

# TINJAUAN VARIASI DIAMETER BUTIRAN TERHADAP KUAT GESER TANAH LEMPUNG KAPUR (STUDI KASUS TANAH TANON, SRAGEN)

**Qunik Wiqoyah<sup>1</sup>, Anto Budi L<sup>2</sup>, Lintang Bayu P<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Jl.Ahmad Yani, Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura, Surakarta  
E-mail: qunik\_w@yahoo.co.id

## Abstrak

Penelitian ini menitik beratkan pada pengaruh variasi butiran tanah lempung kapur terhadap nilai kuat geser tanah. Hal ini berawal dari pemikiran bahwa semakin kecil ukuran butiran tanah, diharapkan semakin banyak kapur yang menyelimuti butiran tanah tersebut, sehingga butiran tanah akan semakin besar dan semakin keras, yang akan memperbesar nilai kuat gesernya. Variasi ukuran butiran tanah pada penelitian ini adalah No.4, No.30, dan No.50, dengan persentase penambahan kapur : 2,5% dan 5%. Jenis pengujian yang dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil UMS adalah sifat fisis dan mekanis tanah (Direct Shear Test). Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa campuran tanah lempung dengan kapur, dengan variasi ukuran butiran tanah (lolos saringan No 4, No 30 dan No 50) dapat memperbaiki sifat fisis dan sifat mekanis (kuat geser) tanah lempung. Nilai tegangan geser ( $\tau$ ) cenderung mengalami peningkatan seiring dengan penambahan kapur dan penambahan beban normal ( $N$ ). Nilai tegangan geser ( $\tau$ ) terbesar terjadi pada tanah lolos saringan No.4 dengan penambahan presentase kapur 5% dan beban normal ( $N$ ) 9 kg yaitu sebesar 0,677 kg/cm<sup>2</sup>. Nilai kohesi ( $c$ ) dan nilai sudut gesek dalam ( $\phi$ ) pada tanah lolos saringan No. 4, No. 30, No. 50 cenderung mengalami peningkatan seiring penambahan kapur. Nilai kohesi ( $c$ ) tertinggi terjadi pada tanah lolos saringan No. 4+ kapur 5% sebesar 0,529 kg/cm<sup>2</sup> dan nilai sudut gesek dalam ( $\phi$ ) tertinggi terjadi pada tanah lolos saringan No. 4 + kapur 5% sebesar 25,2°. Hasil uji tersebut di atas menunjukkan bahwa diameter butiran lolos saringan No 4 dapat memperbaiki sifat fisis maupun mekanis (kuat geser) yang lebih besar, dibandingkan dengan variasi lolos No 30 dan No 50. Hal ini menunjukkan bahwa diameter butiran tanah asli yang lebih besar tetap memberikan kontribusi yang lebih besar dibandingkan dengan diameter butiran tanah asli yang lebih kecil, walaupun tanah tersebut telah distabilisasi dengan kapur.

**Kata kunci : tanah lempung; stabilisasi; kapur; sifat fisis; kuat geser**

## 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). Penelitian yang sejenis dengan penelitian ini juga telah dilakukan oleh Murdani (2014), dengan variasi diameter butiran tanah lolos saringan No 4, No 30 dan No 200 dengan persentase penambahan kapur 2,5% dan 5%. Hasil dari penelitian yang dilakukan Murdani (2014), menunjukkan bahwa besarnya diameter butiran tanah asli sangat mempengaruhi kuat dukung tanah, walaupun tanah tersebut distabilisasi dengan kapur. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh peneliti sebelumnya maka pada penelitian ini akan tetap menggunakan bahan stabilisasi yang sama yaitu kapur dengan variasi kapur : 2,5% dan 5%, akan tetapi ukuran butiran tanahnya divariasikan, dengan variasi : lolos No 4, No 30 dan No 50. Pemakaian variasi butiran ini bertujuan untuk melihat, apakah dengan variasi butiran ini dapat memperbaiki sifat fisis dan mekanis (kuat geser) tanah Tanon tersebut.

## 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 III.3.

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)

### Uji DST (Direct Shear Test)

Pemeriksaan ini adalah untuk menentukan kuat geser tanah setelah mengalami konsolidasi akibat suatu beban dengan drainase vertikal 2 arah. Pemeriksaan dapat dilakukan dengan *single shear* atau *double shear*. Pemeriksaan dapat dibuat pada semua jenis tanah dan pada contoh tanah asli (*undisturbed*) atau contoh tanah tidak asli (*disturbed*). Dalam perhitungan mekanika tanah, kuat geser ini biasa dinyatakan (tegangan geser) dengan parameter geser  $c$  (kohesi) dan sudut gesek dalam.

