

PENGARUH KADAR KAPUR, WAKTU PERAWATAN DAN PERENDAMAN TERHADAP KUAT DUKUNG TANAH LEMPUNG

Qunik Wiqoyah*

ABSTRACT

Clay soil with high plasticity index, low load capacity, and very sensitive to the change of water content is technically not feasible for road construction base. Problem will occur if a road is constructed on such clay soil, for example, the road surface will be surged, broken and sloped down. The initial research showed that this type of soil was found along Tanon Sragen road, and the problem should be solved. One of the alternative solution is soil stabilisation using limestone to know the swelling potential and change of load capacity of that clay soil. The change of load capacity can be seen by doing California Bearing Ratio (CBR) and swelling potential test into the mixture of clay soil and limestone with limestone content 2,5% ; 5% ; 7,5% and 10%, and with treatment for 3 days and soaking for 4 days. Test result showed that adding limestone with treatment for 3 days and soaking for 4 days can increase load capacity and reduce swelling potential compared with the original clay soil.

Keywords : lempung, stabilisasi, kapur, kuat dukung

PENDAHULUAN

Faktor yang sangat penting dalam penentuan tebal perkerasan yang dibutuhkan pada suatu jalan aspal (*flexible pavement*) adalah tanah dasar. Apabila tanah dasar merupakan tanah lempung yang mempunyai kuat dukung yang rendah dan sangat sensitif terhadap perubahan kadar air, akan menyebabkan ketidakstabilan jalan tersebut. Oleh karena itu, diperlukan perbaikan pada tanah tersebut. Perbaikan yang dilakukan diantaranya dengan stabilisasi kimiawi.

Tanah lempung merupakan partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm. Partikel-partikel ini merupakan sumber utama dari kohesi di dalam tanah yang kohesif (Bowles, 1991).

Tanah lempung merupakan tanah yang berukuran mikroskopis sampai dengan sub mikroskopis yang berasal dari pelapukan unsur-unsur kimiawi penyusun batuan, tanah lempung sangat keras dalam keadaan kering dan bersifat plastis pada kadar air sedang. Pada kadar air lebih tinggi lempung bersifat lengket (kohesif) dan sangat lunak (Das, 1994).

Sifat-sifat yang dimiliki tanah lempung adalah sebagai berikut (Hardiyatmo, 1999) :

- 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.

Tanah butiran halus khususnya tanah lempung akan banyak dipengaruhi oleh air. Sifat pengembangan tanah lempung yang dipadatkan akan lebih besar pada lempung yang dipadatkan pada kering optimum dari pada yang dipadatkan pada basah optimum. Lempung yang dipadatkan pada kering optimum relatif kekurangan air oleh karena itu lempung ini mempunyai kecenderungan yang lebih besar untuk meresap air sebagai hasilnya adalah sifat mudah mengembang (Hardiyatmo, 1999)

Metode stabilisasi yang banyak digunakan adalah stabilisasi mekanis dan stabilisasi kimiawi. Stabilisasi mekanis yaitu menambah kekuatan dan kuat dukung tanah dengan cara perbaikan struktur dan perbaikan sifat-sifat mekanis tanah, sedangkan stabilisasi kimiawi yaitu menambah kekuatan dan kuat dukung tanah dengan jalan mengurangi atau menghilangkan sifat-sifat teknis tanah yang kurang menguntungkan dengan cara mencampur tanah dengan bahan kimia seperti semen, kapur atau *pozzolan*.

Stabilisasi dengan semen cocok untuk tanah yang tidak kohesif, yaitu tanah berpasir atau kerikil yang mengandung sedikit tanah berbutir halus, sedangkan kapur dan *pozzolan* cocok untuk tanah kohesif (Soedarmo dan Purnomo, 1997). Kapur yang biasa digunakan dalam stabilisasi adalah kapur hidup (*quicklime*, CaO) maupun kapur padam (*calcium hydroxide*, Ca(OH)₂) yang merupakan produk pembakaran batu kapur.

* Qunik Wiqoyah, staf pengajar jurusan Teknik Sipil - Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
Jl. A. Yani No.1 Tromol Pos 1, Pabelan Kartasura, Surakarta 57102. E-mail : qw.ftums.@yahoo.com

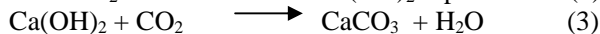
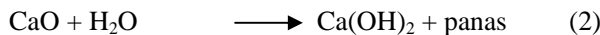
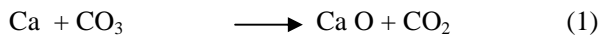
Bahan dasar dari kapur adalah batu kapur. Batu kapur mengandung kalsium karbonat (CaCO_3), dengan pemanasan ($\pm 980^\circ \text{C}$) karbon dioksidanya ke luar dan tinggal kapurnya saja (CaO).

Kapur hasil pembakaran apabila ditambahkan air maka mengembang dan retak-retak. Banyak panas yang keluar (seperti mendidih) selama proses ini, hasilnya adalah kalsium hidroksida Ca(OH)_2 . Air yang dipakai untuk proses ini secara teoritis hanya 32 % berat kering kapur, tetapi karena faktor-faktor antara lain pembakaran, jenis kapur, dan sebagainya, kadang-kadang air yang diperlukan 2 atau 3 kali volume kapur.

