

Pengaruh Penambahan *Clean Set Cement* terhadap *Potential Swelling* pada Tanah Lempung Kembang – Susut

Suryawan

Mahasiswa S1 Pendidikan Teknik Bangunan (suryadesauza@yahoo.co.id)

Dra. Nur Andajani, MT

Dosen Pembimbing Mahasiswa

Abstrak

Tanah ekspansif atau tanah kembang susut adalah tanah yang mempunyai potensi *swelling* yang tinggi, sehingga sering menimbulkan masalah pada struktur bangunan di atasnya. Hasil tes awal pada tanah lempung yang diambil dari Citra Land Surabaya didapatkan nilai *Index Plasticity* (IP) kategori *potential swelling* yang sangat tinggi. Cara yang dipakai untuk proses stabilisasi tanah tersebut dengan stabilisasi kimia menggunakan *clean set cement*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan *clean set cement* terhadap nilai *potential swelling* pada tanah lempung ekspansif di daerah Citra Land Surabaya. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen yang dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah UNESA dengan cara membuat campuran tanah lempung dan *clean set cement* dengan variasi campuran 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% dari berat tanah. Tes tanah dalam penelitian ini meliputi *atterberg limit test* (untuk mencari parameter IP), *standart proctor test* (untuk mencari parameter $\gamma_{d \max}$ dan $W_{c,opt}$) dan *swelling test*. Benda uji yang digunakan untuk *swelling test* dalam kondisi kepadatan tanah maksimum ($\gamma_{d \max}$) dan kadar air optimum ($W_{c,opt}$) adalah tanah dari hasil *standart proctor test*. Jumlah benda uji untuk *swelling test* ada 5 buah dari masing-masing variasi campuran *clean set cement*. Hasil penelitian *Potential Swelling* pada tanah lempung dengan campuran 0%, 5%, 10%, dan 15% *clean set cement* masing-masing sebesar 19.56%, 16.31%, 9.35% dan 5.00% termasuk tanah dengan *potential swelling* tinggi, sedangkan untuk campuran 20% *clean set cement* mendapat nilai 3.25% termasuk tanah dengan *potential swelling* kategori sedang. Peneliti menyarankan untuk pekerjaan pemadatan tanah atau stabilisasi tanah menggunakan *clean set cement* agar menggunakan variasi campuran 20%, karena dengan komposisi campuran tersebut tanah lempung kembang-susut Citra Land sudah stabil dan dalam kategori *swelling* sedang.

Kata Kunci : Tanah Ekspansif, *Potential Swelling*, *Clean Set Cement*, Stabilisasi, Tanah, *Index Plasticity*

Abstract

Expansive soil or expanded-shrinkage soil is the soil that has a high swelling potential, as consequence, it causes problem inside the structure of the building that existing on it. The result of preliminary tests on clay taken from Citra Land Surabaya has shown the *Index Plasticity* (IP) value determining the category of potential swelling that is very high. The way that is used for the process of soil stabilization above by chemical stabilization is clean set cement. This research was aimed to determine the effect of the addition of clean set cement to the value of potential swelling in expansive clays in the area of Citra Land Surabaya. This research is categorized as the experiment research that is carried out in Soil Mechanics Laboratory of State University of Surabaya by creating a mixture of clay and clean set cement with the mixed variation of 0%, 5%, 10%, 15%, and 20% of the weight of the soil. The test of soil in this study covered Atterberg limits tests (finding the IP parameter), standard proctor test (to find parameters of ($\gamma_{d \max}$) and ($W_{c,opt}$) and swelling test. The specimens for swelling test used in the conditions of maximum density of the soil ($\gamma_{d \max}$) and optimum water rate ($W_{c,opt}$) is the soil from the result of the standard proctor test. The number of specimens for swelling test is 5 pieces of each mixture variation of clean set cement. The result of the research dealing with Potential Swelling of clay with 0%, 5%, 10%, and 15% of mixed clean set cement each of 19.56%, 16.31%, 9.35% and 5.00% included the soil with high potential swelling, meanwhile for mixture 20% of clean set cement getting point on 3.25% included soil with potential swelling that is defined as medium categorized. Researcher suggests in term of soil compaction project or soil stabilization using clean set cement recommended to employ mixture variation 20%, since by using those mixed composition, the expanded-shrunked clay in Citra Land has been stable and categorized into medium swelling.

Keywords: *Expansive Soil, Swelling Potential, Clean Set Cement, Stabilization Soil, Index Plasticity*

PENDAHULUAN

Tanah merupakan bagian penting dalam sebuah konstruksi, baik itu jalan ataupun bangunan. Semua konstruksi bertumpu pada tanah, tetapi tidak semua jenis tanah mempunyai sifat yang baik. Tes tanah sangatlah penting untuk mengetahui perubahan yang terjadi pada batas-batas toleransi keamanan yang diijinkan akibat beban di atasnya dan juga seberapa besar tanah tersebut dapat menahan beban yang bekerja di atasnya, karena terdapat sebuah korelasi antara beban yang bekerja dengan sifat tanah yang terkandung di dalamnya.

Tanah kembang susut merupakan salah satu jenis tanah yang sangat merugikan pada konstruksi bangunan. Tanah tersebut mudah untuk mengalami perubahan volume. Pada musim hujan tanah mengalami pengembangan (*swelling*) dan sebaliknya pada musim kemarau tanah mengalami penyusutan (*shrinking*). Adapun yang dimaksud dengan *potensial swelling* adalah besarnya pengembangan tanah sebagai akibat dari peningkatan kadar air dalam tanah yang biasanya terjadi pada musim hujan, terutama pada jenis tanah yang banyak mengandung mineral lempung montmorillonite.

