

# PENGARUH TRAS TERHADAP PARAMETER KUAT GESER TANAH LEMPUNG

## *THE EFFECT OF TRAS ON SHEAR STRENGTH PARAMENTER OF CLAY*

Qunik Wiqoyah<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Staf pengajar Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.  
Jl. A. Yani No. 1, Tromol Pos 1, Pabelan Kartasura, Surakarta 57102.  
e-mail : qunik\_w@yahoo.co.id

---

### ABSTRACT

*The previous study result showed that soil from Tanon Sragen is categorized as water-sensitive inorganic clay which has high plasticity index and contain montmorillonite mineral dominantly. This kind of soil is not reliable for construction foundation. Therefore, its physic and mechanic characteristic should be improved using stabilization method in order to make the soil more reliable for construction foundation. The method of improvement is conducted by mixing the soil with stabilization material by adding tras percentage, i.e. 0%; 2,5%; 5%; 7,5%; and 10%, with 3-days treatment. Changes in physic and mechanic characteristics of mixed soil and tras can be seen by conducting consistency limit test, gradation test, specific gravity test, and unconsolidated-undrained (UU) triaxial test. The result shows that tras adding with 3-days treatment can improve the soil physic and mechanic characteristic, such as reduce soil plasticity, increase  $\phi$  value, and reduce soil cohesiveness value (c).*

Keywords : *stabilization, clay soil, tras*

### PENDAHULUAN

Hasil penelitian pendahuluan menunjukkan bahwa tanah di daerah tanon adalah merupakan tanah lempung anorganik plastisitas tinggi, dengan nilai LL = 88,03%, PL = 38,58% dan PI = 49,44% (*swelling potential* tinggi), serta mempunyai nilai kohesi (c) = 19,97 kg/cm<sup>2</sup> dan  $\phi = 2,14^{\circ}$

Melihat hasil uji pendahuluan pada tanah asli sebagaimana tersebut di atas maka perlu adanya perbaikan terhadap tanah tersebut. Perbaikan yang dilakukan yaitu dengan menambahkan tras yang bertujuan untuk mengetahui perubahan sifat fisis dan mekanis tanah berupa parameter kuat gesernya.

#### Tanah Lempung

Lempung (*clay*) sebagian besar terdiri dari partikel mikroskopis dan submikroskopis (tidak dapat dilihat dengan jelas bila hanya dengan mikroskopis biasa) yang berbentuk lempengan-lempengan pipih dan merupakan partikel-partikel dari mika, mineral-mineral lempung (*clay mineral*), dan mineral-mineral yang sangat halus lain. Lempung didefinisikan sebagai golongan partikel yang mempunyai ukuran kurang dari 0,002 mm (= 2 mikron) (Das,1985). Namun demikian, di beberapa kasus, partikel berukuran antara 0,002 mm sampai 0,005 mm juga masih digolongkan sebagai partikel lempung (ASTM D-653). Pada kondisi ini tanah diklasifikasikan sebagai lempung (hanya berdasarkan

ukurannya saja). Belum tentu tanah dengan ukuran partikel lempung tersebut juga mengandung mineral-mineral lempung (*clay mineral*).

Ditinjau dari segi mineral (bukan ukurannya), yang disebut tanah lempung ialah yang mempunyai partikel-partikel tertentu yang menghasilkan sifat-sifat plastis pada tanah bila dicampur dengan air (Grim,1953 dalam Das, 1985). Jadi dari segi mineral tanah, tanah dapat juga disebut sebagai tanah bukan lempung (*non clay soil*) meskipun terdiri dari partikel-partikel yang sangat kecil (partikel-partikel quartz, feldspar, dan mika dapat berukuran submikroskopis, tetapi umumnya mereka tidak dapat menyebabkan terjadinya sifat plastis pada tanah). Dari segi ukuran partikel-partikel tersebut memang dapat digolongkan sebagai pertikel lempung. Oleh karena itu, akan lebih tepat bila partikel-partikel tanah yang berukuran < 2 mikron, atau < 5 mikron menurut sistem klasifikasi yang lain, disebut saja sebagai partikel berukuran lempung dari pada disebut sebagai lempung saja. Partikel-partikel dari mineral lempung umumnya berukuran kaloid (< 1 $\mu$ ) dan ukuran 2 $\mu$  merupakan batas atas (paling besar) dari ukuran partikel lempung.