Hasil pengujian dapat diperoleh dengan menghitung tegangan normal dan tegangan geser. Tegangan normal dan tegangan geser dihitung dengan rumus :

$$= \frac{N}{A} \quad (1)$$

$$= \frac{P}{A} \quad (2)$$

dengan :

= tegangan normal ( $\text{kg/cm}^2$ )  
= tegangan geser ( $\text{kg/cm}^2$ )

N = beban normal (kg)

P = beban geser (kg)

A = luas penampang ( $\text{cm}^2$ )

Menurut Mohr tegangan geser dapat dihitung dengan rumus :

$$= c + \tan \quad (3)$$

Sedangkan parameter geser dalam bentuk matematis :

$$Y = a_0 + a_1 X \quad (4)$$

dengan :

Y =

X =

$a_0 = c$

$a_1 = \tan$

Persamaan normal untuk mencari nilai  $a_0$  dan  $a$  sebagai berikut :

$$a_0 = \frac{(\sum Y) \cdot (\sum X^2) - (\sum X) \cdot (\sum XY)}{n \cdot (\sum X^2) - (\sum X)^2} \quad (5)$$

$$a_1 = \frac{n \cdot (\sum XY) - (\sum X) \cdot (\sum Y)}{n \cdot (\sum X^2) - (\sum X)^2} \quad (6)$$

## 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* ..

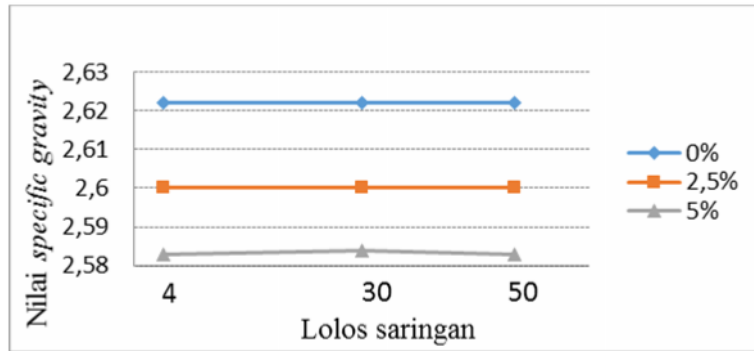
Tahapan dalam penelitian ini dimulai dengan studi literatur dan penyediaan bahan yaitu sampel tanah dan kapur, menyaring sampel tanah lolos saringan No. 4, No. 30 dan No.50, selanjutnya dilakuka uji sifat fisis tanah asli, dan uji sifat fisis tanah campuran dengan persentase penambahan kapur sebesar 0%, 2.5%, 5%, yang meliputi : kadar air, berat jenis ( $G_s = \text{Specific Gravity}$ ), batas-batas *Atterberg* ( $LL = \text{Liquid Limit}$ ,  $PL = \text{Plastic Limit}$ ,  $SL = \text{Shrinkage Limit}$ ), 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 benda uji untuk pengujian **DST** (*direct shear test*). Tahapan berikutnya adalah pembuatan benda uji tanah asli dan campuran untuk uji DST dan analisa data serta pengambilan kesimpulan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

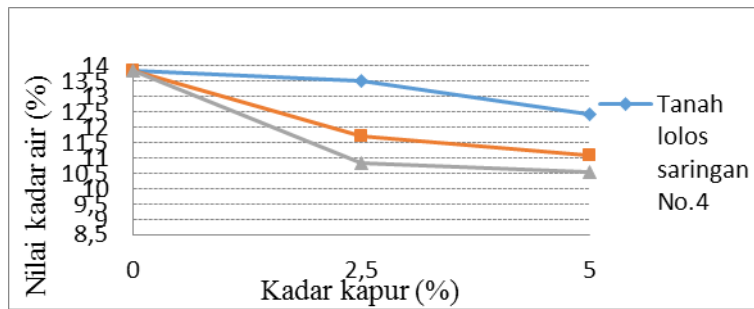
### Sifat Fisis

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

Uji *specific gravity* tanah asli pada tanah lolos saringan No.4 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. Penurunan nilai *specific gravity* terkecil terjadi pada penambahan 2,5% kapur yaitu sebesar 2,6 dan terjadi penurunan nilai sebesar 0,022. 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.



