

## STABILISASI TANAH LEMPUNG EKSPANSIF GODONG- PURWODADI KM 50 MENGGUNAKAN PROSES ELEKTROKINETIK DENGAN STABILISATOR ACCU ZUUR DAN KAPUR

Wisnu Permadi, Brian Kusuma Pradipta, Siti Hardiyati<sup>\*)</sup>, Bambang Pardoyo<sup>\*)</sup>

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof Soedarto, Tembalang, Semarang. 50239, Telp.: (024)7474770, Fax.: (024)7460060

### ABSTRAK

*Elektrokinetik merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengurangi kadar air pada tanah lempung ekspansif, dengan cara menempatkan katoda dan anoda yang dialiri listrik ke dalam tanah dengan jarak dan waktu tertentu. Pada penelitian ini digunakan accu zuur sebagai stabilizer yang akan membantu proses pemecahan partikel air dan mengalirkan air dari anoda menuju katoda sebagai manifestasi gejala elektroosmosis. Hasil penelitian menunjukkan kondisi optimum terjadi pada sampel dengan 20% kadar accu zuur dan 6% kadar kapur, waktu elektrokinetik 48 jam, jarak elektroda 12,5 cm dan pemadatan 56x. Pada kondisi ini terjadi peningkatan kuat geser maksimum sebesar 3,557 kg/cm<sup>3</sup> dari kuat geser tanah asli sebesar 1,799 kg/cm<sup>3</sup>. Nilai potensi mengembang mengalami penurunan menjadi 0,46% dengan tekanan mengembang 0 kPa, sehingga disimpulkan accu zuur berfungsi sebagai pereduksi air pada tanah lempung ekspansif dan kapur mengikat partikel tanah lempung ekspansif melalui proses sementasi sehingga swelling yang terjadi semakin kecil.*

**kata kunci :** Lempung Ekspansif, Stabilisasi Tanah, Elektrokinetik, Accu zuur, Kapur

### ABSTRACT

*Electrokinetic is one of the improvement methods that can be used to reducing water content of the expansive soil, by way of setting the right distance configuration of katode and anode which carrying electricity to the soil in definite distance and period. This research using accu zuur as stabilizer that helps to release water particle and flow the water from anode to katode as manifestatation of electroosmosis tendency. Results show optimum conditions from stabilization is on 20% of accu zuur, 24 hours of electrokinetics period, 25cm distance of electrode configuration and 56x of compaction. It gives results the rising of shear strength 3,557 kg/cm<sup>3</sup> from native soil 1,799 kg/cm<sup>3</sup>. Swelling potential also decrease to 0,46% with swell pressure 0 kPa. The conclusion is accu zuur only has a function to reduce water content of the soil and lime can bind the soil particle of expansive clay soil, so the swell turn smaller than before.*

**keywords:** Expansive Clay, Stabilization, Electrokinetics, Accu zuur, Lime

---

<sup>\*)</sup> Penulis Penanggung Jawab

## PENDAHULUAN

Permasalahan tanah tidak hanya terbatas pada penurunan, tetapi secara menyeluruh mencakup penyusutan dan pengembangan tanah yang umumnya dimiliki oleh tanah lempung ekspansif. Oleh karena itu sifat teknis yang berkaitan dengan tanah dasar harus diperhatikan agar suatu struktur yang dibangun di atasnya dapat stabil terhadap pengaruh tanah. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas tanah lempung ekspansif dengan menstabilisasi tanah dengan bahan tambah maupun metode tertentu.

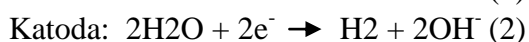
Makalah penelitian ini memuat hasil stabilisasi tanah lempung ekspansif menggunakan proses elektrokinetik dengan stabilizer *accu zuur* dan kapur. Elektrokinetik merupakan salah satu metode perbaikan tanah dengan cara mereduksi kandungan air yang ada pada tanah, *accu zuur* berfungsi sebagai elektrolit dalam proses elektrokinetik yang dapat menghantarkan listrik dengan baik, sedangkan kapur berfungsi untuk menstabilisasi nilai kembang susut tanah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan *accu zuur* dan kapur, jarak dan waktu dalam proses elektrokinetik serta kepadatan tanah terhadap peningkatan properties tanah, kuat tekan tanah, kuat geser tanah dan penurunan sifat kembang susut pada tanah.

