

PENGARUH PENAMBAHAN KAPUR PADA TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DARI DUSUN BODROREJO KLATEN

Ninik Ariyani¹⁾, Ana Yuni M²⁾

¹⁾ Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UKRIM Yogyakarta

²⁾ Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UKRIM Yogyakarta

Abstract

Soil as a foundation of structure must have good characteristics and bearing capacity as a strength of a structure will be directly influenced by basic soil capacity to receive and to continue a load. Expansive clay is kind of soil having high activation in a volume change caused by a change of water level. It is important to consider the soil as a foundation of building's structure. The soil generally has a high plasticity index and contains minerals with quite tend to expand, which then will affect on the decrease of soil stability degree, so it can destroy parts of the above buildings.

In this research, used lime as stabilization material for expansive clay from Dusun Bodrorejo, Kalaten to repair physical characteristic and to improve the supporting of foundation soil. The addition of lime was done by addition percentage of 2 %, 5 %, 8 %, dan 10 % of dry weight of the soil and variation of curing time 3 days, 7 days, and 14 days. The laboratory tests were the Proctor Standard Test, Unconfined Compression Test and the soil physically characteristic test.

The result of the test showed that the addition 10 % of lime decreased the soil plasticity index 36,80 % become 4,55 % to curing time of 3 days, 4,85 % to curing time 7 days, and 2,87 % to curing time 14 days. On the unconfined compression test with addition of lime, it could be seen that it tended to decreased it's unconfined compression. It was because of friction on the soil or because angel of internal friction on the soil.

Keywords : lime, expansive caly, commpression.

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Tanah sebagai dasar perletakan suatu struktur harus mempunyai sifat dan daya dukung yang baik, karena kekuatan suatu struktur secara langsung akan dipengaruhi oleh kemampuan tanah dasar dalam menerima dan meneruskan beban yang bekerja. Tidak semua tanah di alam ini mempunyai sifat dan daya dukung yang baik. Beberapa lokasi sering dijumpai tanah jelek yaitu tanah yang tidak mempunyai sifat dan daya dukung yang baik.

Tanah yang akan dipergunakan dalam pekerjaan Teknik Sipil memiliki beberapa kriteria, diantaranya haruslah mempunyai indeks plastisitas <17% (Hardiyatmo HC,1992), karena tanah yang mempunyai indeks plastisitas >17% dapat mempengaruhi masalah teknis, sifat tanah ini mudah menyerap air dan menyebabkan kembang susut yang besar.

Tanah dengan IP>17% dikategorikan sebagai tanah lempung (Hardiyatmo HC, 1992). Lempung merupakan jenis tanah berbutir halus yang sangat dipengaruhi oleh kadar air dan mempunyai sifat yang cukup rumit. Kadar air mempengaruhi sifat kembang susut dan kohesi pada tanah berbutir halus jenis lempung. Lempung yang mempunyai fluktuasi kembang susut yang tinggi disebut lempung ekspansif. Tanah lempung ekspansif ini sering menimbulkan kerusakan pada bangunan seperti jalan bergelombang, retaknya dinding, dan terangkatnya pondasi.

Tanah dari dusun Bodrorejo, kecamatan Trucuk, kabupaten Klaten adalah salah satu contoh tanah lempung ekspansif. Kondisi tanah di tempat ini pada waktu musim penghujan yaitu ketika kadar

airnya meningkat akan mengembang, becek, dan sangat liat, akan tetapi ketika musim kemarau kondisi tanahnya akan menyusut, pecah-pecah/retak-retak dan membentuk bongkahan-bongkahan pada permukaannya. Masyarakat sekitar menyebutnya dengan sebutan lemah ireng/tanah hitam karena warnanya yang hitam. Oleh karena kondisi kembang susut di atas menyebabkan kerusakan pada bangunan seperti retak-retak pada tembok rumah, pecah-pecah pada lantai, dan jalan aspal yang pecah dan bergelombang.

Sebagian besar masyarakat di sini tidak menggunakan dinding tembok pada bangunan rumahnya melainkan menggunakan dinding dari papan kayu. Untuk memperkecil kerusakan pada bangunan akibat kembang susut tanah kehesif ini biasanya masyarakat dengan tingkat ekonomi yang lebih tinggi membangun rumahnya dengan pondasi yang kuat yaitu pondasi plat/cor sehingga biaya yang dikeluarkannya cukup tinggi. Usaha tersebut hanya akan memperkuat struktur bangunan tersebut tetapi tidak bisa menambah daya dukung tanah sebagai dasar perletakkannya.

Penelitian mengenai stabilisasi tanah lempung telah banyak dilakukan, antara lain penelitian Rosyidi dan Sucriana (2000) pada tanah lempung ekspansif dengan penambahan kapur dan abu sekam padi dan penelitian Agung Prihanto (2001) pada tanah lempung dengan penambahan kerak ketel. Dari penelitian di atas dijelaskan bahwa dengan penambahan zat *aditif* (kapur, abu sekam padi, kerak ketel) akan mampu memperbaiki sifat-sifat mekanik tanah dan meningkatkan daya dukung tanah lempung ekspansif.

