

THE INVESTIGATION OF UCS AND PERMEABILITY OF MIRI SRAGEN SOILS AS THE SUBSTITUTION OF DIFFICULT SOILS

INVESTIGASI UCS DAN PERMEABILITAS TANAH MIRI SRAGEN SEBAGAI PENGGANTI TANAH BERMASALAH

Agus Susanto¹⁾, Puput Adi Putro²⁾

¹⁾ Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Jl. A. Yani Tromol Pos I Pabelan Kartasura Surakarta 57102, E-mail : agus_susanto_98@yahoo.com

²⁾ Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Jl. A. Yani Tromol Pos I Pabelan Kartasura Surakarta 57102

ABSTRACT

In the establishing of a construction it is often found difficult soils recognized by low bearing capacity and high swelling. This condition is not beneficial for the construction. A simple solution to overcome this problem is to replace the difficult soil with better ones. Sragen people often use soils from Miri as substitution of their difficult soils before building a house. Miri soils are often used to substitute difficult soils as highway subgrade. These soils have specific characteristics, that is in the dry condition look like sands, but in the wet one they have high stickness. So far there is no a research about this soils. Therefore, it is necessary to conduct a research to learn physical and mechanical characteristics of these soils. This research examines soils physical characteristics, unconfined compression strength (UCS) and permeability of Miri soils. The research methods used in this research involve several test covering properties test, unconfined compression test and permeability test according to ASTM standard. The result of the research shows that Miri soils have specific gravity 2.63 liquid limit 62.85% shrinkage limit 20.06% and plasticity index 27.73%. According to USCS classification this soils are classified in SC group and according to AASHTO classification they are classified in A-7-5(7) group. The value of UCS on 90% γ_d max dry 3.815 kg/cm², 95% γ_d max dry 5.430 kg/cm², γ_d max 5.815 kg/cm², 95% γ_d max wet 2.060 kg/cm² and 90% γ_d max wet 1.425 kg/cm². The value of permeability on 90% γ_d max dry 1.458×10^{-4} cm/dt, 95% γ_d max dry 7.773×10^{-5} cm/dt, γ_d max 4.453 $\times 10^{-5}$ cm/dt, 95% γ_d max wet 2.246 $\times 10^{-5}$ cm/dt dan 90% γ_d max wet 4.211 $\times 10^{-6}$ kg/cm².

Keywords: permeability, physical characteristics, UCS, Miri soils

ABSTRAK

Pada pelaksanaan suatu konstruksi sering dijumpai tanah bermasalah yang ditandai dengan kuat dukung yang rendah dan sifat kembang susut tinggi. Kondisi tanah yang demikian ini tidak menguntungkan bagi konstruksi. Solusi sederhana untuk mengatasi masalah ini adalah dengan mengganti lapisan atas tanah tersebut dengan tanah lain yang lebih baik. Masyarakat di daerah Sragen banyak yang memanfaatkan tanah Miri sebagai pengganti tanah bermasalah di lokasi tempat tinggalnya sebelum digunakan untuk membangun rumah tinggal. Tanah ini juga sering dimanfaatkan sebagai pengganti tanah bermasalah sebagai subgrade jalan. Namun sejauh ini belum ada kajian teknis terhadap tanah tersebut. Oleh karena itu maka perlu dilakukan penelitian untuk mengkaji karakteristik fisis dan mekanik tanah kuning ini. Penelitian ini membahas karakteristik fisis tanah, unconfined compression strength (UCS) dan permeabilitas tanah Miri. Metode penelitian melalui serangkaian pengujian, meliputi uji propertis tanah, uji kuat tekan bebas, dan permeabilitas dengan mengacu pada standar ASTM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanah Miri memiliki berat jenis 2,63 batas cair 62,85%, batas plastis 35,12%, batas susut 20,06% dan indeks plastisitas 27,73%. Tanah ini menurut sistem klasifikasi USCS termasuk golongan SC dan menurut sistem klasifikasi AASHTO termasuk kelompok A-7-5(7). Nilai UCS tanah Miri pada 90% γ_d max kering sebesar 3,815 kg/cm², 95% γ_d max kering sebesar 5,430 kg/cm², γ_d max sebesar 5,815 kg/cm², 95% γ_d max basah sebesar 2,060 kg/cm² dan 90% γ_d max basah sebesar 1,425 kg/cm². Nilai permeabilitas tanah Miri pada 90% γ_d max kering sebesar $1,458 \times 10^{-4}$ cm/dt, 95% γ_d max kering sebesar $7,773 \times 10^{-5}$ cm/dt, γ_d max sebesar $4,453 \times 10^{-5}$ cm/dt, 95% γ_d max basah sebesar $2,246 \times 10^{-5}$ cm/dt dan 90% γ_d max basah sebesar $4,211 \times 10^{-6}$ kg/cm².

