

PENGEMBANGAN TANAH LEMPUNG EKSPANSIF PASCA PERBAIKAN DENGAN METODE ELEKTROKINETIK

Riwayat Artikel

Diterima
1 Januari 2017
Direvisi
8 Januari 2017
Dipublikasi
14 Januari 2017

Nochyza Husnul Khatimah^a, Agus Setyo Muntohar^{a*}

^a *Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Kampus UMY Jl. Lingkar Selatan Taman Tirto, Yogyakarta*

*Corresponding author
muntohar@umy.ac.id

Graphical abstract



Abstract

An expansive clay tends to swell and shrink due to the changes of water content. The soil will shrink if the amount of water reduces, whereas swelling take places if the moisture content increases. Soil stabilization using electrokinetic method is investigated in this study. Expansive clay compacted into a plexiglass box of 40 cm x 20 cm x 15 cm was used and filled with compacted soil at its maximum dry density and optimum moisture content. The electrodes used stainless steel bar (anode) and copper bar (cathode). The specimens were soaked with water for four days, while a 12 volt of DC current was applied to the anode and cathode. The swelling during this period was observed. After finished condition A, the specimen was treated in three conditions: three days air dried followed by one day soaked (condition A), two days air dried continued with one day soaked (condition B), and one day air dried subsequence to one day soaking (condition C). These conditions were assigned as post-treatment swelling.

Keywords: expansive clay, soil stabilization, electrokinetic, swelling, Shrinkage, water content

Abstrak

Tanah lempung ekspansif mempunyai potensi pengembangan atau penyusutan yang tinggi oleh pengaruh perubahan kadar air. Tanah ekspansif akan menyusut bila kadar air berkurang, dan sebaliknya akan mengembang bila kadar air bertambah. Pada penelitian ini perbaikan tanah menggunakan metode elektrokinetik. Tanah lempung ekspansif dipadatkan kedalam box plexiglass dengan volume tanah 40 cm x 20 cm x 15 cm dan diisi dengan tanah yang dipadatkan pada kondisi MDD dan OMC. Elektroda yang digunakan pada anoda dengan besi *stainless* dan katoda dengan tembaga. Benda uji direndam dengan air selama 4 hari, kemudian arus DC sebesar 12 volt di terapkan pada anoda dan katoda. Pengembangan diamati selama periode. Setelah kondisi A selesai, benda uji diperlakukan dalam 3 kondisi : 3 hari kering udara diikuti 1 hari perendaman (A), 2 hari kering udara diikuti 1 hari perendaman (B), dan 1 hari kering udara diikuti 1 hari perendaman (C). Kondisi ini menunjukan pengembangan pasca elektrokinetik.

Kata kunci : tanah lempung ekspansif, stabilisasi tanah, elektrokinetik, pengembangan, pengeringan, kadar air

© 2017 Penerbit LP3M UMY. All rights reserved

1 PENDAHULUAN

Banyaknya pembangunan struktur jalan di atas tanah lempung ekspansif, seperti di Yogyakarta (Muntohar, 2006), dan Ngawi (Sudjianto et al., 2009, Muntohar, 2010), menyebabkan kerusakan struktur setelah konstruksi. Perbaikan tanah lempung ekspansif telah banyak dilakukan dengan bahan-bahan kimia seperti kapur, atau bahan lainnya untuk mengurangi pengembangan dan meningkatkan kuat geser tanah. Namun prinsip dasar dari perbaikan tanah ekspansif adalah dengan mengendalikan air yang masuk ke tanah (Muntohar, 2014). Penggunaan elektrokinetik merupakan salah satu metode yang dapat mengendalikan kadar air tanah. Pada penelitian ini digunakan metode perbaikan tanah lempung ekspansif dengan menancapkan elektroda yaitu, anoda (+) dengan bahan besi stainless dan katoda (-) dengan bahan tembaga kedalam tanah yang dapat menghantarkan arus listrik searah (DC) yang disebut metode elektrokinetik (Tjandra dan Wulandari, 2006). Pada saat elektroda yaitu anoda (+) dan katoda (-) yang ditanam didalam tanah akan terjadi proses peruraian zat dalam bentuk lelehan oleh arus listrik searah yang disebut dengan proses elektrolisis, dimana katoda terjadi reduksi terhadap kationnya (ion +) dan anoda terjadi oksidasi terhadap anionnya (ion -). Menurut Thury dkk (2013) Jenis ion didalam cairan berpori mampu memindahkan partikel tanah dengan reaksi *electromigration* dan *electroosmosis*. Reaksi dari elektrokinetik ini menghasilkan dua tahap perpindahan, yaitu perpindahan melalui zat padat dan cair dengan arus listrik 2 arah. Fenomena elektrokinetik dibagi menjadi 4 macam, yaitu *elektroforesis*, *elektromigrasi*, aliran potensial, dan *elektroosmosis*.