Menurut Chen (1975) dalam Agus Tugas (2007: 53-63) mineral lempung terdiri dari tiga komponen penting yaitu *montmorillonite*, *illite* dan *kaolinite*. Mineral *montmorillonite* mempunyai luas permukaan lebih besar dan sangat mudah menyerap air dalam jumlah banyak bila dibandingkan dengan mineral lempung lainnya. Sehingga tanah yang mempunyai kepekaan terhadap pengaruh air ini sangat mudah mengembang. Selanjutnya Hardiyatmo (2002) dalam Agus Tugas (2007: 53-63) menyebutkan sifat-sifat lempung *montmorillonite* sangat sering menimbulkan masalah pada bangunan.

Salah satu upaya untuk mengatasi problema tanah ekspansif kembang-susut yaitu dengan metode stabilisasi tanah. Metode stabilisasi tanah dapat dibagi menjadi 2 klasifikasi utama yaitu berdasarkan sifat teknisnya dan berdasarkan pada tujuannya, dimana beberapa variasi dapat digunakan. Dari sifat teknisnya, stabilisasi dapat dibagi menjadi 3 jenis yaitu :stabilisasi mekanis, stabilisasi fisik, dan stabilisasi kimiawi (Ingles dan Metcalf, 1972). Stabilitas 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 (Ingles dan Metcalf, 1972). Dalam penelitian ini dicoba menggunakan metode stabilisasi kimia, yaitu dengan mencampurkan *clean set cement* pada tanah lempung ekspansif

dengan komposisi tertentu yang bertujuan untuk menetralkan sifat *swelling* tanah dan mengurangi Indeks Plastisitas (IP) yang tinggi pada tanah kembang-susut.

KAJIAN PUSTAKA

A. Pengertian Tentang Lempung

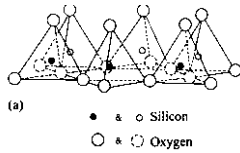
Tanah lempung (*clay*) sebagian besar terdiri dari partikel mikroskopis dan submikroskopis yang berbentuk lempengan-lempengan pipih dan merupakan partikel-partikel dari mika, mineral-mineral lempung (*clay minerals*) dan mineral-mineral yang sangat halus lain. Tanah lempung didefinisikan sebagai golongan partikel yang ukuran butirannya kurang dari 0,002 mm (2μ), namun demikian dibebberapa kasus partikel yang berukuran antara 0,002 mm sampai 0,005 mm masih digolongkan sebagai partikel lempung, dalam hal ini tanah diklasifikasikan sebagai lempung (hanya berdasarkan pada ukurannya saja), (Braja M Das, 1985).

Tanah dengan ukuran partikel lempung lebih kecil dari dua micron ($= 2\mu$), atau <5 mikron, belum tentu mengandung mineral-mineral lempung (*clay minerals*). Untuk itu akan lebih tepat disebut saja sebagai partikel berukuran lempung dari pada disebut sebagai lempung saja. Dari segi mineral (bukan ukurannya), yang disebut tanah lempung (dan mineral lempung) ialah yang mempunyai partikel-partikel mineral tertentu yang menghasilkan sifat-sifat plastis pada tanah bila dicampur dengan air. Jadi dari segi mineral tanah dapat juga disebut sebagai tanah bukan lempung meskipun terdiri dari partikel-partikel yang sangat kecil. Partikel-partikel dari mineral lempung umumnya berukuran koloid ($<1\mu$) dan ukuran 2μ merupakan batas atas (paling besar) dari ukuran partikel mineral lempung (Braja M Das, 1985).

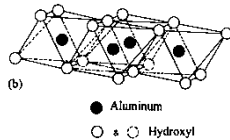
B. Mineral Lempung (*clay mineral*)

Mineral lempung merupakan senyawa aluminium silikat kompleks yang terdiri dari satu atau dua unit dasar, yaitu *silica tetrahedra* dan *aluminium octahedral*. Setiap unit tetrahedra terdiri dari empat atom oksigen mengelilingi satu atom silikon. Kombinasi dari unit-unit silika tetrahedra membentuk lembaran silika. Tiga atom oksigen pada dasar setiap tetrahedra tersebut dipakai bersama oleh tetrahedra- tetrahedra yang bersebelahan. Unit-unit oktahedra terdiri dari enam gugus ion hidroksil yang mengelilingi sebuah atom aluminium, dan kombinasi dari unit-unit hidroksi aluminium berbentuk oktahedra itu membentuk lembaran oktahedra (lembaran *gibbsite*). Kadang atom magnesium menggantikan kedudukan atom aluminium pada unit-unit oktahedra, jika demikian

lembaran oktahedra tersebut disebut lembaran *brucite* (Braja M Das, 1985).



