

ANALISA SIFAT FISIS DAN SIFAT MEKANIS TANAH JALAN RAYA WONOGIRI-PONOROGO DESA TANGGULANGIN KECAMATAN JATISRONO KABUPATEN WONOGIRI

Unggul Pambudi*, Renaningsih, Ricky Teknika

Teknik Sipil, Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani Pabelan Kartasura Tromol Pos 1, Surakarta, Jawa Tengah

*Email: d100180055@student.ums.ac.id

Abstrak

Tanah memiliki peranan penting dalam pekerjaan konstruksi, tanah adalah penopang konstruksi pondasi. Jalan raya adalah prasarana penghubung antar lokasi yang dibuat untuk menunjang aktivitas manusia. Di Wonogiri pertambahan jumlah penduduk menjadikan peran jalan raya menjadi penting, diharapkan tingkat pelayanan jalan raya maksimal. Struktur dasar jalan raya adalah lapisan subgrade, dan karena banyak kerusakan jalan seperti keretakan, patah, jalan bergelombang dan jalan berlubang, dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui sifat fisis dan sifat mekanis tanah dasar struktur jalan raya. Dalam penelitian didapatkan nilai kadar air 6,65%, berat jenis 2,609, batas cair (LL) 45,80%, batas plastis (PL) 18,94%, batas susut (SL) 7,11%, indeks plastisitas (PI) 26,86%, indeks kelompok 12,52 dan lolos saringan no.200 sebesar 58,00%. Pengujian mekanis diperoleh nilai standard proctor γ_{dmax} 1,300 gr/cm³, ω_{opt} 23,00%. Pengujian kuat geser kohesi tanah (c) 0,120 kg/cm² dan nilai sudut geser dalam (θ) 23,57°. Uji konsolidasi tanah didapat nilai C_v 0,000842cm²/dt, C_c sebesar 0,14563, dan S_c sebesar 0,026256 cm. Kuat tekan bebas nilai q_u 52,2 kN/m², dan C_u 26,1 kN/m². Hasil CBR soaked 3,179% dan CBR unsoaked 5,059%. Nilai CBR < 5% dan perlu dilakukan stabilisasi tanah, karena bobot kendaraan yang melalui jalan tersebut berat, sehingga tanah kurang baik digunakan untuk subgrade jalan raya.

Kata kunci: jalan raya, sifat fisis, sifat mekanis, tanah

Abstract

Soil has an important role in construction work, soil is the support for foundation construction. The highway is a connecting infrastructure between locations that is made to support human activities. In Wonogiri the increasing population makes the role of the highway an important one, it is expected that the level of highway service is maximal. The basic structure of the highway is a sub grade, and because there are many road damages such as cracks, fractures, bumpy roads and potholes, a study was conducted to determine the physical and mechanical properties of the subgrade of the highway structure. In the study, the value of water content was 6.65%, specific gravity was 2.609%, liquid limit (LL) was 45.80%, plastic limit (PL) was 18.94%, shrinkage limit (SL) was 7.11%, plasticity index (PI)) 26.86%, group index 12.52 and passed the filter no.200 by 58.00%. Mechanical testing obtained standard proctor γ_{dmax} ω_{opt} 1,300 gr/cm³, ω_{opt} 23.00%. The soil cohesion shear strength test (c) is 0.120 kg/cm² and the internal shear angle (θ) is 23.57°. Soil consolidation test obtained C_v value of C_v 0,000842cm²/sec, C_c of 0,14563, S_c of 0,026256 cm. The independent compressive strength of q_u is 52.2 kN/m², and C_u is 26.1 kN/m². CBR soaked % and 3.179 %. CBR value.

Keywords: highways, mechanical properties, physical properties, soil

1. PENDAHULUAN

Tanah memiliki peranan yang penting di setiap lokasi pekerjaan konstruksi, tanah merupakan elemen dasar dari konstruksi pondasi. Secara umum konstruksi pondasi dibangun di atas tanah dasar. Tanah dasar ini tugasnya adalah untuk memikul beban di atas konstruksi pondasi. Jalan raya adalah prasarana transportasi darat penghubung antara satu lokasi dengan lokasi lain yang dibuat untuk menunjang aktivitas manusia. Kerusakan yang terjadi pada jalan dan gedung, seperti terangkat atau turunnya suatu pondasi, keretakan dinding bangunan, dan bergelombang-nya permukaan jalan, disebabkan oleh

permasalahan pada tanah yang ada di bawah struktur suatu bangunan (Gunarso dkk, 2017).

Di Wonogiri seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk menjadikan peran jalan raya penting bagi kelangsungan hidup masyarakatnya, sebagai prasarana perpindahan manusia, barang, dan jasa diharapkan tingkat pelayanan jalan raya selalu maksimal agar tidak terjadi keterlambatan waktu dan kerugian finansial bagi para penggunanya.

