

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Mudrocks merupakan bagian dari kelompok batuan sedimen berbutir halus yang sangat halus dan sering dijumpai di sebagian besar jenis proyek rekayasa. Perubahan kadar air pada *mudrocks* dapat menyebabkan pengikisan pada batuan tersebut, menghasilkan material seperti tanah. Karena banyak *mudrocks* tidak tahan lama, mereka mendapatkan reputasi sebagai batu lunak yang bermasalah. *Mudrocks* ini juga terbagi dalam berbagai jenis, salah satunya adalah *siltstone* (Al-Rawas dkk., 2000).

Siltstone merupakan salah satu jenis *mudrocks* yang memiliki ukuran butir lebih dari 0,01 mm (Al-Rawas dkk., 2000). *Siltstone* ini memiliki daya dukung yang tinggi, tetapi ketika terekspos dan mengalami siklus basah kering, maka batuan ini akan mudah lapuk dan mengalami penurunan daya dukung yang sangat signifikan.

Pengujian *slake durability* adalah salah satu cara untuk mengetahui tingkat pelapukan pada suatu tanah akibat siklus basah kering, sehingga dapat diketahui tingkat ketahanan dari tanah tersebut apakah aman atau tidak dibangunnya konstruksi di atasnya. Dengan pengujian ini juga dapat diketahui apakah metode perbaikan yang dilakukan dapat berdampak baik pada ketahanan tanah, sehingga mampu mengatasi masalah pelapukan pada *siltstone* tersebut. Perlunya juga data-data sifat fisis tanah dan bagaimana pengaruhnya terhadap metode perbaikan tersebut, sehingga bisa diketahui perubahan apa saja yang terjadi akibat dampak perbaikannya. Pematatan juga dilakukan untuk mengetahui nilai *optimum moisture content* (OMC) dan *maximum dry density* (MDD) pada tanah, dan dari dua variabel tersebut menjadi acuan dalam pembuatan benda uji.

2.1.1. Perbaikan Tanah dengan Bahan Tambah Semen

Perbaikan tanah penting dilakukan mengingat kenyataan di lapangan, sifat-sifat tanah tidak selalu memenuhi harapan dalam merencanakan suatu konstruksi. Secara umum, tujuan pekerjaan perbaikan tanah adalah untuk meningkatkan kuat

geser, kuat dukung, dan menurunkan permeabilitas, penurunan dan perubahan volume tanah, guna meningkatkan daya lahan tanah jangka panjang (Muntohar, 2018). Salah satu upaya perbaikan tanah yang biasa dilakukan adalah dengan pencampuran tanah dengan semen.

Sebagai bahan konstruksi, semen telah digunakan lebih dari 1,5 abad, sehingga karakteristik bahan tersebut telah banyak diketahui dengan baik (Muntohar, 2018). Unsur kimia bahan baku semen adalah *calcium*, *silica*, *alumina*, dan *iron*. Unsur *calcium* diperoleh dari batu kapur, *marl* atau *chalk*; sementara *silica*, *alumina*, dan *iron* berasal dari pasir, lempung dan biji besi (Muntohar, 2018). Apabila semen dicampur dengan air maka unsur kimia penyusunnya akan mengalami serangkaian reaksi yang menyebabkan semen menjadi keras. Bersamaan dengan reaksi hidrasi, reaksi-reaksi tersebut menunjukkan bagaimana semen portland mengeras dan mencapai kekuatannya.

Tabel 2.1 Proses hidrasi dan pengerasan semen portland

Unsur Kimia	Uraian Proses
Tricalcium silicate (C3S)	Hidrasi dan pengerasan berlangsung cepat dan mempengaruhi tahap pengerasan awal dan permulaan kekuatan. Semen portland dengan kandungan C3S yang tinggi akan menghasilkan kekuatan awal yang tinggi pula.
Dicalcium silicate (C2S)	Hidrasi dan pengerasan berlangsung lambat dan mempengaruhi peningkatan kekuatan setelah satu minggu.
Tricalcium aluminate (C3A)	Hidrasi dan pengerasan terjadi sangat cepat. Sejumlah besar panas dilepaskan seketika itu dan memberikan sedikit kontribusi terhadap kekuatan awal. Gypsum ditambahkan ke semen portland untuk menghambat hidrasi C3A. Tanpa gypsum, hidrasi C3A akan terjadi pengikatan semen portland seketika setelah penambahan air.
Tetracalcium aluminoferrite (C4AF)	Hidrasi terjadi secara cepat tetapi tidak banyak mempengaruhi kekuatan. Kondisi ini dapat membuat proses produksi semen portland pada suhu pembakaran yang rendah. C4AF ini memberikan warna pada semen portland.