Gambar 1: Rangkaian Dasar Oktahedral (Braja M. Das, 2008)



Gambar 2: Rangkaian Dasar Tetrahedral (Braja M. Das, 2008)

C. Tanah Lempung Kembang-Susut

Tanah lempung kembang susut sering mengalami perubahan volume tanah karena akibat perubahan kadar air pada tanah yang mengandung mineral lempung tertentu. Tanah lempung kembang susut juga disebut dengan istilah *swelling soil*, yaitu fenomena *shrink-swell* yang hebat karena akibat adanya perubahan kadar air di dalam tanah lempung tersebut. *Shrink* adalah suatu keadaan dimana berkurangnya kadar air pada pori-pori tanah yang mengakibatkan volume tanah menjadi berkurang, kemudian *swell* adalah fenomena dimana volume tanah bertambah dan nilai kohesi menurun karena air berpenetrasi masuk ke dalam ruang pori antar partikel sehingga volume tanah meningkat, terutama pada lempung *montmorillonite*. Berbeda dengan lempung *kaolinite* yang *non expansive* karena air tidak dapat berpenetrasi masuk ke dalam ruang pori *inter layer*, dari hal ini sudah dapat dilihat perbedaan antara tanah ekspansif dan tanah non ekspansif.

Klasifikasi tanah yang didasarkan pada parameter *indeks plastisitas* seperti kandungan lempung dan plastisitas merupakan hal umum yang sering diterapkan dalam praktek untuk mengidentifikasi tanah lempung ekspansif. Indeks Plastisitas (IP) dijadikan parameter karena karakteristik plastisitas dan sifat perubahan volume tanah berkaitan erat dan dipengaruhi juga oleh jumlah partikel berukuran koloid dalam bidang rekayasa. Koloid adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan butiran yang perilakunya ditentukan oleh gaya-gaya permukaan (gaya elektrostatik) bukan oleh gaya gravitasi. Koloid mempunyai bentuk tidak beraturan dan mempunyai luas permukaan yang besar serta berukuran < 0.001 mm. Menurut Skempton (1953) mendefinisikan sebuah parameter yang disebut aktifitas (A), dengan menggunakan hubungan antara *Atterberg Limit* (IP) dengan kandungan butiran lempung.

$$A = \frac{PI}{(\% \text{ lebih halus dari } 2\mu)} \quad (\text{Skempton, 1953})$$

Skempton menggunakan tiga kategori aktifitas yaitu:

- $A \leq 0.75$ Tidak Aktif
- $0.75 < A \leq 1.25$ Normal
- $A > 1.25$ Aktif

Dalam penelitian After Holtz and Gibbs (1956), menjelaskan tentang beberapa parameter yang terkait dalam karakteristik fisis dan mekanis *swelling soil*. Parameter-parameter tersebut antara lain: *free swelling* atau *swelling potential* (S, %), *plasticity index* (PI, %), *shrinkage limit* (SL, %), dan *colloid content*. Korelasi antar parameter tersebut dikaitkan dengan klasifikasi *swelling* tanah ekspansif seperti yang terlihat pada tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Karakteristik fisis dan mekanis *swelling soil*

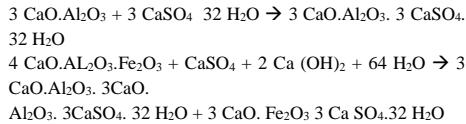
Degree of expansion	Swelling Potential (%)	Plasticity Index (%)	Shrinkage Limit (%)	Colloid content (%)
Very High	> 25	> 41	>30	> 31
High	5 - 25	28 - 41	20 - 30	23 - 31
Medium	1.5 - 5	18 - 28	10 - 20	15 - 23
Low	0 - 1.5	< 18	< 10	< 15

(Sumber: After Holtz and Gibbs, 1956.)

D. Stabilisasi Tanah dengan *Clean Set Cement*

Stabilisasi tanah menggunakan *Clean Set Cement* merupakan stabilisasi tanah secara kimia, stabilisasi kimia (*Chemical Stabilization*) adalah stabilisasi yang menggabungkan dua unsur antara benda satu dengan benda lainnya yang bertujuan untuk mendapatkan unsur baru.

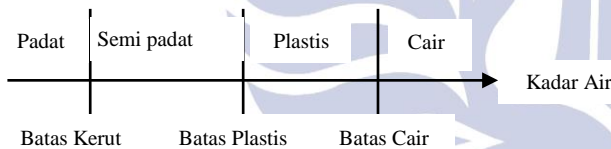
Clean Set Cement sebagai bahan stabilisasi dapat digunakan hampir pada semua jenis tanah (tanah laterit, tanah liat, lempung ekspansif, tanah kelanauan, tanah kepasiran, tanah alluvial, maupun tanah gambut) dengan prinsip pengikatan air (*hidrasi*) dan reaksi kimia khusus. Bila *Clean Set Cement* dicampur dengan tanah maka akan terbentuk dengan segera kristal khusus yang dinamakan *ettringite* akibat proses *hidrasi*. Reaksi *ettringite* ini sangat efektif untuk stabilisasi tanah. Sebagai hasil dari reaksi *ettringite* dapat mengurangi kadar air tanah. Secara teoritis, banyaknya air yang diserap dari tanah oleh *Clean Set Cement* sebagai reaksi awal *ettringite* adalah 40% dari berat *Clean Set Cement*. *Ettringite* merupakan hasil reaksi kimia berbentuk tiang-tiang atau jarum kristal, yang merupakan anyaman yang berada antara butiran-butiran tanah, sehingga berfungsi meningkatkan atau menambah daya dukung tanah sehingga lebih stabil. Reaksi pembentukan *ettringite* sebagai berikut :



Hasil akhir reaksi kimia inilah yang disebut *Ettringite* (sumber: <http://digilib.petra.ac.id>)

