

ANALISIS KOMBINASI *PRELOADING* MEKANIS DAN ELEKTROKINETIS TERHADAP KUAT GESER TANAH LUNAK PONTIANAK

Irfiansyah¹, Rustamadji², Eka Priadi,³

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura

Email : irfiansyah08@gmail.com

ABSTRAK

Tanah lunak menutupi sebagian besar wilayah Kota Pontianak dan daerah pesisir. Secara umum tanah lunak mempunyai sifat geoteknis yang kurang menguntungkan bagi konstruksi, yakni memiliki kuat geser yang sangat rendah. Rendahnya kuat geser sangat membatasi beban yang bekerja di atasnya. Mengatasi permasalahan geoteknis tersebut diperlukan upaya perbaikan tanah, pada tulisan ini perbaikan tanah dilakukan dengan mengkombinasikan metode *preloading* dan metode elektrokinetik. Pengujian elektrokinetik dilakukan di laboratorium dengan model uji berupa tabung pipa PVC panjang 19 cm dan diameter 15 cm dengan menggunakan 5 batang lidi. Pengujian dilakukan untuk melihat pengaruh dari besar arus listrik dan *preloading* yang diberikan selama pengujian elektrokinetik, serta pengaruhnya terhadap sifat fisik dan mekanis tanah setelah pengujian. Hasil uji laboratorium menunjukkan bahwa, kadar air setelah percobaan mengalami penurunan, penurunan kadar air sampel A1 sebesar 1,15%, A2 sebesar 4,72%, A3 sebesar 6,59%, B1 sebesar 2,96%, B2 sebesar 3,57%, B3 sebesar 8,78% dan B4 sebesar 11,60%. Penurunan kadar ini berpengaruh terhadap meningkatnya berat volume tanah, berat volume tanah tersebut masing-masing untuk sampel A1 sebesar 1,481 gr/cm³, A2 sebesar 1,515 gr/cm³, A3 sebesar 1,522 gr/cm³, B1 sebesar 1,491 gr/cm³, B2 sebesar 1,507 gr/cm³, B3 sebesar 1,529 gr/cm³ dan B4 sebesar 1,536 gr/cm³. Modulus elastisitas tanah berbanding lurus dengan daya dukung tanah, semakin besar daya dukung tanah maka semakin besar pula nilai modulus elastisitas tanah tersebut. Arus listrik dan *preloading* yang diberikan berpengaruh terhadap kuat geser tanah dan daya dukung tanah, semakin besar arus listrik dan semakin lama *preloading* maka semakin besar pula peningkatan nilai kohesi, sudut geser dalam dan daya dukung tanah. Kombinasi *preloading* dan elektrokinetik mempunyai pengaruh yang paling besar yaitu sampel yang diberikan perlakuan *preloading* selama 5 hari bersamaan diberikannya arus listrik sebesar 30 mA setelah itu dilanjutkan dengan tegangan bertambah, persentase peningkatan kohesi dan sudut geser dalam tanah tersebut masing-masing ialah sebesar 23,6869% dan 17,3277%, sedangkan peningkatan daya dukungnya sebesar 86,2264%. Penggunaan arus listrik 15 mA mengalami peningkatan daya dukung lebih besar dibandingkan dengan *preloading* 0,01 kg/cm² yang dibiarkan selama 5 hari maupun 10 hari, peningkatannya masing-masing sebesar 48,60%, 34,02% dan 36,13%.

Kata kunci : Kuat geser tanah, elektrokinetik, *preloading*.

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Pontianak memiliki tanah lempung lunak yang menutupi sebagian wilayahnya. Secara umum tanah lempung lunak selalu mempunyai sifat-sifat geoteknis yang kurang menguntungkan dalam konstruksi teknik sipil yakni daya dukung yang sangat rendah, tingginya kadar air, pemampatan tinggi, sifat kembang susut yang besar, konsolidasi yang besar dan memerlukan waktu yang lama karena permeabilitasnya kecil. Selain itu, tanah lempung lunak juga memiliki kuat geser yang sangat rendah. Rendahnya kuat geser akan sangat membatasi beban (beban sementara ataupun beban tetap) yang bekerja di atasnya.

Ada beberapa metode perbaikan tanah lempung lunak yang umum dipakai yakni *preloading*. *Preloading* ialah penambahan beban sementara di atas lahan (umumnya tanah lunak) yang akan dibangun struktur permanen, sampai penurunan primernya terjadi.

Pelaksanaan metode *preloading* memerlukan waktu lama, sehingga apabila waktu yang ada kurang mencukupi maka metode *preloading* perlu dikombinasikan dengan metode lain. Salah satu metode yang perlu dicoba yaitu metode yang memanfaatkan sifat-sifat elektrokinetik tanah. Elektrokinetik adalah suatu metode dengan cara memberikan tegangan pada elektroda yang ditanam di tanah untuk memperbaiki karakteristik geoteknik dari tanah lunak.

1.2. Rumusan Masalah

Tanah lempung lunak mempunyai sifat-sifat geoteknis yang kurang menguntungkan dalam konstruksi teknik sipil. Besarnya konsolidasi dan rendahnya kuat geser pada tanah lempung lunak sangat membatasi beban yang bekerja di atasnya. Apabila tanah tidak dapat menahan beban akibat pembebanan maka akan terjadi

keruntuhan (*failure*). Keruntuhan pada pondasi disebabkan oleh adanya beban luar sehingga terjadi tegangan dalam tanah, tegangan geser yang timbul lebih besar dari kekuatan geser tanah dasarnya. Dari uraian diatas maka permasalahan yang akan dibahas dalam skripsi ini adalah seberapa besar pengaruh yang dihasilkan dari kombinasi *preloading* mekanis dan elektrokinetis terhadap kuat geser yang terjadi pada tanah lunak setelah dilakukan pengujian.

1.3. Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah sebagai berikut:

- Jenis tanah yang digunakan tanah lempung lunak Kota Pontianak berupa sampel tidak terganggu.
- Penelitian dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.
- Untuk menguji kuat geser diuji dengan alat Geser Langsung (*Direct Shear Test*).
- Alat Kuat Tekan Bebas (*Unconfined Compression Test*) untuk menguji daya dukung tanah.
- Pada percobaan ini menggunakan sampel yang dialiri arus listrik dan sampel tanpa dialiri arus listrik, arus listrik yang digunakan ialah 15 mA, dan 30 mA, dengan beban bertambah dan pembebanan awal (*preloading*).

1.4. Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini untuk mengetahui berapa besar pengaruh yang dihasilkan dari kombinasi *preloading* mekanis dan elektrokinetis terhadap kuat geser yang terjadi pada tanah lempung lunak setelah dilakukan pengujian.

Adapun tujuan dari penelitian ini antara lain:

- Menyelidiki sifat fisik tanah lempung lunak Pontianak.
- Mendapatkan parameter kuat geser tanah yaitu kohesi (c) dan sudut geser dalam tanah (ϕ).

2. Metodologi

2.1 Umum

Metode penelitian adalah prosedur atau cara untuk mencari dan mengetahui suatu kebenaran melalui langkah sistematis, untuk menguji hipotesis sejumlah benda uji dan dites yang hasilnya nanti akan digunakan untuk menguji hipotesis tersebut.

