

PENGARUH STABILISASI SEMEN TERHADAP SWELLING LEMPUNG EKSPANSIF

Pretty Prescilia Takaendengan

S. Monintja, J. H. Tico, J. R. Sumampouw

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi

email:pretty_takaendengan@yahoo.com

ABSTRAK

Lempung Ekspansif merupakan lempung yang memiliki potensi kembang susut yang tinggi apabila terjadi perubahan kadar air. Bila suatu konstruksi dibangun diatas tanah ekspansif maka akan terjadi kerusakan-kerusakan pada konstruksi tersebut. Salah satu cara yang digunakan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah menstabilkan tanah dengan meningkatkan daya dukung tanah asli dan mengurangi kembang susutnya. Penambahan semen merupakan salah satu cara stabilisasi tanah ekspansif yang efektif, karena semen dapat mengikat mineral lempung menjadi padat, sehingga mengurangi kembang susut tanah lempung ekspansif.

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui swelling berdasarkan nilai indeks plastisitas dan nilai daya dukung berdasarkan pengujian Kuat Tekan Bebas (UCT). Kadar air benda uji diambil dari hasil pemadatan proctor standar dengan variasi campuran semen 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%.

Dari hasil pengujian diperoleh, lempung ekspansif yang di stabilisasi dengan semen pada variasi 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% menunjukkan adanya peningkatan nilai daya dukung tanah dan penurunan indeks plastisitas yang cukup signifikan. Pada campuran semen sebesar 20% terjadi peningkatan nilai daya dukung yang cukup tinggi yakni 767.01% dari daya dukung tanah asli, dan pada campuran semen sebesar 20% juga terjadi penurunan indeks plastisitas sebesar 56.4% dari indeks plastisitas tanah asli. Semakin kecil indeks plastisitas, nilai daya dukung semakin besar.

Kata kunci : lempung ekspansif, stabilisasi semen, pemadatan, UCT

PENDAHULUAN

Tanah merupakan tempat berdirinya suatu struktur atau konstruksi, baik itu konstruksi bangunan maupun konstruksi jalan yang sering menimbulkan masalah bila memiliki sifat-sifat yang buruk seperti plastisitas yang tinggi, kekuatan geser yang rendah dan potensi kembang susut yang besar. Karena besarnya pengaruh tanah terhadap perencanaan suatu konstruksi, maka tanah menjadi komponen yang perlu diperhatikan dalam perencanaan konstruksi.

Menurut Sudjianto (2006), lempung yang memiliki fluktuasi kembang susut tinggi disebut dengan lempung ekspansif. Bila suatu konstruksi dibangun diatas tanah ekspansif maka akan terjadi kerusakan-kerusakan antara lain retakan pada perkerasan jalan dan jembatan, terangkatnya

struktur plat, kerusakan jaringan pipa, longsoran, dan sebagainya.

Salah satu cara yang digunakan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah menstabilkan tanah dengan meningkatkan daya dukung tanah asli. Menurut Ingles dan Metcalf, salah satu cara stabilisasi tanah ekspansif yang efektif adalah dengan menambahkan bahan kimia tertentu. Penambahan bahan kimia dapat mengikat mineral lempung menjadi padat, sehingga mengurangi kembang susut lempung ekspansif. (Sudjianto, 2006)

Semen merupakan salah satu bahan stabilisasi yang mudah diperoleh dan efektif. Semen memiliki kemampuan mengeras dan mengikat partikel yang sangat bermanfaat untuk mendapatkan suatu masa tanah yang kokoh dan tahan terhadap deformasi.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang ada, maka permasalahan dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Berapa besar indeks plastisitas yang menunjukkan *swelling* lempung ekspansif di Desa Warembungan Kecamatan Pineleng ?
2. Bagaimana pengaruh stabilisasi semen terhadap *swelling* lempung ekspansif ?
3. Berapa besar nilai q_u pada tanah lempung ekspansif di Desa Warembungan Kecamatan Pineleng ?
4. Bagaimana pengaruh stabilisasi semen terhadap nilai q_u pada tanah lempung ekspansif ?