Kata-kata kunci : karakteristik fisis, permeabilitas, UCS, tanah Miri

PENDAHULUAN

Setiap pekerjaan konstruksi bangunan selalu berhubungan dengan tanah, karena dalam hal ini tanah berperan sebagai material konstruksi maupun sebagai tempat berpijaknya konstruksi itu. Pada pelaksanaan proyek konstruksi sering dijumpai tanah yang secara teknis bermasalah, biasanya ditandai dengan kuat dukung yang rendah dan sifat kembang susut yang tinggi. Kondisi tanah yang demikian tentu tidak menguntungkan bagi konstruksi. Solusi sederhana untuk mengatasi masalah ini adalah dengan mengganti lapisan tanah tersebut dengan tanah/material lain yang lebih baik.

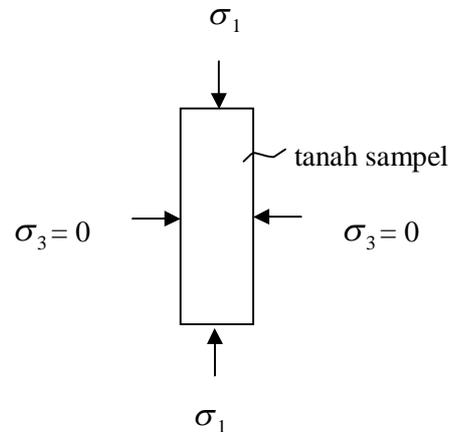
Masyarakat di daerah Sragen banyak yang memanfaatkan tanah kuning Miri sebagai pengganti tanah bermasalah di tempat tinggalnya sebelum digunakan untuk mendirikan bangunan rumah tinggal. Tanah Miri ini juga sering dimanfaatkan sebagai pengganti tanah asli untuk *subgrade* jalan. Tanah Miri memiliki sifat khusus yaitu pada kondisi kering seperti pasir, tetapi pada kondisi basah memiliki lekatan yang tinggi. Namun sejauh ini belum ada kajian teknis terhadap tanah tersebut. Berdasarkan realita tersebut maka perlu dilakukan penelitian untuk mengkaji karakteristik fisis dan karakteristik mekanis tanah kuning ini.

Tulisan ini membahas penelitian yang berupa rangkaian percobaan dan pengujian di laboratorium yang bertujuan untuk mengetahui kandungan kimia tanah, karakteristik fisis, UCS dan permeabilitas tanah Miri. Pengujian kandungan kimia tanah dilakukan di Balai Penyelidikan dan Pengembangan Teknologi Kegunungpian (BPPTK) Yogyakarta. Pengujian karakteristik fisis, UCS dan permeabilitas tanah dilakukan di laboratorium dengan mengacu pada standar pengujian *American Society of Testing Material (ASTM)*.

Karakteristik fisis tanah yaitu sifat tanah dalam keadaan asli yang digunakan untuk menentukan jenis tanah (Wesley, 1977). Pengujian karakteristik fisis tanah meliputi: berat jenis, gradasi butiran tanah dan batas-batas *Atterberg*. Berat jenis tanah adalah perbandingan antara berat volume butiran padat (γ_s) dengan berat volume air (γ_w) pada temperatur 27°C. (Hardiyatmo, 1991). Kedudukan fisik tanah berbutir halus pada kadar air tertentu disebut konsistensi. Batas-batas konsistensi menurut *Atterberg* meliputi batas cair (LL), batas plastis (PL) dan batas susut (SL).