E. Test Konsistensi Tanah

Konsistensi tanah menurut (Braja M. Das terjemahan Indrasurya B. Mochtar) adalah kadar air dimana keadaan tanah melewati keadaan lainnya. Apabila tanah lempung kering ditambahkan air sedikit demi sedikit maka tanah tersebut akan berubah sifatnya, yaitu dari keadaan padat menjadi agak padat, plastis dan akhirnya menjadi *liquid* (cair). Apabila campuran tanah lempung + air sudah berupa menjadi *liquid* (cair) tersebut kemudian dipanaskan secara perlahan-lahan, campuran tersebut akan berubah dari keadaan *liquid* (cair) menjadi keadaan plastis, kalau pemanasan diteruskan keadaan plastis tersebut akan berubah menjadi semi *solid* (agak padat) dan kemudian berubah menjadi *solid* (padat). Urutan dari keadaan ini digambarkan dengan diagram seperti pada gambar 3. Batas-batas konsistensi tanah ini disebut juga dengan *Atterberg Limit*.



Gambar 3: Test *Atterberg Limit* (Braja M. Das, 1985)

Batas-batas tersebut dinyatakan sebagai berikut:

1. Batas cair (*liquid limit*): Kadar air dimana tanah berubah dari keadaan cair menjadi keadaan plastis.
2. Batas plastis (*plastic limit*): Kadar air dimana tanah berubah dari keadaan plastis menjadi keadaan semi *solid*.
3. Batas kerut (*shrinkage limit*): Kadar air dimana tanah berubah dari keadaan semi *solid* menjadi *solid*.

F. Test Kepadatan Tanah

Pemadatan tanah menurut “(Braja M. Das, 1998)” bertujuan untuk meningkatkan kekuatan tanah, sehingga dengan demikian dapat meningkatkan daya dukung tanah tersebut. Pemadatan juga dapat mengurangi besarnya penurunan tanah yang tidak diinginkan dan memampatkan kemiringan lereng timbunan. Pemadatan tanah berat dapat memperkecil volume

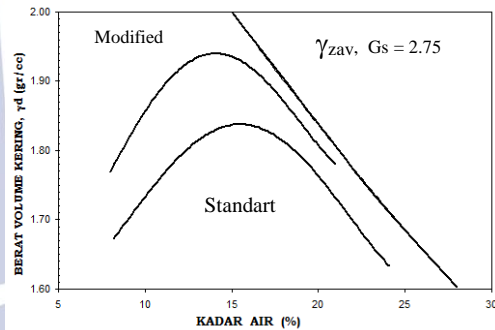
pori dari suatu tanah atau memperbesar berat volume tanah. Tingkat kepadatan tanah yang dipadatkan dapat dilihat dari harga volume kering (γ_d) dari tanah yang dipadatkan, semakin besar harga γ_d maka semakin padat tanah tersebut.

Test pemadatan standart (*Standart Proctor Test*) merupakan test yang akan digunakan dalam penelitian ini, karena dapat menghemat waktu dan peralatan yang digunakan tidak terlalu rumit. *Standart Proctor Test* merupakan test yang digunakan untuk mencari harga kepadatan maksimum ($\gamma_{d \text{ maks}}$) dan kadar air optimum (W_{opt}). Kadar air optimum adalah kadar air dimana harga berat volume kering maksimum telah dicapai. Pada setiap percobaan, kadar air dapat ditentukan di laboratorium. Bila kadar air sudah diketahui, berat volume kering dapat dihitung sebagai berikut :

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1+W/100}$$

dimana:

- γ = berat volume tanah
- W = kadar air (%)



Grafik 1: Grafik hasil test pemadatan dengan cara Standart Proctor Test Dan Modified Proctor Test

G. Test Pengembangan Tanah (Swelling)

Test pengembangan tanah dilakukan dengan menggunakan alat konsolidasi (*Oedometer*) pada tiap-tiap benda uji. Fungsi dari test pengembangan ini yaitu untuk mengetahui besarnya volume pengembangan pada tanah dalam waktu tertentu. Benda uji test pengembangan ini didapatkan dari hasil proctor test yang dipotong sesuai dengan ukuran cincin dari alat konsolidasi, yaitu dengan tinggi 1,6 cm dan diameter 5.2 cm. Uji ini hanya untuk satu arah (pengembangan ke arah samping ditahan oleh ring), tanah dibiarkan mengembang sambil menyerap air dengan beban kecil tertentu yaitu (1 Psi ~ 6,9 Kpa atau menggunakan 0,1 kg/cm² ~ 10 Kpa). Uji ini selesai bila tanah berhenti mengembang.

Waktu yang dibutuhkan untuk pengamatan jarum potensi pengembangan tanah adalah 8 jam, 16 jam, 24 jam, 48 jam, 72 jam, 96 jam, 120 jam, 144 jam, 168 jam, dan 192 jam dan

bila dalam 192 jam tanah masih mengembang, maka pengamatan jarum potensi pengembangan tanah diteruskan/ditambah sampai pengembangan tanah berhenti atau sudah tidak berarti lagi. Besarnya *swelling* (*potensial swelling*) pada percobaan ini adalah perbandingan antara selisih perubahan tinggi setelah perendaman terhadap tinggi semula yang didapatkan dalam prosen.

$$\text{Potential Swelling} = \frac{\text{Pertambahan Tinggi}}{\text{Tinggi Semula}} \times 100 \%$$

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen yang dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah Universitas Negeri Surabaya dengan cara membuat campuran tanah lempung dan *clean set cement* dengan variasi campuran *clean set cement* yaitu: 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% dari berat tanah kering.

