

ANALISIS KOMBINASI PRELOADING MEKANIS DAN ELEKTROKINETIK TERHADAP PEMAMPATAN TANAH LUNAK PONTIANAK

Agustina¹⁾, Rustamadji²⁾, Eka Priadi, MT²⁾

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura

mrs.teena12@yahoo.com

ABSTRAK

Daya dukung tanah yang rendah dan besarnya penurunan yang dapat terjadi pada tanah lunak dipengaruhi oleh tingginya kandungan air di dalamnya. Metode Elektroosmotik merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengurangi kadar air yang ada pada tanah lunak, dengan cara menempatkan katoda dan anoda yang dialiri listrik ke dalam tanah dalam satu jarak tertentu, sehingga air akan mengalir dari anoda (+) ke katoda (-) sebagai manifestasi gejala elektroosmosis. Pada penelitian ini dilakukan uji konsolidasi dengan matriks percobaan yang berbeda-beda. Hasil uji laboratorium pada pengujian konsolidasi dengan preloading 144 jam dikombinasikan dengan arus 15 mA menunjukkan adanya penurunan pada nilai indeks pemampatan sebesar 37.16% efisiensi waktu sebesar 18.18% dan pada pengujian konsolidasi dengan preloading 144 jam dikombinasikan dengan arus 30 mA penurunan nilai indeks pemampatannya sebesar 42.66% efisiensi waktu sebesar 36.36%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa akibat pengaruh listrik, kekakuan tanah dapat meningkat dan proses pemampatan tanah yang terjadi dapat dipercepat.

Kata kunci: Tanah lunak, Pemampatan Preloading, Elektrokinetik

1. Pendahuluan.

Menurut Muni Budhu (2007), pada prinsipnya tanah yang dibebani akan mengalami penurunan yang menyebabkan penurunan dari struktur yang didirikan di atasnya. Jika penurunan tanah melebihi batas toleransi yang ada, maka fungsi bangunan dapat melemah dan umur rencana struktur dapat berkurang. Oleh karena itu, dalam perencanaannya, harus dilakukan usaha perbaikan tanah dan sangatlah penting dilakukan analisa mengenai metode perbaikan tanah yang dilakukan.

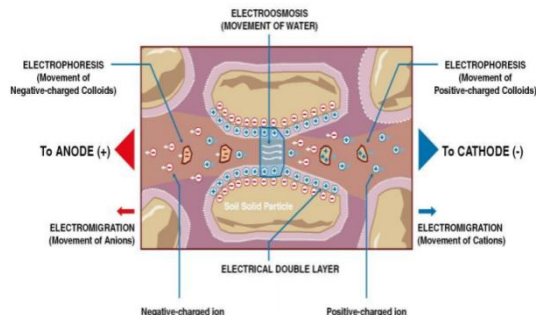
Upaya perbaikan tanah yang umumnya dilakukan salah satunya yaitu dengan cara *preloading*. *Preloading* yaitu penambahan beban sementara di atas lahan (umumnya tanah lunak) yang akan dibangun struktur permanen, sampai penurunan primernya terjadi. Pada kondisi tanah lunak yang mudah mampat dan tebal, memerlukan

pembebanan sebelum pembangunan permanen dilakukan. Dengan adanya *preloading* maka tanah akan tertekan sehingga tegangan air pori berlebih dari tanah akan keluar lebih cepat yang menyebabkan memendeknya waktu terjadinya penurunan juga meningkatkan daya dukung tanah.

Selain itu ada cara lain yang meskipun tidak baru tetapi tampaknya belum banyak dikenal adalah metode yang memanfaatkan sifat-sifat elektrokinetik tanah. Elektrokinetik adalah suatu metode perbaikan tanah lunak yang diaplikasikan untuk meningkatkan daya dukung tanah dengan cara memberikan tegangan pada elektroda yang ditanam di tanah untuk memperbaiki karakteristik geoteknik dari tanah lunak.

Fenomena elektrokinetik atau *elektrokinetic phenomena* adalah sebuah proses pemisahan dan akumulasi muatan listrik

sebagai akibat dari pergerakan fluida yang bersifat elektrolit pada medium berpori (Grandis, 2005). Fenomena elektrokinetik yang terjadi antara lain *electrophoresis*, *electromigration*, dan *electroosmosis*.



Gambar 2.1. Ilustrasi proses elektrokinetik (Rustamaji.2007)

Electroosmosis adalah perpindahan air atau senyawa polar lainnya melalui suatu membran atau medium yang porous di dalam medan listrik (Siong, 2004). Proses ini pertama kali digunakan oleh L. Casagrande pada tahun 1937 untuk sebuah proyek stabilisasi di Jerman.

