

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Pustaka

2.1.1. Penelitian terdahulu tentang pelapukan batuan sedimen

Alatas dkk. (2017) mengkaji tentang pengaruh proses pelapukan *clay shale* terhadap perubahan parameter rasio disintegritas (D_R). Penelitian dilakukan dengan melakukan pengujian pada *clay shale* berupa pemberian perlakuan siklus pembasahan dan pengeringan dengan beberapa variasi durasi perlakuan siklus. Dari hasil pengujian tersebut diperoleh rasio disintegritas berdasarkan data distribusi ukuran butiran tanah. Rasio disintegritas menunjukkan jumlah pelapukan yang disebabkan siklus pembasahan dan pengeringan (Nazir, dkk., 2016).

Alatas (2017) mengkaji tentang pengaruh proses pelapukan *clay shale* di sekitar jalan Tol Semarang-Bawen dan proyek Hambalang, terhadap perubahan parameter rasio disintegritas (D_R). Penelitian dilakukan dengan melakukan pengujian pada *clay shale* berupa pemberian perlakuan siklus pembasahan dan pengeringan dengan beberapa variasi durasi perlakuan siklus. Dari hasil pengujian tersebut diperoleh nilai D_R berdasarkan data distribusi ukuran butiran tanah. D_R menunjukkan jumlah pelapukan yang disebabkan siklus pembasahan dan pengeringan (Nazir, dkk., 2016). *Disintegration ratio* (D_R) dinyatakan sebagai perbandingan antara luasan area di bawah kurva distribusi ukuran butiran terhadap total luasan yang meliputi seluruh kurva GSD (*Grain-Size Distribution*). D_R digunakan untuk mengetahui jumlah pelapukan karena pengeringan alami dan kondisi siklus pembasahan dan pengeringan.

Penelitian dilakukan dengan melakukan pengujian pada *clay shale* berupa pemberian perlakuan siklus pembasahan dan pengeringan dengan beberapa variasi durasi perlakuan siklus. Dari hasil pengujian tersebut diperoleh rasio disintegritas berdasarkan kurva distribusi ukuran butiran tanah. Rasio disintegritas (D_R) menunjukkan jumlah pelapukan yang disebabkan siklus pembasahan dan pengeringan. Pengujian ini dilakukan hingga nilai $D_R = 0$.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa sampai dengan hari ke-32, nilai D_R *clay shale* Semarang-Bawen adalah 0,09, sedangkan *clay shale* Hambalang menunjukkan nilai $D_R = 0,147$ pada hari ke-80. Hal tersebut menunjukkan bahwa *clay shale* Hambalang memiliki tingkat durabilitas yang relatif lebih baik daripada *clay shale* jalan Tol Semarang-Bawen.

2.1.2. Penelitian Terdahulu tentang *Slake Durability*

Walsri dkk (2012) melakukan pengujian *slake durability* dalam skala besar menggunakan alat uji terfabrikasi. Modifikasi dilakukan dengan merubah ukuran drum pemutar dari diameter standar 14 cm menjadi 64 cm dengan panjang 40 cm. Ukuran tersebut menjadi 4,5 kali lebih besar dari ukuran drum standar. Sampel yang digunakan adalah tiga jenis *sandstone* diambil dari daerah timur laut Thailand, yakni Khok Kruat, Phu Kradung dan Phra Wihaan.

Dua rangkaian pengujian *slake durability index* (I_d) dilakukan pada dua set spesimen batuan dengan karakter yang sama dan bisa dibandingkan. Untuk rangkaian pertama, prosedur pengujian dilakukan sesuai dengan standar pengujian ASTM D4644, namun dilakukan selama 6 kali siklus. Rangkaian pengujian kedua dilakukan tanpa merendam drum di dalam air untuk mengetahui pelapukan pada kondisi kering. Pengujian tersebut mempelajari pengaruh air dalam proses pelapukan batuan.