#### Tras

Tras merupakan istilah lokal di Indonesia, sedangkan istilah internasional dikenal dengan sebutan *pozzolan* yang memiliki sifat *pozzolanic*. *Pozzolan* pada dasarnya adalah merupakan bahan alam atau buatan yang sebagian besar kandungannya

terdiri dari unsur-unsur silika dan alumina atau kedua-duanya. Menurut ASTM C 618-92a, *pozzolan* didefinisikan sebagai suatu bahan yang mengandung silika dan alumina dan tidak dapat mengeras jika dicampur dengan air. Dalam keadaan basah dan halus dapat bereaksi dengan kalsium hidroksida yang dapat mengeras pada suhu kamar. Kandungan maksimum unsur oksida yang harus ada pada suatu *pozzolan* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan kimia *pozzolan* ( ASTM C 618-92a )

Kandungan kimia	<i>Pozzolan</i>		
	N	F	C
1. $Si_2O_3 + Al_2O_3 + Fe_2O_3$ (minimum,%)	70	70	50
2. $SO_3$ (maksimum %)	4	5	5
3. Kadar air, (maksimum %)	3	3	3
4. Hilang karena pembakaran, maksimum %)	10	6	6

*Pozzolan* kelas N merupakan *pozzolan* dari alam seperti batuan opal, *shales*, *tuff* atau pun abu vulkanik. *Pozzolan* kelas F adalah merupakan *pozzolan* buatan seperti abu terbang (*fly ash*) yang memenuhi syarat baik kimia maupun fisik. *Pozzolan* kelas C jenis-jenis bahan lainnya yang dapat dimanfaatkan sebagai *pozzolan*.

Pada dasarnya *pozzolan* alami dapat dikelompokkan menjadi 2 bagian yaitu *pozzolan* dari buatan alam dan *pozzolan* dari tumbuh-tumbuhan tertentu yang setelah dibakar dengan suhu dan waktu tertentu, abunya dapat bersifat sebagai *pozzolan*, sedangkan tras adalah merupakan *pozzolan* alam, karena termasuk abu vulkanik. Reaksi antara *pozzolan* basah dan halus dengan kapur dapat menghasilkan senyawa keras dan tidak larut dalam air, yaitu *calcium silicate hydrate*.

### Stabilisasi tanah

Stabilisasi tanah pada prinsipnya adalah proses perbaikan tanah dengan cara memperbesar berat volume tanah, memperkecil kompresibilitas, sehingga dapat mencegah terjadinya penurunan (*settlement*). Stabilisasi tanah diperlukan apabila tanah yang terdapat dilapangan bersifat sangat lepas atau sangat mudah tertekan, mempunyai indeks konsistensi yang tidak sesuai, permeabilitas yang terlalu tinggi, atau sifat lain yang tidak sesuai untuk proyek pembangunan. (Bowles, 1991).

Cara dari stabilisasi tanah antara lain:

- 1). Meningkatkan kerapatan tanah.

- 2). Meningkatkan kohesi atau tahanan geser yang timbul.
- 3). Menambah bahan yang menyebabkan perubahan-perubahan kimiawi atau fisis pada tanah.
- 4). Menurunkan muka air tanah.
- 5). Mengganti tanah yang jelek dengan tanah yang baik.

Ada dua metode yang sering digunakan untuk memperbaiki tanah pondasi menurut Sosrodarsono (1990) yaitu metode meningkatkan kerapatan tanah atau mengeluarkan air yang terkandung dalam tanah dan metode mengkonsolidasi tanah dengan penambahan bahan stabilisasi. Stabilisasi tanah terdiri dari salah satu atau kombinasi dari cara-cara berikut :

- 1). Mekanik  
Pemadatan dengan memakai berbagai jenis peralatan mekanis seperti mesin gilas (*roller*). Pemampatan berarti kerapatan dari suatu bahan dinaikkan melalui pemakaian gaya luar. Tanah berisi rongga-rongga udara yang sebagian diisi oleh air dan selama pemampatan partikel-partikel tersebut ditampung serta volume rongga udara dikurangi.
- 2). Bahan pencampur  
Penambahan bahan pencampur (*additives*) atau penambahan material agar terjadi proses kimia yang dapat mengikat air dan memperbesar butiran tanah. Bahan-bahan pencampur tersebut contohnya kapur, semen, abu terbang, maupun material seperti pasir *trass split* dan lain-lain.