Susunan batu kapur terdiri dari :

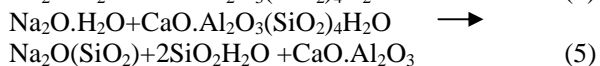
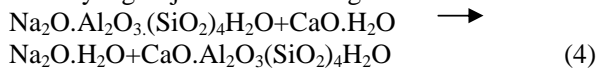
- Jumlah karbonat (CO_3) : 97%
- Kapur tohor (CaO) : 29,77-55,5%
- Magnesium (MgO) : 21-31%
- Silika (SiO_2) : 0,14-2,41%
- Alumina (Al_2O_3) dan Oxid Besi (Fe_2O_3) : 0,5%

Proses kimia pembentukan kapur dapat ditulis sebagai berikut (Tjokrodinuljo, 1992 dalam Fathani, 1998) :



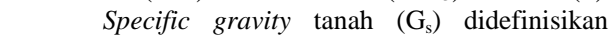
Kapur sebagai bahan stabilisasi, biasanya digunakan kapur mati (*slake lime*) atau kalsium hidroksida (Ca(OH)_2), dan kapur hidup (*quick lime*) atau kalsium oksida (CaO). Kalsium oksida (CaO) lebih efektif pada kasus-kasus tertentu, kapur jenis ini mempunyai kelemahan-kelemahan pada pelaksanaannya, yaitu menyebabkan alat-alat mudah berkarat dan berbahanya terhadap keselamatan pekerja. Dalam pelaksanaan stabilisasi, kapur yang sering digunakan adalah kalsium hidroksida (Ca(OH)_2), sedangkan kalsium karbonat (CaCO_3) kurang efektif sebagai bahan stabilisasi kecuali sebagai pengisi (Ingles dan Metcalf, 1992).

Apabila kapur dengan mineral lempung atau dengan mineral halus lainnya atau dengan komponen *pozzolan* seperti silika hidrat (*hydrous silica*) bereaksi, maka akan membentuk suatu gel yang kuat dan keras yaitu kalsium silikat yang mengikat butir-butir atau partikel tanah (Diamond & Kinter, 1965 dalam Ingles dan Metcalf, 1972). Gel silika bereaksi dengan segera melapisi dan mengikat partikel lempung dan menutup pori-pori tanah. Mekanisme reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



Reaksi *pozzolanisasi* menghasilkan kristal $\text{Ca(SiO}_3)$ yang bersifat mengikat butir lempung dengan butir lempung serta butir lempung

dengan $\text{Ca(SiO}_3)$. Untuk mencapai kekuatan penuh proses *pozzolanisasi* dapat terjadi dalam beberapa tahun. Reaksi *pozzolanisasi* tersebut sebagai berikut (Wijaya, 1994 dalam Sujatmaka 1998) :



Specific gravity tanah (G_s) didefinisikan sebagai perbandingan antara berat volume butiran padat (γ_s), dengan berat volume air (γ_w), pada temperatur 4°C .

Besarnya *specific gravity* dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \quad (7)$$

dengan

G_s : *specific gravity*,

γ_s : berat volume butiran padat (kg/cm^3),

γ_w : berat volume air (kg/cm^3).

Nilai-nilai *specific gravity* berbagai jenis tanah dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 *specific gravity* tanah (Hardiyatmo, 1999)

| Macam tanah | <i>specific gravity</i> |
|------------------|-------------------------|
| Kerikil | 2,65-2,68 |
| Pasir | 2,65-2,68 |
| Lanau anorganik | 2,62-2,68 |
| Lanau norganik | 2,58-2,65 |
| Lempunganorganik | 2,68-2,75 |
| Humus | 1,37 |
| Gambut | 1,25-1,80 |

Besarnya *specific gravity* mineral-mineral lempung dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. *Specific gravity* mineral-mineral lempung (Das, 1985)

| Mineral | <i>specific gravity</i> |
|-----------------------------|-------------------------|
| Quartz (kuarsa) | 2,65 |
| Kaolinite | 2,6 |
| Illite | 2,8 |
| Montmorillonite | 2,65-2,68 |
| Halloysite | 2,0-2,55 |
| Pottasium feldspar | 2,57 |
| Sodium dan 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 |
| Olivine | 3,27-3,32 |

Suatu hal yang penting pada tanah berbutir halus adalah plastisitasnya. Hal ini disebabkan adanya mineral lempung dalam tanah. Plastisitas adalah kemampuan tanah menyesuaikan perubahan

bentuk pada volume konstan tanpa retak-retak atau remuk. Bergantung pada kadar air, tanah dapat berbentuk cair, plastis, semi padat, atau padat. Kedudukan fisik tanah berbutir halus pada kadar air tertentu disebut *konsistensi*.

Atterberg, 1911 (dalam Hardiyatmo, 1999), memberikan cara untuk menggambarkan batas *konsistensi* dari tanah berbutir halus dengan mempertimbangkan kandungan kadar airnya. Batas-batas tersebut adalah batas cair (*liquid limit*), batas plastis (*plastic limit*), dan batas susut (*shrinkage limit*).

Menurut Atterberg, 1911 (dalam Hardiyatmo, 1999) tingkat plastisitas tanah dibagi dalam 4 tingkatan berdasarkan nilai indeks plastisitasnya yang ada dalam selang antara 0 % dan 17 %. Batasan mengenai indeks plastisitas, sifat, macam tanah, dapat dilihat pada Tabel 3 .

