

## NILAI KUAT DUKUNG TANAH LEMPUNG KAPUR DENGAN VARIASI DIAMETER BUTIRAN TANAH (STUDI KASUS TANAH TANON, SRAGEN)

Qunik Wiqoyah<sup>1)</sup>, Anto Budi L<sup>2)</sup> Ulul Wahyu Murdani<sup>3)</sup>

- 1) Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta
- 2) Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Jl.Ahmad Yani, Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura, Surakarta
- 3) Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Jl.Ahmad Yani, Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura, Surakarta  
E-mail: [gunik\\_w@yahoo.co.id](mailto:gunik_w@yahoo.co.id)

### Abstrak

Penelitian sebelumnya yang dilakukan Wiqoyah (2003) dan Istiawan (2009) terhadap tanah lempung Tanon Sragen dengan menggunakan bahan stabilisasi kapur, ternyata hasilnya dapat memperbaiki kuat dukung tanah (CBR) Tanon tersebut. Berdasarkan penelitian sebelumnya, maka pada penelitian ini tetap menggunakan bahan stabilisasi yang sama yaitu kapur dengan variasi kapur : 2,5% dan 5%, akan tetapi ukuran butiran tanahnya divariasikan, dengan variasi : lolos saringan No 4, No 30 dan No 200. Variasi ukuran butiran tanah ini dengan tujuan untuk melihat, apakah dengan ukuran butiran tanah yang cenderung kecil dapat lebih memperbaiki sifat fisis dan mekanis tanah Tanon tersebut. Jenis pengujian yang dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil UMS adalah sifat fisis dan mekanis tanah yaitu *California Bearing Ratio* (CBR) Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa campuran tanah lempung dengan kapur, dengan variasi ukuran butiran tanah ( lolos saringan No 4, No 30 dan No 200 dapat memperbaiki sifat fisis dan sifat mekanis tanah lempung. Vaiasi lolos No 4 menunjukkan perbaikan sifat fisis maupun mekanis (nila CBR) yang lebih baik, dibandingkan dengan variasi lolos No 30 dan No 200.

**Kata kunci :** tanah lempung, stabilisasi, kapur, sifat fisis, kuat dukung.

### PENDAHULUAN

Menurut Wiqoyah (2003) tanah Tanon ini merupakan tanah lempung anorganik dengan plastisitas tinggi. Berdasarkan penelitian pendahuluan tersebut, diperlukan adanya perbaikan tanah Tanon agar mampu menahan beban yang bekerja. Perbaikan yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya yaitu Wiqoyah (2003) dan Istiawan (2009), dengan mencampurkan kapur sebagai bahan stabilisasinya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemakaian kapur dapat memperbaiki sifat fisis maupun sifat mekanis tanah (CBR). Oleh karena itu pada penelitian ini tetap menggunakan bahan stabilisasi yang sama yaitu kapur dengan variasi kapur : 2,5% dan 5%, akan tetapi ukuran butiran tanahnya divariasikan, dengan variasi : lolos saringan No 4, No 30 dan No 200. Variasi ukuran butiran tanah ini dengan tujuan untuk melihat, apakah dengan ukuran butiran tanah yang cenderung kecil dapat lebih memperbaiki sifat fisis dan mekanis tanah Tanon tersebut.

### Tanah lempung

Tanah lempung adalah tanah yang sebagian besar terdiri dari partikel mikroskopis yang berbentuk lempengan-lempengan pipih dan merupakan partikel-partikel dari mika, mineral-mineral lempung, dan mineral-mineral yang sangat halus lain. Lempung didefinisikan sebagai golongan partikel yang berukuran kurang dari 0,002 mm.

### Stabilisasi Tanah

Usaha untuk memperbaiki atau merubah sifat-sifat tanah disebut stabilisasi tanah. Stabilisasi tanah dasar bertujuan untuk merubah struktur tanah atau sifat tanah sehingga dapat untuk memenuhi persyaratan dalam meningkatkan daya dukung tanah. Tanah yang tidak memenuhi persyaratan tersebut mungkin bersifat sangat lepas, mempunyai sifat perembesan yang tinggi, kuat dukung sangat rendah, atau sifat-sifat lain yang membuat tanah tersebut tidak layak atau tidak sesuai digunakan sebagai tanah dasar.