Kedua jenis stabilisasi diatas disesuaikan dengan kondisi kadar air tanahnya. Kadar air rendah atau dibawah kadar air optimum, stabilisasi yang digunakan dengan cara mekanis (pemadatan), dengan maksud untuk memperkecil volume rongga sehingga kompresibilitas menjadi lebih kecil. Kadar air tinggi atau diatas kadar air optimum, menggunakan stabilisasi penambahan bahan (*additives*) untuk memperbaiki kelemahan sifat-sifat tanah tersebut misalnya penurunan (*settlement*) yang besar dan daya dukung yang kurang sesuai dengan yang kita harapkan.

### Batas konsistensi

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, 2000), 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*).

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).

### Kuat geser tanah

Kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan. Dengan dasar pengertian ini, bila tanah mengalami pembebanan, akan ditahan oleh :

- 1) Gesekan tanah yang bergantung dari jenis tanahnya dan kepadatannya, tetapi tidak tergantung dari tegangan vertikal yang bekerja pada bidang geser,
- 2) Gesekan antar butir-butir tanah besarnya berbanding lurus dengan tegangan vertikalnya pada bidang geser.

Parameter kuat geser tanah diperlukan untuk analisis kapasitas dukung tanah, stabilitas lereng, dan gaya dorong pada dinding penahan tanah. (Mohr, 1910 dalam Hardiyatmo, 2000), memberikan teori kondisi keruntuhan suatu bahan. Keruntuhan suatu bahan terjadi, akibat adanya kombinasi keadaan kritis tegangan normal dan tegangan geser. Hubungan fungsi antara tegangan normal dan tegangan geser pada bidang runtuh dinyatakan dengan persamaan :

$$\tau = f(\sigma) \quad (5)$$

Coulomb, 1976 (dalam Hardiyatmo, 2000) mendefinisikan fungsi  $f(\sigma)$  sebagai :

$$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \varphi \quad (6)$$

dengan

$\tau$  : kuat geser tanah (  $\text{kN/m}^2$  ),

$c$  : kohesi tanah ( $\text{kN/m}^2$ ),

$\varphi$  : sudut gesek dalam tanah (  $^\circ$  ),

$\sigma$  : tegangan normal pada bidang runtuh ( $\text{kN/m}^2$  )

Persamaan 6 disebut kriteria keruntuhan atau kegagalan Mohr-Coulomb.

Salah satu cara untuk menentukan kuat geser tanah di laboratorium adalah uji triaksial tak terkonsolidasi-tak terdrainasi (*triaxial unconsolidated-undrained*). Uji ini adalah merupakan

uji triaksial dengan pembebanan cepat (*quick-test*), sehingga belum terjadi konsolidasi atau drainase pada lapisan tanah. Kondisi tersebut antara lain terjadi pada akhir pelaksanaan pembangunan bendungan urugan, fondasi untuk timbunan, tiang pancang dan fondasi pada tanah lempung *normally consolidated*.

### METODE PENELITIAN

Tanah yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah lempung (berdasarkan penelitian pendahuluan) dari Desa Jono kecamatan Tanon Kabupaten Sragen.). Bahan stabilisasi, berupa tras. Besar persentase tras adalah : 2,5% ; 5% ; dan 7,5% dan 10% dari berat total tanah kering udara.

Uji yang dilakukan terhadap campuran tanah dan tras adalah : unsur-unsur kimia tras, *Atterberg limit*, gradasi, *specific gravity*, standar *Proctor*, dan *triaxial* dengan perawatan 3 hari. Uji unsur-unsur kimia tras 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), satu set alat triaksial tak-terkonsolidasi tak-terdrainase (ASTM D2850), 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 sampel lolos saringan No 4, serta persiapan alat. Selanjutnya dilakukan pencampuran tanah dengan tras sesuai dengan persentase tras yang ditambahkan. Kemudian dilakukan uji standar *Proctor* dengan penambahan air tertentu, baru kemudian dilakukan uji sifat fisis dan mekanis campuran tanah dan tras. Penambahan air untuk pembuatan sampel uji triaksial berdasarkan kadar air optimum hasil uji standar *Proctor*.

