**Pengaruh Waktu Pemeraman Dengan Penambahan Kapur
Sebagai Bahan Additive Pada Tanah Lempung Ekspansif
Terhadap Nilai CBR Tanah**

***The Effect Of Curing Time With The Addition Of Lime As Additive On
Expansive Clay Soil To The Value Of CBR Soil***

***Bahtiar Efendi Situmorang & Melloukey Ardan**

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik

Universitas Medan Area, Indonesia

Diterima: 06-08-2019; Disetujui: 02-09-2019; DiPublish: 10-09-2019

Email : Sianturisipituama@gmail.com

ABSTRAK

Tanah merupakan elemen penting dari struktur bawah sebuah konstruksi, sehingga tanah harus mempunyai daya dukung yang baik. Namun kenyataan di lapangan banyak ditemukan tanah yang memiliki daya dukung yang rendah, sehingga perlu untuk melakukan stabilisasi tanah dengan kapur. Penelitian bertujuan untuk menentukan persentase yang efektif dalam penambahan kapur dan pengaruh penambahan kapur terhadap perubahan sifat fisis tanah dari segi nilai CBR (*California Bearing Ratio*) terhadap lama waktu pemeraman. Penelitian ini dilakukan di laboratorium, dengan melakukan pengujian sifat-sifat fisis tanah dan kuat dukung tanah (CBR) dengan variasi penambahan kapur 1%, 3%, dan 5% dengan lama pemeraman 0, 4, 7 dan 14 hari. Pengujian sampel dilakukan dengan dua perlakuan yaitu sampel tanah diperam dulu baru dipadatkan dan sampel di padatkan dulu baru diperam. Dari hasil penelitian didapat nilai CBR terbesar terjadi pada variasi penambahan kapur 5 % dengan lama waktu pemeraman 14 hari dengan benda uji tanah dipadatkan terlebih dahulu baru dilakukan pemeraman yaitu sebesar 43,43%, hal ini disebabkan campuran tanah dengan kapur tersebut telah memadat sebelum sempat terjadi penggumpalan, rongga antar partikel tanah juga menjadi padat, sehingga kekuatan pun meningkat. Dari hasil nilai California Bearing Ratio dapat terlihat bahwa penambahan kapur kuarsa pada tanah lempung menunjukkan peningkatan nilai California Bearing Ratio pada tanah lempung.

Kata Kunci : CBR, Stabilisasi Kapur, Waktu Pemeraman

Abstract

The soil is an essential element of a structure under construction so that the soil should have a good carrying capacity. But the fact the field is found soil that has the low bearing capacity, so it is necessary to conduct soil stabilisation with lime. The study aims to determine the percentage that is effective in adding lime and the effect of adding lime to the soil physical properties change in terms of the value of CBR (California Bearing Ratio) to the long curing time. This research was conducted in the laboratory, by testing the physical properties of soil and the strong support of land (CBR) with the addition of lime variation of 1%, 3%, and 5% by long curing 0, 4, 7 and 14 days. Tests were conducted with two treatments, soil samples were cured first and then compacted and samples were pressed first and brooded. The result is the value of CBR. %. From the results of the value of the California Bearing Ratio can be seen that the addition of sand quarsa on soil clays showed an increase in the value of the California Bearing Ratio in soil clays.

Keywords : CBR, Stabilisation Lime, Curing Time

How to Cite: Efendi, B, Situmorang, Nuril Mahda R, (2019), Pengaruh Waktu Pemeraman Dengan Penambahan Kapur Sebagai Bahan Additive Pada Tanah Lempung Ekspansif Terhadap Nilai CBR Tanah. *JCEBT (Journal of Civil Engineering, Building and Transportation)*. 3 (2): 97-108

PENDAHULUAN

Tanah merupakan elemen penting dari struktur bawah tanah konstruksi, baik untuk konstruksi bawah bangunan dan jembatan maupun konstruksi perkerasan jalan. Sehingga tanah harus mempunyai daya dukung yang baik untuk menahan beban yang akan dipikulnya. Namun kenyataan di lapangan banyak ditemukan tanah yang memiliki daya dukung yang rendah, hal ini dapat dipengaruhi oleh sifat tanah yang tidak memadai, misalnya kompresibilitas, premeabilitas, maupun plastisitasnya.

Kekuatan tanah dasar merupakan hal-hal yang sangat penting sehingga perlu melakukan stabilitas tanah dengan kapur. Hal ini dikarenakan stabilitas tanah kapur lebih cocok dengan waktu ikaan yang lebih lama, sehingga dapat menguntungkan bila terjadi penundaan pekerjaan yang lebih lama setelah pencampuran dan tidak ada resiko berkurangnya kekuatan campuran oleh akibat pemadatan.

Perkembangan peradaban manusia telah mengalami kemajuan yang sangat signifikan sejak seribu tahun terakhir, termasuk juga sektor transportasi. Kegiatan manusia didalam memenuhi kebutuhan hidupnya terkadang harus menyebabkan melakukan mobilisasi, oleh karena itu dibutuhkan sarana yang mendukung kegiatan mobilisasi tersebut.