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 kimia yaitu menambah kekuatan dan kuat dukung tanah dengan cara mengurangi atau menghilangkan sifat-sifat mekanis tanah yang kurang menguntungkan dengan jalan mencampur tanah dengan bahan kimia seperti semen, kapur dan *fly ash*.

### Kapur

Bahan dasar dari kapur adalah batu kapur. Batu kapur mengandung *calcium karbonat* ( $\text{CaCO}_3$ ), dengan pemanasan pada suhu tinggi ( $\pm 900^\circ \text{C}$ ) karbon dioksidanya keluar dan tinggal kapur/kalsium oksidanya saja ( $\text{CaO}$ ). Susunan kimia maupun sifat fisik bahan dasar yang mengandung kapur ini berbeda dari satu tempat ke tempat yang lain. Bahkan dalam satu tempatpun belum tentu sama. Kalsium oksida yang diperoleh ini biasa disebut "*quicklime*". Kapur hasil pembakaran apabila ditambahkan air maka mengembang dan retak-retak. Banyak panas yang keluar (seperti mendidih) selama proses ini, hasilnya adalah *calcium hidroksida* ( $\text{Ca(OH)}_2$ ).

### Analisa Ukuran Butiran

Analisa ukuran butiran meliputi analisa hydrometer dan analisa saringan, analisa hydrometer digunakan untuk mendapatkan distribusi ukuran partikel-partikel tanah berdiameter kurang dari 0,075 mm. Pada prinsipnya analisa hydrometer didasarkan pada sedimentasi (pengendapan) butir-butir tanah dalam air. Analisa saringan digunakan untuk mendapatkan distribusi ukuran partikel-partikel tanah berdiameter lebih dari 0,075 mm. Analisa ayakan dilakukan dengan mengayak dan menggetarkan contoh tanah melalui satu set ayakan dimana lubang-lubang ayakan tersebut makin kecil secara berurutan. Untuk standar ayakan di Amerika Serikat, nomor ayakan dan ukuran lubang diberikan dalam Tabel 1.

**Tabel 1. Ukuran-ukuran ayakan standar di Amerika Serikat**

Ayakan no	Lubang (mm)
4	4,750
6	3,350
8	2,360
10	2,000
16	1,180
20	0,850
30	0,600
40	0,425
50	0,300
60	0,250
80	0,180
100	0,150
140	0,106
170	0,088
200	0,075
270	0,053

(Hardiyatmo, 2000)

### Pemeriksaan CBR (*California Bearing Ratio*)

Kuat dukung tanah (CBR), CBR adalah 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 batu pecah yang mempunyai nilai CBR sebesar 100% dalam memikul beban. Menurut Soedarmo dan Purnomo (1997). Hasil pengujian dapat diperoleh dengan mengukur besarnya beban pada penetrasi tertentu.

### Penetrasi 0.1"

$$\text{CBR (\%)} = \frac{P_1}{3.1000} \cdot 100\% \quad (1)$$

### Penetrasi 0.2"

$$\text{CBR (\%)} = \frac{P_2}{3.1500} \cdot 100\% \quad (2)$$

dengan :

$P_1$  = tekanan pada penetrasi 0,1 inch (psi)

$P_2$  = tekanan pada penetrasi 0,2 inch (psi)

Sesuai dengan ASTM D 1883 dari kedua nilai diatas diambil yang terbesar.

## METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan adalah tanah lempung dari desa Jono, Tanon, Sragen diambil pada kedalaman lebih dari 30 cm (keadaan tanah terganggu) dan kapur. Besar persentase kapur adalah 0%; 2,5%; 5% dari berat total tanah kering udara. Uji yang dilakukan terhadap campuran tanah dan kapur adalah sifat fisis dan mekanis tanah. Sifat fisis tanah meliputi; berat jenis, kadar air, *Atterberg limits*, analisa ukuran butiran dan klasifikasi tanah. Sifat mekanis tanah meliputi uji pemadatan dan CBR. Alat yang digunakan pada penelitian ini, berasal dari Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Muhammadiyah Surakarta, yang sesuai dengan *Annual Book of ASTM* ..