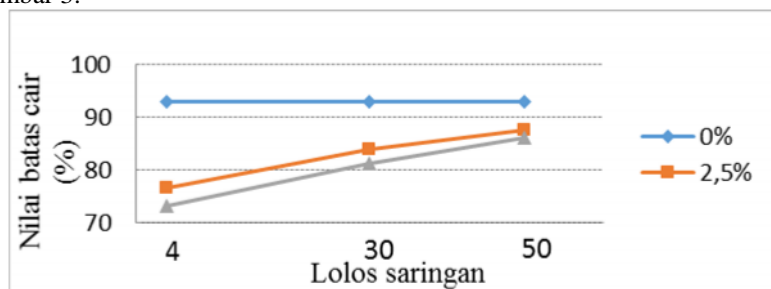
Gambar 1. Grafik Hubungan antara persentase penambahan kapur dengan nilai *specific gravity*



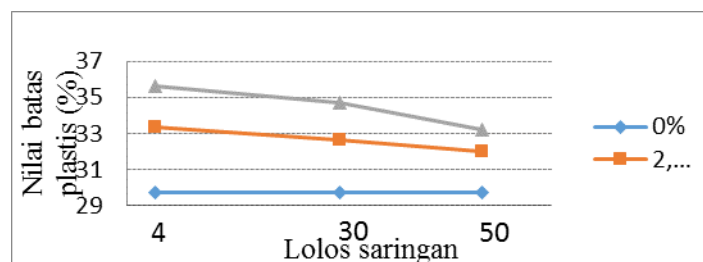
Gambar 2. Grafik Hubungan antara persentase penambahan kapur dengan nilai kadar air

**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. 50 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.



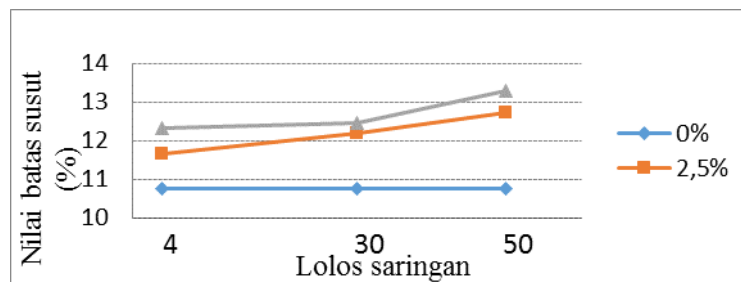
Gambar 3. Grafik Hubungan antara lolos saringan No. 4, No. 30 dan No. 50 dengan nilai batas cair (LL)



Gambar 4. Grafik Hubungan antara lolos saringan No. 4, No. 30 dan No. 50 dengan nilai batas plastis (PL)

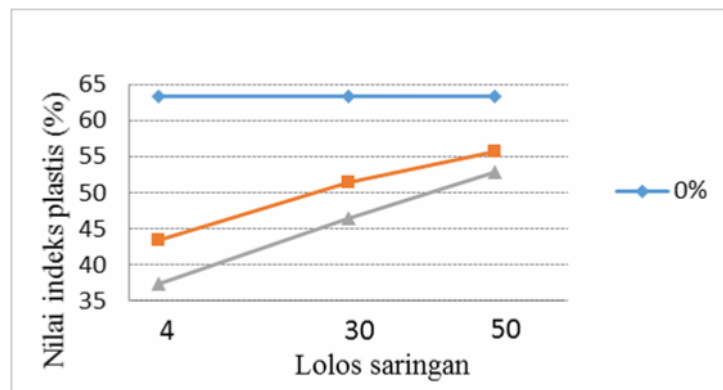
Nilai batas plastis (PL) tanah asli lolos saringan No.4 dari uji *Atterberg limits* didapatkan sebesar 29,74%. Pada penambahan kapur 5% nilai batas plastis mengalami kenaikan sebesar 5,89%. Hal ini juga terjadi pada tanah lolos saringan No.30 dan lolos saringan No.50. Nilai tertinggi terjadi pada tanah 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. 50 nilai batas plastis mengalami penurunan dari tanah lolos saringan No. 4, karena tanah dengan butiran kecil ikatan antar butir tanah semakin lekat ( kohesi tinggi ).