Penelitian mengenai stabilisasi tanah lempung telah banyak dilakukan, antara lain penelitian Trissyana (2015) dan Fitri dawati (2016) pada tanah lempung ekspansif dengan penambahan kapur. Dari penelitian diatas dijelaskan bahwa dengan penambahan zat aditif (kapur, abu sekam padi, kerak ketel) akan mampu memperbaiki sifat-sifat mekanis tanah dan meningkatkan daya dukung tanah lempung ekspansif. Penelitian diarahkan dapat menentukan persentase yang efektif dalam penambahan kapur terhadap perubahan sifat fisis tanah dari segi nilai CBR (*California Bearing Ratio*) terhadap lama waktu pemeraman, sehingga diharapkan dengan melakukan stabilisasi tanah-kapur tanah tersebut dapat digunakan sebagai tanah timbun atau tanah dasar yang baik dan nilai ekonomis yang tinggi. Hal inilah yang menyebabkan penulis tertarik melakukan penelitian ilmiah untuk skripsi dengan judul, "Pengaruh waktu pemeraman dengan penambahan kapur sebagai bahan additive pada tanah lempung ekspansif terhadap nilai CBR tanah", yang berlokasi pada laboratorium sipil Politeknik Negeri Medan.

Dalam rangka kerja sama dengan *United States Bureau of Reclamation* tahun 1952, system ini disempurnakan. Pada masa kini, system klasifikasi tersebut digunakan secara luas oleh para ahli teknik.

Sistem klasifikasi unified mengelompokkan tanah kedalam dua kelompok besar, yaitu :

1. Tanah berbutir kasar (*coarse - grained - soil*), yaitu : tanah kerikil dan pasir dimana kurang dari 50 % berat total contoh tanah lolos ayakan No. 200. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal G atau S. G adalah untuk kerikil (*gravel*) atau tanah berkerikil, dan S adalah untuk pasir (*sand*) atau tanah berpasir.

2. Tanah berbutir halus (*fine - grained - soil*), yaitu tanah dimana lebih dari 50 % berat total contoh tanah ayakan lolos ayakan No. 200. Simbol dari kelompok ini dimulai dari huruf awal M untuk lanau (*Silt*) anorganik, C untuk lempung (*clay*) anorganik, dan O untuk lanau-organik dan lempung organik. Simbol PT digunakan untuk tanah gambut (*peat*), muck dan tanah - tanah lain dengan kadar organik tinggi.

Simbol - simbol lain yang digunakan untuk klasifikasi USCS adalah :

W = *well graded* (tanah dengan gradasi baik)

P = *poorly graded* (tanah dengan gradasi buruk)

L = *low plasticity* (plastisitas rendah) (LL < 50)

H = *high plasticity* (plastisitas tinggi) (LL > 50)

Tanah berbutir kasar ditandai dengan simbol kelompok seperti : GW, GP, GM, GC, SW, SP, SM, dan SC. Untuk klasifikasi yang benar, faktor - faktor berikut ini perlu diperhatikan :

1. Persentase butiran yang lolos ayakan No. 200 (ini adalah fraksi halus)

2. Persentase fraksi kasar yang lolos ayakan No. 40

3. Koefisien keseragaman (*uniformity coefficient, Cu*) dan koefisien gradasi (*gradation coefficient, Cc*) untuk tanah dimana 0 - 12 % lolos ayakan No.200

4. Batas cair (LL) dan indeks plastisitas (PI) bagian tanah yang lolos ayakan No. 40

(untuk tanah dimana 5 % atau lebih lolos ayakan No.200).

Bilamana persentase butiran yang lolos ayakan No.200 adalah antara 5 sampai dengan 12%, simbol ganda seperti GW-GM, GP-GM, GW-GC, SW-SC, SP-SM, dan SP-SC diperlukan. Klasifikasi tanah berbutir halus dengan menggunakan simbol ML, CL, OL, MH, CH, dan OH didapat dengan cara menggambar batas cair dan indeks plasisitas tanah yang bersangkutan pada bagan plastisitas (Casagrande, 1948) yang diberikan. Dalam menentukan daya dukung tanah, terdapat beberapa cara untuk mengetahui kemampuan tanah dalam memikul beban, salah satunya adalah pengujian California Bearing Ratio. California Bearing Ratio adalah suatu pengujian untuk menentukan suatu kekuatan relative bahan yang digunakan sebagai lapisan pondasi terhadap suatu bahan standart (SNI 03 – 1738 – 2011, Cara Uji CBR Lapangan). Penentuan daya dukung tanah dengan *California Bearing Ratio*, tidaklah terlepas dari pengujian – pengujian parameter tanah lainnya, akan tetapi semuanya saling berhubungan. Oleh karena itu sebelum melakukan pengujian *California Bearing Ratio*, diperlukan pengujian - pengujian tanah lainnya salah satunya adalah pengujian kadar air optimum (*standart proctor*).