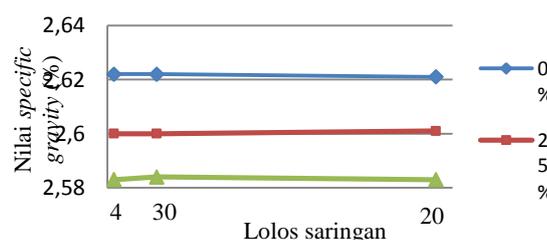
Tahapan dalam penelitian ini dimulai dengan studi literatur dan penyediaan bahan yaitu sampel tanah dan kapur, menyaring sampel tanah lolos saringan No. 4, No. 30 dan No. 200, selanjutnya dilakukan uji sifat fisis tanah asli, dan uji sifat fisis tanah campuran dengan persentase penambahan kapur sebesar 0%, 2.5%, 5%, yang meliputi : kadar air, berat jenis ( $G_s$ = *Spesific Gravity*), batas-batas *Atterberg* (LL= *Liquid Limit*, PL= *Plastic Limit*, SL= *Shrinkage Limit*), dan analisa ukuran butiran. Selanjutnya dilakukan uji kepadatan tanah dengan metode *standard Proctor* untuk mendapatkan kepadatan maksimum dan kadar air optimum. Kadar air tersebut kemudian digunakan untuk pembuatan sampel pengujian *CBR*. Tahapan berikutnya adalah pembuatan benda uji tanah asli dan campuran untuk uji *CBR*, setelah itu dilakukan uji *CBR Soaked*, dengan perendaman selama 4 hari, dan uji *CBR Unsoaked* pada tanah sampel dengan nilai *CBR Soaked* tertinggi. Selanjutnya dilakukan analisa data dan pengambilan kesimpulan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

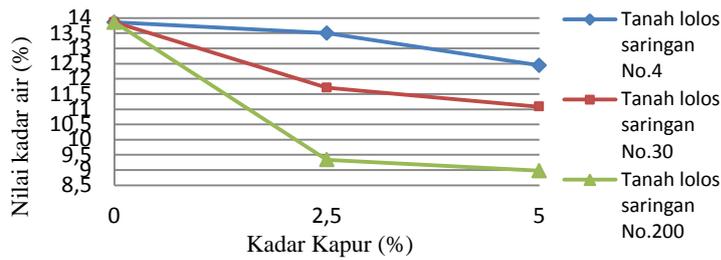
### Sifat Fisis

#### 1. *Specific gravity* (berat jenis) dan kadar air

Uji *specific gravity* tanah asli pada tanah lolos saringan No.4, No.30 dan No.200 didapatkan nilai sebesar 2,622 akan tetapi setelah dilakukan penambahan kapur, tanah asli mengalami penurunan nilai *specific gravity*. Nilai *specific gravity* terkecil terjadi pada tanah dengan penambahan 5% kapur yaitu sebesar 2,583 yang menunjukkan terjadi penurunan nilai sebesar 0,039. Hal ini disebabkan antara lain karena bercampurnya 2 bahan dengan *specific gravity* yang berbeda. Nilai *specific gravity* tanah asli adalah 2,622 sedangkan nilai *specific gravity* kapur lebih kecil yaitu 2,302 sehingga penurunan nilai *specific gravity* terjadi. Nilai ini dapat dilihat pada Gambar 1.



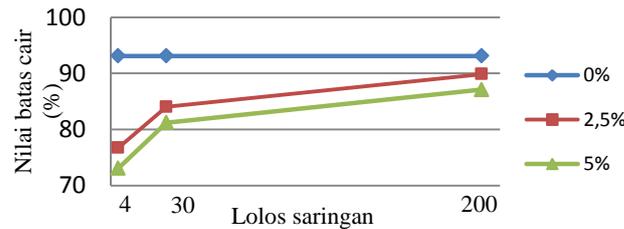
Gambar 1. Grafik Hubungan antara persentase penambahan kapur dengan nilai *specific gravity*



Gambar 2. Grafik Hubungan antara persentase penambahan kapur dengan nilai kadar air

