

**STABILISASI TANAH LEMPUNG DI KECAMATAN SUKODONO KABUPATEN  
SRAGEN MENGGUNAKAN CAMPURAN KAPUR DAN BUBUK ARANG  
TEMPURUNG KELAPA DENGAN PENGUJIAN CBR**



**disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada Jurusan  
Teknik Sipil Fakultas Teknik**

**oleh:**

**MUH MUKHLASIN ADI P  
D 100 150 132**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
2019**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**STABILISASI TANAH LEMPUNG DI KECAMATAN SUKODONO  
KABUPATEN SRAGEN MENGGUNAKAN CAMPURAN KAPUR DAN  
BUBUK ARANG TEMPURUNG KELAPA DENGAN PENGUJIAN CBR**

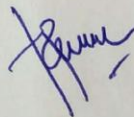
**PUBLIKASI ILMIAH**

oleh:

**MUH MUKHLASIN ADI P**  
**D 100 150 132**

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen  
Pembimbing



**Ir. Renaningsih, M.T.**  
**NIK. 733**

**LEMBAR PENGESAHAN**

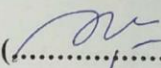
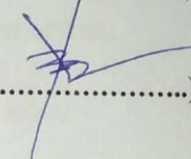
**STABILISASI TANAH LEMPUNG DI KECAMATAN SUKODONO  
KABUPATEN SRAGEN MENGGUNAKAN CAMPURAN KAPUR DAN  
BUBUK ARANG TEMPURUNG KELAPA DENGAN PENGUJIAN CBR**

oleh:

**MUH MUKHLASIN ADI P**  
**D 100 150 132**

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Pada Hari Selasa, 5-11-2019

Dewan Penguji:

- |                                                                 |            |                                                                                                |
|-----------------------------------------------------------------|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Ir. Renaningsih, M.T.<br>(Ketua Dewan Penguji)               | (NIK. 733) | (.....  ) |
| 2. Qunik Wiqoyah, ST., MT.<br>(Anggota I Dewan Penguji)         | (NIK. 690) | (.....  ) |
| 3. Anto Budi Listyawan, ST., MSc.<br>(Anggota II Dewan Penguji) | (NIK. 913) | (.....  ) |

Dekan,



**D. M. Sunarjono, MT., PhD., IPM**  
**NIK. 682**

### PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 28 Oktober 2019

Penulis,



Muh Mukhlisin Adi P  
D100150132

# STABILISASI TANAH LEMPUNG DI KECAMATAN SUKODONO KABUPATEN SRAGEN MENGGUNAKAN CAMPURAN KAPUR DAN BUBUK ARANG TEMPURUNG KELAPA DENGAN PENGUJIAN CBR

## Abstrak

Di daerah Sragen masih sering ditemui berbagai kondisi jalan yang rusak yang disebabkan oleh kondisi tanah yang kurang stabil. Kondisi jalan berlubang dan rusak serta umur jalan yang relatif pendek merupakan masalah yang ada di desa Bendo. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan berupa uji fisis terhadap tanah desa Bendo, kecamatan Sukodono, kabupaten Sragen di Laboratorium Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta didapat nilai berat jenis = 2,749%, kadar air (w) = 10,75%, batas plastis (PL) = 30,11%, batas susut (SL) = 20,13%, batas cair (LL) = 69,94%, indeks plastisitas (PI) = 39,83%. Hasil penelitian ini menunjukkan pada pengujian sifat fisis tanah, nilai kadar air, nilai *specific gravity*, nilai *liquid limit*, nilai *plasticity index* dan % lolos saringan No. 200 mengalami penurunan. Sedangkan untuk nilai *plastis limit* dan *shrinkage limit* mengalami peningkatan terhadap tanah asli. Klasifikasi tanah asli dilihat dari USCS yaitu CH (lempung tak organik berplastisitas tinggi), menurut AASHTO adalah A-7-6 (Tanah berlempung). Klasifikasi tanah campuran kapur 5% dan bubuk arang tempurung kelapa 0% menurut USCS adalah CH, menurut AASHTO A-7-5. Sedangkan pada penambahan kapur 5% dan bubuk arang tempurung kelapa 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10% menurut USCS termasuk MH, menurut AASHTO A-7-5. Pada pengujian sifat mekanis tanah dilakukan pemadatan tanah menggunakan *Standard Proctor* didapatkan nilai berat volume kering mengalami kenaikan dan nilai kadar air optimum mengalami penurunan seiring bertambahnya presentase kapur dan bubuk arang tempurung kelapa. Pengujian *CBR Soaked* maupun *Unsoaked* mengalami peningkatan. Nilai *CBR soaked* tanah asli sebesar 2 % menjadi 9% pada penambahan kapur 5% bubuk arang tempurung kelapa 10%. Nilai pengembangan mengalami penurunan dari tanah asli dari 4,84% menjadi 3,39% pada penambahan kapur 5% dan bubuk arang tempurung kelapa 10%. Nilai *CBR unsoaked* tanah asli sebesar 3 % menjadi 35% pada penambahan kapur 5% bubuk arang tempurung kelapa 10%.

**Kata Kunci :** tanah lempung, kapur, bubuk arang tempurung kelapa, kuat dukung, stabilisasi

## Abstract

In Sragen, there are still many damaged road conditions which are caused by unstable soil conditions. The condition of potholes and damaged roads and the relatively short life of the road is a problem that exists in Bendo Village. Based on the results of preliminary tests that have been carried out in the form of physical tests on the land of Bendo Village, Sukodono District, Sragen Regency in the Civil Engineering Laboratory of the Faculty of Engineering, University of Muhammadiyah Surakarta obtained a specific gravity = 2.749%, Water content (w) = 10.75%, Plastic Limit (PL) = 30.11%, Shrinkage Limit (SL) = 20.13%, Liquid Limit (LL) = 69.94%, Plasticity Index (PI) = 39.83%. The results of this study indicate the physical properties of the soil, the value of water content, specific gravity value, liquid limit value, plasticity index value and % pass filter no. 200 has decreased. As for the plastic limit and shrinkage limit values have increased to the original soil. The original soil classification is seen from USCS, namely CH (high organic non-organic clay), according to AASHTO is A-7-6 (clay). The classification of mixed 5% lime soil and 0% coconut shell charcoal according to USCS is CH, according to AASHTO A-7-5. Whereas the addition of 5% lime and coconut shell charcoal powder 2.5%, 5%, 7.5%, and 10% according to USCS including MH, according to AASHTO A-7-5. In testing the mechanical properties of soil by soil compaction using standard proctor, the dry volume weight value has increased and the

optimum moisture content has decreased with increasing percentage of lime and coconut shell charcoal powder. CBR Soaked and Unsoaked testing has increased. CBR value of soaked original soil by 2% to 9% in addition of lime 5% coconut shell charcoal powder 10%. The development value has decreased from the original soil from 4.84% to 3.39% with the addition of 5% lime and coconut shell charcoal powder 10%. CBR value of unsoaked original soil by 3% to 35% in addition of lime 5% coconut shell charcoal powder 10%.