Struktur paling bawah atau paling dasar dari suatu jalan raya adalah lapisan tanah dasar (*subgrade*), di mana lapisan ini menjadi tumpuan untuk lapisan-lapisan di atasnya seperti lapis

pondasi bawah (*sub base course*), lapis pondasi (*sub course*), dan lapis permukaan (*surface course*). Menurut Sukirman (1999) dalam Edi (2014) beban kendaraan yang dilimpahkan ke lapisan perkerasan melalui roda- roda kendaraan selanjutnya disebarkan ke lapisan-lapisan di bawahnya dan akhirnya diterima oleh tanah dasar. Pemeriksaan sifat fisis dan sifat mekanis dari tanah dasar penopang perkerasan jalan raya di Desa Tanggulangin Kecamatan Jatisrono diperoleh data nilai plastisitas indeks tanah sebesar 26,86% tanah termasuk kedalam kategori lempung kohesif dengan plastisitas tinggi.

Tanah lempung merupakan partikel-partikel berukuran mikroskopik dan submikroskopik yang berasal dari pembusukan kimiawi unsur-unsur penyusun batuan, dan bersifat plastis dalam selang kadar air sedang sampai luas. Dalam keadaan kering sangat keras, dan tak mudah terkelupas hanya dengan jari tangan, selain itu, permeabilitas lempung sangat rendah (Terzaghi dan Peck, 1987) dalam (Aryanto dkk, 2021).

Menurut Braja (1995) dalam Pambudi, (2017), mineral lempung merupakan senyawa aluminium silikat yang kompleks yang terdiri dari satu atau dua unit dasar, yaitu silika tetrahedra dan aluminium oktahedral. Setiap unit tetrahedral terdiri dari empat atom oksigen mengelilingi satu atom silikon. Tanah lempung adalah salah satu tanah yang mempunyai daya dukung rendah dan tanah dengan sifat buruk (Saputra, 2015 dalam Listyawan dkk., 2018), dengan sifat tersebut menjadikan tanah kurang baik untuk tanah dasar struktur jalan raya karena kembang-susut yang besar dan volume tanah yang mudah berubah akibat kadar air yang berubah.

Kemudian dalam penelitian ini akan dilakukan penelitian sifat fisis meliputi pengujian berat jenis, kadar air, batas-batas Atterberg, serta gradasi butiran tanah dan untuk pengujian sifat mekanis adalah uji pemadatan tanah (*standard proctor*) dan uji CBR untuk mencari nilai CBR kadar air optimum dan nilai CBR Rencana (Listyawan dkk., 2017) dan mekanis berupa pengujian konsolidasi, kuat tekan geser, kuat tekan bebas dari tanah dasar struktur jalan Wonogiri-Ponorogo guna mengetahui sifat dan karakteristik dari tanah sehingga apabila didapatkan hasil penelitian yang kurang baik dari sifat tanah seperti daya dukung rendah, kompresibilitas tinggi, waktu konsolidasi yang relatif lama kuat geser yang rendah dan nilai kuat tekan bebas yang rendah maka diharapkan untuk

pemilihan metode perbaikan tanah yang akan dilakukan di masa yang akan mendatang tepat dan efisien agar diperoleh hasil maksimal. Riwayati dan Yuniar (2018) menyatakan tidak semua jenis tanah mempunyai sifat dan daya dukung yang baik, karena tanah pada umumnya bersifat heterogen, dan anisotropis.

CBR adalah suatu perbandingan antara beban percobaan dengan beban standar dan dinyatakan dalam persen, CBR di laboratorium dilakukan dengan 2 cara yaitu dengan CBR *soaked* dan *unsoaked* (Adhimas, 2018).

Kuat tekan bebas adalah besarnya gaya aksial per satuan luas pada saat benda uji mengalami keruntuhan biasanya ditentukan terlebih dahulu (Hidayat, 2018 dalam Sulik, 2020).

Pengujian secara *unconfined compression strength* sangatlah praktis, cepat serta akurat. Pengujian sampel bersifat *undrained*, karena penekanan dilakukan relatif cepat, sehingga tidak ada air yang keluar dari pori sampel tanah selama pengujian (Hardiyatmo, 2002 dalam Anasthasia, 2018).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Effendi (2009) dengan judul “Tinjauan Sifat Fisis Dan Mekanis Tanah Jumapolo, Karanganyar” Universitas Muhammadiyah Surakarta. Diperoleh data kadar air = 21,09%, $G_s = 2,68$, $LL = 53\%$, $PL = 36,51\%$, $SL = 13,60\%$, berdasarkan grafik pembagian ukuran butiran tanah dapat diketahui bahwa persentase kerikil = 0% , pasir 48,15% lanau dan lempung = 51,85%. Berdasarkan sistem USCS tanah sampel uji termasuk golongan MH dan berdasar AASHTO masuk kelompok A 7-5 (47). Hasil uji *standard Proctor* didapat berat isi kering 1,18 kg/cm³ dan kadar air optimum = 32%. Hasil uji CBR *unsoaked* antara 1,555% - 3,33% dan CBR *soaked* antara 1,355% - 2,12%. Hasil uji DST didapat nilai kohesi antara 0,12334 kg/cm² - 0,34253 kg/cm² dan nilai sudut gesek dalam 15° - 32,5°.