## TEORI ELEKTROKINETIK

Gejala adanya aliran air dalam tanah sebagai akibat arus listrik searah yang dialirkan melewatinya pertama kali diamati oleh Reuss pada tahun 1809, yang kemudian diasosiasikan dengan peristiwa aliran air melalui pipa kapiler dan *membrane*. Penjelasan teoritis pertama mengenai gejala tersebut diberikan oleh Helmholtz pada tahun 1879 dengan konsep lapisan elektrik ganda (*electric double layer*). Akan tetapi baru Casagrande yang memamerkan teknik tersebut untuk keperluan perbaikan sifat-sifat teknis tanah pada tahun 1935. Teknik elektrokinetik membutuhkan tanah yang mengandung mineral lempung, baik yang bersifat plastisitas rendah maupun tinggi dan biasanya dilakukan dalam kondisi jenuh air (sehingga memerlukan perlakuan khusus).

Metode elektrokinetik dilakukan dengan menanam seperangkat elektroda ke dalam tanah lalu melewatkan arus searah (DC) di antaranya. Arus listrik menyebabkan timbulnya aliran air dari anoda (+) menuju katoda (-). Hal ini terjadi karena tarikan kation dan gerakan partikel lempung bermuatan negatif ke arah anoda. Bersamaan dengan itu, air tertarik menjauhi anoda dengan kandungan kation bebasnya bergerak mendekati katoda yang dikenal dengan pertukaran kation (*cation exchange*).

Penggunaan *accu zuur* sendiri dalam proses elektrokinetik tanah, elektrolisis yang dilakukan ialah terhadap air bukan terhadap  $H_2SO_4$  karena kationnya yang berasal dari logam alkali memiliki elektroda yg lebih kecil daripada air sehingga yang tereduksi adalah air dan  $SO_4^{2-}$  merupakan ion sisa asam oksida sehingga yang dioksidasi merupakan air. Elektrolisis air adalah peristiwa penguraian senyawa air ( $H_2O$ ) menjadi oksigen ( $O_2$ ) dan hidrogen gas ( $H_2$ ) dengan menggunakan arus listrik yang melalui air tersebut. Pada saat dua kutub elektroda (anoda dan katoda) ditanam di dalam tanah dan dialiri dengan arus listrik, maka akan terjadi proses elektrolisis di elektroda dengan persamaan sebagai berikut :



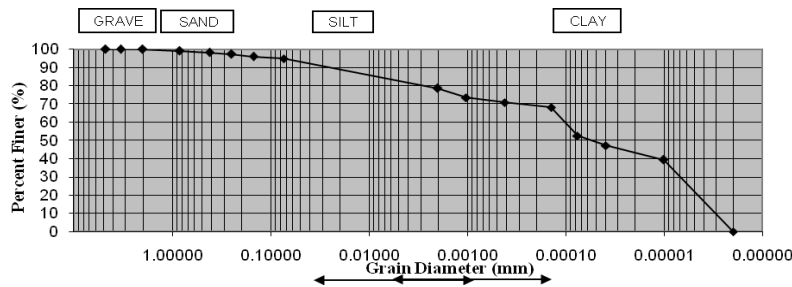
Proses elektrolisis di atas diikuti dengan perpindahan  $H^+$  ke kutub katoda dan  $OH^-$  ke kutub anoda (*electromigration*) serta perpindahan air pori tanah dari area di sekitar anoda menuju ke katoda (*electroosmosis*). Sedangkan fungsi kapur adalah sebagai pengikat tanah akibat proses sementasi yang diakibatkan oleh kapur, sehingga nilai kembang susut tanah dapat distabilisasi.

**KARAKTERISTIK GEOTEKNIK**

Pada penelitian ini, stabilisasi tanah diaplikasikan pada tanah lempung Godong-Purwodadi KM 50 dengan karakteristik *properties*, klasifikasi dan aktivitas seperti yang dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 1 dibawah ini.

