

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

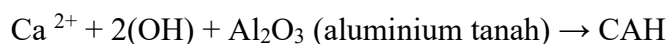
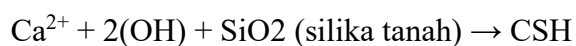
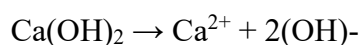
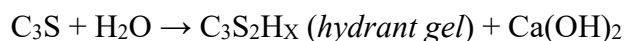
Tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut (Andriyani dkk., 2012). Salah satu masalah pada pekerjaan konstruksi jalan adalah masalah tanah sebagai dasar konstruksi tersebut, khususnya pada tanah-tanah lunak (Alhadar dkk., 2014). Abdullah (2011) menyatakan bahwa tanah yang stabil adalah tanah yang mampu menerima beban secara terus – menerus dan tidak terjadi kerusakan/keruntuhan seperti pada tanah untuk konstruksi jalan, landasan pacu, bendungan, dan bangunan lainnya. Indonesia merupakan salah satu negara dengan gunung api terbanyak akibatnya terbentuklah berbagai jenis tanah dari proses pengendapan dan pelapukan. Salah satu dari jenis tanah yang ada adalah *shale* (Agung dkk., 2015) *shale* berbentuk batuan sedimen berbutir halus yang terbentuk dari kelompok lempung akibat adanya tekanan. Agung dkk. (2015) juga menyebutkan bahwa *shale* sangat keras namun apabila sudah terbuka (*exposes*) terkena matahari, air, dan udara dalam jangka waktu yang tidak lama perilaku *shale* akan berubah menjadi *soft clay* (*mud*).

Salah satu pengujian yang bisa menentukan kekuatan suatu tanah khususnya tanah dasar konstruksi jalan adalah pengujian CBR (*California Bearing Ratio*) dan pengujian sifat indek tanah. Norhadi dkk. (2017) menyebutkan harga CBR adalah nilai yang menyatakan kualitas tanah dibandingkan bahan standar yang nilai CBR 100%. Patel dan Desai (2010) menyatakan CBR merupakan salah satu metode yang umum digunakan untuk menilai modulus kekakuan dan kekuatan geser dari tanah dasar dalam desain perkerasan jalan. Patel dan Desai (2010) juga menyebutkan jenis tanah bukan satu-satunya parameter yang mempengaruhi nilai CBR akan tetapi sangat bervariasi yaitu dari sifat tanah itu sendiri.

2.1.1. Penelitian Terdahulu tentang Stabilisasi Tanah dengan Semen

Wardani dan Muntohar (2018) menyatakan bahwa tanah-semen (*soil-cement*) adalah campuran bahan tanah dan atau agregat yang dilumatkan, sejumlah semen, dan air yang dipadatkan pada kepadatan tinggi. Semen ditambahkan untuk menghasilkan bahan yang keras (*hardened material*) dengan kekuatan dan durabilitas yang baik sebagai lapis fondasi atas pada perkerasan kaku seperti halnya area parkir, bandara, jalan perumahan, dan lain sebagainya. Shooshpasha dan Shivarni (2015) menjelaskan bahwa penambahan semen pada tanah bermasalah dapat meningkatkan parameter tanah, mengurangi pergerakan dan mengubah perilaku tanah menjadi tanah yang tidak rapuh. Penelitian Bayat dkk. (2013) menerangkan bahwa penambahan semen dan kapur sangat mempengaruhi kadar air optimal (OMC), berat kering maksimum (MDD), dan indeks plastisitas tanah. Gharib dkk. (2012) dalam penelitiannya menyebutkan pada stabilisasi tanah dengan semen, porposi semen setiap tanah bergantung pada sifat indeks plastisitas tanah tersebut.

Lea (1956) dalam Wardani dan Muntohar (2018) menjelaskan bahwa komponen semen Portland adalah tricalcium silikat (C_3S), dicalcium silikat (C_2S), trikalsium aluminat (C_3A), dan tetracalcium alumino-ferrite (C_4A). Keempat komponen tersebut merupakan komponen penghasil kekuatan utama. Muntohar dan Wardani (2018) menambahkan partikel semen mengikat butiran semen yang berdekatan selama proses pengerasan, proses hidrasi semen juga sangat mempengaruhi proses pengerasan.



