

# STABILISASI TANAH LEMPUNG MENGGUNAKAN SEMEN DAN KAPUR UNTUK MENINGKATKAN DAYA DUKUNG CBR TANAH

Miswar, Syaifuddin dan Neilul Amani

Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe  
Jl. Banda Aceh-Medan Km. 280 Buketrata-Lhokseumawe  
Email: Miswar\_Batu@yahoo.com

*Abstrak — Tanah merupakan material yang sangat berpengaruh dalam pekerjaan konstruksi jalan. Tanah memiliki sifat yang bisa mengganggu konstruksi jalan seperti susut yang relatif besar dan nilai CBR yang rendah. Salah satu upaya perbaikan lahan yang diteliti adalah stabilisasi menggunakan semen dan kapur. Tujuan penelitian ini adalah untuk membandingkan nilai CBR tanah liat sebelum dan sesudah stabilisasi dengan penambahan semen dan kapur masing-masing 0%, 6%, 12% dan 18% berdasarkan berat kering tanah dengan jangka waktu 4 hari. Pengujian meliputi sifat fisik dan mekanik pematatan tanah dan Laboratorium CBR dengan mengacu pada SNI untuk setiap pengujian. Hasil pengujian CBR yang tidak dilapisi adalah 18,2% setelah 4 hari penyembuhan terjadi penambahan 184,4% pada penambahan semen 18% dan 21,0% pada penambahan kapur 18% dan pengujian CBR yang direndam adalah 6,1% setelah direndam selama 4 hari Peningkatan semen meningkat 18,87% dan peningkatan 17,3% pada penambahan kapur 18%. Semen dan kapur membentuk bahan pengikat sehingga menghasilkan nilai CBR yang meningkat. Penggunaan semen dan kapur dapat meningkatkan daya dukung tanah liat karena persentase semen dan kapur meningkat.*

*Kata kunci: tanah liat, semen dan kapur, CBR*

*Abstract — Land is a very influential material in a road construction work. Soil has properties that can interfere with a road construction such as relatively large shrinkage and low CBR values. One of the land improvement efforts under study is stabilization using cement and lime. The objectives of this study were to compare the clay CBR values before and after stabilization with the addition of cement and lime respectively 0%, 6%, 12% and 18% based on dry soil weight with a period of 4 days. Tests cover physical and mechanical properties of soil compaction and CBR Laboratory by referring to SNI for each test. The result of the unsoaked CBR testing was 18.2% after 4 days of curing there was an increase of 184.4% in 18% cement addition and 21.0% in the addition of 18% lime and the soaked CBR testing was 6.1% after being soaked for 4 days There was a 157.8% increase in cement 18% and 17.3% increase in the addition of 18% chalk. Cement and lime form a binding material resulting in an increase in the value of CBR. The use of cement and lime can increase the carrying capacity of clay soils as the percentage of cement and lime increases.*

*Keywords: clay soil, cement and lime, CBR.*

## I. 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 dan potensi kembang susut yang besar. Karena besarnya pengaruh tanah terhadap perencanaan suatu konstruksi, maka tanah menjadi hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan konstruksi. Hanya saja masalah yang sering dijumpai jika harus membangun konstruksi sipil di atas tanah lempung lembek di suatu wilayah adalah daya dukung yang rendah dan plastisitas yang tinggi serta sangat sensitif terhadap perubahan kadar

air, yang dapat menyebabkan ketidakstabilan bangunan dasar pada konstruksi. Untuk menanggulangi masalah tersebut maka perlu dilakukan perbaikan tanah dengan menstabilisasi.

Pada penelitian ini, peneliti berinisiatif mengkaji seberapa besar pengaruh penggunaan semen dan kapur untuk meningkatkan stabilitas tanah lempung.

Dalam mengkaji suatu masalah tanah dipastikan bahwa tanah di setiap tempat sangatlah berbeda karena secara ilmiah tanah merupakan material yang rumit dan sangat bervariasi, oleh karena itu peneliti melakukan pengujian dengan menambah atau mencampur

bahan aditif semen dan kapur yaitu 0%, 6%, 12%, dan 18% (berdasarkan berat tanah kering) dengan masa pemeraman 4 hari. Lalu ditambahkan percobaan CBR Soaked selama 4 hari untuk mengetahui kembang susut tanah (*swelling*).

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### Tanah Lempung

Lempung adalah tanah yang berukuran kurang dari 0,002 mm dan mempunyai partikel-partikel tertentu yang menghasilkan sifat-sifat plastis pada tanah bila dicampur dengan air (Braja M. Das, 1995). Menurut (Hary Christady Hardiyatmo, 1992) untuk tanah lempung ekspansif, kandungan mineralnya adalah montmorilonit yang mempunyai luas permukaan yang lebih besar dan sangat mudah menyerap air dalam jumlah banyak, bila dibandingkan dengan mineral lainnya, sehingga tanah mempunyai kepekaan terhadap pengaruh air dan sangat mudah mengembang. Potensi pengembangannya sangat erat hubungannya dengan indeks plastisitasnya, sehingga suatu tanah lempung dapat diklasifikasikan sebagai tanah yang mempunyai potensi mengembang tertentu didasarkan Indeks Plastisitasnya.

Untuk menentukan jenis lempung tidak cukup hanya dilihat dari ukuran butirannya saja tetapi perlu diketahui mineral yang terkandung didalamnya. ASTM memberikan batasan bahwa secara fisik ukuran lempung adalah partikel yang berukuran antara 0,002 mm sampai 0,005 mm.

Sifat-sifat yang dimiliki tanah lempung (Hardiyatmo, 1992) adalah sebagai berikut:

- (1) Ukuran butir halus, kurang dari 0,002 mm
- (2) Permeabilitas rendah
- (3) Kenaikan air kapiler tinggi
- (4) Bersifat sangat kohesif
- (5) Kadar kembang susut yang tinggi
- (6) Proses konsolidasi lambat.

### Kondisi Tanah Yang digunakan

Tanah terganggu merupakan tanah yang memiliki distribusi ukuran partikel sama dengan seperti di tempat asalnya, tetapi strukturnya telah cukup rusak atau hancur seluruhnya. Dengan pengertian lain, tanah di lokasi tempat pengambilan sebagai material untuk konstruksi sebelum dipindahkan merupakan tanah yang tidak terganggu dan mempunyai struktur yang unik dan tersendiri, serta mengandung sejumlah air di dalamnya.

Tanah terganggu, terutama digunakan untuk uji klasifikasi dan uji pemadatan, sedangkan tanah tidak terganggu biasanya digunakan untuk mengujian berat volume agar berat tanah sesuai dengan berat tanah yang ada ditempat pengambilan. Tanah terganggu dapat diperoleh dari operasi sekop dan garpu, pemotongan dengan auger, dan percobaan penetrasi. Untuk mempertahankan kadar air alamiahnya, maka contoh tanah harus diletakkan dalam kaleng kedap udara dan tidak korosif.

### Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO

Sistem *American Association of state Highway and Transportation Officials (AASHTO)* dahulu disebut *Bureau of Public Road* dipakai hampir secara eksklusif oleh beberapa departemen transportasi negara bagian di Amerika Serikat dan oleh *Federal Highway Administration* (Administrasi Jalan Raya Federal) dalam spesifikasi pekerjaan tanah untuk lintas transportasi. Sistem AASHTO diawali oleh *US Bureau of Public Roads* selama tahun 1927-1929 dan diperbaiki tahun 1945 untuk mengikutsertakan indeks kelompok dan tambahan untuk sub kelompok di dalam kelompok A-2.