2.2 Persiapan Penelitian

2.2.1 Contoh untuk Pengujian

Akurasi hasil pengujian sangat tergantung pada persiapan contoh tanah yang akan digunakan, meliputi: penentuan lokasi, prosedur pengambilan contoh dari lokasi, serta persiapan benda uji di laboratorium. Sampel tanah lempung lunak yang digunakan adalah tanah lempung lunak yang tak terganggu (*undisturbed*) pada kedalaman 0,5 meter.

2.2.2 Lokasi Pengambilan Contoh

Contoh (sampel) tanah lempung lunak yang akan digunakan dalam penelitian ini diambil dari daerah kota Pontianak tepatnya di samping workshop Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.

2.2.3 Prosedur Pengambilan Contoh

Contoh tanah yang diambil adalah tanah lempung lunak yang tak terganggu. Prosedur pengambilan sampel adalah sebagai berikut:

- Pengambilan contoh tanah menggunakan tabung pipa PVC dengan diameter 15cm dan tinggi 19cm. Tabung ini dimasukkan kedalam tanah, pada ujung tabung dilengkapi pemotong dari pelat baja yang dipasang melingkar pada tabung paralon.
- Cara pengambilan dengan tabung, yaitu dengan menekan tabung hingga masuk kedalam tanah. Kemudian tanah di sekitar paralon disingkirkan hingga kedalaman tabung paralon.
- Bagian atas dan bawah paralon yang sudah berisi sampel dibungkus dengan aluminium foil dan diatasnya ditutup dengan plastik kemudian diikat dengan karet, agar air yang terkandung di dalam tanah tidak ikut keluar.

2.3 Peralatan

Penelitian ini menggunakan peralatan berupa: Tabung contoh tanah, Peralatan pemeriksa sifat fisik tanah, Alat Konsolidometer atau Oedometer, Alat uji geser langsung, DC Power supply dan Kabel listrik.

2.4 Prosedur Penelitian Laboratorium

2.4.1 Pengujian Sifat-sifat Fisik Tanah

Adapun pengujian sifat-sifat fisik yang di uji adalah:

- Pemeriksaan Kadar air tanah (ASTM D-2216-90)
- Pemeriksaan Berat Volume Tanah (ASTM D-2937)
- Pemeriksaan Berat Jenis Tanah (ASTM D-854)
- Pemeriksaan Batas Cair (ASTM D-423-66)
- Pemeriksaan Batas Plastis (ASTM D-424-74)
- Analisa Saringan (ASTM D-422-72)

2.4.2 Pengujian Sifat mekanis Tanah

- Geser Langsung Standar (ASTM D-3080-90)
- Kuat tekan bebas (*unconfined compression test*)

2.4.3 Persiapan Benda Uji dan Pengujian

Persiapan benda uji:

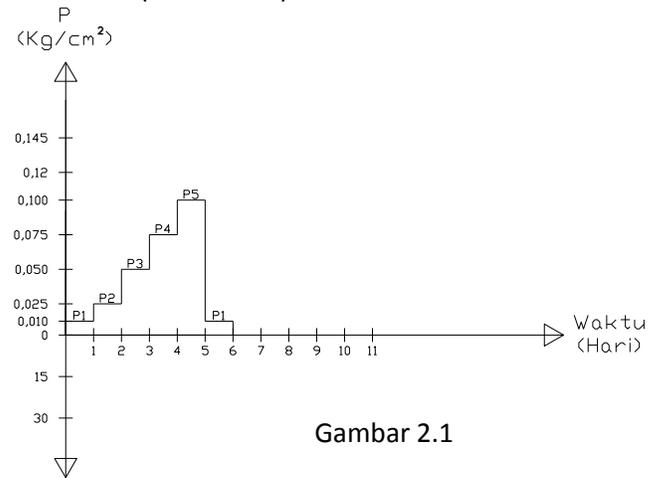
- Tanah dimasukkan ke dalam cincin cetak, dengan menekan cincin ke dalam contoh tanah yang telah disediakan di dalam pipa paralon. Kemudian dipotong dan diratakan dengan menggunakan gergaji kecil. Pelaksanaan harus dilaksanakan dengan cepat dan hati-hati agar kadar air tanah tidak berkurang karena penguapan.
- Dilakukan pemeriksaan terhadap tanah uji:
 - Pemeriksaan berat volume basah, berat volume kering tanah dan angka pori awal.

2. Pemeriksaan kadar air tanah
 3. Pengukuran dengan jangka sorong, diameter dan tinggi benda uji dalam cincin.
- c) Pengujian benda uji:
Alat dipastikan dapat bekerja dengan baik.
- d) a. Penempatan sel konsolidasi yang sudah berisi benda uji dalam rangka pembebanan.
b. Setelah sel konsolidasi diisi dengan tanah maka sel konsolidasi tersebut diberi air untuk penjemuran selama 24 jam. Kemudian baru diberi beban.
- e) Benda uji diberi beban langsung, dengan tegangan bertambah dan dengan tegangan awal (preloading) 0,01 kg/cm² sebesar:
- 0,01 kg/cm²; 0,025 kg/cm²; 0,05 kg/cm²; 0,075 kg/cm²; 0,1 kg/cm² untuk diameter 15 cm.
 - pembacaan arloji pengukuran penurunan dilakukan pada waktu-waktu berikut: 0,25; 0,50; 1,00; 2,25; 4; 6,25; 9; 12,25; 16; 20,25; 25; 36; 49; 64; 81; 100; 121; 144; 225; 400; 1440 menit dan seterusnya setiap penambahan beban dilakukan setelah 24 jam.
- f) Setelah pengujian preloading dan elektrokinetik kemudian contoh tanah di keluarkan, dan diuji kuat gesenya dengan alat geser langsung dan alat kuat tekan Bebas (*unconfined compression test*).
- g) Selain itu, benda uji ditimbang.

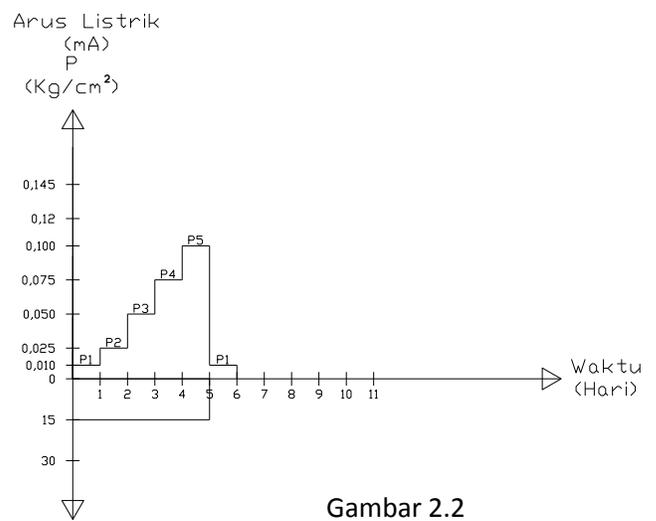
2.4.4 Skema Penelitian

Sebelum dilakukan pengujian geser langung dan pengujian UCS, Sampel dilakukan pengujian seperti pada Gambar 2.1 sampai dengan Gambar 2.7. Penelitian Gambar 2.1 yaitu sampel hanya diberi tegangan bertambah (konsolidasi). Gambar 2.2 sampel penelitian A2, sampel diberi arus listrik sebesar 15mA bersamaan dengan diberinya tegangan bertambah (konsolidasi). Pada Gambar 2.3 sampel A3 percobaannya hampir sama dengan sampel A2 perbedaannya hanya pada pemberian arus, yaitu sebesar 30mA. Sedangkan untuk sampel B1 seperti pada Gambar 2.4, sampel diberi *preloading* selama 5 hari, setelah dilakukan *preloading* selanjutnya sampel diberi tagangan bertambah (konsolidasi). Untuk sampel B2 skema penelitiannya seperti Gambar 2.5, percobaannya hampir sama dengan percobaan B1 perbedaannya hanya pada lama waktu *preloading* yaitu 10 hari. Gambar 2.6 Skema penelitian sampel B3, sampel diberi *preloading* selama 5 hari bersamaan diberinya arus sebesar 15mA, setelah selesai dilakukan *preloading* dan pemberian arus, selanjutnya diberi tegangan bertambah. Sedangkan untuk sampel B4 seperti pada Gambar 2.7, sampel dipreloading selama

