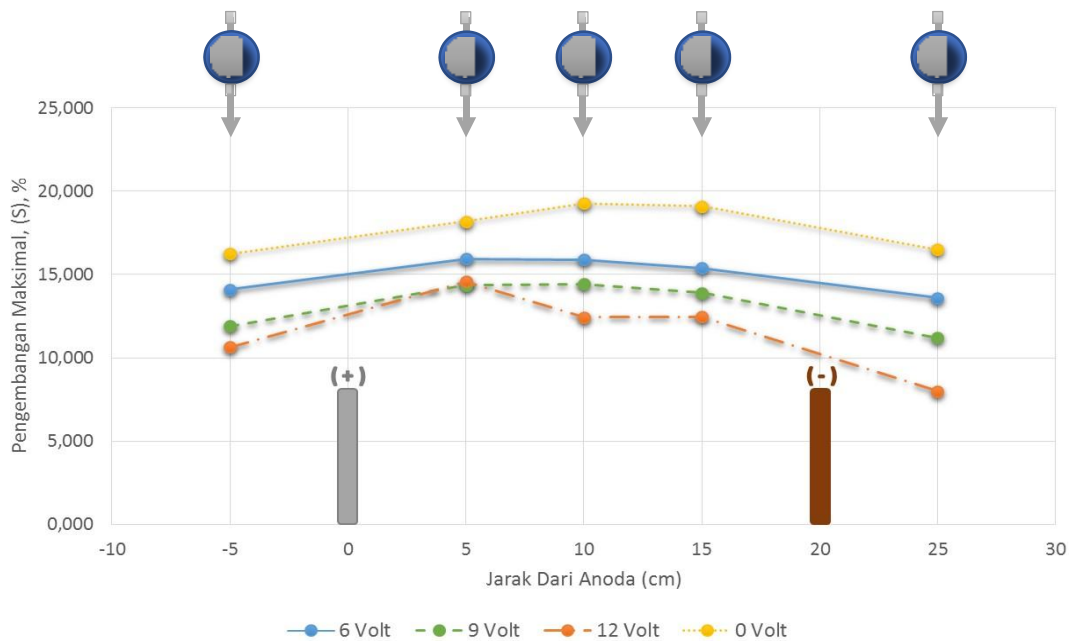


Gambar 10 Kurva pengembangan (*swelling*) dan waktu dengan kedalaman 10 cm pada besaran voltase 12 volt

Hasil pengujian elektrokinetik pada kurva dengan besaran voltase 12 volt dan kedalaman 10 cm didapat pengembangan maksimal 14,577 % pada titik 2.

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

Pengembangan dan penurunan maksimum dengan metode elektrokinetik selama 5 hari didapat nilai pengembangan terkecil pada besaran voltase 12 V (lihat Gambar 4.5). Gambar tersebut menunjukkan nilai pengembangan pada setiap besaran voltase serta skema letak setiap *dial gauge* dengan jarak 5 cm dan letak antar elektroda dengan anoda (+) bahan dari besi *stainless* dan katoda (-) bahan dari tembaga.



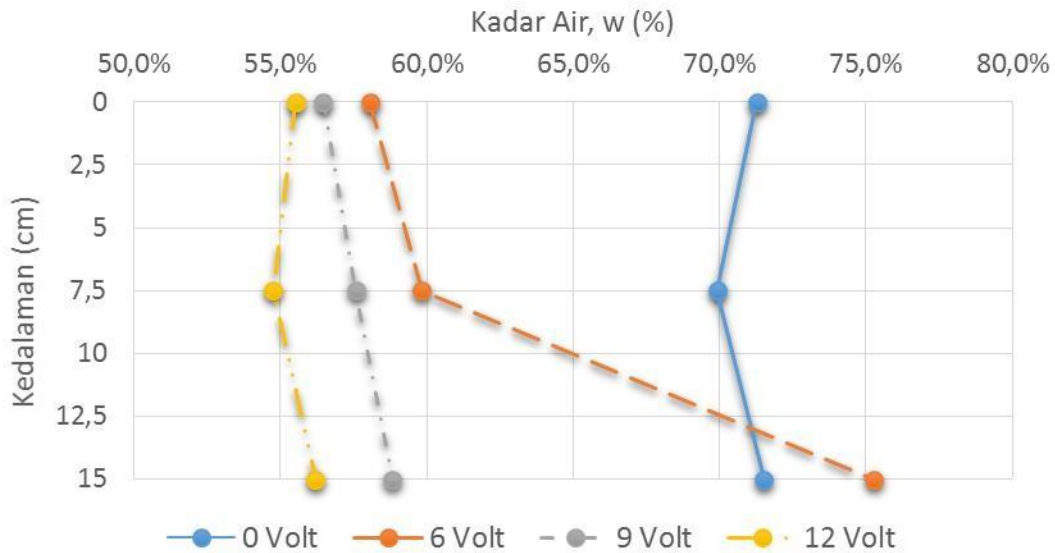
Gambar 11 Kurva pengembangan (*swelling*) dan jarak setiap 5 cm dari anoda (+)