Tabel 3 Nilai indeks plastisitas dan macam tanah (Atterberg, 1911, dalam Hardiyatmo,1999)

| PI | Sifat | Macam tanah |
|------|--------------------|------------------|
| 0 | Non plastis | Pasir |
| < 7 | Plastisitas rendah | Lanau |
| 7-17 | Plastisitas sedang | Lempung berlanau |
| >17 | Plastisitas tinggi | Lempung |

Angka-angka batas *Atterberg* untuk bermacam-macam mineral lempung dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Harga-harga batas *Atterberg* untuk mineral lempung (Mitchell,1976 dalam Das,1985)

| Mineral | Batas cair | Batas plastis | Batas susut |
|------------------|------------|---------------|-------------|
| Montmorillonite | 100- 90 | 50- 100 | 8,5-1,5 |
| Nontronite | 37 - 72 | 19 -27 | |
| Illite | 60 - 120 | 35 - 60 | 15 - 17 |
| Kaolinite | 30 - 110 | 25 - 40 | 25 - 29 |
| Halloysite terhd | 50 - 70 | 47 - 60 | |
| Halloysite | 35 - 55 | 30 - 45 | |
| Attapulgitite | 160- 230 | 100- 120 | |
| Chlorite | 44 - 47 | 36 - 40 | |
| Allophane | 200- 250 | 130 - 140 | |

Kandungan mineral *montmorillonite* mempengaruhi nilai batas *konsistensi*. Semakin besar kandungan mineral *montmorillonite* semakin besar batas cair dan indeks plastisitas serta semakin kecil nilai batas susut dan batas plastisnya (Supriyono,1993 dalam Suriadi, 2000).

Karakteristik kepadatan tanah dapat dinilai dari pengujian standar laboratorium yang disebut uji *Proctor*. Pemadatan ini menghasilkan kurva yang

merupakan hubungan antara kadar air dan berat volume kering tanah. Kurva tersebut memperlihatkan nilai kadar air optimum untuk mencapai berat volume kering terbesar atau kepadatan maksimum. Kurva hubungan antara kadar air dengan berat volume kering dapat dilihat pada Gambar 1.

Derajat kepadatan tanah diukur dari berat volume keringnya. Hubungan berat volume kering (γ_d) dengan berat volume basah (γ_b) dan kadar air (w) dinyatakan dengan persamaan :

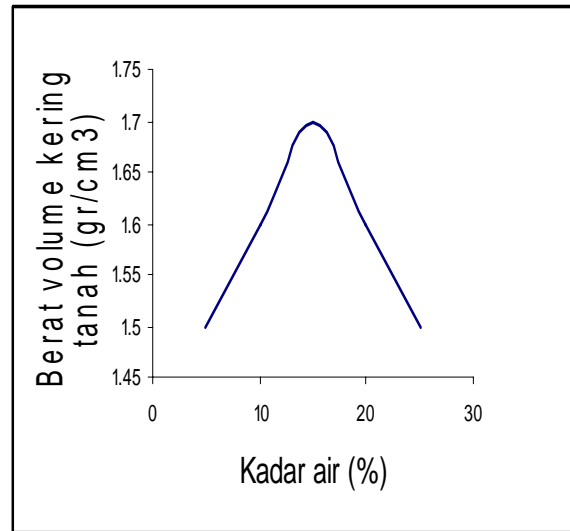
$$\gamma_d = \frac{\gamma_b}{1 + w} \tag{8}$$

dengan

γ_b : berat volume tanah basah (gr/cm³)

γ_d : berat volume tanah kering (gr/cm³),

w : kadar air (%).



Gambar 1. Kurve hubungan antara kadar air dengan berat volume kering.

Tanah dasar atau *subgrade* adalah lapisan tanah setebal 50 cm – 100 cm yang merupakan permukaan terbawah suatu konstruksi perkerasan jalan raya atau landasan pacu pesawat terbang. Tanah dasar (*subgrade*) harus mempunyai kapasitas dukung yang baik serta mampu mempertahankan perubahan volume selama masa pelayanan walaupun terdapat perbedaan kondisi lingkungan. Tanah dasar dapat berupa tanah asli yang dapat dipadatkan jika tanah aslinya baik, tanah yang didatangkan dari tempat lain kemudian dipadatkan atau tanah yang distabilisasi dengan bahan tambah (*additive*).

Fungsi tanah dasar adalah menerima tekanan akibat beban lalu lintas yang ada di atasnya sehingga tanah dasar harus mempunyai kapasitas dukung yang optimal sehingga mampu menerima gaya akibat

beban lalu lintas tanpa mengalami perubahan dan kerusakan yang berarti.

Menurut Sukirman (1995), tanah dasar yang baik untuk konstruksi perkerasan jalan adalah tanah dasar yang berasal dari lokasi itu sendiri atau didekatnya, yang telah dipadatkan sampai tingkat kepadatan tertentu sehingga mempunyai kapasitas dukung yang baik serta berkemampuan mempertahankan perubahan volume selama masa pelayanan walaupun terdapat perbedaan kondisi lingkungan dan jenis tanah setempat. Sifat masing-masing tanah tergantung dari tekstur, kepadatan, kadar air, kondisi lingkungan, dan lain sebagainya.

Kapasitas dukung tanah dasar dapat diperkirakan dengan mempergunakan hasil klasifikasi ataupun dari pemeriksaan CBR, pembebanan plat uji dan sebagainya (Sukirman,1995).

California Bearing Ratio (CBR) adalah merupakan suatu perbandingan antara beban percobaan (*test load*) dengan beban standar (*standar load*) dan dinyatakan dalam persen. Harga CBR adalah nilai yang menyatakan kualitas tanah dasar dibandingkan dengan bahan standar berupa batu pecah yang mempunyai nilai CBR sebesar 100 % dalam memikul beban lalu lintas.

Nilai CBR adalah salah satu parameter yang digunakan untuk mengetahui kuat dukung tanah dasar dalam perencanaan lapis perkerasan. Bila tanah dasar memiliki nilai CBR yang tinggi, praktis akan mengurangi ketebalan lapis perkerasan yang berada di atas tanah dasar (*subgrade*), begitu pula sebaliknya.