**Keywords:** clay soil, lime, coconut shell charcoal powder, bearing capacity, stabilization

## 1. PENDAHULUAN

Di daerah Sragen masih sering ditemui berbagai kondisi jalan yang rusak yang disebabkan oleh kondisi tanah yang kurang stabil. Kondisi jalan berlubang dan rusak serta umur jalan yang relatif pendek merupakan masalah yang ada di desa Bendo. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan berupa uji fisis terhadap tanah desa Bendo, kecamatan Sukodono, kabupaten Sragen di Laboratorium Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta didapatkan nilai  $LL = 69,94\%$ ,  $PL = 30,11\%$ ,  $SL = 20,13\%$ ,  $PI = 39,83\%$  (lebih dari 17%) maka tanah di desa Bendo, kecamatan Sukodono, kabupaten Sragen berdasarkan sistem AASHTO tanah tersebut tergolong ke dalam kelompok A-7-6 yang termasuk tanah berlempung sedang sampai buruk sebagai kategori penilaian umum subgrade jalan. Adapun menurut sistem USCS tergolong dalam kelompok CH yang berarti tanah lempung anorganik plastisitas tinggi.

Berdasarkan data di atas perlu perbaikan tanah desa Bendo kecamatan Sukodono, kabupaten Sragen agar didapatkan nilai kuat dukung yang lebih tinggi dengan cara stabilisasi tanah. Stabilisasi tanah yaitu suatu metode untuk meningkatkan kuat dukung tanah dengan memberikan perlakuan khusus dan diharapkan akan mengubah sifat tanah tersebut. Dalam metode stabilisasi tanah ada dua yaitu stabilisasi tanah secara kimiawi dan stabilisasi tanah secara mekanik. Penelitian ini menggunakan metode kimiawi, bahan stabilisasi yang digunakan adalah kapur dan bubuk arang tempurung kelapa.

Pengujian CBR (*California Bearing Ratio*) yang bertujuan untuk mengetahui daya dukung tanah yang dipadatkan di laboratorium pada kadar air optimum. Hasil pengujian CBR dapat diperoleh dengan mengukur besarnya beban pada penetrasi tertentu. Besar nilai CBR dihitung dengan rumus:

Penetrasi 0,1”:

$$CBR (\%) = \frac{P_1}{3 \cdot 1000} \cdot 100\% \quad (1)$$

Penetrasi 0,2”:

$$CBR (\%) = \frac{P_2}{3 \cdot 1500} \cdot 100\% \quad (2)$$

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

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

Nilai CBR umumnya dipilih pada penetrasi 0,1 inch. Jika nilai CBR pada penetrasi 0,2 inch lebih besar, pengujian perlu di ulang kembali. Tetapi jika pengujian ulang hasilnya tetap lebih besar yang CBR pada penetrasi 0,2 inch, maka CBR pada penetrasi 0,2 inch yang digunakan.

Nilai pengembangan (*Swelling*) dihitung dengan rumus:

$$\text{Swelling (S)} = \frac{\Delta H}{H} \times 100\% \quad (3)$$

dengan : S = Persen pengembangan (%)

$\Delta H$  = Perubahan tinggi benda uji (mm)

H = Tinggi benda uji mula-mula (mm)

## 2. METODE

Tanah diambil dari desa Bendo , kecamatan Sukodono, kabupaten Sragen. Uji sifat fisis dan mekanis dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta, uji sifat fisis dimulai dari pengujian *Atterberg Limits*, berat jenis, kadar air, dan analisa saringan. Uji mekanis terdiri dari uji pemadatan dan uji kuat dukung tanah. Tahapan penelitian meliputi :

Tahap awal dimulai studi literatur, mencari dan mengambil bahan sampel tanah dari Desa Bendo, Kecamatan Sukodono, Kabupaten Sragen yang dikondisikan dalam kondisi kering udara, dan pengadaan bahan tambah kapur yang di beli di Makamhaji, Sukoharjo dan bubuk arang tempurung kelapa di berasal dari Dukuh Depel, Desa Jeruksawit, Kecamatan Gondangrejo, Kabupaten Sragen. Selanjutnya mempersiapkan alat yang akan digunakan dalam penelitian, dan dilanjutkan uji unsur kimia bubuk arang tempurung kelapa di Laboratorium Kimia MIPA Universitas Gajah Mada Yogyakarta.

Tahap ke dua yaitu dibuat benda uji dari tanah asli dan bahan tambah dengan persentase penambahan kapur tetap 5% dan bubuk arang tempurung kelapa 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, 10%, dari berat sampel tanah kering udara untuk pengujian sifat-sifat fisis tanah asli dan bahan tambah antara lain uji berat jenis, kadar air, batas-batas *Atterberg*, dan analisa ukuran butiran. Pembuatan benda uji sifat mekanis tanah asli dan campuran dengan pemeraman benda uji selama 24 jam (1hari) dan kemudian dilakukan pengujian *Standard Proctor* dari tanah asli dan masing-masing sampel untuk menentukan nilai kadar air optimum ( $w_{opt}$ ) dan nilai kepadatan maksimum ( $\gamma_{dmax}$ ).

Tahap ke tiga dilakukan pembuatan sampel tanah asli dan tanah campuran dengan presentase penambahan campuran kapur 5% dan bubuk arang tempurung kelapa dengan

presentase 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10% dari berat sampel tanah dengan kadar air optimum lalu dilakukan pemeraman selama 24 jam. Pembuatan sampel ini ditujukan untuk pengujian CBR *Soaked* dan *Unsoaked*. Untuk pengujian CBR *soaked* sampel harus direndam menggunakan *Swelling* di dalam air selama 96jam. Setelah itu dapat dilakukan pengujian *California Bearing Ratio*.

Tahap ke empat terdapat tahap analisis data dan pembahasan, hasil uji yang dilakukan pada tahap II dan tahap III. Dari hasil analisis data maka dapat diambil kesimpulan dan saran jika diperlukan.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Uji Sifat Kimia Tanah Asli, Kapur dan Bubuk Arang Tempurung Kelapa

Tabel 1. Unsur Kimia Tanah Asli

| No. | Unsur Kimia                    | Hasil Pengujian (%) |
|-----|--------------------------------|---------------------|
| 1   | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 16,86               |
| 2   | CaO                            | 0,92                |
| 3   | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 10,81               |
| 4   | MgO                            | 1,35                |
| 5   | SiO <sub>2</sub>               | 63,25               |

Berdasarkan hasil uji kimia tanah asli (Prasetyo, 2016), tanah asli di desa Bendo kecamatan Sukodono kabupaten Sragen yang digunakan dalam penelitian ini termasuk dalam pozzolan kelas N, terlihat dari Tabel 1 jumlah SiO<sub>2</sub> + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> lebih dari 70%.

Tabel 2. Unsur Kimia Kapur (wiqoyah, 2006)

| No | Unsur Kimia                    | Hasil Pengukuran (%) |
|----|--------------------------------|----------------------|
| 1  | SiO <sub>2</sub>               | 0,00                 |
| 2  | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,00                 |
| 3  | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,33                 |
| 4  | CaO                            | 68,07                |
| 5  | MgO                            | 0,29                 |
| 6  | Na <sub>2</sub> O              | 0,09                 |
| 7  | K <sub>2</sub> O               | 0,02                 |
| 8  | MnO                            | 0,02                 |
| 9  | TiO <sub>2</sub>               | 0,07                 |
| 10 | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,12                 |
| 11 | H <sub>2</sub> O               | 1,07                 |
| 12 | HD                             | 28,91                |

Berdasarkan penelitian Wiqoyah (2006) dalam tugas akhir dewi (2017), unsur kimia yang terkandung di dalam kapur menurut standart mutu pozzolan ASTM C618-92a kapur belum termasuk dalam pozzolan, dapat di lihat dari Tabel 2 jumlah  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$  kurang dari 70%.