Pada penelitian ini akan dicoba memperbaiki tanah lempung ekspansif dari dusun Bodrorejo, kecamatan Trucuk, kabupaten Klaten tersebut dengan penambahan kapur untuk meningkatkan nilai kuat tekan bebas (*Unconfined Compressive Strength*) dan daya dukung tanah dasar pondasi.

B. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan kapur sesuai dengan variasi prosentase dan waktu pemeraman untuk menstabilkan tanah lempung ekspansif. Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah untuk memberikan sumbangan pengetahuan kepada masyarakat bahwa penggunaan kapur dapat sebagai alternatif bahan tambah untuk menstabilkan tanah lempung ekspansif. Manfaat praktis yang diharapkan adalah mengetahui bagaimana pengaruh penambahan kapur sebagai bahan tambah pada tanah lempung ekspansif terhadap peningkatan daya dukung tanah.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Klasifikasi Tanah

Pada umumnya tanah diklasifikasikan sebagai tanah kohesif dan tanah tidak kohesif atau sebagai tanah berbutir kasar dan halus. Di alam, jenis dan sifat tanah sangat bervariasi, yang ditentukan oleh perbandingan banyaknya fraksi (kerikil, pasir, lanau, dan lempung) serta gradasi dan sifat plastisitas butir halus. Klasifikasi tanah sangat membantu perencana dalam memberikan pengarahan melalui cara empiris yang tersedia dari hasil pengalaman yang lalu. Namun tidak mutlak, karena perilaku tanah sukar diduga. (Sudarmo, Purnomo, 1997). Klasifikasi tanah bertujuan membagi tanah dalam beberapa golongan tanah dengan kondisi dan sifat yang mirip diberi simbol dan nama yang sama. Sistem klasifikasi tanah untuk keperluan teknik didasarkan pada sifat-sifat indeks tanah seperti distribusi ukuran butir dan plastisitasnya (Das, 1998). Ada dua sistem klasifikasi yang biasa dipakai dalam bidang teknik yaitu sistem klasifikasi *Unified* dan AASHTO.

Klasifikasi tanah dari sistem *Unified* (USCS) pertama kali diajukan oleh Casagrande pada tahun 1942 yang kemudian direvisi oleh kelompok teknisi dari USBR (*United State Bureau of Reclamation*). Pada sistem *Unified*, suatu contoh tanah diklasifikasikan ke dalam tanah berbutir kasar (kerikil dan pasir) jika lebih dari 50% tertinggal dalam saringan No. 200, dan sebagai tanah berbutir halus (lanau dan lempung) jika lebih dari 50% lolos saringan No. 200 (Hardiyatmo, 1992). Simbol-simbol yang digunakan pada sistem *Unified* ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Simbol-simbol yang digunakan pada sistem *Unified*

No.	Simbol	Keterangan
1.	G	Kerikil (<i>gravel</i>)
2.	S	Pasir (<i>sand</i>)
3.	C	Lempung (<i>clay</i>)
4.	M	Lanau/lumpur (<i>silt/mud</i>)
5.	O	Lanau atau lempung organik (<i>organic silt and clay</i>)
6.	Pt	Tanah gambut/tanah organik tinggi (<i>peat and highly organic soil</i>)
7.	W	Tanah bergradasi baik (<i>well-graded</i>)
8.	P	Tanah bergradasi buruk (<i>poorly-graded</i>)
9.	H	Tanah berplastisitas tinggi (<i>high-plasticity</i>)
10.	L	Tanah berplastisitas rendah (<i>low-plasticity</i>)

(Sumber : Hardiyatmo, 1992).

Klasifikasi tanah berbutir halus dengan simbol CH, OL, CL, OH dan sebagainya didapat dengan cara menggambarkan nilai batas cair dan indeks plastisitas pada bagan plastisitas (*plasticity chart*). Nilai indeks plastisitas dan macam tanahnya ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Nilai indeks plastisitas dan macam tanah

Indeks Plastisitas	Sifat	Macam Tanah	Kohesi
0	Non plastis	Pasir	Non kohesif
< 7	Plastisitas rendah	Lanau	Kohesif
7 – 17	Plastisitas sedang	Lempung berlanau	Kohesif
> 17	Plastisitas tinggi	Lempung	Kohesif

(Sumber : Hardiyatmo, 1992).

Sistem klasifikasi AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials Classification*) dipergunakan untuk menentukan kualitas tanah pada perencanaan timbunan jalan, *subbase*, dan *subgrade*. Sistem klasifikasi tanah ini dikembangkan pada tahun 1929 oleh *Public Road Administration Classification System*). Setelah dilakukan beberapa kali perubahan, sekarang telah digunakan dan dianjurkan oleh *Committee on Classification of Material for Subgrade and Granular Type Roads of the Highway Research Board* sejak tahun 1945.

Sistem klasifikasi AASHTO membagi tanah ke dalam 8 kelompok, yaitu A-1 sampai A-8 termasuk sub-sub kelompok. Tanah-tanah dalam tiap kelompoknya dievaluasi terhadap indeks kelompoknya yang dihitung dengan rumus-rumus empiris. Pengujian yang digunakan hanya analisis saringan dan batas-batas konsistensi tanah (*Atterberg limits*).