Klasifikasi tanah berbutir halus dengan menggunakan simbol ML, CL, OL, MH, CH, dan OH didapat dengan cara menggambar batas cair dan indeks plasisitas tanah yang bersangkutan pada bagan plastisitas (Casagrande, 1948) yang diberikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Sistem Klasifikasi Unified

Deskripsi	Simbol	Klasifikasi	Keterangan
Butiran kasar (lebih dari 75% lolos ayakan No. 75)	GW, GP, GM, GC, SW, SC, SP, SM	Butiran kasar	
Butiran halus (kurang dari 75% lolos ayakan No. 75)	ML, CL, OL, MH, CH, OH	Butiran halus	
Butiran sangat halus (kurang dari 75% lolos ayakan No. 75)	ML, CL, OL, MH, CH, OH	Butiran sangat halus	
Butiran sangat halus (kurang dari 75% lolos ayakan No. 75)	ML, CL, OL, MH, CH, OH	Butiran sangat halus	
Butiran sangat halus (kurang dari 75% lolos ayakan No. 75)	ML, CL, OL, MH, CH, OH	Butiran sangat halus	
Butiran sangat halus (kurang dari 75% lolos ayakan No. 75)	ML, CL, OL, MH, CH, OH	Butiran sangat halus	
Butiran sangat halus (kurang dari 75% lolos ayakan No. 75)	ML, CL, OL, MH, CH, OH	Butiran sangat halus	
Butiran sangat halus (kurang dari 75% lolos ayakan No. 75)	ML, CL, OL, MH, CH, OH	Butiran sangat halus	
Butiran sangat halus (kurang dari 75% lolos ayakan No. 75)	ML, CL, OL, MH, CH, OH	Butiran sangat halus	
Butiran sangat halus (kurang dari 75% lolos ayakan No. 75)	ML, CL, OL, MH, CH, OH	Butiran sangat halus	

Sumber: Braja M. Das, "Mekanika Tanah jilid 1".

Istilah yang umum dipakai untuk hubungan berat adalah kadar air (*moisture content*) dan berat

volume (*unit weigh*). Defenisi dari istilah-istilah tersebut adalah sebagai berikut :

- a) Kadar air (*w*) yang juga disebut sebagai *water content* didefenisikan sebagai perbandingan antara berat air dan berat butiran padat dari volume tanah yang diselidiki.

$$W = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \% \quad \text{..... (persamaan 2.8)}$$

- b) Berat volume tanah (γ) adalah berat tanah per satuan volume.

$$\gamma = \frac{W}{V} \quad \text{..... (persamaan 2.9)}$$

- c) Berat Volume Tanah Kering

$$\gamma_d = \frac{\gamma_s}{1+W} \quad \text{.....}$$

(persamaan 2.10)

Tabel 2. Berat Spesifik Mineral-Mineral Penting

Mineral	Berat Jenis (Gs)
Quartz	2.65
Kaolinite	2.6
Illite	2.8
Montmorillonite	2.65 -2.80
Halloysite	2.0 – 2.55
Potassium Feldspar	2.57
Sodium and Calcium Feldspar	2.62 – 2.76
Chlorite	2.6 - 2.9
Biotite	2.8 – 3.2
Muscovite	2.76 – 3.1
Hornblende	3.0 – 3.47
Limonite	3.6 – 4.0
Olivine	3.27 – 3.37

Sumber: Braja M. Das, "Mekanika Tanah jilid 1".

Sifat-sifat umum mineral lempung :

- a. Hidrasi

Partikel mineral lempung biasanya bermuatan negatif sehingga partikel lempung hampir selalu mengalami hidrasi, yaitu dikelilingi oleh lapisan-lapisan molekul air dalam jumlah yang besar. Lapisan ini sering mempunyai tebal dua molekul dan disebut lapisan difusi, lapisan difusi ganda atau lapisan ganda adalah lapisan yang dapat menarik molekul air atau kation yang disekitarnya. Lapisan ini akan hilang pada

temperature yang lebih tinggi dari 60° sampai 100° C dan akan mengurangi plastisitas alamiah, tetapi sebagian air juga dapat menghilang cukup dengan pengeringan udara saja.

b. Aktivitas (A)

Hary Christady (2006) mendefinisikan aktivitas tanah lempung sebagai perbandingan antara Indeks Plastisitas (*IP*) dengan presentase butiran yang lebih kecil dari 0,002 mm yang dinotasikan dengan huruf *C*, disederhanakan dalam persamaan berikut:

$$A = \frac{IP}{C}$$

(Persamaan 2.1)

Aktivitas digunakan sebagai indeks untuk mengidentifikasi kemampuan mengembang dari suatu tanah lempung. Ketebalan air mengelilingi butiran tanah lempung tergantung dari macam mineralnya. Jadi dapat disimpulkan plastisitas tanah lempung tergantung dari :

- a. Sifat mineral lempung yang ada pada butiran
- 1) Jumlah mineral

Bila ukuran butiran semakin kecil, maka luas permukaan butiran akan semakin besar. Pada konsep Atterberg, jumlah air yang tertarik oleh permukaan partikel tanah akan bergantung pada jumlah partikel lempung yang ada di dalam tanah.

Beberapa keuntungan yang didapatkan dengan adanya pemadatan ini adalah :

1. Meningkatkan kekuatan tanah.
2. Memperkecil pengaruh air terhadap tanah.
3. Berkurangnya penurunan permukaan (*subsidence*), yaitu gerakan vertikal didalam massa tanah itu sendiri akibat berkurangnya angka pori.
4. Mengurangi perubahan volume sebagai akibat perubahan kadar air.

Karakteristik pemadatan dari suatu tanah dapat diketahui dari uji standart di laboratorium. Percobaan-percobaan di laboratorium yang umum dilakukan untuk mendapatkan berat volume kering maksimum dan kadar air

optimum adalah *Proctor Compaction Test* (uji pemadatan proctor).