Sistem AASHTO berguna untuk menentukan kualitas tanah guna perencanaan timbunan jalan, *subbase* dan *subgrade*. Karena sistem ini dimaksudkan dalam lingkup tersebut, penggunaan sistem ini harus dipertimbangkan terhadap maksud aslinya. Sistem ini membagi tanah ke dalam 8 kelompok A1 s/d A8 termasuk sub-sub kelompok tanah tiap-tiap kelompoknya dievaluasi terhadap indeks kelompoknya yang dihitung dengan rumus empiris.

Tabel 1 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem AASHTO

Klasifikasi Umum	TABEL KLASIFIKASI TANAH SISTEM AASHTO										
	Material Granuler (Lebih kecil dari 35% lolos saringan no. 200)							Tanah Lanau-Lempung (>35% lolos saringan no. 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Klasifikasi kelompok	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-4	A-5	A-6	A-7 A-7.5 A-7.6
Analisis saringan (% lolos)											
2.00 mm (no. 10)	50 maks	-	51 min	-	-	-	-	-	-	-	-
0.425 (no. 40)	30 maks	50 maks	10 maks	35 maks	35 maks	35 maks	35 maks	36 min	36 min	36 min	36 min
0.075 (no. 200)	15 maks	25 maks	10 maks	35 maks	35 maks	35 maks	35 maks	36 min	36 min	36 min	36 min
Sifat traksi lolos saringan no. 40											
Batas cair (LL)	-	-	-	40 maks	41 min	40 maks	41 min	40 maks	41 min	40 maks	41 min
Indeks plastisitas (PI)	6 maks	np	0	10 maks	10 maks	11 min	11 min	10 maks	10 maks	11 min	11 min
Indeks kelompok (GI)	0		0	0	0	4 maks	4 maks	8 maks	12 maks	16 maks	20 maks
Tipe material yang pekok pada umumnya	Pecahan batu, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil berlanau atau berlempung dan pasir				Tanah berlanau		Tanah berlempung	
Penilaian umum sebagai tanah dasar	sangat baik sampai baik							sedang sampai buruk			

**Catatan:** Kelompok A-7 dibagi atas A-7.5 dan A-7.6 bergantung pada batas plastisitasnya (PL). Untuk PL > 30, klasifikasinya A-7.5; Untuk PL < 30, klasifikasinya A-7.6; np = non plastis

dengan berat volume air pada temperatur yang sama:

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \quad (4)$$

Berat jenis dari berbagai jenis tanah berkisar antara 2.65 sampai 2.75. Nilai berat jenis sebesar 2.67 biasanya digunakan untuk tanah-tanah tak berkoheisi. Sedangkan untuk tanah kohesif tak organik berkisar diantara 2.68 sampai 2.72. Nilai berat jenis dari berbagai jenis tanah seperti pada tabel berikut:

Tabel 2 Berat jenis dari berbagai jenis tanah

No.	Tanah	Gs
1	Kerikil	2.65-2.68
2	Pasir	2.65-2.68
3	Lanau, anorganik	2.62-2.68
4	Lempung, organik	2.58-2.65
5	Lempung, anorganik	2.68-2.75

### Pengujian Sifat Fisis Tanah

#### Kadar Air

Kadar air ( $W$ ) didefinisikan sebagai rasio antara berat air ( $W_w$ ) dengan berat tanah kering oven ( $W_s$ ) dan dinyatakan dalam persentase atau sebagai pecahan.

$$W = \frac{W_w}{W_s} \times 100\% \quad (1)$$

#### Berat Volume

Berat Volume Basah ( $\gamma_d$ ), adalah perbandingan antara butiran tanah termasuk air dan udara ( $W$ ) dengan volume total tanah ( $V$ ).

$$\gamma_b = \frac{W}{V} \quad (2)$$

Berat Volume Kering ( $\gamma_b$ ) Didefinisikan sebagai rasio antara berat volume tanah kering ( $W_s$ ) dengan volume total ( $V$ )

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V} \quad (3)$$

#### Berat Jenis (*Specific Gravity*)

Bowles (1998) mengemukakan bahwa berat jenis dapat didefinisikan sebagai perbandingan dari berat isi bahan terhadap berat isi air. Das (1998:16) lebih lanjut menjelaskan, harga berat jenis dari butiran tanah (bagian padat) sering dibutuhkan dalam bermacam-macam keperluan hitungan dalam mekanika tanah.

Didefinisikan sebagai rasio antara berat volume tanah pada temperatur tertentu

#### Batas-batas Atterberg Limit

Pengujian batas-batas *atterberg* terdiri dari; pengujian batas cair (*liquid limit*) dan uji batas plastis (*plastic limit*). Uji batas cair dan batas plastis biasanya dilakukan pada tanah kohesif yang kering udara, dihancurkan dan disaring melalui ayakan No.40 (0.422 mm).

##### 1. Batas Cair (*liquid limit*)

Batas Cair (LL) didefinisikan sebagai kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis, yaitu batas atas dari daerah plastis.

##### 2. Batas Plastis (*plastic limit*)

Batas Plastis didefinisikan kadar air tanah di mana untuk nilai-nilai di bawahnya tanah tidak lagi berperilaku sebagai bahan yang plastis.

##### 3. Indeks Plastisitas

Indeks Plastisitas (*Plasticity*) adalah selisih antar nama batas cair dengan batas plastis yang dinyatakan dalam persen, dan dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$PI = LL - PL \quad (5)$$

Dimana :

- PI : Indeks plastisitas
- LL : Nilai Batas Cair
- PL : Nilai Batas Plastis

### Analisa Saringan

Analisa saringan adalah mengayak dan menggetarkan contoh tanah melalui satu set ayakan dimana lubang-lubang ayakan tersebut makin kecil secara berurutan. Berat tanah yang tinggal pada masing-masing saringan ditimbang dan persentase terhadap berat kumulatif pada tiap saringan dihitung. Analisa saringan digunakan untuk ukuran partikel-partikel berdiameter lebih besar dari 0,075 mm. Untuk standar ayakan di Amerika Serikat, nomor ayakan dan lubang ayakan dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3 Nomor Ayakan Standar ASTM

Nomor Saringan	Diameter lubang (mm)
3	6.35
4	4.75
6	3.35
8	2.36
10	2.00
16	1.18
20	0.85
30	0.60
40	0.42
50	0.30
60	0.25
70	0.21
100	0.15
140	0.106
200	0.075

### Analisa Hidrometer

Analisa hidrometer didasarkan pada prinsip sedimentasi (pengendapan) butir-butir tanah didalam air. Bila suatu contoh tanah dilarutkan dalam air, partikel-partikel tanah akan mengendap dengan kecepatan yang berbeda-beda tergantung pada bentuk, ukuran dan beratnya. Didalam laboratorium, pengujian hidrometer dilakukan dengan menggunakan gelas ukuran dengan kapasitas 1000 ml yang diisi dengan larutan air, bahan *pendispersi* dan tanah yang akan diuji. Analisa hidrometer digunakan untuk ukuran partikel-partikel berdiameter lebih kecil dari 0,075 mm.

### Pengujian Sifat Mekanis Tanah

#### Pemadatan Standar (*Standard Proctor Test*)

Menurut R.F.Craig (1987), pemadatan adalah proses naiknya kerapatan dengan memperkecil jarak antar partikel sehingga terjadi reduksi volume udara, tidak terjadi perubahan volume air yang cukup berarti pada tanah. Tujuan pemadatan tanah adalah untuk

meningkatkan sifat-sifat teknis suatu jenis tanah. Pemadatan pada tanah akan menyebabkan berat volume dan kekuatan tanah meningkat sedangkan koefisien permeabilitasnya menjadi berkurang.