Unconfined compression strength (UCS) tanah adalah besarnya tekanan aksial (kg/cm^2) yang diperlukan untuk menekan silinder tanah sampai mengalami keruntuhan (pecah) atau pada saat regangan aksialnya telah mencapai 20%. Maksud dari *unconfined compression test* yaitu untuk menentukan kekuatan tekan bebas tanah kohesif pada kondisi asli (*undisturb*) maupun tanah yang dipadatkan/dibuat (*re-*

moulded). Pengujian ini disebut uji tekan bebas karena tanah sampel uji tidak terkekang atau hanya terbungkus karet pada sisinya, sehingga tegangan selnya (σ_3) = 0. Skema prinsip *unconfined compression test* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema prinsip *unconfined compression test*

Tegangan aksial (σ_1) yang diterapkan di atas benda uji berangsur-angsur ditambah sampai benda uji mengalami keruntuhan. Pada saat benda uji mengalami keruntuhan, karena $\sigma_3 = 0$ maka:

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \Delta\sigma_f = \Delta\sigma_f = q_u \quad (1)$$

dengan

σ_1 = tegangan aksial atau tegangan utama

σ_3 = tegangan sel atau tegangan kekang

$\Delta\sigma_f$ = tegangan deviator

q_u = nilai UCS

Hubungan konsistensi dengan kuat tekan bebas tanah lempung diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hubungan nilai UCS tanah lempung dengan konsistensinya

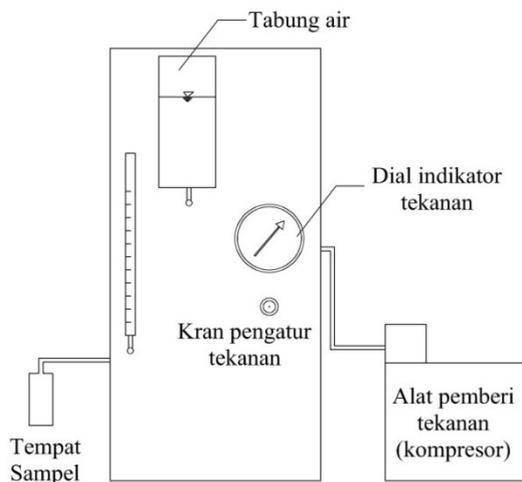
Konsistensi	Nilai UCS q_u (kN/m^2)
Lempung keras	> 400
Lempung sangat kaku	200 – 400
Lempung kaku	100 – 200
Lempung sedang	50 – 100
Lempung lunak	25 – 50
Lempung sangat lunak	<25

(Sumber : Hardiyatmo, 1991)

Permeabilitas adalah sifat bahwa zat cair dapat mengalir melewati bahan yang berpori. Tanah termasuk bahan yang *permeable* sehingga air dapat mengalir melalui pori-pori tanah. Maksud dari pengujian permeabilitas adalah untuk menentukan nilai koe-

fisien permeabilitas (k). Pengujian permeabilitas untuk tanah granular dapat dilakukan dengan uji tinggi energi tetap (*constant head*) sedangkan untuk tanah kohesif dengan uji energi turun (*falling head*). Pada penelitian ini pengujian permeabilitas dilakukan dengan alat uji permeabilitas *constant pressure head*. Alat tersebut merupakan alat uji *constant head* yang dimodifikasi sehingga dapat pula digunakan sebagai alat uji permeabilitas dengan prinsip *falling head*. Sehingga alat uji permeabilitas ini dapat digunakan untuk pengujian tanah granular maupun tanah kohesif.

Modifikasi yang dilakukan terhadap alat *constant pressure head* adalah dengan memberikan alat pemberi tekanan berupa kompresor. Yang mana fungsi dari alat pemberi tekanan tersebut adalah untuk menekan air, sehingga membantu air untuk lebih cepat meresap terhadap sampel dan mempercepat proses uji permeabilitas. Skema alat uji permeabilitas *constant pressure head* diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema alat uji permeabilitas *constant pressure head*

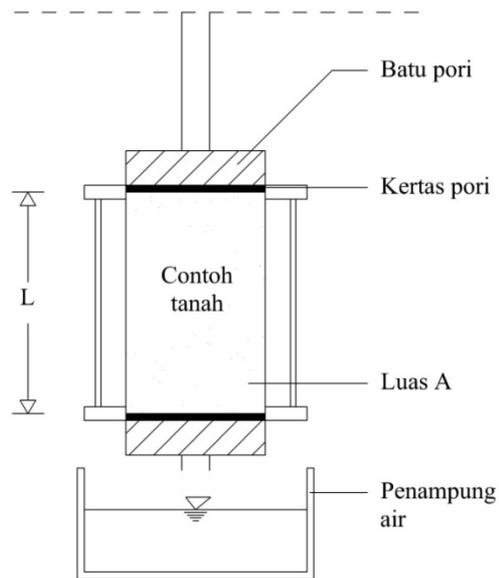
Untuk lebih memperjelas penempatan sampel pada gambar di atas, maka detail sampel akan dijelaskan pada Gambar 3.