Penentuan Kadar Air Optimum

Untuk mengetahui kadar air yang optimum pada tanah, maka dilakukan pengujian pemadatan proktor standar, pengujian tersebut dilakukan dengan pemadatan sampel tanah basah (pada kadar air terkontrol) dalam suatu cetakan dengan jumlah 3 lapisan. Setiap lapisan dipadatkan dengan 25 tumbukan yang ditentukan dengan penumbuk dengan massa 2,5 kg dan tinggi jatuh 30 cm. Energi pemadatan sebesar 592,57 kilo Joule/m³.

Kadar air yang memberikan berat kering yang maksimal disebut kadar air optimum. Untuk tanah berbutir halus dalam mendapatkan kadar air optimum digunakan batas plastisnya. Buat kurva hubungan antara kadar air (*w*) sebagai absis dan berat volume tanah kering sebagai ordinat, puncak kurva sebagai nilai γ_d (maks), kurva yang digunakan adalah kurva dari uji pemadatan tanah (proktor standar).

Dari titik puncak ditarik garis vertikal memotong absis, pada titik ini adalah kadar air optimum.

Gambar 1. Kurva hubungan kadar air dengan berat volume kering

Sumber : Hardiyatmo, H.C, 2006, *Mekanika Tanah 1*, Hal 7

Stabilisasi Tanah Lempung Sebagai Subgrade dengan Menggunakan Bahan Aditif Kapur

Untuk mendapatkan kondisi tanah yang memenuhi spesifikasi yang disyaratkan disebut stabilisasi tanah. Memperbaiki sifat-sifat tanah dapat dilakukan dengan cara, yaitu cara pemadatan (secara teknis), mencampur dengan tanah lain, mencampur dengan semen, kapur atau belerang (secara kimiawi), pemanasan dengan temperature tinggi, dan lain sebagainya. Metode atau cara memperbaiki sifat-sifat tanah ini juga sangat bergantung pada lama waktu pemeraman, hal ini disebabkan karena didalam proses perbaikan sifat-sifat tanah terjadi proses kimia dimana memerlukan waktu untuk zat kimia yang ada didalam aditif untuk bereaksi.

Pemeriksaan *Properties* Tanah Asli

Pada tahapan ini dilakukan pengujian-

pengujian laboratorium untuk mengetahui sifat-sifat tanah asli. Pengujian ini dibagi menjadi 2 bagian, yaitu pemeriksaan *basic properties* dan *engineering properties*.

➤ Pemeriksaan *Basic Properties* Tanah Asli

Pengujian Kadar Air
Maksud dari pengujian kadar air tanah adalah mengetahui nilai perbandingan antara berat air di dalam tanah dengan berat butiran tanah tersebut dalam satuan persen. Hasil Pengujian dapat dilihat pada tabel berikut:

Gambar 2. Perhitungan Kadar air pada percobaan water content

Sumber: laboratorium politeknik negeri medan

Pengujian berat jenis Tanah (*Specific Gravity*)

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui perbandingan antara berat isi tanah dengan berat isi air dengan perbandingan volume yang sama pada suhu tertentu. Nilai dari *specific gravity* digunakan percobaan pemadatan dan CBR.

Tabel 3. Hasil pengujian berat jenis tanah

No. Percobaan	1	2	3
No. Piknometer	4	5	6
A Berat Piknometer + Tanah (W2)	59.40	61.50	58.30
B Berat Piknometer (W1)	32.40	35.50	31.10
C Berat	27.00	26.00	27.20

	Tanah (W1-W2)			
D	Temperatur (T°C)	27.00	27.00	27.02
E	Berat Piknometer + Air Pada T°C (W4)	82.80	85.30	82.30
	(W2-W1+W4)	109.80	111.20	110.10
F	Berat Piknometer + Air + Tanah (W3)	99.60	101.50	99.40
G	Isi Tanah (W2 - W1 + W4 - W3)	10.20	9.80	10.70
	Berat Jenis	2.67	2.65	2.60
	Berat jenis rata-rata	2.64		

Langkah-langkah penentuan kadar kapur yang ditambahkan berdasarkan grafik di atas :

1. Plot nilai indeks plastisitas (PI)
2. Tarik garis ke bawah mengikuti kurva sampai berpotongan dengan nilai % lolos saringan no.40
3. Pada perpotongan, tarik garis vertikal dan baca nilai % kapur yang ditambahkan.
4. Pada penelitian ini, tanah dengan PI = 43 dan % lolos no.40 = 36 %, maka persentase kapur yang ditambahkan sebesar 3 %

Kebutuhan persentase kapur yang akan ditambahkan sebagai bahan stabilisasi dapat menggunakan variasi kadar kapur 2% di atas dan 2% di bawah nilai yang sudah didapat (Departemen Pekerjaan Umum, Pedoman Perencanaan Stabilisasi Tanah dengan Bahan Serbuk Pengikat untuk Konstruksi Jalan), sehingga variasi penambahan kapur yang digunakan pada penelitian ini sebesar 1%, 3%, dan 5%.

➤ Penelitian pada Tanah yang Distabilisasi dengan kapur

Pada pengujian ini, tanah yang diuji adalah tanah yang telah dicampur dengan

kapur. Pada proses stabilisasi ini, dilakukan pemeraman agar kita dapat mengetahui perubahan yang terjadi dalam jangka waktu tertentu diakibatkan oleh proses kimia antara tanah, kapur, dan air. Cara perawatan yang

dilakukan terhadap benda uji adalah perawatan kering dimana sampel dibungkus dengan plastik transparan pada suhu kamar, yang diharapkan tidak terjadi terlalu banyak perubahan kadar air.