Tabel 3. Unsur Kimia Bubuk Arang Tempurung Kelapa (LPPT UGM, 2018)

| No | Unsur Kimia             | Hasil Pengukuran (%) |
|----|-------------------------|----------------------|
| 1  | $\text{Al}_2\text{O}_3$ | 18,6831 (%)          |
| 2  | $\text{CaO}$            | 5,4185 (%)           |
| 3  | $\text{Fe}_2\text{O}_3$ | 2,3993 (%)           |
| 4  | $\text{MgO}$            | 2,7813 (%)           |
| 5  | $\text{SiO}_2$          | 28,6142 (%)          |

Berdasarkan penelitian sebelumnya oleh Yusup Bacthiar (2018) di Laboratorium FKMIPA Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Kandungan unsur kimia bubuk arang tempurung kelapa belum termasuk dalam pozzolan, dapat di lihat dari Tabel 3 jumlah  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$  kurang dari 70%.

Apabila bubuk arang tempurung kelapa direaksikan dengan tanah dan kapur maka akan menghasilkan reaksi dimana  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{CaSiO}_3 + \text{Fe}(\text{AlO}_2)_3$  yang akan menghasilkan reaksi pozzolanik yang meyebabkan partikel tanah akan menggumpal secara bersamaan dan terbentuk partikel tanah dengan ukuran yang lebih besar, serta adanya pengikatan air dalam waktu yang cepat.

### 3.2 Uji Sifat-sifat Fisis Pada Tanah Asli

Kadar Air ( $w$ ), *specific gravity* ( $G_s$ ), dan Batas-Batas *Atterberg* pada tanah asli. Hasil pengujian sifat-sifat fisis tanah asli dapat dilihat pada Tabel 4

Tabel 4. Hasil Uji Sifat-sifat Fisis Pada Tanah Asli

| Kadar Air ( $w$ ) (%) | <i>Specific Gravity</i> ( $G_s$ ) | <i>Liquid Limit</i> (%) | <i>Plastic Limit</i> (%) | <i>Shrinkage Limit</i> (%) | PI (%) | Lolos Saringan No.200 | <i>Group Indeks</i> | Klasifikasi Tanah |      |
|-----------------------|-----------------------------------|-------------------------|--------------------------|----------------------------|--------|-----------------------|---------------------|-------------------|------|
|                       |                                   |                         |                          |                            |        |                       |                     | AASHTO            | USCS |
| 10,75                 | 2,749                             | 69,94                   | 30,11                    | 20,13                      | 39,83  | 88                    | 40                  | A-7-6             | CH   |

Berdasarkan Tabel 4 dari nilai *specific gravity*, *indeks plastic* dan batas-batas *atterberg* tanah asli di Desa Bendo, Kecamatan Sukodono, Kabupaten Sragen merupakan tanah lempung anorganik berplastisitas tinggi.

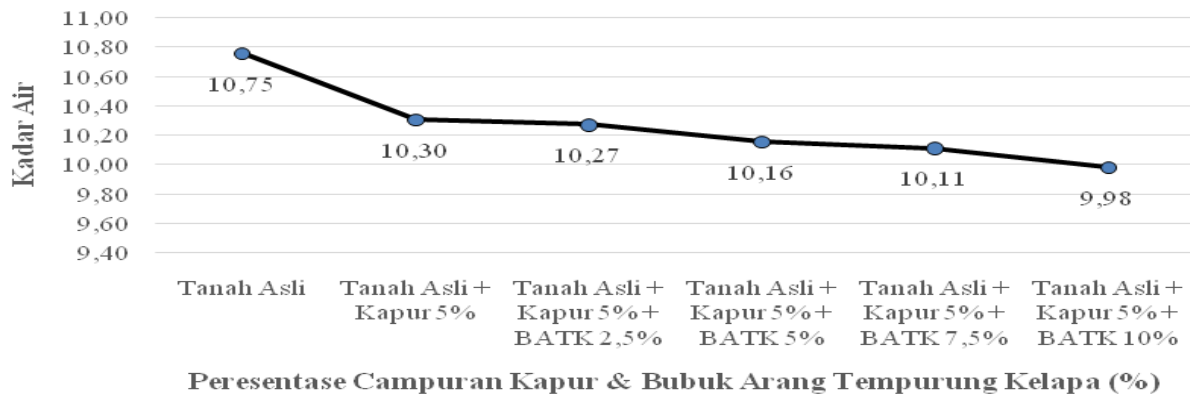
### 3.3 Uji Sifat-sifat Fisis Pada Tanah Campuran

Uji sifat fisis pada tanah campuran kapur dan bubuk arang tempurung kelapa dapat dilihat pada Tabel 5:

Tabel 5. Hasil Sifat Fisis Pada Tanah Dicampur Kapur dan Bubuk Arang Tempurung Kelapa

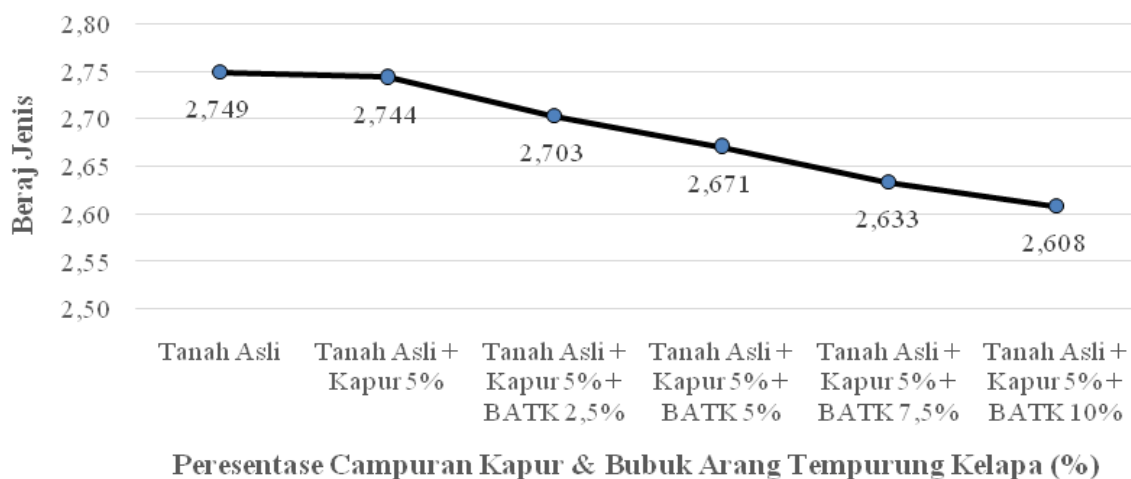
| Jenis pengujian            | Persentase Campuran Kapur 5% dan Bubuk Arang Tempurung Kelapa 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10% |       |       |       |       |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
|                            | 0%                                                                                       | 2,5%  | 5%    | 7,5%  | 10%   |
| Kadar Air Kering Udara (%) | 10,30                                                                                    | 10,27 | 10,16 | 10,11 | 9,98  |
| Berat Jenis (Gs)           | 2,744                                                                                    | 2,703 | 2,671 | 2,633 | 2,608 |
| Batas Cair (%)             | 65,95                                                                                    | 64,76 | 62,08 | 58,15 | 57,63 |
| Batas Plastis (%)          | 33,18                                                                                    | 35,53 | 36,68 | 37,35 | 38,62 |
| Batas Susut (%)            | 32,87                                                                                    | 34,01 | 34,84 | 35,68 | 36,24 |
| Indeks Plastisitas (%)     | 32,77                                                                                    | 29,23 | 25,40 | 20,80 | 19,01 |
| Lolos saringan No. 200 (%) | 87,00                                                                                    | 83,00 | 81,00 | 78,00 | 74,00 |
| Kelompok Tanah             |                                                                                          |       |       |       |       |
| AASHTO                     | A-7-5                                                                                    | A-7-5 | A-7-5 | A-7-5 | A-7-5 |
| Kelompok Indeks (GI)       | 34                                                                                       | 29    | 24    | 19    | 17    |
| USCS                       | CH                                                                                       | MH    | MH    | MH    | MH    |