Menurut Soedarmo dan Purnomo (1997), CBR dapat dibagi sesuai dengan cara mendapatkan contoh tanahnya yaitu CBR lapangan (*CBR in place* atau *field CBR*), CBR lapangan rendaman (*undisturbed soaked CBR*) dan CBR laboratorium (*laboratory CBR*). CBR laboratorium dibedakan menjadi dua macam yaitu CBR laboratorium rendaman (*soaked laboratory CBR*) dan CBR laboratorium tanpa rendaman (*unsoaked laboratory CBR*).

Penentuan nilai CBR dilaksanakan terhadap contoh tanah yang sudah dipadatkan dengan pemadatan standar. Apabila nilai CBR ditentukan dengan rendaman maka perendaman dilaksanakan selama 4 hari (96 jam). Uji CBR metode rendaman adalah untuk mengasumsikan keadaan hujan atau saat kondisi terjelek di lapangan yang akan memberikan pengaruh penambahan air pada tanah yang telah berkurang airnya, sehingga akan mengakibatkan terjadinya pengembangan (*swelling*) dan penurunan kuat dukung tanah.

Hasil pengujian dapat diperoleh dengan mengukur besarnya beban pada penetrasi tertentu.

Besarnya penetrasi sebagai dasar menentukan CBR adalah penetrasi 0,1" dan 0,2", dihitung dengan persamaan berikut :

a. Penetrasi 0,1" (0,254 cm)

$$CBR (\%) = \frac{P1}{1000} \times 100 \% \quad (10)$$

b. Penetrasi 0,2" (0,508 cm)

$$CBR (\%) = \frac{P2}{1500} \times 100 \% \quad (11)$$

dengan :

P1 : tekanan uji pada penetrasi 0,1" (g/cm³ atau psi)

P2 : tekanan uji pada penetrasi 0,2" (g/cm³ atau psi)

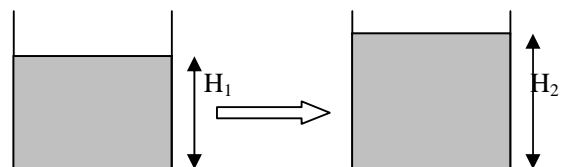
Dari kedua nilai perhitungan tersebut digunakan nilai terbesar.

Mineral lempung, ukuran butiran tanah, kadar air dan indeks plastisitas sangat berpengaruh pada potensi pengembangan tanah lempung. Peningkatan persentase ukuran butiran berdasarkan fraksi lempung (0,002 mm) dan indeks plastisitas pada berbagai mineral lempung akan meningkatkan persentase potensial pengembangan (Chen, 1975). Hubungan antara persen pengembangan dengan indeks plastisitas dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hubungan antara potensi pengembangan dengan indeks plastisitas (Chen,1975)

| Potensi pengembangan | Indeks plastisitas |
|----------------------|--------------------|
| Rendah | 0-15 |
| Sedang | 10-35 |
| Tinggi | 20-55 |
| Sangat tinggi | >35 |

Penambahan air dalam tanah berbutir halus atau lempung akan mengakibatkan perubahan volume tanah (*swelling*). Lebih jelasnya keadaan tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengaruh penambahan air pada tanah berbutir halus.

Nilai pengembangan yang terjadi dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\text{Pengembangan} = \frac{\Delta H}{H1} \times 100 \% \quad (12)$$

dengan

$$\Delta H = H2 - H1 \quad (13)$$

ΔH : pengembangan akibat peningkatan air (cm),
 H_1 : tinggi benda uji sebelum penambahan air (cm),
 H_2 : tinggi benda uji sesudah penambahan air (cm).

METODE PENELITIAN

Tanah yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah lempung (berdasarkan penelitian pendahuluan) dari Desa Jono kecamatan Tanon Kabupaten Sragen. Dan menggunakan kapur yang dijual di pasaran (kapur padam). Besar persentase kapur adalah : 2.5% ; 5% ; dan 7,5% . dari berat total tanah kering udara.

Uji yang dilakukan terhadap campuran tanah dan kapur adalah : unsur-unsur kimia kapur, *Atterberg limit*, gradasi, *specific gravity*, standar *Proctor*, *CBR* dengan perawatan 3 hari dan perendaman 4 hari. Uji unsur-unsur kimia kapur dilaksanakan di Direktorat Jendral Geologi dan Sumberdaya Mineral Direktorat Vulkanologi Jogjakarta, sedangkan semua uji yang lainnya dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Gadjah Mada Jogjakarta,

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah : satu set saringan standar (ASTM D421-58) dan hydrometer (ASTM D422-63), satu set alat ukur *specific gravity* (ASTM D8554-58), satu set alat uji batas *Atterberg* (ASTM D423-66, D424-59 dan D427-61), alat pemadat standar (ASTM D698-78) dan alat uji CBR (ASTM D1883-87), dan alat-alat bantu yang terdiri dari *oven*, timbangan dengan ketelitian 0,01, *stop* dan *watch*, *termometer*, gelas ukur 1000 ml, *desicator*, cawan, *picnometer*.

Penelitian ini diawali dengan pengambilan, pengeringan dan penyaringan sample lolos saringan No 4, serta persiapan alat. Selanjutnya dilakukan uji sifat fisis campuran tanah dan kapur, meliputi : uji kadar air, uji gradasi butiran , uji *specific gravity*, uji batas *Atterberg*. Selain itu juga dilakukan uji sifat mekanis meliputi : uji pemadatan yang didahului dengan pemeraman satu hari, dan uji CBR dengan perawatan 3 hari dan perendaman empat hari.