Hasil dari pengujian tersebut menunjukkan penurunan nilai I_d yang tinggi pada pengujian *slake durability* dengan skala besar disebabkan energi lebih besar yang diberikan terhadap fragmen batuan daripada energi yang diberikan pada pengujian standar. Penurunan nilai I_d pada spesimen basah lebih besar dibandingkan dengan spesimen kondisi kering. Pada akhir siklus, nilai I_d untuk spesimen basah menunjukkan nilai terendah dibandingkan dengan spesimen kondisi kering. Hal ini menunjukkan adanya pengaruh air dalam proses pelapukan yang menyebabkan spesimen mengalami degradasi lebih pada kondisi terendam. Pada penelitian ini, pengujian yang dilakukan untuk mengetahui tingkat ketahanan batuan terhadap pelapukan adalah pengujian *Slake Durability*.

Untuk pengujian *Slake Durability* yang penulis lakukan, benda uji yang digunakan adalah benda uji standar berdasarkan ASTM D 4644-87. Pengujian dilakukan dengan memutar dua buah drum menggunakan motor selama 10 menit.

Masing-masing drum berisi 10 buah fragmen *mudrock* dengan berat masing-masing fragmen adalah 40-60 gram. Fragmen yang sudah diputar dengan alat uji *slake durability*, dimasukkan ke dalam oven selama 24 jam dan ditimbang berat tertahannya. Siklus ini dilakukan sebanyak 5 kali. Pengujian ini dilakukan untuk memperoleh *Slake Durability Index* (Id) yang merupakan nilai yang menunjukkan tingkat durabilitas batuan terhadap pelapukan.

Pengujian dilakukan pada dua variasi sampel, yakni sampel tanpa semen dan sampel dengan penambahan semen 10% dari berat sampel. Dengan adanya penambahan semen, diperkirakan nilai *slake durability index* (Id) dari *mudrock* tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan *mudrock* tanpa semen, karena adanya semen mempengaruhi kerapatan dan durabilitas tanah. Nilai Id yang tinggi menunjukkan ketahanan batuan yang baik. Begitu pun sebaliknya, nilai Id yang rendah menunjukkan kondisi batuan yang mudah mengalami pelapukan.

2.1.3. Penelitian Terdahulu tentang Tanah dengan Penambahan Semen

Djelloul, dkk. (2017) mengkaji tentang efek semen terhadap durabilitas tanah lempung di Oran, Algeria, selama diberi perlakuan siklus pembasahan dan pengeringan (*drying-wetting cycle*). Berdasarkan komposisi kimia yang terdapat pada semen dan tanah, beberapa reaksi kimia terjadi ketika keduanya bersinggungan. Reaksi kimia yang terjadi antara Kalsium Hidroksida dalam semen dan Silika serta Alumina sebagai mineral lempung menyebabkan perubahan pada struktur tanah dalam jangka waktu singkat. Perubahan yang terjadi adalah terjadinya flokulasi, yakni penggumpalan partikel tanah karena reaksi kimia yang terjadi antara partikel tanah dan partikel zat lainnya. Reaksi kimia tersebut menyebabkan senyawa pengikat mengikat partikel-partikel tanah, sehingga terjadi pengakuan atau pengerasan pada tanah untuk jangka waktu yang lama.

Dalam penelitian tersebut, pengujian durabilitas tanah dilakukan dengan beberapa kondisi pembasahan dan pengeringan. Tiga sampel identik digunakan untuk setiap campran tanah dengan semen. Sampel dibentuk dengan ukuran diameter 50 mm dan tinggi 100 mm. Tiga spesimen tersebut disimpan di dalam kotak plastic untuk beberapa waktu yang berbeda (7, 28, dan 90 hari) sebelum