Puspita (2017) dengan judul “Sifat Fisis Dan Mekanis Tanah Desa Nambuhan Kecamatan Purwodadi Kabupaten Grobogan” Universitas Muhammadiyah Surakarta. Diperoleh data $w = 11,809\%$, $G_s = 2,57$, $LL = 84,24\%$, $PL = 33,35\%$, $SL = 28,52\%$, $PI = 50,89\%$, hasil uji gradasi menunjukkan butiran tanah lolos saringan nomor 200 sebesar 94,01%. Klasifikasi tanah menurut USCS sampel termasuk golongan CH yang merupakan kategori tanah lempung anorganik dengan plastisitas tinggi dan menurut AASHTO sampel termasuk klasifikasi A-7-5. Hasil uji

Standard Proctor didapatkan nilai kadar air optimum 32% dan berat isi kering sebesar 1,29 gr/cm³. Hasil uji DST didapat nilai kohesi tanah (c) = 1,3629 kg/cm² serta nilai sudut gesek (φ) = 6,92°. Hasil uji UCT didapatkan nilai qu = 2,55 kg/cm². Hasil uji konsolidasi didapatkan nilai Cv sebesar 0,00305 cm²/dt, nilai Cc sebesar 0,501, dan juga nilai Sc sebesar 0,1580 cm. Hasil uji CBR soaked adalah 0,162 % serta CBR unsoaked didapatkan nilai sebesar 1%.

Nurul (2016) "Karakteristik Sifat Fisis Dan Mekanis Tanah Lunah Di Gedebage" Institut Teknologi Nasional. Diperoleh data sebagai berikut kadar air (105,4% - 315,5%), angka pori (1,23 - 7,26) dan berat jenis (2,1 - 2,67). Adapun parameter kuat geser meliputi cu (0,01 - 0,25 kg/cm²) dan Øu (0,2° - 5,5°).

Rumus perhitungan dalam penentuan nilai CBR adalah:

$$\text{Nilai CBR pada penetrasi } 0,1'' = \frac{p_1}{3x 1000} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{Nilai CBR pada penetrasi } 0,2'' = \frac{p_2}{3x 1500} \times 100\% \quad (2)$$

keterangan :

P1 = tekanan pada penetrasi 0,1 inch (psi)

P2 = tekanan pada penetrasi 0,2 inch (psi)

Nilai CBR yang didapat adalah nilai CBR yang terbesar diantara hasil perhitungan kedua nilai CBR.

Penambahan air pada tanah berbutir halus atau lempung akan mengakibatkan pengembangan (*swelling*). Nilai pengembangan yang terjadi dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Pengembangan } (\%) = \frac{\Delta H}{H_1} \times 100\% \quad (3)$$

keterangan :

$$\Delta H = H_2 - H_1$$

ΔH = Pengembangan akibat peningkatan air (cm)

H₁ = tinggi benda uji sebelum penambahan air (cm)

H₂ = tinggi benda uji sesudah penambahan air (cm)

Rumus perhitungan dalam pengujian konsolidasi tanah yaitu:

$$C_v = \frac{0,848 \left(\frac{H}{2}\right)^2}{t_{90}} \quad (4)$$

$$C_c = \frac{\Delta e}{\Delta p} = \frac{e_0 - e_1}{\text{Log} \frac{p_2}{p_1}}$$

keterangan :

Cc = *compression index*

e₀, e₁ = sembarang nilai e yang terletak pada grafik

P₀, P₁ = nilai tekanan yang bersesuaian dengan nilai e (kg/cm²)

$$S_c = \frac{C_c \log \frac{P_2}{P_1}}{1 + e_1} \times H \quad (6)$$

keterangan :

Sc = Penurunan konsolidasi (cm)

e₁ = angka pori pada awal pengujian

P₁ = tegangan efektif awal (kg/cm²)

P₂ = tegangan efektif akhir (kg/cm²)

Cc = *compression index*

H = tebal lapisan tanah *compressible* (cm)

Rumus perhitungan dalam pengujian UCT tanah:

$$q_u = (k \times R) / A \quad (7)$$

keterangan :

qu = kuat tekan bebas

k = kalibrasi proving ring

R = pembacaan umum pembacaan awal

A = luas penampang contoh tanah pada saat pembacaan R

Rumus perhitungan dalam pengujian DST tanah:

$$\tau = c + \sigma \tan \phi \quad (8)$$

keterangan :

τ = kuat geser tanah (kg/cm²)

c = kohesi tanah (kg/cm²)