Selanjutnya hasil uji laboratorium dijelaskan dalam bentuk tabel dan grafik,serta dianalisa untuk diambil kesimpulan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil uji sifat fisis dan mekanis campuran tanah dan kapur dapat dilihat pada Tabel 6 sampai Tabel 12 serta pada Gambar 3 sampai Gambar 12.

Tabel 6. Komposisi kimia kapur

| Unsur | Kapur (%) berat |
|--------------------------------|-----------------|
| SiO ₂ | 0,00 |
| Al ₂ O ₃ | 0,00 |

| | |
|--------------------------------|-------|
| Fe ₂ O ₃ | 0,33 |
| CaO | 68,07 |
| MgO | 0,29 |
| Na ₂ O | 0,09 |
| K ₂ O | 0,02 |
| MnO | 0,02 |
| TiO ₂ | 0,07 |
| P ₂ O ₅ | 0,12 |
| H ₂ O | 1,07 |
| HD | 28,91 |

Tabel 7. Hasil uji gradasi butiran tanah

| Jenis tanah + bahan stabilisasi | Fraksi halus (ukuran<0,0075 mm) | Fraksi kasar (ukuran>0,0075 mm) |
|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| L+0% kapur | 94,13 | 5,87 |
| L+2,5% kapur | 94,00 | 5,98 |
| L+5% kapur | 93,51 | 6,49 |
| L+7,5% kapur | 69,45 | 30,55 |

Tabel 8. Hasil uji *specific gravity*

| Jenis tanah + bahan stabilisasi | Nilai <i>specific gravity</i> (G _s) |
|---------------------------------|---|
| L+0% kapur | 2,61 |
| L+2,5% kapur | 2,60 |
| L+5% kapur | 2,60 |
| L+7,5% kapur | 2,58 |

Tabel 9. Hasil uji batas *Atterberg*

| Jenis tanah+bahan stabilisasi | Batas <i>Atterberg</i> | | | |
|-------------------------------|------------------------|--------|--------|--------|
| | LL (%) | PL (%) | SL (%) | PI (%) |
| L+0% kapur | 88,03 | 38,58 | 10,73 | 49,44 |
| L+2,5% kapur | 65,96 | 39,78 | 23,99 | 26,49 |
| L+5% kapur | 60,39 | 42,08 | 26,93 | 19,02 |
| L+7,5% kapur | 53,86 | 43,26 | 42,18 | 10,42 |

Tabel 10. Hasil uji pemadatan

| Jenis tanah+bahan stabilisasi | Kadar air optimum (OMC) % | Berat volume kering maksimum (MDD) (gr/cm ³) |
|-------------------------------|---------------------------|--|
| L+0% kapur | 36,50 | 1,27 |
| L+2,5% kapur | 36,81 | 1,22 |
| L+5% kapur | 37,52 | 1,21 |
| L+7,5% kapur | 38,49 | 1,16 |

Tabel 11. Hasil uji CBR

| Jenis tanah+bahan stabilisasi | Nilai CBR Perawatan 3 hari (%) | Nilai CBR Perendaman 4 hari (%) |
|-------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| L+0% kapur | 7,94 | 0,60 |
| L+2,5% kapur | 25,23 | 8,23 |
| L+5% kapur | 29,70 | 14,4 |
| L+7,5% kapur | 31,58 | 29,38 |

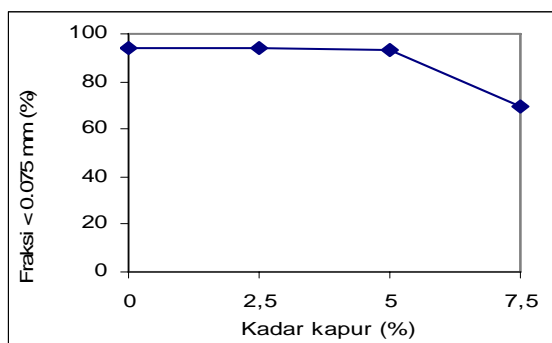
Tabel 12. Hasil uji *Swelling potential*

| Jenis tanah+bahan stabilisasi | Nilai Pengembangan(%) |
|-------------------------------|-----------------------|
| L+0% kapur | 3,03 |
| L+2,5% kapur | 1,52 |
| L+5% kapur | 0,51 |
| L+7,5% kapur | 0,00 |

1. Gradasi butiran campuran tanah dan kapur

Tabel 7 menunjukkan bahwa dengan penambahan kapur 2,5 % ; 5 % dan 7,5 % menyebabkan perubahan komposisi fraksi, yaitu bertambahnya fraksi tertahan saringan No 200 serta berkurangnya fraksi lolos saringan No 200 (Gambar 3). Besarnya penambahan yang terjadi dibandingkan dengan tanah asli sebesar 24,68 %. Perubahan ini menyebabkan gradasinya beragam. Salah satu penyebabnya adalah terjadinya penggumpalan akibat proses sementasi, sebagian partikel berubah ukuran menjadi lebih besar. Perubahan gradasi akan berpengaruh terhadap karakteristik tanah misalnya plastisitasnya, kepadatannya maupun kuat dukungannya.