Percobaan pemadatan standar dikenal pula sebagai percobaan pemadatan ringan. Pada uji pemadatan standar, tanah dipadatkan dalam sebuah silinder bervolume  $1/30 \text{ ft}^3$  (943.3 cm<sup>3</sup>). Diameter cetakan tersebut 4 in (101.6 mm). Tanah sekitar 2500 gram dicampur air dengan kadar air berbeda-beda kemudian dipadatkan dengan alat penumbuk dengan berat 5.5 lb (2.5 kg), tinggi jatuh 12 in (30.48 cm). Pemadatan tanah tersebut dilakukan dalam 3 lapisan dengan jumlah tumbukan per lapis 25 kali. Percobaan dapat diulang dalam 5 kali percobaan dengan kadar air yang berbeda-beda.

Untuk setiap percobaan, berat volume tanah basah ( $\gamma_b$ ) dari tanah yang dipadatkan tersebut dapat dihitung:

$$\gamma_b = \frac{W}{V} \quad (6)$$

Ket:

W = berat tanah yang dipadatkan dalam cetakan

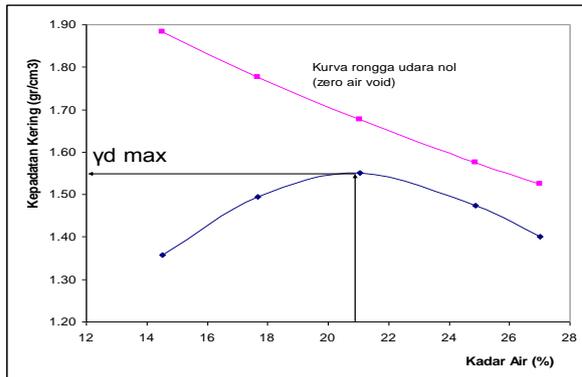
V = Volume cetakan

Pada setiap percobaan, besarnya kadar air ( $w$ ) dapat ditentukan, selanjutnya dapat dihitung nilai kepadatan kering ( $\gamma_d$ ) sebagai berikut:

$$\gamma_d = \frac{\gamma_b}{1 + w} \quad (7)$$

Selanjutnya digambarkan sebuah grafik hubungan antara kadar air ( $w$ ) dan berat volume kering ( $\gamma_d$ ) serta kurva rongga udara nol ( $S_r = 100\%$ ) seperti pada grafik di bawah ini. Kurva rongga udara nol tidak pernah berpotongan dengan kurva hasil pemadatan, kurva ini menunjukkan posisi tingkat kepadatan tanah maksimal teoritis yang dapat dicapai jika tanah tersebut sangat padat dan tanpa rongga udara. Hal ini sulit diterapkan dalam praktik, karena rongga udara tidak mungkin dikeluarkan 100% ketika pemadatan dilakukan di laboratorium atau di lapangan. Namun kurva *zav* (*zero air void*) tersebut sangat berperan terhadap aspek pemadatan yang kita lakukan. Puncak kurva

menunjukkan posisi kepadatan maksimum ( $\gamma_{d_{max}}$ ) dan kadar air optimum (OMC), yang sering digunakan sebagai acuan dalam pekerjaan pemadatan di lapangan.



Gambar 1 Grafik hubungan antara kadar air (w) dan berat volume kering ( $\gamma_d$ )

Kurva rongga udara nol zero air void ( $\gamma_{zav}$ ) dapat ditentukan dengan rumus:

$$\gamma_{zav} = \frac{G_s \cdot \gamma_w}{1 + w \cdot G_s} \dots \dots \dots (8)$$

Ket:

$\gamma_{zav}$  = berat volume tanpa rongga udara  
 $e$  =  $w \cdot G_s$  untuk keadaan jenuh ( $S_r=100\%$ )

**CBR Laboratorium**

CBR adalah perbandingan antara beban penetrasi suatu bahan terhadap bahan standard dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama. Pengujian CBR dimaksudkan untuk mendapatkan nilai daya dukung tanah dalam keadaan padat maksimum. Pemeriksaan CBR bertujuan untuk menentukan harga CBR tanah yang dipadatkan di laboratorium pada kadar air optimum ( $W_{optimum}$ ). Selain itu, pemeriksaan juga dimaksudkan untuk menentukan hubungan kadar air dan kepadatan tanah.

Untuk menghitung nilai CBR dapat dipakai rumus sebagai berikut :

$$CBR = \frac{\text{beban test}}{\text{beban standar}} \times 100\%$$

$$CBR_{0,1} = \frac{\text{nilai beban pada 0,1 inci hi}}{3 \times 1500 \text{ lb}} \times 100\%$$

$$CBR_{0,2} = \frac{\text{nilai beban pada 0,2 inci hi}}{3 \times 1500 \text{ lb}} \times 100\%$$

Beban standar merupakan beban yang

diperoleh dari pengujian terhadap batu pecah yang dianggap mempunyai nilai CBR 100%. Pada tabel dibawah ini memperlihatkan beban-beban standar yang disesuaikan menurut penetrasi untuk material standar dengan harga 100%.

Tabel 4 Beban penetrasi pada berbagai penetrasi

Sumber : Silvia Sukirman (1999)

Penetration (inchi)	Beban Standar (lb)
0,1	3000
0,2	4500
0,3	5700
0,4	6900
0,5	7800

Pengembangan (*swelling*) adalah perbandingan antara perubahan tinggi selama perendaman terhadap tinggi benda uji semula, dinyatakan dalam persen.

**Semen**

Semen adalah material yang mempunyai sifat-sifat adhesif dan kohesif sebagai perekat yang mengikat fragmen-fragmen mineral menjadi suatu kesatuan yang kompak. Semen dikelompokkan kedalam 2 (dua) jenis yaitu semen hidrolis dan semen non-hidrolis.

Semen hidrolis adalah suatu bahan pengikat yang mengeras jika bereaksi dengan air serta menghasilkan produk yang tahan air. Contohnya seperti semen *portland*, semen putih dan sebagainya, sedangkan semen non-hidrolis adalah semen yang tidak dapat stabil dalam air.

Semen *Portland* adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara mencampurkan batu kapur yang mengandung kapur (CaO) dan lempung yang mengandung silika (SiO<sub>2</sub>), oksida alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dan oksida besi (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dalam oven dengan suhu kira-kira 145°C sampai menjadi klinker. Klinker ini dipindahkan, digiling sampai halus disertai penambahan 3-5% gips untuk mengendalikan waktu pengikat semen agar tidak berlangsung terlalu cepat (Aman Subakti, 1994).

Dalam semen *Portland* ini terdapat susunan senyawa semen yang berfungsi sebagai berikut :

1. C<sub>3</sub>S = 3CaO.SiO<sub>2</sub> (Tri-kalsium Silikat) mempunyai andil yang besar terhadap fungsi sebagai perekat dan dapat mengeras jika bereaksi dengan air sehingga dapat meningkatkan kekuatan tekan.