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 tras dapat dilihat pada Tabel 3 sampai Tabel 8, serta pada Gambar 2 sampai Gambar 10 .

Tabel 3. Komposisi kimia tras

Unsur	Tras (%) berat
SiO <sub>2</sub>	57,17
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,64
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,87
CaO	8,36
MgO	2,53
H <sub>2</sub> O	0,69
HD	1,66

Tabel 4. Hasil uji gradasi butiran tanah

Jenis tanah + bahan stabilisasi	Fraksi halus (ukuran < 0,075 mm) (%)	Fraksi kasar (ukuran > 0,075 mm) (%)
L+0% tras	94,13	5,87
L+2,5% tras	90,92	9,08
L+5% tras	90,41	8,59
L+7,5% tras	90,07	9,93
L+10% tras	88,50	11,50

Tabel 5. Hasil uji *specific gravity*

Jenis tanah + bahan stabilisasi	Nilai <i>specific gravity</i> (G <sub>s</sub> )
Tras	2,79
L+0% tras	2,61
L+2,5% tras	2,65
L+5% tras	2,66
L+7,5% tras	2,66
L+10% tras	2,66

Tabel 6. Hasil uji batas-batas *Atterberg*

Jenis tanah+bahan stabilisasi	Batas <i>Atterberg</i>			
	LL (%)	PL (%)	SL (%)	PI (%)
L+0% tras	88,03	38,58	10,73	49,44
L+2,5% tras	87,31	34,74	10,71	52,57
L+5% tras	81,65	31,79	10,33	49,8
L+7,5% tras	70,75	28,27	11,12	42,48
L+10% tras	69,88	27,32	12,73	41,8

Tabel 7. Hasil uji pemadatan

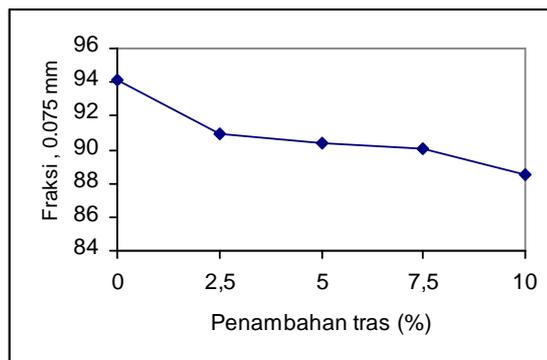
Jenis tanah + bahan stabilisasi	Kadar air optimum (OMC) %	Berat volume kering maksimum (MDD) %
L+0% tras	31,31	1,37
L+2,5% tras	33,35	1,32
L+5% tras	33,35	1,33
L+7,5% tras	33,50	1,26
L+10% tras	33,70	1,22

Tabel 8. Nilai sudut gesek dalam ( $\phi$ ) dan nilai kohesi (c), perawatan 3 hari

Jenis tanah+bahan stabilisasi	Kohesi (c <sub>uu</sub> ) (kg/m <sup>2</sup> )	Sudut gesek internal dalam $\phi$ (...°)
L+0% tras	19,97	2,14
L+2,5% tras	19,60	3,04
L+5% tras	19,6	3,89
L+7,5% tras	3,79	4,62
L+10% tras	3,54	7,29

### 1. Gradasi butiran campuran tanah dan tras

Tabel 4 menunjukkan bahwa dengan penambahan tras 2,5 %; 5 %, 7,5 % dan 10 % menyebabkan perubahan komposisi fraksi, yaitu bertambahnya fraksi tertahan saringan No 200 serta berkurangnya fraksi lolos saringan No 200 (Gambar 2). Besarnya penambahan yang terjadi dibandingkan dengan tanah asli sebesar 5,63 %. 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 dukungnya.