Tabel 1. Karakteristik Geoteknik Tanah Lempung Godong-Purwodadi

Kadar air (%)	Berat Jenis	Berat Volume basah ( $\gamma_b$ )	Batas Plastis	Gradasi Butiran Tanah			Aktivitas	Klasifikasi Tanah	
				Pasir	Lanau	Lempung		USCS	AASHTO
35,96	2,25	1,66	36,99	5,20	16,19	78,61	0,7573	CH	A-7-6



Gambar 1. Gradasi Butiran Tanah Asli

**METODOLOGI PENELITIAN**

Penelitian diawali dengan pembuatan sampel tanah dengan variasi pencampuran kadar *accu zuur* dan air sebanyak 20% terhadap OMC, kapur 6% dari berat sampel kering, jarak elektrokinetik 12,5 cm dan 25 cm, waktu elektrokinetik 24 jam dan 48 jam. Masing-masing sampel dibuat dalam 2 kondisi kepadatan sesuai standar proctor sebesar 10x dan 56x tumbukan (Tabel 2). Proses elektrokinetik dimulai dengan memberikan tegangan secara kontinu dengan arus 30A.

Tabel 2. Rencana Kebutuhan Benda Uji Stabilisasi

No	Variasi Campuran	Variasi Jarak	Variasi Waktu	Jumlah Sample		
				10x	56x	Total
1	20% <i>Accu zuur</i>	12,5 cm	24 Jam	1	1	2
2			48 Jam	1	1	2
3		25 cm	24 Jam	1	1	2
4			48 Jam	1	1	2
5	20% <i>Accu zuur</i> + 6% Kapur	12,5 cm	24 Jam	1	1	2
6			48 Jam	1	1	2
7		25 cm	24 Jam	1	1	2
8			48 Jam	1	1	2
Jumlah				18 buah		

Pada penelitian ini anoda yang digunakan berasal dari tembaga dengan katoda yang digunakan berasal dari *stainless steel*. Sesaat setelah proses elektrokinetik dilakukan, sampel tanah diambil untuk kemudian dilakukan pengujian. Untuk Pengujian sampel tanah yang diambil berasal dari lokasi tanah di anoda.

### **PROSEDUR PERCOBAAN DI LABORATORIUM**

Percobaan di laboratorium dilakukan dengan pembuatan sampel tanah sesuai dengan variasi yang telah disebutkan dalam metodologi sebelumnya, kemudian sampel tanah yang telah dicampur dengan air, *accu zuur*, dan kapur dimasukan kedalam tabung PVC dengan diameter 6 inch yang sesuai dengan diameter tabung modified Proctor, dengan tinggi  $\pm 25$  cm untuk jarak elektrokinetik 25 cm dan 12,5 cm untuk jarak elektrokinetik 12,5 cm, lalu dilakukan pemadatan sebanyak 10x dan 56x untuk masing masing sampel. Setelah itu tabung PVC di bor untuk pemasangan anoda dan katoda untuk kemudian anoda dan katoda ditanamkan dan dialiri arus listrik yang berasal dari *power supply* secara kontinu selama 24 jam dan 48 jam seperti yang terlihat pada Gambar 3. Selanjutnya setelah proses elektrokinetik selesai sampel tanah diambil untuk keperluan pengujian.



Gambar 2. Proses Pencampuran Benda Uji



Gambar 3. Proses Elektrokinetik Tanah

### **HASIL PENELITIAN DAN ANALISA**

Hasil dari stabilisasi tanah ini kemudian dianalisa terhadap penurunan kadar air di lokasi anoda dibandingkan dengan kadar air sebelum proses elektrokinetik, peningkatan *index properties* tanah, peningkatan nilai kuat tekan bebas tanah serta kembang susut tanah terhadap tanah asli untuk mengetahui seberapa besar pengaruh yang dihasilkan oleh *accu zuur* dan kapur terhadap stabilisasi tanah melalui proses elektrokinetik.