Terdapat tiga variabel dalam penelitian ini, variabel terikat, bebas, dan kontrol. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah penambahan *clean set cement*, kemudian variabel terikat dalam penelitian ini adalah *potential swelling*, sedangkan variabel kontrol dalam penelitian ini tanah lempung ekspansif, *clean set cement*, dan kepadatan proctor standart.

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah: ayakan lolos 40, satu set alat uji konsistensi tanah, satu set alat uji *Specific Gravity*, satu set alat pemadatan tanah, satu set alat uji pengembangan tanah dan alat-alat bantu yang terdiri dari *oven*, timbangan digital dengan ketelitian 0.1, timbangan manual (*neraca ohouse*) gelas ukur 100 ml, pipet, dan cawan.

Langkah-langkah penelitian ini diawali dengan pengambilan, pengeringan, penumbukan, dan pengayakan tanah yang lolos ayakan 40.. Selanjutnya dilakukan pencampuran tanah lempung dengan *clean set cement* dengan prosentase 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% dari berat tanah asli. Kemudian dilakukan uji fisik dari tanah, yang meliputi test konsistensi tanah, kemudian test proctor standart dengan penambahan air tertentu untuk mengetahui kepadatan maksimum ($\gamma_d \text{ maks}$) dan kadar air optimum ($W_c \text{ opt}$), dilanjutkan pembuatan benda uji untuk test pengembangan tanah yang berpedoman dari hasil kepadatan maksimum ($\gamma_d \text{ maks}$) dan kadar air optimum ($W_c \text{ opt}$) dari *standart proctor test*. Setelah itu dilakukan test *potential swelling* terhadap benda uji. Hasil dari test tersebut dianalisa untuk ditarik kesimpulan.

HASIL DAN ANALISIS

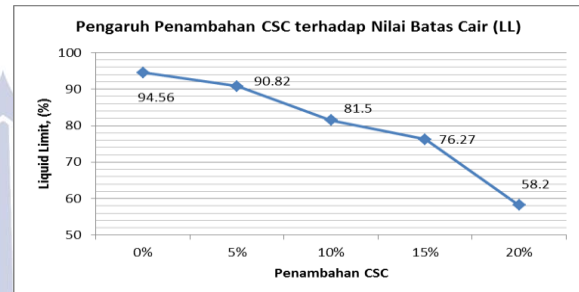
Hasil dan analisis test tanah dapat dilihat pada tabel dan grafik berikut:

A. Test Konsistensi Tanah

Tabel 2. Hasil Test Batas Cair / *Liquid Limit* (LL)

Benda Uji	Presentase Penambahan <i>Clean Set Cement</i> (%)	LL (%)
1	0	94.56
2	5	90.82
3	10	81.5
4	15	76.72
5	20	58.2

Sumber: Data Primer (Data Laboratorium)



Grafik 2. Pengaruh Penambahan *Clean Set Cement* terhadap Nilai Batas Cair (LL).

Hasil uji batas cair di laboratorium dari masing-masing benda uji dapat dilihat pada tabel 2 dan grafik 2. Harga LL pada benda uji tanah lempung asli (0% *clean set cement*) sebesar 94.56%, pada penambahan 5% *clean set cement* mengalami penurunan menjadi 90.82%, penambahan 10% *clean set cement* turun menjadi 81.5%, penambahan 15% *clean set cement* turun menjadi 76.27%, dan penambahan 20% *clean set cement* turun menjadi 58.2%.

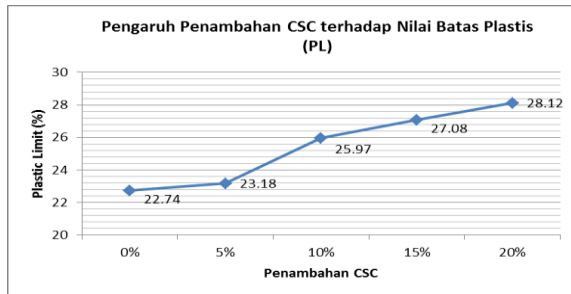
Dari uraian di atas terdapat pengaruh penambahan *clean set cement* pada lempung terhadap nilai batas cair. Akibat penambahan *clean set cement* tersebut lempung tidak hanya mengikat air, tetapi juga mengikat *clean set cement*. Hal ini menyebabkan kadar air menjadi berkurang dan nilai LL menjadi turun karena lempung mengikat *clean set cement*. Jadi semakin banyak penambahan *clean set cement* maka nilai batas cair akan semakin turun.

Penambahan *clean set cement* yang efektif pada penelitian ini 20% yaitu sebesar **58.2%**, jika dilakukan penambahan *clean set cement* lagi kemungkinan harga LL (*Liquid Limit*) akan turun lagi, tetapi dalam penelitian ini dipakai penambahan *clean set cement* maksimum 20% saja.

Tabel 3. Hasil Tes Batas Plastis / *Plastic Limit (PL)*

Benda Uji	Presentase Penambahan <i>Clean Set Cement</i> (%)	PL (%)
1	0	22.74
2	5	23.18
3	10	25.97
4	15	27.08
5	20	28.12

Sumber: Data Primer (Data Laboratorium)



Grafik 3. Pengaruh Penambahan *Clean Set Cement* terhadap Nilai Batas Plastis (PL).