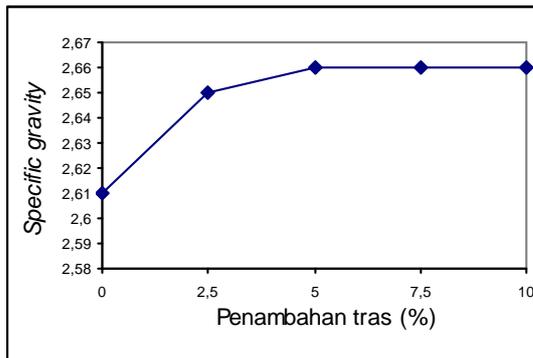


Gambar 2. Hubungan antara persen penambahan tras dengan fraksi <math>< 0,075\text{ mm}</math>.

### 2. *Specific gravity* (G<sub>s</sub>)

Hasil uji *specific gravity* (G<sub>s</sub>) dengan penambahan 2,5 % ; 5 %; 7,5 % dan 10 % tras sebagaimana tercantum pada Tabel 5 menunjukkan adanya kecenderungan kenaikan nilai *specific gravity* seiring dengan bertambah besarnya persentase tras. Kenaikan maksimum terjadi pada penambahan 10 % tras. Hal ini disebabkan antara lain karena bercampurnya 2 bahan dengan *specific gravity* yang berbeda. Nilai *specific gravity* tras sebesar 2,79, memang lebih tinggi dibandingkan dengan nilai *specific gravity* tanah asli yaitu 2,61, sehingga

kenaikan *specific gravity* terjadi. Selain itu, 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*. selanjutnya akan memperkecil volume butiran dan menaikkan nilai *specific gravity*. Lebih jelasnya seberapa besar penurunan yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 3.



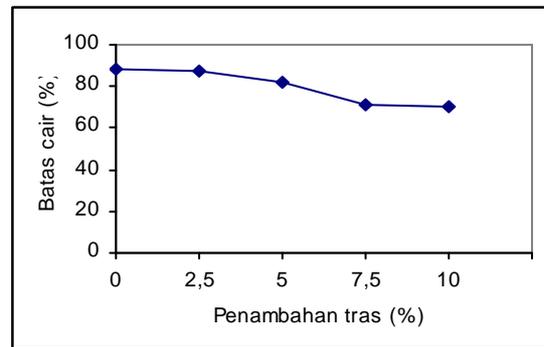
Gambar 3. Hubungan antara persen penambahan tras dengan *specific gravity*

### 3. Batas Atterberg

3a). *Batas cair (LL)*. Uji batas Atterberg yang dilakukan adalah uji batas cair (*LL*), batas plastis (*PL*) dan batas susut (*SL*). Pengaruh penambahan persentase tras terhadap nilai batas Atterberg ditunjukkan pada Tabel 6.

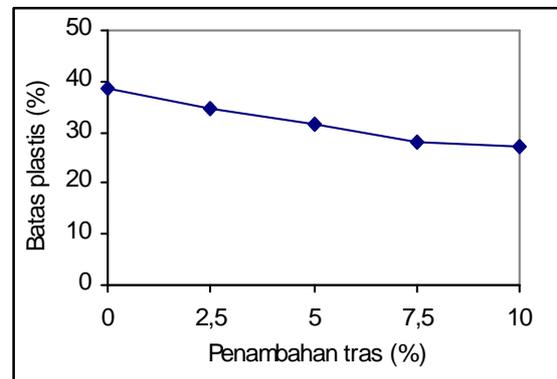
Hasil uji batas cair sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 4, ternyata menunjukkan adanya penurunan seiring dengan besarnya penambahan persentase tras. Pengurangan nilai *LL* maksimum terjadi pada penambahan kapur 10 %, sebesar 18,15 %.

Penambahan tras 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 tras serta kation dari partikel tras 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 tras yang semakin banyak akan menyebabkan semakin turunnya nilai kohesi. Oleh karena itu turunnya nilai kohesi akan menyebabkan turunnya nilai *LL*.