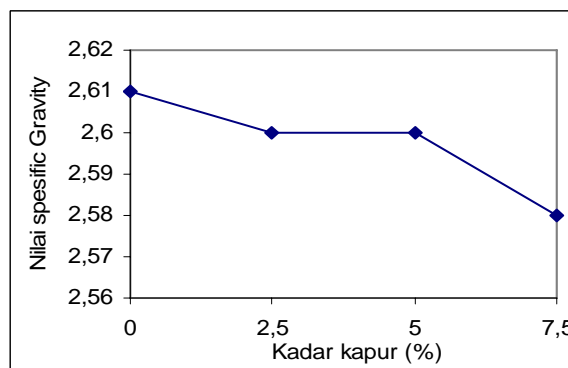
Kandungan fraksi berbutir halus sangat mempengaruhi sifat pengembangan tanah. Semakin rendah jumlah kandungan fraksi halus (butiran 0,075 mm) suatu tanah, semakin berkurang derajat aktivitas dan potensi pengembangan tanah tersebut.



Gambar 3. Hubungan antara persentase penambahan kapur dengan fraksi < 0,075 mm

2. *Specific gravity* (G_s)

Hasil uji *specific gravity* (G_s) dengan penambahan 2,5 % ; 5 % dan 7,5 % kapur sebagaimana tercantum pada Tabel 8 menunjukkan adanya kecenderungan penurunan nilai *specific gravity* seiring dengan bertambah besarnya persentase kapur. Besarnya penurunan maksimum adalah 0,03 %. Hal ini disebabkan antara lain karena bercampurnya 2 bahan dengan *specific gravity* yang berbeda. Nilai *specific gravity* kapur sebesar 2,28 memang lebih rendah dibandingkan dengan nilai *specific gravity* tanah asli yaitu 2,61, sehingga penurunan *specific gravity* terjadi. 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 *specific gravity*. Lebih jelasnya seberapa besar penurunan yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 4.



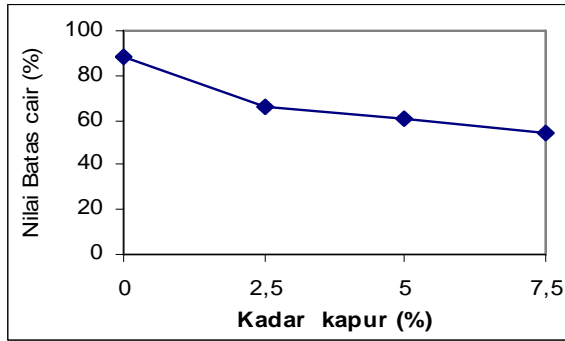
Gambar 4. Hubungan antara persentase penambahan kapur dengan nilai *specific gravity*.

3. Batas *Atterberg*

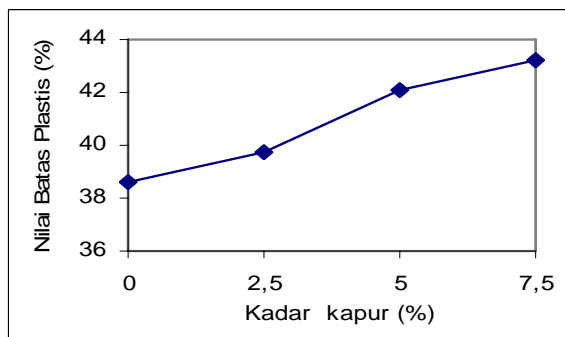
Uji batas *Atterberg* yang dilakukan adalah uji batas cair (*LL*), batas plastis (*PL*) dan batas susut (*SL*). Pengaruh penambahan persentase kapur terhadap nilai batas *Atterberg* ditunjukkan pada Tabel 9.

Hasil uji batas cair sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 5, ternyata menunjukkan adanya penurunan seiring dengan besarnya penambahan persentase kapur. Pengurangan nilai *LL* maksimum terjadi pada penambahan kapur 7,5 %, sebesar 34,17 %.

Penambahan kapur menimbulkan muatan positif (kation) dalam air pori. Penambahan kation ini memungkinkan terjadinya proses tarik menarik antara an-ion dari partikel tanah dengan kation dari partikel kapur serta kation dari partikel kapur dengan anion dari partikel air (proses pertukaran ion/*cation exchange*). Proses ini mengganggu proses tarik menarik antara an-ion dari partikel tanah dengan kation dari partikel air serta proses tarik menarik antara an-ion dan kation dari partikel air, sehingga partikel tanah kehilangan daya tarik antar partikelnya. Berkurangnya daya tarik antar partikel tanah dapat menurunkan kohesi tanah. Penurunan kohesi ini menyebabkan mudah terlepasnya partikel tanah dari ikatannya. Penambahan kapur yang semakin banyak akan menyebabkan semakin turunnya nilai kohesi. Dengan turunnya nilai kohesi akan menyebabkan turunnya nilai batas cair (LL).



Gambar 5. Hubungan antara persentase penambahan kapur dengan nilai batas cair.

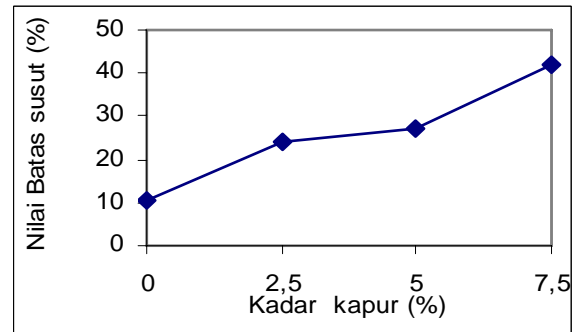


Gambar 6. Hubungan antara persentase penambahan kapur dengan nilai batas plastis.