Pada pengujian elektrokinetik voltase yang digunakan adalah 6 V, 9 V dan 12 V dengan arus 5 A. Pada setiap pengujian diketahui bahwa nilai pengembangan tertinggi terdapat pada arus 6 V dan pengembangan terendah pada 12 V. Pengujian dengan elektrokinetik yang dilakukan selama 4 hari dengan 1 hari tambahan diketahui pada voltase 12 V dapat menahan pengembangan bahkan berkurang (lihat Tabel 4.10). Hasil pengembangan diberikan pada Tabel 4.10. Tabel berikut menunjukkan nilai selisih dari pengembangan maksimum selama 4 hari dengan 1 hari tambahan dengan pemberian air untuk mengetahui seberapa efektif metode elektrokinetik dalam menahan pengembangan.

- 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). Hasil kadar air dengan metode elektrokinetik untuk setiap besaran voltase didapat kadar air tertinggi pada 6 V pada dasar (15 cm) sebesar 75,2 % dikarenakan pada akhir pengujian alat mengalami kebocoran pada titik 1. Sedang untuk kadar air rata-rata secara keseluruhan dari pengujian didapat kadar air tertinggi pada 0 V (lihat Gambar 12) dengan kadar air tanpa elektrokinetik sebesar 71,5 %. Air

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



Gambar 12 Kurva kadar air rata-rata pada setiap pengambilan sampel

g. Bahan elektroda

Pada pengujian yang dilakukan bahan sebagai elektroda adalah besi stainless dan tembaga. Pada pengujian pertama bahan yang digunakan adalah besi tanpa stainless, penggantian bahan tersebut dilakukan karena besi sebagai elektroda mengalami keropos (lihat Gambar 13).



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

Nam Pergantian elektroda dengan besi stainless tetap mengalami keropos, tetapi tidak sebanyak besi tanpa stainless (lihat Gambar 4.15)

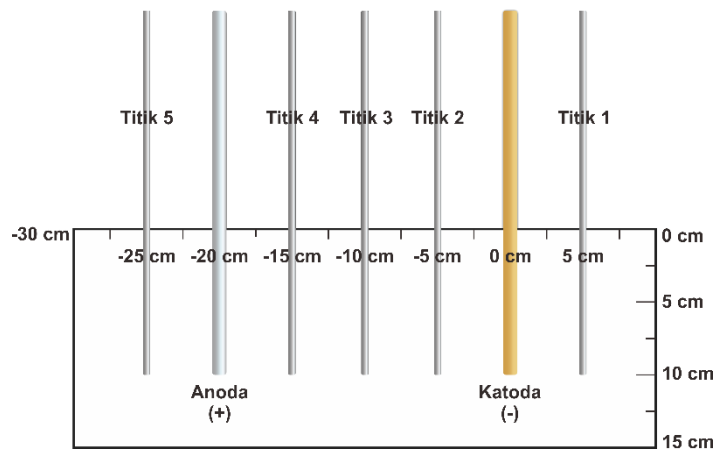


Gambar 14. Elektroda anoda (*besi stainless*) dan katoda (tembaga) mengalami keropos

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.

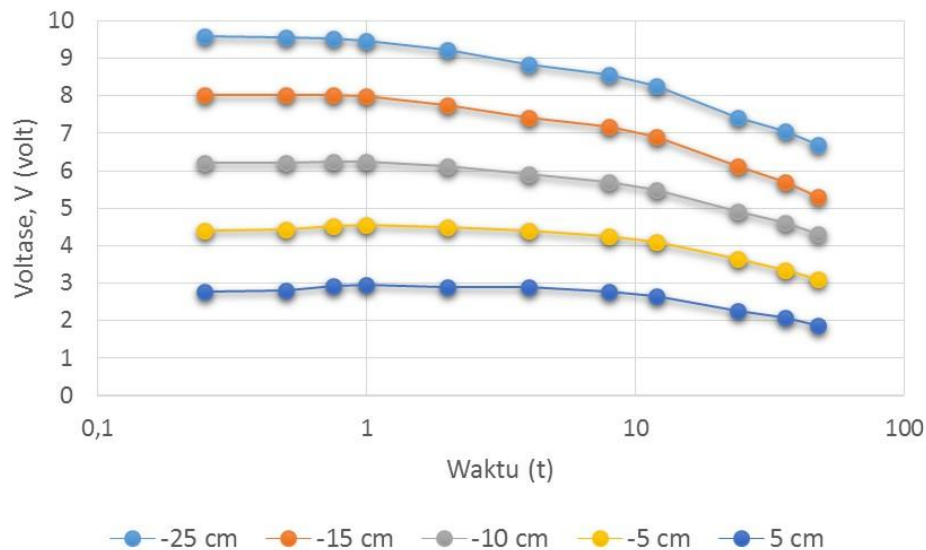
h. Benda besaran voltase pada setiap titik pengujian