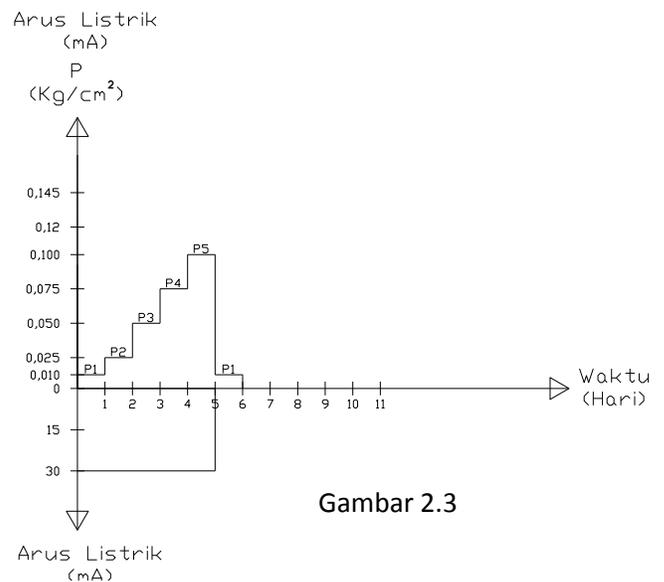
5 hari bersamaan diberinya arus sebesar 30mA, dan setelah itu dilanjutkan dengan pemberian tegangan bertambah (konsolidasi).



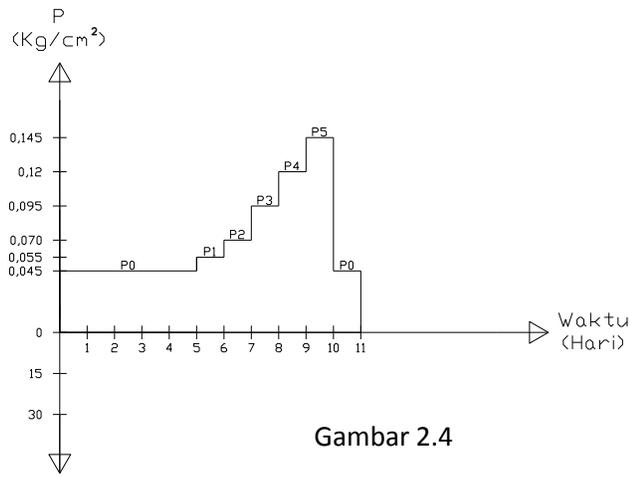
Gambar 2.1



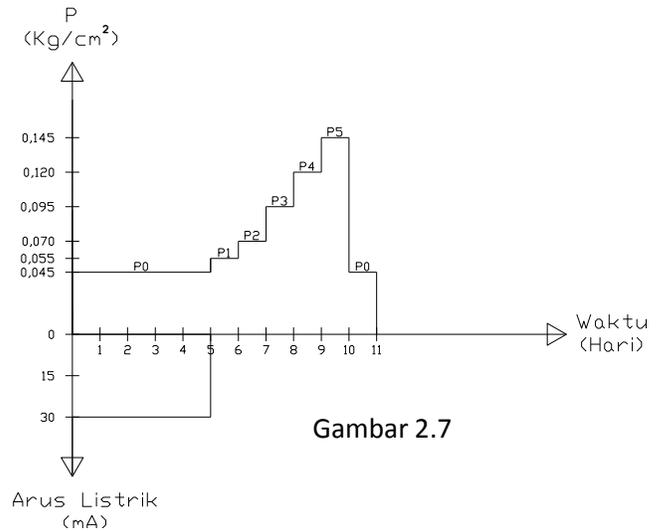
Gambar 2.2



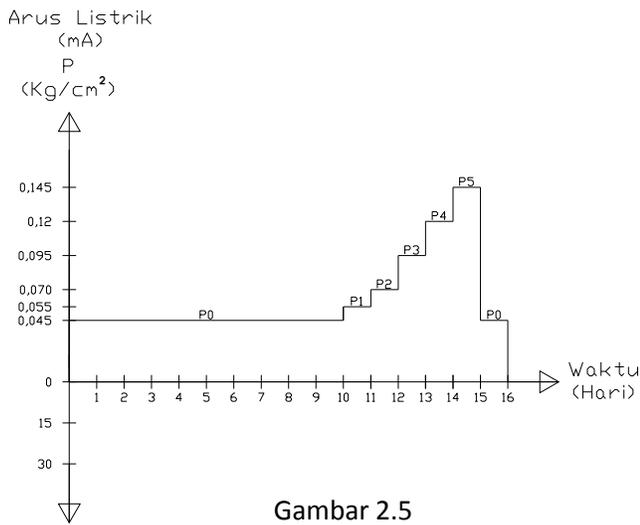
Gambar 2.3



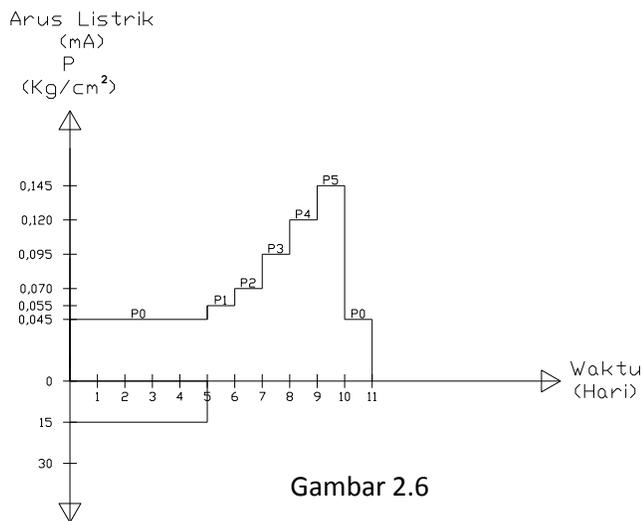
Gambar 2.4



Gambar 2.7



Gambar 2.5



Gambar 2.6

3. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Tanah

Tabel 3.1 Sifat Fisik dan Mekanis Tanah Asli

No.	Parameter yang diteliti	Data Tanah Asli
1	Kadar Air	101,439 %
2	Berat Jenis	2,517
3	Berat Volume	1,474 gr/cm ³
4	Batas-batas Atterberg	
	Batas Cair (LL)	54,204 %
	Batas Plastis (PL)	28,662 %
	Indeks Plastis (PI)	25,541 %
5	Analisa Distribusi Butiran	
	Pasir	11,800 %
	Lanau	59,200 %
	Lempung	29,000 %
6	Geser Langsung	
	ϕ	21,002 °
	C	0,097 kg/cm ²
7	UCS	
	Qu	0,287 kg/cm ²
	Cu	0,144 kg/cm ²

3.2 Analisa Klasifikasi Tanah

a. Klasifikasi berdasarkan tekstur oleh Departemen Pertanian Amerika Serikat (USDA).