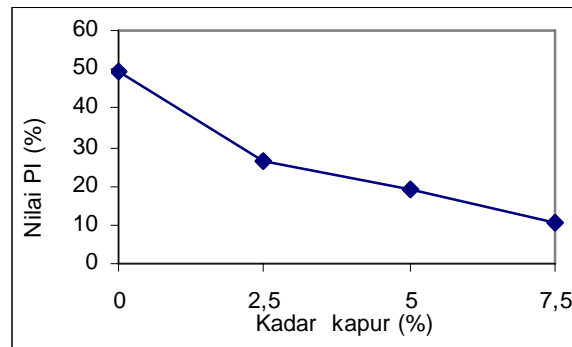
Tabel 9 dan Gambar 7 menunjukkan bahwa penambahan variasi persentase kapur akan menyebabkan kenaikan batas susut. Kenaikan ini disebabkan *flokulasi-aglomerasi* yang menyertai proses pertukaran ion-ion. Peristiwa ini akan menghasilkan butiran tanah baru dengan ukuran yang lebih besar, sehingga akan memperkecil luas

permukaan spesifik/*specific surface*. Luas permukaan spesifik merupakan perbandingan antara luas permukaan terhadap volume atau berat suatu bahan. Tanah dengan butiran yang lebih besar mempunyai permukaan spesifik lebih kecil dibanding tanah berbutir kecil. Permukaan spesifik yang kecil akan mengurangi kepekaan tanah terhadap pengaruh air. Bertambahnya persentase kapur yang ditambahkan akan menyebabkan mengecilnya luas permukaan spesifik tanah yang berakibat tanah sulit berubah volumenya akibat pengaruh air walaupun dengan kadar air yang tinggi.

Nilai batas susut (SL) dapat digunakan untuk mengidentifikasi derajat *expansivitas* tanah. Semakin besar nilai batas susut, maka semakin kecil derajat *expansivitasnya* (Altemeyer, 1955 dalam Chen, 1975). Sebagaimana diuraikan di atas bahwa penambahan persentase kapur akan menaikkan nilai batas susut seiring besarnya penambahan kapur. Dari hasil uji tersebut, maka dapat disimpulkan campuran tanah lempung dan kapur mempunyai derajat *expansivitas non critical*.



Gambar 7. Hubungan antara persentase penambahan kapur dengan nilai batas susut.



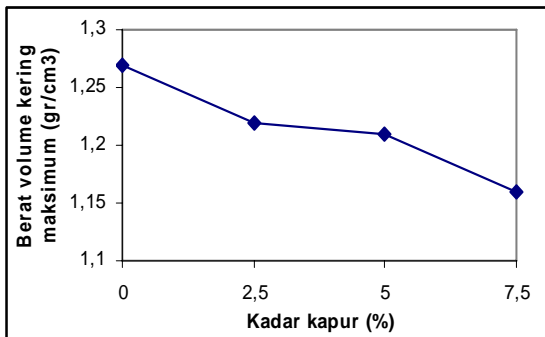
Gambar 8. Hubungan antara persentase penambahan kapur dengan nilai indeks plastisitas.

Indeks plastisitas (*PI*) adalah batas cair dikurangi batas plastis ($PI = LL - PL$). Hubungan

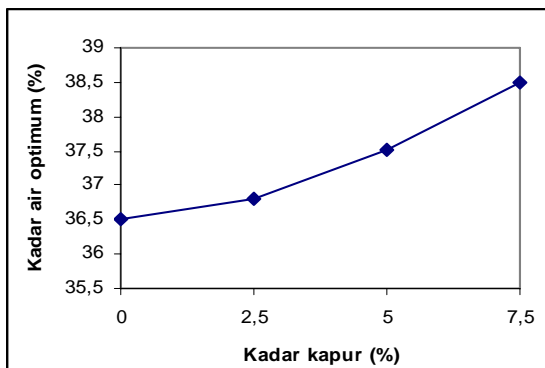
tersebut memperlihatkan bahwa nilai *PI* sangat tergantung oleh nilai batas cair dan batas plastis. Penambahan persentase kapur dapat menurunkan batas cair dan menaikkan batas plastis, maka indeks plastisitasnya akan menurun. Penurunan tersebut dapat dilihat pada Gambar 8 di atas. Nilai indeks plastisitas sangat menentukan klasifikasi potensi pengembangan tanah. Semakin besar nilai indeks plastisitas campuran tanah dan kapur, semakin besar pula potensi pengembangan tanah tersebut. Semakin menurun nilai indeks plastisitas campuran tanah dan kapur, potensi pengembangan semakin berkurang.

4. Pematatan

Hasil uji pematatan menunjukkan bahwa penambahan persentase kapur memperlihatkan kecenderungan penurunan berat volume kering maksimum, (Gambar 9). Hal ini disebabkan terjadinya pembesaran rongga-rongga antara partikel campuran tanah, akibat sementasi. Pembesaran rongga yang terjadi menyebabkan bertambahnya pori-pori tanah yang dapat diisi air, sehingga akan terjadi kenaikan kadar air optimum (OMC). Kenaikan kadar air optimum dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 9. Hubungan antara persentase penambahan kapur dengan nilai MDD.



Gambar 10. Hubungan antara persentase penambahan kapur dengan nilai OMC.

5. California Bearing Ratio (CBR)

Hasil uji CBR dengan perawatan 3 hari, maupun dengan perendaman 4 hari, sebagaimana tercantum pada Tabel 10 menunjukkan adanya kecenderungan peningkatan nilai CBR seiring dengan penambahan persentase kapur, apabila dibandingkan dengan nilai CBR tanah asli. Lebih jelasnya seberapa besar kenaikan yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 11.

