

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Banyak dari kerusakan konstruksi disebabkan oleh buruknya sifat dari *mudrock*. Penelitian durabilitas untuk tanah jenis *mudrock* ini dimulai dari tahun 1950-an oleh industri pertambangan batubara Inggris dalam menanggapi masalah kegagalan atau keruntuhan gua dari tambang. Beberapa penelitian menjelaskan bahwa diantara beberapa tes durabilitas, tes yang paling penting adalah *slake durability index test* yang dikemukakan oleh Franklin dan Chandra pada tahun 1972, tes ini direkomendasikan oleh *International Society for Rock Mechanics* (ISRM) tahun 1979 dan langkah pengujiannya telah diatur dalam *American Society for Testing and Materials* (ASTM) (Dick dkk., 1994).

2.1.1. Penelitian Terdahulu

Menurut penelitian Oktaviani dkk. (2018) dengan uji *slaking index* tanah jenis *clayshale* diklasifikasikan dalam sifat durabilitas yang sangat rendah hingga menengah. Perubahan nilai *durability index* dan kehilangan massa sampel pada siklus pertama dan kedua jauh lebih besar dibandingkan dengan siklus-siklus selanjutnya. Pada siklus pertama dan kedua berat sampel berkurang secara drastis yang dapat disimpulkan bahwa pelapukan yang terjadi sangat besar.

Penelitian yang dilakukan oleh Zhang dan Tao (2008) menjelaskan bahwa penambahan semen pada tanah akan berpengaruh pada nilai durabilitas tanah dan kehilangan massa tanah pada pengujian basah kering akan berkurang seiring dengan bertambahnya persentase semen. Jenis tanah yang digunakan dalam penelitian yang dilakukan oleh Zhang dan Tao (2008) ini adalah jenis *silty clay* dengan 12 siklus basah kering.

Heidari dkk. (2015) melakukan penelitian dengan mengambil sampel pada daerah Hamedan dan Lan di Iran, sampel yang digunakan sebanyak 9 sampel dengan klasifikasi jenis tanah yang berbeda-beda. Tujuan penelitian ini untuk membandingkan nilai durabilitas *dynamic* dan *static slake* tanah dan dibandingkan dengan nilai D_R yaitu *Disintegration Ratio*. Menurut Erguler dan Shakoor (2009), Alatas dan Simatupang (2017) nilai D_R menunjukkan perubahan fisik yang terjadi

akibat pelapukan berdasarkan dari hasil uji analisis saringan, D_R merupakan perbandingan area kurva distribusi ukuran butir dengan area total yang mencakup semua kurva distribusi ukuran butir. Shakoor dkk. (dalam Alatas dan Simatupang, 2017) menyatakan nilai D_R berkisar antara 0 – 1, dengan nilai $D_R = 0$ berarti dikatakan *completely non durable* atau telah tersegmentasi menjadi partikel yang kecil sedangkan dengan nilai $D_R = 1$ berarti dikatakan *completely durable* atau belum terjadi pelapukan dan menjadi partikel kecil. Hasil penelitian yang dilakukan Heidari dkk. (2015) menunjukkan terdapat hubungan antara jenis tanah *low durability* dengan kandungan lempung yang tinggi. Semua sampel memiliki kecenderungan untuk melapuk lebih besar jika proporsi mineral lempung lebih tinggi. Berdasarkan pengujian yang dilakukan oleh Dick dkk. (1994) durabilitas dari tanah dipengaruhi oleh sifat-sifatnya yaitu *dry density*, *void ratio*, *clay content* dan *water absorption*. Besaran dari *slake durability index* berbanding terbalik dengan proporsi mineral lempung didalamnya, semakin banyak mineral lempung maka semakin kecil nilai *slake durability index* yang diperoleh.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Clayshale

Mudrock (kelompok batuan litologi yang terdiri dari *claystones*, *mudstones*, *siltstones*, *shales* dan *argilites*) adalah batuan sedimen terdegradasi dengan komposisi lebih dari 50% terdiri dari butiran yang lebih kecil dari 0,06 mm (Dick dkk., 1994). *Mudrock* seringkali ditemukan di lapangan akan tetapi sangat sulit dibedakan karena butiran halusnyanya. *Mudrock* dibagi menjadi dua jenis tergantung dari komposisi yang mendominasi, apabila didominasi oleh lanau maka disebut *Siltstone* apabila didominasi oleh lempung maka disebut *claystone* (Tucker, 2003).

