

**PEMANFAATAN LIMBAH PUPUK KIMIA SEBAGAI BAHAN  
STABILISASI TANAH**

**(Studi Kasus Tanah Lempung Tanon, Sragen)**

**Naskah Publikasi**

untuk memenuhi sebagian persyaratan  
mencapai derajat Sarjana S-1 Teknik Sipil



disusun oleh :

**FAJAR**  
**NIM : D 100 100 077**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
2014**

## LEMBAR PENGESAHAN

### PEMANFAATAN LIMBAH PUPUK KIMIA SEBAGAI BAHAN STABILISASI TANAH (Studi Kasus Tanah Lempung Tanon, Sragen)

#### Naskah Publikasi


Diajukan dan dipertahankan pada Ujian Pendadaran  
Tugas Akhir di hadapan Dewan Penguji  
Pada tanggal : 18 Desember 2014

diajukan oleh :

**FAJAR**  
NIM : D 100 100 077

#### Susunan Dewan Penguji:

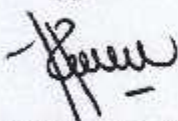
Pembimbing Utama

  
Qunik Wiqoyah, S.T., M.T.  
NIK : 690

Pembimbing Pendamping

  
Anto Budi L., ST, MSc  
NIK : 913


Anggota

  
Ir. Renaningsih, M.T.  
NIK : 733

Tugas Akhir ini diterima sebagai salah satu persyaratan  
Untuk mencapai derajat Sarjana S-1 Teknik Sipil  
Surakarta, 18 Desember 2014



Dekan Fakultas Teknik

  
Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D.  
NIK : 682



Ketua Jurusan Teknik Sipil

  
M. Solikin, S.T., M.T., Ph.D.  
NIK : 792

## SURAT PERNYATAAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

*Bismillahirrahmanirrohim,*

Yang bertanda tangan dibawah ini, saya :

Nama : FAJAR  
NIM : D 100 100 077  
Fakultas / Jurusan : TEKNIK / TEKNIK SIPIL  
Jenis : SKRIPSI  
Judul : PEMANFAATAN LIMBAH PUPUK KIMIA  
SEBAGAI BAHAN STABILISASI TANAH (Studi  
Kasus Tanah Lempung Tanon, Sragen)

Dengan ini menyatakan bahwa saya menyetujui untuk :

1. Memberikan hak bebas royalti kepada Perpustakaan Universitas Muhammadiyah Surakarta atas penulisan karya ilmiah saya demi pengembangan ilmu pengetahuan.
2. Memberikan hak menyimpan, mengalih mediakan/mengalih formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, serta menampilkannya dalam bentuk *softcopy* untuk kepentingan akademis kepada Perpustakaan Universitas Muhammadiyah Surakarta, tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta.
3. Bersedia dan menjamin untuk menanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak Perpustakaan Universitas Muhammadiyah Surakarta, dari semua bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran hak cipta dalam bentuk karya ilmiah ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan semoga dapat digunakan sebagaimana semestinya.

Surakarta, 26 Desember 2014

Yang membuat pernyataan,



FAJAR

# PEMANFAATAN LIMBAH PUPUK KIMIA SEBAGAI BAHAN STABILISASI TANAH LEMPUNG (STUDI KASUS TANAH TANON, SRAGEN)

Fajar

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, Jl. A. Yani Tromol Pabelan  
Kartasura Tromol Pos 1 Surakarta 57102

e-mail : [faadjir@gmail.com](mailto:faadjir@gmail.com)