Pasir (2mm-0,05mm) 11,8%, lanau (0,05mm-0,002mm) 59,2% dan lempung (<0,002 mm) 29,0%. Maka tanah tersebut termasuk dalam kategori campuran tanah liat dan lempung berlanau.

b. Klasifikasi tanah berdasarkan AASHTO.

Menggunakan tabel sistem AASHTO masukkan data hasil percobaan dan dilihat sebagai berikut :

- Indek plastisitas tanah (IP) = 25,541% > 11%
- Jumlah tanah lolos saringan no. 200 = 98,820% > 35%, jadi tanah termasuk golongan A-7.

- Batas cair (LL) = 54,204% dan indeks plastisitas (PI) = 25,541%, karena $LL - 30 = 24,204\% < IP = 25,541\%$, maka tanah tersebut termasuk dalam klasifikasi A-7-6 dengan jenis-jenis bahan pendukung utama berupa tanah berlempung.

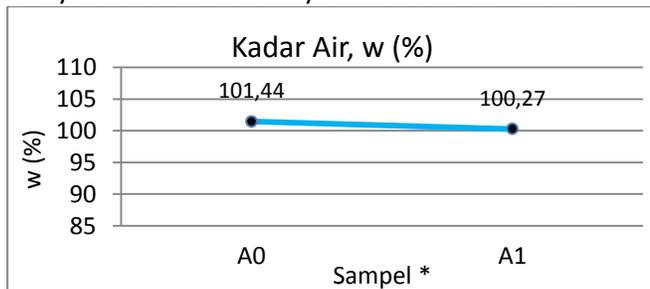
c. Sistem klasifikasi Unified.

Dengan menggunakan sistem klasifikasi Unified dan berdasarkan plastisitas didapatkan tanah asli pada kedalaman 0,5 meter memiliki 98,820% butiran yang melalui saringan no 200, berdasarkan tabel klasifikasi tanah unified, tanah ini termasuk dalam katagori tanah berbutir halus dimana lebih dari setengah lolos saringan no. 200. Nilai batas cair (LL) = 54,204% dan indeks plastisitas (IP) = 25,541%, diplotkan ke dalam grafik plastisitas, didapatkan klasifikasi CH. CH yaitu lempung organik dengan plastisitas tinggi, lempung “gemuk” (*fat clays*).

3.3 Pengaruh Nilai Kadar Air Tanah Asli dan Kadar Air Setelah Pengujian

3.3.1. Pengaruh Nilai Kadar Air Terhadap Tegangan Bertambah

Berdasarkan grafik di bawah ini dapat dilihat kadar air tanah asli sebesar 101,44 %, sedangkan kadar air tanah setelah pengujian tegangan bertambah kadar airnya sebesar 100,27%. Adanya pengujian tegangan bertambah, mengakibatkan air yang berada di dalam sampel terperas, sehingga air keluar dari dalam sampel menyebabkan menurunnya nilai kadar air tanah.

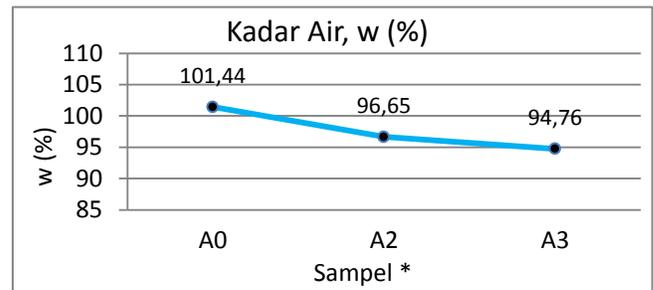


Gambar 3.1

3.3.2. Pengaruh Nilai Kadar Air Terhadap Besarnya Arus Listrik

Berdasarkan gambar dibawah ini dapat diketahui besar kadar air tanah asli sebesar 101,44 %, sampel yang diberikan arus listrik sebesar 15 mA dengan tegangan bertambah memiliki kadar air sebesar 96,65 %, sedangkan untuk sampel yang diberikan arus listrik sebesar 30 mA dengan tegangan bertambah memiliki kadar air sebesar 94,76 %. Akibat adanya pemberian arus listrik pada sampel menyebabkan terjadinya proses elektrokinetik di dalam tanah, sehingga air yang berada di dalam tanah keluar. Berdasarkan gambar grafik tersebut dapat disimpulkan semakin besar arus

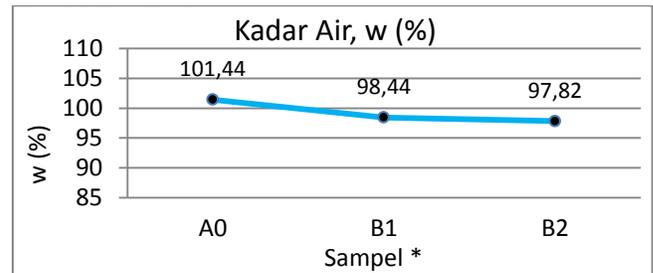
listrik yang diberikan maka semakin banyak pula air yang keluar dari dalam tanah, sehingga menurunnya nilai kadar air tanah tersebut.



Gambar 3.2

3.3.3. Pengaruh Nilai Kadar Air Terhadap Waktu Preloading

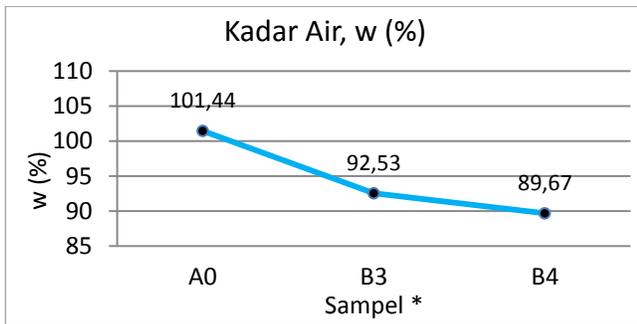
Seperti yang diperlihatkan pada gambar berikut ini dapat dilihat bahwa untuk sampel tanah yang *dipreloading* selama 5 hari dan diberikan tegangan bertambah (B1) kadar airnya sebesar 98,44 %, untuk sampel B2 dengan *preloading* selama 10 hari, kadar airnya sebesar 97,82 %. Nilai tersebut membuktikan bahwa lama *preloading* yang diberikan mempengaruhi nilai kadar air tanah, semakin lama *preloading* maka semakin kecil pula nilai kadar air tanah sampel tersebut. Hal ini dikarenakan termampatnya tanah akibat *preloading*, sehingga air yang berada di dalam tanah terperas keluar. Semakin lama *preloading* yang diberikan maka semakin banyak pula air yang keluar dari dalam tanah.