Clayshale merupakan jenis batuan sedimen dengan butiran yang halus dan terbentuk dari mineral ukuran lempung dan pematatan lanau. *Clayshale* termasuk dalam jenis batuan lempung (*claystone*) yang sangat licin berlapis dengan fraksi tidak beraturan dan sangat mudah dipisahkan sepanjang lapisan (Ariesnawan, 2015)

Mitchel (1976) dalam Ariesnawan (2015) menyatakan bahwa *clayshale* terbentuk dari mineral lempung dan mineral bukan lempung, mineral lempung

tersebut terdiri dari *montmorillonite*, *kaolinite*, *vermiculite*, *illite* dan *chlorite*. *Montmorillonite* mempunyai gaya tarik yang besar terhadap air, karenanya tanah yang mengandung *montmorillonite* mempunyai nilai pengembangan yang besar. Tekanan pengembangan tersebut dapat merusak srtuktur ringan dan perkerasan jalan apabila dijadikan sebagai dasar dari perkerasan jalan (Ariesnawan, 2015)

Menurut Alhadar dkk. (2014), pada daerah yang terekspose langsung dengan atmosfer, tanah *clayshale* sangat rentan terhadap pelapukan tanah. Proses ini akan menyebabkan turunnya kuat geser tanah secara terus menerus sehingga menimbulkan potensi longsor.

2.2.2. Pengujian Berat Jenis, Batas Cair, Batas Plastis, Distribusi Ukuran Butir dan Uji *Proctor* Standar

a. Berat Jenis

Menurut Muntohar (2009), berat jenis adalah nilai yang tidak bersatuan yang merupakan perbandingan berat volume butiran tanah dan berat volume air yang dapat dihitung menggunakan persamaan 2.1.

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

dengan:

γ_s = berat volume butiran tanah,

γ_w = berat volume air, $1 \text{ g/cm}^3 = 9,81 \text{ kN/m}^3$.

b. Batas Cair

Pada tahun 1911 Atterberg mengusulkan metode untuk mengukur batas cair tanah berdasarkan jumlah pukulan yang diperlukan untuk menutup celah (Haigh dkk., 2013). Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk menentukan batas cair dari suatu sampel tanah, salah satunya adalah metode Casagrande. Menurut Muntohar (2009), dalam metode Casagrande, batas cair didefinisikan sebagai kadar air yang diperlukan untuk menutup celah sebesar 12,7 mm dengan 25 kali pukulan. Berdasarkan ASTM (2000) dalam standar D4318, pengujian dilakukan dengan mencampurkan air dan tanah secara merata dan diletakkan pada cawan, kemudian tanah dibagi menjadi dua bagian dengan alat

pembentuk alur (*grooving tool*). Alat diputar sekitar 1,9 – 2,1 ketukan per detik dan dengan ketinggian pukulan setinggi 10 mm sampai alur tanah bersentuhan sekitar 0,5 inch. Karena cukup sulit untuk mengatur celah tertutup dalam 25 kali pukulan maka batas cair diperoleh melalui kurva antara kadar air dan jumlah pukulan dengan mengumpulkan beberapa data.

c. Batas Plastis

Batas plastis adalah kadar air saat tanah digulung-gulung menjadi berukuran diameter ± 3 mm dan telah mengalami retak-retak (Muntohar, 2009). Berdasarkan ASTM (2000) dalam standar D4318, pengujian batas plastis dilakukan dengan cara menggulung spesimen dengan menggunakan jari diatas pelat kaca dengan tekanan yang cukup untuk menggulung spesimen hingga mencapai diameter 3,2 mm dan tidak lebih dari 2 menit.

d. Distribusi Ukuran Butir Tanah

Distribusi ukuran butir tanah dilakukan untuk menentukan ukuran dari butiran tanah, distribusi ukuran butir tanah dibagi menjadi dua metode, yaitu analisis saringan dan analisis endapan, analisis saringan biasanya digunakan untuk menganalisis tanah berbutir kasar sedangkan analisis endapan digunakan untuk menganalisis tanah berbutir halus. Hasil dari analisis saringan dan analisis endapan akan menghasilkan kurva distribusi ukuran butir tanah. Klasifikasi tanah menurut *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO) berdasarkan ukuran butir adalah sebagai berikut ini.