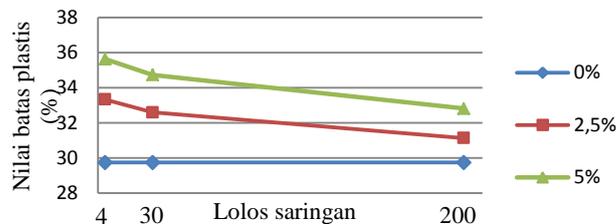
## 2. Batas Atterberg

Hasil uji batas cair menunjukkan adanya penurunan seiring dengan besarnya penambahan persentase kapur. Penurunan nilai batas cair (LL) maksimum terjadi pada tanah lolos saringan No. 4 dengan penambahan kapur 5 %. Hal ini disebabkan tanah mengalami proses sementasi sehingga tanah menjadi butiran yang lebih besar yang menjadikan gaya tarik menarik antar partikel dalam tanah menurun. Penurunan ini menyebabkan partikel dalam tanah mudah lepas dari ikatannya sehingga nilai kohesi akan semakin kecil, hal ini akan menyebabkan turunnya nilai batas cair (LL). Nilai batas cair terhadap tanah lolos saringan No. 30 dan No. 200 mengalami kenaikan, itu dikarenakan semakin kecil butiran tanah maka akan semakin kuat daya tarik menarik antar partikel tanah, jadi antar partikel tanah pada butiran kecil tidak mudah lepas. Hubungan penambahan kapur dengan nilai batas cair (LL) dapat dilihat pada Gambar 4. dan Hubungan antara lolos saringan No. 4, No. 30 dan No. 200 dengan nilai batas cair (LL) dapat dilihat pada Gambar 3



Gambar 3. Grafik Hubungan antara lolos saringan No. 4, No. 30 dan No. 200 dengan nilai batas cair (LL)

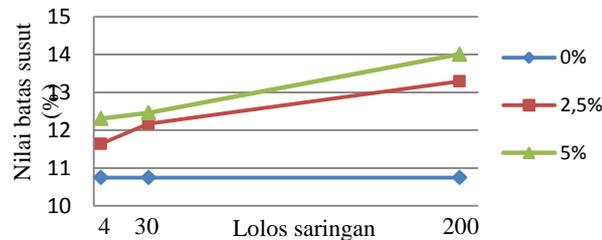
Nilai batas plastis (PL) tanah asli lolos saringan No.4 dari uji *Atterberg limits* didapatkan sebesar 29,74%. Pada penambahan kapur 5% nilai batas plastis mengalami kenaikan sebesar 5,89%. Hal ini juga terjadi pada tanah lolos saringan No.30 dan lolos saringan No.200. Nilai tertinggi terjadi pada tanah lolos saringan No. 4 dengan campuran kapur 5%, dengan nilai batas plastis 35,63%. Penambahan kapur mengakibatkan peningkatan nilai batas plastis, dikarenakan terjadinya penurunan kohesi tanah yang menyebabkan ikatan antar butir tanah semakin tidak lekat. Pada tanah lolos saringan No. 30 dan No. 200 nilai batas plastis mengalami penurunan dari tanah lolos saringan No. 4, karena tanah dengan butiran kecil ikatan antar butir tanah semakin lekat (kohesi tinggi) Hubungan antara lolos saringan No. 4, No. 30 dan No. 200 dengan nilai batas plastis (PL) dapat dilihat pada Gambar



Gambar 4. Grafik Hubungan antara lolos saringan No. 4, No. 30 dan No. 200 dengan nilai batas plastis (PL)

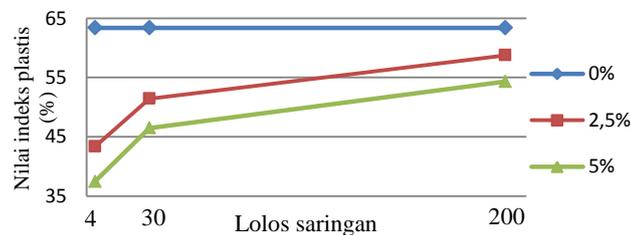
Nilai batas susut (SL) tanah asli lolos saringan No.4 dari uji *Atterberg limits* didapatkan sebesar 10,75%. Hasil uji *Atterberg limits* menunjukkan peningkatan sebanyak 1,56% yang terjadi