Nilai kadar air tanah asli kering udara nilai sebesar 10,75, setelah penambahan Kapur 5% dan bubuk arang tempurung kelapa nilai kadar air berubah menjadi turun. Nilai kadar air terendah di penambahan kapur 5% dan bubuk arang tempurung kelapa 10% sebesar 9,98. Penurunan disebabkan nilai kadar air pada tanah asli lebih besar dibandingkan nilai kadar air kapur dan nilai kadar air bubuk arang tempurung kelapa. Hubungan antara persentase penambahan kapur 5% dan bubuk arang tempurung kelapa 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10% dengan nilai kadar air disajikan pada Grafik 1.



Grafik 1. Hubungan Kadar Air dengan Presentase Penambahan Kapur dan Bubuk Arang Tempurung Kelapa

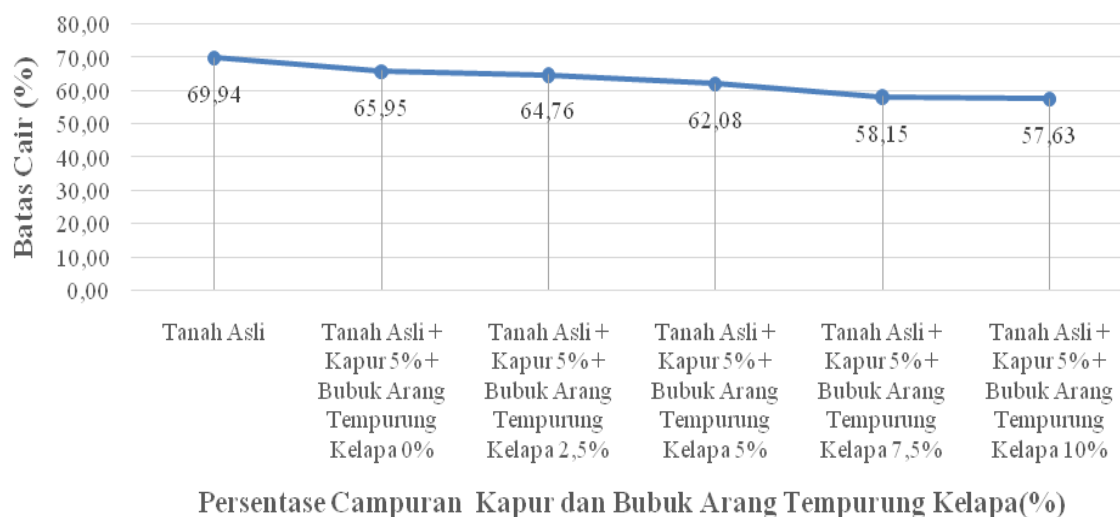
Hasil uji *specific gravity* pada tanah asli didapat nilai sebesar 2,749, dengan persentase penambahan kapur dan bubuk arang tempurung kelapa yang semakin besar dihasilkan nilai *specific gravity* yang semakin kecil. Pada pengujian *specific gravity* dengan penambahan 5% kapur ditambah 2,5% bubuk arang tempurung kelapa didapatkan nilai sebesar 2,703. Semakin tinggi persentase penambahan bubuk arang tempurung kelapa dihasilkan nilai *specific gravity* yang semakin kecil. Hal ini dikarenakan nilai *specific gravity* tanah asli sebesar 2,749 lebih besar dibandingkan dengan *specific gravity* bubuk arang tempurung kelapa yaitu sebesar 2,495 dan berat jenis kapur 2,741 sehingga terjadi penurunan pada nilai *specific gravity*. Hubungan antara berat jenis tanah dengan persentase kapur dan bubuk arang tempurung kelapa dapat dilihat pada Grafik 2.



Grafik 2. Hubungan Berat Jenis dan Persentase Penambahan Kapur dan Bubuk Arang Tempurung Kelapa

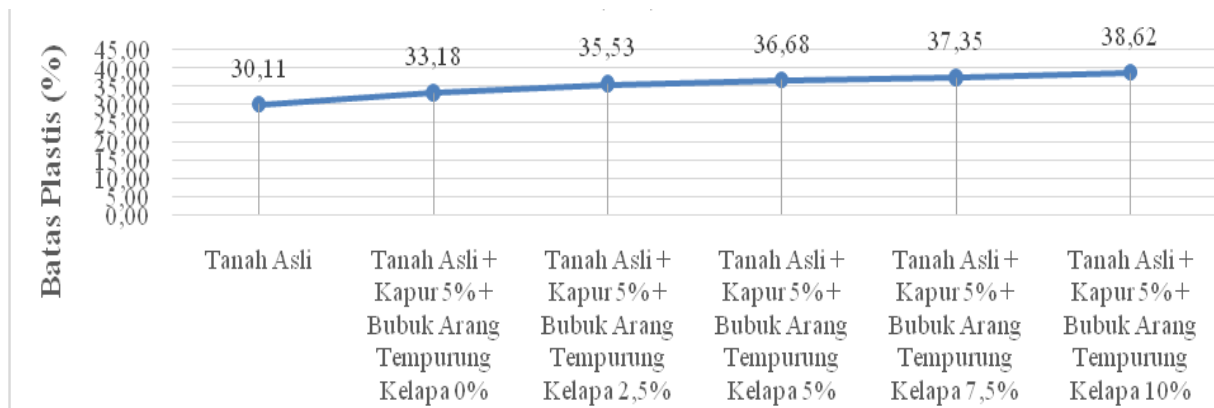
Hasil pengujian batas cair pada tanah asli didapat nilai sebesar 69,94%, pada tanah dengan penambahan 5% kapur ditambah 2,5% bubuk arang tempurung kelapa sebesar