Pada umumnya penggunaan campuran semen ini digunakan untuk meningkatkan stabilitas pada pekerjaan pondasi dan jalan (Sobhan dan Das, 2007). Peningkatan kekuatan tanah dapat tercapai dengan menggunakan *treatment* semen (Sariosseiri, 2009). Semen tersusun atas bahan hidraulik bila bereaksi dengan air menjadi massa yang keras dan kompak (Muntohar, 2018). Sifat semen yang mengisi rongga-rongga udara pada tanah dan bersifat mengikat dapat membuat tanah yang di *treatment* semen dapat meningkatkan ketahanannya. Tanah dengan campuran semen menghasilkan sampel yang awet, diindikasikan dengan kehilangan berat yang kecil selama pengujian ketahanan (Mohamedzein dan Rawas, 2011).

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Berat Jenis, *Atterberg Limit* dan Gradasi Butiran Tanah

Menurut Muntohar (2012) berat jenis didefinisikan secara umum sebagai perbandingan antara berat volume butiran tanah (γ_s) dan berat volume air (γ_w). Berat jenis dapat dihitung menggunakan persamaan (2.1).

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \quad (2.1)$$

dengan, $\gamma_s = \frac{W_s}{V_s}$, dan $\gamma_w = 1 \text{ g/cm}^3 = 9,81 \text{ kN/m}^3$

Berat jenis merupakan nilai yang tidak bersatuan (*non-dimensional values*). Nilai berat jenis suatu tanah akan sangat bervariasi tergantung pada mineral penyusunnya, namun secara umum tanah mempunyai berat jenis antara 2,6 dan 2,8. Nilai berat jenis dapat menentukan jenis tanah, yang ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Jenis tanah berdasarkan berat jenis (Hardiyatmo, 2012)

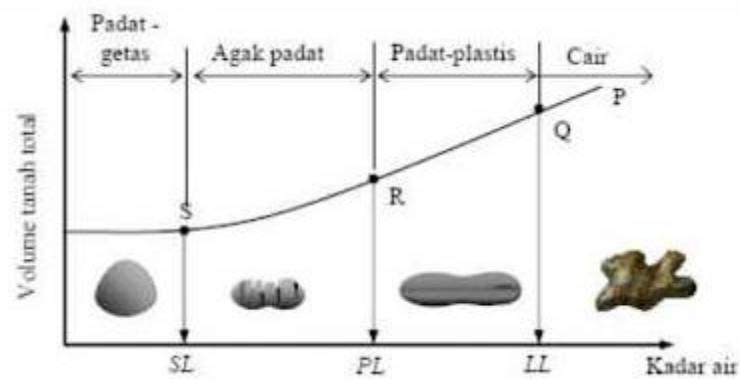
Jenis Tanah	Batas
Pasir	2,65-2,68
Kerikil	
Lanau Organik	2,62-2,68
Lempung Organik	2,58-2,65
Lempung Anorganik	2,68-2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25-1,8

Atterberg limit terdiri dari tiga pengujian, yaitu pengujian batas cair (*Liquid Limit*), batas plastis (*Plastic Limit*) dan batas susut (*Shrinkage Limit*) pada tanah. Batas cair tanah bisa ditentukan dengan pengujian *casagrande*.

Batas susut dihitung dari persamaan (2.2).

$$SL = \left[\left(\frac{m_1 \cdot m_2}{m_2} \right) - \left(\frac{V_1 \cdot V_2}{V_2} \right) \rho_w \right] \times 100 \quad (2.2)$$

Dimana, m_1 dan m_2 masing-masing adalah massa tanah basah dan massa tanah kering oven, V_1 dan V_2 merupakan volume tanah basah dan volume tanah kering setelah dimasukkan dalam oven dan ρ_w adalah rapat massa air (Muntohar, 2012). Hubungan batas- batas konsistensi tersebut dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Keadaan konsistensi tanah (Muntohar, 2012)

Dari gambar tersebut dapat dijelaskan bahwa pada batas cair (*Liquid Limit*), yaitu pada kondisi tanah cair semakin tinggi nilai kadar air, maka semakin besar juga volume tanah. Pada batas plastis (*Plastic Limit*), yaitu pada kondisi tanah padat-plastis semakin tinggi nilai kadar air, maka semakin besar volume tanah. Pada batas susut (*Shrinkage Limit*), yaitu pada kondisi tanah padat-getas semakin tinggi nilai kadar air tetapi volume tetap. Menurut Djelloul dkk. (2017), Bayat dkk. (2013) menyatakan bahwa pengujian *Atterberg limit* dengan *treatment* semen akan menyebabkan penurunan nilai batas cair, peningkatan nilai batas plastis, peningkatan nilai batas susut serta penurunan nilai indeks plastisitas.