Masa perawatan yang dilakukan pada setiap sampel adalah 0, 7, dan 14 hari yang nantinya diharapkan didapat hubungan antara masa perawatan dengan kekuatan benda uji.

➤ Pengujian Batas-Batas Konsistensi

Seperti yang telah dipaparkan di atas, pada penelitian ini dilakukan pengujian batas cair (LL) dan batas plastis (PL). Hasil penelitian yang akan dipaparkan adalah hasil pengujian dengan penambahan kapur sebanyak 5% dari berat tanah asli dengan masa pemeraman 14 hari.

➤ Percobaan CBR Laboratorium

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan CBR tanah dan campuran tanah yang dipadatkan di laboratorium pada kadar air tertentu. Nilai CBR adalah nilai yang menyatakan kualitas suatu bahan dibandingkan dengan bahan standar berupa batu pecah yang mempunyai nilai CBR 100%. CBR menunjukkan nilai relatif kekuatan tanah, semakin tinggi kepadatan tanah maka nilai CBR akan semakin tinggi.

Pengujian CBR dilakukan dengan cara melakukan penetrasi ke dalam contoh uji dengan kecepatan penetrasi konstan (1.27mm/menit atau 0.005"/menit) dan besarnya beban yang diperlukan untuk mempertahankan kecepatan penetrasi tersebut dicatat pada interval penetrasi tertentu. Umumnya harga CBR diambil pada penetrasi 2.54 mm (0.1") dengan standar beban 13.24 kN atau setara dengan 3000 lbf.

Persamaan yang digunakan untuk menghitung CBR laboratorium yaitu :
CBR = $\frac{\text{Bahan yang diukur pada penetrasi standar} \times \text{kalibrasi proving ring}}{\text{Standar beban}} \times 100\%$

.....(persamaan III.I)

Berikut adalah data yang diperoleh dari hasil penelitian CBR laboratorium pada sampel 56 pukulan, variasi campuran 5% kapur dengan waktu pemeraman 14 hari.

➤ Karakteristik Tanah Lempung setelah Dicampur dengan kapur

Penambahan kapur terhadap lempung akan mempengaruhi sifat-sifat/ karakteristik

dari lempung tersebut. Adapun parameter-parameter yang akan dibahas sesuai dengan penelitian terhadap campuran lempung-kapur antara lain batas - batas konsistensi, proctor standar/pemadatan, CBR laboratorium, dan unconfined compression strenght (kekuatan tekan bebas tanah

➤ Karakteristik Plastisitas Lempung setelah Distabilisasi dengan kapur

Dalam hal ini, penelitian yang telah dilaksanakan yaitu batas cair (*liquid limit*) dan batas plastis (*plastic limit*). Indeks plastisitas diperoleh dari selisih antara batas cair dengan batas plastis.

Berikut akan dipaparkan grafik - grafik hubungan antara batas cair, batas plastis, dan indeks plastisitas dengan lama pemeraman (*curing time*).

Gambar di bawah ini memaparkan perubahan batas cair yang terjadi seiring dengan variasi penambahan presentase kapur terhadap tanah asli.

➤ Pengaruh penambahan kapur terhadap batas cair

Gambar 4. Perbandingan nilai batas cair lempung yang telah dicampur dengan kapur bervariasi kadar kapur dan waktu pemeraman
sumber :Skripsi

Penurunan nilai batas cair maksimum terjadi pada penambahan kapur 5% dengan masa pemeraman 14 hari, yaitu dari batas cair sebesar 70.30% turun menjadi batas cair sebesar 44.60%. Presentase pengurangan nilai batas cair yaitu sebesar 36.56%.

Presentase penurunan nilai batas cair maksimum terjadi pada masa *curing* 14 hari. Hal ini dapat kita lihat pada tabel di atas dimana pada pemeraman 14 hari terjadi penurunan nilai batas cair sebesar 16.48% dari masa curing

7 hari. Sedangkan pada masa pemeraman 28 hari penurunan nilai batas cair adalah sebesar 4.48% dari masa pemeraman 14 hari. Kondisi ini menggambarkan bahwa setelah masa pemeraman 14 hari terlihat ada penurunan nilai batas cair namun tidak begitu signifikan. Diperkirakan bahwa pada masa pemeraman yang lebih lama nilai batas cair akan konstan. Perilaku ini menunjukkan bahwa reaksi pertukaran ion sudah terjadi pada pemeraman 7 hari atau paling lama 14 hari.

Gambar 5. Perbandingan nilai batas plastis lempung yang telah dicampur dengan kapur berbagai variasi kadar kapur dan waktu pemeraman.

Sumber : Kurva presentasi Data laboratorium

➤ Pengaruh penambahan Kapur terhadap batas plastis

Partikel lempung biasanya bermuatan negatif sehingga partikel lempung hampir selalu mengalami hidrasi, yaitu dikelilingi oleh lapisan-lapisan molekul air dalam jumlah yang besar. Penambahan kapur akan mengganggu proses tarik menarik antara anion dari partikel tanah dengan kation dari partikel air serta proses tarik menarik antara anion dan kation dari partikel air, sehingga partikel tanah kehilangan daya tarik antara partikelnya. Penambahan kapur menyebabkan semakin besar kadar air yang dibutuhkan partikel lempung untuk mencapai kondisi batas plastis.

