

## KUAT TEKAN BEBAS TANAH LEMPUNG NAMBUHAN, PURWODADI YANG DICAMPUR DENGAN ASAM FOSFAT ( $H_3PO_4$ ) DENGAN PERAWATAN 4 DAN 7 HARI

Qunik Wiqoyah<sup>1)</sup>, Renaningsih<sup>2)</sup> Agus Susanto<sup>3)</sup> Anto Budi L<sup>4)</sup> Muhammad Tahta MH<sup>5)</sup>  
<sup>1,2,3,4,5)</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](mailto:qunik_w@yahoo.co.id)

### Abstrak

Hasil uji pendahuluan terhadap tanah di daerah Nambuhan, Purwodadi, Grobogan menunjukkan hasil bahwa tanah tersebut tergolong tanah lempung anorganik dengan plastisitas tinggi (CH), serta merupakan tanah sedang sampai buruk apabila digunakan sebagai subgrade jalan (A-7-5). Hal ini didukung nilai indeks plastisitas tanah (PI) yang sangat tinggi yaitu sebesar 47,37%. Berdasarkan hasil uji pendahuluan tersebut maka perlu adanya perbaikan agar tanah mampu mendukung beban yang bekerja di atasnya. Perbaikan yang dilakukan pada penelitian ini dengan mencampur tanah tersebut dengan asam fosfat ( $H_3PO_4$ ) dengan persentase : 0%, 3%, 6%, 9% dan 12%, selanjutnya dilakukan perawatan 4 hari dan 7 hari pada uji UCT ( Unconfined Compression Test ). Hasil uji menunjukkan bahwa penambahan asam fosfat ( $H_3PO_4$ ) pada tanah tanpa perawatan yang diharapkan akan meningkatkan kuat dukung tanah justru malah sebaliknya. Asam fosfat ( $H_3PO_4$ ) yang dicampurkan menyebabkan butiran tanah semakin kecil, sehingga plastisitas tanah pun semakin besar dan nilai kuat tekan bebas tanah pun semakin menurun, sedangkan untuk perawatan 4 dan 7 hari terjadi peningkatan nilai kuat tekan bebas tanah, dibandingkan tanpa perawatan, walaupun nilai kuat tekan bebas tetap lebih kecil dibandingkan dengan tanah asli.

**Kata kunci :** indeks plastisitas, kuat tekan bebas, asam fosfat ( $H_3PO_4$ ), tanah lempung.

### Pendahuluan

Di daerah Nambuhan, Kecamatan Purwodadi, Kabupaten Grobogan banyak terjadi kerusakan konstruksi bangunan sipil seperti kedudukan bangunan yang tidak rata, dinding bangunan retak-retak, dan lantai rumah terangkat ke atas sehingga menyebabkan keretakan pada ubin, sedangkan pada ruas jalan yang mengalami kerusakan yang cukup parah seperti, retak-retak, bergelombang, dan ambles. Berdasarkan fenomena tersebut maka kemudian dilakukan penelitian pendahuluan untuk mengetahui kondisi tanah di daerah tersebut. Hasil uji pendahuluan didapatkan hasil sebagai berikut : berat jenis = 2,728, batas cair (LL) = 84,60%, batas plastis (PL) = 37,23%, batas susut (SL) = 22,56%, indeks plastisitas (PI) = 47,37%, dan persentase lolos saringan No.200 = 91,00%. Berdasarkan klasifikasi tanah USCS (*Unified Soil Classification System*) tanah termasuk dalam kelompok CH (tanah lempung dengan plastisitas tinggi), sedang menurut klasifikasi *American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)*, tanah tersebut dalam kategori tanah sedang sampai buruk apabila digunakan sebagai *subgrade* jalan (A-7-5). Berdasarkan hasil uji tersebut maka pada penelitian ini akan dilakukan perbaikan tanah dengan mencampur tanah tersebut dengan asam fosfat ( $H_3PO_4$ ) sebagai bahan stabilisasinya, untuk meningkatkan kuat dukung tanah dasar tersebut.

Penelitian ini menggunakan bahan tambah asam fosfat ( $H_3PO_4$ ) sebagai bahan stabilisasi tanah karena asam fosfat ( $H_3PO_4$ ) akan bereaksi dengan kation dari mineral tanah membentuk suatu senyawa baru yang akan mengikat struktur mineral pada tanah sehingga menghasilkan suatu lapisan yang keras dan susah larut di dalam air (Ibrahim.Hasan,dan Yuniar ,2013).