Stabilisasi tanah dengan menggunakan metode elektrokinetik banyak dikaji dalam skala laboratorium oleh para peneliti (Tjandra dan Wulandari, 2006), (Prastiwi dkk, 2016), (Atmaja dkk, 2013), (Thuy dkk, 2013), dan (Moayedi, 2013). Dalam penelitian (Andhespha, 2016) dan (Sheila, 2016) mengkaji tentang pengaruh pengembangan tanah lempung ekspansif pada metode elektrokinetik.

Tujuan penelitian ini untuk menentukan besarnya pengembangan tanah dengan elektrokinetik, mempelajari pengembangan tanah terhadap lamanya pengeringan pasca elektrokinetik

2 METODE PENELITIAN

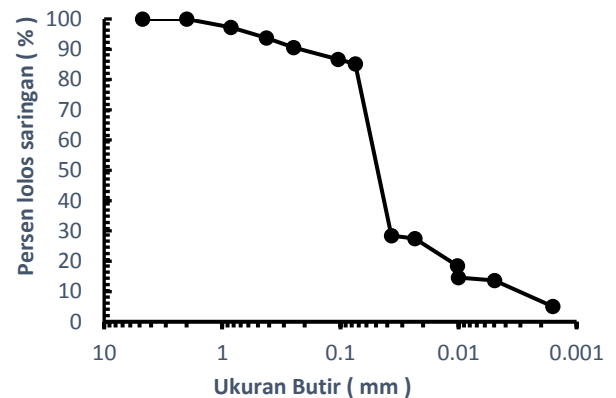
2.1 Tanah yang digunakan

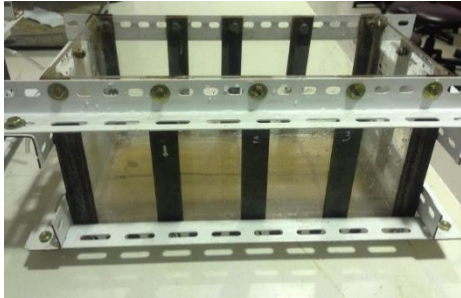
Penelitian ini menggunakan tanah lempung ekspansif yang berasal dari daerah Ngawi, Jawa Timur. Dari hasil pengujian batas cair dan batas plastis, menurut sistem klasifikasi tanah Unified Soil Classification System (USCS), tanah diklasifikasikan sebagai tanah lempung plastisitas sedang sampai tinggi dengan simbol CH. Sifat-sifat fisik tanah yang digunakan seperti disajikan pada Tabel 1. Berdasarkan grafik distribusi ukuran butir tanah, tanah

yang digunakan mengandung fraksi tanah berbutir halus sebanyak 85,2% dan fraksi tanah berbutir kasar sebanyak 14,8% dapat dilihat pada Gambar 1.

