

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### 2.1. Tinjauan Pustaka

Tanah merupakan material yang terdiri dari butiran mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut (Andriani dkk., 2012). Tanah yang digunakan sebagai lapisan tanah dasar pada konstruksi jalan harus mampu menahan geseran, lendutan berlebihan yang menyebabkan retaknya lapisan di atasnya dan mencegah deformasi permanen yang berlebihan akibat memadatnya material penyusun (Hardiyatmo, 2017). Terdapat beberapa jenis tanah di sekitar Jalan Tol Ungaran- Bawen salah satunya adalah *siltstone*. *Siltstone* merupakan salah satu jenis batuan sedimen dengan ukuran butir lebih kecil dari pasir tetapi lebih besar dari tanah lempung. *Siltstone* merupakan salah satu jenis *mudrock*. *Siltstone* mempunyai ukuran partikel  $> 0,01$  mm, mengandung  $> 40\%$  kuarsa, dan memiliki nilai  $I_d$  rendah ( $< 50\%$ ) sampai tinggi ( $> 85\%$ ). *Siltstone* merupakan jenis batuan yang mempunyai warna coklat terang dan terdiri dari banyak lapisan dalam satu bongkahan (Rawas dkk., 2000). *Siltstone* mempunyai kesamaan sifat-sifat dengan *clay shale*. *Clay shale* merupakan batuan lempung dimana jenis batuan sedimen yang sering dijumpai dalam struktur tanah di Indonesia khususnya di Hambalang, Kabupaten Bogor, Jawa Barat, serta pada jalur Jalan Tol Semarang-Bawen, Jawa Tengah dan daerah lain di Indonesia. Tanah jenis ini memiliki kekuatan geser yang tinggi, akan tetapi kuat gesernya akan cepat menurun apabila berhubungan dengan atmosfer atau hidrosfer yang banyak mengandung oksigen dan hidrogen. Hal tersebut akan membuat tanah mengalami pelapukan (Alatas, 2017).

Pengujian sifat indek dan *modified slake durability* suatu tanah dilakukan untuk mengetahui apakah tanah tersebut memiliki daya dukung yang baik sebagai lapisan dasar dalam suatu konstruksi jalan. Pengujian sifat indek tanah yang dilakukan terdiri dari pengujian berat jenis, *atterberg limit*, dan gradasi butir tanah. Pengujian *modified slake durability* dapat digunakan untuk mengetahui

seberapa besar pelapukan yang terjadi dalam waktu tertentu dengan menggunakan siklus pembasahan dan pengeringan dengan adanya bahan tambah semen. Sehingga dapat diketahui daya tahan suatu tanah akibat adanya siklus pembasahan dan pengeringan. Pengujian sifat indek dan *modified slake durability* dengan semen pada penelitian ini menggunakan nilai OMC dan MDD tanah asli.s

### **2.2.1. Stabilisasi Tanah dengan Semen**

Stabilisasi tanah merupakan salah satu upaya untuk memperbaiki karakteristik pada tanah bermasalah. Salah satu metode untuk meningkatkan daya dukung tanah adalah dengan cara stabilisasi tanah menggunakan semen. Pencampuran tanah dengan semen di lapangan dapat menurunkan kompresibilitas dan meningkatkan kekuatan tanah (Sari dkk., 2017). Tanah bersemen biasanya digunakan untuk memperbaiki struktur fondasi, perbaikan ruang bawah tanah, perbaikan pada perkerasan kaku dan perkerasan lentur jalan raya, perbaikan trotoar landasan udara, perlindungan kemiringan tanggul, perlindungan aliran sungai, sebagai lapisan tahan air, pengontrol struktur, dan memperbaiki lapisan reservoir. Menurut lembaga beton Amerika, semen digunakan sebagai campuran tanah yang dihancurkan untuk memperoleh nilai kepadatan yang diinginkan. Tanah bersemen dapat didefinisikan sebagai material yang diproduksi dengan cara mencampur, memadatkan, dan perawatan campuran tanah, semen *Portland*, atau campuran *pozzolan* dan air untuk membentuk material keras dengan sifat tertentu. Stabilisasi pada tanah ekspansif dengan bahan tambah seperti semen, *lime*, abu terbang, limbah industri, dan bahan lainnya dapat memperbaiki sifat tanah yang mempunyai kadar air tinggi dan daya dukung rendah, sehingga tanah dapat digunakan untuk proyek konstruksi. Peran semen hidraulik seperti *Portland* adalah untuk mengikat partikel tanah, meningkatkan kepadatan dan mengurangi rongga, dan meningkatkan sifat tanah seperti kuat tekan bebas, modulus elastisitas, kompresibilitas, permeabilitas, kerentanan terhadap es dan kepekaan terhadap perubahan kadar air (Sarkar dkk., 2012).