### Tanah Lempung

Tanah lempung adalah tanah dengan ukuran mikroskopis sampai dengan sub mikroskopis yang berasal dari pelapukan unsur-unsur kimiawi penyusun batuan. Tanah lempung bersifat sangat keras dalam keadaan kering dan bersifat plastis pada kadar air sedang, sedangkan pada keadaan air lebih tinggi tanah lempung bersifat lengket (kohesif) dan sangat lunak (Das, 1995). Berdasarkan Hardiyatmo (2010) sifat-sifat dari tanah lempung , antara lain:

ukuran butiran halus < 0,002 mm, permeabilitas rendah, kenaikan air kapiler yang tinggi, bersifat sangat kohesif, kadar kembang susut (*swelling*) yang tinggi, dan proses terjadinya konsolidasi lambat.

### 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*.

### Asam Fosfat

Asam fosfat merupakan asam lemah yang berbentuk cairan bening agak kental dengan rumus kimia  $H_3PO_4$ . Asam fosfat dibuat dengan cara melebur fosfat anhidrat ke dalam air. Fosfat anorganik maupun organik terdapat dalam tanah. Bentuk anorganiknya adalah senyawa Ca, Fe, Al, dan F. Bentuk fosfat anorganik tanah lebih sedikit dan sukar larut.

### Sifat Mekanis Tanah

#### *Pemadatan (Standard Proctor Test)*

Pengujian *Standard Proctor* sedikitnya dilakukan 5 kali dengan kadar air setiap percobaan divariasikan agar memperoleh nilai kadar air optimum dan berat volume kering maksimum. Dari pemadatan berat tanah basah didalam cetakan yang volumenya sudah diketahui maka berat volume tanah basah ( $\gamma_b$ ) langsung dihitung sebagai berikut:

$$\gamma_b = \frac{W}{V} \quad (1)$$

dengan :  $\gamma_b$  = berat volume tanah basah (gram/cm<sup>3</sup>)  
 $W$  = berat tanah basah (gram)  
 $V$  = volume cetakan (cm<sup>3</sup>)

Setelah mencari berat volume tanah basah, maka langkah selanjutnya mencari kadar air dari masing-masing sampel tanah yang telah dipadatkan. Kadar air bisa diperoleh dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100\% \quad (2)$$

dengan :  $w$  = kadar air (%)  
 $W_w$  = berat air (gram)  
 $W_s$  = berat tanah kering (gram)

Setelah berat volume tanah basah dan kadar air diketahui, maka selanjutnya dapat mencari nilai berat volume tanah kering ( $\gamma_d$ ) dengan menggunakan persamaan:

$$\gamma_d = \frac{\gamma_b}{w + 1} \dots \quad (3)$$

dengan :  $\gamma_d$  = berat volume tanah kering (gram/cm<sup>3</sup>)  
 $w$  = kadar air (%)  
 $\gamma_b$  = berat volume tanah basah (gram/cm<sup>3</sup>)

### Uji UCT (*Unconfined Compression Test*)

Uji kuat tekan bebas atau UCT (*Unconfined Compression Test*) merupakan cara yang dilakukan di laboratorium untuk mengukur seberapa besar kuat dukung tanah menerima kuat tekan yang diberikan sampai tanah tersebut terpisah dari butiran-butirannya dan juga regangan tanah akibat tekanan tersebut. Pada saat pengujian, benda uji diberi tegangan vertikal, sedangkan tegangan selnya sama dengan nol.

Pada saat benda uji diberi beban maka luas contoh di bagian tengah akan membesar seiring dengan ditambahkannya tegangan. Tegangan aksial berangsur - angsur ditambah sampai benda uji mengalami keruntuhan. Pada saat keruntuhannya karena  $\sigma_3 = 0$ , maka :

$$\sigma_1 = \sigma_3 + f = f = q_u \quad (4)$$

Kohesi tanah *undrained* ( $c_u$ ) adalah :

$$c_u = \frac{q_u}{2} \quad (5)$$

dengan :

- $\sigma_1$  = tegangan utama mayor tegangan aksial ( kg/cm<sup>2</sup> )
- $\sigma_3$  = tegangan kengkang atau tegangan sel ( kg/cm<sup>2</sup> )
- $f$  = tegangan deviator ( kg/cm<sup>2</sup> )
- $q_u$  = kuat tekan bebas ( kg/cm<sup>2</sup> )
- $c_u$  = kohesi tanah *undrained* ( kg/cm<sup>2</sup> )