64,76%, kemudian pada penambahan 5% 7,5% dan 10% juga semakin menurun. Nilai batas cair (LL) mengalami penurunan seiring dengan persentase penambahan bubuk arang tempurung kelapa. Turunnya nilai batas cair dikarenakan kapur dan bubuk arang tempurung kelapa yang bereaksi dengan butiran tanah yang menyebabkan butiran tanah semakin besar sehingga kohesinya menurun. Hubungan nilai batas cair (LL) dengan persentase penambahan kapur dan bubuk arang tempurung kelapa dapat dilihat pada Grafik 3



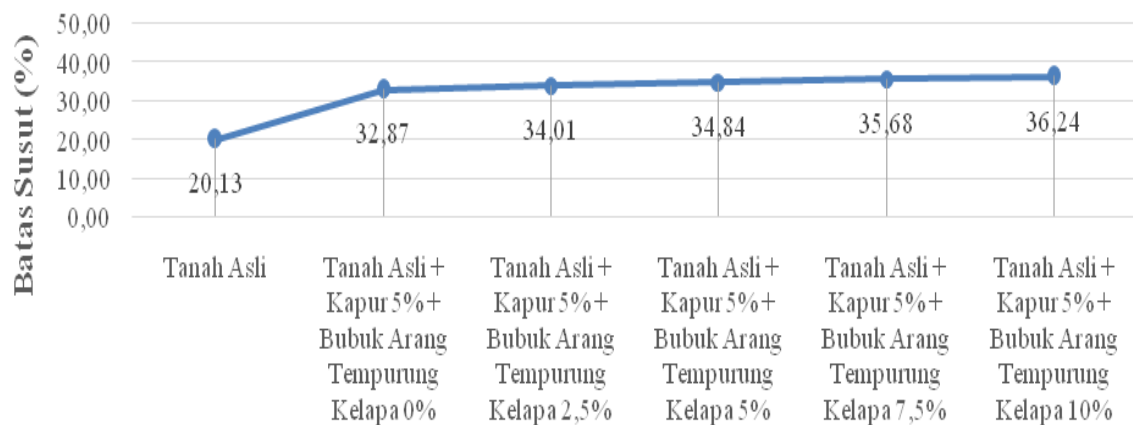
Grafik 3. Hubungan antara Batas Cair dengan Persentase Campuran Kapur dan Bubuk Arang Tempurung Kelapa

Uji Hasil pengujian batas plastis pada tanah asli didapatkan nilai sebesar 30,11%. Nilai batas plastis tanah disetiap persentase penambahan kapur dan bubuk arang tempurung kelapa mengalami kenaikan seiring dengan presentase bubuk arang tempurung kelapa. Kenaikan nilai batas plastis dikarenakan kapur dan bubuk arang tempurung kelapa yang bereaksi dengan tanah menyebabkan butiran tanah menjadi besar dan ikatan antar butiran tanah tidak mudah lepas sehingga dihasilkan nilai batas plastis yang semakin meningkat. Hubungan antara nilai batas plastis tanah (PL) dengan persentase penambahan kapur dan bubuk arang tempurung kelapa dapat dilihat pada Grafik 4



Grafik 4. Hubungan antara Batas Plastis dengan Persentase Campuran Kapur dan Bubuk Arang Tempurung Kelapa

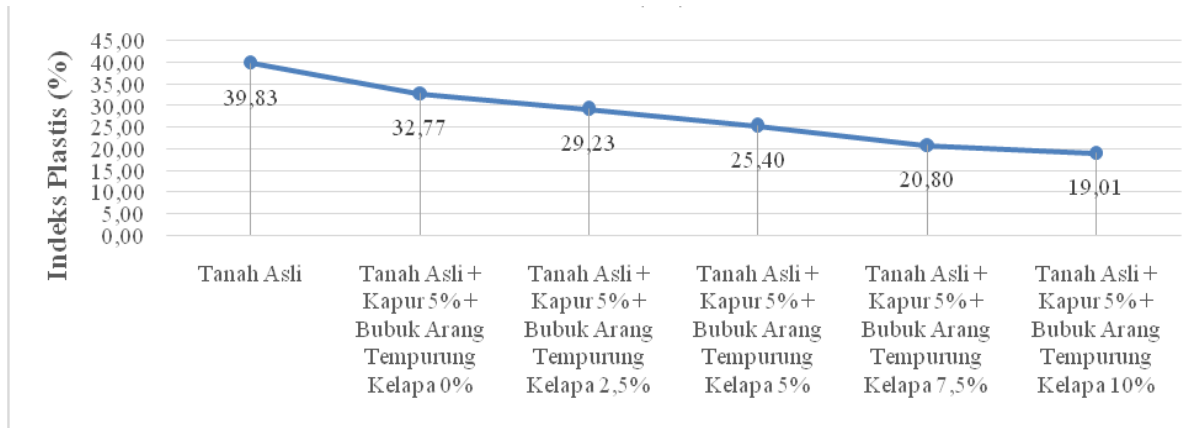
Uji batas susut (SL) pada tanah dengan persentase penambahan kapur 5% dan bubuk arang tempurung kelapa sebesar 2,5%, 5%, 7,5% dan 10%. Nilai batas susut tanah asli adalah sebesar 20,13%, mengalami kenaikan seiring dengan persentase penambahan kapur dan bubuk arang tempurung kelapa. Kenaikan terbesar terjadi pada persentase penambahan 5% kapur dan 10% bubuk arang tempurung kelapa dengan nilai batas susut sebesar 36,24%. Kenaikan batas susut dikarenakan adanya proses sementasi kemudian butiran tanah membesar sehingga memperkecil luas permukaan spesifik, sehingga nilai batas susut menjadi meningkat. Hubungan antara nilai batas susut tanah (SL) dengan persentase penambahan kapur dan bubuk arang tempurung kelapa dapat dilihat pada Grafik 5



Grafik 5. Hubungan antara Batas Susut dengan Persentase Campuran Kapur dan Bubuk Arang Tempurung Kelapa