Batasan Masalah

1. Penelitian menggunakan tanah yang diambil dari Desa Warembungan, Kecamatan Pineleng dengan kondisi sampel tanah terganggu diambil pada kedalaman $\pm 1m$
2. Identifikasi lempung ekspansif berdasarkan pada Indeks Plastisitas Tanah
3. Sifat-sifat kimia dari lempung ekspansif (mineral lempung) dan bahan stabilisasi tidak diperiksa
4. Pematatan dilakukan secara manual dengan menggunakan *Proctor Standard*
5. Penelitian dilakukan untuk mengetahui *swelling* serta daya dukung lempung ekspansif sebelum dan sesudah distabilisasi.
6. Penelitian dilakukan dengan pengujian Indeks Properties dan Alat Kuat Tekan Bebas UCS (Unconfined Compressive Strength Test).

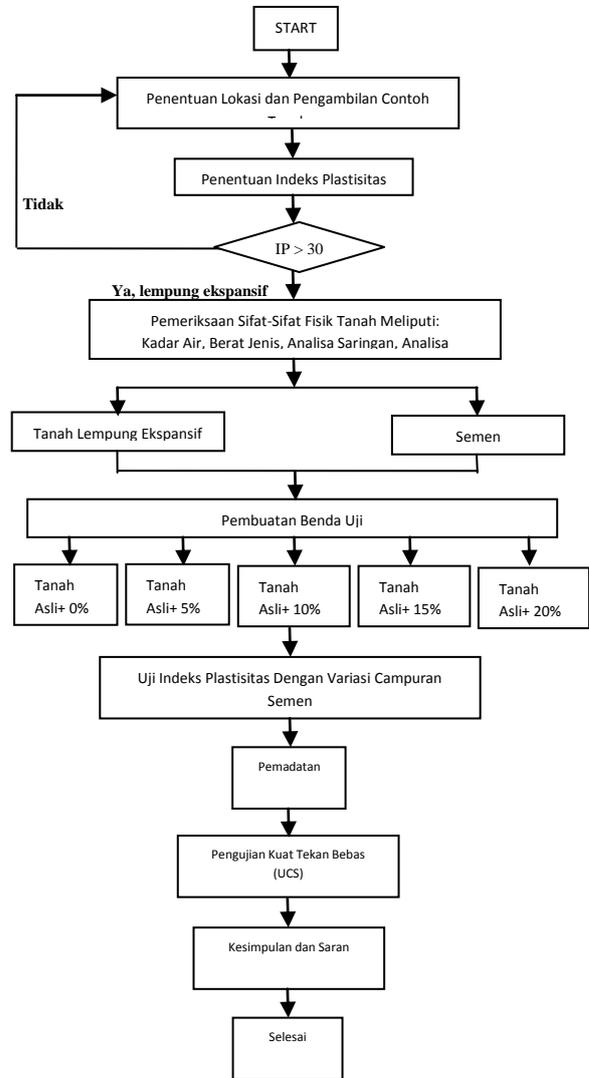
Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui jenis tanah berdasarkan sifat fisis dan mekanis lempung ekspansif di Desa Warembungan Kecamatan Pineleng.
2. Mengetahui *swelling* pada lempung ekspansif sebelum dan sesudah distabilisasi dengan semen berdasarkan nilai indeks plastisitas.

3. Mengetahui nilai q_u pada lempung ekspansif sebelum dan sesudah distabilisasi dengan semen.

DIAGRAM ALIR PENELITIAN



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

LANDASAN TEORI

Lempung Ekspansif

Lempung ekspansif merupakan lempung yang memiliki sifat khas yakni kandungan mineral ekspansif yang mempunyai kapasitas pertukaran ion tinggi, sehingga lempung ekspansif memiliki potensi kembang susut tinggi, apabila terjadi perubahan kadar air. Pada peningkatan kadar air, tanah ekspansif akan mengembang disertai dengan peningkatan tekanan air pori

dan timbulnya tekanan kembang. Bila kadar air berkurang sampai batas susutnya, akan terjadi penyusutan. Sifat kembang susut yang demikian bisa menimbulkan kerusakan pada bangunan (Hardiyatmo, 2006).