Mitchell (1993), memberi satu tinjauan ulang yang lebih luas dari *elektroosmosis*, tingkat alir *elektroosmotik* satu dimensi dalam lahan dapat di nyatakan kepada hukum darcy sebagai berikut :

$$Q_{eo} = v_{eo} \cdot A \dots\dots\dots 1.1$$

Q_{eo} = Laju volume dari alir yang elektroosmotik

A = Luas penampang (m^2)

v_{eo} = Percepatan alir yang elektroosmotik (m/s)

Dari persamaan (2.2.0) percepatan alir yang elektroosmotik dapat di nyatakan sebagai berikut (Azzam dan Oey, 2001) :

$$v_{eo} = k_e \cdot i_e \dots\dots\dots 1.2$$

Dimana:

k_e = elektroosmotik permeability koefisien ($m^2/V \cdot s$)

U = potensial listrik (V)

i_e = gradient potensial listrik: $\Delta U/l$ (V/

l = panjang spesimen (m)

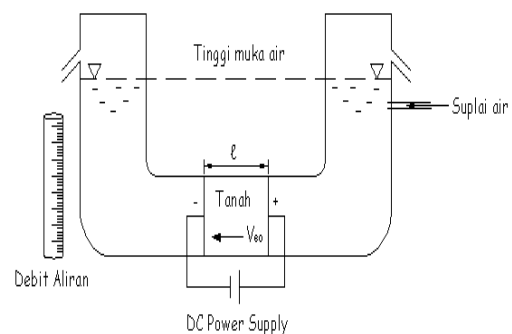
Dari persamaan (1.1), (1.2) tingkat aliran yang *elektroosmotik* di nyatakan sebagai berikut :

$$Q_{eo} = k_e \cdot i_e \cdot A \dots\dots\dots 1.3$$

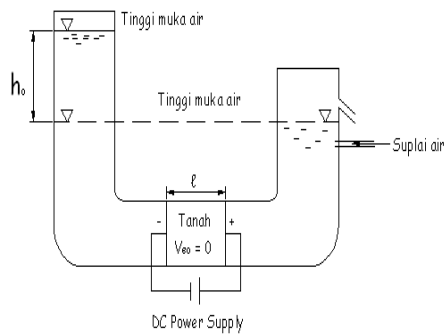
Kecepatan aliran elektroosmotik di pengaruhi oleh dua parameter yaitu, k_e ($m^2/V \cdot s$) dan i_e (V/m),

Perilaku dari aliran *elektroosmotik* tergantung pada dua parameter, k_e ($m^2/V \cdot s$) dan i_e (V/m).

Gradient potensial listrik i_e (V/m) berperan dalam Bergeraknya air pori di dalam tanah walaupun tidak seluruhnya gradien potensial listrik digunakan oleh kedua elektroda tetapi sebagian besar gradien telah dipindahkan dengan efektif ke tanah (Lefebvre dan Burnote, 2002). Koefisien permeabilitas *elektroosmosis* k_e ($m^2/V \cdot s$) digambarkan sebagai suatu keseimbangan yang tetap antara gradien potensial elektrik dan besar aliran. Nilai dari k_e ($m^2/V \cdot s$) adalah bergantung pada konstanta *dielektrik*, *viskositas* air, potensial *elektrokinetik* dan porositas (Azzam dan Oey, 2001).



Gambar 2.2 Tes laboratorium untuk mengukur aliran *elektroosmotik* (Azzam dan Oey, 2001 dalam Tika Elfhira, 2009).



Gambar 2.3. Tes laboratorium untuk mengukur potensial aliran *elektroosmotik* (Azzam dan Oey, 2001 dalam Skripsi Tika Elfhira, Skripsi 2009).

Air (yaitu air pori tanah) mengalir dari anoda ke arah katoda (Gambar 2.5). Aliran ini berlawanan arah dengan aliran hidrolik yang mana air mengalir dari potensial tinggi ke potensial rendah. Pada kondisi *steady state* kedua kecepatan (yaitu *elektroosmosis* dan aliran *hidrolik*) adalah sama dengan nol dan dua kondisi ini mengikuti dua persamaan dibawah ini :

$$v_{eo} = k_e \cdot \frac{\Delta U}{l} \dots\dots\dots 1.4$$

$$; \quad v_h = k \frac{h_e}{l} \dots\dots\dots 1.5$$

dimana :

v_h = kecepatan aliran hidrolik (m/s)

k = koefisien permeabilitas (m/s)

h_e = potensial hidrolik (m)

Pada kondisi *steady state*, dimana $v_{eo} = v_h$, dan dari persamaan (2.13 dan 2.14) potensial *hidrolik* dapat dinyatakan sebagai berikut (Azzam dan Oey, 2001) :

$$h_e = \frac{k_e}{k} \cdot \Delta U \dots\dots\dots 1.6$$

Ketika potensial listrik sama dengan 1 volt, persamaan (2.15) menjadi (Azzam dan Oey, 2001) :

$$h_e = \frac{k_e}{k} \dots\dots\dots 1.7$$

Potensial hidrolik yang dinyatakan dalam persamaan (2.16) digambarkan sebagai koefisien aktifitas *elektroosmotik* spesifik.