B. Tanah Lempung Ekspansif

Tanah lempung ekspansif adalah tanah lempung yang memiliki aktifitas yang tinggi dalam perubahan volume akibat adanya perubahan kadar air. Dalam permasalahan teknik sipil, partikel lempung akan senantiasa bersentuhan dengan air. Interaksi antara partikel lempung, air, dan bermacam-macam bahan yang terlarut dalam air menjadi faktor penentu yang utama bagi sifat-sifat tanah yang tersusun dari partikel-partikel tersebut.

Jenis tanah yang perlu diperhatikan sebagai dasar struktur bangunan adalah jenis tanah lempung ekspansif. Dikatakan demikian karena tanah lempung ini umumnya mengandung mineral yang potensial pengembangannya cukup tinggi yang kemudian berpengaruh pada turunya nilai stabilitas tanah tersebut sehingga dapat merusak bagian bangunan yang dibangun di atasnya. Apabila suatu bangunan teknik sipil dibangun di atas tanah lempung ekspansif tanpa memperbaiki tanah dasarnya maka bangunan itu akan mengalami kerusakan. Kerusakan itu terjadi pada saat tanah tersebut mengalami aktifitas mengembang yang dipengaruhi oleh air dan mengalami penurunan pada nilai stabilitasnya dalam mendukung bangunan di atasnya.

Potensi pengembangan yang dimiliki suatu tanah lempung ekspansif dalam kapasitas/tingkat pengembangan perlu diketahui. Hal ini penting karena potensi bahaya yang diakibatkan oleh

pengembangan tanah dapat menyebabkan kerusakan pada konstruksi bangunan. Sejumlah usaha/percobaan telah dilakukan untuk mendapatkan metoda identifikasi yang dapat diandalkan. Hubungan antara potensi pengembangan tanah lempung ekspansif dengan indeks plastisitasnya ditunjukkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Hubungan potensi pengembangan dengan indeks plastisitas.

Potensi pengembangan	Indeks Plastisitas (%)
Rendah	0 – 15
Sedang	10 – 35
Tinggi	20 – 55
Sangat tinggi	> 55

(Sumber : Chen, 1975 dalam Agung Prihanto, 2001).

C. Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah adalah usaha untuk memperbaiki sifat-sifat tanah yang ada, sehingga didapatkan sifat-sifat tanah yang memenuhi syarat-syarat teknis untuk lokasi konstruksi bangunan. Tujuan lain dari stabilisasi tanah ini yaitu untuk memperbaiki kondisi tanah tersebut, kemudian mengambil tindakan yang tepat terhadap masalah-masalah yang dihadapi. Stabilisasi tanah dapat dilakukan dengan salah satu atau gabungan pekerjaan-pekerjaan berikut :

- a. Secara mekanis, yaitu stabilisasi dengan berbagai macam peralatan mekanis seperti mesin gilang (*roller*), benda-benda berat yang dijatuhkan (*ponder*), peledakan dengan alat peledak (*eksplosif*), tekanan statis, pembekuan dan pemanasan.
- b. Bahan pencampur/tambahan (*additive*) yaitu kerikil untuk tanah kohesif (lempung), lempung untuk tanah berbutir kasar, dan pencampur kimiawi seperti semen, gamping/kapur, abu batubara, semen aspal, abu sekam padi, *baggase ash*, dan lain-lain.

D. Pemadatan Tanah

Pemadatan adalah peristiwa bertambahnya berat volume kering oleh beban dinamis. Tiga komponen yang mempengaruhi pemadatan tanah, yaitu sifat dasar dari tanah yang tergantung dari jenis mineral dan komposisinya dalam tanah, kadar air tanah, dan energi pemadat yang diberikan. Tujuan pemadatan adalah untuk memperbaiki sifat-sifat teknis massa tanah yaitu menaikkan kekuatannya, memperkecil pemampatannya dan daya rembes airnya, serta memperkecil pengaruh air terhadap tanah (Soedarmo dan Purnomo, 1997). Percobaan pemadatan di laboratorium dilaksanakan untuk memperoleh kadar air optimum dan berat isi kering maksimum.

Sedangkan menurut Craig (1991), pemadatan (*compaction*) adalah proses naiknya kerapatan tanah dengan memperkecil jarak antar partikel sehingga terjadi reduksi volume udara dan tidak terjadi perubahan volume air yang cukup berarti pada tanah ini. Umumnya, makin tinggi derajat pemadatan, makin tinggi pula kekuatan geser dan makin rendah kompresibilitas tanah. Derajat kepadatan tanah diukur berdasarkan satuan berat volume kering (*dry density*) yaitu massa partikel padat per satuan volume tanah.