Tabel 1. Sifat fisik dan indeks tanah

Parameter	Nilai
Berat jenis tanah, G_s	2,62
Batas – batas konsistensi :	
Batas cair, LL (%)	71,3
Batas plastis, PL (%)	33,9
Batas Susut (%)	15,3
Indeks plastisitas, PI (%)	37,4
Berat volume kering maksimum, $\gamma_{d,max}$ (kN/m ³)	13,75
Kadar air optimum, OMC (%)	19,4
Aktifitas tanah, A	3,82





Gambar 3. Kotak Uji

2. Elektroda

Elektroda yang terdiri dari anoda (muatan positif (+)), dan katoda (muatan negatif (-)) dengan panjang 25 cm. Bahan katoda terbuat dari tembaga yang berdiameter 10 mm, sedangkan bahan anoda terbuat dari besi stainless yang berdiameter 12 mm (lihat Gambar 4).



Gambar 4. Elektroda

3. Voltage Regulator

Sumber tegangan listrik yang digunakan dalam penelitian adalah listrik searah (DC) yang berasal dari regulator yang dapat mengubah listrik AC ke DC dengan kapasitas 3 – 12 volt, 5 Ampere (lihat Gambar 5).



Gambar 5. Voltage Regulator

4. Kabel

Kabel digunakan sebagai penghantar listrik dari regulator menuju elektroda dengan menjepitkan katoda pada tembaga dan anoda pada besi stainless yang telah ditanam ke dalam tanah untuk dilakukan proses elektrokinetik (lihat Gambar 6).



Gambar 6. Kabel dan Penjepit

5. Multimeter

Multimeter yang digunakan untuk mengukur tegangan listrik dan arus listrik yang akan mengalir kedalam tanah (lihat Gambar 7).



Gambar 7. Multimeter

6. Magnetic Dial Gauge

Magnetic dial gauge digunakan untuk mengetahui besar pengembangan maupun penyusutan yang terjadi pada tanah (lihat Gambar 8).



Gambar 8. Magnetic dial gauge

2.3 Desain Penelitian

Pada penelitian metode elektrokinetik ini, variabel utama yang akan dibahas adalah pengembangan tanah lempung ekspansif pasca perbaikan dengan metode elektrokinetik. Besaran voltase yang dipakai 12V. Proses elektrokinetik dilakukan selama 4 hari setiap pembacaan waktu 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 diamati pengembangannya. Setelah proses pengembangan selama 4 hari selesai, tanah dikeringkan selama 1 hari, 2 hari, dan 3 hari tanpa arus listrik, selanjutnya tanah kembali diberi air selama 1 hari tanpa arus listrik untuk diamati apakah pengembangan tanah pasca elektrokinetik menurun.

Tabel 2. Desain penelitian

Uji	Pemberian arus (hari)	Lama pengembangan dengan arus listrik (hari)	Lama pengeringan (hari)	Pengembangan tanpa arus listrik (hari)
A	4	4	3	1
B	4	4	2	1

2.4 Pembuatan Benda Uji dan Prosedur Pengujian

Tanah lempung ekspansif mula-mula dilakukan pengujian awal yang bertujuan untuk menentukan sifat-sifat fisik tanah asli. Setelah pengujian awal, tanah yang lolos saringan no. 4 sebanyak 14,11 kg dicampur dengan 2046 ml (berat tanah (W_d) = 95% x MDD x $V_{tanah\ uji}$ = 95% x 13,75 x 0,0108 = 14,11 kg dan berat air (W_w) = $w \times W_d$ = 14,5% x 14,11 = 2046 ml).

Setelah tanah tercampur hingga merata dimasukkan ke dalam kotak uji berukuran 40 x 20 x 20 cm. Tanah dipadatkan hingga mencapai volume 36 x 20 x 15 cm. kemudian pasir setebal 2 cm disusun pada setiap sisi (lihat Gambar 9).



Gambar 9. Tanah yang dipadatkan dalam box

Kemudian dipasang elektroda yaitu anoda (+) dengan bahan besi stainless dan katoda (-) dengan bahan tembaga (lihat Gambar 10).