Rumus-rumus yang digunakan untuk pengujian kuat tekan bebas adalah sebagai berikut :

1) Regangan aksial (  $\epsilon$  )

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_r} \quad (6)$$

2) Tegangan normal rata-rata (  $\sigma_r$  )

$$\sigma_r = \frac{P}{A_r} \quad (7)$$

3) Luas penampang benda uji rata - rata / terkoreksi ( $A_r$ )

$$A_r = \frac{A_o}{1 - \nu} \quad (8)$$

Dengan :

- |            |  |       |   |
|------------|--|-------|---|
| $\epsilon$ | = regangan aksial (%)                              | $L$   | = deformasi ( cm )                          |
| $\sigma_r$ | = tegangan normal rata-rata ( kg/cm <sup>2</sup> ) | $P$   | = beban ( kg )                              |
| $A_r$      | = luas penampang rata-rata ( cm <sup>2</sup> )     | $A_o$ | = luas penampang semula ( cm <sup>2</sup> ) |
| $L_o$      | = tinggi benda uji semula ( cm )                   | $N$   | = pembacaan <i>dial</i> beban ( div )       |
| $P_a$      | = beban normal ( kg )                              |       |   |

### Metode Penelitian

Tanah yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah lempung dari desa Nambuhan Kecamatan Purwodadi Kabupaten Grobogan, diambil pada kedalaman lebih dari 30 cm (keadaan tanah terganggu) dan asam fosfat (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) yang digunakan berasal dari Toko Bahan Kimia Agung Jaya Surakarta, dengan persentase kapur adalah 0%; 3%; 6% : 9% dan 12% dari berat total tanah kering udara. Uji yang dilakukan terhadap campuran tanah dan kapur adalah sifat mekanis tanah meliputi uji pemadatan dan uji UCT (*Unconfined Compression Test*), sedangkan alat yang digunakan pada penelitian ini, berasal dari Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Muhammadiyah Surakarta, yang sesuai dengan *Annual Book of ASTM* ..

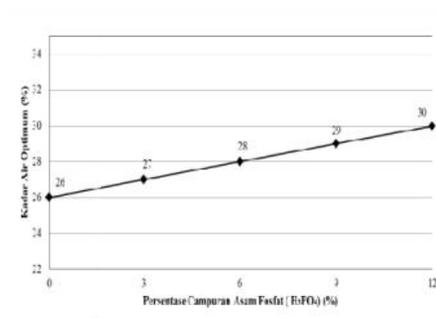
Tahapan dalam penelitian ini dimulai dengan studi literatur dan penyediaan bahan yaitu sampel tanah dan asam fosfat (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>), menyaring sampel tanah lolos saringan No. 4, selanjutnya dilakukan pencampuran tanah

dengan asam fosfat ( $H_3PO_4$ ). Sebelum pelaksanaan pemadatan, tanah yang sudah dicampur dengan asam fosfat ( $H_3PO_4$ ) diperam selama 24 jam, yang bertujuan agar terjadi homogenitas antara tanah air dan asam fosfat ( $H_3PO_4$ ). Setelah pemeraman baru dilakukan uji standar *Proctor* untuk mendapatkan kepadatan maksimum dan kadar air optimum. Kadar air optimum hasil uji standar *Proctor* selanjutnya digunakan untuk membuat benda uji untuk pengujian UCT (*Unconfined Compression Test*). Setelah benda uji dibuat, untuk persentase asam fosfat ( $H_3PO_4$ ), 9 % dan 12% dilakukan perawatan selama 4 hari dan 7 hari sebelum dilakukan UCT (*Unconfined Compression Test*). Perawatan ini bertujuan untuk menyempurnakan proses kimia antara tanah dengan asam fosfat ( $H_3PO_4$ ), diharapkan memperbaiki nilai kuat tekan tanah. Tahapan terakhir analisa data dan pembahasan serta pengambilan kesimpulan. Semua pengujian menggunakan standar ASTM (*Annual Book of ASTM*)