## ABSTRACT (ABSTRAK)

Tanah di daerah Tanon, Sragen dari hasil penelitian Wiqoyah, (2003) adalah tanah lempung. Dilihat dari % bahan yang lolos saringan No 200 sebesar 94.13%, batas cair (LL) = 88.03% dan indeks plastisitas (IP) = 49.44%. Dengan nilai CBR *Soaked* sebesar 0.6% dan CBR *Unsoaked* sebesar 7.94%. Menurut sistem klasifikasi sesuai aturan USCS (*Unified Soil Classification System*) tanah tersebut termasuk kedalam kelompok CH yaitu lempung anorganik dengan plastisitas tinggi dan berdasarkan metode *Association Of State Highway And Transportation Officials* (AASHTO), tanah lempung Tanon termasuk dalam kelompok A-7-5 yang berarti tanah tersebut mempunyai daya dukung yang kurang baik sehingga tidak bagus apabila tanah tersebut digunakan sebagai dasar pondasi jalan raya. Melihat kondisi tanah tersebut, maka perlu dilakukan pengkajian sifat-sifat tanah agar tanah tersebut layak digunakan sebagai dasar pondasi jalan raya dengan cara stabilisasi tanah. Bahan pencampur yang digunakan adalah limbah dari perusahaan pupuk PT. Petrokimia Gresik. Hasil uji kimia yang dilakukan oleh perusahaan PT. Petrokimia Gresik (2014), menunjukkan bahwa limbah mengandung unsur terbesar berupa Ca sebesar 70,11% (uji XRF) dan 42,17% (uji SEM-EDX) serta CaO sebesar 52,39%. Unsur ini diharapkan mampu memberikan pengaruh pada sifat fisis dan kuat dukung tanah lempung. Pengujian yang dilakukan meliputi sifat fisis tanah campuran dan uji CBR dengan penambahan limbah sebesar 2.5%, 5%, 7.5% dan 10%. Hasil dari pengujian sifat fisis tanah campuran didapatkan nilai kadar air, berat jenis (*specific gravity*), batas cair dan indeks plastisitas turun, sedangkan nilai batas plastis dan batas susut naik. Klasifikasi tanah campuran menurut sistem AASHTO, termasuk kelompok A-7-5, sedangkan menurut sistem USCS, tanah lempung+limbah 2,5% masuk kedalam kelompok CH dan tanah lempung+limbah 5%; 7,5%; 10% termasuk kedalam kelompok MH. Hasil uji sifat mekanis, dari pengujian *standar Proctor* didapatkan nilai berat volume kering tanah asli 1,214 gr/cm<sup>3</sup> sedangkan pada penambahan limbah 10% turun menjadi 1,166 gr/cm<sup>3</sup>. Pada pengujian CBR didapatkan nilai CBR *soaked* naik sebesar 39,21%, dari nilai CBR *soaked* tanah asli 0,567% pada penambahan limbah 10% naik menjadi 0,789%. Nilai CBR *unsoaked* juga naik, dari nilai CBR *unsoaked* tanah asli 10,28% menjadi 17,11% pada penambahan limbah 10% atau naik dengan persentase sebesar 66,48%.

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

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Tanah di daerah Tanon, Sragen dari hasil penelitian Wiqoyah, (2003) adalah tanah lempung. Dilihat dari % bahan yang lolos saringan No 200 sebesar 94.13%, batas cair (LL) = 88.03% dan indeks plastisitas (IP) = 49.44%. Dengan nilai CBR *Soaked* sebesar 0.6% dan CBR *Unsoaked* sebesar 7.94%. Menurut sistem klasifikasi sesuai aturan USCS (*Unified Soil Classification System*) tanah tersebut termasuk kedalam kelompok CH yaitu lempung anorganik dengan plastisitas tinggi dan berdasarkan metode *Association Of State Highway And Transportation Officials* (AASHTO), tanah lempung Tanon termasuk dalam kelompok A-7-5 yang berarti tanah tersebut mempunyai daya dukung yang kurang baik sehingga tidak bagus apabila tanah

tersebut digunakan sebagai dasar pondasi jalan raya.

Melihat kondisi tanah tersebut, maka perlu dilakukan pengkajian sifat-sifat tanah agar tanah tersebut layak digunakan sebagai dasar pondasi jalan raya. Stabilisasi tanah merupakan usaha untuk memperbaiki sifat-sifat tanah, sedangkan metode stabilisasi tanah dengan menambahkan bahan pencampur disebut stabilisasi tanah secara kimiawi. Bahan pencampur yang digunakan adalah limbah dari perusahaan pupuk PT. Petrokimia Gresik. Hasil uji kimia yang dilakukan oleh perusahaan PT. Petrokimia Gresik (2014), menunjukkan bahwa limbah mengandung unsur terbesar berupa Ca sebesar 70,11% (uji XRF) dan 42,17% (uji SEM-EDX) serta CaO sebesar 52,39%. Unsur ini diharapkan mampu memberikan pengaruh pada sifat fisis dan kuat dukung tanah lempung.

## Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui perubahan sifat fisis tanah lempung setelah distabilisasi dengan limbah 0%, 2.5%, 5%, 7.5%, 10%.
2. Mengetahui perubahan nilai *standard proctor*, nilai *CBR soaked* pada tanah lempung + limbah 0%, 2.5%, 5%, 7.5%, 10% dan nilai *CBR unsoaked* pada sampel dengan nilai *CBR soaked* tertinggi dari 5 variasi penambahan limbah.

## TINJAUAN PUSTAKA

### 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*.

### Limbah Pupuk PT.Petrokimia Gresik

Limbah yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah padat dari PT. Petrokimia Gresik. Kandungan kimia limbah Petrokimia ditentukan dengan analisa *X-Ray Fluorescence* (XRF) yang ditampilkan pada Tabel 2. Untuk selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3.

Tabel. 1 Komposisi Kimia Limbah Petrokimia

Komposisi dalam senyawa oksida	Berat (%)
SiO <sub>2</sub>	2,40
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,07
CaO	52,39
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,85
SO <sub>3</sub>	43,59
TiO <sub>2</sub>	0,08
CuO	0,03
SrO	0,45
Yb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,14

Tabel 2. Unsur Kimia Limbah dari Uji XRF

Unsur	Si	P	S	Ca	Ti	Fe	Cu	Sr	Yb
Berat (%)	1,6	0,53	26,4	70,11	0,1	0,1	0,06	0,83	0,27

Tabel 3. Unsur Kimia Limbah dari Uji SEM-EDX

Unsur	Bobot (%)
O	32,37
S	25,18
Ca	42,17
Si	0,28

## Tinjauan Penelitian

Penelitian yang pertama yaitu Istiawan (2009) dengan judul Pengaruh Kapur Sebagai Bahan Stabilisasi Terhadap Kuat Dukung dan Potensi Pengembangan Tanah Lempung (Studi kasus tanah lempung Tanon, Sragen) Skripsi, UMS. Hasil penelitian menunjukkan perubahan kondisi tanah terbesar pada campuran kapur 12%, dengan nilai *specific gravity* sebesar 2,63 lolos saringan No.200 sebesar 80,26%, PI = 8,97% dan GI = 5,44%. Sedangkan untuk nilai *CBR soaked* = 6,5%.

Nilai *CBR soaked* pada tanah asli sebesar 1,711%, nilai *CBR soaked* terjadi perubahan terbesar pada penambahan kapur 10% + tanah gadong 2,5% dengan nilai 15%. Hasil tersebut didapat dari penelitian yang telah dilakukan oleh Al Amin, Joni (2011) dengan judul Perilaku Tanah Lempung Tanon Yang Distabilisasikan Dengan Tanah Gadong dan Kapur (Studi kasus kerusakan jalan desa Jono, Tanon, Sragen) Skripsi UMS.

Parwanto (2011) dengan judul Pemanfaatan Abu Sekam Padi Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Perawatan 3 Hari (Studi kasus subgrade jalan raya Tanon, Sragen). Didapat nilai *CBR* terbesar dengan perawatan 3 hari tanah+abu sekam padi 10%, yaitu 12%.

**LANDASAN TEORI**

**Sifat-Sifat Fisis Tanah**

*Specific gravity* (Gs) adalah perbandingan antara berat volume butiran padat ( s ) dengan berat volume air ( w ) pada temperatur 4 °C (Hardiyatmo, 2002). Kadar air tanah (w) didefinisikan sebagai perbandingan antara berat air (W<sub>w</sub>) dengan berat butiran padat (W<sub>s</sub>) dalam tanah tersebut dan dinyatakan dalam persen. Batas – batas *Atterberg* meliputi, batas cair (LL) yaitu didefinisikan sebagai kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis, batas plastis (PL) yaitu didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan antara daerah plastis dan semi padat, yaitu persentase kadar air dimana tanah dengan diameter silinder 3,2 mm mulai retak-retak ketika digulung, batas susut (SL) yaitu didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan antara daerah semi padat dan padat yaitu persentase kadar air dimana pengurangan kadar air selanjutnya tidak mengakibatkan perubahan volume tanah dan indeks plastisitas (PI) yaitu LL-PL.

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 4. 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

(Das, 1995)

Klasifikasi tanah menggunakan metode USCS dan AASHTO.