Elektroosmosis dan aliran hidrolik lainnya biasanya membawa semua zat pelarut melalui aliran air pori dari lokasi yang satu ke lokasi lainnya tergantung pada arah aliran. Migrasi ion memisahkan muatan ion negatif dan positif dan kemudian menyebabkan perpindahan ion pada elektroda yang berlawanan (yaitu muatan ion negatif ke arah anoda dan muatan ion positif ke arah katoda). Oleh karena itu, aliran hidrolik dapat meningkatkan perpindahan dari satu ion tetapi memperlambat perpindahan ion lainnya dari muatan yang berlawanan. Sumbangan *elektroosmosis* adalah sama baiknya seperti migrasi dari transport ion dibawah variasi medan listrik untuk jenis tanah yang berbeda, kadar air, tipe-tipe ion, kandungan kimia air pori dan kondisi batas (Alshawabkeh, 2001).

Untuk menganalisis aliran *elektroosmosis* secara kuantitatif bergantung pada uraian-uraian sebagai berikut (Yeung, 1994):

- a. kecepatan aliran *elektroosmotik*, v_{eo} (m/s)
- b. konduktivitas *elektroosmotik* (yaitu koefisien permeabilitas *elektroosmotik*), k_e (m²/v.s)
- c. fluks *electroosmotik*, J_{eo} (mol/m².s)
- d. debit *elektroosmotik* , Q_{eo} (m³/s)

2. Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan 7 sampel. Perbedaan utama adalah pada sistem pembebanan, pengukuran dan variasi system pengaliran. Pengujian dilakukan dengan waktu yang bersamaan agar didapat besar pembebanan yang sama.

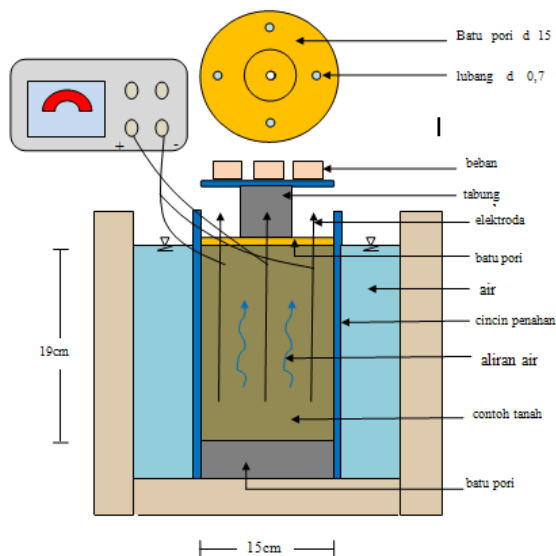
Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain ; tanah, elektroda aktif dari besi, batu pori sebagai pemisah antara specimen tanah dan air dalam skala model, pipa PVC Ø6 inci dengan tinggi ±19 cm, kertas pori, beban-beban yang telah disesuaikan dengan alat oedometer, serta air.

Peralatan yang digunakan dalam pengujian pemampatan tanah lunak adalah sel oedometer yang dirancang khusus untuk percobaan elektrokinetik yang terdiri dari :

- Oedometer
- DC Power Supply
- Kabel Listrik
- Multitester
- Dial Pembaca

Desain alat uji dapat dilihat pada gambar 2.1

Lokasi penelitian dilakukan di Labiratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura. Contoh (sampel) tanah yang digunakan dalam penelitian ini diambil di sekitar lapangan basket Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura dalam kondisi tidak terganggu (*Undisturbed Soil*).



Gambar. 2.1 Desain Alat Percobaan

Berikut tahapan pengujian setelah sampel diambil:

- Penempatan berturut-turut dalam sel konsolidasi.
 - Batu pori bawah
 - Cincin yang berisi benda uji
 - Lidi sepeda 5 batang
 - Pelat Kayu Ø6 inci
 - Penahan Beban
- Penempatan sel konsolidasi yang berisi benda uji dalam rangka pembebanan

- Setelah sel konsolidasi diisi dengan tanah, maka sel konsolidasi tersebut diberi air untuk penenuhan selama 24 jam
- Benda uji diberi tegangan: beban bertambah dan beban bertambah dengan pembebanan awal (preloading) 0.014 kg/cm^2 sebesar :
 - 0.0250 kg/cm^2 ; 0.05 kg/cm^2 ; 0.075 kg/cm^2 ; 0.1 kg/cm^2
- Pembacaan arloji pengukuran penurunan dilakukan oleh waktu-waktu berikut: 0.50 ; 1.00 ; 2.25 ; 4.00 ; 6.25 ; 9.00 ; 12.25 ; 16.00 ; 20.25 ; 25.00 ; 36.00 ; 49.00 ; 64.00 ; 81.00 ; 100 ; 121 ; 144 ; 225 ; 400 ; 1440 menit dan seterusnya setiap penambahan beban dilakukan setelah 24 jam.
 - Setelah pembebanan selesai dilakukan, contoh tanah dikeluarkan, berat benda uji ditimbang, kemudian dilakukan pengujian sifat fisis tanah setelah percobaan.