Pengujian distribusi butiran tanah difungsikan untuk memberikan informasi ukuran partikel tanah yang menggunakan dua metode pengujian, yaitu metode analisis saringan dan analisis endapan. Analisis saringan biasanya digunakan untuk tanah berbutir kasar, sedangkan prosedur pengendapan digunakan untuk analisis tanah berbutir halus (Muntohar, 2012). Parameter pada

pengujian ini yaitu grafik hubungan persentase butir lolos saringan dengan ukuran partikel menggunakan skala log. Sistem klasifikasi AASHTO dalam Muntohar (2012) menjelaskan bahwa dikategorikan kerikil jika fraksi yang lolos saringan ukuran 75 mm dan tertahan saringan No. 10, dikategorikan pasir jika fraksi yang lolos saringan No. 10 dan tertahan saringan No. 200, dikategorikan lanau dan lempung jika fraksi yang lolos saringan No. 200.

2.2.2. Pematatan

Secara umum, pematatan dapat diartikan sebagai proses memampatkan (*densification*) tanah akibat berkurangnya volume dari fasa udara karena diberikan energi mekanis yang berulang. Derajat pematatan dari suatu tanah diukur dalam berat volume kering (dry unit weight, γ_d) (Muntohar, 2012). Nilai yang didapatkan pada pengujian pematatan ini adalah nilai kadar air optimum (*Optimum Moisture Content*) dan Berat volume kering maksimum (*Maximum Dry Density*). Uji laboratorium yang umum digunakan untuk mencari kadar air optimum (OMC) dan berat volume kering maksimum (MDD) tanah adalah uji pematatan Proctor standar. Pengujian yang menggunakan data tanah terpadatkan akan lebih memberikan keakuratan hasil (Tang dkk., 2014).

Pada masing-masing pengujian, kadar air tanah yang dipadatkan ditentukan di laboratorium. Kemudian berat volume kering dapat dihitung berdasarkan kadar air tersebut dengan persamaan (2.3).

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1+w} \quad (2.3)$$

Dimana, w adalah kadar air tanah (dalam persen).

Nilai-nilai γ_d yang diperoleh dari persamaan (2.3) kemudian digambarkan pada grafik hubungan antara kadar air dan berat volume kering untuk menentukan OMC dan MDD dari tanah yang diuji (Muntohar, 2012).

2.2.3. Slake Durability Test

Slake durability test merupakan pengujian untuk menentukan nilai pelapukan pada tanah (Agustawijaya, 2004). *Slake durability* digunakan untuk memperkirakan secara kualitatif bagaimana ketahanan tanah dari pengaruh lingkungan, dan juga digunakan untuk menetapkan kuantitatif nilai ketahanan

tanah (ASTM D 4644, 2004). Franklin dan Chandra (1972) dalam Yazig (2010) menyatakan bahwa *slake durability* pada tanah merupakan parameter penting dalam investigasi tingkah laku pada massa tanah. Penelitian sebelumnya dan standar penilaian *slake durability* tanah berdasarkan pada pengujian siklus kedua, meskipun beberapa penelitian mengakui dibutuhkannya melakukan siklus lebih lanjut (Yagiz, 2010). Nilai yang didapat pada pengujian ini adalah *slake durability index*. *Slake durability index* (I_d) adalah persentase rasio dari berat akhir dan awal tanah kering (Franklin dan Chandra, 1972 dalam Qi dan Sui, 2014). Untuk menentukan nilai I_d menggunakan persamaan (2.4).

$$I_d = ((W_F - C)/(B - C)) \times 100 \quad (2.4)$$

Dimana :

I_d = *slake durability index*, (%)

B = massa drum ditambah sampel kering oven sebelum siklus, (g)

W_F = massa drum ditambah sampel kering oven setelah siklus, (g)

C = massa drum, (g)

ASTM D 4644 (2004) menyatakan, pengujian *slake durability* dilakukan dengan cara penyiapan sampel tanah terlebih dahulu yang akan diuji, tiap sampel tanah tersebut memiliki massa antara 40 gram – 60 gram, dan massa total sampel sebesar 450 gram – 550 gram tiap drum. Kemudian dilakukan uji kadar air sampel, dan selanjutnya penimbangan massa kering oven. Setelah itu dilakukan uji *slake durability* menggunakan alat uji standar, selama 10 menit dengan rotasi 20 rpm. Setelah itu sampel dikeluarkan dan dimasukkan kedalam oven dengan suhu 105°C-110°C selama 16-24 jam. Kemudian sampel yang sudah kering dikeluarkan, lalu didinginkan hingga suhu menurun dan pengambilan data massa sampel. Siklus selanjutnya dengan langkah yang sama dimulai dari pengujian *slake durability* hingga mendapatkan massa tanah kering.

Franklin dan Chandra (1972) dalam Agustawijaya (2004) mengklasifikasikan *slake durability index* berupa Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Nilai *Slake Durability Index*

Slake-durability Id (%)	Klasifikasi
0 – 25	Very low
25 – 50	Low
50 -75	Medium
75 – 90	High
90 – 95	Very high
95 – 100	Extremely high