**Sifat-Sifat Mekanis Tanah**

Standar Proctor (uji Pemadatan) merupakan usaha untuk mempertinggi kerapatan tanah dengan pemakaian energi mekanis untuk menghasilkan pemampatan partikel. Pemadatan bertujuan untuk mengevaluasi tanah agar memenuhi persyaratan kepadatan untuk pekerjaan tertentu.

Menurut Hardiyatmo (2002) pemadatan tanah bertujuan antara lain:

- 1) Mempertinggi kuat geser tanah
- 2) Mengurangi sifat mudah mampat (*kompresibilitas*)
- 3) Mengurangi permeabilitas
- 4) Mengurangi perubahan volume sebagai akibat perubahan kadar air dan lain-lainya

Dari pengujian *Standard Proctor* pada penelitian di laboratorium ini didapatkan berat volume kering maksimum ( <sub>d</sub> maks) dan kadar air optimum (w<sub>opt</sub>), yang kemudian kadar air optimum (w<sub>opt</sub>) tersebut digunakan sebagai acuan penambahan air pada pembuatan sampel untuk pengujian CBR.

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”

$$CBR (\%) = \frac{F_1}{3.1000} \cdot 100\% \dots\dots\dots(1)$$

Penetrasi 0.2”

$$CBR (\%) = \frac{F_2}{3.1500} \cdot 100\% \dots\dots\dots(2)$$

dengan :

P<sub>1</sub> = tekanan pada penetrasi 0,1 inch (psi)

P<sub>2</sub> = 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 limbah berasal dari PT. Petrokimia Gresik. Besar persentase limbah adalah 0%; 2,5%; 5% dan 10% 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 adalah satu set alat ukur berat jenis (ASTM D854-02), satu set alat uji kadar air (ASTM 2216-98), satu set alat uji analisa ukuran butiran (ASTM D442-63), satu set alat uji batas *Atterberg* (ASTM 4318), alat pemadat standar (ASTM D698) dan satu set alat uji CBR (ASTM D1883). Beserta alat-alat bantu lain yang terdiri dari *oven*, cawan, timbangan, gelas ukur 1000 ml dan *picnometer*.

Penelitian dimulai dengan pengujian berat jenis limbah. Dilanjutkan dengan pengambilan, pengeringan, penyaringan sampel tanah lolos saringan No 4 dan persiapan alat. Kemudian dilakukan uji sifat fisis tanah asli dan tanah campuran, meliputi : uji berat jenis, uji kadar air, uji batas *Atterberg*, uji analisa ukuran butiran. Pada sifat mekanis tanah asli dan tanah campuran dilakukan uji pemadatan dan uji CBR rendaman selama 4 hari dan uji CBR tanpa rendaman pada tanah asli dan tanah+limbah 10%.

Selanjutnya dilakukan analisa dari hasil penelitian tersebut dan diambil kesimpulan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Sifat Fisis

Pada pengujian berat jenis limbah didapatkan Gs limbah sebesar 2,344.

Hasil uji sifat fisis dapat dilihat pada Tabel 5 sampai Tabel 7 serta pada Gambar 1 sampai 7.

Tabel 5. Hasil uji *specific gravity* dan kadar air

% Penambahan limbah	<i>Specific gravity</i>	Kadar Air (%)
0	2.608	11.241
2.5	2.513	11.219
5	2.489	11.193
7.5	2.481	10.634
10	2.460	9.717

Tabel 6. Hasil uji batas *Atterberg*

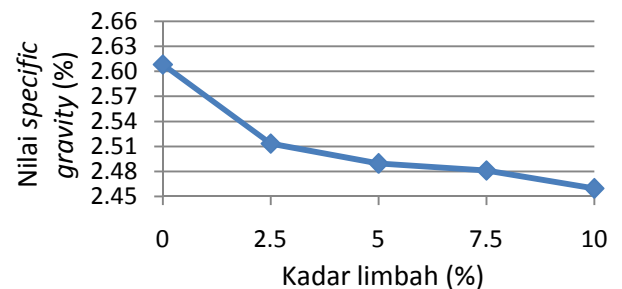
% Penambahan limbah	Batas Cair (%)	Batas Plastis (%)	Batas Susut (%)	Indeks Plastis (%)
0	89.60	31.27	10.59	58.33
2.5	89.00	37.55	12.20	51.45
5	87.00	42.99	15.55	44.01
7.5	86.50	44.40	18.33	42.10
10	84.50	45.45	22.94	39.05