Kenaikan batas plastis maksimum terjadi pada penambahan kapur sebanyak 5% dengan masa pemeraman 14 hari, yaitu dari batas plastis sebesar 26.87% naik menjadi batas plastis sebesar 36.25%. presentase kenaikan batas plastis dari kondisi tanah asli dan dicampur dengan kapur 5% adalah sebesar 34.91%.

Sama halnya seperti batas cair, presentase kenaikan nilai batas plastis maksimum terjadi pada masa curing 14 hari. Hal ini dapat kita lihat pada tabel di atas dimana pada pemeraman 14 hari terjadi kenaikan nilai batas plastis sebesar 5.56% dari masa curing 7 hari. Sedangkan pada masa pemeraman 28 hari kenaikan nilai batas plastis adalah sebesar 1.02% dari masa pemeraman 14 hari.

Gambar 6. Perbandingan indeks plastisitas lempung yang telah dicampur dengan kapur dengan berbagai variasi kadar kapur dan waktu pemeraman.

Sumber : Kurva presentasi Data laboratorium

➤ Pengaruh Penambahan Kapur pada Tanah Lempung terhadap Plastisitas Tanah Dasar (Subgrade)

Selisih antara batas cair dan batas plastis adalah daerah dimana tanah tersebut dalam keadaan plastis. Indeks plastisitas menunjukkan sifat keplastisitan tanah. Semakin besar plastisitas lempung maka semakin besar pula sifat kohesif lempung tersebut.

Indeks Plastisitas (PI) = Batas Cair (LL) - Batas Plastis (PL)

Hubungan tersebut memperlihatkan bahwa nilai PI sangat tergantung oleh nilai batas cair dan batas plastis. Penambahan presentase kapur dapat menurunkan batas cair dan menaikkan batas plastis, maka indeks plastisitasnya akan menurun. Penurunan tersebut dapat dilihat pada gambar di atas. Akibat penambahan kapur, terjadi penurunan indeks plastisitas dari 43.43% menjadi 8.35% atau sebesar 80.77% pada penambahan 5% masa pemeraman 14 hari

- Pengaruh Penambahan kapur terhadap Berat Isi Kering Maksimum dan Kadar Air Optimum Lempung

Hasil Uji pemadatan standar (proctor standar) menunjukkan bahwa penambahan persentase kapur memperlihatkan kecenderungan penurunan berat isi kering maksimum (*maximum dry density*). Hal ini disebabkan terjadinya pembesaran rongga - rongga antara partikel campuran tanah akibat reaksi pozolan, yaitu reaksi antara silika dan alumina halus yang terkandung dalam tanah lempung dengan kandungan mineral aktif. Hasil dari reaksi pozolan adalah kalsium silikat hidrat yang tidak larut dalam air.

Gambar 7. Hubungan antara persentase kapur dengan berat isi kering maksimum.

Sumber : Kurva presentasi Data laboratorium

Pembesaran rongga - rongga dapat diartikan sebagai kenaikan volume partikel tanah. Sedangkan berat isi kering yaitu perbandingan antara berat partikel tanah dengan volume rongga - rongga tanah. Pembesaran rongga yang terjadi menyebabkan bertambahnya pori - pori tanah yang dapat diisi air, sehingga akan terjadi kenaikan kadar air optimum. Kondisi ini menyebabkan tanah akan semakin padat, kaku, dan stabil. yaitu reaksi antara silika dan alumina halus yang terkandung dalam tanah lempung dengan kandungan mineral aktif. Hasil dari reaksi pozolan adalah kalsium silikat hidrat yang tidak larut dalam air.

Gambar 8. Hubungan antara persentase kapur dengan kadar air optimum.

Sumber : Kurva presentasi Data laboratorium

Gambar 8 memperlihatkan penurunan berat isi kering maksimum seiring dengan penambahan persentase kapur. Penurunan yang terjadi sebesar 6.82% pada penambahan kapur 5% atau dari 1.439 kg/cm³ menjadi 1.257 kg/cm³. Tabel memperlihatkan kenaikan kadar air optimum dari 29.68% menjadi 32.23% atau sebesar 8.59%. Sedangkan pada tabel dapat dilihat hubungan antara kadar air dengan berat isi kering dengan variasi persentase penambahan kapur dari 0% (tanah asli) hingga penambahan 5%.

Gambar 9. Hubungan antara kadar air dengan berat isi kering dari masing - masing persentase kapur.

Sumber : stabilisasi lime practice, 2008

- Pengaruh Penambahan Kapur Terhadap Kekuatan dan Daya Dukung Lempung (Clay)
- Nilai CBR Laboratorium yang telah Distabilisasi dengan Kapur

Hasil Uji CBR sebagaimana tercantum pada gambar menunjukkan adanya kecenderungan peningkatan nilai CBR seiring dengan penambahan persentase kapur. Peningkatan nilai CBR ini disebabkan terjadinya sementasi akibat penambahan kapur. Sementasi ini menyebabkan penggumpalan yang menyebabkan meningkatnya daya ikat antar butiran. Meningkatnya ikatan antar butiran maka akan meningkatkan kemampuan saling

mengunci antar butiran. Selain itu rongga-rongga pori yang telah ada sebagian akan dikelilingi bahan sementasi yang lebih keras, sehingga butiran tidak mudah hancur atau berubah bentuk karena pengaruh air. Nilai CBR maksimum diperoleh pada penambahan kapur sebesar 5% dengan masa perawatan 14 hari, yaitu dari 1.99% menjadi 23.6%.