Nilai koefisien permeabilitas (k) hasil pengujian dapat ditentukan dengan persamaan (2).

$$k = \frac{Q.L.\gamma_w}{P.A.t} \quad (2)$$

dengan

- k = koefisien permeabilitas (cm/detik)
- Q = debit rembesan dalam t waktu (cm^3/detik)
- L = tinggi benda uji (cm)
- γ_w = berat volume air (gr/cm^3)
- A = luas penampang benda uji (cm^2)
- T = waktu yang diperlukan (detik)



Gambar 3. Detail penempatan sampel tanah pada alat uji permeabilitas *constant pressure head*

Beberapa nilai k dari berbagai jenis tanah diberikan dalam Tabel 2. Koefisien permeabilitas tanah biasanya dinyatakan pada temperatur 20°C .

Tabel 2. Nilai koefisien permeabilitas (k) tanah pada temperatur 20°C

Jenis Tanah	k (mm/det)
Butiran kasar	10^{-3}
Kerikil, butiran kasar bercampur pasir butiran sedang	10^{-2} - 10^{-1}
Pasir halus, lanau longgar	10^{-4} - 10^{-2}
Lanau padat, lanau berlempung	10^{-5} - 10^{-4}
Lempung berlanau, lempung	10^{-8} - 10^{-5}

METODE PENELITIAN

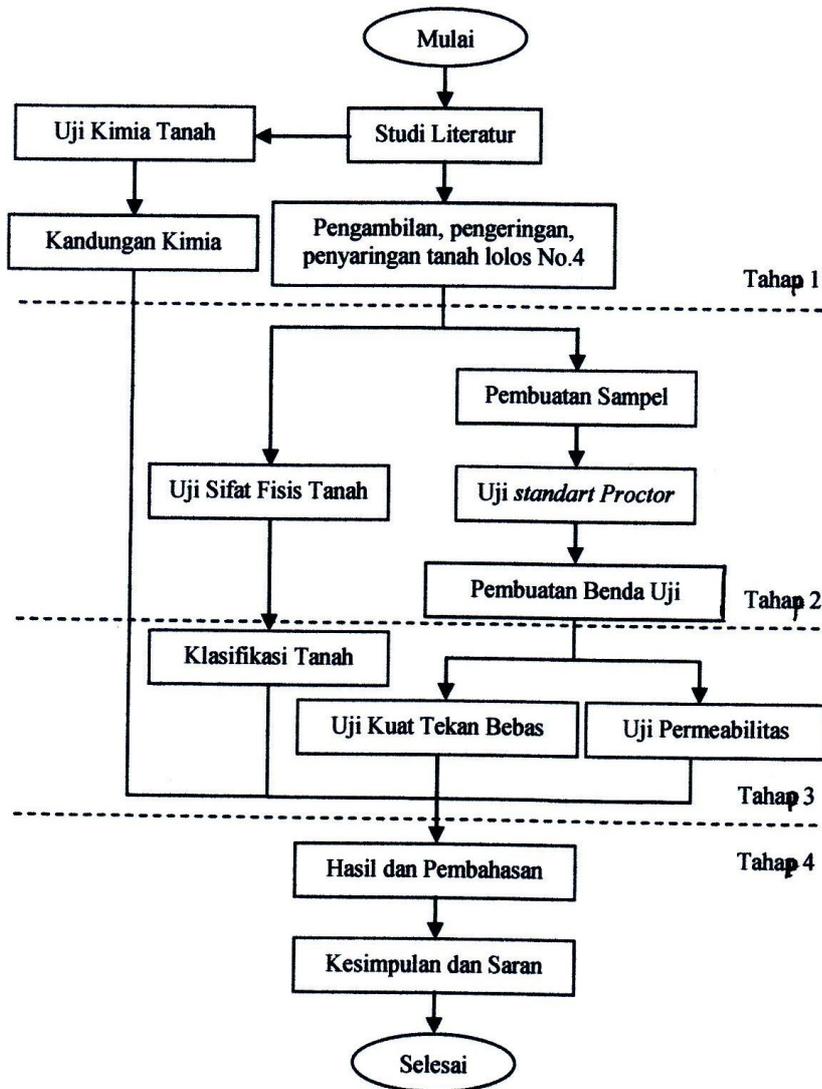
Metode penelitian yang dilakukan adalah dengan melaksanakan serangkaian pemeriksaan dan pengujian tanah di laboratorium sesuai dengan data-data yang diperlukan.