Tabel 7. Hasil uji analisa ukuran butiran dan klasifikasi tanah campuran

% Penambahan limbah	Lolos saringan No. 200 (%)	Fraksi halus (ukuran < 0,075 mm)	Klasifikasi	
			AASHTO	USCS
0	90.60	21.953	A-7-5	CH
2.5	52.06	12.7	A-7-5	CH
5	49.85	14.109	A-7-5	MH
7.5	47.75	6.683	A-7-5	MH
10	37.48	5.555	A-7-5	MH

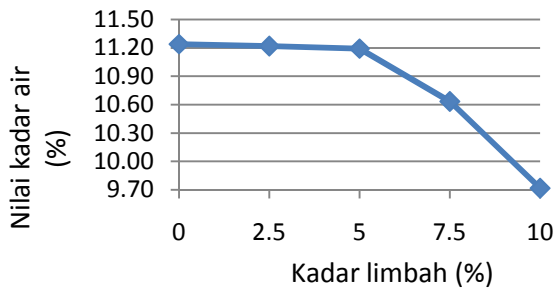
### 1. *Specific gravity* (berat jenis) dan kadar air

Pada Tabel 5 dapat dilihat adanya penurunan nilai Gs seiring penambahan limbah. Nilai *specific gravity* terkecil terjadi pada tanah dengan penambahan 10% limbah yaitu sebesar 2,460 yang menunjukkan terjadi penurunan nilai sebesar 0.148. Penurunan nilai *specific gravity* terkecil terjadi pada penambahan 2,5% limbah yaitu sebesar 2,513 dan terjadi penurunan nilai sebesar 0,095. Hal ini disebabkan antara lain karena bercampurnya 2 bahan dengan *specific gravity* yang berbeda. Nilai *specific gravity* tanah asli adalah 2,608 sedangkan nilai *specific gravity* limbah lebih kecil yaitu 2,344 sehingga penurunan nilai *specific gravity* terjadi. Hubungan nilai *specific gravity* tanah asli dan tanah campuran dapat dilihat pada Gambar 1.



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

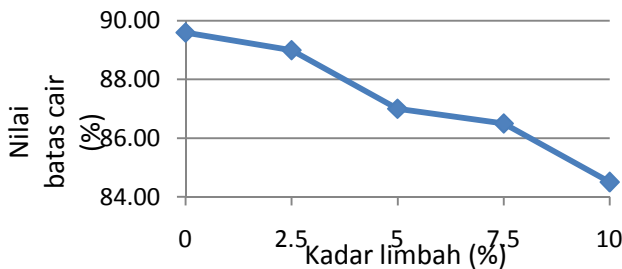
Kadar air cenderung mengalami penurunan seiring penambahan limbah. Pengujian kadar air tanah campuran dilakukan dengan kondisi tanah lempung kering udara sedangkan limbah kondisi kering oven. Berdasarkan kondisi tersebut penurunan kadar air dimungkinkan karena adanya penyerapan air oleh limbah, walaupun tidak dilakukan uji serapan limbah terhadap air. Hubungan kadar air tanah asli dan campuran dapat dilihat pada Gambar 2.



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

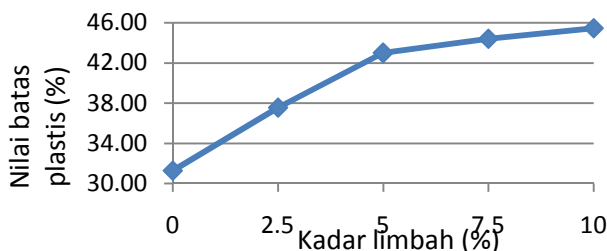
## 2. Batas Atterberg

Hasil uji batas cair pada Tabel 6 menunjukkan adanya penurunan seiring dengan besarnya penambahan persentase limbah. 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). Hubungan penambahan limbah dengan nilai batas cair dapat dilihat pada Gambar.3.