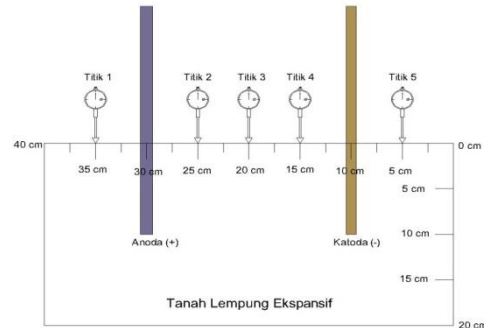


Gambar 10. Pemasangan Elektroda

Diatas tanah, diletakkan plat mika dan dipasang 5 buah dial gauge dengan jarak 5 cm yang berfungsi untuk pembacaan nilai pengembangan dan penyusutan tanah, selanjutnya dipasang kabel dengan penjepit pada elektroda kemudian dialiri arus DC dengan tegangan 12 V. Proses elektrokinetik dilakukan selama 4 hari setiap pembacaan waktu 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 diamati pengembangannya. Setelah proses pengembangan selama 4 hari selesai, tanah dikeringkan selama 1 hari, 2 hari, dan 3 hari tanpa arus listrik, selanjutnya tanah kembali diberi air selama 1 hari tanpa arus listrik. Setelah proses elektrokinetik tanah diambil sampel dengan variasi kedalaman 0 cm, 7,5 cm dan 15 cm setiap titik, untuk diukur kadar airnya.



Gambar 11. Pengujian elektrokinetik

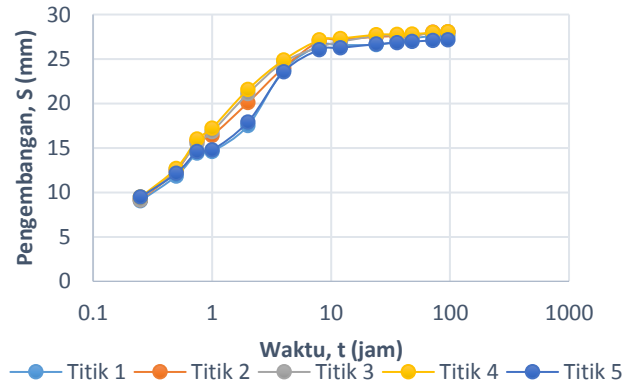


Gambar 12. Skema penempatan dial gauge

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil pengujian tanpa elektrokinetik

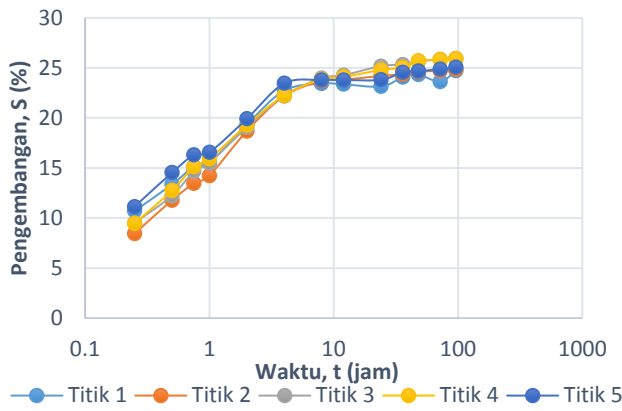
Hasil pengujian pengembangan maksimal tanah tanpa proses elektrokinetik sebesar 28 % pada titik 4 (lihat Gambar 13).



Gambar 13. Kurva pengembangan tanpa proses elektrokinetik

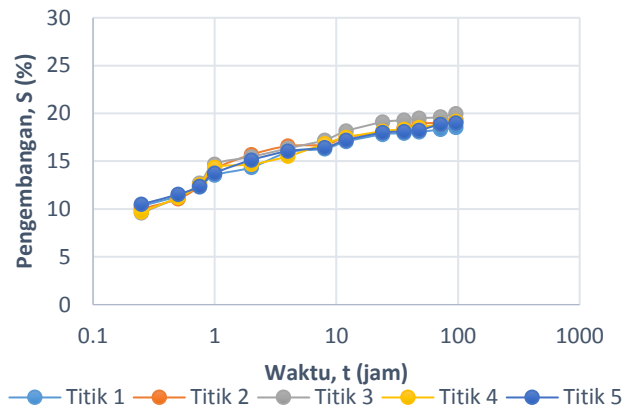
3.2 Hasil Pengujian dengan elektrokinetik

Hasil pengujian pengembangan maksimal tanah dengan proses elektrokinetik benda uji A sebesar 26 % pada titik 3 dan 4 (lihat Gambar 14).