Pelaksanaan penelitian dimulai dari pengambilan sampel tanah dari daerah Miri Kabupaten Sragen. Kemudian dilakukan pengujian kandungan kimia tanah di Balai Penyelidikan dan Pengembangan Teknologi Kegunungapian (BPPTK) Yogyakarta. Tanah yang di bawa ke lokasi laboratorium dibuat kondisi kering udara dan dibuat lolos saringan No. 4.

Kemudian dilakukan pengujian sifat fisis tanah yang terdiri dari *Atterberg limits* yaitu batas cair (LL), batas plastis (PL), batas susut (SL), *specific gravity* dan gradasi butiran. Selanjutnya melakukan uji pemadatan *standard Proctor* dengan tujuan untuk mencari *optimum moisture content (OMC)* dan berat volume kering maksimum.

Hasil pengujian sifat fisis digunakan sebagai dasar untuk mengklasifikasikan tanah. Kemudian dilanjutkan pengujian sifat mekanis tanah yaitu pengujian *Unconfined Compression Test (UCT)* dan pengujian permeabilitas terhadap sampel tanah pada kondisi kadar air 90% γ_d max kering, 95% γ_d max kering, 100% γ_d max, 95% γ_d max basah dan 90% γ_d max basah dengan mengacu hasil uji pemadatan *standard Proctor*.

Selanjutnya dari hasil pengujian-pengujian di atas dilakukan analisis data. Analisis data merupakan pembahasan hasil penelitian. Kemudian dari langkah-langkah tersebut dapat diambil kesimpulan penelitian. Sistematis pelaksanaan penelitian dapat digambarkan dengan bagan alir penelitian sebagaimana terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Bagan alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pemeriksaan kandungan kimia terhadap tanah Miri Sragen di BPPTK Yogyakarta dapat dilihat pada Tabel 3. Tabel 3 menunjukkan bahwa kandungan unsur kimia terbesar dari tanah Miri Sragen adalah CaO yaitu sebesar 25,49%, sehingga tanah ini merupakan tanah yang berkapur.

Karakteristik Fisis Tanah

Pengujian karakteristik fisis tanah dilakukan terhadap sampel tanah Miri Sragen meliputi uji kadar air, *specific gravity*, *Atterberg limits*, dan pemeriksaan ukuran butiran tanah. Hasil pengujian karakteristik fisis tanah diperlihatkan pada Tabel 4.

Tabel 3. Hasil pemeriksaan kandungan kimia tanah di BPPTK Yogyakarta

Unsur	Persentase (%)
SiO ₂	16,84
Al ₂ O ₃	8,27
Fe ₂ O ₃	4,50
CaO	25,49
MgO	1,18
H ₂ O	2,05

Tabel 4. Hasil pengujian karakteristik fisis tanah

Karakteristik Fisis	Nilai
Kadar air tanah asli	19,526 %
Kadar air tanah kering udara	8,678 %
<i>Specific Gravity</i>	2,625
Batas cair (LL)	62,850 %
Batas plastis (PL)	35,120 %
Batas susut (SL)	20,060 %
Indeks Plastisitas (PI)	27,730 %
Persentase lolos # 200	41,304 %
Persentase lolos # 4	100 %
<i>Gravel</i>	2,500 %
<i>Sand</i>	56,196 %
<i>Silt</i>	36,804 %
<i>Clay</i>	4,500 %
Cu	48,57
Cc	3,40

Klasifikasi tanah

Berdasarkan Tabel 4 tanah Miri termasuk dalam tanah berbutir kasar karena persen lolos saringan No 200 sebesar 41,304% < 50%. Menurut klasifikasi *Unified Soil Classification System (USCS)* tanah ini termasuk dalam kelompok SC yaitu pasir berlanau, campuran pasir-lempung. Klasifikasi tanah ini sesuai

Tabel 6. Hasil *unconfined compression test (UCT)*

Tingkat kepadatan	Kadar air (%)	q _u (kg/cm ²)	Konsistensi
90% γ _d max kering	16,40	3,815	Lempung sangat kaku
95% γ _d max kering	17,95	5,430	Lempung keras
100% γ _d max	21,30	5,815	Lempung keras
95% γ _d max basah	25,30	2,060	Lempung sangat kaku
95% γ _d max basah	26,80	1,425	Lempung kaku

dengan kondisi tanah Miri yaitu pada kondisi kering seperti pasir, tetapi pada kondisi basah memiliki lekatan yang tinggi. Lekatan ini timbul dimungkinkan karena adanya kandungan lempung di dalamnya.