σ = tegangan normal pada bidang runtuh (kg/cm²)

φ = sudut gesek dalam tanah (°)

Pada saat pengujian kuat geser, tegangan normal dan tegangan geser dihitung dengan persamaan:

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (9)$$

$$\tau = \frac{T}{A} \quad (10)$$

keterangan :

σ = tegangan normal (kg/cm²)

τ = kuat geser tanah (kg/cm²)

P = beban geser (kg)

A = luas penampang (cm²)

2. METODOLOGI

Pengujian ini dilakukan untuk memperoleh data-data yang diperlukan. Untuk pengujian yang

dilakukan antara lain pengujian kadar air, *specific gravity* (Gs), batas-batas *Atterberg*, uji gradasi butiran tanah, *standard proctor*, uji kuat geser tanah (DST), uji konsolidasi, uji daya dukung tanah (CBR), dan uji kuat tekan bebas (UCT).

Prosedur pengujian kadar air, *specific gravity* (Gs), batas-batas *Atterberg*, uji gradasi butiran tanah, *standard proctor*, uji kuat geser tanah (DST), uji konsolidasi, uji daya dukung tanah (CBR), dan uji kuat tekan bebas (UCT) dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah, Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Surakarta dengan segala fasilitas yang telah disediakan. Adapun beberapa tahap penelitian sebagai berikut:

1. Tahap pertama dimulai dengan studi literatur yaitu mengumpulkan semua informasi data dan hal hal pendukung penelitian. Selanjutnya adalah melakukan survei ke lokasi yang akan diambil sampel tanah untuk diuji, setelah dilakukan survei lokasi dan memenuhi syarat untuk diteliti, baru dilakukan pengambilan sampel tanah di kedalaman lebih dari 30 cm dari permukaan tanah, hal tersebut bertujuan untuk mendapatkan sampel tanah tanpa ada kotoran seperti akar tumbuhan sampah dan lainnya. Setelah itu tanah dijemur hingga kering udara dan disaring dengan saringan nomor 4.
2. Tahap kedua adalah pengujian sampel tanah yang telah kering udara di laboratorium teknik sipil universitas muhammadiyah surakarta, pengujian yang dilakukan adalah berupa uji sifat fisis yaitu pengujian kadar air, *specific gravity* (Gs), batas-batas *Atterberg*, dan uji gradasi butiran tanah. Setelah pengujian fisis selesai selanjutnya adalah pengujian sifat mekanis berupa *standard proctor*, uji kuat geser tanah (DST), uji konsolidasi, uji daya dukung tanah (CBR), dan uji kuat tekan bebas (UCT).
3. Tahap ketiga adalah melakukan analisa data hasil dari pengujian tahap sebelumnya, setelah selesai analisa data dapat ditarik kesimpulan dari hasil penelitian tersebut.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pendahuluan

Tanah yang digunakan sebagai sampel adalah tanah yang berasal dari Desa tanggulangin, Kecamatan Jatisrono, Kabupaten Wonogiri. Tanah diambil dari daerah yang mengalami kondisi kerusakan yang cukup

banyak. Sampel tanah yang digunakan adalah tanah dari kedalaman 30-80 cm dari permukaan tanah.

3.2. Uji Sifat Fisis Tanah Asli

Pada pengujian sifat fisis dilakukan beberapa pengujian antara lain adalah uji kadar air, uji berat jenis tanah (*specific gravity*), uji batas-batas *atterberg*, dan analisa gradasi butiran tanah.

Tanah yang digunakan pada pengujian ini adalah tanah dalam keadaan terganggu atau *disturb*, tanah dikondisikan hingga kering udara dengan cara diangin anginkan. Hasil pengujian sifat fisis tanah asli terdapat pada tabel V.1 di bawah ini:

Tabel 1
Hasil uji sifat fisis tanah asli

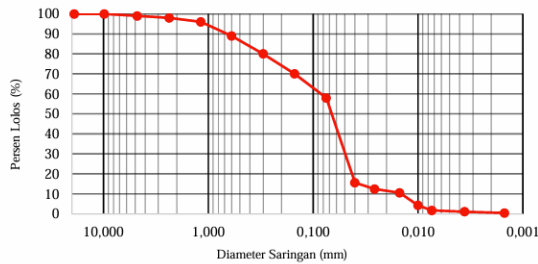
| Kadar air (%) | Berat Jenis (specific gravity) | Batas cair (%) | Batas plastis (%) | Batas susut (%) | Indeks plastisitas (%) | Indeks Kelompok (GI) | Lolos saringan (%) |
|---------------|--------------------------------|----------------|-------------------|-----------------|------------------------|----------------------|--------------------|
| 6,65 | 2,609 | 46,25 | 18,94 | 7,11 | 27,31 | 12,76 | 58,00 |

Berdasarkan Tabel 1 dari hasil pengujian diperoleh nilai kadar air 6,65%, berat jenis atau *specific gravity* 2,609%, batas cair (LL) 46,25%, batas plastis (PL) 18,94%, batas susut (SL) 7,11%, indeks plastisitas (PI) 27,31%, indeks kelompok 12,76 dan lolos saringan no.200 sebesar 58,00%. Sampel tanah Desa Tanggulangin, Kecamatan Jatisrono, Kabupaten Wonogiri termasuk kategori tanah lempung kohesif dengan plastisitas tinggi karena memiliki nilai indeks plastisitas lebih dari 17% yaitu sebesar 27,31%.