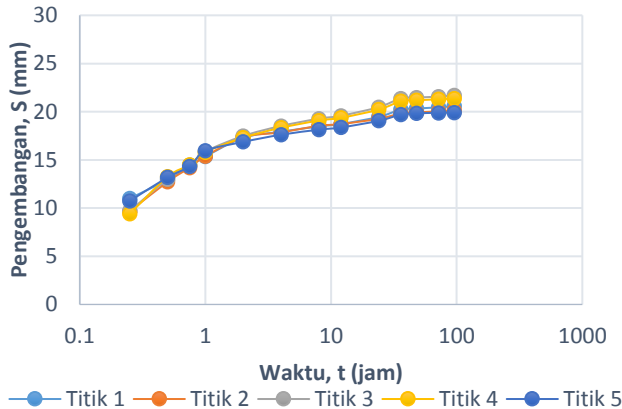
Gambar 14. Kurva pengembangan (swelling) dengan proses elektrokinetik benda uji A

Hasil pengujian pengembangan maksimal tanah dengan proses elektrokinetik benda uji B sebesar 20 % pada titik 3 (lihat Gambar 15).



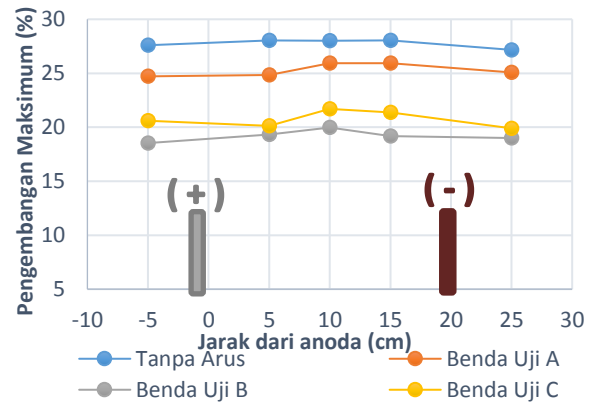
Gambar 15. Kurva pengembangan (swelling) dengan proses elektrokinetik benda uji B

Hasil pengujian pengembangan maksimal tanah dengan proses elektrokinetik benda uji C sebesar 22 % pada titik 3 (lihat Gambar 16).



Gambar 16. Kurva pengembangan (swelling) dengan proses elektrokinetik benda uji C

Hasil pengembangan dan penurunan maksimum pada proses elektrokinetik dan tanpa elektrokinetik (lihat Gambar 17).

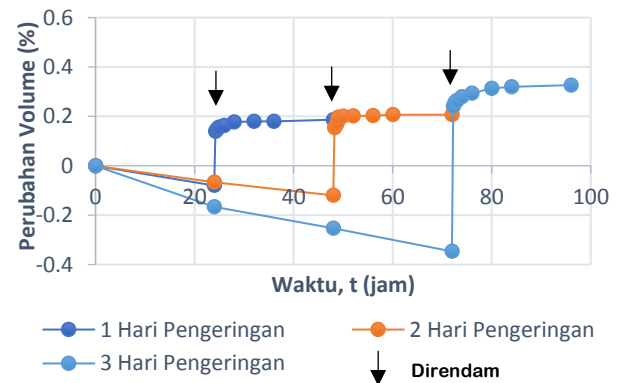


Gambar 17. Grafik pengembangan (swelling) maksimum tanpa elektrokinetik, benda uji A, benda uji B dan benda uji C

Pada hasil pengujian tanah yang diberi perlakuan elektrokinetik pengembangannya lebih kecil dibandingkan tanpa proses elektrokinetik. Dapat dilihat dari hasil pengembangan maksimum dengan perlakuan elektrokinetik beda uji A sebesar 26% pada titik 3 dan 4, Benda Uji B sebesar 20 % pada titik 3 dan Benda Uji C sebesar 22 % pada titik 3. Sedangkan tanpa proses elektrokinetik mempunyai nilai pengembangan yang sangat tinggi sebesar 28 % pada titik 4. Besaran voltase yang dipakai sebesar 12 volt.