Gambar 3.3

3.3.4. Pengaruh Nilai Kadar Air Terhadap Kombinasi Preloading dengan Besar Arus Listrik

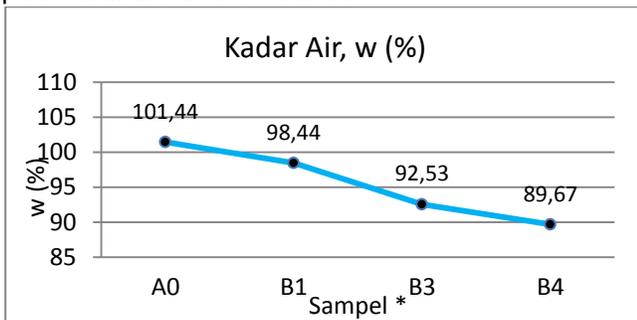
Berdasarkan gambar dibawah ini dapat diketahui sampel dengan *preloading* yang sama dan besar arus listrik yang berbeda memiliki nilai kadar air yang berbeda pula. Sampel yang *dipreloading* kemudian diberikan arus listrik sebesar 15 mA nilai kadar airnya sebesar 92,53 %, sedangkan untuk sampel yang *dipreloading* kemudian diberikan arus listrik sebesar 30 mA nilai kadar airnya sebesar 89,67 %. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin besar arus listrik yang diberikan maka semakin kecil pula nilai kadar air tanah tersebut.



Gambar 3.4

3.3.5. Pengaruh Nilai Kadar Air Terhadap *Preloading* dan Kombinasi *Preloading* dengan Besar Arus Listrik

Berdasarkan gambar berikut dapat diketahui pengaruh antara sampel tanah yang hanya *dipreloading* dengan sampel tanah yang *dipreloading* dan kemudian diberi arus listrik. Dari gambar tersebut memperlihatkan bahwa sampel yang *dipreloading* yang kemudian diberi arus listrik mempunyai kadar air yang lebih rendah dibandingkan dengan sampel yang hanya *dipreloading*. Dari gambar ini juga dapat diketahui bahwa semakin besar arus listrik yang diberikan maka semakin kecil pula kadar air tanah tersebut.



Gambar 3.5

3.4 Berat Volume Tanah Asli dan Berat Volume Setelah Pengujian

Berdasarkan berikut ini dan Tabel 4.2 dapat dilihat nilai-nilai hasil pemeriksaan berat volume tanah, berdasarkan tabel tersebut berat volume tanah asli sebesar $1,474 \text{ gr/cm}^3$, berat volume tanah setelah pengujian tegangan bertambah ialah sebesar $1,481 \text{ gr/cm}^3$, untuk sampel tanah setelah pengujian arus listrik sebesar 15 mA bersamaan dengan diberikannya tegangan bertambah berat volume tanahnya sebesar $1,515 \text{ gr/cm}^3$, sedangkan untuk sampel tanah setelah pengujian arus listrik sebesar 30 mA bersamaan dengan diberikannya tegangan bertambah berat volume tanahnya sebesar $1,522 \text{ gr/cm}^3$.

Berat volume tanah untuk sampel setelah pengujian *preloading* selama 5 hari yang kemudian dilanjutkan dengan pemberian tegangan bertambah, ialah sebesar $1,491 \text{ gr/cm}^3$, sedangkan untuk sampel tanah setelah

pengujian *preloading* selama 10 hari yang kemudian dilanjutkan dengan pemberian tegangan bertambah berat volume tanahnya sebesar $1,507 \text{ gr/cm}^3$.

Gambar berikut dan Tabel 4.2 memperlihatkan nilai berat volume tanah untuk sampel yang *dipreloading* selama 5 hari bersamaan dengan diberikannya arus sebesar 15 mA yang kemudian dilanjutkan dengan tegangan bertambah, berat volume tanahnya sebesar $1,529 \text{ gr/cm}^3$, sedangkan untuk sampel tanah yang *dipreloading* selama 5 hari bersamaan dengan diberikannya arus sebesar 30 mA yang kemudian dilanjutkan dengan tegangan bertambah, berat volume tanahnya sebesar $1,536 \text{ gr/cm}^3$.

Nilai pemeriksaan berat volume tanah yang paling terbesar ialah berat volume sampel yang telah dilakukan pengujian *preloading* selama 5 hari bersamaan dengan diberikannya arus sebesar 30 mA yang kemudian dilanjutkan dengan tegangan bertambah, dengan nilai sebesar $1,536 \text{ gr/cm}^3$.

Tabel 3.2 Hasil Pemeriksaan Berat Volume Tanah

Nama Sampel	Nama Percobaan	Berat Volume (gr/cm^3)		% naik (%)
		Sbl	Sdh	
A1	Tegangan Bertambah	1,4744	1,4808	0,433
A2	Arus 15 mA & Tegangan Bertambah	1,4744	1,5147	2,729
A3	Arus 30 mA & Tegangan Bertambah	1,4744	1,5219	3,223
B1	Preloading 5 Hari & Tegangan Bertambah	1,4744	1,4906	1,100
B2	Preloading 10 Hari & Tegangan Bertambah	1,4744	1,5074	2,236
B3	Preloading 5 Hari (Arus 15 mA) & Tegangan Bertambah	1,4744	1,5288	3,692
B4	Preloading 5 Hari (Arus 30 mA) & Tegangan Bertambah	1,4744	1,5361	4,185

3.5 Sifat Mekanis Tanah

Setelah selesai dilakukan pengujian untuk masing-masing sampel seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.1 sampai dengan Gambar 2.7, pengujian dilanjutkan dengan pengujian geser langsung dan pengujian kuat tekan bebas (UCS).

3.5.1. Hasil Percobaan Alat Geser Langsung

Tabel 3.3 memperlihatkan bahwa besar peningkatan nilai kohesi (c) antara tanah asli dengan tanah yang telah diberikan tegangan bertambah ialah sebesar 5,2523 %, selain itu nilai sudut geser dalam tanah (ϕ) juga mengalami peningkatan yaitu sebesar 1,9444 %. Besar peningkatan nilai kohesi (c) antara tanah asli dengan tanah yang telah dilakukan pemberian arus

sebesar 15 mA yang bersamaan diberikannya tegangan bertambah, peningkatan nilai kohesinya sebesar 15,4480 %, sudut geser dalam tanah (ϕ) besar peningkatannya sebesar 7,7122 %.

Tabel 3.3 memperlihatkan besar peningkatan antara tanah asli dengan tanah yang telah dilakukan pemberian arus sebesar 30 mA yang bersamaan diberikannya tegangan bertambah, besar peningkatan nilai kohesi (c) tanah tersebut ialah sebesar 17,6107 %, besar peningkatan nilai sudut geser dalam tanah (ϕ) sebesar 8,7334 %. Besar peningkatan nilai kohesi (c) antara sampel tanah asli dengan sampel tanah yang telah dilakukan preloading selama 5 hari dan diberi tegangan bertambah, besar peningkatannya sebesar 10,8136 %, sedangkan besar peningkatan nilai sudut geser dalam tanah (ϕ) ialah sebesar 6,4779 %.