pada tanah lolos saringan No.4 dengan penambahan kapur 5% dengan nilai batas susut 12,31%. Hal ini juga terjadi pada tanah lolos saringan No.30 dan lolos saringan No.200. Nilai tertinggi terjadi pada tanah lolos saringan No. 200 dengan campuran kapur 5%, dengan nilai batas susut 14,01%. Peningkatan nilai batas susut terjadi seiring dengan besarnya persentase penambahan kapur. Hal tersebut disebabkan karena pencampuran tanah asli dengan kapur menyebabkan butiran tanah semakin besar, sehingga akan memperkecil luas spesifik butiran, yang menyebabkan butiran tidak mudah terpengaruh oleh perubahan kadar air. Hubungan antara lolos saringan No. 4, No. 30 dan No. 200 dengan nilai batas susut (SL) dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 5. Grafik Hubungan antara lolos saringan No. 4, No. 30 dan No. 200 dengan nilai batas susut (SL)**

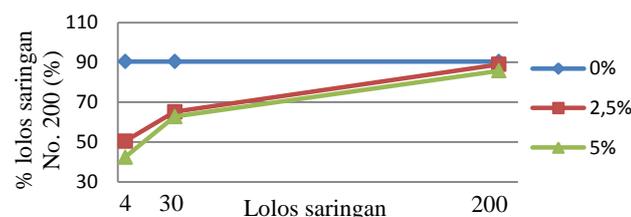
Hasil perhitungan PI berdasar nilai LL dan PL dari pengujian *Atterberg limits*. Besar kecilnya nilai indeks plastis sangat tergantung oleh nilai batas cair dan batas plastis. Penambahan persentase kapur dapat menurunkan batas cair dan menaikkan batas plastis, maka indeks plastisnya akan menurun. Nilai PI (indeks plastis) tanah saringan No.4, No. 30 dan No. 200 mengalami penurunan pada penambahan kapur 5%. Penurunan tertinggi terjadi pada tanah lolos saringan No. 4 pada penambahan kapur 5%, dengan nilai PI (indeks plastis) 37,45%. Nilai PI 37,45% menunjukkan bahwa tanah tersebut masih kategori tanah lempung dengan plastisitas tinggi karena nilai  $PI > 17$ . Hubungan antara lolos saringan No. 4, No. 30 dan No. 200 dengan nilai indeks plastis (PI) dapat dilihat pada Gambar 6.



**Gambar 6. Grafik Hubungan antara lolos saringan No. 4, No. 30 dan No. 200 dengan nilai indeks plastis (PI)**

### 3. Analisa ukuran butiran dan klasifikasi tanah

Hasil uji gradasi menunjukkan bahwa penambahan kapur menyebabkan perubahan komposisi % lolos saringan. Penurunan nilai persentase saringan lolos No. 200 terhadap penambahan kapur dapat dilihat pada Gambar 7.



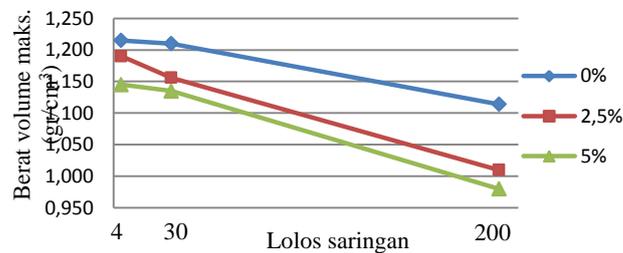
**Gambar 7. Grafik Hubungan antara lolos saringan No. 4, No. 30 dan No. 200 dengan persentase lolos saringan No. 200**

Berdasarkan nilai batas cair dan indeks plastisitas pada tanah lolos saringan No. 4, No. 30 dan No. 200 penambahan kapur 2,5% dalam metode USCS termasuk kelompok CH, dan untuk penambahan kapur 5% termasuk kelompok MH-OH. Tetapi didapatkan nilai LLR pada tanah lolos saringan No. 4, No. 30 dan No. 200 dengan penambahan kapur 5% sebesar 0,871 ; 0,886 ; 0,902 sehingga nilai perbandingan antara batas cair dengan tanah oven dengan batas cair dengan tanah kering udara (LLR)>0,75 tanah merupakan kelompok MH, yaitu tanah lanau elastis.