Cara-cara yang biasa digunakan untuk mengidentifikasi tanah lempung ekspansif ada tiga cara, yaitu :

1. Identifikasi mineralogi, berguna untuk mengidentifikasi potensi kembang susut suatu tanah lempung. Menurut *Raymond N. Yong* dan *Benno P. Warkentin* dalam bukunya "*Soil Properties and Behaviors*", identifikasi mineralogi dilakukan dengan cara : Difraksi Sinar X (*X-Ray Diffraction*), Penurunan Panas (*Differential Thermal Analysis*), Infrared Spectroscopy
2. Cara tidak langsung (single index method). Hasil uji sejumlah indeks dasar tanah dapat digunakan untuk evaluasi adanya potensi ekspansif atau tidak pada suatu contoh tanah. Uji indeks dasar adalah uji batasbatas Atterberg ($PI > 30$), *linear shrinkage test*, uji mengembang bebas dan uji kandungan koloid.
3. Cara langsung. Metode pengukuran terbaik adalah dengan metode pengukuran langsung yaitu suatu cara untuk menentukan posisi pengembangan dan tekanan pengembangan dari tanah ekspansif dengan menggunakan *Oedometer Terzaghi*.

Stabilisasi Tanah

Stabilisasi adalah salah satu cara atau metode yang digunakan untuk mengatasi permasalahan yang diakibatkan oleh lempung ekspansif dengan cara memperbaiki kualitas tanah asli. Tujuan dari stabilisasi tanah yaitu untuk meningkatkan kemampuan daya dukung tanah dalam menahan beban serta meningkatkan stabilitas tanah.

Pada umumnya ada dua cara stabilisasi tanah, yaitu dengan cara mekanis dan cara kimiawi. Stabilisasi tanah secara mekanis bertujuan untuk mendapatkan tanah yang bergradasi baik (*well graded*) sedemikian rupa sehingga dapat memenuhi spesifikasi yang diinginkan. Stabilisasi secara kimiawi dapat dilakukan dengan penambahan bahan additive. Menurut Ingles dan Metcalf, salah satu stabilisasi tanah ekspansif yang murah dan efektif adalah dengan menambahkan bahan kimia tertentu, dengan penambahan

bahan kimia dapat mengikat mineral lempung menjadi padat, sehingga mengurangi kembang susut tanah lempung ekspansif. (Sudjianto, 2006)

Semen

Semen merupakan bahan stabilisasi yang baik karena kemampuan mengeras dan mengikat partikel sangat bermanfaat bagi usaha mendapatkan suatu masa tanah yang kokoh dan tahan terhadap deformasi.

Campuran tanah-semen akan mengakibatkan kenaikan kekuatan dengan periode waktu kekuatan perawatan yang relatif singkat sehingga untuk melanjutkan konstruksi tidak harus menunggu lama.

Tipe semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Tipe I (Tonasa) dengan unsur pembentuknya : $C_3S=50\%$, $C_2S=25\%$, $C_3A=12\%$, $C_4AF=8\%$, $CSH_2=5\%$.

Pemadatan

Pemadatan adalah salah satu cara untuk meningkatkan tingkat kepadatan tanah dengan pemakaian energi mekanis untuk menghasilkan pemampatan partikel. Tujuan pemadatan adalah untuk memperbaiki sifat-sifat teknis massa tanah yaitu menaikkan kekuatan tanah, memperkecil pemampatan dan daya rembes airnya, serta memperkecil pengaruh air terhadap tanah

Dalam setiap pekerjaan pemadatan yang dikerjakan, dihitung :

$$1. \quad w = \frac{W_w}{W_s} * 100\%$$

Dimana :

W_w = Berat air

W_s = Berat Butiran Tanah

$$2. \quad \gamma_b = \frac{W(\text{gram})}{V(\text{cm}^3)}$$

Dimana :