### Kadar air

Kadar air merupakan kandungan air yang terdapat pada tanah. Setelah proses elektrokinetik dilakukan, terjadi penurunan kadar air tanah pada kutub anoda yang dibandingkan terhadap kadar air tanah sebelum proses elektrokinetik dilakukan. Tabel 3 berikut merupakan hasil pengujian kadar air setelah proses elektrokinetik.

Tabel 3. Hasil Uji Kadar Air Tanah Stabilisasi

Variasi Sampel	10X		56X	
	Sebelum Elektrokinetik	Setelah Elektrokinetik	Sebelum Elektrokinetik	Setelah Elektrokinetik
1 20%; 24 jam; 12,5cm	28.32%	27.71%	28.86%	27.69%
2 20%; 24 jam; 25cm	28.65%	27.89%	27.70%	26.70%
3 20%; 48 jam; 12,5cm	30.32%	28.93%	29.55%	28.36%
4 20%; 48 jam; 25cm	30.25%	28.98%	29.79%	29.20%
5 20% + 6%; 24 jam; 12,5cm	28.49%	26.71%	28.75%	28.37%
6 20% + 6%; 24 jam; 25cm	27.92%	26.21%	27.80%	27.97%
7 20% + 6%; 48 jam; 12,5cm	29.58%	27.34%	28.71%	27.92%
8 20% + 6%; 48 jam; 25cm	28.87%	27.64%	27.83%	26.11%

### Index Properties

*Index properties* merupakan karakteristik sifat tanah. Setelah proses elektrokinetik dilakukan terjadi peningkatan terhadap nilai berat jenis dan berat isi tanah, sedangkan penurunan terjadi pada nilai plastisitas tanah dan shrinkage limit. Peningkatan dan penurunan yang terjadi seperti yang disebutkan diatas terjadi seiring dengan semakin dekatnya jarak elektrokinetik, semakin lamanya waktu yang diberikan dan semakin besarnya persentase penambahan *accu zuur* dan kapur terhadap tanah. Seperti yang dapat dilihat pada Tabel 4 berikut:

Tabel 4. Hasil Uji Indeks Properties Tanah Stabilisasi

Pengujian	Nilai
1 Kadar Air	25.75 - 29.20 %
2 Berat Jenis (Gs)	2.262-2.476
3 Berat Isi	1.404 - 1.901 gr/cm <sup>3</sup>
4 <i>Liquid Limit</i> (LL)	59.86-85.07%
5 <i>Plastic Limit</i> (PL)	30.32-47.06%
6 <i>Plasticity Index</i> (PI)	15.01-49.81%
7 <i>Shrinkage Limit</i> (SL)	7.58 - 19.18%
8 Komposisi Ukuran Partikel	
a. Pasir	4.7-22.8%
b. Lanau	2.35-47.33%
c. Lempung	47.17-91.71%
9 <i>Activity</i>	0.709-1.431