Perbandingan antara sampel tanah asli dengan sampel tanah yang telah dilakukan preloading selama 10 hari dan diberi tegangan bertambah, besar peningkatan nilai kohesi (c) ialah sebesar 12,0494 %, selain itu besar peningkatan nilai sudut geser dalam tanah (ϕ) ialah sebesar 6,9209 %. Besar peningkatan nilai kohesi (c) antara sampel tanah asli dengan sampel tanah yang telah dilakukan preloading selama 5 hari yang bersamaan dengan diberikannya arus listrik sebesar 15 mA yang selanjutnya diberikan tegangan bertambah, besar peningkatannya ialah sebesar 18,8465 %, sedangkan untuk peningkatan nilai sudut geser dalam tanah (ϕ) ialah sebesar 10,2822 %. Peningkatan nilai kohesi (c) antara sampel tanah asli dengan sampel tanah yang telah dilakukan preloading selama 5 hari yang bersamaan dengan diberikannya arus listrik sebesar 30 mA yang kemudian dilanjutkan dengan diberikannya tegangan bertambah, besar peningkatannya ialah sebesar 23,6869 %, sedangkan untuk peningkatan nilai sudut geser dalam tanah (ϕ) ialah sebesar 17,3277 %.

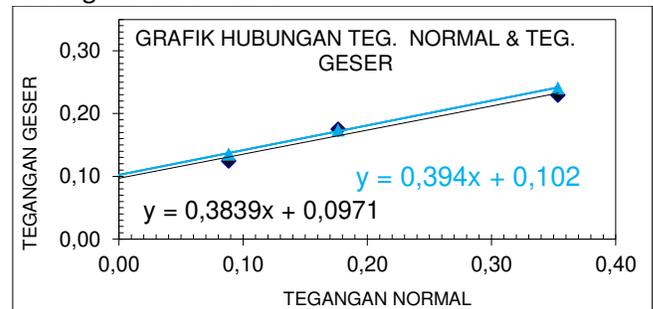
Berikut adalah tabel hasil percobaan nilai kohesi (c) dan nilai nilai sudut geser dalam tanah (ϕ), menggunakan alat geser langung (*Direct Shear Test*).

Tabel 3.3 Hasil Percobaan (*Direct Shear Test*)

Nama Sampel	Kohesi (c) (kg/cm ²)		Sudut Geser (ϕ) (kg/cm ²)		Persentase Peningkatan (%)	
	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah	c	(ϕ)
A1	0,0971	0,1022	21,0018	21,4101	5,2523	1,9444
A2	0,0971	0,1121	21,0018	22,6215	15,4480	7,7122
A3	0,0971	0,1142	21,0018	22,8360	17,6107	8,7334
B1	0,0971	0,1076	21,0018	22,3623	10,8136	6,4779
B2	0,0971	0,1088	21,0018	22,4553	12,0494	6,9209
B3	0,0971	0,1154	21,0018	23,1612	18,8465	10,2822
B4	0,0971	0,1201	21,0018	24,6409	23,6869	17,3277

3.5.1.1. Pengaruh Nilai Kohesi dan Nilai Sudut Geser Terhadap Tegangan Bertambah

Berdasarkan Gambar 3.6 grafik hubungan antara tegangan normal vs tegangan geser sampel tanah asli (A0) dengan sampel tanah tegangan bertambah (A1) dapat dilihat perbedaan nilai kohesi (c) dan nilai sudut geser dalam tanah (ϕ). Pada sampel tanah asli nilai kohesi dan nilai sudut geser dalam tanah tersebut lebih kecil dibandingkan dengan nilai kohesi dan nilai sudut geser dalam tanah pada sampel setelah dilakukan tegangan bertambah, besar masing-masing peningkatannya ialah sebesar 5,2523 % dan 1,9444 %. Hal ini disebabkan karena akibat adanya tegangan bertambah tanah mengalami pemampatan sehingga butiran-butiran tanah dalam kondisi lebih rapat (*compact*) sehingga rongga-rongga tanah mengecil, merapatnya butiran-butiran tanah menyebabkan kontak partikel antar butiran semakin besar dan mengakibatkan meningkatnya gaya tarik-menarik antar partikel sehingga memperbesar nilai kohesi dan nilai sudut geser dalam tanah.



Gambar 3.6

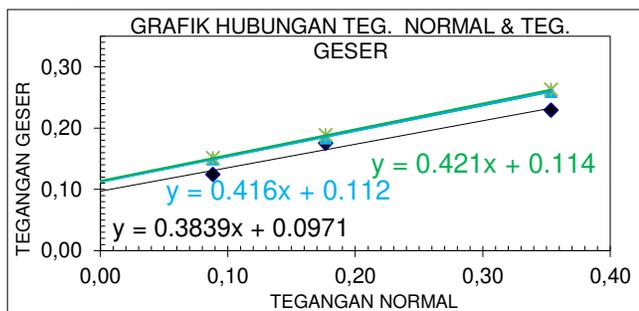
3.5.1.2. Pengaruh Nilai Kohesi dan Nilai Sudut Geser Terhadap Besarnya Pemberian Arus Listrik

Berdasarkan Gambar 3.7 grafik hubungan antara tegangan normal vs tegangan geser sampel tanah asli (A0), sampel tanah arus 15 mA tegangan bertambah (A2) dan sampel tanah arus 30 mA tegangan bertambah (A3) dapat dilihat perbedaan nilai kohesi (c) dan nilai sudut geser dalam tanah (ϕ) pada sampel tanah asli nilai kohesi dan nilai sudut geser dalam tanah tersebut lebih kecil dibandingkan dengan nilai kohesi dan nilai sudut geser dalam tanah pada sampel setelah dilakukan pemberian arus dan tegangan bertambah, Gambar 3.7 memperlihatkan bahwa besar pemberian arus listrik mempengaruhi nilai kohesi dan nilai sudut geser dalam tanah, semakin besar arus listrik yang diberikan maka semakin besar pula peningkatan nilai kohesi dan sudut gesernya. persentase peningkatan kohesi dan sudut geser dalam tanah antara sampel yang diberi arus 15 mA dengan

sampel yang diberi arus sebesar 30 mA, masing-masing peningkatannya sebesar 1,8733 % dan 0,9481 %.

Pemberian arus listrik pada sampel tanah lunak mengakibatkan terjadinya proses elektrokinetik di dalam tanah lunak. Air akan mengalir dari anoda ke katoda melalui sampel tanah dibawah pengaruh medan listrik-DC (Yeung, 1994; Alshwabkeh, 2001; Azzam dan Oey, 2001), akibat peristiwa tersebut mengakibatkan keluarnya air dari dalam tanah lunak. Selanjutnya akibat tegangan bertambah, tanah lunak mengalami pemampatan sehingga butiran tanah lunak merapat dan rongga-rongganya mengecil, merapatnya butiran-butiran tanah akan meningkatkan gaya tarik-menarik antar partikel sehingga meningkatkan nilai kohesi dan nilai sudut geser dalam tanah.