E. Kapur

Kapur dihasilkan dari pembakaran Kalsium Karbonat (CaCO_3) atau batu kapur alam (*natural limestone*) dengan pemanasan $\pm 980^\circ \text{C}$ karbon dioksidanya dilepaskan sehingga tinggal kapurnya saja (CaO). Kalsium oksida yang diperoleh dari proses pembakaran tersebut dikenal dengan *quick lime*. Kapur dari hasil pembakaran ini bila ditambah air akan mengembang dan retak-retak. Banyaknya panas yang keluar selama proses ini akan menghasilkan kalsium hidroksida (Ca(OH)_2). Proses ini disebut *slaking* adapun hasilnya disebut *slaked lime* atau *hydrated lime*.

Bila kalsium hidroksida ini dicampur air akan diperoleh mortel kapur. Mortel kapur di udara terbuka menyerap karbon dioksida (CO₂), dengan proses kimia akan menghasilkan CaCO₃ yang bersifat keras dan tidak larut dalam air. Pada reaksi hidrasi ini akan dihasilkan kapur bebas atau kapur padam (Ca(OH)₂). Kapur padam ini bila direaksikan/ditambah silikat atau aluminat akan membentuk suatu *gel* sebagai bahan ikat.

Kalsium hidroksida (*slaked lime*) paling banyak digunakan sebagai bahan stabilisasi tanah dan disarankan berupa bubuk. Ini sangat penting untuk mengurangi masalah yang timbul yaitu menghindari iritasi kulit bagi pekerja konstruksi.

F. Kekuatan Geser Tanah

Kuat geser tanah adalah kemampuan tanah melawan tegangan geser yang timbul dalam tanah. Kekuatan geser tanah terdiri dari dua komponen yaitu :

1. Bagian yang bersifat kohesi yang tergantung kepada macam tanah dan kepadatan butirnya.
2. Bagian yang mempunyai sifat gesekan (*frictional*) yang sebanding dengan tegangan efektif yang bekerja pada bidang geser.

Hipotesis mengenai kekuatan geser tanah pertama kali dikemukakan oleh Coulumb sekitar tahun 1773 dengan persamaan sebagai berikut :

$$\tau = C + \sigma \tan \phi \quad (2.4)$$

dengan τ = kekuatan/tegangan geser, C = kohesi, σ = tegangan/tekanan normal, dan ϕ = sudut geser dalam tanah.

Untuk mendapatkan parameter-parameter kekuatan geser tanah dapat dilakukan percobaan-percobaan antara lain :

1. percobaan geser langsung (*Direct Shear Test*),
2. percobaan triaksial (*Triaxial Test*),
3. percobaan kuat tekan bebas (*Unconfined Compression Test*),
4. percobaan baling-baling (*Vane Shear Test*).

G. Kuat Tekan Bebas (*Unconfined Compression*)

Salah satu parameter yang dipakai untuk menentukan kekuatan geser tanah adalah pengujian kuat tekan bebas tanah (*Unconfined Compression Test*). Percobaan kuat tekan bebas di laboratorium dilaksanakan untuk mengetahui besarnya kuat geser tanah lempung jenuh air (kohesif).

Kuat tekan bebas adalah besarnya tekanan aksial yang diperlukan untuk menekan suatu silinder tanah sampai pecah atau besarnya tekanan yang memberikan perpendekan tanah sampai 20% apabila sampai dengan perpendekan 20% tanah tidak pecah. Percobaan tekan bebas (*Unconfined Compression Test*) di laboratorium dilaksanakan untuk menentukan kuat tekan bebas tanah kohesif. Pemeriksaan kuat tekan bebas dapat dilakukan pada tanah asli atau contoh tanah padat buatan.

Cara melakukan pengujian ini adalah sama seperti uji triaksial tetapi tidak ada tegangan sel (yaitu $\sigma_3 = 0$). Jika lempung tersebut mempunyai derajat kejenuhan 100% maka kekuatan gesernya dapat langsung ditentukan dari kekuatan *unconfined* tanah tersebut.

Tekanan aksial yang bekerja pada tanah dapat dituliskan kedalam persamaan berikut:

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (2.5)$$

dengan P = gaya beban yang bekerja dan A = luas penampang tanah.

Perhitungan daya dukung untuk tanah lempung hampir selalu didasarkan pada pengukuran *Undrained Shear Strength* dengan menganggap lempung tersebut mempunyai harga

C dan $\phi = 0$. Harga C dan ϕ tersebut dimasukkan kedalam persamaan daya dukung (persamaan 2.4). karena $\phi = 0$ maka persamaan tersebut menjadi :

$$\tau = C + \sigma \tan \phi = C = \frac{qu}{2} \quad (2.7)$$

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah lempung ekspansif yang berasal dari Dusun Bodrorejo, Kecamatan Trucuk, Klaten sedangkan kapur yang digunakan adalah jenis kapur padam.

B. Alat

Alat utama yang digunakan adalah alat pemadatan Standar Proctor (Proctor Standard) dan Alat Uji Tekan Bebas (*Unconfined Compression Test*).

C. Pengujian

Cara penelitian dengan melakukan uji standar Proctor pada campuran tanah dan kapur dengan penambahan kapur sebanyak 0 %, 5 %, 8 %, dan 10 % terhadap berat kering tanah. Pada masing-masing campuran tersebut dilakukan pemeraman selama 3, 7, dan 14 hari. Untuk mendapatkan kepadatan kering tanah maksimum (MDD) dan kadar air optimum dilakukan uji standar Proctor sebanyak 6 kali dengan kadar air yang bervariasi. Uji tekan bebas dilakukan pada campuran tanah dan kapur dengan kondisi kadar air tanah optimum yang diperoleh pada uji standar Proctor.

IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

1. Hasil Uji Karakteristik Tanah Lempung

Data-data yang diperoleh dari penelitian sebagai acuan penentu karakteristik tanah lempung ekspansif dari Dusun Bodrorejo, Kecamatan Trucuk, Kabupaten Klaten adalah sebagai berikut.

1. Gravitasi khas (*Specific Gravity*) = 2,64
2. Batas cair tanah (LL) = 60,72 %
3. Batas plastis tanah (PL) = 23,93 %
4. Indeks plastisitas (PI) = 36,80 %
5. Kadar air optimum (w_{opt}) = 22,10 %
6. Berat volume kering maksimum (γ_d maks) = 1,56 gr/cm³
7. Kuat tekan bebas tanah (q_u) = 0,585 kN/m²
8. Klasifikasi tanah menurut USCS (*Unified*) = CH (lempung an organik plastisitas tinggi)

2. Pengaruh Penambahan Kapur Terhadap Nilai *Specific Gravity* (Gs)

Hasil uji *specific gravity* pada tanah asli dan contoh tanah sesuai prosentase penambahan kapur dan variasi waktu pemeramannya disajikan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Hasil Uji *Specific Gravity* (G_s)

Pemeraman	Campuran	<i>Specific gravity</i> (G_s)
0 hari	Tanah asli	2,64
3 hari	Tanah + 2% kapur	2,56
	Tanah + 5% kapur	2,55
	Tanah + 8% kapur	2,56
	Tanah + 10% kapur	2,46
7 hari	Tanah + 2% kapur	2,57
	Tanah + 5% kapur	2,55
	Tanah + 8% kapur	2,32
	Tanah + 10% kapur	2,22
14 hari	Tanah + 2% kapur	2,51
	Tanah + 5% kapur	2,34
	Tanah + 8% kapur	2,34
	Tanah + 10% kapur	2,34

3. Pengaruh Penambahan Kapur Terhadap Nilai Batas Cair, Batas Plastis, dan Indeks Plastisitas

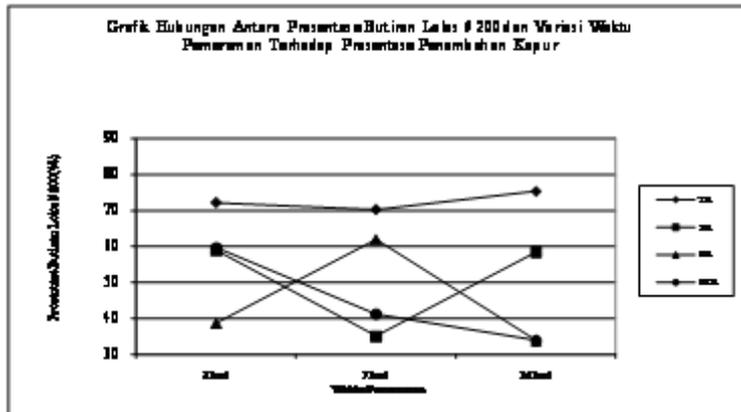
Dari uji batas-batas konsistensi tanah (*Atterberg Limit*) yang meliputi uji batas cair (LL), batas plastis (PL), dan indeks plastisitas (PI) tanah asli dan semua contoh tanah sesuai prosentase penambahan kapur dan variasi waktu pemeramannya diperoleh hasil yang disajikan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Hasil Uji Batas Konsistensi Tanah (*Atterberg Limit*)

Pemeraman	Campuran	Atterberg Limit		
		LL (%)	PL (%)	PI (%)
0 hari	Tanah asli	60,72	23,93	36,80
3 hari	Tanah + 2% kapur	52,58	29,96	22,62
	Tanah + 5% kapur	49,63	30,71	18,92
	Tanah + 8% kapur	37,06	30,10	6,96
	Tanah + 10% kapur	35,28	30,73	4,55
7 hari	Tanah + 2% kapur	48,67	32,60	16,07
	Tanah + 5% kapur	46,48	34,34	12,14
	Tanah + 8% kapur	40,68	35,21	5,47
	Tanah + 10% kapur	41,43	36,60	4,83
14 hari	Tanah + 2% kapur	54,63	30,70	23,92
	Tanah + 5% kapur	43,58	34,15	9,42
	Tanah + 8% kapur	40,81	35,49	5,32
	Tanah + 10% kapur	39,66	36,87	2,87