**Sifat Mekanis**

**1. Standard Proctor**

Gambar 8. menunjukkan bahwa tanah lolos saringan No. 4 dengan penambahan kapur akan menyebabkan penurunan berat isi kering maksimum. Pada tanah asli lolos saringan No. 4 berat isi kering maksimum sebesar 1,215 gr/cm<sup>3</sup> namun seiring dengan penambahan kapur mengalami penurunan. Penurunan pada penambahan kapur 5% yaitu dengan nilai berat isi kering maksimum sebesar 1,145 gr/cm<sup>3</sup>. Hal ini juga terjadi pada tanah lolos saringan No. 30 dan No. 200. Penurunan terbesar terjadi pada tanah lolos saringan No. 200 pada penambahan kapur 5% dengan hasil berat isi kering maksimum sebesar 0,980 gr/cm<sup>3</sup>,



**Gambar 8. Grafik Hubungan antara lolos saringan No. 4, No. 30 dan No. 200 dengan berat isi kering maksimum**

Penambahan kapur cenderung menyebabkan kenaikan kadar air optimum. Nilai kadar air optimum pada tanah asli lolos saringan No. 4 yaitu 31% tetapi seiring penambahan kapur cenderung mengalami peningkatan. Pada tanah lolos saringan No. 4 penambahan kapur 5% yaitu 32,46%. Hal ini juga terjadi pada tanah lolos saringan No. 30 dan No. 200. Peningkatan terbesar terjadi pada tanah lolos saringan No. 4 pada penambahan kapur 5% dengan hasil kadar air optimum sebesar 32,46 %. Hal ini disebabkan oleh pembesaran rongga karena sementasi yang menyebabkan bertambahnya pori-pori tanah yang dapat diisi air. Pada tanah asli lolos saringan No.30 dan No. 200 mengalami penurunan kadar air optimum. Hal ini dikarenakan semakin kecil butiran maka tanah akan lebih rapat, pori-pori tanah sedikit terisi air jadi nilai kadar air optimum mengalami penurunan dari kadar air optimum pada tanah asli lolos saringan No. 4.

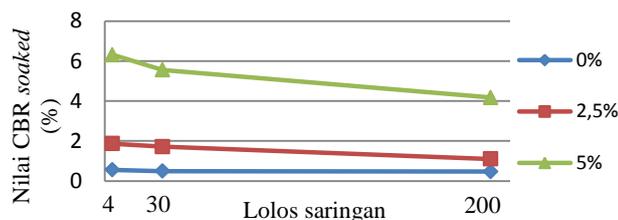
**2. California Bearing Ratio (CBR)**

Hasil uji CBR dapat dilihat pada tabel dan gambar berikut:

**Tabel 1. Hasil uji CBR soaked dan unsoaked**

% Penambahan kapur	CBR soaked (%), lolos No 4	CBR soaked (%), lolos No 30	CBR soaked (%), lolos No 200	CBR unsoaked (%)
0	0,556	0,489	0,467	
2.5	1,867	1,607	1,102	21,778
5	6,311	5,667	4,178	24,556

Hubungan antara penambahan kapur dengan nilai CBR pada pengujian CBR soaked dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik Hubungan antara lolos saringan No. 4, No. 30 dan No. 200 dengan nilai CBR soaked.

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa nilai CBR *soaked* cenderung mengalami peningkatan seiring dengan penambahan kapur. Pada tanah asli lolos saringan No. 4 nilai CBR *soaked* yaitu 0,556% tetapi mengalami kenaikan menjadi 6,311% pada penambahan kapur 5%. Hal ini juga terjadi pada tanah lolos saringan No. 30 dan No. 200. Peningkatan terbesar terjadi pada tanah lolos saringan No. 4 pada penambahan kapur 5% dengan hasil CBR *soaked* sebesar 6,311 %. Peningkatan nilai CBR ini disebabkan terjadinya proses sementasi saat perendaman, yang menyebabkan penggumpalan pada tanah campuran sehingga daya ikat antar butiran meningkat. Akibatnya rongga-rongga pori yang telah ada sebagian akan dikelilingi bahan sementasi yang lebih keras, sehingga butiran menjadi tidak mudah hancur karena penambahan air.