3.3 Hasil pengujian proses pengeringan dan pengembangan tanah setelah proses elektrokinetik tanpa arus listrik

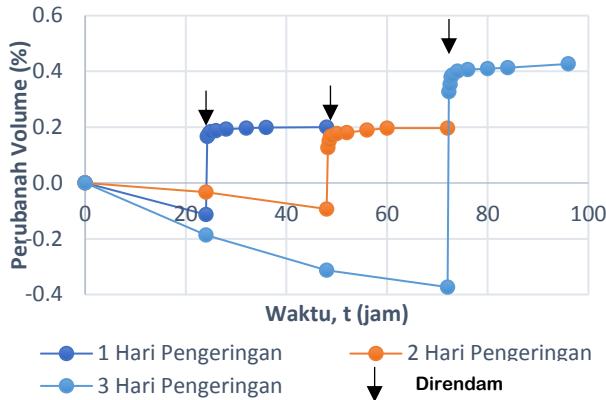
Hasil pengujian pengeringan tanah pasca elektrokinetik selama 1 hari pengembangan maksimum 0,19%, pengeringan tanah selama 2 hari pengembangan maksimum 0,21%, dan pengeringan tanah selama 3 hari pengembangan maksimum 0,33% pada titik 1 (lihat Gambar 18).



Gambar 18. Kurva pengeringan dan pengembangan pasca elektrokinetik pada titik 1

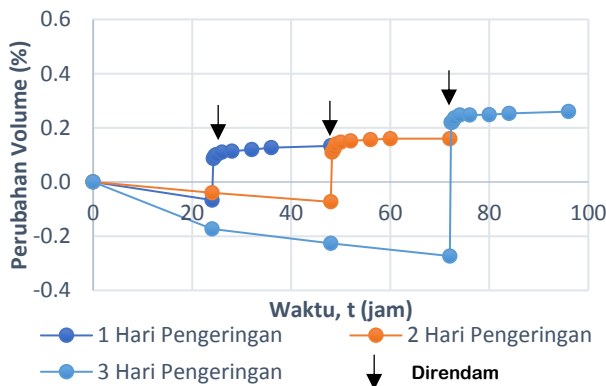
Hasil pengujian pengeringan tanah pasca elektrokinetik selama 1 hari pengembangan maksimum 0,2%, pengeringan tanah selama 2 hari pengembangan maksimum 0,2%, dan pengeringan

tanah selama 3 hari pengembangan maksimum 0,43% pada titik 3 (lihat Gambar 19).



Gambar 19. Kurva pengeringan dan pengembangan pasca elektrokinetik pada titik 3

Hasil pengujian pengeringan tanah pasca elektrokinetik selama 1 hari pengembangan maksimum 0,13%, pengeringan tanah selama 2 hari pengembangan maksimum 0,16%, dan pengeringan tanah selama 3 hari pengembangan maksimum 0,26% pada titik 5 (lihat Gambar 20).



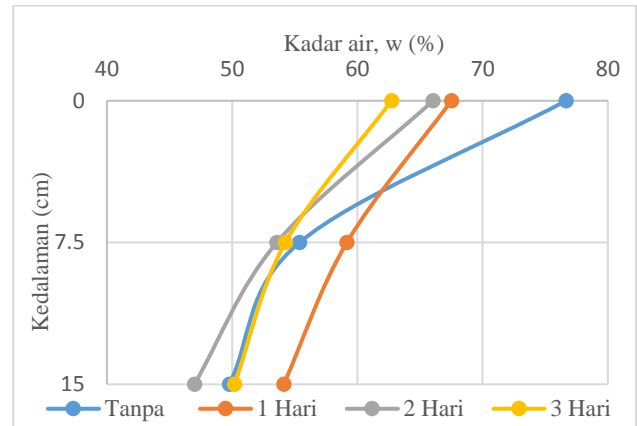
Gambar 20. Kurva pengeringan dan pengembangan pasca elektrokinetik pada titik 5