λ_b = kerapatan tanah (gram/cm^3)

W = Berat tanah (gram)

V = Volume selinder (cm^3)

$$3. \quad \gamma_d = \frac{\gamma_b}{1 + w}$$

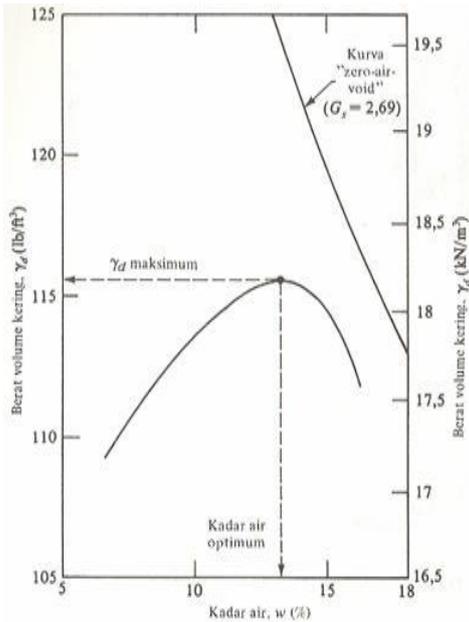
Dimana :

γ_d = berat volume kering tanah

γ_b = berat volume basah tanah

w = kadar air tanah.

(Das, Mekanika Tanah, Jilid 1)



Gambar 2. Kurva Hubungan Kadar Air dengan Berat Volume Kering (Sumber : Bowles, 1991)

Garis angka pori nol (zero air void) digambarkan selalu berada diatas kurva pemadatan apabila nilai G_s yang benar telah digunakan. Garis angka pori nol (ZAV) menunjukkan kerapatan kering pada saat kejenuhan (*saturation*) 100% (S=100).

Data dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\gamma_{zav} = \frac{G_s \cdot \gamma_w}{1 + \omega \cdot G_s}$$

Dimana :

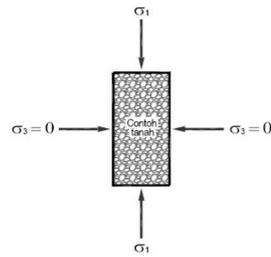
γ_{zav} = berat volume pada kondisi zero air void

G_s = berat spesifik (masing-masing campuran semen)

Uji Tekan Bebas (UCT)

Uji tekan bebas merupakan uji khusus dari Triaksial Unconsolidated-Undrained. Kondisi pembebanan sama dengan yang terjadi pada uji triaksial, hanya saja tegangan selnya nol ($\bar{\sigma}_3 = 0$).

Gambar skematik dari prinsip pembebanan dalam percobaan ini dapat dilihat pada Gambar 3



Gambar 3. Skema Uji Tekan Bebas

Tegangan aksial yang diterapkan di atas benda uji berangsur-angsur ditambah sampai benda uji mengalami keruntuhan. Pada saat keruntuhannya, karena ($\bar{\sigma}_3 = 0$) maka :

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \Delta\sigma_f = \Delta\sigma_f = qu$$

Dimana :

qu = kuat tekan bebas (unconfined compression strength).

Secara teoritis, nilai $\Delta\sigma_f$ pada lempung jenuh seharusnya sama seperti yang diperoleh dari pengujian triaksial unconsolidated-undrained dengan benda uji yang sama jadi,

$$Cu = qu / 2$$

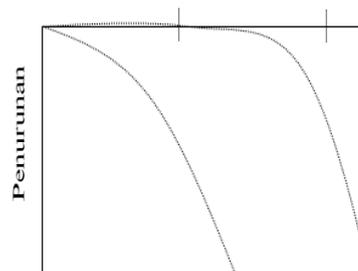
Dimana :

Cu = kuat geser *undrained* dari tanahnya

Daya Dukung Tanah

Daya dukung tanah adalah tekanan maksimum yang dapat dipikul oleh tanah tersebut tanpa terjadi kelongsoran. Bilamana beban di atas pondasi ditambah sedikit demi sedikit maka pondasi akan turun yang akhirnya terjadi kelongsoran.