➤ Berpikir Berpikir

Gambar 9.Perbandingan nilai kuat tekan bebas maksimum lempung yang telah dicampur dengan kapur dengan berbagai variasi kadar kapur dan waktu pemeraman.

Sumber : Data leboratorium

Kenaikan nilai kuat tekan bebas tanah tersebut disebabkan oleh 2 hal yaitu :

Terjadinya pertukaran ion - ion positif (kation) yang ada didalam tanah lempung (Na^+ dan K^+) oleh ion - ion positif yang ada didalam kapur (Ca^{++}). Reaksi pertukaran ion-ion positif ini terjadi dalam waktu yang relatif singkat dan akan menyebabkan proses terjadinya butiran-butiran yang cukup besar (flokulasi). Membesarnya butiran-butiran tanah lempung akan menaikkan nilai sudut gesek dalam tanah tersebut yang berakibat pada kenaikan kuat geser tanah (dalam hal ini kuat tekan bebas).

Terjadinya reaksi posolanik yaitu reaksi pembentukan calsium silikat hidrat (CS-H) atau calsium aluminat hidrat, atau calsium silikat aluminat hidrat (C-S-A-H) oleh terjadinya ikatan antara CaO ditambah air dengan silika (SiO_2) dan alumina (Al_2O_3) yang terkandung di dalam tanah lempung. Hidrat-hidrat tersebut berbentuk gel dan akan mengeras dalam kurun waktu tertentu. Reaksi posolanik ini terjadi dalam waktu yang cukup lama dan dalam kondisi perbandingan antara Ca(OH)_2 dengan (SiO_2) maupun (Al_2O_3) yang cukup proporsional.

Dengan bertambahnya waktu pemeraman, kuat tekan bebas terlihat meningkat, terutama pada waktu pemeraman 14 hari kenaikan kuat tekan bebasnya 15.25%.sedangkan pada masa pemeraman 28 hari kenaikan kuat tekan bebas sebesar 6.26%. Hal ini menunjukkan bahwa reaksi posolanik terjadi dengan baik pada masa pemeraman hingga 14 hari. Namun perlu diingat bahwa semakin panjang waktu pemeraman, kadar air didalam tanah akan menurun. Oleh sebab itu pada waktu pemeraman yang sangat panjang kuat tekan bebas akan turun atau paling tidak konstan. Reaksi posolanik akan terjadi bila ada air. Apabila tidak ada air, CaO pada kapur tidak akan bereaksi dengan silikat dan aluminat yang ada di dalam mineral lempung sehingga proses stabilisasi tidak akan berjalan.

Sistem Klasifikasi Kesatuan Tanah/*Unified Soil Classification System* (USCS)

Adapun data-data yang diperoleh dari

pengujian laboratorium terhadap sampel tanah asli (sebelum dicampur) adalah :

1. Tanah yang lolos saringan no 200 = 67.63 %
2. Batas cair = 70.30 %
3. Indeks plasitas = 43.43 %

Dari data propertis tanah yang diperoleh diatas maka dapat disimpulkan beberapa hal, yaitu :

- a. Berdasarkan nilai presentase lolos saringan no. 200 tanah lempung di atas, presentase tersebut lebih besar dari 50 %, maka berdasarkan tabel klasifikasi USCS tanah ini secara umum dikategorikan golongan tanah berbutir halus.
- b. Dari tabel sistem klasifikasi USCS, data batas cair dan indeks plastisitas diplotkan pada diagram plastisitas sehingga didapatkan identifikasi tanah yang lebih spesifik. Hasil dapat dilihat pada gambar berikut ini :

Gambar 10 Klasifikasi tanah asli menurut USCS

Sumber : buku mekanika tanah admaja 2002

Dapat dilihat pada Gambar 4.1.1 bahwa hasil pengeplotan menunjukkan satu titik pertemuan pengeplotan di atas garis A, yang mana titik temu ini jenis tanah yang diuji. Dengan merujuk pada hasil di atas maka tanah lempung yang diuji termasuk kedalam kelompok CH (*high - plasticity clay*) yaitu tanah lempung tak organik dengan plastisitas tinggi dengan nilai Indeks Plastisitas sebesar 43.43 % (plastisitas tinggi).

➤ Sistem Klasifikasi AASHTO

Berdasarkan pada tabel klasifikasi tanah AASHTO pada Bab 2, apabila persentase tanah lolos saringan no.200 lebih besar dari 35% maka tanah tersebut diklasifikasikan ke dalam kelompok lanau - lempung.

Adapun data - data yang diperoleh dari

penelitian yang telah dilakukan yaitu :

1. Presentasi tanah yang lolos saringan no.200 adalah 67.63%, dengan kata lain tanah tersebut termasuk ke dalam kelompok lanau - lempung
2. Batas cair = 70.30 %
3. Batas plastis = 26.87 %
4. Indeks plastisitas= 43.43 %

Nilai indeks kelompok dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$GI = (F-35)\{0.2 + 0.005 (LL -40)\} + 0.01 (F-15) (PI-10)$$

Dimana :

GI = Indeks Kelompok

F = Persen material lolos saringan no.