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. 50 dengan campuran kapur 5%, dengan nilai batas susut 13,28%. 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 diameter butiran dan nilai batas susut 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. 50 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%. Pada tabel indeks plastisitas menyatakan bahwa jika nilai  $PI > 17$  maka tanah tersebut masuk ke dalam tanah lempung kohesif berplastisitas tinggi. 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. 50 dengan nilai indeks plastis (PI)

### 3. Analisa ukuran butiran dan klasifikasi tanah

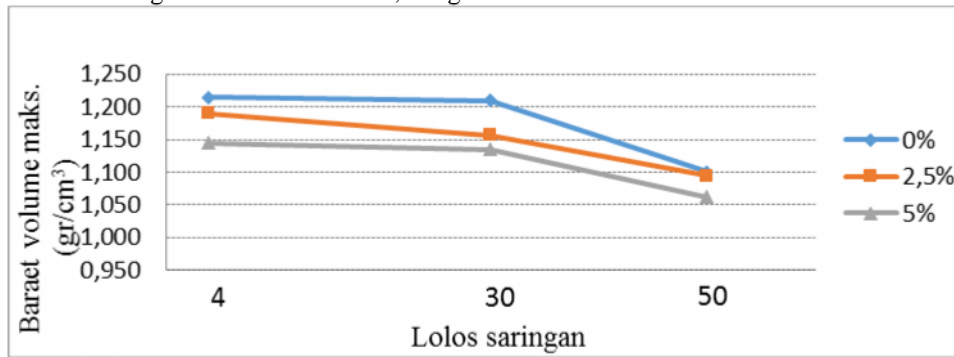
Pada tanah lolos saringan No.50 dengan penambahan kapur 2,5% didapatkan nilai batas cair sebesar 87,71%, batas plastis 32,01%, persentase lolos saringan No. 200 sebesar 78% dan nilai GI sebesar 47,62 maka diambil  $GI=47$ , menurut AASHTO termasuk kedalam kelompok A-7-5, yang merupakan tanah lempung bersifat tidak baik atau buruk apabila digunakan sebagai lapis pondasi perkerasan jalan atau bangunan. Pada penambahan kapur 5% didapatkan nilai batas cair sebesar 86,09%, batas plastis 33,19%, persentase lolos saringan No. 200 75,2% dan nilai GI sebesar 43,11 menurut AASHTO termasuk kedalam kelompok A-7-5. Hasil yang sama juga terjadi pada penambahan tanah lolos saringan No. 4 dan No. 30 pada tanah asli dan penambahan kapur 2,5% yaitu menurut metode AASHTO termasuk kedalam kelompok A-7-5. Berdasarkan nilai batas cair dan indeks plastisitas pada tanah lolos saringan No. 4, No. 30 dan No. 50 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. 50 dengan penambahan kapur 5% sebesar 0,871 ; 0,886 ; 0,891 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 7 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>.

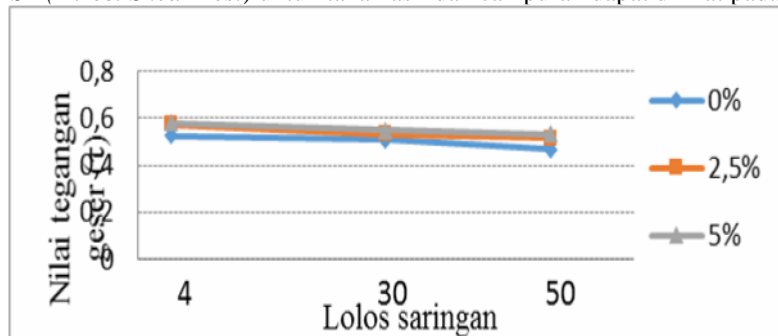


Gambar 7 Grafik Hubungan antara lolos saringan No. 4, No. 30 dan No. 50 dengan berat isi kering maksimum