Jaritgam dkk. (2014) dalam Wardani dan Muntohar (2018) menyebutkan dalam proses stabilisasi semen terjadi 3 reaksi yaitu hidrasi semen, pertukaran kation, dan reaksi *pozzolanic*-karbonasi. Reaksi *pozzolanik* menjadikan semen dan bahan campurannya mengeras sehingga dapat meningkatkan kekuatan bahan campur tersebut akibat dari air yang sukar masuk kedalam tanah.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Tanah *Clayshale*

Tanah *clayshale* merupakan salah satu kelompok batuan sedimen berbutir halus, karakteristik dari *shale* adalah sangat keras namun apabila sudah terbuka terkena air dan udara maka akan berubah menjadi *soft clay (mud)* dalam waktu yang singkat sehingga daya dukung tanah menurun (Agung dkk., 2015). Gartung (1986) dalam Alatas dan Simatupang (2017) menyatakan tanah *clayshale* memiliki kuat geser yang tinggi akan tetapi kuat geser tanah jenis ini akan menurun apabila berhubungan dengan atmosfer dan hidrosfer yang memiliki kandungan oksigen dan hidrogen. Alatas dkk. (2016) menyebutkan mineral lempung yang terkandung dalam *clay shale* diantaranya adalah *smectite, illite, kaolinite, dan chlorite*. Alatas dkk. (2016) menerangkan *clay shale* terbentuk dari pelapukan batuan (*rocks*). Pelapukan kering basah relatif lebih cepat membuat tanah *clay shale* menjadi lapuk dibanding dengan pelapukan kering atau secara alamiah.

2.2.2. Pemadatan Tanah

ASTM (2012a) dalam standar D1557 menyebutkan pada umumnya tujuan dari pengujian pemadatan adalah untuk mencari nilai berat tanah kering maksimum (MDD) yang terdistribusi dengan baik. BSN (2008) dalam standar SNI 1734 tentang cara uji kepadatan tanah menjelaskan bahwa tujuan dari pemadatan tanah adalah untuk menentukan kadar air optimum dan kepadatan tanah kering maksimum. Das (1995) dalam Abdullah (2011) menjelaskan pemadatan bertujuan untuk mempertinggi kepadatan tanah dengan energi mekanis sehingga partikel tanah memampat. Pemadatan dapat dikerjakan dengan awalan pengeringan, penambahan air, agregat (butir-butir) dan bahan stabilisasi seperti : semen, gamping, abu batu bara, atau bahan lainnya. Proctor (1993) dalam Abdullah (2011) menyebutkan bahwa terdapat satu nilai kadar air optimum tertentu untuk mencapai berat kering maksimum. Penentuan berat volume tanah kering dijelaskan pada Persamaan 2.1.

$$\gamma d = \frac{\gamma b}{1 + w} \dots\dots\dots(2.1)$$

dengan,

γ_d = berat volume kering tanah (kN/m^3)

γ_b = berat volume basah tanah (kN/m^3)

w = kadar air (%)

2.2.3. Proses Pemeraman (*Curing*)

Variasi pemeraman pada umumnya dilakukan dalam jangka waktu 0 hari, 7 hari, 14 hari, 28 hari, 56 hari, dan kelipatannya. Pandiangan dkk. (2016) menerangkan bahwa seiring dengan bertambahnya waktu pemeraman maka kekuatan tanah juga akan meningkat, dikarenakan bertambahnya waktu ikat antara tanah dengan bahan tambah/stabilisasi. Jafri dkk. (2014) menyebutkan semakin lama waktu pemeraman maka kadar air tanah semakin berkurang. Wardani dan Muntohar (2018) menjelaskan *Portland Cement Association* (PCA) mengembangkan persyaratan untuk tanah dengan klasifikasi AASHTO A-1 sampai A-7, dalam penggunaan uji tekan waktu pemeramannya bisa lebih cepat yaitu 7 hari dibandingkan dengan uji durabilitas yaitu 30 hari.