Semakin lama proses pengeringan tanah pengembangan yang terjadi semakin besar. Dapat dilihat dari hasil pengeringan selama 1 hari pengembangan sebesar 0,2% pada titik 3, pengeringan selama 2 hari pengembangan sebesar 0,21% pada titik 1, dan pengeringan selama 3 hari pengembangan sebesar 0,43% pada titik 3. Dilihat dari hasil pengujian, pengeringan selama 1 dan 2 hari pasca elektrokinetik mampu menjaga pengembangan yang tidak terlalu besar, sedangkan pasca elektrokinetik 3 hari tanah mengembang cukup besar. Menurut Muntohar (2014), lempung yang sangat kering memiliki potensi pengembangan yang sangat tinggi. Pada kondisi tersebut, lempung dengan mudah menyerap air. Pada kondisi kadar air ini, lempung telah mengembang dan pengembangan berikutnya akan terjadi relatif kecil. Tanah lempung yang berada dalam kondisi basah dapat menjadi kering karena turunnya muka air

tanah atau perubahan kondisi fisik lainnya, maka dalam keadaan ini lempung akan mengembang setelah mengalami pembasahan lagi.

3.4 Kadar air rata-rata

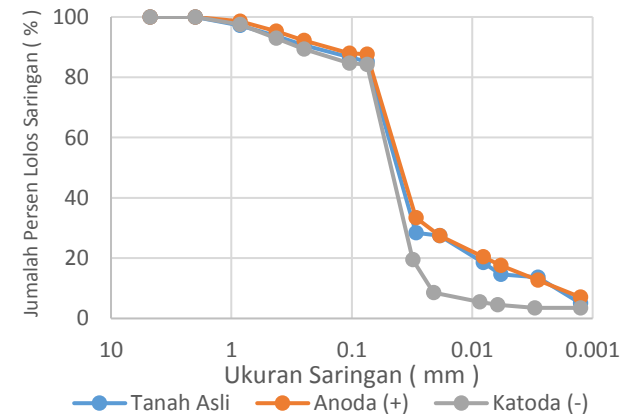
Hasil kadar air rata-rata setelah elektrokinetik untuk setiap lamanya pengeringan. Pada kedalaman 0 merupakan bagian atas, kedalaman 7,5 bagian tengah, dan pada kedalaman 15 bagian bawah (lihat Gambar 21).



Gambar 21. Kurva kadar air rata-rata

Berdasarkan (Gambar 21) dapat disimpulkan bahwa kadar air pada bagian permukaan lebih besar dibandingkan bawah, dimana arus listrik akan mengikat air tanah mengalir sehingga mengurangi kandungan air pada tanah lempung (Atmaja,2013).

3.5 Pengaruh pasca elektrokinetik terhadap distribusi ukuran butiran tanah



Gambar 22. Grafik distribusi ukuran butiran tanah pasca elektrokinetik

Hasil pengujian tanah lempung ekspansif pasca elektrokinetik pada pengeringan 2 hari, fraksi halus tanah asli 85,2%, pada anoda(+) sebesar 87,6% dari besi stainless, dan pada katoda(-) 84,3% dari tembaga. Dari hasil disimpulkan terjadinya penggumpalan sekitar katoda (lihat Gambar 23) dibandingkan daerah anoda (lihat Gambar 24).