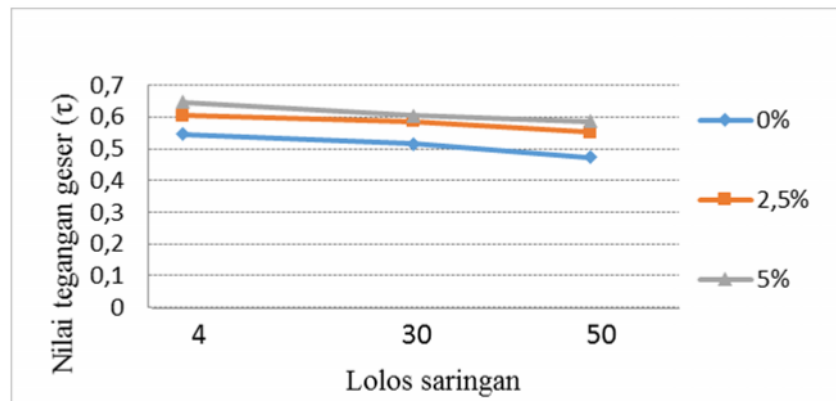
Penambahan kapur cenderung menyebabkan kenaikan kadar air optimum. Nilai kadar air optimum pada tanah asli lolos saringan No. 4 yaitu 31% tetapi seiring penambahan kapur cenderung mengalami peningkatan. Pada tanah lolos saringan No. 4 penambahan kapur 5% yaitu 32,46%. Hal ini juga terjadi pada tanah lolos saringan No. 30 dan No. 50. 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. 50 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. Uji DST (Direct Shear Test)**

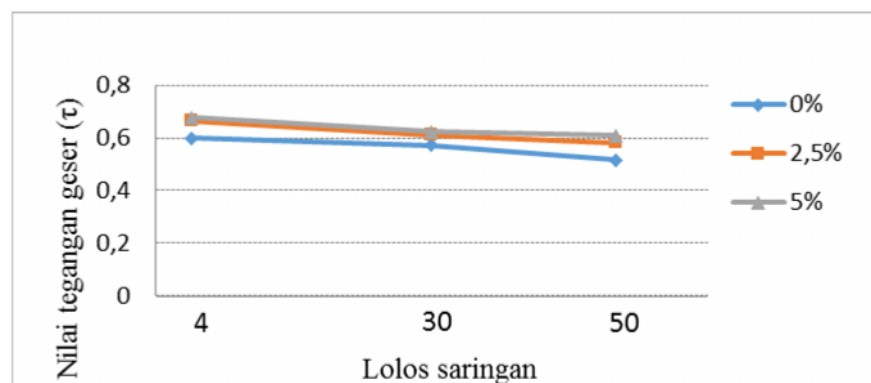
Pengujian DST dilakukan pada sampel tanah asli dan campuran dengan variasi penambahan kapur 2,5% dan 5%. Hasil pengujian DST (Direct Shear Test) untuk tanah asli dan campuran dapat dilihat pada gambar di bawah.



Gambar 8. Grafik Hubungan antara lolos saringan No. 4, No. 30 dan No. 50 dengan nilai tegangan geser ( ) dengan beban normal 3 Kg



Gambar 9. Grafik Hubungan antara lolos saringan No. 4, No. 30 dan No. 50 dengan nilai tegangan geser (  $\tau$  ) dengan beban normal 6 Kg



Gambar 10. Grafik Hubungan antara lolos saringan No.4, No.30 dan No.50 dengan nilai tegangan geser (  $\tau$  ) dengan beban normal 9 Kg

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa nilai tegangan geser (  $\tau$  ) cenderung mengalami peningkatan seiring dengan penambahan kapur dan penambahan beban normal (N). Nilai tegangan geser (  $\tau$  ) terbesar terjadi pada tanah lolos saringan No.4 dengan penambahan presentase kapur 5% dan beban normal (N) 9Kg yaitu sebesar 0,677 kg/cm<sup>2</sup>. Hal ini disebabkan karena tanah lolos saringan No.4 merupakan tanah yang bergradasi paling baik dalam pengujian ini, sedangkan penambahan kapur juga berpengaruh pada nilai kuat geser karena terjadinya proses sementasi saat perendaman, yang menyebabkan penggumpalan pada tanah campuran sehingga daya ikat antar butiran meningkat. Kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir tanah terhadap desakan atau tarikan, hal ini yang berkaitan dengan beban normal (N) adalah desakan, jadi semakin besar desakan/beban yang diberikan kepada tanah maka semakin besar pula kuat geser tanah tersebut. Hasil pengujian kuat geser di atas didukung dengan penjelasan parameter geser dibawah ini.