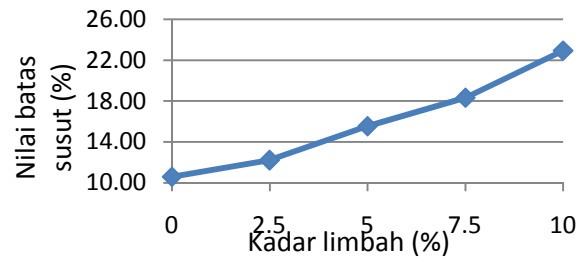
Gambar 3. Grafik Hubungan antara persentase penambahan limbah dengan nilai batas cair (LL)

Nilai batas plastis (PL) pada Tabel 6 mengalami peningkatan seiring penambahan limbah. Peningkatan disebabkan karena terjadinya penurunan kohesi tanah yang menyebabkan ikatan antar butir tanah semakin tidak lekat. Hubungan penambahan limbah dengan nilai batas plastis dapat dilihat pada Gambar.4.



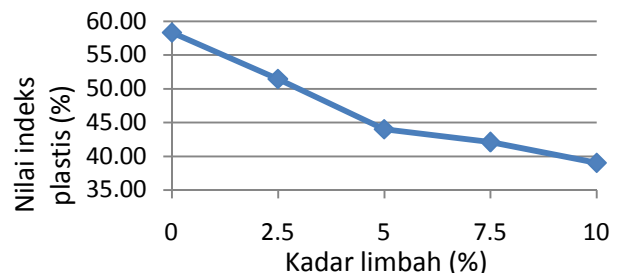
Gambar 4. Grafik Hubungan antara persentase penambahan limbah dengan nilai batas plastis (PL)

Nilai batas susut (SL) tanah asli dari uji *Atterberg limits* didapatkan sebesar 10,59%. Hasil uji *Atterberg limits* menunjukkan peningkatan terbesar sebanyak 12,37% yang terjadi pada penambahan limbah 10% dengan nilai batas susut 22,94%. Peningkatan nilai batas susut terjadi seiring dengan besarnya persentase penambahan limbah. Hal tersebut disebabkan karena pencampuran tanah asli dengan limbah menyebabkan butiran tanah semakin besar, sehingga akan memperkecil luas spesifik butiran, yang menyebabkan butiran tidak mudah terpengaruh oleh perubahan kadar air. Hubungan penambahan limbah dengan nilai batas susut dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Hubungan antara persentase penambahan limbah dengan nilai batas susut (SL)

Hasil perhitungan PI pada Tabel 6 didapatkan nilai PI tanah asli (indeks plastis) sebesar 58,33%. Besar kecilnya nilai indeks plastis sangat tergantung oleh nilai batas cair dan batas plastis. Penambahan persentase limbah dapat menurunkan batas cair dan menaikkan batas plastis, maka indeks plastisnya akan menurun. Nilai PI turun menjadi 39,05% pada penambahan limbah 10%. Penurunan tersebut dapat dilihat pada Gambar 6.

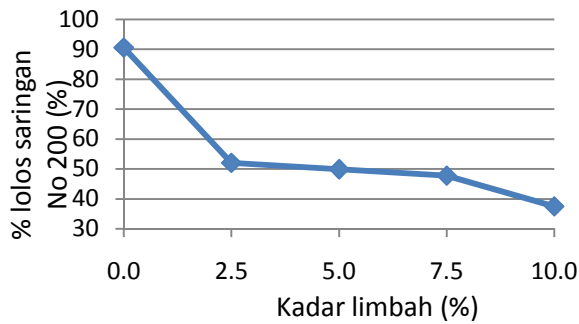


Gambar 6. Grafik Hubungan antara persentase penambahan limbah dengan nilai indeks plastis (PI)

## 3. Analisa ukuran butiran dan klasifikasi tanah

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





Gambar 7. Grafik Hubungan persentase lolos saringan No. 200 dengan penambahan limbah

Pada penambahan limbah 2,5% 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 limbah 5% menurut AASHTO termasuk kedalam kelompok A-7-5. Hasil yang sama juga terjadi pada penambahan limbah 7,5% dan 10% yaitu menurut metode AASHTO termasuk kedalam kelompok A-7-5.

Berdasarkan nilai batas cair dan indeks plastisitas pada penambahan limbah 2,5% dalam metode USCS termasuk kelompok CH. Untuk penambahan limbah 5%; 7,5% dan 10% semuanya termasuk kelompok MH-OH. Tetapi didapatkan nilai LLR pada penambahan limbah 10% sebesar 0,88 sehingga  $LLR > 0,75$  tanah merupakan kelompok MH, yaitu tanah lanau elastis.