Tabel. 2.1 Matriks percobaan

No.	Test nomor	Deskripsi	Keterangan
1	A1	Tanpa arus listrik	Tegangan bertambah
2	A2	Arus listrik 15 mA	Tegangan bertambah
3	A3	Arus listrik 30 mA	Tegangan bertambah
4	B1	Tanpa arus listrik (preloading)	Tegangan bertambah dengan tegangan awal 0.014 kg/cm^2 (dibiarkan selama 5 hari)
5	B2	Tanpa arus listrik (preloading)	Tegangan bertambah dengan tegangan awal 0.014 kg/cm^2 (dibiarkan selama 10 hari)
6	B3	Arus listrik 15 mA (preloading)	Tegangan bertambah dengan tegangan awal 0.014 kg/cm^2 (dibiarkan selama 5 hari)
7	B4	Arus listrik 30 mA (preloading)	Tegangan bertambah dengan tegangan awal 0.014 kg/cm^2 (dibiarkan selama 5 hari)

3. Hasil dan Pembahasan

Pada pengujian elektroosmosis ini digunakan 4 sampel tanah dengan tipe pembebanan dan besar arus yang berbeda untuk melihat kondisi penurunan tanah akibat pengaruh tegangan listrik dari arus konstan sebesar 15 mA dan 30 mA

dengan elektroda dan waktu yang sesuai dengan pembacaan pada pengujian konsolidasi. Parameter-parameter yang digunakan secara lengkap dapat dilihat pada table.3.1.

Tabel. 3.1 Nilai C_c dan C_v pada Tipe Pengujian Konsolidasi Tanah dengan atau tanpa Elektroosmosis.

Test	t (jam)	I (A)	j (V/m ²)	V (volt)		ie (V/m)		σ (S/m)	
				awal	akhir	awal	akhir	awal	akhir
Arus 15 mA	144	0,015	0,848	1,700	1,800	9,71429	10,286	0,175	0,165
Arus 30 mA	144	0,03	1,697	2,000	3,500	11,4286	20,000	0,148	0,085
Preloading + 15 mA	144	0,015	0,848	1,830	2,860	10,4571	16,343	0,162	0,104
Preloading + 30 mA	144	0,03	1,697	2,880	3,750	16,457	21,429	0,103	0,079

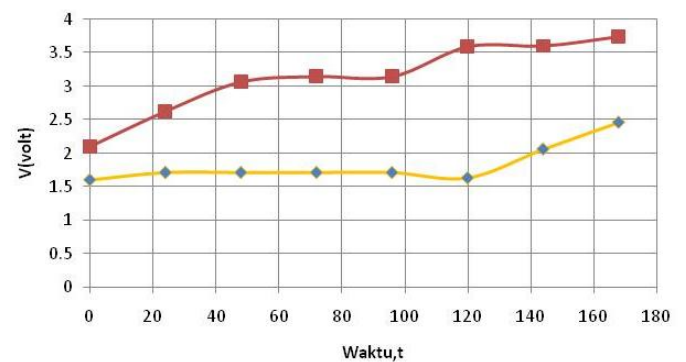
Berdasarkan pengamatan selama berlangsungnya pengujian lektoosmosis diketahui bahwa potensial listrik cenderung meningkat terhadap waktu (Gambar3.1). Peningkatan potensial listrik tersebut berkaitan dengan kondouktivitas sistem yang berhubungan erat dengan beberapa proses yang terjadi dalam system elektrokinetis yaitu meliputi proses ionisasi, dissosiasi, elektrolisis dan reaksi-reaksi elektrokimia lainnya yang memberiksn pengaruh kepada konduktivitas suatu system elektrokinetis (Rustamaji, 2007).

Dalam pengujian elektroosmosis ini tidak dihitung besarnya debit air yang keluar akibat proses elektroosmosis. Pada pengujian ini digunakan arus listrik yang bervariasi yaitu 15 mA dan 30 mA. Arus listrik tersebut dialirkan kedalam tanah yang berada dlam konsolidasimeter melalui lektroda-elektroda , dimana dalam penelitian ini digunakan 5 buah lidi sepeda.