Besarnya voltase awal yang digunakan adalah 12 V, 5 A dengan kedalaman 10 cm. Karena pada besarnya ini tanah mengalami pengembangan yang paling sedikit. Perhitungan besarnya yang terjadi pada setiap titik dihitung dari katoda (-) (lihat Gambar 15).

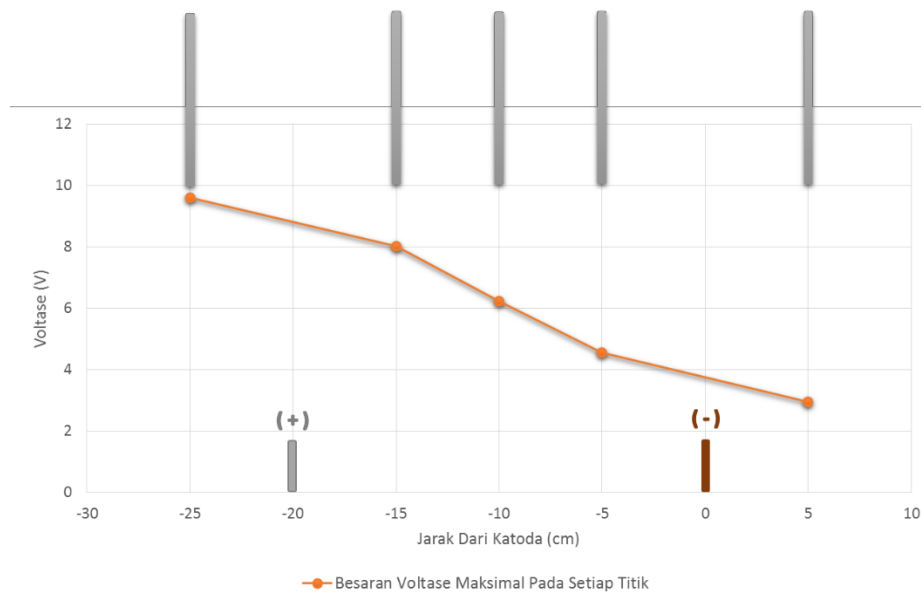


Gambar 15 Perhitungan jarak dari katoda (-)

Pengujian dilakukan selama 2 hari. Dikarenakan pengembangan cenderung stabil atau tetap pada waktu 2 hari elektrokinetik (lihat Gambar 16).



Gambar 16 Kurva pengujian besaran voltase



Gambar 17 Kurva pengujian besaran voltase maksimal pada setiap titik dengan voltase (V) dan jarak (cm)

Pada pengujian ini voltase mengalami penurunan selama pengujian. Hal ini dikarenakan proses elektrokinetik yang mengurangi perantara elektron antar elektroda dengan mengikat anion dan kation yang terdapat dalam tanah sehingga tegangan listrik semakin berkurang. Karena seiring banyaknya ion dalam tanah lempung terikat dan keluar maka semakin sedikit perantara elektron pada elektroda.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh bahwa penggunaan metode elektrokinetik secara kontinu selama 4 hari dan 1 hari tambahan dapat menahan pengembangan (swelling) yang terjadi pada tanah lempung ekspansif. Kesimpulan yang didapatkan adalah sebagai berikut :

1. Tanah yang di elektrokinetik mengalami perubahan dalam pengembangan dan penyusutan dengan nilai yang lebih kecil daripada yang tidak dilakukan elektrokinetik. Dapat dilihat pada pengembangan maksimal dengan elektrokinetik untuk setiap besaran voltase dan pengujian tanpa elektrokinetik tanah mengalami pengembangan paling besar pada pengujian tanpa elektrokinetik sebesar 19,267 % dan paling kecil pada besaran voltase 12 V sebesar 7,99 %. Untuk penyusutan dapat dilihat pada pengujian dengan metode elektrokinetik selama 4 hari dan 1 hari

tambahan dengan memberikan air kembali. Hasil menunjukkan bahwa terjadi penyusutan pada beberapa titik dengan besaran voltase 9 V (pada titik 5 sebesar -0,59 mm) dan 12 V (pada titik 1 sebesar -0,555 mm) serta ada yang tidak mengalami perubahan setelah penambahan air yaitu pada voltase 12 V (pada titik 3 sebesar 0 mm) lihat Tabel 4.10 Selisih pengembangan setelah pengujian 4 hari dengan 1 hari tambahan.