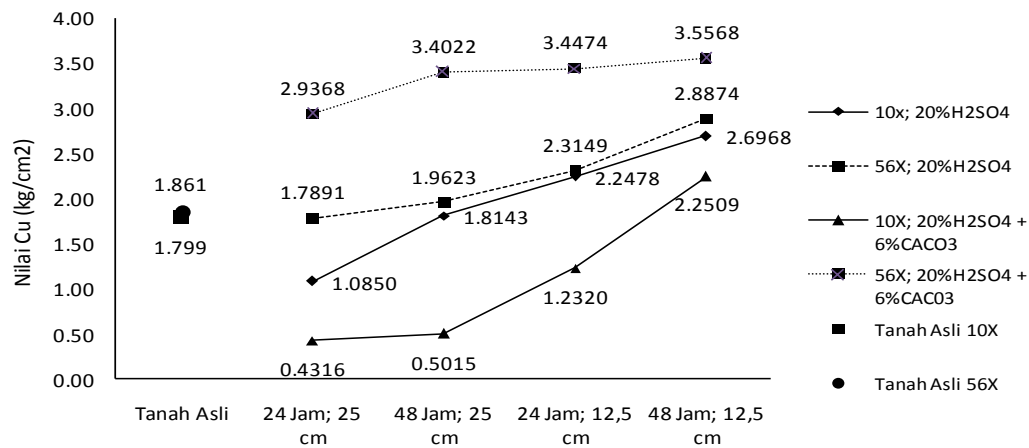
### Kuat Geset Tanah

Kuat geser tanah meningkat seiring dengan bertambahnya persentase *accu zuur* dan kapur yang ditambahkan, peningkatan waktu elektrokinetik, semakin dekatnya jarak elektroda dan semakin padatnya butiran tanah. Peningkatan terbesar terjadi hingga 82,81% dari tanah asli yang berarti proses elektrokinetik, *accu zuur* dan kapur memberikan korelasi positif

terhadap peningkatan kuat tekan bebas tanah. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5 dan Gambar 4 berikut.

Tabel 5. Nilai  $q_u$

Campuran	Jarak	Waktu	Cu ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	
			10X	56X
Tanah asli	-	-	1.799	1.861
20% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	12,5 cm	24 jam	2.247	2.314
		48 jam	2.696	2.887
	25cm	24 jam	1.085	1.789
		48 jam	1.814	1.962
20% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + 6% CaCO <sub>3</sub>	12,5 cm	24 jam	1.232	3.447
		48 jam	2.250	3.556
	25cm	24 jam	0.431	2.936
		48 jam	0.501	3.402