Analisa gradasi butiran tanah asli dilakukan dengan pengujian analisa saringan untuk butiran tanah yang lebih besar dari 0,075 mm (no.200) dan pengujian hydrometer untuk mengukur butiran yang besarnya kurang dari 0,075 mm (no.200). hasil dari pengujian gradasi tanah diperoleh data seperti Tabel 2.

Tabel 2
Hasil uji gradasi tanah

| No. ayakan | Diameter (mm) | Lolos saringan (%) | No. ayakan | Diameter (mm) | Lolos saringan (%) |
|------------|---------------|--------------------|------------|---------------|--------------------|
| 3/4 | 19,00 | 100 | Hydrometer | 0,400 | 15,60 |
| 3/8 | 9,800 | 100 | | 0,026 | 12,44 |
| 4 | 4,750 | 99,00 | | 0,0150 | 10,55 |
| 8 | 2,360 | 98,00 | | 0,0100 | 4,23 |
| 16 | 1,180 | 96,00 | | 0,0074 | 1,71 |
| 30 | 0,600 | 89,00 | | 0,0036 | 1,07 |
| 50 | 0,300 | 80,00 | | 0,0015 | 0,44 |
| 100 | 0,150 | 70,00 | | | |
| 200 | 0,075 | 58,00 | | | |



Gambar 1. Grafik hubungan persentase lolos saringan dengan diameter

Hasil pengujian saringan menunjukkan tanah Desa Tanggulangin, Kecamatan Jatisrono, Kabupaten Wonogiri yang lolos saringan no.200 sebesar 58,00%. Tanah tersebut termasuk tanah berbutir halus karena persentase lolos saringan no.200 lebih dari 50%. Sistem klasifikasi tanah yang digunakan adalah metode USCS (*Unified Soil Classification System*) dan AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*).

Dari hasil pengujian, diperoleh butiran tanah asli yang lolos saringan no.200 adalah sebesar 58,00%, hal tersebut menunjukkan bahwa tanah Desa Tanggulangin, Kecamatan Jatisrono, Kabupaten Wonogiri termasuk kedalam kategori tanah berbutir halus karena persentase lolos saringan no.200 lebih dari 50%. Termasuk ke dalam kategori lanau-lempung dengan plastisitas rendah karena nilai indeks plastisitasnya di bawah 50%, tanah yang diuji termasuk ke dalam kategori CL karena perpotongan antara indeks plastisitas (27,31%) dan batas cair (46,25%) berada di bagian CL.

Dari hasil pengujian diperoleh butiran tanah asli yang lolos saringan no.200 adalah sebesar 58,00%, hal tersebut menunjukkan bahwa tanah Desa Tanggulangin, Kecamatan Jatisrono, Kabupaten Wonogiri termasuk ke dalam kategori tanah berbutir halus karena persentase lolos saringan no.200 lebih dari 35%. Termasuk kedalam kategori lanau-lempung, dengan nilai batas cair (LL) 45,80% dan indeks plastisitas (PI) 26,86% maka tanah termasuk kategori A-7. Kelompok A-7 dibagi menjadi A-7-5 dan A-7-6, karena nilai batas plastis (PL) 18,94% atau kurang dari 30 maka termasuk dalam klasifikasi A-7-6 dengan tipe material pokok tanah berlempung, sedang sampai buruk sebagai penilaian umum untuk tanah dasar.

3.3. Uji Sifat Mekanis

Pengujian mekanis yang dilakukan terdiri dari pengujian *standard proctor*, pengujian konsolidasi tanah, pengujian kuat geser langsung

(*Direct Shear Test*), pengujian daya dukung tanah (*California Bearing Ratio*) *soaked* dan *unsoaked*, dan pengujian kuat tekan langsung (*Unconfined Compression Test*).

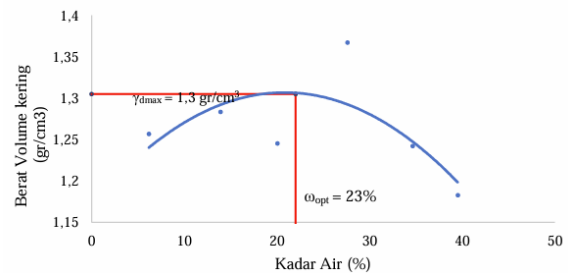
3.3.1. Uji standard proctor

Uji pemadatan dengan metode *standard proctor* digunakan untuk mencari nilai kadar air optimum dan berat volume kering maksimum. Kadar air optimum digunakan untuk penambahan air untuk pembuatan benda uji kuat geser langsung (*Direct Shear Test*), konsolidasi, dan daya dukung tanah (*California Bearing Ratio*) *soaked* dan *unsoaked*, serta benda uji UCT. Hasil dari pengujian *standard proctor* diperoleh nilai seperti pada tabel 3.