2.2.4. Pengembangan (*Swelling*)

Pengujian CBR dilakukan dalam keadaan terekstrim, dilakukan untuk mengetahui kondisi tanah lapangan dalam keadaan hujan/terendam air (*soaked*). Ilyas dkk. (2008) menjelaskan bahwa potensi pengembangan (*swelling*) dipengaruhi oleh masa pemeraman (*curing*) tanah. Jafri dkk. (2014) menyebutkan bahwa hubungan antara potensi pengembangan (*swelling*) berbanding lurus dengan indeks plastisitas (PI), sehingga jika nilai indeks plastisitas (PI) tanah tinggi maka potensi pengembangan (*swelling*) tanah juga akan semakin tinggi pula begitu pun sebaliknya. Iqbal dkk. (2014) menerangkan bahwa besarnya potensi pengembangan (*swelling*) dipengaruhi oleh besarnya kandungan lempung didalam tanah, semakin besar kandungan lempung maka potensi pengembangannya akan semakin besar pula. Menurut Widianti (2009), reaksi pozzolanik antara tanah dengan bahan tambah yang mengandung bahan pozzolan dapat menurunkan potensi pengembangan (*swelling*) tanah. Pada umumnya perhitungan besarnya pengembangan (*swelling*) pada tanah dapat menggunakan Persamaan 2.2 berikut ini :

$$S = \frac{\delta}{H_0} \times 100 \dots\dots\dots(2.2)$$

dengan,

- S : *Swelling* tanah (%)
- δ : Deformasi benda uji (mm)
- H₀ : Tinggi benda uji awal (mm)

Hasil dari persamaan tersebut kemudian diplotkan menjadi kurva hubungan laju *swelling* (S) dengan waktu (t).

2.2.5. Batas-Batas Konsistensi Tanah (*Atterberg Limit*), Berat Jenis, dan Ukuran Butiran Tanah

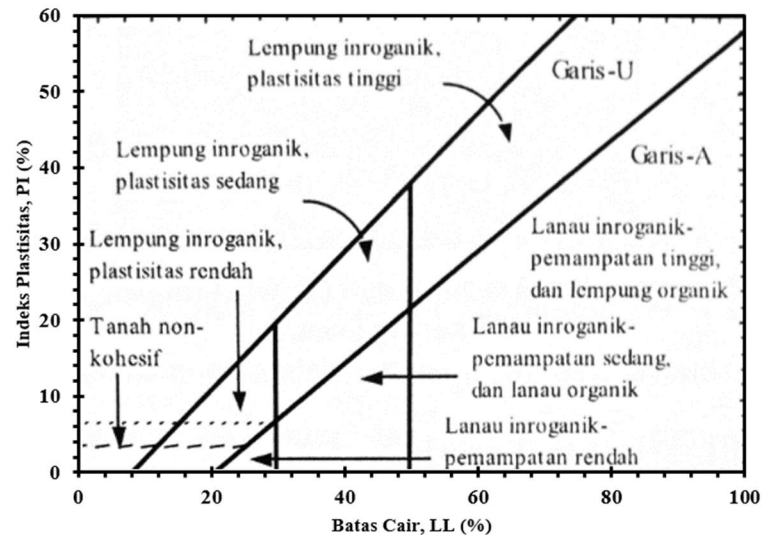
Pengujian batas-batas konsistensi tanah meliputi pengujian batas cair (*liquid limit*), batas plastis (*plastic limit*), dan batas susut (*shrinkage limit*). Menurut Muntohar (2014a) berat jenis adalah sebagai perbandingan antara berat volume butiran tanah (γ_s) dan berat volume air (γ_w) pada temperatur 4°C. Muntohar (2104a) menambahkan nilai berat jenis tanah sangat bervariasi tergantung jenis material penyusunnya. Jenis tanah berdasarkan distribusi berat jenisnya dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Nilai Berat Jenis untuk Tipikal Tanah (Muntohar, 2014a)