4. Pengaruh Penambahan Kapur Terhadap Prosentase Butiran Lolos Saringan # 200

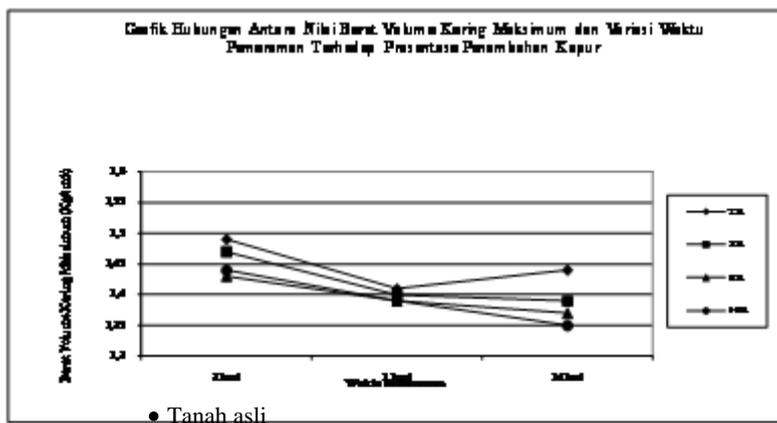
Dari uji gradasi ukuran butiran (*Grain Size Analysis*) yang meliputi analisis saringan dan sedimentasi (hidrometer) diperoleh hasil prosentase lolos saringan # 200 untuk setiap contoh tanah disajikan pada Gambar (4.1) berikut.



Gambar (4.1). Hubungan antara prosentase butiran lolos # 200 dan variasi waktu pemeraman terhadap prosentase penambahan kapur

5. Hasil uji pengaruh penambahan kapur terhadap nilai berat volume kering maksimum ($\gamma_{d maks}$) dan kadar air optimum (w_{opt})

Dari uji pemadatan standar (*Proctor Standart Compaction*) diperoleh nilai berat volume kering maksimum ($\gamma_{d maks}$) dan kadar air optimum (w_{opt}) untuk setiap contoh tanah sesuai prosentase penambahan kapur dan variasi waktu pemeraman disajikan pada Gambar (4.2).



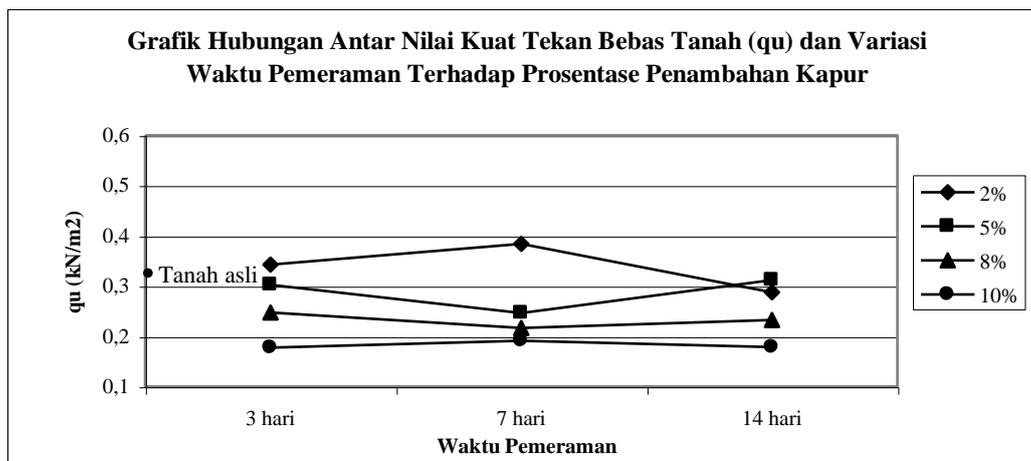
Gambar 4.2. Hubungan antara berat volume kering maksimum ($\gamma_{d maks}$) tanah dan variasi waktu pemeraman terhadap prosentase penambahan kapur.

6. Hasil Uji Tekan Bebas

Tabel 4.3. Hasil Uji Kuat Tekan Bebas Tanah

Pemeraman	Campuran	q_u (kN/m ²)
0 hari	Tanah asli	0,585
2 hari	Tanah + 2% kapur	0,343
	Tanah + 5% kapur	0,302
	Tanah + 8% kapur	0,274
	Tanah + 10% kapur	0,177
7 hari	Tanah + 2% kapur	0,384
	Tanah + 5% kapur	0,246
	Tanah + 8% kapur	0,217
	Tanah + 10% kapur	0,191
14 hari	Tanah + 2% kapur	0,287
	Tanah + 5% kapur	0,312
	Tanah + 8% kapur	0,232
	Tanah + 10% kapur	0,178

Dari hasil uji kuat tekan bebas pada setiap prosentase penambahan kapur dan variasi waktu pemeraman diplotkan kurva hubungan antara waktu pemeraman dengan q_u masing-masing benda uji sebagaimana ditunjukkan pada Gambar (4.3) berikut.



Gambar 4.3. Hubungan antara nilai kuat tekan bebas (q_u) tanah dan variasi waktu pemeraman terhadap prosentase penambahan kapur.