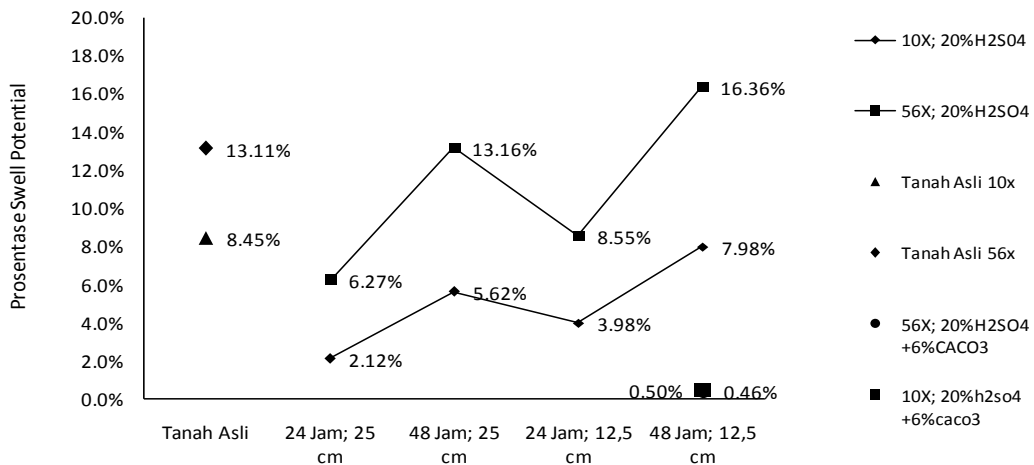
Gambar 4. Kenaikan Nilai Cu

### Swelling

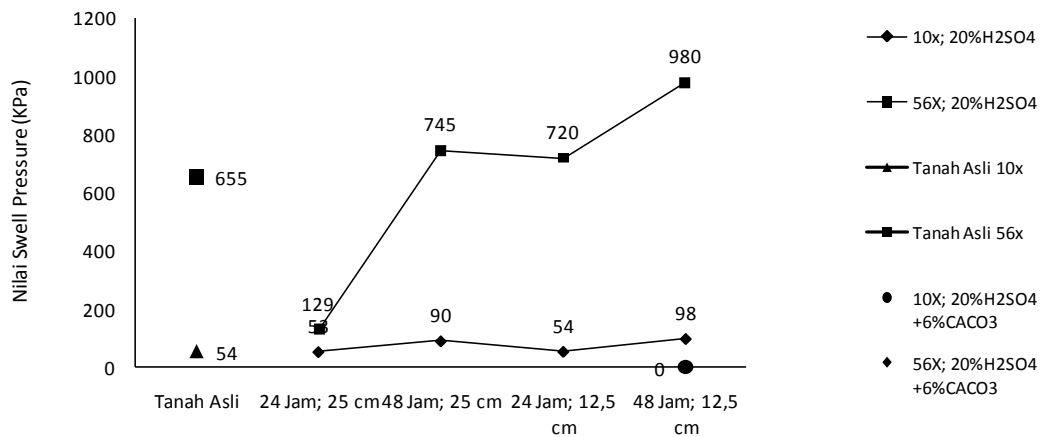
Korelasi negatif dari stabilisasi tanah ditunjukkan dengan semakin meningkatnya *swell pressure* dan *swell potential* tanah seiring bertambahnya *accu zuur*, semakin dekatnya jarak elektrokinetik, semakin lamanya waktu dan semakin meningkatnya jumlah tumbukan yang diberikan. Namun dengan penambahan kapur, *swell pressure* dan *swell potential* dapat distabilisasi dengan baik. Hal ini sesuai dengan tujuan awal stabilisasi yaitu untuk menurunkan nilai *swell* tanah lempung ekspansif dengan penambahan kapur. Ini terjadi karena penambahan *accu zuur* pada proses elektrokinetik tidak berfungsi untuk mengikat partikel tanah lempung, namun hanya mengurangi kadar air yang ada pada tanah lempung itu sendiri sehingga tanah memiliki kecenderungan untuk menyerap air lebih banyak lagi sehingga pengembangan yang terjadi semakin besar namun kapur menjaga kadar air tersebut dengan adanya proses sementasi sehingga untuk sampel dengan penambahan kapur mendapatkan nilai pengembangan yang kecil. Seperti yang diberikan pada Tabel 6 dan Gambar 4-5 berikut.

Tabel 6. Nilai Swell Potential dan Swell Pressure

Variasi Campuran	Jarak	Waktu	10X		56X	
			Swell potensial	Swell Presure	Swell potensial	Swell Presure
Tanah Asli	-	-	8.45%	54 Kpa	13.11%	655 Kpa
20% H2SO4	12,5 cm	48 jam	0.50%	0	0.46%	0
		24 jam	3.98%	54 Kpa	8.55%	720 Kpa
	25 cm	48 jam	7.98%	98 Kpa	16.36%	980 Kpa
		24 jam	2.12%	53 Kpa	6.27%	129 Kpa
		48 jam	5.62%	90 Kpa	13.16%	745 Kpa



Gambar 4. Kenaikan Nilai Swell Potential



Gambar 5. Kenaikan Nilai Swell Pressure

**CBR**

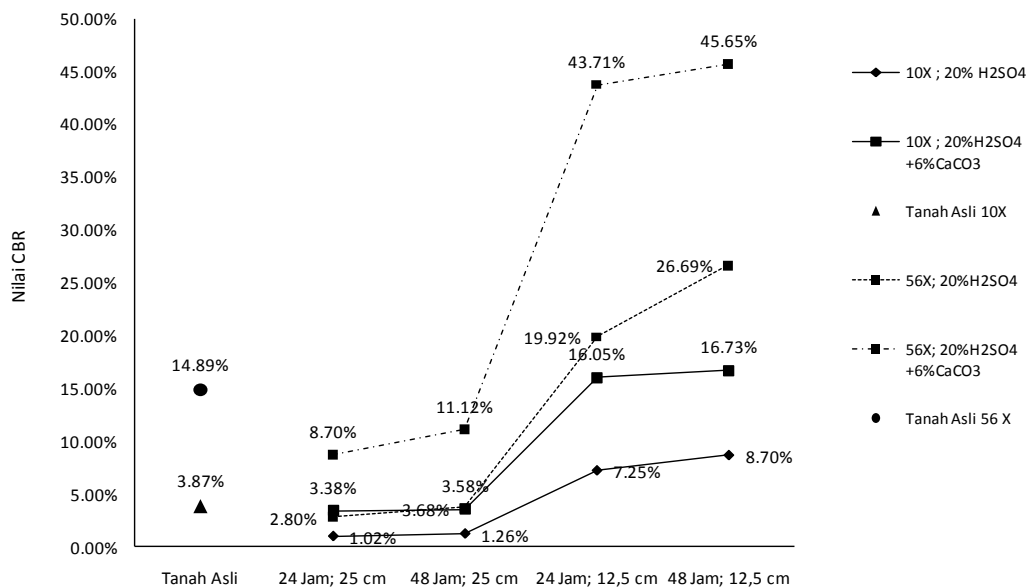
Hasil pengujian menunjukkan hubungan yang positif terhadap pemadatan yang semakin padat, jarak potensial elektrokinetik yang semakin dekat, waktu elektrokinetik yang semakin lama dan penambahan kapur dalam sampel. Hal ini terjadi karena proses elektrokinetik berjalan dengan baik, sehingga nilai CBR yang didapat semakin besar. Selain itu penambahan kapur berfungsi sangat baik dalam meningkatkan daya dukung tanah. Seperti yang diberikan pada Tabel 7-8 dan Gambar 6-7.