200

LL = Batas cair

$$PI = \text{Indeks Plastisitas} \quad GI = (67.63-35)[0.2+0.005(70.30-40)]+0.01(67.63-15)(43.43-10) \\ = 1.15 + 17.59 = 18.74 \sim 19$$

Berdasarkan sistem klasifikasi AASHTO maka tanah lempung yang diteliti dikategorikan ke dalam kelompok A-7-6 (19) dan termasuk dalam klasifikasi tanah berlempung sedang sampai buruk.

4.2.2 Klasifikasi Tanah yang Telah Dicampur dengan Kapur

Setelah tanah dicampur dengan kapur, terjadi perubahan klasifikasi tanah menurut Sistem Unified maupun AASHTO. Menurut Unified, dengan nilai batas cair = 44.60% dan indeks plastisitas = 8.35% maka tanah lempung yang telah dicampur dengan kapur termasuk golongan OL (*low - plasticity of organic clay*) dengan kriteria lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah. Menurut sistem klasifikasi AASHTO terjadi perubahan nilai GI yaitu :

$$GI = (F-35)\{0.2 + 0.005 (LL -40)\} + 0.01$$

$$\begin{aligned} & (F-15) (PI-10) \\ & = (67.63 - 35) \{0.2 + 0.005 (44.60 - 40)\} + \\ & 0.01 (67.63 - 15) (8.35 - 10) \\ & = 7.28 \sim 8 \end{aligned}$$

Berdasarkan sistem klasifikasi AASHTO maka tanah lempung yang diteliti dikategorikan ke dalam kelompok A-5 (8) dan termasuk dalam klasifikasi tanah berlanau sedang sampai buruk.

Pengaruh Stabilisasi Lempung dengan Kapur Terhadap Indeks Plastisitas, CBR Laboratorium, dan Kuat Tekan Bebas

Gambar 11..Perbandingan pengaruh kapur terhadap nilai indeks plastisitas, CBR laboratorium, dan kuat tekanan bebas.

Sumber : balai geoteknik jalan 2009

Dari grafik penurunan dan kenaikan nilai properties akibat stabilisasi menggunakan kapur di atas, pengaruh yang paling dominan akibat stabilisasi dengan kapur yaitu penurunan indeks plastisitas, yaitu dari 43.43% menjadi 8.35% dengan besar penurunan yaitu 35.08 %. Nilai CBR Laboratorium juga mengalami kenaikan yang signifikan, yaitu dari 1.99 % menjadi 23.6 % atau naik sebesar 21.61%. Stabilisasi dengan kapur juga mengubah sifat tanah unconfined dalam sistem klasifikasi kuat tekan bebas tanah, yaitu dari 0.204 kg/cm² menjadi 0.703 kg/cm² atau dari jenis very soft menjadi medium dengan kenaikan sebesar 0.499 kg/cm².

SIMPULAN

Dari hasil penelitian dan analisa yang dilakukan oleh penyusun, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

Hasil pengujian laboratorium terhadap tanah asli diantaranya :

Berdasarkan data hasil pengujian di atas maka disimpulkan bahwa tanah lempung yang diuji termasuk golongan CH (menurut USCS) dan A-7-6 (19) (menurut AASHTO) yaitu tanah lempung tak organik dengan plastisitas tinggi dengan nilai Indeks Plastisitas sebesar 43,73 % (plastisitas tinggi).

Dari hasil percobaan di laboratorium terhadap tanah asli yang dicampur kapur, kadar kapur optimum untuk menstabilisasi tanah dengan sifat - sifat di atas adalah sebesar 5% dengan waktu pemeraman 14 hari.

Hasil pengujian laboratorium terhadap

Kadar air = 14.82%

Berat jenis = 2.64

Batas cair = 70.30%

Batas plastis = 26.87%

Indeks plastisitas = 43.43%

Kadar air optimum = 29.68%

Berat isi kering maksimum = 1.349kg/cm³

CBR unsoaked = 1.99%

Kuat tekan bebas = 0.204 kg/cm

lempung yang dicampur dengan 5%

Batas cair = 44.60%

Batas plastis = 36.25%

Indeks plastisitas = 8.35%

Kadar air optimum = 32.23%

Berat isi kering maksimum = 1.257 kg/cm³

CBR unsoaked = 23.6%

Kuat tekan bebas = 0.703 kg/cm

DAFTAR PUSTAKA

- Australian Stabilisation Industry Association,
2008.*Lime Stabilisation Practice..*
- Das Braja M, 1985. *Mekanika Tanah. Prinsip Rekayasa Geoteknis*), Jilid II, Erlangga, Jakarta.
- Das Braja M, 1988. *Mekanika Tanah Rekayasa Geoteknis*, Jilid I, Erlangga, Jakarta.
- DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM, 1987.
Standar Konstruksi Bangunan Indonesia.No.378/KPTS/1987.
Jakarta.
- DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM.
Pedoman Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil, 2007.*Perencanaan Stabilisasi Tanah dengan Bahan Serbuk Pengikat untuk Konstruksi Jalan.*Jakarta.
- DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM. *Pelaksanaan Stabilisasi Bahan Jalan Langsung di Tempat dengan Bahan Serbuk Pengikat*, Jakarta
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Prasarana Transportasi, 2003, *Laporan Akhir Pengembangan Panduan Konstruksi Jalan di Atas Tanah Ekspansif.*
- Bidang Geoteknik di Pusat Penelitian dan Pengembangan Prasarana Transportasi Departemen Pekerjaan Umum.