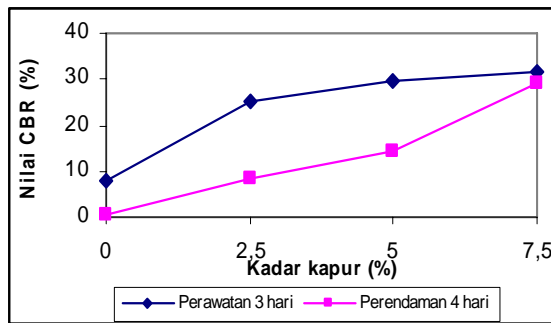
Peningkatan nilai CBR ini disebabkan terjadinya sementasi akibat penambahan kapur. Sementasi ini menyebabkan penggumpalan yang menyebabkan meningkatnya daya ikat antar butiran. Meningkatnya ikatan antar butiran, maka akan meningkatkan kemampuan saling mengunci antar butiran. Selain itu, rongga-rongga 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 masa perawatan 3 hari, terjadi pada penambahan kapur 7,5 % sebesar 31,58%, sedangkan nilai CBR maksimum masa perendaman 4 hari sebesar 29,38%, juga terjadi pada penambahan kapur 7,5 % Nilai CBR maksimum terjadi pada penambahan 10% kapur + 0% tras baik masa perawatan 3 hari maupun perendaman 4 hari. Besarnya peningkatan nilai CBR masa perawatan 3 hari terhadap nilai CBR tanah asli, sebesar 23,64%, sedangkan peningkatan nilai CBR maksimum campuran tanah dan kapur masa perendaman 4 hari terhadap nilai CBR tanah asli masa perendaman 4 hari, sebesar 28,78%.

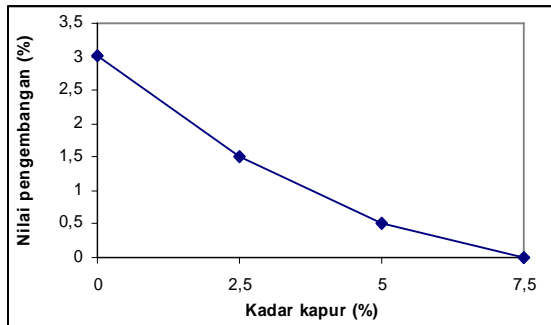
6. Nilai pengembangan..

Potensi pengembangan tanah dipengaruhi oleh indeks plastisitas dan kandungan fraksi lempung (< 2 μ m). Semakin besar nilai indeks plastisitas dan persentase fraksi lempung, makin besar pula potensi pengembangannya.

Dari Tabel 12 dan Gambar 12, menunjukkan bahwa penambahan kapur mengakibatkan nilai potensi pengembangan campuran tanah semakin berkurang. Hal ini disebabkan berkurangnya nilai indeks plastisitas dan jumlah fraksi lempung campuran tanah akibat penambahan kapur sebagaimana dijelaskan di atas. Selain itu, penambahan kapur mengakibatkan rongga yang ada pada butiran tanah akan tertutup oleh kapur tersebut, sehingga rongga-rongga butiran menjadi lebih padat, rapat dan kompak.



Gambar 11. Hubungan antara persentase penambahan kapur dengan nilai CBR.



Gambar 12. Hubungan antara persentase penambahan kapur dengan nilai *swelling potential*

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Penambahan kapur pada tanah lempung dapat memperbaiki sifat fisis tanah lempung.
2. Hasil uji CBR perawatan 3 hari dan perendaman 4 hari menunjukkan peningkatan nilai CBR seiring penambahan kapur,. Peningkatan maksimum baik pada perawatan 3 hari maupun perendaman 4 hari terjadi pada penambahan 7,5 % kapur. Besarnya peningkatan masing-masing berturut-turut : 23,64 % dan 28,78 %.
3. Penambahan kapur pada tanah lempung dapat menurunkan nilai *swelling potential*. Penurunan terbesar terjadi pada penambahan kapur 7,5 % , dengan besar penurunan 3,03 %.
4. Penambahan kapur sampai pada 7,5 % dengan perawatan 3 hari dan perendaman 4 hari dapat meningkatkan kuat dukung tanah dan dapat menurunkan nilai *swelling potential*.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1992, "Annual Book of ASTM Standards" section 4, Volume 04 08, Philadelphia,USA.
- Bowles, J.E., 1991, "Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah", Edisi Kedua, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Chen, F.H., 1975, "Foundations on Expansive Soil", Elsevier Science Publishing Company, New York.
- Das, B.M., 1985,"Principles of Geoteknik Engineering", PWS Publisher, Boston.
- Hardiyatmo, H.C., 1999, "Mekanika Tanah I", PT. Gramedia Pustaka Umum, Jakarta.
- Ingles, O.G. dan Metcalf, J.B., 1992, "Soil Stabilization Principles and Practice", Butterworths Pty. Limited, Melbourne.
- Sukirman, S., 1995, "Perkerasan Lentur Jalan Raya", Penerbit Nova Bandung.
- Soedarmo, G.D. dan Purnomo, S.J.E., 1997, "Mekanika Tanah I", Penerbit Kanisius Jogjakarta.
- Sujatmaka, N., 1998, "Potensial Penambahan Abu Sekam Padi dan Kapur Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Lempung", Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM, Jogjakarta.
- Suriadi, S., 2000, " Stabilisasi Tanah Lempung dengan Kapur dan Garam," Tesis S-2, Program Studi Teknik Sipil, Jurusan Ilmu-ilmu Teknik, Program Pascasarjana, UGM Jogjakarta.
- Tjokrodinuljo, K, 1992." Teknologi beton," buku ajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada Jogjakarta.