Tabel .1. Hasil parameter geser pada tanah lolos saringan No. 4

Variasi	C (kg/cm <sup>2</sup> )	(°)
Tanah asli	0,485	19,4
Tanah asli + kapur 2,5%	0,524	23,8
Tanah asli + kapur 5%	0,539	25,1

Tabel 2. Hasil parameter geser pada tanah lolos saringan No. 30

Variasi	C (kg/cm <sup>2</sup> )	(°)
Tanah asli	0,469	17,3
Tanah asli + kapur 2,5%	0,496	21,5
Tanah asli + kapur 5%	0,518	22,7

Tabel 3. Hasil parameter geser pada tanah lolos saringan No. 50

Variasi	C (kg/cm <sup>2</sup> )	(°)
---------	-------------------------	-----

Tanah asli	0,438	13,2
Tanah asli + kapur 2,5%	0,479	18,8
Tanah asli + kapur 5%	0,501	20,3

Dari Tabel diatas menunjukkan bahwa nilai  $c$  dan  $\phi$  cenderung mengalami peningkatan seiring dengan penambahan kapur. Pada tanah asli lolos saringan No. 4 nilai  $c$  dan  $\phi$  yaitu masing-masing  $0,485 \text{ kg/cm}^2$  dan  $19,4^\circ$  dan mengalami kenaikan menjadi  $0,539 \text{ kg/cm}^2$  dan  $25,1^\circ$  pada penambahan kapur 5%. Hal ini juga terjadi pada tanah lolos saringan No. 30 dan No. 50. Peningkatan terbesar terjadi pada tanah lolos saringan No. 4 pada penambahan kapur 5% dengan hasil  $c$  dan  $\phi$  yaitu masing-masing  $0,539 \text{ kg/cm}^2$  dan  $25,1^\circ$ .

Meningkatnya nilai  $c$  dan  $\phi$  jika ditambah kapur 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. Pada tanah lolos saringan No. 30 dan No. 50 mengalami penurunan nilai  $c$  dan  $\phi$  dari tanah lolos saringan No. 4, karena ukuran butiran pada tanah lolos saringan nomor 4 lebih beragam daripada tanah lolos saringan No.30 dan No.50. Tanah yang mempunyai gradasi baik mempunyai nilai kuat geser yang lebih baik, sedangkan tanah yang memiliki gradasi butiran jelek maka nilai kohesi ( $c$ ) nya akan semakin turun. Hal ini dikarenakan tanah yang bergradasi jelek cenderung memiliki diameter butiran yang seragam dan pada saat tanah tersebut dicampur akan masih banyak rongga antar butiran sehingga ikatan antar butiran akan berkurang, sebaliknya tanah bergradasi baik jika dicampur maka rongga antar butiran semakin sedikit dan memperbesar ikatan antar butiran tersebut. Tanah yang bergradasi baik posisi antar butiran tanah bisa saling mengunci, hal ini akan menjadikan nilai sudut geser dalam ( $\phi$ ) lebih tinggi daripada tanah yang hanya mempunyai sedikit ragam butiran. Karena tanah lolos saringan No. 4 paling beragam jenis butirannya maka hasil nilai  $c$  dan  $\phi$  tertinggi yaitu pada lolos saringan No. 4 dengan penambahan kapur 5%.

### 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. 50 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.
2. Hasil uji pemadatan tanah menggunakan *standard Proctor* pada tanah lolos saringan No. 4, No. 30, No. 50. 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 terbesar terjadi pada campuran tanah lolos No. 50 dengan kapur 5% dan peningkatan kadar air optimum terbesar terjadi pada campuran tanah lolos No. 4 dengan kapur 5%.
3. Nilai tegangan geser ( $\phi$ ) cenderung mengalami peningkatan seiring dengan penambahan kapur dan penambahan beban normal ( $N$ ). Nilai tegangan geser ( $\phi$ ) terbesar terjadi pada tanah lolos saringan No.4 dengan penambahan presentase kapur 5% dan beban normal ( $N$ ) 9Kg yaitu sebesar  $0,677 \text{ kg/cm}^2$ . Nilai kohesi ( $C$ ) dan nilai sudut geser dalam ( $\phi$ ) pada tanah lolos saringan No. 4, No. 30, No. 50 cenderung mengalami peningkatan seiring penambahan kapur. Nilai kohesi ( $C$ ) tertinggi terjadi pada tanah lolos saringan No. 4+ kapur 5% sebesar  $0,529 \text{ kg/cm}^2$  dan nilai sudut geser dalam ( $\phi$ ) tertinggi terjadi pada pada tanah lolos saringan No. 4 + kapur 5% sebesar  $25,2^\circ$ .

### 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
- Wiqoyah Q., 2003, Campuran Kapur dan Trass Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Lempung untuk Lapisan Dasar Jalan. Tesis, Universitas Gajah Mada Yogyakarta, Yogyakarta.