Besarnya beban ini disebut beban longsor dan tekanan yang bekerja disebut daya dukung (ultimate bearing capacity) dari tanah. Besarnya penurunan dan penambahan beban yang bekerja dapat digambarkan dalam satu grafik Gambar 4



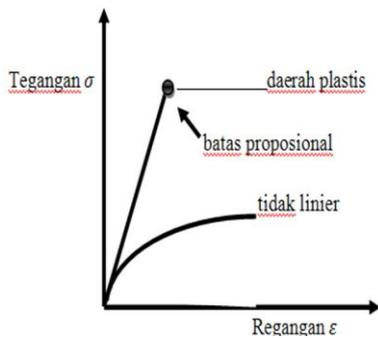
Gambar 4. Kurva Pembebanan Daya Dukung

Dimana q1 adalah garis yang menunjukkan adanya penurunan dengan bertambahnya pembebanan secara bersamaan, sedangkan q2 adalah garis yang menunjukkan penurunan yang terjadi akibat pembebanan, tetapi dalam hal ini penurunan yang terjadi secara bersamaan dengan bertambahnya beban artinya tanah tersebut agak padat atau keras.

Modulus Elastisitas

Parameter modulus elastisitas E, yaitu :

$$E = \frac{\text{Perubahan Tegangan } (\Delta\sigma)}{\text{Perubahan Regangan } (\Delta\varepsilon)}$$



Gambar 5. Kurva Tegangan – Regangan (Sumber : Bowles, 1989)

Modulus elastisitas merupakan ukuran dari deformasi dan kekakuan material. Apabila digambarkan hubungan tegangan–regangan, kurva tersebut akan berupa garis lurus pada batas-batas tertentu untuk baja dan beberapa bahan lainnya.

Kurva tegangan-regangan untuk tanah, merupakan kurva yang non linier atau melengkung sepanjang batas-batas yang harus ditinjau, terdapat beberapa bukti bahwa pada regangan yang sangat kecil misalnya 10^{-4} atau yang lebih kecil lagi mungkin terdapat di daerah yang linier. Tetapi deformasi yang diperlukan untuk dapat menggambarkan regangan yang sekecil ini jarang didapatkan. Maka untuk semua maksud praktis, suatu kurva yang tidak linier diperoleh dari uji tekan di laboratorium.

HASIL DAN ANALISIS

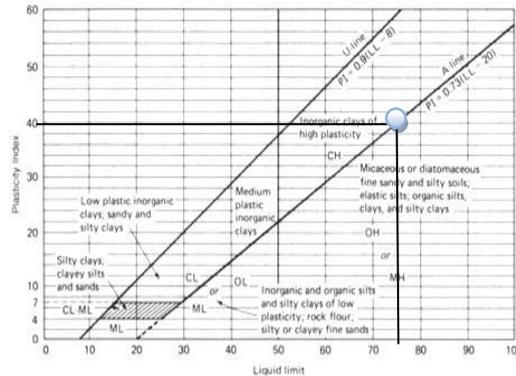
Karakteristik Tanah Lempung

Tabel 1. Karakteristik Tanah Lempung

NO	KARAKTERISTIK	NILAI
1	Kadar Air	3.9
2	Batas Cair	75
3	Batas Plastis	36
4	Indeks Plastis	39
5	Berat Jenis	2.6334
6	Lolos Saringan No.200	52%

Berdasarkan Analisa Karakteristik Tanah Menggunakan Standar ASTM versi Unified Soil Classification System

- Berdasarkan gambar 6 untuk nilai LL = 75 dan PI = 39 ASTM D-2487 diperoleh tanah berada diatas garis A. Jadi tanah termasuk lempung anorganik dengan plastisitas tinggi dan dari tabel 2.1 jika $LL \geq 50$ maka tersebut digolongkan ke dalam grup CH.
- Untuk grup CH dengan bagian tertahan saringan no. 200 = 8.09 % (<15) menunjukkan tanah termasuk dalam lempung anorganik dengan plastis tinggi, grup Fat Clay (Lempung Gemuk)