2.  $C_2S = 2CaO.SiO_2$  (Dikalsium Silikat) berfungsi sama dengan  $C_3S$
3.  $C_3A = 3CaO.Al_2O_3$  (Tri-kalsium Aluminat) dalam semen *portland* tidak berfungsi sebagai perekat. Senyawa ini hanya berfungsi sebagai fluks (bahan pelebur) sewaktu masih ada dalam tungku pembakaran, sehingga akan mudah terbentuk senyawa  $C_3S$  dan  $C_2S$
4.  $C_4AF = 4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$  (Tetra Aluminaferit) berfungsi sama seperti  $C_3A$  serta andil terhadap warna semen.
5. Gips =  $CaSO_4.2H_2O$  berfungsi sebagai retarder atau memperlambat waktu pengerasan tepung semen *portland* bila bercampur dengan air.
6. Selain itu terdapat komposisi kimia lain seperti :  $C = CaO$ ,  $Na_2O$ ,  $K_2O$  dalam jumlah yang kecil.

Stabilisasi tanah dengan semen adalah suatu campuran dari tanah yang dihancurkan, semen dan air yang kemudian dilakukan proses pemadatan yang akan menghasilkan suatu bahan baru yang disebut tanah semen. Selanjutnya semen mengeras sehingga menstabilisasi tanah dan sifat tanah tersebut menjadi lebih kuat dan lebih tahan terhadap air. Syarat material stabilisasi tanah dengan kapur menurut SNI 03 – 15 – 1992 mengenai Tata Cara pembuatan Rencana Stabilisasi Tanah Dengan *portland* Semen adalah sebagai berikut:

#### (1) Semen

Bermacam-macam semen yang dapat digunakan untuk stabilisasi tanah. Tetapi semen *portland* yang paling sering digunakan. Ukuran *portland* semen biasanya bervariasi antara 0,1S dan 100 micron, dengan ukuran rata-rata 20 micron. Untuk semen yang lebih halus selain hidrasinya cepat juga kuat geser yang dihasilkan lebih tinggi. Sebagai contoh semen yang lebih halus dari saringan no. 300 akan memberikan 40% tambahan kuat geser.

#### (2) Tanah

Semua jenis tanah 'kecuali tanah yang mengandung kadar organik yang tinggi, dapat digunakan untuk stabilisasi dengan semen. Tanah yang akan distabilisasi

harus dihancurkan terlebih dahulu dari gumpalan-gumpalannya, dalam kondisi yang kering udara dan lolos saringan no. 4.

#### Kapur

Kapur adalah sebuah benda putih dan halus terbuat dari batu sedimen, membentuk bebatuan yang terdiri dari mineral kalsium. Stabilisasi tanah dengan kapur adalah campuran tanah dengan kapur dan air dengan komposisi tertentu sehingga tanah tersebut mempunyai sifat lebih baik dari tanah semula. Reaksi Kapur Terhadap Tanah :

Absorpsi air, reaksi eksotermis dan reaksi ekspansif

Bila kapur dicampurkan pada tanah, maka pada tanah yang ada kandungan airnya, akan terjadi reaksi sebagai berikut:  $CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + 15,6 \text{ Kcal/mol}$  Melalui reaksi kimia ini 0,321 kg air bereaksi dengan 1 kg kapur dan menimbulkan panas sebesar 278 Kcal. Pada saat bersamaan, volume kapur menjadi kira-kira dua kali lebih besar dari volume asal sehingga berakibat turunnya kandungan air didalam tanah tersebut.

#### Reaksi Pertukaran Ion

Butiran lempung dalam kandungan tanah berbentuk halus dan bermuatan negatif. Ion positif seperti ion hidrogen, ion sodium, ion kalsium serta air yang berpolarisasi, semuanya melekat pada permukaan butiran-butiran lempung tadi. Jika kapur ditambahkan pada tanah dengan kondisi seperti diatas tersebut, maka pertukaran ion segera terjadi dan ion sodium yang berasal dari kapur diserap oleh permukaan butiran lempung. Ini diikuti oleh flokulasi butir-butir lempung menjadi gumpalan-gumpalan butir kasar yang gembur. Efeknya adalah pada umumnya menambah batas plastis dan memperkecil batas cair. Efek keseluruhan adalah memperkecil indeks plastis

#### Reaksi Pozzolan

Dengan berlalunya waktu, maka silika ( $SiO_2$ ) dan alumin ( $Al_2O_3$ ) yang terkandung dalam tanah lempung dengan kandungan mineral reaktif, akan bereaksi dengan kapur dan akan membentuk kalsium silikat hidrat, kalsium aluminat hidrat dan gehlenite hidrat. Pembentukan senyawa-senyawa kimia ini terus menerus berlangsung untuk waktu yang lama

dan menyebabkan tanah menjadi keras, kuat serta awet karena ia berfungsi selaku binder (pengikat).

### Stabilisasi Tanah

Stabilisasi adalah suatu usaha untuk perbaikan sifat-sifat tanah asli yang kurang baik menjadi material yang memiliki sifat yang lebih baik agar dapat mencapai persyaratan teknik yang digunakan dalam perencanaan konstruksi. Bowles (1993) menyatakan bahwa suatu tanah harus distabilisasi apabila tanah tersebut di lapangan bersifat sangat lepas atau sangat mudah tertekan, atau mempunyai indeks konsistensi yang tidak sesuai, dan permeabilitas yang terlalu tinggi, atau sifat lain yang tidak diinginkan. Stabilisasi dapat terdiri dari salah satu tindakan berikut ini:

1. Meningkatkan kerapatan tanah
2. Menambah material yang tidak aktif sehingga meningkatkan kekuatan geser tanah
3. Menambah bahan untuk menyebabkan perubahan-perubahan kimia dan fisis pada tanah
4. Menurunkan muka air tanah (drainase tanah)
5. Mengganti tanah buruk

3.1.1

### Perbedaan Dari Pengujian Yang Telah Ada

Suardi, Enita (2005) Studi Pengaruh Penggunaan Semen Dan Kapur Pada Stabilisasi Tanah Lempung, pada pengujian ini komposisi campuran yang digunakan 0%, 5%, 10%, dan 15% dengan masa pemeraman 0 hari, 3 hari, 7 hari, 14 hari. Sifat plastis tanah akan menurun dengan diberikan bahan additive semen dan kapur.

Penurunan indeks plastisitas tanah akan sebanding dengan peningkatan banyaknya persentase semen dan kapur yang digunakan, dimana IP tanah asli = 29,62%, bila dicampur dengan 15% kadar semen IP menjadi 17,46%, sedangkan dengan 15% kadar kapur IP campuran menjadi 13,08%. Dengan kadar yang sama, menurunkan indeks plastisitas (IP) menggunakan kapur lebih efektif daripada semen.

Dengan bertambahnya persentase semen dan kapur pada tanah pada pengujian pemadatan memberikan perilaku yang berlawanan, yaitu tanah asli mempunyai berat isi kering

maksimum ( $\gamma^d_{max}$ ) = 1,27 gr/cm<sup>3</sup> dan kadar air optimum ( $W_{opt}$ ) = 31,8%, bila distabilisasi menggunakan semen  $\gamma^d_{max}$  makin naik dan  $W_{opt}$  makin turun yaitu menjadi ( $\gamma^d_{max}$ ) = 1,3 gr/cm<sup>3</sup> dan ( $W_{opt}$ ) = 28,7%. Sedangkan bila tanah distabilisasi dengan kapur mempunyai perilaku yang sebaliknya, dimana semakin bertambahnya kapur  $\gamma^d_{max}$  makin turun dan  $W_{opt}$  makin naik, yaitu ( $\gamma^d_{max}$ ) = 1,22 gr/cm<sup>3</sup> dan ( $W_{opt}$ ) = 33,8%.