B. Pembahasan

Dari uji yang dilakukan terhadap tanah asli, didapatkan nilai indeks plastisitas tanah sebesar 36,80% dan nilai fraksi lolos saringan # 200 sebesar 81,81%. Bila tanah tersebut diklasifikasikan menurut USCS tanah tersebut masuk dalam kelompok CH yaitu lempung an organik dengan plastisitas tinggi (*high plasticity clay*). Dari nilai PI sebesar 36,80% dan prosentase fraksi lempung (0,002 mm) sebesar 6%, maka didapatkan besarnya aktifitas tanah yaitu sebesar 6,13 (>1), maka tanah tersebut kemungkinan terdiri dari mineral lempung mortmorillionite. Untuk memastikan jenis mineral lempungnya harus dilakukan uji difraksi sinar x. Mineral lempung mortmorillionite mempunyai luas permukaan lebih besar dan sangat mudah menyerap air dalam jumlah banyak bila dibandingkan dengan mineral lempung lainnya, sehingga tanah lempung ini mudah mengembang. Karena sifat tersebut lempung mortmorillionite sangat menimbulkan masalah pada bangunan. Dari uji kuat tekan bebas diperoleh nilai q_u sebesar 0,585 kN/m² dan nilai kohesi (C) sebesar 0,293 kN/m², maka dapat dikatakan bahwa tanah asli mempunyai kuat dukung yang rendah.

Dari pengujian diketahui bahwa penambahan kapur cenderung menurunkan nilai *Specific Gravity* (G_s) tanah, hal ini disebabkan karena bercampurnya dua bahan dengan *specific gravity* yang berbeda. Selain itu, proses sementasi pada tanah dan kapur menyebabkan terjadinya penggumpalan yang merekatkan antar partikel. Rongga-rongga pori yang telah ada sebagian akan dikelilingi bahan sementasi yang lebih keras dan lebih sulit ditembus air. Rongga pori yang terisolasi oleh lapisan sementasi kedap air akan terukur sebagai volume butiran sehingga memperbesar volume butiran dan selanjutnya menurunkan nilai G_s . Hasil uji *specific gravity* selengkapnya dapat pada lampiran 1-13.

Penambahan kapur dan lama waktu pemeraman menyebabkan nilai batas cair dan indeks plastisitas tanah cenderung mengalami penurunan. Nilai indeks plastisitas tanah asli sebesar 30,80% turun menjadi 4,55% pada pemeraman 3 hari, 4,83% pada pemeraman 7 hari dan 2,87% pada pemeraman 14 hari untuk prosentase penambahan kapur sebesar 10%. Kecenderungan penurunan indeks plastisitas tanah oleh penambahan kapur dikarenakan proses sementasi antara tanah dan kapur sedang terjadi. Dengan turunnya nilai indeks plastisitas dapat menyebabkan turunnya nilai potensial pengembangan tanah dan sifat-sifat tanah akan semakin baik untuk digunakan sebagai tanah dasar perletakan pondasi.

Penambahan kapur dan lama waktu pemeraman menyebabkan perubahan komposisi fraksi tanah yaitu menurunnya nilai prosentase butiran lolos saringan # 200. Hasil ini menyatakan bahwa terjadi penggumpalan akibat proses sementasi sehingga sebagian partikel tanah berubah berukuran lebih besar. Dengan melihat prosentase butiran lolos saringan # 200 contoh tanah uji ini dapat diklasifikasikan baik secara *Unified* (USCS) maupun AASHTO. Contoh tanah asli bila diklasifikasikan secara USCS adalah jenis CH (lempung an organik dengan plastisitas tinggi atau lempung gemuk/*fat clays*) dengan prosentase lolos saringan # 200 lebih dari 50% yaitu sebesar 81,81%, sedangkan menurut AASHTO tanah asli masuk dalam sub kelompok A-7-6. Tanah yang masuk dalam sub kelompok A-7-6 tidak baik untuk tanah dasar pondasi. Semakin banyak penambahan kapur pada tanah terjadi penurunan gradasi butiran lolos saringan # 200 dan turunnya nilai batas cair dan indeks plastisitas tanah. Dengan terlihat pada setiap prosentase penambahannya terjadi penurunan prosentase butiran lolos saringan # 200 dari tanah aslinya. Penggumpalan paling baik terjadi pada prosentase penambahan kapur 8% dan waktu pemeraman 14 hari yaitu sebesar 33,98%. Tanah dengan penambahan kapur ini bila diklasifikasikan menurut USCS masuk dalam jenis ML (lanau an organik dan pasir sangat halus), sedangkan menurut AASHTO masuk dalam kelompok A-5. Tanah yang masuk dalam kelompok A-5 masih dinilai baik sebagai dasar perletakan pondasi.

Pada uji pemadatan standar (*Proctor Standart Compaction*) diperoleh nilai berat volume kering tanah asli sebesar 1,56 gr/cm³. Terjadi penurunan berat volume kering tanah seiring dengan penambahan prosentase kapur dan variasi waktu pemeraman, penurunan terjadi sebesar 1,49 kg/cm³ pada penambahan kapur 2% dan waktu pemeraman 3 hari sampai 1,35kg/cm³ pada penambahan kapur 10% dan waktu pemeraman 14 hari. Kecenderungan penurunan berat volume kering maksimum (MDD) tanah menunjukkan terjadinya pembesaran rongga-rongga dalam campuran tanah dan kapur akibat menurunnya *specific gravity* tanah. Sedangkan penambahan kapur cenderung menurunkan kadar air optimum (w_{opt}) tanah.