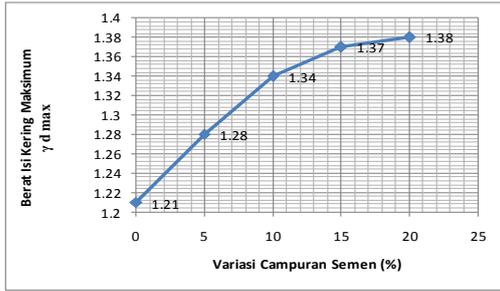
Gambar 6. Plasticity Chart (Sumber: Das, 1941)

Pemadatan Tanah

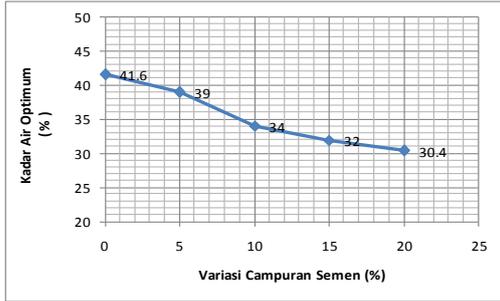
Hasil pengujian pemadatan dapat dilihat pada tabel 2 serta grafik 1 dan 2 berikut :

Tabel 2. Hasil Pengujian Pemadatan Tanah

Seme n	Berat Isi Kering Maksimum	Kadar Air Optimum
(%)	γ_d (kg/cm ³)	(%)
0	1.21	41.6
5	1.28	39
10	1.34	34
15	1.37	32
20	1.38	30.4



Grafik 1. Hubungan Antara Variasi Campuran Semen Terhadap Berat Isi Kering Maksimum Tanah



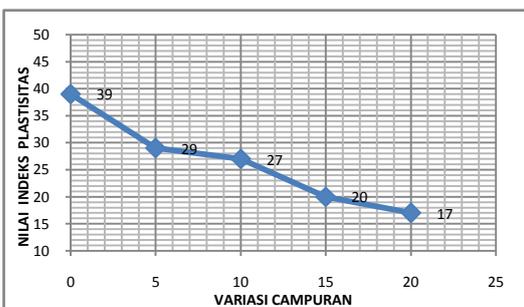
Grafik 2. Hubungan Antara Variasi Campuran Semen Terhadap Kadar Air Optimum

Dari grafik 1 dan grafik 2 dapat dilihat bahwa pengaruh pencampuran semen pada perilaku kepadatan tanah adalah: semakin besar prosentase semen, berat isi kering maksimum tanah semakin bertambah dan kadar air optimum tanah semakin berkurang.

Hubungan Antara Variasi Campuran Semen Dan Nilai Indeks Plastisitas

Tabel 3 Nilai Indeks Plastisitas pada Berbagai Variasi Campuran Semen

Semen (%)	Nilai Indeks Plastisitas			IP
	Sample A	Sample B	Rata-Rata	
0	39.17	38.35	38.76	39
5	28.98	29.98	29.48	29
10	26.51	27	26.755	27
15	20.55	19.83	20.19	20
20	16.93	16.85	16.89	17



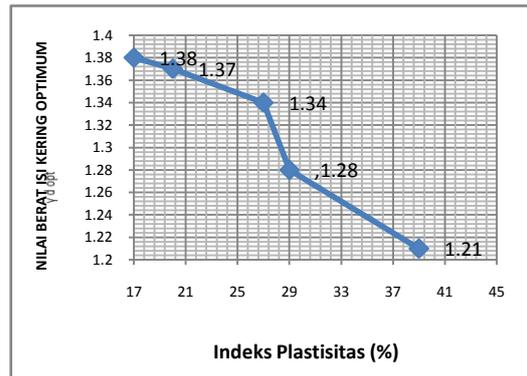
Grafik 3. Hubungan Antara Variasi Campuran Semen Dan Swelling (Berdasarkan Nilai Indeks Plastisitas)

Dari grafik 3 dapat dilihat bahwa pengaruh pencampuran semen terhadap *swelling* lempung ekspansif berdasarkan nilai indeks plastisitas adalah: semakin besar prosentase semen, nilai indeks plastisitas tanah semakin menurun dan dengan demikian *swelling* lempung ekspansif semakin berkurang.