Hasil pembacaan pengukuran selama penelitian berlangsung diantaranya mengukur :

- 1) Kerapatan Arus, j (V/m²)
- 2) Tegangan, V (volt)
- 3) Gradien potensial listrik, ie (V/m)
- 4) Konduktivitas, σ (S/m)

Grafik Hubungan V vs t

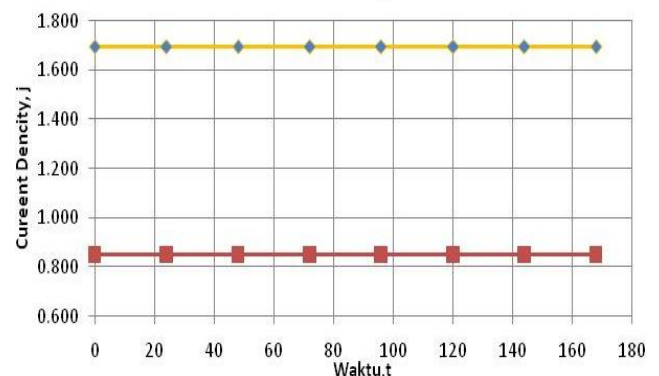


Gambar. 3.1. Grafik Perbandingan Perubahan Tegangan Listrik terhadap Waktu(Pada Pengujian Konsolidasi dengan 144 Jam (Pre-Loading) yang dikombinasikan dengan arus listrik yang dikombinasikan dengan arus listrik 15 mA dan 30 mA).

A. Hubungan Kerapatan Arus Listrik (*current density*) dengan Waktu

Selama berlangsungnya pengujian ini, arus listrik dijaga konstan terhadap waktu, sementara potensial listrik diukur. Grafik dalam gambar 3.2; 3.3 ; 3.4 menunjukkan arus listrik yang konsisten terhadap waktu.

Grafik Hubungan J vs t

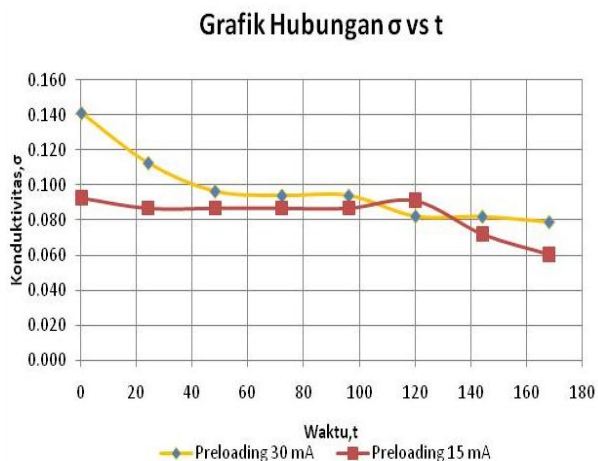


Gambar 3.2 Grafik Perbandingan Perubahan Kerapatan Arus Listrik (J) terhadap Waktu(Pada Pengujian Konsolidasi dengan 144 Jam (Pre-Loading) yang dikombinasikan dengan arus listrik 15 mA dan 30 mA.

B. Hubungan Konduktivitas (*bulk conductivity*) dengan Waktu

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa semakin lama proses elektroosmosis dengan jarak dan arus yang konstan, maka tegangan listrik semakin tinggi, jika tegangan listrik tinggi maka semakin lama proses elektroosmosis dilakukan konduktivitas listrik akan semakin rendah. Hubungan tersebut dapat dilihat pada gambar hubungan antara waktu dengan konduktivitas dibawah ini.

Konduktivitas sistem dipengaruhi langsung oleh kerapatan arus listrik dan berbanding terbalik dengan potensial listrik. Oleh karena itu kecenderungan meningkatnya potensial listrik pada sistem setelah 120 menit mengidentifikasi terjadinya perubahan konduktivitas pada medium tanah.

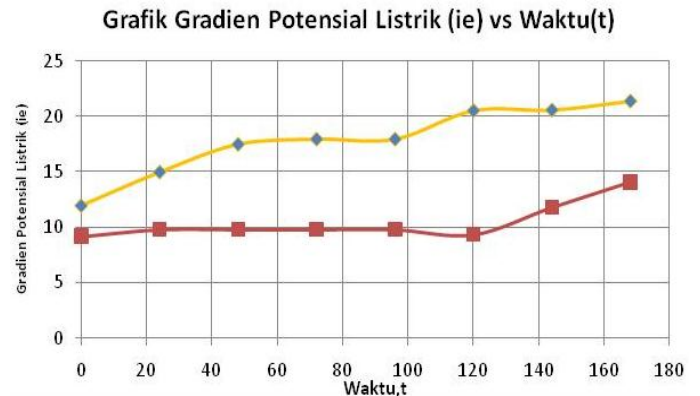


Gambar 3.3. Grafik Perbandingan Perubahan Konduktivitas terhadap Waktu (Pada Pengujian Konsolidasi 144 Jam (*Pre-Loading*) yang dikombinasikan dengan arus listrik.

C. Hubungan Gradien Potensial (medan listrik) dengan Waktu.

Terjadinya peningkatan gradien potensial listrik di awal-awal pengujian disebabkan oleh konduktivitas tanah yang dipengaruhi oleh kondisi elektrolit air pori tanah dan porositas

tanah. Hasil pengamatan terlihat pada gambar-gambar di bawah ini.



Gambar 3.4. Grafik Perubahan Gradien Potensial Listrik terhadap Waktu (Pada Pengujian Konsolidasi 144 Jam (*Pre-Loading*) + Elektrokinetik yang dikombinasikan dengan arus listrik 15 mA dan 30 mA).