diuji dengan siklus pembasahan dan pengeringan. Setiap siklus terdiri dari perendaman spesimen di dalam air pada temperature ruangan selama 5 jam. Kemudian, berat spesimen ditimbang sebelum dan sesudah dikeringkan dalam oven selama 42 jam dalam suhu 71°C. Pengujian dilakukan sampai dengan 12 siklus atau kurang dari itu apabila spesimen hancur sebelum siklus ke-12.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sampel dengan kadar semen 2% kehilangan berat sekitar 48% setelah 5 siklus pembasahan dan pengeringan. Hal ini disebabkan jumlah semen yang tidak sesuai yang dibutuhkan untuk mendapatkan reaksi *pozzolanic* yang menyebabkan tanah lebih keras. Sampel dengan kadar 4% dan 6% bertahan selama 12 siklus dengan kehilangan berat mencapai 11% dan 8% setelah pengeringan selama 7 hari. Hal ini menunjukkan bahwa durabilitas tanah dipengaruhi oleh kadar semen yang ditambahkan, yang memungkinkan meningkatnya nilai pH dari campuran tersebut dan menstimulasi reaksi *pozzolanic*, sebagai hasil dari pengeringan tanah dengan campuran semen, menciptakan ikatan semen yang memberikan kekakuan dan ketahanan lebih pada tanah. Semakin kecil jumlah berat kering yang hilang selama pengujian durabilitas tanah mengindikasikan bahwa tanah tertabilisasi semen memiliki durabilitas yang lebih baik (Mohammedzein dan Al-Rawas, 2011).

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Batuan lempung sedimen

Batuan sedimen merupakan jenis batuan penyusun lapisan kulit bumi yang merupakan hasil pelapukan batuan. Batuan yang lapuk tererosi dan terakumulasi menjadi sedimen atau endapan, baik di laut maupun di darat, yang terkubur di dalam lapisan tanah, terpadatkan dan terikat sehingga menghasilkan batuan sedimen. Batuan lempung merupakan batuan berstruktur padat mengandung mineral lempung yang ukuran butirannya halus, yakni tidak lebih dari 0,002 mm. Batuan lempung memiliki sifat-sifat yang secara umum mirip dengan tanah lempung meski dalam beberapa hal memiliki perilaku yang berbeda. Salah satu contoh batuan lempung adalah *mudrock*, yang diklasifikasikan lebih lanjut sebagai *shales*, *mudstone*, *siltstone*, dan *claystone*. Klasifikasi tersebut dibedakan berdasarkan sifat-sifat geologis dan teknis batuan. Distribusi ukuran butiran

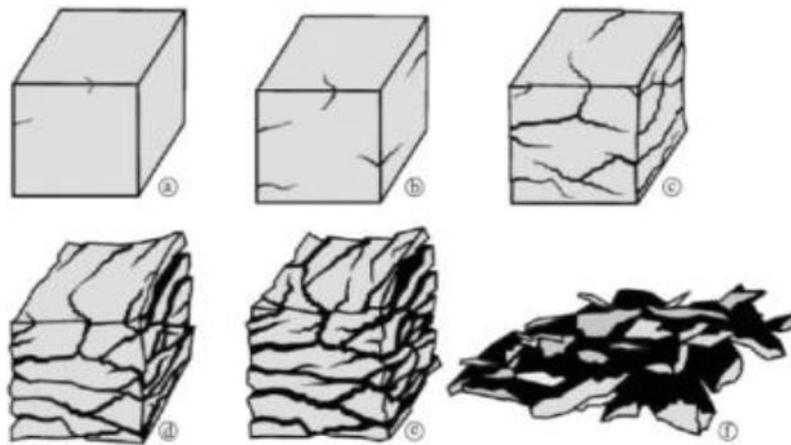
batuan merupakan salah satu variable yang menentukan jenis batuan. Tabel 2.1 menunjukkan klasifikasi *mudrock* berdasarkan sifat geologis.