- 1) Tanah lolos saringan ukuran 75 mm dan tertahan pada saringan No.10 termasuk kerikil.
- 2) Tanah lolos saringan No.10 dan tertahan pada saringan No200 termasuk pasir.
- 3) Tanah lolos saringan No.200 termasuk lanau dan lempung.

e. Pemadatan Proktor Standar

Menurut ASTM (2012) dalam standar D698, uji pemadatan adalah penentuan kerapatan tanah atau berat volume kering dibandingkan dengan kadar air dengan menggunakan metode uji standar. Berdasarkan ASTM (2012) dalam standar D698, pengujian pemadatan dilakukan dengan cara memadatkan tanah pada

cetakan dengan kadar air yang telah ditentukan sebanyak tiga lapisan. Spesimen tersebut dipadatkan dengan masing-masing sebanyak 25 pukulan setiap lapisannya dengan menggunakan alat penumbuk seberat 5,50 lbf (24,47 N) dan tinggi jatuh 12 inch (304,8 mm). Pengujian ini dilakukan berulang-ulang dengan kadar air yang berbeda-beda sehingga ketika diplot hubungan antara berat volume kering dan kadar air akan membentuk suatu kurva lengkung yang disebut sebagai kurva pemadatan. Berat volume kering dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.2, sedangkan kadar air dapat dihitung menggunakan persamaan 2.3. Menurut muntohar (2009), dengan penambahan kadar air yang berangsur-angsur dan pemadatan dilakukan dengan metode yang sama akan meningkatkan nilai dari berat volume kering sampai pada kondisi optimumnya, penambahan air setelah kondisi optimum akan menurunkan nilai berat volume tanah karena air akan mengisi ruang yang harusnya diisi oleh butiran tanah. Kadar air saat berat volume tanah kering berada pada kondisi maksimum disebut sebagai *Optimum Moisture Content* (OMC) sedangkan berat volume tanah maksimum sering disebut sebagai *Maximum Dry Density* (MDD).

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1 + \omega} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$\omega = \frac{W_w}{W_s} \dots\dots\dots(2.3)$$

dengan :

γ_d = berat volume tanah kering,

γ = berat volume tanah,

ω = kadar air,

W_w = berat air,

W_s = berat butiran tanah.

2.2.3. Stabilisasi dengan Semen

Stabilisasi tanah merupakan perbaikan daya dukung tanah agar dapat digunakan sebagai salah-satu bahan konstruksi dengan menggunakan beberapa metode, yaitu metode kimia, fisik atau biologi (Wardani dan Muntohar, 2018). Stabilisasi dengan semen termasuk dalam stabilisasi tanah menggunakan metode kimiawi yang dilakukan dengan mencampurkan semen dengan tanah dan air sehingga terjadi reaksi antara bahan tersebut.

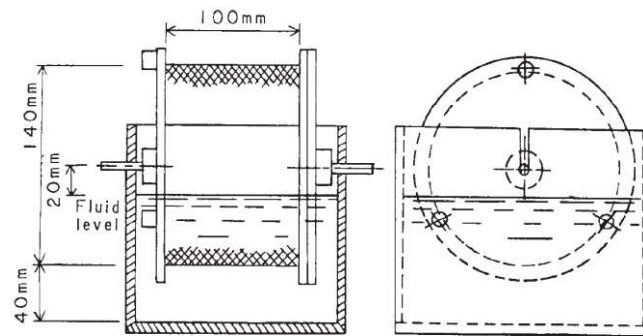
Menurut ASTM (2007), dalam standar C125 semen dibagi menjadi dua yaitu semen Portland dan semen hidraulik. Menurut Prusinski dan Bhattacharja (1999) semen Portland adalah material yang tersusun dari *clinker* dan *gypsum*. *Clinker* adalah material yang tersusun dari *tricalcium silicate* (C_3S), *dicalcium silicate* (C_2S), *tricalcium aluminate* (C_3A) dan *tetracalcium aluminoferrite* (C_4AF). Ketika semen Portland dicampur dengan air akan terjadi proses hidrasi dan konsentrasi kalsium akan terbentuk dengan cepat, kalsium yang terbentuk ini yang kemudian dapat menstabilkan tanah lempung. Menurut Muntohar (2014), perbaikan tanah dengan menggunakan semen akan melalui empat proses yaitu pertukaran kation, flokulasi dan aglomerasi, hidrasi semen dan reaksi pozzolnik. Ion-ion kalsium pada semen akan mengalami pertukaran kation dengan kation monovalen seperti natrium (Na^+) dan kalium (K^+) yang merupakan penyusun dari *diffused double layer*. Menurut Prusinski dan Bhattacharja (1999), semakin tebal *diffuse double layer* maka tanah menjadi lebih plastis. Terjadinya pertukaran ion akan menyebabkan semakin tipisnya *diffuse double layer* yang diikuti dengan proses flokulasi dan aglomerasi. Menurut Wardani dan Muntohar (2018), flokulasi merupakan perubahan struktur lempung menjadi struktur yang lebih acak sedangkan aglomerasi merupakan perubahan bentuk partikel menjadi lebih besar akibat flokulasi sehingga terjadi ikatan antar partikel.