Jenis Tanah	Berat Jenis, G _s
Kerikil	2,65 – 2,68
Pasir	2,65 – 2,68
Lanau	2,66 – 2,7
Lempung	2,68 – 2,8
Gambut	1,25 – 1,80

Metode Casagrande adalah metode paling umum digunakan dalam menentukan sifat fisik tanah. Muntohar (2014a) menyebutkan alat Casagrande terdiri atas cawan (*bowl*) dan bantalan karet yang keras (*rubber base*). Muntohar (2014a) menyebutkan pasta tanah kemudian dimasukkan ke dalam cawan (*bowl*) kemudian diratakan dan dibagi menjadi 2 dengan alat pembuat alur (*grooving tool*) sepanjang 12,7 mm (0,5 in) kemudian dijatuhkan setinggi 10 mm 2 putaran per detik. Kadar air pada putaran/pukulan ke 25 yang menyebabkan tertutupnya celah sepanjang 12,7 mm kemudian disebut sebagai batas cair tanah (Muntohar, 2014a). Menurut Muntohar (2014a) batas plastis didefinisikan sebagai kadar air

yang mana tanah mengalami retak-retak bila digulung dengan jari-jari tangan menjadi diameter ± 3 mm. Batas susut didefinisikan sebagai kadar air yang mana masa tanah tidak mengalami perubahan volume bila kadar air berkurang (Muntohar, 2014a). Indeks plastisitas (PI) didefinisikan sebagai nilai hasil pengurangan antara nilai batas cair (LL) dengan nilai batas plastis (PL). Jenis tanah dapat ditentukan dari Gambar 2.1.



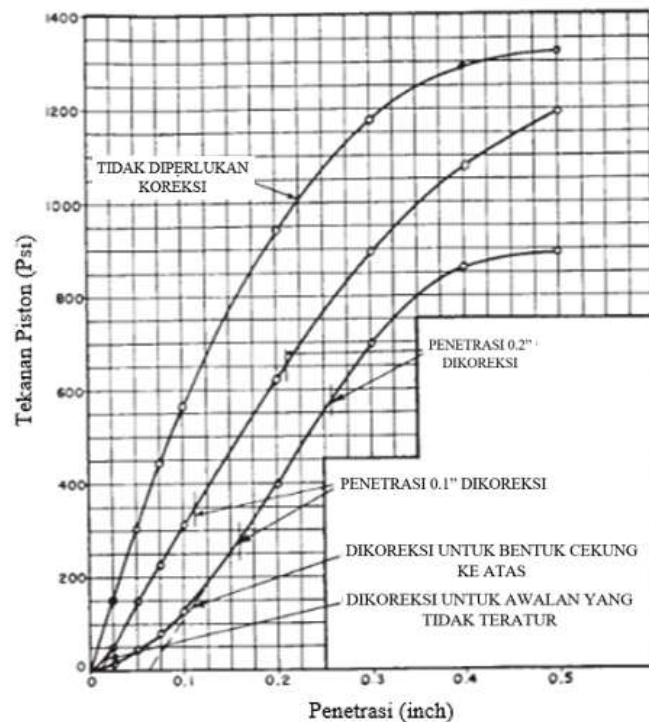
Gambar 2.1. Diagram Plastisitas Casagrande (Muntohar, 2014a)

Pengelompokan ukuran butiran tanah dibagi menjadi 2 butiran tanah yaitu tanah berbutir kasar dan tanah berbutir halus. Menurut Muntohar (2014a) ada dua metode dalam analisis ukuran partikel tanah, yaitu analisis saringan (*sieve analysis*) untuk tanah berbutir kasar dan analisis pengendapan (*sedimentation* atau *hydrometer analysis*) untuk tanah berbutir halus. Hasil analisis ukuran butiran kemudian menghasilkan kurva distribusi butiran tanah dalam skala log. Klasifikasi USCS (*Unified Soil Classification System*) dalam Muntohar (2014a) membagi klasifikasi tanah menjadi dua kategori yaitu

- a. Tanah berbutir kasar (*coarse-grained soils*) yang terdiri atas kerikil dan pasir yang mana kurang dari 50% tanah yang lolos saringan No. 200 ($F_{200} < 50$).
- b. Tanah berbutir halus (*fine-grained soils*) yang mana lebih dari 50% tanah lolos saringan No. 200 ($F_{200} \geq 50$).