Hasil uji batas plastis di laboratorium dari masing-masing benda uji dapat dilihat pada tabel 3 dan grafik 3. Harga PL pada benda uji tanah lempung asli (0% *clean set cement*) sebesar 22.74%, pada penambahan 5% *clean set cement* mengalami penurunan menjadi 23.18%, penambahan 10% *clean set cement* turun menjadi 25.97%, penambahan 15% *clean set cement* turun menjadi 27.08%, dan penambahan 20% *clean set cement* turun menjadi 28.12%.

Dari uraian di atas terdapat pengaruh penambahan *clean set cement* pada lempung terhadap nilai batas plastis. Lempung dengan campuran *clean set cement* bila ditambahkan air dengan tingkat kebasahan yang sama, sebelum 3 mm sudah retak ketika digulung menggunakan jari. Semakin banyak penambahan *clean set cement* maka dibutuhkan lebih banyak lagi air agar lempung bisa retak, sebaliknya pada tanah lempung asli lebih sedikit membutuhkan air agar lempung dapat retak. Penambahan *clean set cement* ini mengakibatkan lempung tidak hanya mengikat air, tetapi juga mengikat *clean set cement*. Ketika lempung mengikat air, *clean set cement* juga mengikat air. Hal ini menyebabkan kadar air menjadi bertambah dan lempung menjadi lebih plastis. Jadi semakin banyak penambahan *clean set cement* maka nilai batas plastis akan semakin naik.

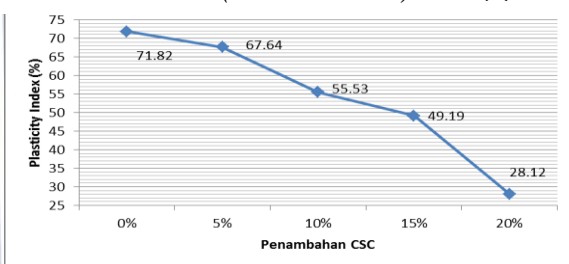
Penambahan *clean set cement* yang efektif pada penelitian ini 20%, yaitu sebesar **30.08%**, jika dilakukan penambahan *clean set cement* lagi kemungkinan harga PL (*Plastic Limit*) akan semakin naik, tetapi dalam penelitian ini dipakai

penambahan *clean set cement* maksimum 20% saja.

Tabel 4. Hasil Tes Index Plastis / *Plasticity Index (IP)*

Benda Uji	Presentase Penambahan <i>Clean Set Cement</i> (%)	IP (%)	Klasifikasi <i>Swelling</i>
1	0	71.82	Sangat tinggi
2	5	67.64	Sangat tinggi
3	10	55.53	Sangat tinggi
4	15	49.19	Sangat tinggi
5	20	28.12	Tinggi

Sumber: Data Primer (Data Laboratorium)



Grafik 4. Pengaruh Penambahan *Clean Set Cement* terhadap Index Plastis (IP).

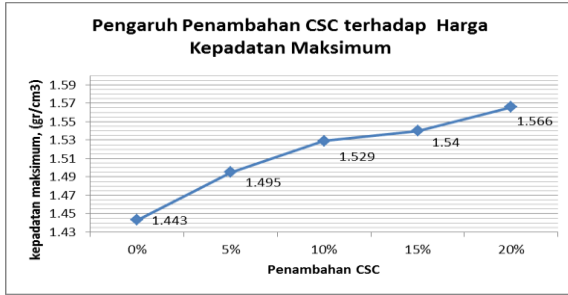
Harga *Index Plasticity (IP)* dari uji laboratorium di atas didapat dari harga batas cair (LL) dikurangi dengan harga batas plastis (PL), (LL - PL = IP). Harga IP pada benda uji 1 termasuk tanah ekspansif sangat tinggi karena berada di rentang > 41% yaitu 71,82%, pada benda uji 2 termasuk tanah ekspansif sangat tinggi karena berada di rentang > 41% yaitu 67.64%, pada benda uji 3 termasuk tanah ekspansif sangat tinggi karena berada di rentang > 41% yaitu 55.53 %, pada benda uji 4 juga masih kategori tanah ekspansif sangat tinggi, karena berada di rentang > 41% yaitu 49.19%, dan benda uji 5 turun menjadi tanah ekspansif tinggi, karena berada pada rentang 28% - 41% yaitu 28.12%. Hasil tes di atas dapat disimpulkan bahwa semakin banyak penambahan *clean set cement* maka harga indek plastis (IP) akan semakin turun.