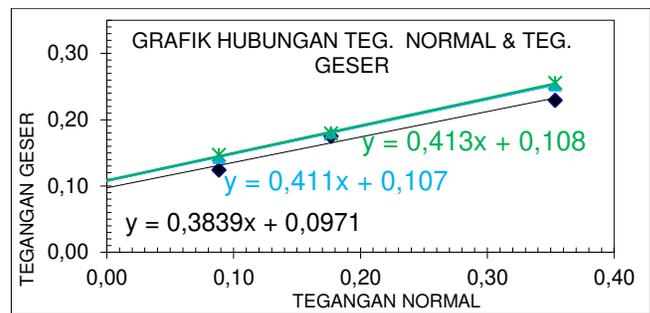
Berdasarkan Gambar 3.7 dapat dilihat bahwa besar arus listrik mempengaruhi kekuatan geser tanah, semakin besar arus listrik yang diberikan maka proses keluarnya air dari dalam tanah berlangsung lebih cepat sehingga dari grafik tersebut dapat diketahui nilai kohesi dan sudut geser dalam tanah mengalami peningkatan akibat besar arus listrik.



Gambar 3.7

3.5.1.3. Pengaruh Nilai Kohesi dan Nilai Sudut Geser Terhadap Waktu *Preloading*

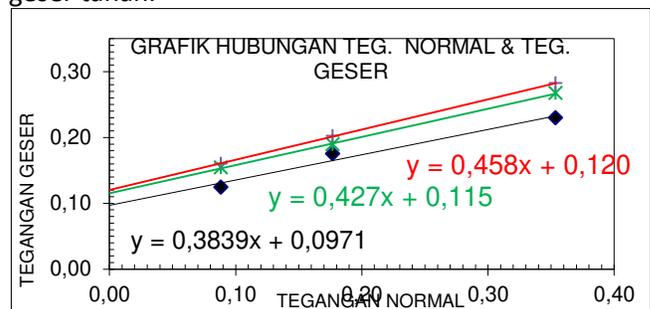
Seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3.8 dapat dilihat bahwa waktu dalam proses *preloading* mempengaruhi nilai kohesi dan sudut geser dalam tanah, semakin lama waktu yang diberikan pada proses *preloading* maka semakin besar pula nilai kohesi dan nilai sudut geser dalam tanah tersebut. Hal tersebut dikarenakan termampatnya tanah mengakibatkan partikel-partikel tanah akan semakin padat, jumlah penampang butiran tanah yang saling menempel satu sama lain akan semakin meningkat sehingga mengakibatkan meningkatnya kuat geser tanah. Besar peningkatan kohesi antara sampel yang *dipreloading* 5 hari dengan sampel yang *dipreloading* 10 hari ialah sebesar 1,1152 % sedangkan besar peningkatan sudut geser dalam tanahnya sebesar 0,4161 %.



Gambar 3.8

3.5.1.4. Pengaruh Nilai Kohesi dan Nilai Sudut Geser Terhadap Kombinasi *Preloading* dengan Besar Arus Listrik

Gambar 3.9 memperlihatkan bahwa kombinasi *preloading* dengan besar arus listrik mempengaruhi nilai kohesi dan nilai sudut geser dalam tanah. Semakin besar perlakuan arus listrik yang diberikan maka semakin besar pula peningkatan nilai kohesi dan sudut geser dalam tanah. Besar peningkatan antara sampel yang diberikan *preloading* bersamaan diberikannya arus listrik sebesar 15 mA yang selanjutnya diberikan tegangan bertambah dibandingkan dengan sampel yang diberikan *preloading* bersamaan dengan diberikannya arus listrik sebesar 30 mA yang kemudian diberikan tegangan bertambah, besar peningkatan kohesi sebesar 4,0728 % sedangkan besar peningkatan sudut geser dalam sebesar 6,3886 %. Adanya pengaruh peningkatan nilai kohesi dan nilai sudut geser dalam dikarenakan semakin besar arus listrik yang diberikan maka semakin banyak pula air yang bisa dikeluarkan dari dalam tanah, akibat *preloading* dan beban bertambah mengakibatkan termampatnya tanah mengakibatkan partikel-partikel tanah akan semakin padat sehingga mengakibatkan meningkatnya kuat geser tanah.



Gambar 3.9

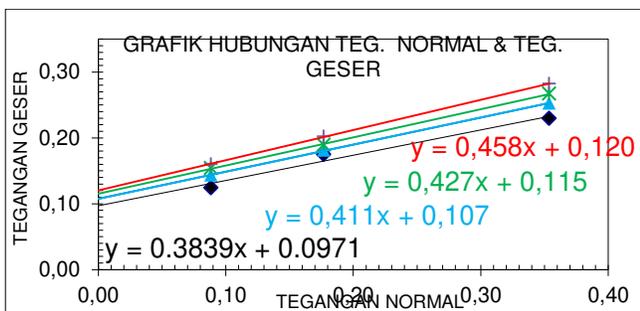
3.5.1.5. Pengaruh Nilai Kohesi dan Nilai Sudut Geser Terhadap *Preloading* dan Kombinasi *Preloading* dengan Besar Arus Listrik

Berdasarkan Gambar 3.10 dapat dilihat bahwa kombinasi *preloading* dengan besar arus listrik mempengaruhi nilai kohesi dan nilai sudut geser dalam

tanah. Semakin besar perlakuan arus listrik yang diberikan pada saat *preloading* maka semakin besar pula peningkatan nilai kohesi dan nilai sudut geser dalam tanah. Hal tersebut dikarenakan semakin besar arus listrik maka semakin banyak air yang bisa dikeluarkan dari dalam sampel tanah, dan akibat *preloading* dan beban bertambah mengakibatkan termampatnya tanah sehingga partikel tanah akan semakin padat, jumlah penampang butiran tanah yang saling menempel satu sama lain akan semakin meningkat sehingga meningkatkan kuat geser tanah.

Gambar 3.10 juga memperlihatkan bahwa kombinasi *preloading* selama lima hari dengan besar arus listrik sebesar 30 mA dan tegangan bertambah, mempunyai nilai kohesi dan sudut geser dalam yang paling besar diantara tanah sampel percobaan yang lainnya. Ini membuktikan bahwa metode kombinasi *preloading* dan elektrokinetik mempunyai pengaruh yang cukup besar dalam peningkatan kuat geser tanah.

Besar peningkatan nilai kohesi dan nilai sudut geser antara sampel yang *dipreloading* selama 5 hari yang dilanjutkan dengan tegangan bertambah dibandingkan dengan sampel yang *dipreloading* selama 5 hari bersamaan diberikannya arus listrik sebesar 15 mA yang dilanjutkan dengan dengan tegangan bertambah, besar peningkatannya masing-masing ialah sebesar 7,2491 % dan 3,5729 %. Sedangkan peningkatan nilai kohesi dan nilai sudut geser antara sampel yang *dipreloading* selama 5 hari yang dilanjutkan dengan tegangan bertambah dibandingkan dengan sampel yang *dipreloading* selama 5 hari bersamaan diberikannya arus listrik sebesar 30 mA yang dilanjutkan dengan dengan tegangan bertambah, besar peningkatannya masing-masing ialah sebesar 11,6171 % dan 10,1897 %.



Gambar 3.10

3.5.2. Hasil Percobaan Alat Kuat Tekan Bebas UCS (*Unconfined Compression Test*)

Tabel 3.3 menunjukkan peningkatan daya dukung dan kuat geser, persentase peningkatan yang paling terbesar adalah percobaan pada tanah lunak yang *dipreloading* selama lima hari bersamaan diberikannya

arus listrik sebesar 30 mA, dilanjutkan dengan tegangan bertambah, persentase peningkatan lebih dari 86 %. Perlakuan arus listrik yang diberikan mengakibatkan keluarnya air dari dalam sampel tanah dengan diberikannya *preloading* dan tegangan bertambah mengakibatkan partikel tanah akan semakin padat, jumlah penampang butiran tanah yang saling menempel satu sama lain akan meningkat sehingga berakibat meningkatnya kuat geser tanah.