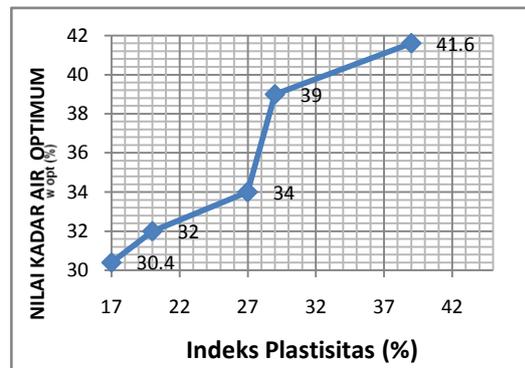
Hubungan Nilai Indeks Plastisitas dengan Nilai Berat Isi Kering Maksimum dan Kadar Air Optimum

Tabel 4. Nilai IP, Kadar Air Optimum, dan Berat Isi Kering Maksimum pada Masing-Masing Variasi Campuran

Kadar semen	IP	γ_d max	w opt
0	39	1.21	41.6
5	29	1.28	39
10	27	1.34	34
15	20	1.37	32
20	17	1.38	30.4



Grafik 4. Hubungan Nilai Indeks Plastisitas dan Nilai Berat Isi Kering Maksimum



Grafik 5. Hubungan Nilai Indeks Plastisitas dan Nilai Kadar Air Optimum

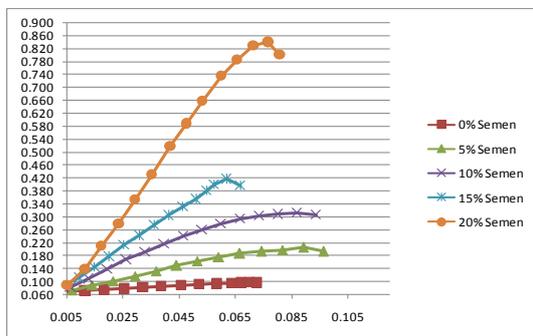
Dari grafik 4 dan grafik 5 dapat dilihat bahwa dengan meningkatnya indeks plastisitas, nilai berat isi kering maksimum

tanah semakin berkurang dan kadar air optimum tanah semakin bertambah.

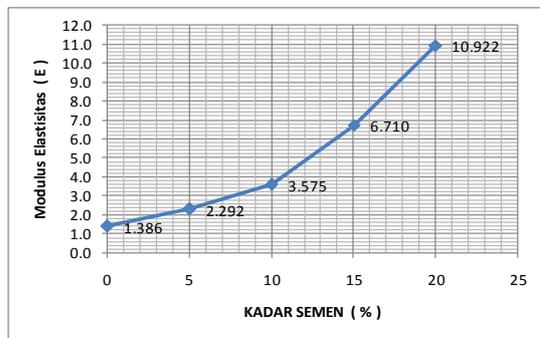
Tegangan , Regangan (ϵ) Dan Modulus Elastisitas (E)

Tabel 5. Nilai q_u , dan E Pada Berbagai Variasi Campuran Semen

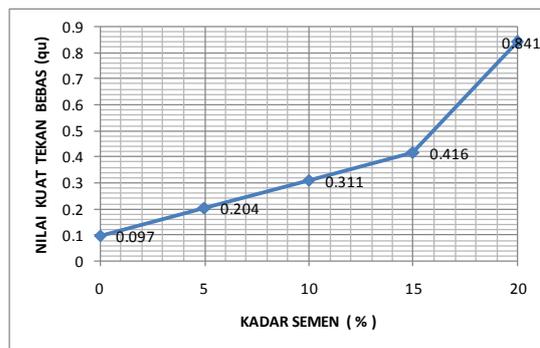
Kadar Semen (%)	Tekanan q_u (kg/cm ²)	Regangan ϵ	Modulus Elastisitas E (kg/cm ²)
0	0.097	0.070	1.386
5	0.204	0.089	2.292
10	0.311	0.087	3.575
15	0.416	0.062	6.709
20	0.841	0.077	10.922