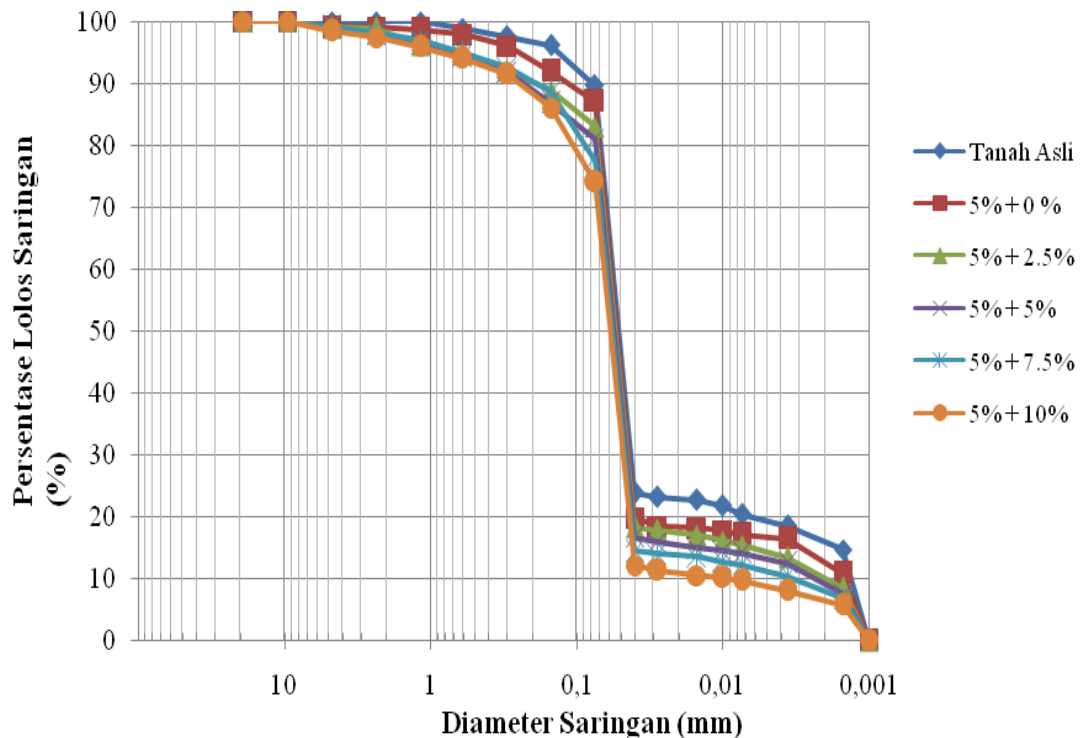
Nilai PI diperoleh dari selisih antara *Liquid Limit* (LL) dengan *Plastis Limit* (PL) pada pengujian batas-batas *Atterberg*. Nilai LL dan PL berpengaruh terhadap besar kecilnya nilainya PI. Penambahan persentase larutan asam sulfat menyebabkan nilai LL yang mengalami penurunan dan PL yang mengalami kenaikan. Nilai PI pada tanah asli sebesar

39,83%, seiring dengan penambahan kapur dan bubuk arang tempurung kelapa dihasilkan nilai PI yang semakin menurun. Penurunan ini juga disebabkan karena butiran tanah yang membesar akibat terjadinya proses sementasi sehingga kohesi mengalami penurunan. Penurunan terbesar terjadi pada penambahan 5% kapur dan 10% bubuk arang tempurung kelapa dengan nilai PI sebesar 19,01% dapat dilihat pada Grafik 6.



Grafik 6. Hubungan antara Indeks Plastis dengan Persentase Campuran Kapur dan Bubuk Arang Tempurung Kelapa .

Pengujian analisa saringan dan *hydrometer* dilakukan untuk menentukan gradasi butiran tanah pada tanah asli dan tanah dengan penambahan kapur dan bubuk arang tempurung kelapa. Uji analisa ukuran butiran atau uji gradasi pada tanah asli yang lolos saringan No.200 didapatkan nilai sebesar 88%. Butiran tanah lolos saringan No.200 mengalami penurunan seiring dengan penambahan kapur dan bubuk arang tempurung kelapa. Nilai terkecil butiran tanah lolos saringan No.200 diperoleh yaitu sebesar 74% pada penambahan 5% kapur dan 10% bubuk tempurung kelapa. Semakin besar penambahan kapur dan bubuk arang tempurung kelapa menghasilkan gradasi butiran tanah yang semakin besar, hal tersebut kemungkinan disebabkan pengaruh penambahan kapur dan bubuk arang tempurung kelapa sehingga tanah mengalami penggumpalan. Hubungan antara diameter butir tanah dan persentase lolos saringan pada tanah dengan persentase penambahan kapur dan bubuk arang tempurung kelapa dapat dilihat pada Grafik 7



Grafik 7. Hubungan antara Diameter Saringan dengan Persentase Lolos Saringan

Tabel 6. Tabel Klasifikasi tanah menurut AASHTO dan USCS

| Jenis Pengujian             |        | Persentase Penambahan Bubuk Arang Tempurung Kelapa dan 5 % Kapur |       |       |       |       |       |
|-----------------------------|--------|------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                             |        | Tanah Asli                                                       | 0 %   | 2.5 % | 5 %   | 7.5 % | 10 %  |
| Batas Cair Kering Udara (%) |        | 69,94                                                            | 65,95 | 64,76 | 62,08 | 58,15 | 57,63 |
| Batas Cair Kering Oven (%)  |        | 57,50                                                            | 53,50 | 52,00 | 49,00 | 45,00 | 43,50 |
| Batas Plastis (%)           |        | 30,11                                                            | 33,18 | 35,53 | 36,68 | 37,35 | 38,62 |
| Batas Susut (%)             |        | 20,13                                                            | 32,87 | 34,01 | 34,84 | 35,68 | 36,24 |
| Indeks Plastisitas (%)      |        | 39,83                                                            | 32,77 | 29,23 | 25,40 | 20,80 | 19,01 |
| Lolos No. 200               |        | 88                                                               | 87    | 83    | 81    | 78    | 74    |
| Group Index (GI)            |        | 40                                                               | 34    | 29    | 24    | 19    | 17    |
| Liquid Limit Ratio (LLR)    |        | 0,822                                                            | 0,811 | 0,803 | 0,789 | 0,774 | 0,755 |
| Klasifikasi Tanah           | USCS   | CH                                                               | CH    | MH    | MH    | MH    | MH    |
|                             | AASHTO | A-7-6                                                            | A 7-5 | A 7-5 | A 7-5 | A 7-5 | A 7-5 |

Berdasarkan metode AASHTO, tanah asli termasuk ke dalam kelompok A-7-6 yang merupakan material tanah berlempung. Dan untuk tanah campuran kapur dan bubuk arang tempurung kelapa termasuk ke dalam kelompok A-7-5. Berdasarkan sistem klasifikasi USCS tanah asli dan campuran kapur 5% termasuk dalam klasifikasi CH (Fat Clay) dikarenakan butiran tanah yang lolos saringan No.200 lebih besar dari 50%, nilai batas cair

lebih dari 50%, dan nilai batas cair dan indeks plastisitas berada di atas A-Line. Sedangkan pada tanah campuran kapur 5% dan bubuk arang tempurung kelapa 2,5% ; 5% ; 7,5% dan 10% termasuk ke dalam klasifikasi MH/OH, dikarenakan butiran tanah yang lolos saringan No.200 lebih besar dari 50%, nilai batas cair lebih dari 50%, dan nilai batas cair dan indeks plastisitas berada di bawah A-Line. Pada tanah campuran 5% kapur dan 2,5% ; 5% ; 7,5% dan 10% bubuk arang tempurung kelapa yang memiliki nilai LLR (Liquid Limit Ratio) di atas 0,75 semua, maka masuk ke dalam kelompok MH (Elastic Silt).