### III. METODELOGI PENELITIAN

Sesuai penelitian, hasil selanjutnya ditabulasikan kedalam tabel dan grafik untuk masing-masing pada setiap sampel. Analisis data dilakukan dengan membandingkan besarnya stabilitas CBR dan Pemadatan Standar untuk mengetahui pengaruh penambahan bahan additive semen dan kapur dalam meningkatkan daya dukung tanah lempung.

#### Metode Pengumpulan Data

##### Data Primer

Data primer adalah data yang diperlukan sebagai pendukung utama dalam penulisan suatu laporan. Data ini diperoleh dari pengamatan atau pemeriksaan di laboratorium yang akan dijadikan suatu pembahasan dan kesimpulan. Data tersebut meliputi hasil pemeriksaan sifat-sifat fisis agregat, kadar air optimum hasil uji pemadatan (*proctor test*) dan hasil uji CBR (*California Bearing Ratio*).

##### Data Sekunder

Data sekunder merupakan data pendukung data primer yang diperlukan dalam penelitian yang dapat berupa peta lokasi pengambilan tanah dan bahan tambah yang akan digunakan.

#### Material

##### Tanah Lempung

Lokasi pengambilan sampel tanah lempung yang akan menjadi obyek penelitian berasal dari Desa Alue Awe.

### Semen Andalas

Semen yang digunakan adalah PPC (*Portland pozzoland cement*) Tipe I merek semen Andalas yang diproduksi oleh PT SAI Indonesia, dengan masing-masing komposisi semen adalah 0%, 6%, 12%, dan 18%.

### Kapur Dolomite

Kapur tepung yang digunakan kapur dolomite yang diproduksi oleh PT Saribumi Sidayu, dengan masing-masing komposisi kapur adalah 0%, 6%, 12%, dan 18%.

### Rancangan Penelitian

Penelitian dilakukan dalam tiga tahapan, yaitu Pekerjaan persiapan Pekerjaan lapangan dan pekerjaan laboratorium. Perencanaan penelitian penting dilakukan agar pelaksanaan penelitian dapat berjalan dengan lancar sehingga mendapatkan hasil sesuai dengan yang diinginkan serta tepat waktu .

Perencanaan benda uji dapat dilihat pada tabel di bawah ini ;

Tabel 5 Rencana Benda Uji *Proctor Standart*

Kadar Semen Dan Kapur	Proctor Standart	Jumlah
Tanah Asli 0 %	6	6
Tanah + Semen 6%	6	6
Tanah + Semen 12%	6	6
Tanah + Semen 18%	6	6
Tanah + Kapur 6%	6	6
Tanah + Kapur 12%	6	6
Tanah + Kapur 18%	6	6
Total		42

Tabel 6 Rencana Benda Uji CBR

Kadar Semen Dan Kapur	CBR		Jumlah
	Unsoaked	Soaked	
Tanah Asli 0%	2	2	4
Tanah + Semen 6%	2	2	4
Tanah + Semen 12%	2	2	4
Tanah + Semen 18%	2	2	4
Tanah + Kapur 6%	2	2	4
Tanah + Kapur 12%	2	2	4
Tanah + Kapur 18%	2	2	4
Total			28

### Jalannya Penelitian

Penelitian persiapan dengan tahapan sebagai berikut :

#### Pekerjaan persiapan

Tahapan persiapan meliputi studi pendahuluan, konsultasi dengan beberapa narasumber, pengajuan proposal dan mengurus perijinan untuk kegiatan penelitian.

#### Pekerjaan Lapangan

Pekerjaan lapangan adalah pengambilan sampel tanah lempung dilokasi. Pekerjaan lapangan dilakukan dalam beberapa tahapan, yaitu pemilihan lokasi dan pengambilan sampel tanah.

#### Pekerjaan Laboratorium

Penelitian dilakukan dilaboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe, pengujian yang akan dilakukan adalah pengujian sifat fisis dan sifat mekanis tanah lempung.

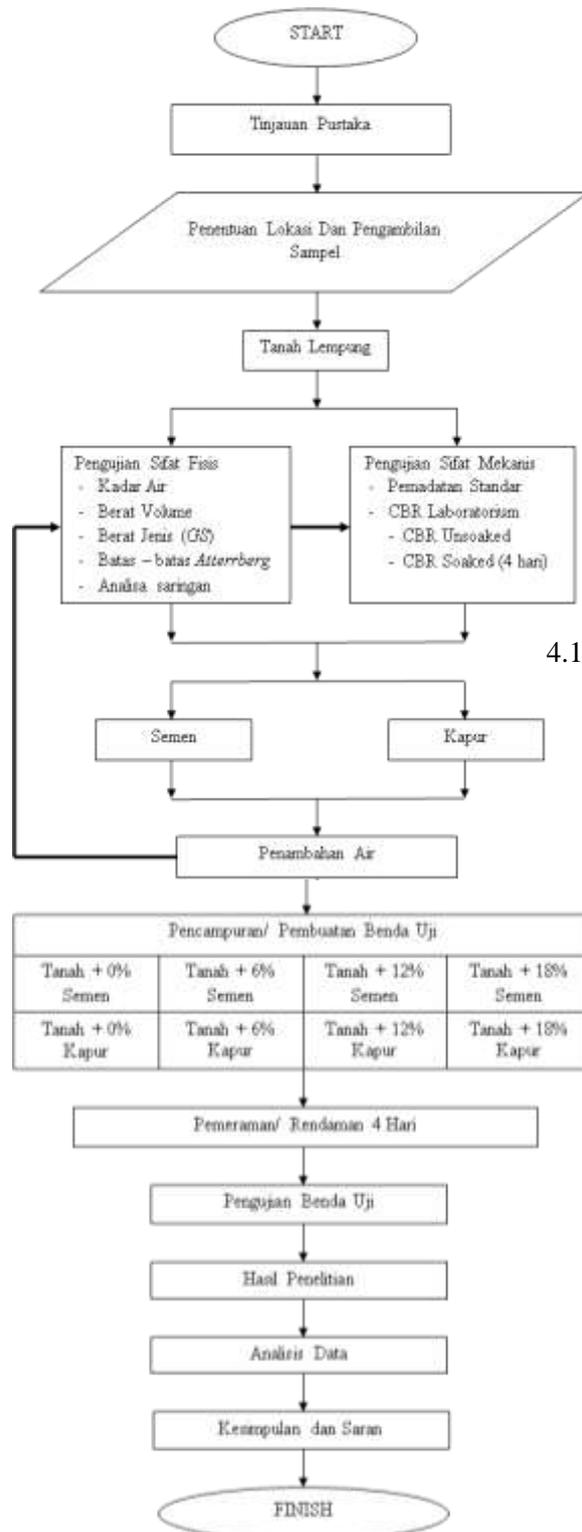
Tabel 7 Pengujian sifat-sifat Fisis Tanah Lempung

Pengujian	SNI
Pengujian Berat Volume	(SNI 03-1964-1990)
Pengujian Kadar Air Tanah	(SNI 03-1965-1990)
Pengujian Berat Jenis	(SNI 03-1964-1990)
Pengujian Atterberg Limit	(SNI 03-1966-1990)
Pengujian Analisa Saringan	(SNI 03-1968-1990)

Tabel 8 Pengujian sifat-sifat Mekanis Tanah Lempung

Pengujian	SNI
1. Pengujian Pemadatan Standar	(SNI 03-1742-1989)
2. Pengujian CBR Laboratorium	(SNI 03-1744-1989)

Berikut adalah bagan alir penelitian:



Gambar 2 Bagan Alir Penelitian

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### Hasil Pengujian Tanah Asli

Dari hasil pengujian sifat fisis dan mekanis tanah asli diperoleh data seperti pada tabel berikut :

Tabel 9 Hasil Pengujian Sifat Fisis dan Sifat Mekanis Tanah Asli.