Pada penambahan limbah 5%; 7,5% dan 10% menurut metode USCS juga termasuk kedalam kelompok MH, yaitu tanah lanau elastis. Hal ini berdasarkan nilai LLR pada penambahan limbah 10% yang merupakan penambahan limbah dengan persentase terbesar mengindikasikan tanah termasuk kedalam kelompok MH.

### Sifat Mekanis

Hasil uji sifat mekanis dapat dilihat pada Tabel 8 dan Tabel 9 serta pada Gambar 8 sampai Gambar 10.

Tabel 8. Hasil uji *standard Proctor*

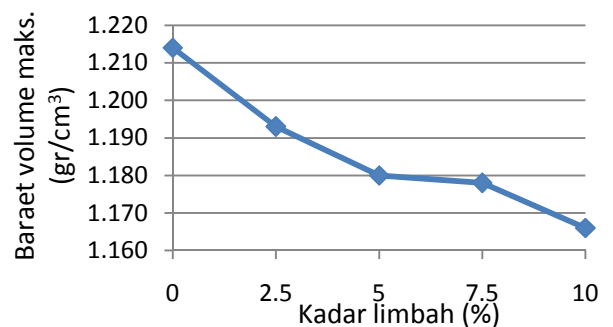
% Penambahan limbah	$W_{opt}$ (%)	d maks ( $gr/cm^3$ )
0	25	1.214
2.5	30.45	1.193
5	31.4	1.18
7.5	32.6	1.178
10	33.4	1.166

Tabel 9. Hasil uji *CBRsoaked* dan *CBRunsoaked*

% Penambahan limbah	CBR <i>soaked</i> (%)	CBR <i>unsoaked</i> (%)
0	0.567	10.28
2.5	0.739	-
5	0.748	-
7.5	0.788	-
10	0.789	17.11

### 1. *Standard Proctor*

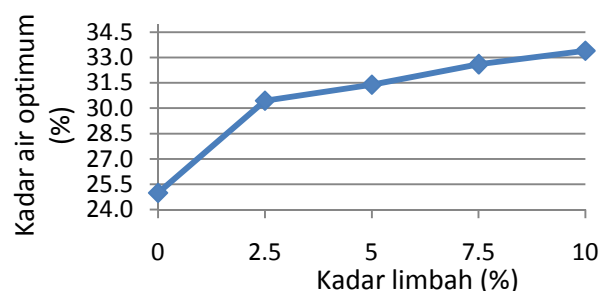
Dari Tabel 8 hubungan berat volume maksimum dengan penambahan limbah dapat disajikan dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik Hubungan antara berat volume maksimum dengan penambahan persentase limbah.

Pada Gambar 9 menunjukkan bahwa dengan penambahan limbah akan menyebabkan penurunan berat isi kering maksimum. Penurunan terbesar terjadi pada penambahan limbah 10% yaitu dengan nilai berat isi kering maksimum sebesar  $1,166 gr/cm^3$ . Hal ini disebabkan karena volume tanah yang digantikan dengan volume limbah dimana berat jenis limbah yang relatif lebih ringan bila dibandingkan berat jenis tanah sehingga mengakibatkan berat volume kering tanah campuran menjadi turun.

Hubungan antara limbah dengan kadar air optimum dapat dilihat pada Gambar 9.

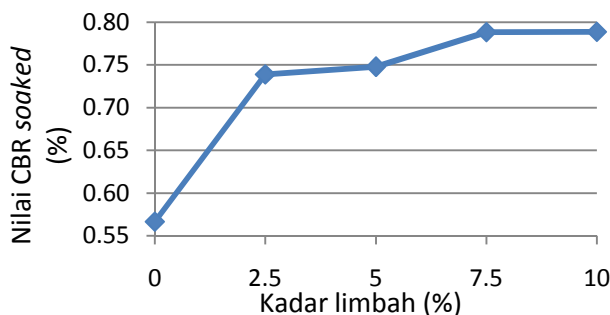


Gambar 9. Grafik Hubungan antara kadar air optimum dengan penambahan persentase limbah.