Dari Tabel 3.3 juga memperlihatkan bahwa semakin besar arus listrik yang diberikan maka semakin besar pula peningkatan kuat geser dan daya dukungnya. Selain itu lama *preloading* juga mempengaruhi peningkatan kuat geser dan daya dukung, semakin lama *preloading* yang dibeikan maka semakin besar pula kuat geser dan daya dukungnya.

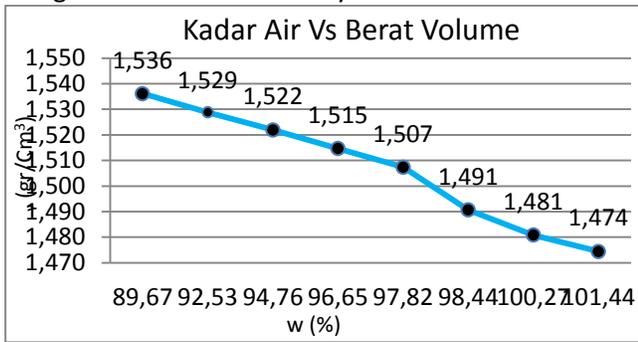
Tabel 3.3 Percobaan Daya Dukung Menggunakan Alat Kuat Tekan Bebas UCS (*Unconfined Compression Test*)

Nama Smpl	Nama Percobaan	qu (kg/cm ²)		% Tingkat
		Sblm	Sdh	(%)
A0	Tanah Asli	0,1213	-	-
A1	Tegangan Bertambah	0,1213	0,1341	10,5689
A2	Arus 15 mA & Tegangan Bertambah	0,1213	0,1802	48,6049
A3	Arus 30 mA & Tegangan Bertambah	0,1213	0,1963	61,8557
B1	Preloading 5 Hari & Tegangan Bertambah	0,1213	0,1625	34,0206
B2	Preloading 10 Hari & Tegangan Bertambah	0,1213	0,1651	36,1346
B3	Preloading 5 Hari (Arus 15 mA) & Tegangan bertambah	0,1213	0,2168	78,7416
B4	Preloading 5 Hari (Arus 30 mA) & Tegangan Bertambah	0,1213	0,2258	86,1995

3.5.2.1. Analisa Hubungan Kadar Air Terhadap Berat Volume Tanah

Berdasarkan Gambar 3.11 dapat dilihat bahwa hubungan antara kadar air terhadap berat volume tanah setelah dilakukannya pengujian. Berdasarkan grafik tersebut, semakin besar nilai kadar air pada sampel maka semakin kecil nilai berat volume tanahnya dan sebaliknya semakin kecil nilai kadar air sampel maka semakin besar pula nilai berat volume tanahnya. Akibat adanya pemberian elektrokinetik pada sampel mengakibatkan proses keluarnya air dari dalam sampel berlangsung cepat, akibat adanya tegangan bertambah dan *preloading* mengakibatkan partikel-partikel tanah semakin padat, jumlah penampang butiran tanah yang saling menempel satu

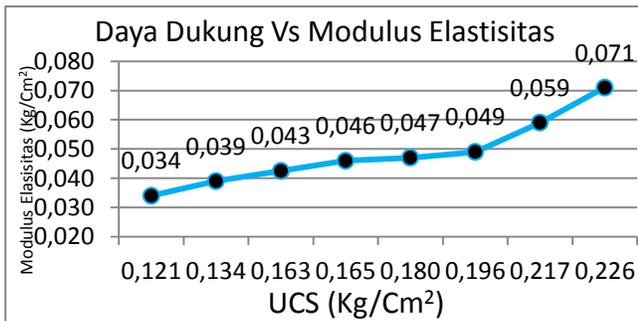
sama lain akan semakin meningkat sehingga mengakibatkan bertambahnya berat volume tanah.



Gambar 3.11

3.5.2.2. Analisa Hubungan Daya Dukung Tanah Terhadap Modulus Elastisitas Tanah

Hubungan antara daya dukung tanah terhadap modulus elastisitas tanah ditunjukkan pada Gambar 3.12, berdasarkan gambar tersebut dapat dilihat bahwa semakin besar daya dukung tanah maka semakin besar pula nilai modulus elastisitas tanah dan sebaliknya. Besarnya modulus elastisitas tanah akan berpengaruh pada kemampuan tanah dalam menahan tekanan.



Gambar 3.12

4. PENUTUP

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa data penulis menarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Semakin besar arus listrik yang diterapkan maka semakin besar pula peningkatan nilai kohesi, sudut geser dalam dan daya dukung tanah.
2. Semakin lama *preloading* maka semakin besar pula peningkatan nilai kohesi, sudut geser dalam dan daya dukung tanahnya.
3. Kombinasi *preloading* dan elektrokinetik mempunyai pengaruh yang paling besar yaitu sampel yang diberikan perlakuan *preloading* selama 5 hari bersamaan diberikannya arus listrik sebesar 30 mA setelah itu dilanjutkan dengan tegangan bertambah, dengan persentase peningkatan kohesi dan sudut geser dalam tanah tersebut masing-masing ialah sebesar 23,69 % dan

17,33 %, sedangkan peningkatan daya dukungnya sebesar 86,23 %.

4. Penggunaan arus listrik 15 mA mengalami peningkatan daya dukung lebih besar dibandingkan dengan *preloading* 0,01 kg/cm² yang dibiarkan selama 5 hari, maupun *preloading* yang dibiarkan selama 10 hari. Masing-masing persentase peningkatannya sebesar 48,60 %, 34,02 % dan 36,13 %.
 5. Kadar air setelah percobaan mengalami penurunan dibandingkan kadar air tanah asli, penurunan kadar ini mengakibatkan meningkatnya berat volume tanah. Semakin kecil nilai kadar air maka semakin besar pula nilai berat volume tanah.
 6. Modulus elastisitas berbanding lurus dengan daya dukung tanah.
- ### 4.2. Saran
1. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut secara langsung dilapangan.
 2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan variasi arus listrik dan *preloading* yang berbeda.
 3. Melakukan penelitian lebih lanjut dengan variasi jarak anoda dan katoda yang berbeda. Pengujian kuat geser dilakukan secara langsung pada sampel penelitian.

Referensi

- Afriani, Reny.2005."Stabilisasi Tanah Lunak dengan Secara Elektrokinetik".Skripsi tidak diterbitkan. Pontianak: Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.
- Alydrus, Hurul 'Ain.2006."Konsolidasi Tanah Lunak Pontianak dengan Pengaruh Elektroosmosis".Skripsi tidak diterbitkan. Pontianak:Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.
- Azzam, R. and Oey, W. 2001. The Utilization of Electrokinetics in Geotechnical and Enviromental Engineering. **Transport in Porous Media** 42, pp. 295-314.
- Elfhira,Tika.2004."Mekanisme Aliran Elektroosmosis Pada Tanah Lunak Pontianak Di BawahPengaruh Medan Listrik".Skripsi tidak diterbitkan. Pontianak: Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.
- 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.