Menurut klasifikasi sistem *American Association of State Highway and Transportation (AASHTO)* tanah Miri termasuk kelompok A-7-5 (7) yaitu tanah berlempung dengan penilaian umum sebagai tanah dasar sedang sampai buruk.

Pengujian pemadatan bertujuan untuk mengetahui berat isi kering maksimum (γ_d max) dan *optimum moisture content (OMC)*. Hasil dari pengujian pemadatan *standard Proctor* diperlihatkan pada Tabel 5.

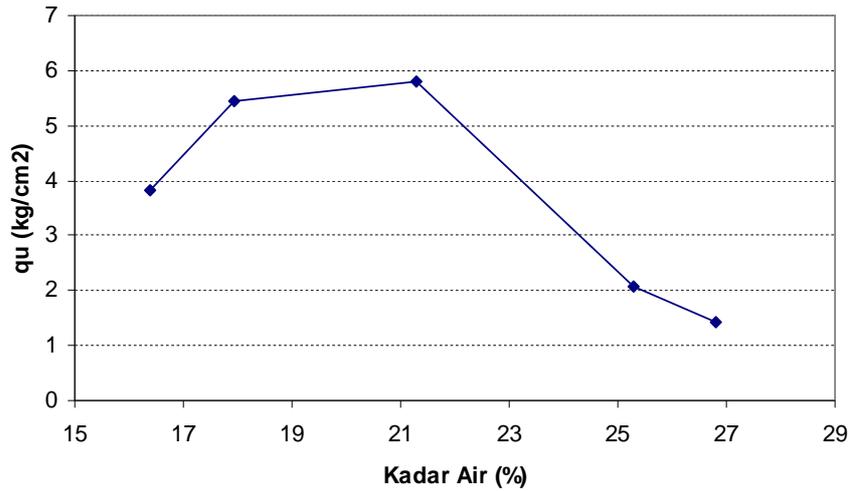
Tabel 5. Hasil pengujian *Standard Proctor*

Tingkat kepadatan	Kadar air (%)	Berat isi kering
100% γ _d max	21,30	1,545
95% γ _d max	25,30	1,467
90% γ _d max	26,80	1,390

Berdasar Tabel 5 tanah Miri Sragen memiliki γ_d max sebesar 1,545 kg/cm dan *optimum moisture content (OMC)* sebesar 21,30%. Hasil dari pengujian pemadatan *standard Proctor* pada penelitian ini dijadikan sebagai acuan dalam penambahan air pada pembuatan benda uji *unconfined compression test (UCT)* dan pengujian permeabilitas tanah pada kondisi 90% γ_d max kering, 95% γ_d max kering, 100% γ_d max, 95% γ_d max basah, dan 95% γ_d max basah.

Nilai UCS

Unconfined compression test (UCT) pada penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai *unconfined compression strength* (q_u) dari tanah kohesif pada kondisi dipadatkan/dibuat (*remoulded*). Nilai *unconfined compression strength* (q_u) selain digunakan untuk mengetahui kekuatan tanah dapat pula digunakan untuk menentukan konsistensi tanah. Hasil *unconfined compression test (UCT)* dapat dilihat pada Tabel 6.



Gambar 5. Hubungan kadar air dan nilai UCS (q_u)