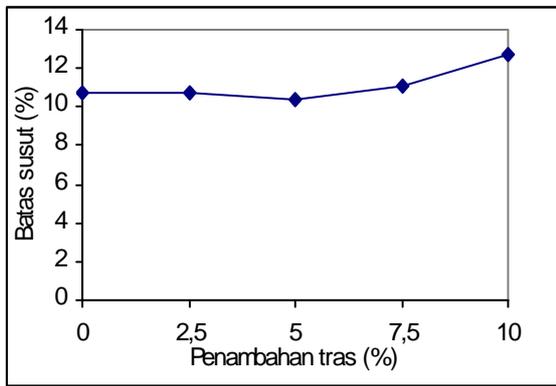
Gambar 4. Hubungan antara persen penambahan tras dengan batas cair.

3b). *Batas plastis (PL)*. Penambahan variasi persentase tras menyebabkan penurunan nilai nilai batas plastis, hal ini dapat dilihat pada Tabel 6 dan Gambar 5.



Gambar 5. Hubungan antara persen penambahan tras dengan batas plastis.

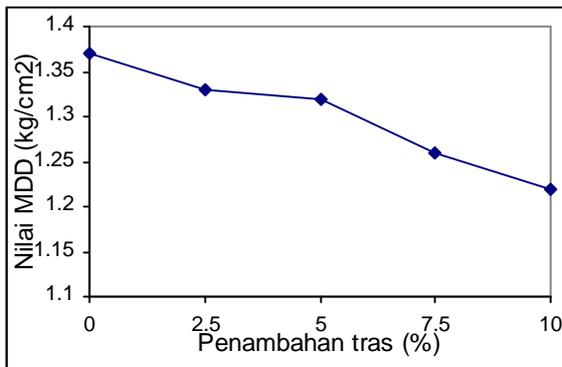
3c). *Batas Susut (SL)*. Tabel 6 dan Gambar 6 menunjukkan bahwa penambahan variasi persentase tras menyebabkan kenaikan batas susut (*SL*) dibandingkan dengan tanah asli. Sebagaimana dijelaskan di atas, kenaikan ini disebabkan *flokulasi-aglomerasi* yang menyertai proses pertukaran ion-ion. Peristiwa ini akan menghasilkan butiran tanah baru dengan ukuran yang lebih besar, sehingga akan memperkecil luas permukaan spesifik/*specific surface*. 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 tras yang ditambahkan akan menyebabkan mengecilnya luas permukaan spesifik tanah yang berakibat tanah sulit berubah volumenya akibat pengaruh air, walaupun dengan kadar air yang tinggi.



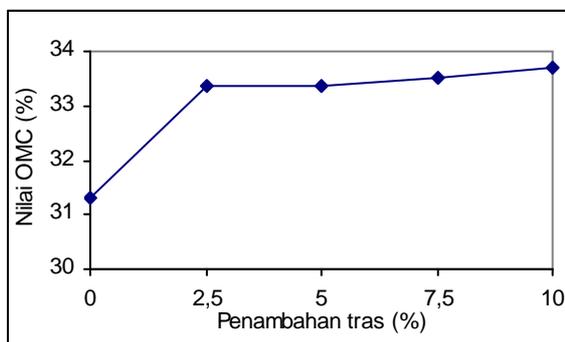
Gambar 6. Hubungan antara persen penambahan tras dengan batas susut

#### 4. Pematatan

Hasil uji pematatan menunjukkan bahwa penambahan persentase tras memperlihatkan kecenderungan penurunan berat volume kering maksimum, (Gambar 7). 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 8.



Gambar 7. Hubungan antara persentase penambahan tras dengan nilai MDD.



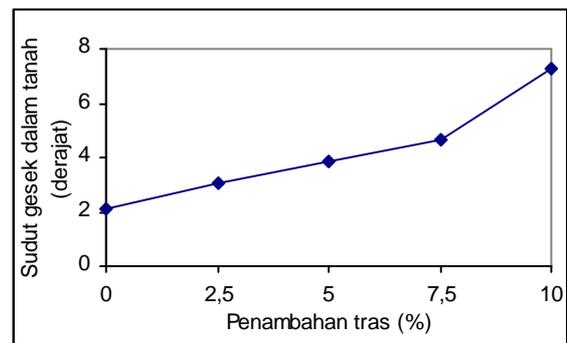
Gambar 8. Hubungan antara persentase penambahan tras dengan nilai OMC

#### 5. Parameter kuat geser.

Hasil uji triaksial berbagai variasi campuran tanah dan tras dengan perawatan 3 hari, sebagaimana tercantum pada Tabel 10 menunjukkan adanya kecenderungan peningkatan nilai sudut gesek dalam ( $\phi$ ) dan penurunan nilai kohesi (c), apabila dibandingkan dengan nilai sudut gesek dalam ( $\phi$ ) maupun kohesi (c) tanah asli.