Tabel 7. Nilai CBR Penetrasi 0,1''

Variasi Campuran	Waktu Elektrokinetik	Jarak Elektrokinetik	Nilai CBR	
			10X	56X
Tanah Asli	-	-	3.87%	14.89%
20% H2SO4	24 Jam	25 cm	1.02%	2.80%
		12.5 cm	1.26%	3.68%
	48 Jam	25 cm	7.25%	19.92%
20% H2SO4 dan 6% CaCO3	24 Jam	25 cm	3.38%	8.70%
		12.5 cm	3.58%	11.12%
	48 Jam	25 cm	16.05%	43.71%
		12.5 cm	16.73%	45.65%

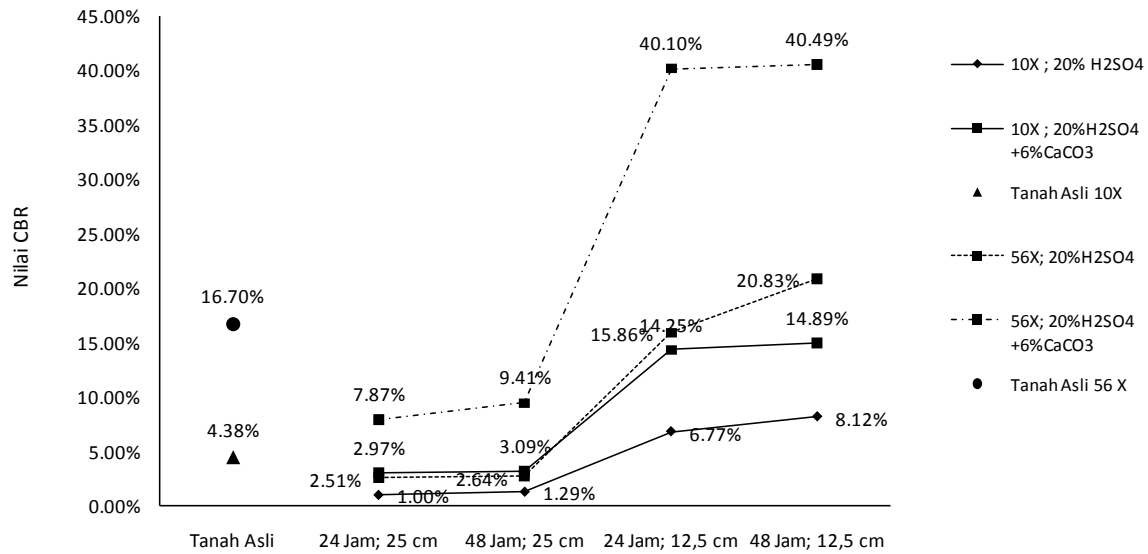
Tabel 8. Nilai CBR Penetrasi 0,2''