Semen merupakan material yang mempunyai sifat-sifat adhesif dan kohesif sebagai perekat yang mengikat fragmen-fragmen mineral menjadi satu kesatuan yang kompak. Terdapat dua jenis semen yaitu semen hidrolis dan non-hidrolis. Semen hidrolis adalah suatu bahan pengikat yang mengeras saat bereaksi

dengan air dan menghasilkan produk yang tahan air. Semen *Portland* merupakan salah satu jenis semen hidrolis (Andriani dkk., 2012). Semen *Portland* adalah salah satu dari bahan yang banyak digunakan untuk stabilisasi tanah sejak tahun 1917. Campuran tanah-semen telah banyak digunakan dalam berbagai proyek, terutama dalam pekerjaan jalan raya dan lapangan terbang. Unsur utama pembentuk semen adalah kalsium oksida, silikat, dan aluminat yang membentuk seperti pasta pengikat ketika terhidrasi. Semen *Portland* akan menjadi media perekat bila bereaksi dengan air. Media perekat ini kemudian akan memadat dan membentuk massa yang keras. Reaksi pembentukan media perekat ini disebut hidrasi. Semen *Portland* tipe I biasanya digunakan untuk bangunan-bangunan pada umumnya, karena tidak memiliki persyaratan khusus. Kalsium silikat ( $C_3S$  dan  $C_2S$ ) merupakan unsur yang paling banyak, yaitu mencapai 70-80% dari semen, sehingga merupakan unsur yang berpengaruh besar pada sifat semen. Bila semen terkena air,  $C_3S$  segera terhidrasi dan menghasilkan panas. Selain itu,  $C_3S$  juga berpengaruh pada kecepatan pengerasan semen, terutama sebelum mencapai umur 14 hari. Semen *Portland*-biasa terdiri dari 45% trikalsium silikat ( $C_3S$ ) dan 27% dikalsium silikat ( $C_2S$ ) (Hardiyatmo, 2017). Secara umum reaksi yang terjadi pada tanah-semen (hidrasi dan *pozzolanic*) meningkatkan sifat teknik tanah dengan cara menghasilkan material sementasi primer dan sekunder. Reaksi hidrasi terjadi secara cepat dan menghasilkan tiga jenis material sementasi primer yaitu hidrasi kalsium-silikat (CSH) dalam bentuk ( $C_2SH_x$ ,  $C_3S_2H_x$ ), hidrasi kalsium aluminat (CAH) dalam bentuk ( $C_3AH_x$ ,  $C_4AH_x$ ), dan hidrasi *lime*  $Ca(OH)_2$  (Jabban dkk., 2017).

Sifat campuran tanah-semen bergantung pada banyaknya semen dan tingkat kepadatan. Pemadatan merupakan hal yang penting, tidak hanya pada derajat kepadatan, tapi juga ketepatan waktu. Pemadatan yang dilakukan setelah terjadi hidrasi semen hasilnya tidak optimal. Sifat-sifat tanah asli semakin berubah dengan naiknya kadar semen. Jika kadar semen bertambah, maka akan menghasilkan kenaikan kekuatan, kenaikan daya tahan terhadap siklus basah-kering dan beku-cair. Pencampuran tanah-semen umumnya dilakukan dengan kadar semen antara 5 – 15% dari berat keringnya. Sifat campuran tanah-semen

dipengaruhi beberapa faktor seperti jenis tanah, kadar semen, pemadatan, waktu pemeraman, dan cara pencampuran (Hardiyatmo, 2017).

Di Algeria, perlakuan tanah dengan bahan tambah semen merupakan teknik terbaru yang digunakan dalam pembangunan jalan yang dianggap sebagai salah satu teknik penting untuk menggunakan kembali tanah yang mempunyai sifat yang kurang baik. Penelitian dilakukan di beberapa tempat di Algeria termasuk penelitian jenis tanah yang akan digunakan untuk membuat basis data untuk pembuatan jalan di masa yang akan datang (Djelloul dkk., 2017).