D. Pengujian Pemampatan Tanah Lunak Akibat Perubahan Arus Listrik.

Besarnya Arus listrik yang diberikan juga mempengaruhi besarnya pemampatan yang terjadi, dimana semakin besar arus listrik yang diberikan, maka semakin besar pula penambahan pemampatannya yang pada akhirnya, akan memperbesar penurunan yang terjadi.

Demikian pula pengaruh arus listrik terhadap waktu konsolidasi (t) semakin besar pengaruh arus listrik yang diberikan maka semakin cepat waktu konsolidasi.

E. Kompresibilitas Tanah Asli Dan Tanah Dengan Pengaruh Gejala Elektroosmosis.

Kompresibilitas tanah asli dan tanah dengan pengaruh gejala elektroosmosis di uji dengan menggunakan konsolidasi satu dimensi. Contoh tanah masing-masing tanah dengan dan tanpa pengaruh elektroosmosis di uji untuk memperkirakan kompresibilitasnya. Pada gambar dibawah ini menunjukkan hubungan antara tekanan (kg/cm^2) dengan angka pori (e) tanah dengan atau tanpa elektroosmosis.

Perubahan pada nilai indeks pemampatan antara pengujian konsolidasi mekanik biasa dengan ditambahkan medan listrik dapat dirumuskan, sebagai berikut :

$$\Delta C_c (\%) = \frac{C_{c1} - C_{c2}}{C_{c1}} \times 100 \dots\dots\dots 2.1$$

Keterangan :

$\Delta C_c (\%)$ = Perubahan Indeks Pemampatan

C_{c1} = Indeks pemampatan dari pengujian konsolidasi

C_{c1} = Indeks Pemampatan dari pengujian konsolidasi ditambahkan medan listrik (*elektroosmosis*)

Dari grafik-grafik di atas didapat nilai C_c dan C_v yang ditunjukkan dalam tabel 3.2.

Tabel. 3.2 Nilai C_c dan C_v pada Tipe Pengujian Konsolidasi Tanah dengan atau tanpa Elektroosmosis.

Nama Sampel	Tipe Pengujian Konsolidasi	Kadar Air		Persentase Penurunan	C_c	C_v
		Sebelum	Sesudah	(%)		
A1	Tanpa Arus	101,43928	100,270663	1,17	0,22733	0,01955
A2	Arus I 15 mA	101,43928	96,6485943	4,96	0,16678	0,06618
A3	Arus I 30 mA	101,43928	94,7552968	7,05	0,17104	0,05435
B1	Pre-loading (5 Hari)	101,43928	98,4379526	3,05	0,17605	0,04800
B2	Pre-loading (10 Hari)	101,43928	97,8223087	3,70	0,16898	0,03827
B3	Pre-loading + I 15 Ma	101,43928	92,5340459	9,62	0,14284	0,06194
B4	Pre-loading + I 30 mA	101,43928	89,6687644	13,13	0,13035	0,07103

Berdasarkan nilai C_c di atas dapat disimpulkan bahwa contoh tanah dengan pengaruh gejala elektroosmosis lebih kaku dibandingkan dengan contoh tanah tanpa pengaruh gejala elektroosmosis. Perubahan nilai C_c ini dapat dinyatakan dalam persen (%), dimana membuktikan bahwa berapa persenkah meningkatnya kekakuan tanah dalam pengaruh gejala elektroosmosis. Bisa dilihat pada tabel diatas nilai perubahan C_c (persamaan (2.1)) pada masing-masing pengujian, ialah:

- Pada pengujian dengan pre-loading 144 jam, perubahan nilai C_c -nya sebesar 26,63%.
- Pada pengujian dengan pre-loading + Arus 15 mA perubahan nilai C_c -nya sebesar 37,16 %.
- Pada pengujian dengan pre-loading + Arus 30 mA perubahan nilai C_c -nya sebesar 42,66 %.

Dapat juga dilihat dari tabel 3.2 perbedaan kekakuan yang paling besar berada pada pengujian Pre-loading + Arus 30 mA. *Pre-loading* dengan gejala elektroosmosis membuktikan pengaruh yang signifikan, dimana terlihat bahwa pemampatan awal telah terjadi lebih baik bila dengan menggunakan gejala elektroosmosis.

Berdasarkan tabel 4.3 diatas dapat dilihat bahwa besarnya koefisien konsolidasi (C_v) setelah distabilisasi menunjukkan perubahan yang signifikan. Sampel tanah yang dialiri arus memberikan nilai C_v yang lebih besar dibandingkan sampel tanpa arus dan *preloading*. Sampel tanah dengan *preloading*+elektroosmosis memberikan nilai yang lebih baik. Perubahan nilai C_v tersebut antara lain:

- Pada pengujian dengan pre-loading 144 jam, perubahan nilai C_v -nya sebesar 59,28%.
- Pada pengujian dengan pre-loading + Arus 15 mA perubahan nilai C_v -nya sebesar 68,44 %.
- Pada pengujian dengan pre-loading + Arus 30 mA perubahan nilai C_v -nya sebesar 72,48 %.