Tabel 3 Hasil pengujian standard proctor

| No | Pengujian (Standard proctor) | Tanah Asli |
|----|---------------------------------------|------------|
| 1 | γ_{dmax} (gr/cm ³) | 1,300 |
| 2 | ω_{opt} (%) | 23,00 |

Grafik hubungan antara kadar air dengan berat volume kering maksimum dapat dilihat pada Gambar 2 seperti berikut:



Gambar 2. Grafik hubungan kadar air dengan berat volume tanah kering dan zero air void (Standard Proctor)

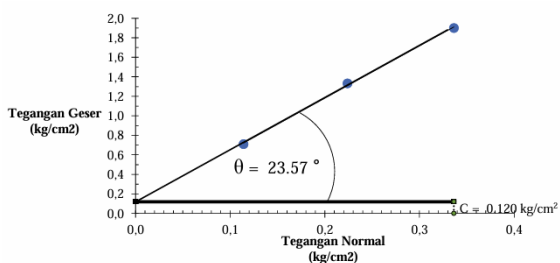
3.3.2. Uji Kuat Geser Langsung (DST)

Uji kuat geser langsung yang dilakukan terhadap tanah Desa Tanggulangin, Kecamatan Jatisrono, Kabupaten Wonogiri. Didapatkan hasil seperti pada tabel 4.

Tabel 4 Hasil pengujian DST

| No | Pembebanan (Kg) | Teg. Normal (Kg/cm ²) | Teg. Gesek (Kg/cm ²) |
|----|-----------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| 1 | 3,225 | 0,11 | 0,71 |
| 2 | 6,330 | 0,22 | 1,33 |
| 3 | 9,510 | 0,34 | 1,90 |

Untuk pembebanan 3,225 kg didapat nilai tegangan normal 0,11 kg/cm², dan tegangan geser 0,71 kg/cm², untuk pembebanan 6,330 kg didapat nilai tegangan normal 0,22 kg/cm², dan tegangan geser 1,33 kg/cm². Untuk pembebanan 9,510 kg didapat nilai tegangan normal 0,34 kg/cm², dan tegangan geser 1,90 kg/cm² dengan nilai kohesi tanah (c) sebesar 0,120 kg/cm² serta nilai sudut gesek (θ) sebesar 23,57°. Hubungan antara tegangan geser dan tegangan normal dari hasil pengujian dapat dilihat pada grafik V.2.



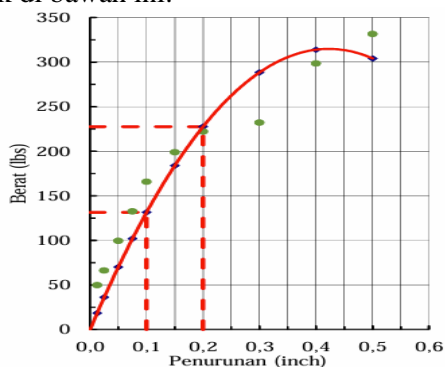
Gambar 3. Grafik hubungan antara tegangan geser dan tegangan normal

3.3.3. Uji Konsolidasi

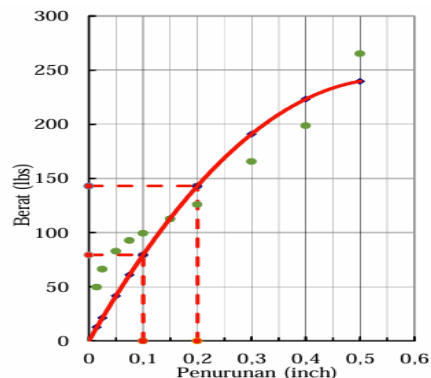
Uji konsolidasi tanah yang dilakukan adalah untuk mencari nilai *coefficient of consolidation* (Cv), *compression index* (Cc), dan *satlement of consolidation* (Sc). Pada pengujian yang dilakukan pada tanah Desa Tanggulangin, Kecamatan Jatisrono, Kabupaten Wonogiri. Diperloeh nilai Cv 0,000842 cm²/dt, Cc sebesar 0,14563, dan Sc sebesar 0,026256 cm.