## 2.2. Dasar Teori

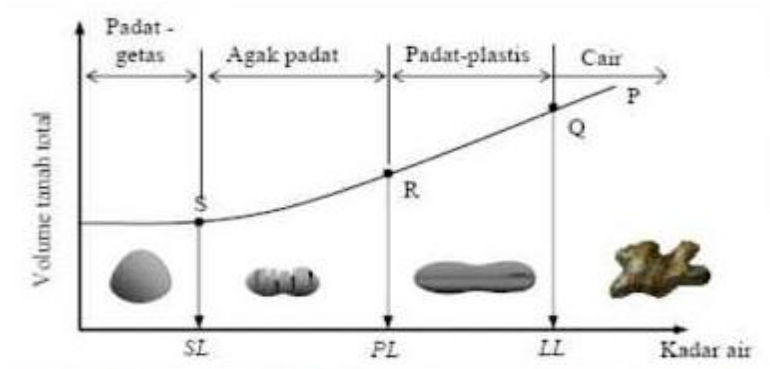
### 2.2.1. Berat Jenis, *Atterberg Limit*, dan Gradasi Butir Tanah

Berat jenis merupakan nilai yang tidak memiliki satuan (*non-dimensional value*). 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 (Muntohar, 2012). Acuan yang digunakan pada pengujian berat jenis adalah berdasarkan ASTM D854-10. Beberapa nilai berat jenis untuk tipikal tanah dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Nilai berat jenis untuk tipikal tanah (Muntohar, 2012)

Jenis Tanah	Berat Jenis, <i>G<sub>s</sub></i>
Kerikil	2,65 – 2,68
Pasir	2,65 – 2,68
Lanau	2,66 – 2,70
Lempung	2,68 – 2,80
Gambut	1, 25 – 1, 80

*Atterberg limit* terdiri dari pengujian batas cair (*Liquid Limit*), batas plastis (*Plastic Limit*), dan batas susut (*Shrinkage Limit*) pada suatu tanah. Acuan yang digunakan untuk pengujian *atterberg limit* adalah ASTM D4318-10 dan ASTM D4943-08. 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.

Pengujian gradasi butir tanah bertujuan untuk menentukan distribusi ukuran butir dan menggambarkan kurva gradasi butir tanah. Acuan yang digunakan pada pengujian gradasi butir tanah adalah ASTM D6913-09 (2009). Pengujian gradasi butir tanah menggunakan dua analisis, yaitu analisis saringan dan analisis *hydrometer*. Metode *hydrometer* menganalisis ukuran butir tanah lolos saringan No 200 ke bawah sedangkan metode saringan menganalisis ukuran butir tanah tertahan No. 200 ke atas. Parameter pada pengujian ini yaitu berupa 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.

### 1.2.2. Pematatan

Pematatan adalah suatu proses memadatnya partikel tanah sehingga terjadi pengurangan volume udara dan volume air dengan cara mekanis. Di lapangan, usaha pematatan dihubungkan dengan jumlah gilasan dari mesin gilasan atau hal

lain yang prinsipnya sama untuk suatu volume tanah tertentu. Di laboratorium, pemadatan didapat dari tumbukan. Selama pemadatan palu dijatuhkan dari ketinggian tertentu beberapa kali pada beberapa lapisan tanah dalam suatu cetakan. Beberapa keuntungan yang didapatkan dengan adanya pemadatan adalah seperti memperkecil pengaruh air terhadap tanah, menambah kekuatan tanah, mengurangi perubahan volume akibat perubahan kadar air, dan memperkecil pemampatan dan daya rembes air (Andriani dkk., 2012).

Pemadatan termasuk stabilisasi tanah secara mekanis. Setelah dipadatkan, susunan partikel-partikel tanah menjadi lebih padat, sehingga mempunyai sifat-sifat teknis yang lebih baik dari sebelumnya. Dalam pembangunan proyek-proyek jalan raya, gedung, dan bendungan, pemadatan adalah salah satu pekerjaan yang penting. Kepadatan tanah berpengaruh besar pada kuat geser dan kapasitas dukung tanah. Pada kepadatan tanah tertentu, kapasitas dukung ditentukan oleh kadar airnya. Bila kadar air semakin tinggi, maka kapasitas dukung tanah semakin rendah. Bila tanah semakin padat, maka akan semakin kuat dan berkapasitas dukung tinggi. Jadi kepadatan sangat mempengaruhi sifat-sifat teknis tanah, terutama yang menyangkut sifat kapasitas dukung dan perubahan volume (penurunan) (Hardiyatmo, 2017).

Pengujian pemadatan yang dilakukan adalah berdasarkan ASTM D698-12. Dari pengujian pemadatan diperoleh sebuah kurva hubungan kadar air dan berat volume keringnya. Kurva yang dihasilkan dari pengujian memperlihatkan nilai kadar air yang terbaik ( $w_{opt}$ ) untuk mencapai berat volume kering terbesar atau kepadatan maksimumnya.