Dalam gambar 3.5; 3.6; dan 3.7 di bawah ini juga bisa dapat dilihat efisiensi waktu pengujian konsolidasi yang ditambahkan medan listrik terhadap konsolidasi mekanik biasa pada saat regangannya sama, dapat dirumuskan sebagai berikut:

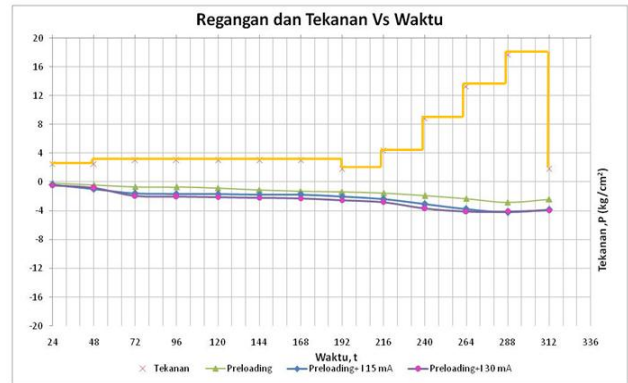
$$\eta_t = \frac{t_K - t_E}{t_K} \times 100\% \dots\dots\dots 2.2$$

Keterangan :

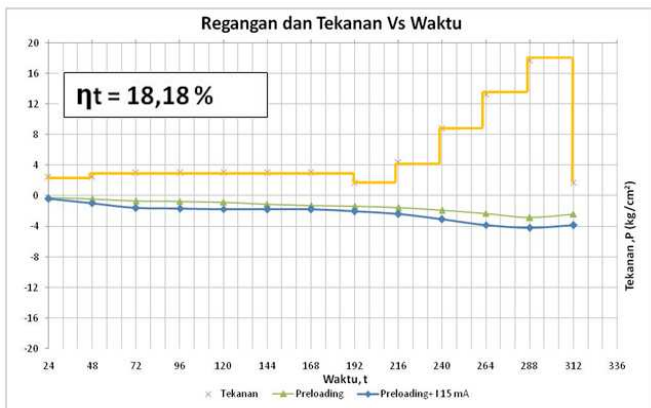
η_t = Efisiensi waktu (%)

t_K = Waktu dari pengujian konsolidasi pada saat regangan yang sama (jam).

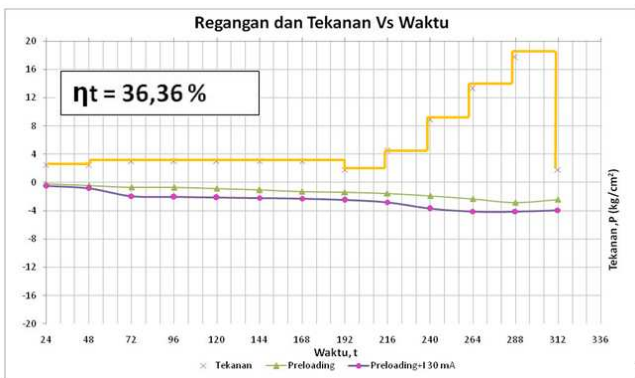
t_E = Waktu dari pengujian konsolidasi ditambahkan medan listrik (*elektroosmosis*) pada saat regangan yang sama (jam).



Gambar 3.7. Grafik Gabungan Regangan dan Tekanan Terhadap Waktu (Pada Pengujian Konsolidasi Dengan 144 Jam (*Pre-Loading*) , *Preloading* yang dikombinasikan dengan arus listrik s 15 mA dan 30 mA.



Gambar 3.5. Grafik Regangan dan Tekanan Terhadap Waktu PadaPengujian Konsolidasi 144 Jam (*Pre-Loading*) yang dikombinasikan dengan arus listrik 15 mA.



Gambar 3.6. Grafik Regangan dan Tekanan Terhadap Waktu PadaPengujian Konsolidasi 144 Jam (*Pre-Loading*) yang dikombinasikan dengan arus listrik 30 mA.

Penelitian sebelumnya telah membuktikan bahwa pengaruh listrik pada proses pemampatan tanah sangat signifikan. Pengurangan angka pori terhadap log tegangan dengan pengaruh arus tahap kedua(20mA) lebih besar daripada dengan pengaruh arus tahap pertama(10mA). Hal ini membuktikan bahwa gejala elektroosmosis berpengaruh terhadap pengurangan angka pori, semakin besar pengaruh elektroosmosis yang diberikan maka semakin besar pula pengurangan angka porinya yang pada akhirnya akan memperbesar penurunan yang terjadi (Hurul Ain Alydrus, 2011).

Tabel. 3.3 Data Perbandingan Peningkatan Nilai CV.