### 3.4 Uji Sifat Mekanis Tanah

#### 3.4.1 Uji pemadatan (*Standard Proctor*)

Hasil uji pemadatan *Standart Proctor* disajikan pada Tabel 7

Tabel 7 Nilai pemadatan *Standard Proctor*

| No | Jenis sampel tanah   | $\gamma_{dmax}$<br>(gr/cm <sup>3</sup> ) | Wopt (%) |
|----|----------------------|------------------------------------------|----------|
| 1  | Tanah Asli           | 1,19                                     | 30,53    |
| 2  | 5% Kapur + 0% BATK   | 1,24                                     | 29,10    |
| 3  | 5% Kapur + 2,5% BATK | 1,26                                     | 27,90    |
| 4  | 5% Kapur+ 5% BATK    | 1,29                                     | 26,15    |
| 5  | 5% Kapur+ 7,5% BATK  | 1,38                                     | 23,70    |
| 6  | 5% Kapur+ 10% BATK   | 1,42                                     | 21,50    |

Berdasarkan Tabel 7 menunjukkan bahwa seiring bertambahnya persentase penambahan kapur dan bubuk arang tempurung kelapa akan menyebabkan kenaikan berat volume kering. Hal tersebut disebabkan oleh ukuran butiran tanah yang semakin besar akibat penambahan kapur dan bubuk arang tempurung kelapa, disamping itu rongga pori tanah yang semula berisi udara dan air tergantikan dengan adanya penambahan kapur dan bubuk arang tempurung kelapa. Sehingga semakin besar penambahan kapur dan bubuk arang tempurung kelapa maka berat volume kering tanah semakin besar.

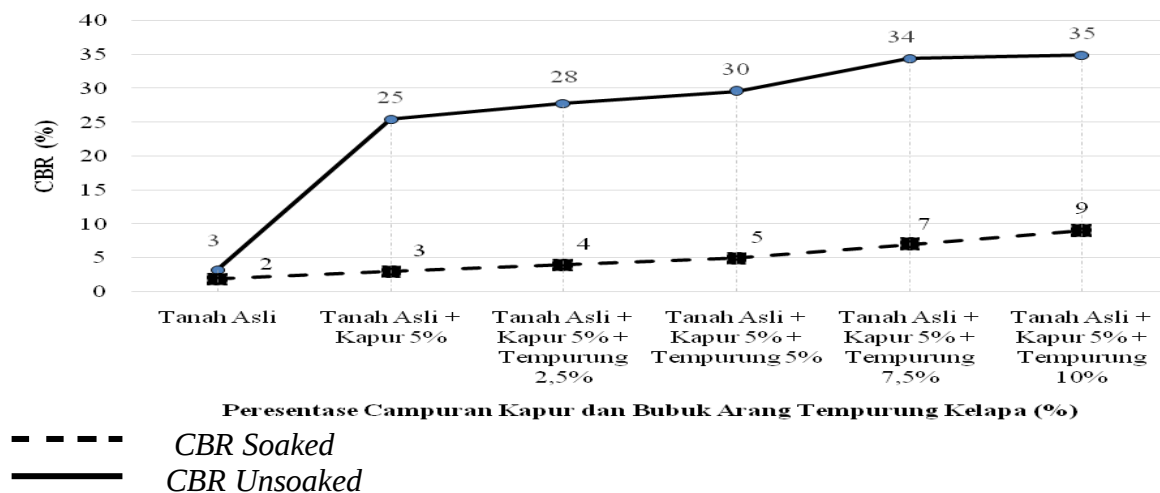
Pada saat terjadi kenaikan nilai berat volume kering maksimum menyebabkan penurunan pada kadar air optimum. Kadar air optimum tertinggi pada tanah asli yaitu sebesar 30,53 sedangkan kadar air optimum terendah terdapat pada penambahan 5% kapur dan 10% bubuk arang tempurung kelapa yaitu sebesar 21,50%. Hal ini terjadi karena volume rongga berkurang yang mengakibatkan berkurangnya pori-pori tanah serta adanya proses sementasi.

### 3.4.2 Pengujian *California Bearing Ratio (CBR)*

Pengujian CBR di laboratorium pada penelitian ini dilakukan *CBR Soaked* (rendaman) dan *Unsoaked* (tanpa rendaman). Pengujian *CBR Soaked* dan *Unsoaked* dilakukan pada tanah asli dan tanah campuran. Hasil uji *CBR Soaked* dan *Unsoaked* untuk tanah asli dan tanah campuran dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Uji *CBR Soaked* (rendaman) dan *Unsoaked* (tanpa rendaman).

| No | Penambahan |          | Hasil                 |                         |
|----|------------|----------|-----------------------|-------------------------|
|    | Kapur (%)  | BATK (%) | <i>CBR Soaked</i> (%) | <i>CBR Unsoaked</i> (%) |
| 1  | 0          | 0        | 2                     | 3                       |
| 2  | 5          | 0        | 3                     | 25                      |
| 3  | 5          | 2,5      | 4                     | 28                      |
| 4  | 5          | 5        | 5                     | 30                      |
| 5  | 5          | 7,5      | 7                     | 34                      |
| 6  | 5          | 10       | 9                     | 35                      |



Grafik 8. Hubungan antara Nilai CBR dengan Persentase Campuran Kapur 5% dan Bubuk Arang Tempurung Kelapa pada Tanah Asli dan Tanah Campuran

Berdasarkan data pada Tabel 8 menunjukkan bahwa kapur dan bubuk arang tempurung kelapa mempengaruhi nilai CBR. Semakin besar penambahan kapur dan bubuk arang tempurung kelapa nilai CBR yang didapatkan semakin meningkat. Nilai *CBR soaked* terbesar terjadi pada presentase penambahan kapur 5% dan bubuk arang tempurung kelapa 10% yaitu sebesar 9%. Sedangkan nilai *CBR Unsoaked* terbesar terjadi pada presentase penambahan kapur 5% dan bubuk arang tempurung kelapa 10% yaitu sebesar 35%. Nilai CBR dipengaruhi oleh kepadatan tanah yang diukur pada nilai berat volume kering maksimum ( $\gamma_d \text{ max}$ ). Nilai berat volume kering maksimum ( $\gamma_d \text{ max}$ ) yang mengalami peningkatan menyebabkan tanah menjadi padat, karena rongga-rongga yang ada di dalam

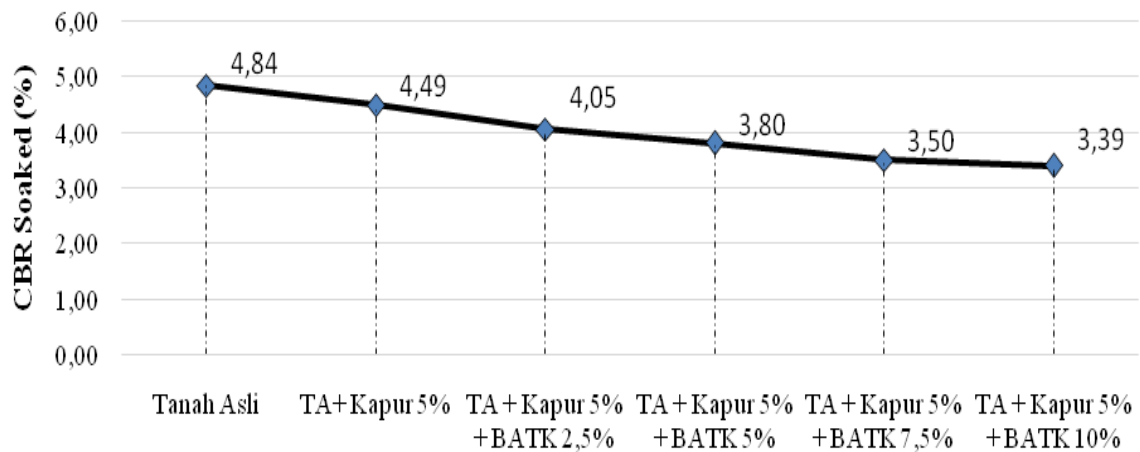
tanah terisi oleh bahan tambah kapur dan bubuk tempurung kelapa sehingga rongga-rongga butiran tanah semakin berkurang dan kemampuan menahan beban pada tanah menjadi besar.