Grafik 6. Hubungan Tegangan-Regangan Pada Berbagai Variasi Campuran Semen



Grafik 7. Hubungan Antara Variasi Campuran Semen dan Modulus Elastisitas



Grafik 8. Hubungan Antara Variasi Campuran Semen dan Nilai Kuat Tekan Bebas (q_u)

Dari grafik 7 dan grafik 8 dapat dilihat bahwa dengan bertambahnya kadar semen, nilai modulus elastisitas dan nilai kuat tekan bebas semakin meningkat.

PENUTUP

Kesimpulan

Hasil penelitian tanah lempung ekspansif yang distabilisasi dengan semen, dapat disimpulkan :

1. Lempung ekspansif yang distabilisasi dengan semen (0%, 5%, 10%,15%, dan 20%) menunjukkan adanya penurunan nilai indeks plastisitas yang cukup signifikan untuk setiap penambahan kadar semen. Pada campuran semen sebesar 20% terjadi penurunan nilai indeks plastisitas yang cukup tinggi yakni 56.4 % dari nilai indeks plastisitas tanah asli.
2. Lempung ekspansif yang distabilisasi dengan semen (0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%) menunjukkan adanya peningkatan nilai daya dukung tanah yang cukup signifikan untuk setiap penambahan kadar semen. Pada campuran semen sebesar 20% terjadi peningkatan nilai daya dukung sebesar 767.01 % dari daya dukung pada tanah asli.
3. Dengan bertambahnya kadar semen, nilai berat isi tanah kering maksimum semakin bertambah, sebaliknya dengan bertambahnya kadar semen, nilai kadar air otimum tanah semakin berkurang.

Saran

1. Penggunaan semen dapat dipertimbangkan sebagai bahan stabilisasi terutama pada tanah jenis lempung yang memiliki indeks plastisitas tinggi karena semen dapat menurunkan nilai indeks plastisitas dan dapat meningkatkan daya dukung tanah.
2. Perlu adanya penelitian lebih lanjut dengan variasi campuran semen yang lebih tinggi untuk mengetahui nilai puncak dari daya dukung.
3. Dapat dilakukan pengujian triaksial dengan variasi campuran semen yang sama sehingga mendapatkan parameter geser lainnya (c dan ϕ) untuk mendapatkan nilai daya dukung tanah.

4. Perlu adanya pengujian lebih lanjut dengan cara langsung antara lain Uji CBR dan menggunakan *Oedometer Terzaghi* untuk mengetahui besarnya pengembangan, sehingga hasilnya dapat dibandingkan dengan cara tidak langsung yaitu pengujian batas-batas atterberg.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J. E., Johan K. Hainim. 1989. Sifat-sifat Fisis Dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah, edisi kedua). Erlangga. Jakarta.
- Das, Braja M. 1941. Principles of Geotechnical Engineering, Fourth Edition. Sacramento, California.
- Das, Braja M. Mekanika Tanah Jilid 1. Erlangga. Jakarta
- Das, Braja M. Mekanika Tanah Jilid 2. Erlangga. Jakarta
- Hatmoko Jhon, dan Lulie Yohanes. 2007. UCS Tanah Lempung Ekspansif Yang Distabilisasi Dengan Abu Ampas Tebu dan Kapur. Jurnal Teknik Sipil Universitas Atma Jaya. Yogyakarta.
- Hardiyatmo Christady. 2002. Mekanika Tanah I. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Sudjianto, Agus. 2007. Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif dengan Garam Dapur (NaCl). Jurnal Teknik Sipil Universitas Widyagama Malang.
- Terzaghi Karl and Ralph B Peck, Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa Jilid I.
- Young, R. N., Warkentin, B.P. Soil Properties and Behaviors.