3.3.4. Uji Daya Dukung Tanah (CBR)

Pada pengujian daya dukung tanah dilakukan pengujian CBR soaked dan CBR unsoaked. Dari hasil pengujian didapatkan grafik hubungan antara berat dan penurunan yang menghasilkan nilai CBR seperti pada grafik di bawah ini:



Gambar 4. Grafik Hubungan antara Penurunan dan Berat Pengujian CBR Unsoaked



Gambar 5. Grafik Hubungan antara Penurunan dan Berat Pengujian CBR soaked

Dari grafik tersebut diperoleh nilai CBR soaked dan unsoaked, nilai CBR dapat dilihat pada tabel 5. seperti di bawah ini:

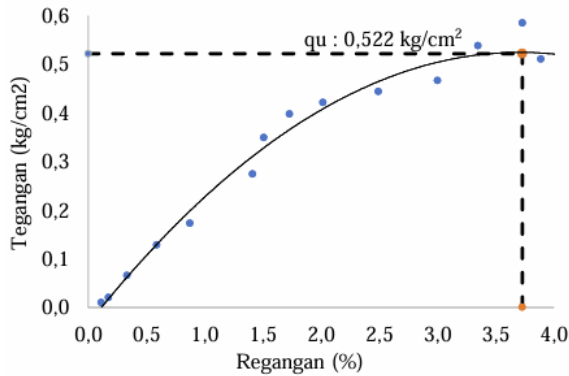
Tabel 5 Hasil pengujian CBR Soaked dan Unsoaked

| No | Pengujian CBR | CBR Soaked (Perendaman)% | CBR Unsoaked (Tanpa Perendaman)% |
|----|----------------|--------------------------|----------------------------------|
| 1 | Nilai CBR | 3,179 | 5,059 |
| 2 | Nilai Swelling | 1,280 | - |

Dari tabel dapat dilihat nilai CBR soaked sebesar 3,179 dan unsoaked sebesar 5,059 dari data tersebut tanah Desa Tanggulangin, Kecamatan Jatisrono, Kabupaten Wonogiri termasuk kategori buruk untuk subgrade jalan raya karena memiliki nilai CBR < 5%, dan pada kenyataan dilapangan tanah yang digunakan untuk subgrade jalan raya banyak sekali mengalami masalah dan ditambah beban lalu lintas yang berat, maka tanah tersebut perlu dilakukan stabilisasi atau pemadatan agar mampu menopang beban dari kendaraan yang melaluinya terutama kendaraan dengan bobot yang besar.

3.3.5. Uji Kuat Tekan Bebas (UCT)

Dari hasil pengujian kuat tekan bebas tanah Desa Tanggulangin, Kecamatan Jatisrono, Kabupaten Wonogiri. Diperoleh hasil seperti berikut:



Gambar 6. Grafik hubungan antara tegangan dan regangan

Dari Gambar 6 tersebut dapat dilihat nilai q_u atau nilai kuat tekan bebas tanah yang dihasilkan oleh hubungan antara regangan dan regangan adalah sebesar $0,522 \text{ kg/cm}^2$ atau $52,2 \text{ kN/m}^2$, dan nilai C_u sebesar $0,261 \text{ kg/cm}^2$ atau $26,1 \text{ kN/m}^2$. Dengan nilai q_u di atas maka tanah Desa Tanggulangin, Kecamatan Jatisrono, Kabupaten Wonogiri termasuk ke dalam kategori lempung sedang.

4. Kesimpulan

Dari hasil pengujian tanah Desa Tanggulangin, Kecamatan Jatisrono, Kabupaten Wonogiri yang dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta didapat kesimpulan sebagai berikut :

- a. Pengujian sifat fisis tanah asli diperoleh nilai kadar air $6,65\%$, Berat Jenis (*specific gravity*) $2,609$, batas cair (LL) $45,80\%$, batas plastis (PL) $18,94\%$, batas susut (SL) $7,11\%$, indeks plastisitas (PI) $26,86\%$. Hal tersebut menunjukkan bahwa tanah Desa Tanggulangin, Kecamatan Jatisrono, Kabupaten Wonogiri, adalah tanah lempung kohesif dengan plastisitas tinggi. Menurut USCS tanah termasuk golongan CL yaitu tanah lempung lanau dengan plastisitas rendah. Sedangkan menurut AASHTO tanah termasuk kategori A-7-6 yaitu tanah lempung dengan penilaian umum untuk tanah dasar sedang sampai buruk, dan kurang baik untuk digunakan sebagai lapis pondasi bangunan maupun perkerasan jalan.
- b. Pengujian sifat mekanis Desa Tanggulangin, Kecamatan Jatisrono, Kabupaten Wonogiri, didapatkan hasil sebagai berikut :
 - 1) Hasil uji *standard proctor* diperoleh γ_{dmax} sebesar $1,30 \text{ gr/cm}^3$ dan ω_{opt} $23,00\%$.