Peningkatan nilai sudut gesek dalam tanah ( $\phi$ ) ini, disebabkan karena penambahan tras menimbulkan peristiwa *flokulasi-aglomerasi* yang menghasilkan massa tanah yang berukuran lebih besar dan beragam, sehingga menambah atau memperbesar bidang kontak antar butiran ( $A_c$ ). Akibat bertambahnya bidang kontak antar butiran maka gaya geser yang terjadi pada bidang kontak antar butiran tanah semakin besar yang berarti nilai koefisien friksi meningkat. Meningkatnya nilai koefisien friksi ini akan menyebabkan meningkatnya nilai  $\phi$ , hal ini disebabkan hubungan nilai koefisien friksi berbanding lurus dengan nilai  $\phi$ .

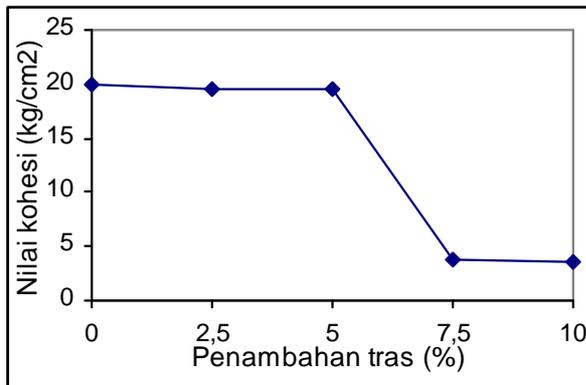
Peningkatan sudut gesek dalam ( $\phi$ ) terbesar terjadi pada penambahan tras 10 % sebesar 5,15° apabila dibandingkan dengan nilai sudut gesek dalam ( $\phi$ ) tanah asli (Gambar 9).



Gambar 9. Hubungan persentase penambahan tras dengan nilai sudut gesek dalam ( $\phi$ ), perawatan 3 hari.

Penurunan kohesi terlihat sangat besar dibandingkan dengan nilai kohesi tanah asli setelah penambahan tras 5 %. (Gambar 10). Penurunan ini disebabkan karena penambahan tras 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 tras serta kation dari partikel tras 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.



Gambar 10. Hubungan persentase penambahan tras dengan nilai kohesi, perawatan 3 hari.

## KESIMPULAN

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

1. Penambahan tras pada tanah lempung dapat memperbaiki sifat fisis tanah tersebut.
2. Hasil uji triaksial perawatan 3 hari, menunjukkan peningkatan nilai sudut gesek dalam tanah ( $\phi$ ) seiring penambahan tras,. Peningkatan maksimum terjadi pada penambahan 10 % tras. Besarnya peningkatan  $5,15^\circ$ .
3. Nilai kohesi (c) juga mengalami penurunan sebesar  $16,43 \text{ kg/m}^2$  terjadi pada penambahan 10 % tras.
4. Penambahan tras sampai pada 10 % dengan perawatan 3 hari, dapat memperbaiki parameter geser tanah lempung Tanon.

## 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.
- Craig, R.F., 1994, "Mekanika Tanah", Terjemahan oleh Budi S, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Das, B.M., 1985, "Principles of Geoteknik Engineering", PWS Publisher, Boston.
- Hardiyatmo, H.C., 2000, "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.
- Sosrodarsono, 1994, *Mekanika Tanah Dan Teknik Pondasi*, Penerbit P.T. Pradinya Pamamita, Jakarta.
- 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.
- Wiqoyah Q., 2003, *Campuran Kapur dan Trass Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Lempung untuk Lapisan Dasar Jalan*, Tesis, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta, Yogyakarta.