Peneliti	Percobaan			Persentase Peningkatan	
	Tanpa Arus	10 mA	20 mA	10 mA	20 mA
Hurul Ain Alydrus (2011)	0.0030 cm ² /detik	0.0035 cm ² /detik	0.0039 cm ² /detik	12,82 %	23,08%
Agustina (2013)	Tanpa Arus	15 mA	30mA	15 mA	30mA
	0.0196 cm ² /detik	0.0619 cm ² /detik	0.0710 cm ² /detik	68,44 %	72,48%

Hasil perolehan data tersebut membuktikan bahwa gejala Elektroosmosis mengakibatkan perubahan yang signifikan pada parameter konsolidasi tanah dan juga memperkuat alasan bahwa kombinasi antara *Pre-loading* dan elektrokinetik sangat potensial untuk dikembangkan lebih lanjut.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa pada hasil pengamatan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Meningkatkan kekakuan tanah
 - a) Pada pengujian dengan pre-loading 144 jam, perubahan nilai C_c -nya sebesar 26,63%.
 - b) Pada pengujian dengan pre-loading + Arus 15 mA perubahan nilai C_c -nya sebesar 37,16 %.
 - c) Pada pengujian dengan pre-loading + Arus 30 mA perubahan nilai C_c -nya sebesar 42,66 %.
2. Dilihat dari hubungan antara regangan dengan tekanan terhadap waktu, disimpulkan bahwa :
 - a. Untuk suatu tekanan yang diberikan pada periode waktu yang sama, regangan atau penurunan yang terjadi lebih besar apabila konsolidasi dipengaruhi oleh gejala elektroosmosis dibandingkan dengan proses konsolidasi mekanik biasa.
 - b. Untuk suatu regangan atau penurunan yang sama, waktu konsolidasi yang diperlukan lebih cepat pada konsolidasi dengan pengaruh gejala elektroosmosis dibandingkan dengan konsolidasi biasa.
3. Dibawah pengaruh elektroosmosis, koefisien konsolidasi (C_v) yang dihasilkan memberikan perubahan yang signifikan. Nilai C_v yang semakin besar menunjukkan bahwa pemampatan pada tanah tersebut terjadi lebih cepat, yang berarti dapat mempercepat proses konsolidasi. Berikut perubahan nilai C_v yang dihasilkan, antara lain:
 - a) Pada pengujian dengan pre-loading 144 jam, perubahan nilai C_v -nya sebesar 59,28%.
 - b) Pada pengujian dengan pre-loading + Arus 15 mA perubahan nilai C_v -nya sebesar 68,44 %.
 - c) Pada pengujian dengan pre-loading + Arus 30 mA perubahan nilai C_v -nya sebesar 72,48 %.
4. Proses pemampatan tanah dengan pengaruh gejala elektroosmosis memberikan waktu yang lebih efisien. Hal ini dibuktikan dengan meningkatnya efisiensi waktu yang dinyatakan dalam persen (%):
 - a) Pada pengujian konsolidasi dengan 144 Jam Preloading+Elektroosmosis 15 mA efisiensi waktu yang diperoleh sebesar 18,18 %.
 - b) Pada pengujian konsolidasi dengan 144 Jam Pre-Loading+Elektroosmosis 30 mA efisiensi waktu yang diperoleh sebesar 36,36 %.
5. Metode pengujian elektrokinetis yang dilakukan dengan skala kecil di laboratorium ini dapat dikembangkan di lapangan dengan skala besar sebagai alternatif untuk solusi metode stabilisasi tanah lunak.

Referensi

- Bowles.J.E. 1991. *Sifat-sifat Fisik Tanah dan Geoteknik Tanah*. Erlangga.
- Das, Braja M., 1995. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*, Jilid 1, Erlangga, Jakarta.
- Rustamaji, R.M. 2007. *Ground Improvement Using Electro-Chemical Injection, Mitteilungen zur Ingeniurgeologie und Hydrogeologie, Lehrstuhl For Ingeniurgeologie und Hydrogeologie RWTH-Aachen, Druck und verlag Maintz*. Aachen-Germany

Elfira, Tika. 2009. **Mekanisme Aliran Elektroosmotik Pada Tanah Lunak Pontianak Di Bawah Pengaruh Medan Listrik**. Skripsi. Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura. Pontianak.

Saputra, Nurhadi. 2009. **Perbaikan Kuat Geser Tanah Lunak Pontianak Dengan Cara Elektroosmotik Dewatering**. Skripsi. Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura. Pontianak.

Sepriawan, Muhar 2012. **Studi Pemampatan Tanah Lunak Pontianak Dengan Pengaruh Gejala**

Elektroosmosis. Skripsi. Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura. Pontianak

<http://eversity.8m.com/concerto/Elkin2a.htm>
(8/01/2012, 13.27)

<http://eversity.8m.com/concerto/Elkin2b.htm>
(8/01/2012, 13.32)