Jenis Pengujian	Satuan	Hasil Pengujian	Keterangan
Kadar air tanah asli (w)	%	28.8	Lamp hal 41
Berat volume tanah basah (γ <sub>b</sub> )	g/cm <sup>3</sup>	1.83	Lamp hal 42
Atterberg Limit : Batas Cair	%	38.6	Lamp hal 45
Batas Plastis	%	24.2	
Indeks Plastis	%	14.4	
Klasifikasi Tanah	AASHTO	A-4 (G)	Lamp hal 53
Berat jenis tanah asli (G <sub>s</sub> )	g/cm <sup>3</sup>	2.69	Lamp hal 54
Penetapan Standar: Kadar air optimum	%	23.4	Lamp hal 63
Kepadatan Kering	g/cm <sup>3</sup>	1.53	
CBR Nilai Rendaman (Unsoaked)	%	18.3	Lamp hal 114
CBR Rendaman (Soaked)	%	6.1	Lamp hal 116

##### 4.1.1 Hasil Pengujian Berat Jenis (Gs)

Berat jenis tanah (Gs) didefinisikan sebagai perbandingan berat volume butiran padat dengan berat volume air dengan isi yang sama dengan isi tanah tersebut pada suhu tertentu. Pada pengujian ini dicoba dengan melakukan pencampuran tanah lempung dengan semen dan kapur, komposisi masing-masing campuran yaitu 6%, 12%, dan 18%. Pada penelitian ini diperoleh peningkatan nilai berat jenis tanah dengan campuran semen dan kapur, terhadap nilai berat jenis tanah asli. Dari hasil perhitungan berat jenis diperoleh hasil pada tabel berikut

Tabel 10 Hasil Pengujian Berat Jenis (Gs)

No.	Kadar Semen Dan Kapur	Nilai G <sub>s</sub>	Keterangan
1	Tanah Asli	2.69	Lamp hal 54 s/d hal 60
2	Lempung + Semen 6%	2.70	
3	Lempung + Semen 12%	2.73	
4	Lempung + Semen 18%	2.78	
5	Lempung + Kapur 6%	2.70	
6	Lempung + Kapur 12%	2.72	
7	Lempung + Kapur 18%	2.74	

### Hasil Pengujian Batas-batas *Atterberg*

*Atterberg* mengemukakan cara untuk menggambarkan batas-batas konsistensi dari tanah berbutir halus dengan mempertimbangkan kandungan kadar airnya. Batas-batas *Atterberg* tersebut adalah batas cair (LL), Batas Plastis (PL) dan Indeks Plastisitas (PI). Pada penelitian ini tanah lempung distabilisasi dengan semen dan kapur, komposisi masing-masing campuran yaitu 6%, 12%, dan 18%. Dari hasil perhitungan Batas-batas *Atterberg* diperoleh hasil pada tabel berikut

Tabel 11 Hasil Pengujian Batas-batas *Atterberg*

No.	Kadar Semen Dan Kapur	Nilai LL (%)	Nilai PL (%)	Nilai PI (%)	Keterangan
1	Tanah Asli	32.6	24.2	14.4	Lamp hal 45 s/d hal 51
2	Lempung + Semen 6%	34.2	29.8	6.4	
3	Lempung + Semen 12%	34.5	30.1	4.4	
4	Lempung + Semen 18%	33.7	30.9	2.8	
5	Lempung + Kapur 6%	34.5	25.1	9.4	
6	Lempung + Kapur 12%	32.4	25.4	7.0	
7	Lempung + Kapur 18%	31.3	25.9	5.4	

### Hasil Pengujian Pemadatan Standar (*Standard Proctor*)

Pengujian ini dilakukan untuk mencari hubungan kadar air optimum dan kerapatan kering tanah ( $\gamma_d$ ) atau disebut ZAV (*Zero Air Void*) untuk mengevaluasi tanah agar memenuhi persyaratan kepadatan. Dari hasil uji pemadatan standar campuran tanah lempung dengan semen dan kapur dengan komposisi masing-masing campuran yaitu 6%, 12%, dan 18% diperoleh nilai kadar air optimum (OMC) dan berat isi kering ( $\gamma_d$ ) maksimum seperti pada tabel 4.4.  $\text{gr/cm}^3$ .

Tabel 12 Hasil Pengujian Proctor Standar

No.	Kadar Semen Dan Kapur	W optimum (%)	$\gamma_d$ maks ( $\text{gr/cm}^3$ )	Keterangan
1	Tanah Asli	23.4	1.53	Lamp hal 63 s/d hal 69
2	Lempung + Semen 6%	22.6	1.54	
3	Lempung + Semen 12%	22.3	1.55	
4	Lempung + Semen 18%	21.5	1.57	
2	Lempung + Kapur 6%	21.8	1.62	
3	Lempung + Kapur 12%	21.0	1.63	
4	Lempung + Kapur 18%	19.9	1.67	

### Hasil Pengujian CBR Laboratorium

Dari hasil uji CBR Laboratorium campuran tanah lempung dengan semen dan

kapur dengan komposisi masing-masing campuran yaitu 6%, 12%, dan 18%. Masa pemeraman 4 hari diperoleh nilai CBR Laboratorium dan nilai *swelling* seperti pada tabel berikut

Tabel 13 Hasil Pengujian CBR *Unsoaked* dan *Unsoaked* Laboratorium

No.	Kadar Semen Dan Kapur	CBR Unsoaked (%)	CBR Soaked (%)	Keterangan
1	Tanah Asli	18.2	6.1	Lamp hal 72 s/d hal 112
2	Lempung + Semen 6%	112.8	92.8	
3	Lempung + Semen 12%	160.0	145.0	
4	Lempung + Semen 18%	184.4	157.8	
5	Lempung + Kapur 6%	18.6	7.6	
6	Lempung + Kapur 12%	20.1	8.0	
7	Lempung + Kapur 18%	21.0	17.3	

Tabel 14 Hasil Pengujian *Swelling*

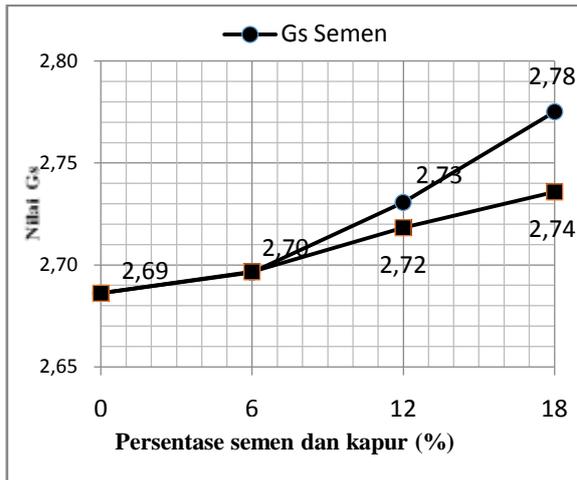
No.	Kadar Semen Dan Kapur	Swelling (%)	Keterangan
1	Tanah Asli	3.08	Lamp hal 75 s/d hal 113
2	Lempung + Semen 6%	0.10	
3	Lempung + Semen 12%	0.06	
4	Lempung + Semen 18%	0.06	
5	Lempung + Kapur 6%	0.45	
6	Lempung + Kapur 12%	0.63	
7	Lempung + Kapur 18%	1.41	

### Pembahasan

#### *Specific Gravity* (Gs)

Pada pengujian berat jenis (Gs) didapat bahwa semakin besar penambahan semen dan kapur semakin meningkat nilai berat jenis tanah lempung. Hal ini disebabkan karena Semen dan kapur yang bercampur dengan tanah mengakibatkan terjadinya proses pertukaran kation alkali ( $\text{Na}^+$  dan  $\text{K}^+$ ) dari tanah digantikan oleh kation dari semen sehingga ukuran butiran lempung bertambah besar (*flokulasi*).