Pada uji kuat tekan bebas tanah dengan penambahan kapur secara umum menunjukkan kecenderungan penurunan nilai kuat tekan bebas tanah (q_u). Pada tanah asli nilai q_u sebesar 0,585 kN/m² termasuk dalam kategori konsistensi lempung sangat lunak. Gambar 5.8 terlihat bahwa semakin banyak penambahan kapur justru semakin memperkecil nilai q_u tanah dan lamanya waktu pemeraman tidak mempengaruhi nilai q_u . Penambahan kapur pada tanah memperkecil lekatan antara butiran tanah dan air, sehingga tanah menjadi mudah pecah ketika diberi tekanan vertikal. Penurunan lekatan antar butir tanah oleh kapur menyebabkan timbulnya friksitas pada tanah yang memungkinkan timbulnya gaya gesek intern (ϕ) pada tanah.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, penulis mengambil kesimpulan :

1. Tanah dari Dusun Bodrorejo, Kecamatan Trucuk, Kabupaten Klaten menurut klasifikasi USCS tergolong tanah lempung an organik plastisitas tinggi dengan indeks plastisitas 36,80% dan mempunyai potensial pengembangan yang tinggi.

2. Penambahan kapur menurunkan nilai indeks plastisitas tanah. Penurunan ini ditunjukkan dari hasil uji batas-batas konsistensi pada tanah asli dengan PI sebesar 36,80% mengalami penurunan sampai 2,87% pada prosentase penambahan kapur 10% dan waktu pemeraman 14 hari. Penurunan indeks plastisitas yang terjadi sebesar 128% dari tanah aslinya.
3. Penambahan prosentase kapur dan variasi waktu pemeraman dapat memperbaiki gradasi butiran tanah yang ditunjukkan dengan semakin menurunnya nilai prosentase lolos saringan No. 200 yaitu dari tanah asli sebesar 81,81% berubah menjadi 33,98% pada penambahan kapur 8% dan 14 hari pemeraman.
4. Penambahan kapur cenderung menurunkan nilai MDD, hal ini disebabkan oleh pengaruh *specific gravity* (G_s) kapur yang relatif lebih ringan dibandingkan dengan G_s tanah lempung.
5. Penambahan kapur pada tanah lempung tidak selamanya menaikkan nilai kuat tekan bebas tanah (q_u). Pada uji kuat tekan bebas tanah lempung ekspansif dengan penambahan kapur cenderung mengalami penurunan nilai kuat tekan bebasnya. Uji tekan bebas tanah asli didapat nilai q_u sebesar 0,585 kN/m² mengalami penurunan nilai q_u menjadi antara 0,302 kN/m² pada penambahan kapur 2% waktu pemeraman 3 hari sampai 0,178 kN/m² pada penambahan kapur 10% waktu pemeraman 14 hari. Pada uji ini penambahan kapur dan lamanya waktu pemeraman tidak mempengaruhi bertambahnya nilai q_u tanah.
6. Kapur ternyata menurunkan lekatan antara butiran tanah sehingga tanah akan mudah pecah ketika diberi tekanan vertikal, tetapi kemungkinan terjadi friksitas pada tanah atau timbulnya sudut gesek internal (ϕ) pada tanah.

B. Saran

Melihat dari hasil dari penelitian ini perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

1. Pada uji kuat tekan bebas tanah sebaiknya menggunakan lebih dari satu contoh tanah uji pada setiap prosentase penambahan kapur agar diperoleh nilai rata-rata yang lebih sempurna.
2. Untuk memperoleh parameter geser yang lain perlu dilakukan penelitian dengan uji triaksial atau uji baling-baling (*Vane Shear Test*).

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim., 2002, *Petunjuk Praktikum Mekanika Tanah*, Fakultas Teknik Sipil Universitas Kristen Immanuel Yogyakarta.
- Anonim, 1992, *Annual Book of ASTM Standard*, Section 4, Vol. 04.08, Philadelphia, USA.
- Bowles, J. E., 1989, *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknik Tanah (Mekanika Tanah)*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Cahya, E., 2000, *Pengaruh Kapur Pada Tanah Berbutir Halus*, Tugas Akhir S1, FTS UGM, Yogyakarta.
- Craig, R.F., Soepanji, B.S., 1991, *Mekanika Tanah*, Edisi Keempat, Erlangga, Jakarta.
- Daruslan, 1993-1994, *Mekanika Tanah 1*, Dikatat Kuliah, Biro Penerbit KMTS FT UGM, Yogyakarta.
- Djarmiko Soedarmo, G., Edy Purnomo, S.J, 1993, *Mekanika Tanah 1*, Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C., 1992, *Mekanika Tanah*, Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Ingles, O. G. and Metcalf, J. B., 1972, *Soil Stabilization Principles and Practice*, Butterworths, Sydney.
- Prihanto, A., 2001, *Tinjauan Penggunaan Baggase Ash Sebagai Aditif Untuk Memperbaiki Sifat-Sifat Tanah*, Tugas Akhir S1, FTS UKRIM, Yogyakarta.
- Wesley, L.D., 1997, *Mekanika Tanah*, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.