Penggumpalan yang terjadi di katoda (-) disebut proses flokulasi dan aglomerasi. Menurut Muntohar (2014) flokulasi adalah proses dari perubahan struktur partikel lempung dari struktur yang orientasi partikelnya lebih acak, sedangkan aglomerasi merupakan pembesaran ukuran partikel yang terjadi dari glokulasi partikel - partikel lempung yang membentuk ikatan antar ujung dan permukaan partikel. Menurut Tjandra dan Wulandari (2006) pada saat anoda dan katoda ditanam kedalam tanah yang dialiri arus listrik akan terjadi proses hidrolisis di elektron. Proses hidrolisis yaitu berpindahnya H^+ ke kutub katoda dan OH^- ke kutub anoda (*electromigration*) serta perpindahan air pori tanah dari anoda ke katoda yang akan meningkatkan daya dukung tanah disekitar anoda. Menurut Atmaja, dkk. (2013) metode elektroosmosis yaitu metode mengurangi kadar air tanah lempung dengan menggunakan arus listrik searah (DC) yang akan mengikat air membawanya dari elektroda anoda (+) ke katoda (-) yang akan menyebabkan air tanah akan mengalir yang mengurangi kadar air tanah lempung.



Gambar 23. Pengumpulan tanah pada katoda pasca elektrokinetik



Gambar 24. Tanah pada anoda pasca elektrokinetik

4 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa dapat disimpulkan bahwa :

1. Tanah yang diberi perlakuan elektrokinetik mengalami perubahan pengembangan yang lebih kecil dibandingkan tanpa proses elektrokinetik.
2. Semakin lama proses pengeringan tanah pengembangan yang terjadi cukup besar. Pengeringan selama 1 hari dan 2 hari pasca elektrokinetik mampu menjaga pengembangan tanah yang tidak terlalu besar, sedangkan pasca elektrokinetik 3 hari tanah mengembang cukup besar. Dengan demikian, pengeringan tanah pasca elektrokinetik selama 4 hari tidak mampu menjaga pengembangan tanah.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Direktorat Riset dan Pengabdian kepada Masyarakat, Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi atas pendanaan penelitian melalui Riset Pengembangan Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi (IPTEK) tahun 2016.

Daftar Pustaka

- Andhiepsa, V. Y. D., 2016, Pengaruh Besaran Voltase Metode Elektrokinetik Terhadap Pengembangan Tanah Lempung Ekspansif, Tugas Akhir, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Atmaja, Y. R., Niken S. S., dan As'ad, S., 2013, Pengaruh Penggunaan Elektroosmosis Terhadap Parameter Kuat Geser Tanah Lempung, E-Jurnal Matriks Teknik Sipil, Vol. 1, No. 4, pp. 30-37.
- Moayed, H., Nazir, R., Kazemian, S. & Huat, B. K., 2014. Microstructure analysis of electrokinetically stabilized peat. *Measurement*, pp. 187 - 194.
- Muntohar, A.S. (2010). Behavior of Ekspansive Clay of Ngawi Region (East Java) Under Water Content Variation. *Civil Engineering Dimension* Vol. 12, No.1, March 2010, 63-64.
- Muntohar, A.S., 2010, Discussion on "Behavior of Expansive Clay of Ngawi Region (East Java) Under Water Content Variation", *Civil Engineering Dimension*. Vol. 12, No.1, pp. 63-64.
- Muntohar, A.S., 2014, Prinsip-Prinsip Perbaikan Tanah, Yogyakarta: Lembaga Penelitian, Publikasi, dan Pengabdian Masyarakat (LP3M).
- Sheila, R., 2016, Pengaruh Kedalaman Elektroda Pada Metode Elektrokinetik Terhadap Pengembangan Tanah Lempung Ekspansif, Tugas Akhir: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Tjandra, D. dan Wulandari, P.S., 2006, Pengaruh Elektrokinetik Terhadap Daya Dukung Pondasi

Tiang di Lempung Marina, Dimensi Teknik Sipil,
Vol.8 No.2, pp. 15-19.

Thuy, T. T. T., Putra, D. P. E., Budianta, W. dan Hazarika,
H., 2013, Improvement of Expansive Soil by
Electro-kinetic Method, Journal Sains
Engineering Asian Applied Geological, Vol. 5,
No.1, pp. 50-59.