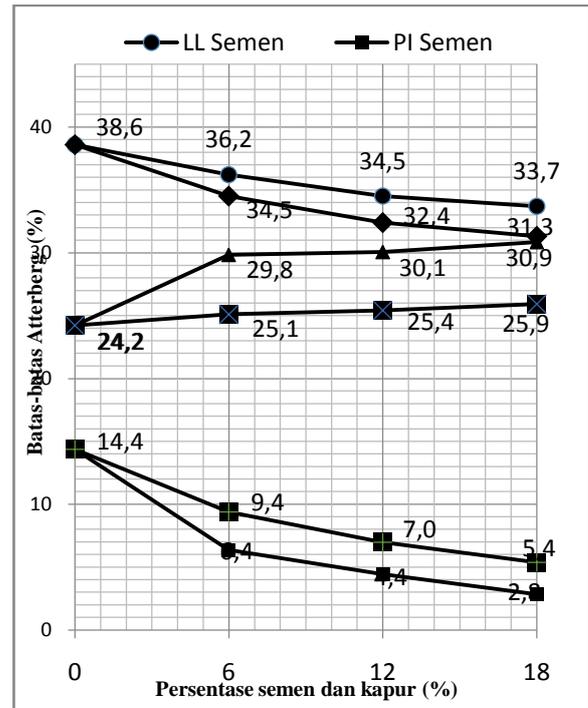
Bertambahnya ukuran butiran ini akan mengakibatkan mikropori dan makropori yang ada pada tanah lempung meningkat seiring dengan bertambahnya kadar bahan stabilisasi. Oleh karena itu penambahan semen dan kapur pada tanah lempung akan menyebabkan air sulit masuk kemikropori dan makropori tanah lempung, sehingga penambahan semen akan menyebabkan berat jenis tanah lempung meningkat.



Gambar 3 Hubungan Nilai Gs Terhadap Persentase Semen dan Kapur

### Batas – batas Atterberg

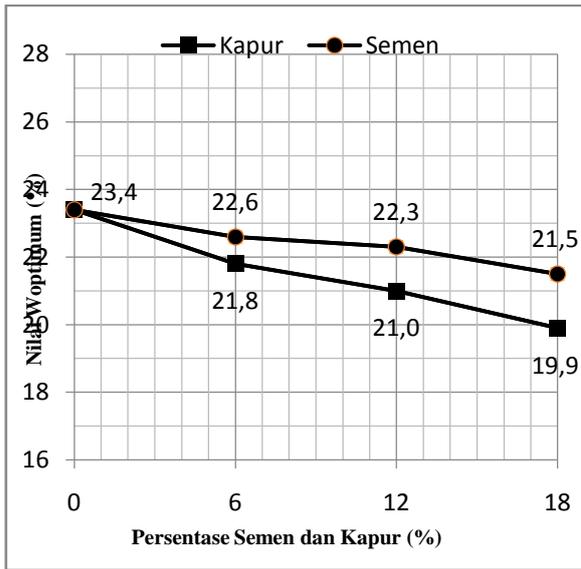
Dari hasil penelitian menunjukkan semakin besar penambahan semen dan kapur maka semakin kecil nilai batas cair (LL). Penambahan semen dan kapur pada tanah lempung menghalangi proses tarik menarik antara anion dari pertikel air serapan yang mengelilingi partikel lempung yang lain, sehingga partikel lempung kehilangan sebagian daya tarik antar partikelnya, dan tanah lebih mudah menutup celah saat uji batas cair, hal ini mengindikasikan menurunnya nilai LL tanah lempung, dan untuk nilai batas plastis (PL) didapat bahwa semakin besar penambahan semen dan kapur maka semakin naik nilai PL tanah lempung. hal ini disebabkan berkurangnya ikatan antar butir maka tanah perlu tambahan air untuk mempertahankan plastisitasnya, akibatnya nilai PL tanah meningkat, sedangkan untuk nilai indeks plastis (PI) didapat bahwa semakin besar penambahan semen dan kapur maka semakin turun nilai PI tanah lempung, seperti yang terlihat pada gambar diatas, dengan hasil tersebut dapat dinyatakan bahwa semen dan kapur mampu menghilangkan sifat kelanauan tanah lempung, Dengan kadar yang sama, menurunkan indeks plastisitas (IP) menggunakan semen lebih efektif daripada kapur.



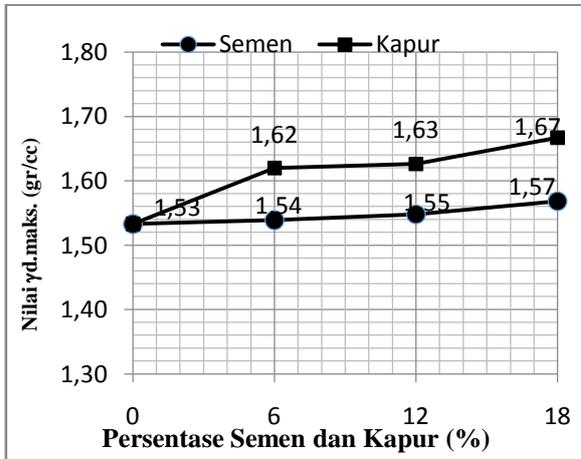
Gambar 4 Hubungan Batas Atterberg Terhadap Persentase Semen dan Kapur

### Pemadatan Standar (*Standard Proctor*)

Pada pengujian pemadatan standar didapatkan bahwa, semakin besar penambahan semen dan kapur maka semakin menurunnya kadar air optimum dan meningkatnya nilai kerapatan kering, penurunan dari nilai wopt ini disebabkan karena tanah yang tercampur semen dan kapur, air porinya lebih mudah terperas keluar rongga pori saat proses pemadatan jika dibandingkan dengan tanah asli. Sedang untuk peningkatan kepadatan kering dikarenakan ikatan antara anion pertikel tanah dengan kation air terhalang dengan keberadaan semen dan kapur yang menyelimuti butiran tanah. Terperasnya sebagian air pori meninggalkan rongga pori menyebabkan pori mengecil karena rongga pori yang tadinya diisi oleh air, sekarang sudah diisi oleh butiran tanah, akibatnya tanah semakin padat dengan sendirinya. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Gambar berikut ini.