Pada Gambar 9 menunjukkan bahwa dengan penambahan limbah cenderung menyebabkan kenaikan kadar air optimum. Nilai kadar air optimum pada tanah asli yaitu 25% tetapi seiring penambahan limbah cenderung mengalami peningkatan. Pada penambahan limbah 10% merupakan peningkatan nilai kadar air optimum terbesar yaitu 33,4%. Hal ini disebabkan oleh pembesaran rongga karena sementasi yang menyebabkan bertambahnya pori-pori tanah yang dapat diisi air.

## 2. CBR

Hubungan antara penambahan limbah dengan nilai CBR pada pengujian CBR soaked dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Grafik Hubungan antara nilai CBR soaked dengan penambahan persentase limbah.

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa nilai CBR soaked cenderung mengalami peningkatan seiring dengan penambahan limbah. Pada tanah asli nilai CBR soaked yaitu 0,567% tetapi mengalami kenaikan menjadi 0,739% pada penambahan limbah 2,5%. Peningkatan maksimum terjadi pada penambahan limbah 10% dengan nilai CBR soaked 0,789% atau mengalami kenaikan sebesar 39,21% dari tanah asli.

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.

## KESIMPULAN

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

1. Hasil uji sifat fisis tanah lempung setelah distabilisasi dengan limbah 2,5%, 5%, 7,5%,10% 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. 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.
3. Klasifikasi tanah campuran menurut sistem AASHTO, termasuk kelompok A-7-5. Sedangkan menurut sistem USCS, tanah+limbah 2,5% termasuk kedalam kelompok CH dan tanah+limbah 5%, 7,5%, 10% , termasuk kedalam kelompok MH yaitu berupa tanah lanau tak organik dengan plastisitas tinggi.
4. Nilai CBR soaked cenderung mengalami peningkatan seiring penambahan limbah. Nilai CBR soaked mengalami peningkatan sebesar 39,21%, sedangkan pada nilai CBR unsoaked juga mengalami peningkatan sebesar 66,48%.
5. Berdasarkan hasil uji sifat fisis dan mekanis tanah campuran, maka penambahan limbah dapat memperbaiki tanah lempung Tanon, Sragen.

## DAFTAR PUSTAKA

- ASTM. 1981. *Annual Book of ASTM*. Philadelphia, PA.
- Abidin, Z. 2009. *Perbaikan Subgrade Tanah Tanon Dengan Fly Ash Dan Kapur Untuk Perencanaan Tebal Lapis Perkerasan*, Tugas Akhir, S1 Teknik Sipil, UMS.
- Bowles, J.E. 1996. *Sifat-sifat Fisis Tanah dan Geoteknis Tanah*. Jakarta : Erlangga.
- Cassagrande, A. 1948. *Classification and Identification of Soils*, Transactions, ASCE, Vol.113.
- Das, B.M. 1994. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jakarta : Erlangga.
- Hardiyatmo, H.C. 2002. *Mekanika Tanah I* (3<sup>rd</sup> ed). Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H.C. 1994. *Mekanika Tanah II*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.

- Ingles, O.G. dan Metcalf, J.B., 1992, *Soil Stabilization Principles and Practice*, Butterworths Pty. Limited, Melbourne
- 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
- Joni, A.A. 2011. *Perilaku Tanah Lempung Tanon Yang Distabilisasi Dengan Tanah Gadong Dan Kapur*. Tugas Akhir, S1 Teknik Sipil, UMS
- Palar, H. 2010. *Pengaruh Pencampuran Tras Dan Kapur Pada Lempung Ekspansif Terhadap Nilai Daya Dukung*. Tesis, Universitas Sam Rarulangi.
- Parwanto, A. 2011. *Pemanfaatan Abu Sekam Padi Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Lempung dengan Perawatan 3 hari (Studi Kasus Subgrade Jalan Raya 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.
- Wesley, L.D. 1994. *Mekanika Tanah* (cetakan ke VI), Jakarta : Badan Penerbit Pekerjaan Umum,.
- Widodo, S. 1995. *Mekanika Tanah II*, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta
- Wiqoyah, Q. 2003. *Stabilisasi Tanah Lempung Tanon Dengan Penambahan kapur Dan Tras*, Tesis, Universitas Gadjah Mada, Jogjakarta.
- Wiqoyah, Q. 2006. *Pengaruh Kadar Kapur, Waktu Perawatan Dan Perendaman Terhadap Kuat Dukung Tanah Lempung*, Tesis, Universitas Gadjah Mada, Jogjakarta.