2.2.4. Slake Durability Test

Slake Durability Test digunakan untuk memberikan nilai indeks yang terkait dengan ketahanan batuan terhadap degradasi ketika mengalami siklus pembasahan dan pengeringan (Aksoy dkk., 2019). Pengujian ini pertama kali dikemukakan oleh Chandra pada tahun 1970 dan kemudian diperbaharui oleh Franklin dan Chandra pada tahun 1972.

Tujuan utama dalam *slake durability test* adalah untuk mengamati ketahanan sampel terhadap air. Tes dilakukan sesuai dengan standar ASTM (2008) dalam standar D4644 dan menggunakan alat *slake durability test* dengan standar seperti yang terlihat pada Gambar 2.1. Terdiri dari dua buah drum pada kiri dan kanan yang terbuat dari anyaman kawat dengan ukuran lubang sebesar 2 mm (No.10). Kedua drum harus berbentuk silinder dengan diameter 140 mm (5,5 in) dan panjang 100 mm (3,9 in). Drum harus diputar oleh mesin yang mampu

mempertahankan kecepatan 20 rpm dalam jangka waktu 10 menit dengan ketinggian air 20 mm dari tengah drum.



Gambar 2.1 Standar Dimensi Drum Uji *Slake Durability* (ASTM, 2008)

Selama pengujian *Slake Durability* batuan akan mengalami pelapukan dan perubahan dimensi, dimensi yang lebih kecil dari 2 mm (No.10) akan melewati anyaman kawat pada drum dan akan tertampung pada bak air sedangkan dimensi spesimen yang lebih besar dari 2 mm akan tertahan pada anyaman kawat yang kemudian akan diuji kembali setelah mengalami siklus pengeringan. Perubahan dimensi pada batuan atau pelapukan yang terjadi sering digambarkan melalui parameter durabilitas. Parameter durabilitas dalam pengujian *slake durability* disebut *slake durability index* (I_d) yaitu persentase rasio berat kering akhir dibandingkan berat kering awal batuan yang tertahan dalam drum. Nilai I_d dapat ditentukan melalui persamaan 2.4.

$$I_d(2) = \left[\frac{W_F - C}{B - C} \right] \times 100 \dots\dots\dots(2.4)$$

dengan:

$I_d(2)$ = *slake durability index* (siklus ke-2),

B = berat drum dan tanah kering sebelum siklus pertama,

W_F = berat drum dan tanah kering setelah siklus kedua,

C = berat drum.

Franklin dan Chandra (1972) mengklasifikasikan kekuatan jenis batuan hasil dari pengujian *slake durability* berdasarkan nilai dari *slake durability index* yang diperoleh dari hasil pengujian. Klasifikasi batuan tersebut seperti yang ditampilkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Klasifikasi Batuan Berdasarkan *Slake Durability Index* (Franklin dan Chandra, 1972)

<i>Slake Durability Index (I_d)</i>	Klasifikasi
0 – 25	<i>Very low</i>
25 – 50	<i>Low</i>
50 – 75	<i>Medium</i>
75 – 90	<i>High</i>
90 – 95	<i>Very high</i>
95 – 100	<i>Extremely high</i>

Degradasi yang terjadi pada batuan juga dapat diamati dengan parameter *slake index* (I_s). *Slake index* (I_s) merupakan persen perbandingan berat spesimen lolos dari drum dibandingkan dengan berat kering awal. Nilai I_s dapat ditentukan melalui persamaan 2.5.

$$I_s = \frac{W_x - W_x'}{W_x - B} \times 100\% \dots\dots\dots (2.5)$$

dengan:

I_s = *slake index*,

W_x = berat tanah kering awal + tempat,

W_x' = berat tanah kering tertahan saringan no 10 (2 mm) + tempat,

B = berat tempat.