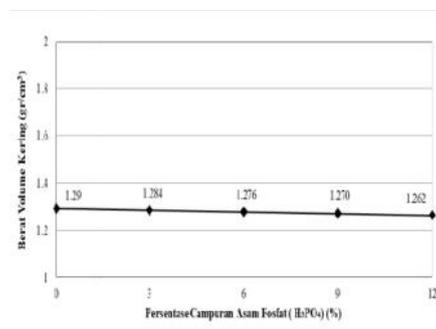
## Hasil dan Pembahasan

### Uji Pemadatan (*Standard Proctor*)

Hasil uji pemadatan dengan *Standard Proctor* didapatkan nilai berat volume kering maksimum ( $\rho_{dmax}$ ) dan kadar air optimum ( $w_{opt}$ ) tanah asli maupun tanah campuran. Selanjutnya kadar air optimum ( $w_{opt}$ ) ini digunakan untuk penambahan air pada saat pembuatan benda uji UCT. Nilai berat volume kering maksimum ( $\rho_{dmax}$ ) dan kadar air optimum ( $w_{opt}$ ) tanah asli maupun tanah campuran dapat dilihat pada Grafik 1 dan Grafik 2.



Grafik 1. Hubungan antara kadar air optimum dengan persentase campuran



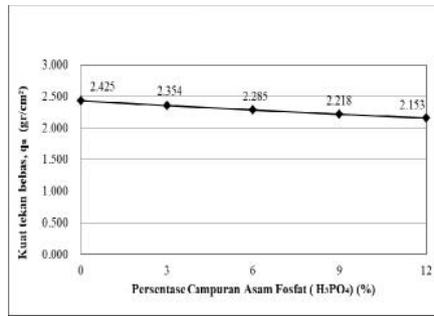
Grafik 2. Hubungan antara berat volume kering tanah dengan persentase campuran

Grafik 1. menunjukkan bahwa penambahan persentase asam fosfat ( $H_3PO_4$ ) akan menyebabkan nilai kadar air optimum semakin naik. Hal ini disebabkan oleh bertambahnya volume rongga karena semakin banyak persentase penambahan asam fosfat ( $H_3PO_4$ ) maka mengakibatkan bertambahnya pori-pori tanah yang dapat diisi air, sedangkan Grafik 2 menunjukkan bahwa seiring bertambahnya persentase penambahan asam fosfat ( $H_3PO_4$ ) akan menyebabkan penurunan berat volume kering pada tanah campuran. Hal tersebut terjadi disebabkan oleh mengecilnya ukuran butiran tanah, hal ini disebabkan penambahan asam fosfat ( $H_3PO_4$ ) justru menyebabkan tanah mengalami pelapukan. Besar kecilnya ukuran butiran merupakan faktor yang mempengaruhi nilai kepadatan. Uji

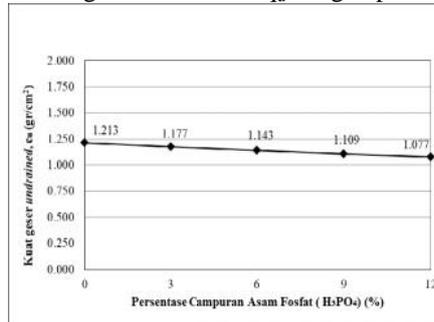
### UCT (*Unconfined Compression Test*)

Pengujian UCT bertujuan untuk mengetahui nilai kuat tekan bebas ( $q_u$ ) tanah lempung. Hasil pengujian kuat tekan bebas baik yang tidak dilakukan perawatan maupun yang dilakukan perawatan 4 dan 7 hari dapat dilihat pada Grafik 3 sampai Grafik 6.

a. Hasil uji UCT tanpa Perawatan



Grafik 3. Hubungan Antara nilai  $q_u$  dengan persentase campuran

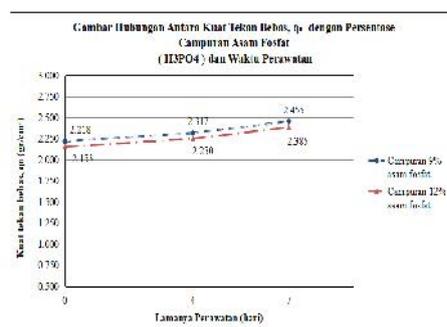


Grafik 4. Hubungan Antara  $c_u$  dengan persentase campuran

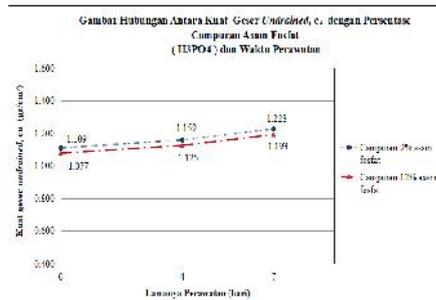
Grafik 3. Menunjukkan bahwa penambahan asam fosfat (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) pada tanah tanpa perawatan mengakibatkan nilai kuat tekan bebas ( $q_u$ ) cenderung mengalami penurunan seiring penambahan persentase asam fosfat (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>). Hal ini disebabkan proses reaksi kimia tidak menyebabkan sementasi, tetapi justru yang terjadi adalah pelapukan tanah, yang menyebabkan butiran tanah semakin kecil.