Tabel 2.1. Klasifikasi *mudrock* berdasarkan sifat geologis (Al Rawas, dkk., 2000)

Particle Size Definition	Particle Size Distribution	Field Identification	Non-Indurated	Indurated ⁽¹⁾		After Incipient Meta-morphism Argillite ⁽³⁾	Group Term	Author
				None-Fissile	Fissile			
Silt 0.004-0.06 mm Clay < 0.004 mm	> 50% silt > 50% clay		Silt + water Clay = mud	Siltstone Claystone	Shale		mudstone	Twenhofel (1939)
Silt 0.002-0.02 mm Clay 0.002 mm	Silt > clay Clay > silt Unknown or unspecified		Silt + water Clay = mud	Siltstone Claystone Mudstone	Silt-shale Clay-shale Mud-shale	Argillite?	mudrock	Ingram (1953) & Pettijohn (1957)
Silt ⁴ > 0.01 mm Silt > 0.004 mm Clay < 0.004 mm			Silt + water Clay = mud	Siltstone Mudstone	Shale		Argillaceous sediments	Pettijohn (1975)
Silt 0.004-0.06 mm Clay 0.004 mm	> 2/3 silt 1/3 - 2/3 silt > 2/3 clay	Abundant silt visible with hand lens Feels gritty when chewed Feels smooth when chewed	Silt + water Clay = mud	Siltstone Mudstone Claystone	Silt-shale Mud-shale Clay-shale	Argillite	mudrock	Blatt et al. (1972).

Mudrock adalah salah satu contoh batuan sedimen yang tersusun dari partikel berukuran lempung dan lanau. *Mudrock* memiliki beberapa kesamaan dengan *clay shale*. *Mudrock* dan *clay shale* mengandung mineral lempung yang memiliki sifat seperti *shales* yang sensitif terhadap air, memiliki nilai sudut gesek internal yang kecil, dan secara umum partikelnya tidak terikat dengan baik sehingga mengurangi kekuatan material (Tse, dkk., 2016). *Clay shale* mengalami degradasi atau pelapukan yang relatif parah apabila berhubungan langsung dengan atmosfer dan hidrosfer, meskipun pada kondisi awalnya memiliki tingkat durabilitas yang baik. Hal ini juga terjadi pada *mudrock*. Perilaku yang ditemukan pada *clay shale* tersebut telah dikaji dalam beberapa penelitian terdahulu.

Alatas (2017) menyatakan bahwa *clay shale* adalah batuan lempung sedimen yang memiliki kekuatan geser yang tinggi, yang apabila berhubungan dengan Oksigen dan Hidrogen yang banyak terkandung dalam atmosfer dan hidrosfer, kekuatan gesernya akan menurun dengan cepat. Gartung (1986) dalam Alatas (2017) menjelaskan bahwa penurunan drastis pada kekuatan geser tanah dapat terjadi apabila tanah tersebut terganggu dan terpelapukan. Pelapukan dapat diartikan sebagai proses perubahan batuan, baik secara fisik maupun kimia, yang terjadi karena pengaruh atmosfer dan hidrosfer. Gambar 2.1 menunjukkan ilustrasi proses pelapukan yang terjadi pada batuan lempung sedimen akibat terpapar atmosfer dan hidrosfer.



Gambar 2.1 Ilustrasi proses pelapukan *clay shale* (Alatas dkk, 2015).

2.2.2. *Slake durability test*

Slake durability test adalah sebuah pengujian sederhana untuk mengetahui pelapukan batuan (Agustawijaya, 2003). Pengujian ini meliputi penentuan *slake durability indeks* dari sebuah batuan serpih (*shale*) atau batuan sejenis setelah mengalami siklus pembasahan dan pengeringan. *Slake Durability Index* (Id) merupakan nilai yang menunjukkan tingkat durabilitas batuan.

Tse, dkk. (2016) menjelaskan pengujian *slake durability* adalah sebuah pengujian laboratorium untuk menentukan durabilitas batuan secara kualitatif, dan kemungkinan memburuknya kualitas tanah pada periode tertentu setelah diberikan perlakuan siklus pembasahan dan pengeringan alami. *Slaking* didefinisikan sebagai kerusakan yang terjadi pada agregat tanah (>2-5 mm) dalam kondisi kering udara, yang menyebabkan ukuran agregat mengecil ke ukuran mikroagregat (<0,25 mm) apabila tanah terendam secara tiba-tiba. *Slaking* diartikan pula sebagai proses batuan yang mengandung mineral lempung mengembang (*swelling*) saat mengalami kontak dengan air.