### **2.2.2. Slake Durability Test**

Terdapat dua kategori pengujian *slake* yaitu pengujian *slake* dinamis dan statis yang digunakan untuk meneliti penurunan tanah yang terjadi. Pengujian *slake* dinamis diusulkan oleh Franklin dan Chandra (1972) yang diberi nama *slake durability test*. Namun, terdapat beberapa kritik terhadap pengujian *slake durability* karena ketidaksensitifannya pada tanah yang memiliki ukuran rata-rata lebih kasar ( 2 mm) setelah terjadi degradasi. Secara umum pengujian *slake* statis merupakan pengujian yang sederhana dan dapat diandalkan ketika standard

pengujian *slake durability* tidak diizinkan, khususnya untuk jenis batuan medium dan batuan sangat rendah (Sadisun dkk., 2005).

Pengujian *slake durability* biasanya digunakan untuk menentukan karakteristik disintegrasi batuan lempung pada permasalahan geoteknik. *Slake durability* merupakan salah satu pengujian yang penting pada tanah. Tujuan dari pengujian *slake durability* adalah untuk memperoleh nilai indeks yang berhubungan dengan resistensi batuan terhadap degradasi ketika digunakan dua siklus standar yaitu pengeringan dan pembasahan. Pengujian *slake durability index* (SDI) pertama kali dikembangkan untuk jenis tanah *shale*. Pengujian *slake durability* disarankan sebagai pengujian standar pada tanah. Pengujian *slake durability index* (SDI) dapat dipertimbangkan sebagai salah satu pengujian yang paling penting pada tanah *shale*, batuan lempung, dan sejenisnya. Hasil dari pengujian *slake durability index* (SDI) dipengaruhi beberapa faktor seperti porositas dan permeabilitas tanah yang diuji, jenis alat pengujian, kondisi penyimpanan sampel, jumlah siklus pembasahan dan pengeringan, ukuran dan berat sampel uji, dan bentuk sampel uji (Ankara dkk., 2016). Siklus pengeringan dan pembasahan pertama kali dikembangkan oleh Franklin dan Chandra (1972) dan distandarisasi oleh *American Society for Testing and Materials* (ASTM D4644-08) dengan mengevaluasi ketahanan tanah dalam istilah *slake durability index* (SDI). Tanah *shale* mengandung jenis mineral lempung yang berbeda, sehingga mempengaruhi terjadinya perubahan volume ketika mengalami siklus pembasahan dan pengeringan. *Slaking index* didefinisikan sebagai kerusakan dari ukuran tanah yang besar (>2-5 mm) menjadi ukuran yang lebih kecil (< 0,25 mm) ketika direndam dalam air atau sebagai pengembangan tanah yang mengandung mineral lempung ketika mengalami kontak dengan air. *Slake durability index* (SDI) diperkirakan sebagai prosentase rasio berat akhir terhadap berat awal dari setiap benda uji (Celestine dkk., 2016). Prosedur untuk melakukan uji *durability* yang disarankan oleh *Portland Cement Association* ini dilakukan dengan cara membuat benda uji campuran tanah-semen yang berbentuk silinder (Hardiyatmo, 2017). Pengujian *slake durability* telah lama digunakan untuk identifikasi ketahanan tanah dan sensitivitas air pada tanah sebagai persyaratan teknik. Pengujian ini telah di terima dan distandarisasi oleh *American Society for Testing*

and Materials (ASTM) pada tahun 1987 (ASTM D4644), dan termasuk bagian dari metode yang disarankan oleh *International Society for Rocks Mechanics* (ISRM). Banyak penelitian yang berhubungan dengan ketahanan tanah dan pengaruh cuaca sudah dilakukan, upaya untuk meneliti efek ukuran fragmen tanah yang diuji belum pernah dilaporkan (Walsri dkk., 2012). Untuk memperoleh nilai *slake durability index* dapat dihitung dengan persamaan 2.1 dan 2.2.

$$I_d = \frac{W_{x'} - B}{W_x - B} \times 100 \quad (2.1)$$

$$I_s = \frac{W_x - W_{x'}}{W_x - B} \times 100 \quad (2.2)$$

Dimana,

$I_d$  = *slake durability index* (%)

$I_s$  = *slake durability index* (%)

$W_{x'}$  = berat mangkok + tanah kering oven pada kondisi akhir (g)

$W_x$  = berat mangkok + tanah kering oven pada kondisi awal siklus 1 (g)

$B$  = berat mangkok (g)

Dari hasil nilai *slake durability index* yang diperoleh kemudian diklasifikasikan berdasarkan ketahanannya seperti pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Klasifikasi ketahanan tanah berdasarkan nilai  $I_d$  (Franklin, 1972)

$I_d$ (%)	Klasifikasi
0-25	Very low
25-50	Low
50-75	Medium
75-90	High
90-95	Very high
95-100	Extremely high