2. Pada penelitian ini, diperoleh besaran voltase yang efektif untuk stabilisasi tanah lempung ekspansif adalah 12 volt. Pada besaran voltase tersebut daya hantar tegangan listrik mampu mengikat ion yang terdapat pada tanah lempung menuju elektroda lebih banyak. Semakin banyak ion pada tanah lempung yang tertarik semakin sedikit kadar air pada tanah lempung. Hal ini dapat dilihat dari nilai pengembangan dan nilai kadar air paling kecil pada pengujian

- elektrokinetik untuk setiap besaran voltase (6 volt dan 9 volt maupun tanpa elektrokinetik) dicapai pada pengujian dengan besaran voltase 12 volt.
3. Semakin semakin besar voltase maka semakin kecil nilai pengembangan dan kadar air tanah. Pada metode elektrokinetik itu sendiri kadar air tanah sangat berpengaruh terhadap distribusi tegangan listrik karena semakin sedikit perantara (kadar air tanah) maka akan semakin kecil tegangan yang dapat terdistribusi (tegangan yang ada pada elektroda). Oleh karena itu penerapan arus searah pada metode elektrokinetik adalah sebagai pengikat ion atau air yang terdapat pada tanah lempung, jika semakin besar tegangan aliran elektron juga semakin besar sehingga dapat menarik ion lebih besar juga. Pada pengujian ini semakin besar aliran elektron (tegangan), daya tarik pada air tanah akan semakin besar, hingga air yang keluar juga semakin besar. Pada saat kadar air tanah semakin kecil maka distribusi tegangan juga akan semakin kecil, semakin kecil distribusi tegangan yang terjadi, sehingga untuk mengikat ion pada tanah lempung dibutuhkan tegangan yang lebih besar lagi. Jadi semakin besar tegangan (voltase) akan semakin baik aliran elektron mengikat ion. Semakin besar daya ikat elektron pada air tanah dan dapat dikeluarkan maka pengembangan akan semakin kecil. Hal ini dibuktikan dari nilai pengembangan dan kadar air pada voltase 6 V mengalami pengembangan dan kadar air yang besar dibandingkan dengan besaran voltase 9 V dan 12 V.
 4. Pada penelitian yang dilakukan bahan untuk anoda (+) dari besi stainless lebih baik dalam menahan korosif daripada besi berlapis krom.

SARAN

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

1. Perlu diteliti lagi apakah lebih efektif jika memberikan tegangan yang lebih besar dari 12 volt dan efek pada sifat

fisis tanah jika memberikan tegangan yang lebih tinggi dari 12 volt (V) dengan arus 5 ampere (A).

2. Pada pengujian perlu dilakukan pengujian dengan metode elektrokinetik yang tidak kontinyu. Seperti pengujian setelah di elektrokinetik selama 4 hari dan penambahan air 1 hari selanjutnya tanpa elektrokinetik. Hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah setelah proses elektrokinetik dan dilakukan penambahan air tanpa elektrokinetik, tanah dapat menahan pengembangan. Dari pengujian ini dapat ditentukan, apakah metode elektrokinetik harus dilakukan secara kontinyu atau tidak untuk dapat menahan pengembangan yang terjadi.
3. Perlu dilakukan penambahan waktu proses elektrokinetik untuk mendapatkan nilai pengembangan tanah yang lebih optimal.
4. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan untuk variasi jarak dan jumlah elektroda.
5. Perlu dilakukan variasi bahan elektroda agar dapat diketahui bahan yang baik untuk digunakan sebagai elektroda.
6. Perlu dilakukan pengujian dengan alat uji yang lebih besar.

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/ft³ (600 kNm/m³)).
- ASTM D854-10, 2010, Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer.

- ASTM D1557-12, Standard Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56.000 ft-lbf/ft³ (2700 kNm/m³)).
- 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.
- Diana, W., 2015, Experimental Study On Exspansive Soil: The Effect of Pile Instalation on Slab Heave. The 10th International Forum on Strategic Technology, 3-5 June 2015 Universitas Gajah Mada.
- 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.
- Yu, T.R., 1997, Chemistry of Variable Charge Soils, Oxford University Press.