Tanah lolos saringan No. 30 dan No. 200 mengalami penurunan dari tanah lolos saringan No. 4, karena butiran pada lolos saringan No. 4 lebih besar dibandingkan dengan lolos saringan No. 30 dan No. 200. Hal ini disebabkan besarnya butiran tanah merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi besarnya nilai CBR.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan di laboratorium dan analisa data percobaan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil uji sifat fisis tanah lempung lolos saringan No. 4, No. 30, No. 200 setelah distabilisasi dengan kapur 2,5%, 5% menunjukkan bahwa nilai berat jenis (*specific gravity*), nilai kadar air, nilai batas cair dan nilai persentase lolos saringan No. 200 cenderung menunjukkan penurunan, sedangkan nilai batas plastis dan batas susut mengalami peningkatan. Klasifikasi tanah Tanon, Sragen menurut sistem AASHTO, termasuk kelompok A-7-5, yaitu tanah lempung bersifat tidak baik atau buruk jika digunakan dalam lapis pondasi perkerasan jalan atau bangunan. Sedangkan menurut USCS, tanah Tanon Sragen termasuk kelompok CH, yaitu tanah lempung anorganik dengan plastisitas tinggi. Klasifikasi tanah campuran menurut sistem AASHTO, termasuk kelompok A-7-5. Sedangkan menurut sistem USCS, tanah lolos saringan No. 4, No. 30, No. 200 dengan penambahan kapur 2,5% termasuk kedalam kelompok CH dan tanah lolos saringan No. 4, No. 30, No. 200 dengan penambahan kapur 5%, termasuk kedalam kelompok MH yaitu berupa tanah lanau tak organik dengan plastisitas tinggi
2. Hasil uji pemadatan tanah menggunakan *standard Proctor* pada tanah lolos saringan No. 4, No. 30, No. 200. Berat volume kering maksimum mengalami penurunan dan kadar air optimum mengalami peningkatan setelah di stabilisasi dengan kapur. Hasil uji pemadatan tanah pada sampel tanah campuran didapat penurunan berat volume kering maksimum tertinggi terjadi pada campuran tanah lolos No. 200 dengan kapur 5% dan peningkatan kadar air optimum tertinggi terjadi pada campuran tanah lolos No. 4 dengan kapur 5%.
3. Nilai CBR *soaked* pada tanah lolos saringan No. 4, No. 30, No. 200 cenderung mengalami peningkatan seiring penambahan kapur. Nilai CBR *soaked* tertinggi terjadi pada tanah lolos saringan No. 4 + kapur 5% sebesar 6,311% dan pada nilai CBR *unsoaked* tertinggi terjadi pada pada tanah lolos saringan No. 4 + kapur 5% sebesar 24,556%.
4. Berdasarkan hasil uji sifat fisis dan mekanis tanah campuran yang distabilisasi dengan kapur, ternyata ukuran butiran tanah yang lebih besar memberikan nilai perbaikan yang lebih baik terhadap tanah lempung Tanon, Sragen.

## DAFTAR PUSTAKA

- ASTM. 1981. *Annual Book of ASTM*. Philadelphia, PA.
- Hardiyatmo, H. C. 2000. . *Mekanika Tanah I*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Hardiyatmo, H. C. 2001. *Prinsip-prinsip Mekanika Tanah dan Soal Penyelesaian I* (1st ed). Yogyakarta : Beta Offset.
- Istiawan, A. C.K. 2009. *Pengaruh Kapur Sebagai Bahan Stabilisasi Terhadap Kuat Dukung dan Potensi Pengembangan Tanah Lempung (Studi Kasus Tanah Lempung Tanon, Sragen)*, Tugas Akhir, S1 Teknik Sipil, UMS
- Soedarmo, G. D. & Purnomo, S. J. E. 1997. *Mekanika Tanah I*. Yogyakarta : Kanisius.
- Soedarmo, G. D. & Purnomo, S. J. E. 1997. *Mekanika Tanah II*. Yogyakarta : Kanisius.
- Wiqoyah Q., 2003, *Campuran Kapur dan Trass Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Lempung untuk Lapisan Dasar Jalan*. Tesis, Universitas Gajah Mada Jogjakarta, Jogjakarta.