Variasi Campuran	Waktu Elektrokinetik	Jarak Elektrokinetik	Nilai CBR	
			10X	56X
Tanah Asli	-	-	4.38%	16.70%
20% H2SO4	24 Jam	25 cm	1.00%	2.51%
		12.5 cm	1.29%	2.64%
	48 Jam	25 cm	6.77%	15.86%
20% H2SO4 dan 6% CaCO3	24 Jam	25 cm	2.97%	7.87%
		12.5 cm	3.09%	9.41%
	48 Jam	25 cm	14.25%	40.10%
		12.5 cm	14.89%	40.49%



Gambar 6. Kenaikan Nilai CBR Penetrasi 0,1''





Gambar 7. Kenaikan Nilai CBR Penetrasi 0,2”

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa yang dilakukan pada tanah lempung asli, maupun yang telah distabilisasi yang berasal dari Godong – Purwodadi Kabupaten Grobogan Jawa tengah, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Sampel tanah asli termasuk kedalam kategori tanah lempung ekspansif, yang memiliki nilai Liquid Limit sebesar 88,94%, Plasticity Index 36,99%, Shrinkage Limit 7,67% dengan persentase fraksi lempung yang lolos sebesar 78,61% seperti terlihat pada Tabel 4.2. Menurut Skempton (1953) pada Persamaan 2.1 nilai aktivitas diantara 0,75-1,25 yaitu sebesar 0,7573 tergolong kedalam tanah lempung yang memiliki potensi pengembangan yang normal, namun menurut Chen (1975) tanah dengan  $IP > 35$  dan  $LL > 60$  merupakan tanah lempung yang memiliki potensi pengembangan yang sangat tinggi.
2. Persentase pengurangan kadar air yang terbanyak terjadi pada tanah dengan pemadatan 10x tumbukan yang nilainya berkisar antara 1,715-3,098% sedangkan pada 56x tumbukan 1,105-2,351%.
3. Pengujian indeks properties mengalami peningkatan, namun tidak terlalu signifikan untuk penambahan *accu zuur* saja dikarenakan butir tanah pada sampel yang distabilisasi tidak dapat mengikat partikel lempung, namun kekurangan tersebut dapat diatasi dengan penambahan kapur. Sehingga hasil yang didapatkan sesuai dengan hasil yang diharapkan pada awal penelitian.
4. Melalui uji kuat geser, peningkatan nilai kuat geser maksimum terjadi pada stabilisasi dengan 20% kadar *accu zuur* dan 6% kapur, waktu 48 jam dan jarak 12,5 cm sebesar 3,5578 kg/cm<sup>2</sup> pada kondisi 56x tumbukan, dan 50,11% (3,1035 kg/cm<sup>2</sup> menjadi 2,8874 kg/cm<sup>2</sup>) pada kondisi 10x tumbukan.
5. Besarnya persentase pengembangan untuk tanah modifikasi dengan penambahan kapur dapat distabilisasi hingga 0,46% dengan *Swell Pressure* 0 KPa pada 10X tumbukan dan 0,40% dengan *Swell Pressure* 0 KPa pada 56X tumbukan.
6. Besarnya nilai CBR pada tanah modifikasi 10x tumbukan berkisar antara 1,02% - 16,73% pada penetrasi 0,1”, 1,00% - 14,89% untuk penetrasi 0,2”, sedangkan untuk

tanah modifikasi 56x tumbukan berkisar antara 2,80% - 45,65% untuk penetrasi 0,1",  
2,51% - 40,49% untuk pentrasi 0,2".

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Chen, Fu Hua, 1988. *Foundations on Expansive Soils*, Elsevier Scientific Publishing Company, New York.
- Das, Braja. M, 1988. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 1*, Erlangga, Jakarta.
- Das, Braja.M, 2006. *Principles of Foundatioun Engineering*, 5th ed., THOMSON, Ontario.
- E-versity, 1999. *Elektrokinetik Sebagai Metode Alternatif Perbaikan Tanah Lunak*, <http://e-versity.8m.com/concerto/Elkin2a.html>
- Hardiyatmo, Hary Christady, 1992. *Mekanika Tanah I*, Gramedia, Jakarta.
- Skempton, A.W, 1953. *The Colloidal Activity of Clays, Proceedings, 3rd International Conference of Soil Mechanics and Foundation Engineering*, Vol 1, London.