Gambar 5 Hubungan Kepadatan Kering Terhadap Persentase Semen dan Kapur

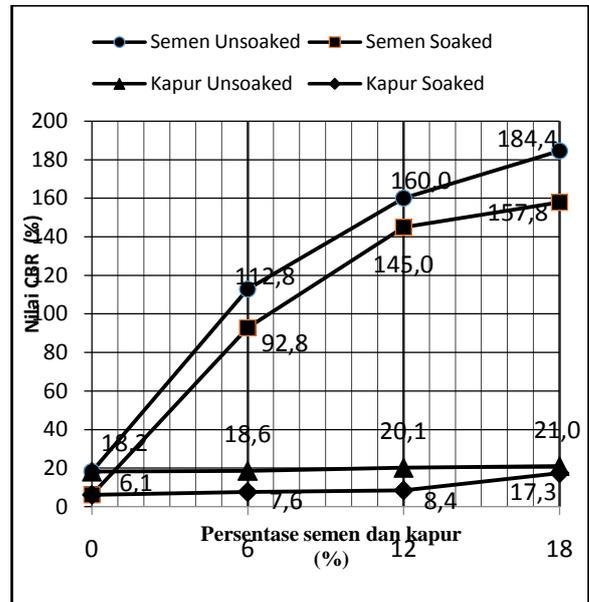


Gambar 6 Hubungan Nilai yd maks Terhadap Persentase Semen dan Kapur

Pengujian California Bearing Ratio (CBR)

Pada pengujian CBR didapat bahwa semakin besar penambahan semen dan kapur maka semakin meningkat nilai CBR tanah lempung, hal ini disebabkan Semen dan kapur yang bercampur dengan tanah mengakibatkan terjadinya proses pertukaran kation alkali (Na+ dan K+) dari tanah digantikan oleh kation dari semen sehingga ukuran butiran lempung bertambah besar (flokulasi). Selain proses flokulasi yang terjadi dalam stabilisasi tanah, terjadi pula proses pozzolan, proses hidrasi, dan proses sementasi. Proses pozzolan terjadi antara kalsium hidroksida dari tanah bereaksi dengan silikat (SiO<sub>2</sub>) dan aluminat (AlO<sub>3</sub>) dari semen membentuk material pengikat yang terdiri dari

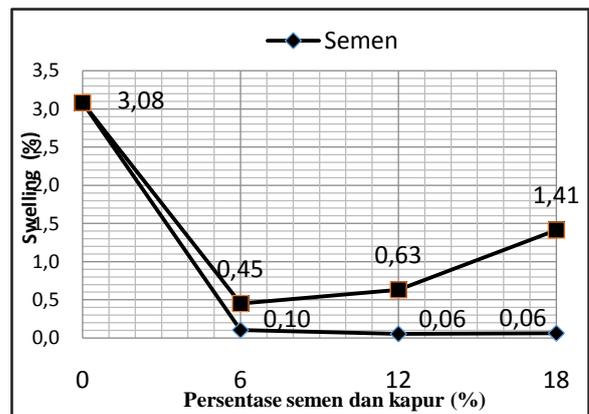
kalsium silikat atau aluminat silikat. Reaksi dari ion Ca<sup>2+</sup> dengan silikat dan aluminat dari permukaan partikel lempung membentuk pasta semen (*hydrated gel*) sehingga mengikat partikel-partikel tanah lempung.



Gambar 7 Hubungan Nilai CBR Terhadap Persentase Semen dan Kapur

Pengembangan (*Swelling*)

Hasil pengujian stabilisasi untuk *swelling* dapat menurunkan nilai *swelling* tanah lempung, hal ini disebabkan oleh reaksi yang terkandung dalam semen dan kapur yang mengikat partikel – partikel tanah sehingga turunya potensi pengembangan, reaksi tersebut juga dipengaruhi oleh adanya pengikatan yang erat antar butiran tanah akibat pengaruh semen dan kapur sehingga membentuk tanah menjadi kedap air.



Gambar 8 Hubungan Nilai Swelling Terhadap Persentase Semen dan Kapur

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Penggunaan bahan aditifsemen dan kapur sebagai bahan stabilisasi tanah lempung mampu menambah nilai berat jenis, berat jenis tanah asli yaitu 2,69 menjadi 2,78 pada penambahan semen 18%, dan 2,74 pada penambahan kapur 18%.
2. Pemakaian bahan penambahansemen dan kapur sebagai bahan stabilisasi terhadap tanah lempung mampu menurunkan besarnya nilai PI (*Plasticity Index*), PI tanah asli dengan nilai 14,4% menjadi 2,8% pada penambahan semen 18% dan 5,4 pada penambahan kapur 18%. Pada penambahansemen 18% meningkatnya nilai batas plastis (*PL*) dari 24,2% menjadi 30,9% dan 25,9% pada penambahan kapur pada persentase 18%.
3. Penambahan semen dan kapur pada pengujian pemadatan memberikan perilaku yang sama, yaitu makin besarnya persentase semen dan kapur makin turunnya *Woptimum* dan naiknya *Kepadatan Kering*. *Woptimum* tanah asli yaitu 23,4 dan setelah dilakukan pencampuran semen dan kapur turun menjadi 21,5 dan 19,9 masing-masing pada campuran 18% dan *kepadatan kering* meningkat dari 1,53 menjadi 1,57 pada campuran semen 18% dan 1,67 pada campuran kapur 18%.
4. Penggunaansemen dan kapur dapat meningkatkan nilai CBR rendaman (*soaked*) dan tak direndam (*Unsoaked*) seiring bertambahnya persentase semen dan kapurpada tanah lempung, pada persentase semen *Unsoaked* 18% terjadi peningkatan sangat baik dari yang semula nilainya 18,2% menjadi 184,4% dan pada penambahan kapur 18% terjadi peningkatan sebesar 21,0%, Sedangkan untuk CBR *Soaked* terjadi peningkatan yang sangat baik pada persentase semen18% dari yang semula nilainya 6,1% menjadi 157,8% dan pada penambahan kapur 18% terjadi peningkatan sebesar 17,3%. Ini menunjukkan bahwa dengan penambahan semen dan kapur dapat meningkatkan nilai CBR. Jika dibandingkan peningkatan nilai tertinggi itu terjadi pada panambahan semen *Unsoaked* 18% yaitu 184,4%.
5. Penambahan semen dan kapur dapat menurunkan nilai *swelling* pada tanah lempung dari semula 3,08% menjadi 0,06% pada campuran semen 18% dan 1,41 pada campuran kapur 18%, hal ini disebabkan oleh ikatan antar butiran tanah akibat pengaruh dari bahan tambah sehingga membentuk tanah tersebut kedap air.

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan, maka dapat diberikan saran sebagai berikut:

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut dengan masa pemeraman dan variasi yang berbeda untuk mengetahui nilai puncak dari penambahan semen dan kapur.
2. Perlu dilakukan pengujian kuat tekan bebas, pengujian geser langsung dan pengujian triaksial dengan variasi campuran semen dan kapur yang sama untuk mendapatkan parameter lainnya sehingga mendapatkan nilai daya dukung tanah yang lebih detail.
3. Perlu adanya penelitian gabungan antara semen dengan kapur untuk mengetahui nilai daya dukung tanah yang berbeda dengan variasi yang sama.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J. E, 1984, "*Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*", Erlangga, Jakarta.
- Craig, R.F, (1987), "*Mekanika Tanah*", Erlangga, Jakarta
- Das M, Braja,(1995), "*Mekanika Tanah*", Erlangga; Jakarta
- Hardiyatmo, Hary Christady, (1992), "*Mekanika Tanah I*", Gramedia Pustaka Utama; Jakarta
- Suardi,Enita,(2012), "*Kajian Kuat Tekan Bebas Tanah Lempung Yang Distabilisasi Dengan Bahan Aditive Semen Dan Kapur*", Jurnal Poli Rekayasa Vol.1, No.1, Diakses Oktober 2005.