Grafik 4 menunjukkan bahwa nilai kohesi tanah *undrained* ( $c_u$ ) juga mengalami penurunan seiring penambahan persentase asam fosfat (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>), hal ini disebabkan nilai kohesi tanah *undrained* ( $c_u$ ) berbanding lurus dengan nilai kuat tekan bebas ( $q_u$ ).

b. Hasil uji UCT dengan perawatan 4 hari dan 7 hari



Grafik 5. Hubungan antara nilai  $q_u$  dengan persentase campuran asam fosfat 9% dan 12%



Grafik 6. Hubungan Antara  $c_u$  dengan persentase campur asam fosfat 9% dan 12%

Grafik 5. Dan Grafik 6, menunjukkan bahwa tanah campuran 9% dan 12% asam fosfat ( $H_3PO_4$ ) setelah dilakukan perawatan selama 4 hari dan 7 hari menghasilkan nilai kuat tekan bebas ( $q_u$ ) dan nilai kohesi tanah *undrained* ( $c_u$ ) yang semakin besar dibandingkan dengan tanpa perawatan. Walaupun demikian nilai kuat tekan bebas dan kohesi *undrained* ( $c_u$ ) dengan perawatan 4 dan 7 hari masih dibawa tanah asli.

## Kesimpulan

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

Pada pengujian pemadatan tanah menggunakan *Standard Proctor* pada tanah asli dan tanah campuran asam fosfat ( $H_3PO_4$ ) 0%, 3%, 6%, dan 12% didapatkan nilai  $w_{opt}$  meningkat dan nilai  $d_{max}$  mengalami penurunan setelah di stabilisasi menggunakan asam fosfat ( $H_3PO_4$ ). Nilai  $w_{opt}$  paling besar diperoleh pada saat pengujian tanah campuran 12% asam fosfat ( $H_3PO_4$ ), sedangkan untuk nilai  $d_{max}$  paling kecil didapatkan pada saat tanah campuran 12% asam fosfat ( $H_3PO_4$ ). Pada pengujian UCT, nilai kuat tekan bebas ( $q_u$ ) dan kohesi tanah *undrained* ( $c_u$ ) tanah asli lebih besar dari tanah campuran asam fosfat ( $H_3PO_4$ ) tanpa perawatan maupun dengan perawatan.. Nilai kuat tekan bebas ( $q_u$ ) dan kohesi tanah *undrained* ( $c_u$ ) tanah campuran asam fosfat ( $H_3PO_4$ ) 9% dan 12% dengan perawatan cenderung mengalami kenaikan dibandingkan dengan tanpa perawatan. Nilai terbesar kuat tekan bebas ( $q_u$ ) dengan perawatan diperoleh pada tanah campuran 9% asam fosfat ( $H_3PO_4$ ) dengan waktu perawatan selama 7 hari yaitu kenaikan sebanyak 10,5% dibandingkan dengan tanpa perawatan dengan nilai 2,455 kg/cm<sup>2</sup> dan kohesi tanah *undrained* ( $c_u$ ) terbesar diperoleh pada tanah campuran 9% asam fosfat ( $H_3PO_4$ ) dengan waktu perawatan selama 7 hari yaitu kenaikan sebanyak 10,5% dibandingkan tanpa perawatan dengan nilai 1,228 kg/cm<sup>2</sup>.

## Daftar Pustaka

- ASTM. 1981. *Annual Book of ASTM*. Philadelphia, USA.
- Bowles, J.E. 1991. *Sifat-Sifat Fisis Tanah dan Geoteknis Tanah*. Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Ibrahim, Hasan, dan Yuniar. 2013. *Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Bahan Kimia Asam Fosfat Sebagai Lapisan Fondasi Jalan*. Jurnal Teknik, Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Ramdani, Pirdan. 2016, *Asam fosfat ( $H_3PO_4$ ) dan Cara Pembuatannya (online)*, <http://www.punyawawasan.com/2016/12/asam-fosfat-h3po4.html?m=1>, diakses 13 Maret 2018.