Pengujian *slake durability* dilakukan berdasarkan ASTM D 4644-87, yakni dengan memutar dua buah drum menggunakan motor penggerak secara rotasi (Gambar 2.2) selama 10 menit. Masing-masing drum berisi 10 buah fragmen batuan dengan berat masing-masing fragmen adalah 40-60 gram. Sampel yang sudah diputar dengan alat uji *slake durability*, dimasukkan ke dalam oven selama

24 jam, ditimbang dan dicatat berat tertahannya. Dari data tersebut, diperoleh nilai I_d batuan yang diuji. Dokumentasi benda uji sebelum pengujian dan setiap setelah perlakuan siklus dilakukan untuk pengamatan secara visual benda uji.



Gambar 2.2 Alat uji *slake durability*.

Nilai I_d yang menunjukkan tingkat durabilitas batuan, diperoleh dari pengolahan data berat kering oven tertahan dari benda uji dengan formula berikut ini :

$$I_d(2) = \left[\frac{(W_F - C)}{(B - C)} \right] \times 100 \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

$I_d(2)$ = indeks *slake durability* (siklus kedua)

B = berat drum dan berat kering oven spesimen sebelum siklus pertama, g

C = berat drum, g

W_F = berat drum dan berat kering oven spesimen yang tertahan setelah siklus kedua, g

Untuk mendapatkan nilai I_d dari siklus ketiga, maka yang digunakan adalah berat kering oven tertahan siklus ketiga sebagai nilai dari besaran W_F . Demikian pula untuk mendapatkan nilai I_d siklus keempat dan kelima. Tabel 2.2 menunjukkan klasifikasi durabilitas batuan berdasarkan Nilai I_d .

Tabel 2.2. Klasifikasi Batuan berdasarkan nilai I_d (Fauzan, dkk., 2016)

I_d	Classification
0 - 30	Very Low
30 - 60	Low
60 - 85	Medium
85 - 95	Medium High
95 - 98	High
98 - 100	Very High

2.2.3. Pengaruh Penambahan Semen Terhadap Durabilitas Tanah

Semen digunakan untuk keperluan modifikasi dan stabilisasi. Dalam hal ini, modifikasi dilakukan untuk meningkatkan kemudahan tanah untuk digunakan dan karakteristik pemadatan, sedangkan stabilisasi dilakukan meningkatkan perilaku mekanis tanah (Sariosseiri, 2009). Kandungan senyawa kimia dalam semen memicu terjadinya reaksi kimia apabila terjadi kontak dengan partikel tanah. Reaksi kimia yang terjadi antara Kalsium Hidroksida dalam semen dan Silika serta Alumina sebagai mineral lempung yang terdapat dalam tanah menyebabkan perubahan pada struktur tanah dalam jangka waktu singkat. Perubahan yang terjadi adalah terjadinya flokulasi, yakni penggumpalan partikel tanah karena reaksi kimia yang terjadi antara partikel tanah dan partikel zat lainnya. Reaksi kimia tersebut menyebabkan senyawa pengikat mengikat partikel-partikel tanah, sehingga terjadi pengakuan atau pengerasan pada tanah untuk jangka waktu yang lama.

Durabilitas tanah dipengaruhi oleh kadar semen yang ditambahkan, yang memungkinkan meningkatnya nilai pH dari campuran tersebut dan menstimulasi reaksi *pozzolanic*, sebagai hasil dari pengeraman tanah dengan campuran semen, menciptakan ikatan semen yang memberikan kekakuan dan ketahanan lebih pada tanah. Semakin kecil jumlah berat kering yang hilang selama pengujian durabilitas tanah mengindikasikan bahwa tanah tertabilisasi semen memiliki durabilitas yang lebih baik.