### 3.4.3 Nilai Pengembangan ( Swelling)

Nilai pengembangan (*swelling*) pada tanah lempung dipengaruhi oleh nilai indeks plastisitas (PI) dan gradasi butiran. Semakin kecil nilai indeks plastisitas dan gradasi butiran, maka semakin kecil nilai pengembangannya. Hal ini dikarenakan dengan penambahan kapur dan bubuk arang tempurung kelapa rongga yang ada pada butiran tanah akan tertutup dan terisi, sehingga rongga-rongga butiran menjadi lebih padat, rapat dan kompak. Hasil uji pengembangan (*swelling*) dapat dilihat pada Tabel 9

Tabel 9 Hasil Uji *Swelling*/Pengembangan

| Bahan Tambah |                                  | Tinggi Awal H1 (mm) | Pembacaan Dial | Pembacaan dial x 0,01 | H2 (mm) | $\Delta H$ (mm) | Pengembangan |
|--------------|----------------------------------|---------------------|----------------|-----------------------|---------|-----------------|--------------|
| Kapur (%)    | Bubuk Arang Tempurung Kelapa (%) |                     |                |                       |         |                 |              |
| Tanah Asli   |                                  | 116,00              | 561,00         | 5,61                  | 121,61  | 5,61            | 4,84         |
| 5            | 0                                | 114,00              | 512,00         | 5,12                  | 119,12  | 5,12            | 4,49         |
| 5            | 2,5                              | 116,00              | 470,00         | 4,70                  | 120,70  | 4,70            | 4,05         |
| 5            | 5                                | 115,00              | 437,00         | 4,37                  | 119,37  | 4,37            | 3,80         |
| 5            | 7,5                              | 118,00              | 413,50         | 4,14                  | 122,14  | 4,14            | 3,50         |
| 5            | 10                               | 114,00              | 387,00         | 3,87                  | 117,87  | 3,87            | 3,39         |



Presentase Kapur dan Bubuk Arang Tempurung Kelapa (%)

Grafik 9 Grafik Kaitan Antara Nilai Pengembangan/*Swelling* dengan Persentase Penambahan bubuk arang tempurung kelapa.

#### 4. PENUTUP

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan di laboratorium dan penganalisisan data-data, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil uji fisis tanah asli menunjukkan bahwa tanah desa Bendo, kecamatan Sukodono, kabupaten Sragen termasuk dalam tanah lempung anorganik berplastisitas tinggi dengan nilai PI sebesar 40,18%. Klasifikasi tanah menurut AASHTO menunjukkan bahwa tanah ini termasuk kelompok A-7-6 yang berarti tanah lempung yang bersifat buruk. Klasifikasi tanah menurut USCS menunjukkan bahwa tanah ini termasuk dalam kelompok CH yang berarti tanah lempung anorganik berplastisitas tinggi.
2. Hasil uji sifat fisis tanah campuran menunjukkan bahwa nilai kadar air, *specific gravity*, batas cair, *indeks plastis*, dan persentase lolos saringan No. 200 mengalami penurunan seiring bertambahnya persentase penambahan kapur dan bubuk arang tempurung kelapa. Sedangkan batas plastis dan batas susut, mengalami kenaikan. Menurut AASHTO pada penambahan kapur 5% dan bubuk arang tempurung kelapa 0% spesifikasinya tergolong A-7-5, yang merupakan tanah lempung bersifat sedang sampai buruk. Klasifikasi menurut USCS, tanah campuran kapur 5% dan bubuk arang tempurung kelapa 0% dari berat sampel termasuk CH yang berarti tanah lempung anorganik berplastisitas tinggi. Menurut AASHTO pada penambahan kapur 5% dan bubuk arang tempurung kelapa 2,5% ; 5% ; 7,5% ; 10% spesifikasinya tergolong A-7-5, yang merupakan tanah lempung bersifat sedang sampai buruk. Klasifikasi menurut USCS, tanah campuran kapur 5% dan bubuk arang tempurung kelapa 2,5% ; 5% ; 7,5% ; 10% dari berat sampel termasuk MH yang berarti tanah lanau anorganik berplastisitas tinggi.
3. Kapur dan bubuk arang tempurung kelapa sebagai bahan stabilisasi tanah lempung ternyata semakin memperbaiki sifat-sifat fisis dan mekanis tanah jika dibandingkan dengan tanah asli sebelum dicampur dengan kapur dan bubuk arang tempurung kelapa. Nilai *CBR Soaked* dan *Unsoaked* mengalami peningkatan seiring penambahan kapur dan bubuk arang tempurung kelapa. Nilai *CBR soaked* tanah asli sebesar 2 % menjadi 9% pada penambahan kapur 5% bubuk arang tempurung kelapa 10%. Nilai *CBR unsoaked* tanah asli sebesar 3 % menjadi 35% pada penambahan kapur 5% bubuk arang tempurung kelapa 10%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aji, M. 2016. "Tinjauan Kuat Geser Tanah Lempung Kecamatan Sukodono Kabupaten Sragen Yang Distabilisasi Dengan Bubuk Arang Kayu". Tugas Akhir. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- ASTM. 1981. "Annual Book of ASTM". Philadelphia. USA.
- Bachtiar, Muhammad Yusuf. 2018. *Nilai Kuat Geser Tanah Lempung Bayat Klaten Yang Distabilisasi Dengan Kapur Daan Bubuk Arang Tempurung Kelapa* : Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Bowles, J.E. 1991. "Sifat-sifat Fisis Tanah dan Geoteknis Tanah". Erlangga. Jakarta.
- Das, B.M., Endah Noor., Mochtar, I.B.,1995,"*Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik)Jilid I*", Erlangga, Jakarta.
- Hardiyatmo, H.C. 2010. *Mekanika Tanah I edisi V*. Yogyakarta ; Universitas Gadjah Mada.
- Hardiyatmo, H.C. 2010. *Mekanika Tanah II edisi V*. Yogyakarta ; Universitas Gadjah Mada.
- Listyawan, A.B, Renaningsih, Qunik Wiqoyah, Dan Agus Susanto. 2017. *Mekanika Tanah dan Rekayasa Pondasi*. Teknik Sipil . Universitas Muhammadiyah Surakarta...
- Prasetyo, P.H. 2016. "Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Metode Kimiawi Menggunakan Garam Dapur (Nacl)", (Studi Kasus Tanah Lempung Desa Majenang, Sukodono,Sragen). Tugas Akhir. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta
- Terzaghi, Karl. 1987. *Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa*, edisi ke II. Jakarta: Erlangga.
- Wesley, L.d., 1977, *Mekanika Tanah*, Pekerjaan Umum Jakarta
- Wiqoyah, Qunik. 2006. *Pengaruh Kadar Kapur, Waktu Perawatan dan Perendaman terhadap Kuat Dukung Tanah Lempung*.Dinamika Teknik Sipil, Vol. 6, No. 1: 16-24, Januari 2006.