B. Test Pemadatan Tanah

Tabel 5. Harga Kepadatan Maksimum (γ_d Maks)

Benda Uji	Presentase Penambahan <i>Clean Set Cement</i> (%)	γ_d Maks (gr/cm ³)
1	0	1.443
2	5	1.495
3	10	1.529
4	15	1.540
5	20	1.566

Sumber: Data Primer (Data Laboratorium)



Grafik 5. Pengaruh Penambahan *clean set cement* terhadap Harga Kepadatan Maksimum

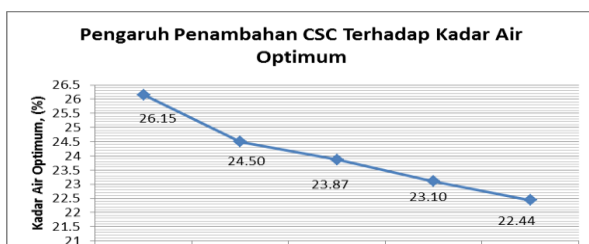
Hasil uji tes pematatan standart (harga kepadatan maksimum) di laboratorium pada benda uji 1 (tanah lempung asli) nilai kepadatan maksimum adalah 1.443 gr/cm³, pada benda uji 2 (penambahan CSC 5%) nilai kepadatan maksimum adalah 1.495 gr/cm³, pada benda uji 3 (penambahan CSC 10%) nilai kepadatan maksimum adalah 1.529 gr/cm³, pada benda uji 4 (penambahan CSC 15%) nilai kepadatan maksimum adalah 1.540 gr/cm³, dan pada benda uji 5 (penambahan CSC 20%) nilai kepadatan maksimum adalah 1.566 gr/cm³.

Akibat penambahan *clean set cement*, pada tanah yang diberi air sebagian tanah lebih mengikat *clean set cement*, dengan begitu kadar air menjadi berkurang dan menghasilkan gumpalan tanah yang lebih besar dari tanah sebelumnya. Peristiwa tersebut membuat rongga-rongga tanah mengecil, sehingga kepadatan maksimum menjadi naik. Semakin berkurangnya rongga pada tanah maka tanah tersebut semakin padat dan semakin kuat daya dukungnya. Sebaliknya tanah yang kepadatan maksimumnya semakin kecil maka tanah tersebut semakin rapuh. Jadi semakin banyak penambahan *clean set cement* maka harga kepadatan maksimum (*γ_d Maks*) akan semakin naik.

Tabel 6. Harga Kadar Air Optimum (*W_c Opt*)

Benda Uji	Presentase Penambahan <i>Clean Set Cement</i> (%)	(<i>W_c Opt</i>) (%)
1	0	26.15
2	5	24.50
3	10	23.87
4	15	23.10
5	20	22.44

Sumber: Data Primer (Data Laboratorium)



Grafik 6. Pengaruh Penambahan *clean set cement* terhadap HargKadar Air Optimum (*W_c Opt*).

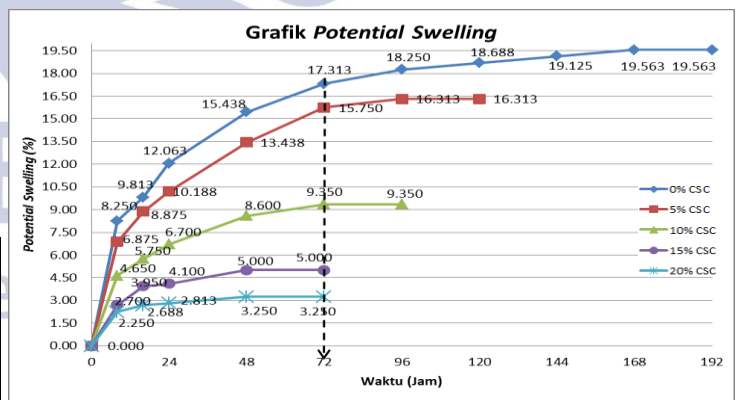
Harga kadar air optimum (*W_c opt*) yang didapat dari tes kepadatan maksimum pada benda uji 1 (tanah lempung asli) sebesar 26.15%, pada benda uji 2 (penambahan CSC 5%) mengalami penurunan menjadi 24.50%, pada benda uji 3 (penambahan CSC 10%) mengalami penurunan menjadi 23.87%, pada benda uji 4 (penambahan CSC 15%) mengalami penurunan menjadi 23.10%, dan pada benda uji 5 (penambahan CSC 20%) mengalami penurunan menjadi 22.44%.

Dari uraian di atas terdapat pengaruh penambahan *clean set cement* pada tanah terhadap harga kadar air optimum (*W_c Opt*). Saat tanah ditambahkan air, tanah tersebut akan mengikat kation yang ada pada *clean set cement* sehingga tanah tersebut lebih kecil untuk mengikat air dan kadar air menjadi turun. Jadi semakin banyak penambahan *clean set cement* pada tanah maka kadar air optimum akan semakin turun.

Tabel 7. Harga *Potential Swelling* dan Klasifikasi pada Tiap Variasi Campuran Tanah + *Clean Set Cement*

Presentase Penambahan <i>Clean Set Cement</i> (%)	SP (%)	Penurunan <i>Swelling</i> (%)	Klasifikasi <i>Swelling</i>
0	17.313	-	Tinggi
5	15.750	1.563	Tinggi
10	9.350	7.963	Tinggi
15	5.000	12.313	Tinggi
20	3.250	14.063	Sedang

Sumber: Data Primer (Data Laboratorium)



Grafik 7. Grafik Perbandingan *Potential Swelling* pada Masing-Masing Campuran Tanah Lempung + CSC.

Hasil test pengembangan (*swelling*) dari tiap-tiap variasi campuran *clean set cement* terdapat adanya penurunan nilai *swelling* yang cukup signifikan, setelah menarik garis lurus pada masing-masing campuran di jam ke-72 yaitu pada tanah lempung asli (0% *csc*), 5% *csc*, 10% *csc*, dan 15% *csc* masing-masing mempunyai nilai *potential*

swelling sebesar **17.313%**, **15.750%**, **9.350%**, dan **5.000%**, termasuk dalam kategori tanah kembang-susut tinggi, sedangkan untuk penambahan 20% *csc* mempunyai nilai *potential swelling* sebesar **3.250%** dan termasuk dalam kategori tanah kembang-susut sedang.