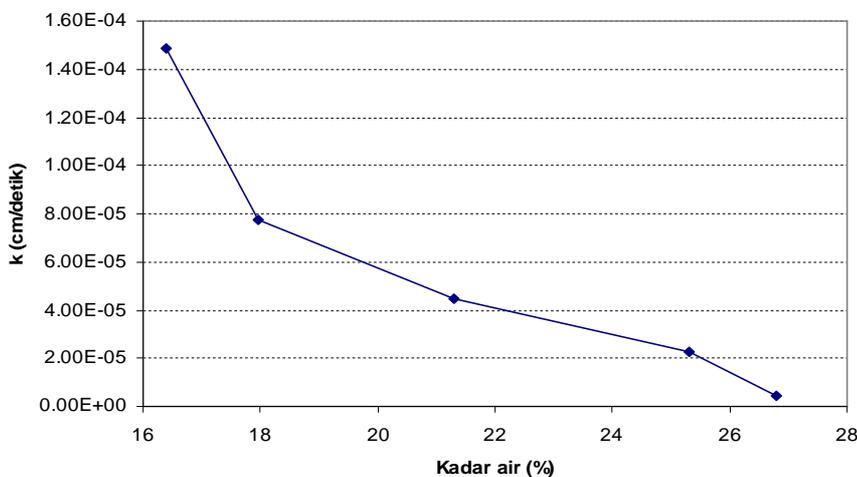
Tabel 6 dan Gambar 5 menunjukkan bahwa nilai *unconfined compression strength (UCS)* dipengaruhi oleh kadar air. Apabila kadar air mendekati nilai kadar air optimum (w_{opt}) nilai *UCS* akan semakin tinggi. Tetapi apabila kadar air melebihi nilai w_{opt} maka nilai *UCS* yang terjadi semakin menurun. Hal ini disebabkan karena kandungan air di dalam tanah mempengaruhi nilai *unconfined compression strength (UCS)*, yang mana nilai kepadatan tersebut akan mempengaruhi nilai *UCS*-nya. Semakin besar nilai kepadatan tanah, semakin besar nilai *UCS*-nya.

Permeabilitas

Pengujian permeabilitas bertujuan untuk menentukan nilai koefisien permeabilitas (k), yaitu kemampuan untuk melewatkan zat cair dari suatu bahan yang berpori, dalam hal ini tanah. Nilai k dapat digunakan untuk menentukan jenis tanah. Pada penelitian ini pengujian permeabilitas dilakukan dengan alat uji constant-head yang dimodifikasi. Hasil pengujian permeabilitas dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil pengujian permeabilitas

Tingkat kepadatan	Kadar air (%)	k (cm/detik)	Jenis tanah
90% γ_d max kering	16,40	$1,458 \times 10^{-4}$	Pasir halus
95% γ_d max kering	17,95	$7,773 \times 10^{-5}$	Pasir halus
100% γ_d max	21,30	$4,453 \times 10^{-5}$	Pasir halus
95% γ_d max basah	25,30	$2,240 \times 10^{-5}$	Pasir halus
95% γ_d max basah	26,80	$4,211 \times 10^{-6}$	Lanau



Gambar 6. Grafik hubungan antara kadar air dengan nilai koefisien permeabilitas (k)

Tabel 7 dan Gambar 6 menunjukkan bahwa nilai permeabilitas (k) dipengaruhi oleh kadar air. Semakin besar kadar air semakin kecil nilai permeabilitasnya. Hal ini disebabkan karena adanya kandungan lempung di dalam tanah ini, yang mana dalam kondisi basah akan memiliki lekatan. Semakin tinggi kadar airnya semakin tinggi kekuatan lekatan yang terjadi. Semakin tinggi lekatan yang terjadi maka semakin rendah nilai permeabilitasnya.

KESIMPULAN

Hasil-hasil pengujian tanah di laboratorium dianalisis, dan kemudian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- a. Tanah kuning Sragen termasuk dalam kelompok SC (pasir kelempungan) menurut klasifikasi sis-

tem USCS dan masuk kelompok A-7-5(7) menurut klasifikasi sistem AASHTO.

- b. Berdasar hasil pengujian *standard Proctor* tanah Miri Sragen memiliki γ_d max sebesar 1,545 kg/cm^3 dan *optimum moisture content (OMC)* sebesar 21,30%.
- c. Nilai UCS sangat dipengaruhi oleh tingkat kepadatan tanah. Semakin mendekati tingkat kepadatan maksimum nilai UCS semakin besar.
- d. Nilai UCS maksimum terjadi pada kadar air optimum (OMC) yaitu sebesar 5,815 kg/cm^2 .
- e. Nilai koefisien permeabilitas tanah (k) dipengaruhi oleh kadar air tanah. Semakin besar kadar air tanah semakin kecil koefisien permeabilitasnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Hardiyatmo, H. C., 2002. *Mekanika Tanah I*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
Wesley, L.D., 1977. *Mekanika Tanah*. Cetakan IV. Jakarta: Badan Penerbit Pekerjaan Umum.