- 2) Hasil uji *Direct Shear Test* (DST) tanah asli didapatkan nilai kohesi tanah (c) sebesar $0,120 \text{ kg/cm}^2$ dan nilai sudut gesek dalam (θ) sebesar $23,57^\circ$.
- 3) Hasil uji konsolidasi tanah asli didapat nilai C_v $0,000842 \text{ cm}^2/\text{dt}$, C_c sebesar $0,14563$, dan S_c sebesar $0,026256 \text{ cm}$.
- 4) Hasil uji *California Bearing Ratio* (CBR) tanah asli didapat nilai CBR *soaked* sebesar $3,179\%$ dan CBR *unsoaked* sebesar $5,059\%$. Dari hasil tersebut nilai CBR nya $< 5\%$, perlu dilakukan perbaikan penambahan bahan stabilisasi atau pemadatan, karena bobot kendaraan yang melalui jalan tersebut berat, sehingga tanah tersebut kurang baik digunakan untuk subgrade jalan raya.
- 5) Hasil pengujian UCT didapat nilai q_u sebesar $52,2 \text{ kN/m}^2$, dan nilai C_u sebesar $26,1 \text{ kN/m}^2$. Maka tanah Desa Tanggulangin, Kecamatan Jatisrono, Kabupaten Wonogiri termasuk kedalam kategori lempung sedang.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrozak, M, R & Mufti, D, N. 2017. Stabilisasi Tanah Lempung dengan Bahan Tambah Abu Sekam Padi dan Kapur pada Subgrade Perkerasan Jalan. *Jurnal Teknisia*, Volume XXII No 2, November 2017.
- Adhimas Bima A, S. 2018. *Tinjauan Kuat Dukung Tanah Lempung Bayat Klaten Yang Distabilisasi Dengan Serbuk Arang Kayu Dan Gypsun*. Tugas akhir. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta
- Anasthasia Irawati Ng, Aniek Prihatiningsih. 2018. Penggunaan White Portland Cement Dan Portland Composite Cement Terhadap Kekuatan Tanah Ekspansif Dengan Unconfined Compression Test. *Jurnal Mitra Teknik Sipil*. Universitas Tarumanegara. Jakarta
- Edi Barnas, Barian Karoeboka. 2014. *Penelitian Kekuatan Tanah Metode Cbr (California Bearing Ratio) Di Spbg Bogor 1 Bubulak Jl Kh R Abdullah Bin Nuh*. Universitas Borobudur. Jakarta.
- Gunarso, Andreas., dkk. 2017. Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif Dengan Campuran Larutan Naoh $7,5\%$. *Jurnal Karya Teknik*

- Sipil Universitas Diponegoro*. Vol.6, No.2017.
- Hardiyatmo. 2019. *Mekanika Tanah II*. Edisi 6. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Listyawan, dkk. 2017. *Mekanika Tanah dan Rekayasa Pondasi*. Muhammadiyah University Press. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- Nurul, H, Siska, Achmad, Y, Yakin. 2016. *Karakteristik Sifat Fisis Dan Mekanis Tanah Lunah Di Gedebage*. Institut Teknologi Nasional. Bandung.
- Pambudi, Arianto Dinar. 2017. *Pengaruh Stabilisasi Tanah Menggunakan Mill Terhadap Penurunan Konsolidasi Lempung*. Tugas Akhir, S1 Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Puspita Sari .2017. *Sifat Fisis Dan Mekanis Tanah Desa Nambuhan Kecamatan Purwodadi Kabupaten Grobogan*. Tugas Akhir. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- Riwayati, RR. Susi & Yuniar, Risma. 2018. Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan campuran Kapur untuk Lapisan Tanah Dasar Konstruksi. *Jurnal Teknik Sipil UNPAL*. Vol 8 No. 2, November 2018.
- Setyowati A, Srie Gunanti. 2014. Daya Dukung Tanah Lempung Yang Distabilisasi Dengan Spent Catayst RCC 15 Dan Kapur. Universitas Islam 45 Bekasi. Bekasi
- Aryanto, M., dkk. 2021. Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif Menggunakan Kapur Tohor. *Jurnal Talenta Sipil*. 4(1), Februari 2021: 38-43.
- Sir, T.M.W., dkk. 2019. Stabilisasi Tanah Lempung Desa Niukbaun Dengan Menggunakan Campuran Tanah Kapur dan Semen. *Jurnal Teknik Sipil*. Vol.VIII, No.2.
- Setyowati A, Srie Gunanti. 2014. Daya Dukung Tanah Lempung Yang Distabilisasi Dengan Spent Catayst RCC 15 Dan Kapur. Universitas Islam 45 Bekasi. Bekasi.
- Sulik Anam, Sudjati, Agata Iwan C, Sumargono, Budi Winarno, Ki Catur Budi S. 2020. Pengaruh Porositas Terhadap Kuat Tekan Bebas Dari Stabilisasi Tanah Dengan Kapur. *Jurnal Civilla*. Universitas Kadiri. Kediri
- Warsito, E, Putra. 2009. *Tinjauan Sifat Fisis Dan Mekanis Tanah Jumapolo Karanganyar*. Tugas Akhir. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.