Penambahan *clean set cement* mengakibatkan turunnya nilai *swelling* tanah, dan waktu pengembangan semakin singkat. Ini dikarenakan pada *clean set cement* terdapat kation-kation positif yang mampu mengikat partikel tanah negatif (*anion*), kation-kation tersebut menempatkan diri di antara permukaan partikel tanah yang bermuatan negatif (*anion*) sehingga melawan kecenderungan mengembang dari tanah kembang-susut. Jadi semakin banyak penambahan *clean set cement* pada tanah maka semakin singkat pengembangan tanah dan nilai *potential swelling* akan semakin turun.

KESIMPULAN

1. Hasil tes konsistensi tanah menunjukkan bahwa semakin besar penambahan *clean set cement* maka harga *plasticity index* (*IP*) tanah lempung tersebut akan turun. Penambahan *clean set cement* yang efektif dalam penelitian ini yaitu 20% dengan diperoleh harga *IP* sebesar 28.12%, dan termasuk dalam kategori tanah lempung ekspansif tingkat tinggi karena berada pada rentang 25%-55%.
2. Hasil tes proctor standart menunjukkan bahwa semakin besar penambahan *clean set cement* maka nilai kepadatan maksimum (γ_d Maks) tanah lempung tersebut akan naik. Kepadatan maksimum yang diperoleh yaitu 1.566 gr/cm³ pada campuran *clean set cement* 20%.
3. Hasil tes pengembangan tanah menunjukkan bahwa semakin besar penambahan *clean set cement* maka harga *potential swelling* tanah lempung tersebut akan turun. Penambahan *clean set cement* yang efektif dalam penelitian ini yaitu 20% dengan diperoleh harga *potential swelling* sebesar 3.25% dalam waktu pengembangan 72 jam, dan termasuk dalam kategori *potensial swelling* tingkat sedang karena berada pada rentang 1.5% - 5%.

DAFTAR PUSTAKA

Andajani, Nur. 2005. *Petunjuk Praktikum Mekanika Tanah II*. Surabaya: Unesa University Press

Arikunto, Suharsimi. 2002. *Prosedur Penelitian*. Jakarta: Reka Cipta

Carter and Bentley, 1991 dalam "Swelling Soil Ditinjau dari Aspek Mikroskopis" oleh Dr. Ir. Herman Wahyudi Dosen FTSP – ITS

Chen, F.H., 1975. *Foundation on Expansive Soils. Developments in Geotechnical Engineering 12*, Else-Vier Scientific Publishing Company, New York.

Das, Braja. M. 2008. *Advanced Soil Mechanics (Third Edition)*. Abingdon: Taylor & Francis

Das, Braja. M. 1988. *Mekanika Tanah Jilid I (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jakarta: Erlangga

Faudin, Agus. 2007. *Pengaruh Penambahan Pasir terhadap Potensial Swelling pada Tanah Ekspansif di Daerah Citra Land Surabaya*. Skripsi tidak diterbitkan. Surabaya: JTS FT Unesa.

Hardiyatmo, H.C., 2002, *Mekanika Tanah I*, Edisi Kedua. Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.

Indo Clean Set Cement, 1998. *Pengertian Clean Set Cement* (online). (<http://digilib.petra.ac.id/viewer.php?page=1&submit.x=14&submit.y=15&submit=next&quality=high&submitval=next&fname=%2Fjiunkpe%2Fs1%2Fsp4%2F1998%2Fjiunkpens-s1-1998-21491215-16042-semen-portland-chapter2.pdf> diakses 10 Oktober 2011).

Ingles, O.G., dan Metcalf, J.B., 1972, *Soil Stabilization*, Butterworths, Sydney.

Mochtar, Indrasurya. B. 1994. *Rekayasa Penanggulangan Masalah Pembangunan pada Tanah-Tanah yang Sulit*. Surabaya: ITS University Press

Ridwan, Machfud. 2003. *Petunjuk Praktikum Mekanika Tanah I*. Surabaya: Unesa University Press

Risdianto, Adnan. 2009. *Stabilisasi Tanah Pasir Menggunakan Clean Set Cement (CS-10) Terhadap parameter Kuat Tekan Geser Tanah* (online) (<http://rac.uui.ac.id/server/document/public/20090513082840Skripsi%ADNAN%RISDIYANTO.pdf>, diakses 10 Oktober 2011).

Sudjianto, Agus Tugas. 2007. *Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif Dengan Garam Dapur (NaCl)*, Jurnal Teknik Sipil volume 8 No. 1 Oktober 2007: 53-63 (<http://puslit2.petra.ac.id/ejournal/index.php/uaj/article/viewFile/17522/17440>, diakses 7 Oktober 2011).

Tim Penyusun. 2006. *Panduan Penulisan dan Penilaian Skripsi Universitas Negeri Surabaya*. Surabaya: Unesa University Press.

Wahyudi, Anang. 2006. *Pengaruh Penambahan Portland Cement terhadap Potensial Swelling pada Tanah Kembang-Susut di Daerah Citra Land Surabaya*. Skripsi tidak diterbitkan. Surabaya: JTS FT Unesa.