2.2.6. CBR (*California Bearing Ratio*) Laboratorium

Menurut Sukirman (1999) dalam Iqbal dkk. (2014) CBR didefinisikan sebagai nilai perbandingan antara beban yang dibutuhkan untuk penetrasi contoh tanah sebesar 0,1”/0,2” dengan beban yang ditahan batu pecah standar pada penetrasi 0,1”/0,2”. Menurut Andriyani dkk. (2012) definisi CBR (*California Bearing Ratio*) adalah suatu perbandingan antara beban percobaan (*test load*) dengan beban standar (*standar load*) dan dinyatakan dalam persen. Iqbal dkk. (2014) menerangkan bahwa CBR dengan rendaman (*soaked*) bertujuan untuk mendapatkan nilai CBR dalam keadaan jenuh air dan tanah mengalami pengembangan (*swelling*) yang maksimum sedangkan CBR tanpa rendaman (*unsoaked*) digunakan bertujuan untuk mendapatkan nilai CBR pada keadaan kepadatan maksimum dengan kadar air yang telah ditentukan. Menurut Pandiangan dkk. (2016) harga CBR didefinisikan sebagai nilai yang menyatakan kualitas tanah dasar dibanding dengan bahan standar berupa batu pecah yang mempunyai nilai CBR 100% dalam memikul beban.



Gambar 2.2. Kurva dan Koreksi CBR (ASTM, 1999)

Nilai CBR diperoleh dari pembacaan penetrasi pada 0,1” dan 0,2”. Hasil pembacaan CBR kemudian diplotkan menjadi kurva hubungan antara beban

penetrasi (psi) dan kedalaman penetrasi (inch) kemudian diperoleh nilai $CBR_{0,1''}$ dan $CBR_{0,2''}$. Kurva yang diperoleh tidak selalu sesuai dengan rujukan ASTM (1999) dalam standar D1883 dijelaskan dalam Gambar 2.2 kemudian dikoreksi sesuai dengan standar tersebut. Cara koreksi dengan meluruskan kurva yang berawal kurang sesuai sehingga membentuk kurva yang lurus kemudian geser titik penetrasi 0 ke garis koreksi sehingga nanti kurva akan bergeser sesuai garis koreksi.

Penentuan nilai CBR pada umumnya menggunakan persamaan 2.3 dan 2.4 berikut ini :

$$CBR_{0,1''} = \left(\frac{P_{0,1''}}{1000} \right) \times 100 \dots\dots\dots(2.3)$$

$$CBR_{0,2''} = \left(\frac{P_{0,2''}}{1500} \right) \times 100 \dots\dots\dots(2.4)$$

dengan,

$CBR_{0,1''}$ = Nilai CBR pada penetrasi 0,1 inch atau 2,54 mm

$CBR_{0,2''}$ = Nilai CBR pada penetrasi 0,2 inch atau 5,08 mm

Nilai CBR yang umum digunakan adalah nilai $CBR_{0,1''}$. Jika nilai $CBR_{0,2''}$ lebih besar dari nilai $CBR_{0,1''}$ maka perlu dilakukan pengujian ulang, namun apabila nilai $CBR_{0,2''}$ tetap lebih besar maka nilai $CBR_{0,2''}$ dapat dipergunakan sebagai nilai CBR tanah.

ASTM (1999) dalam standar D1883 menjelaskan terdapat 3 variasi energi penumbukan yaitu 10x, 25x, dan 56x tumbukan. Penelitian Respati dkk. (2012) dan Putra & Budiman (2013) menggunakan jumlah tumbukan 10x, 25x, dan 56x sebagai variasi energi penumbukan. Variasi energi pemadatan tersebut digunakan untuk mencari nilai CBR masing-masing jumlah energi penumbukan.

Menurut Ilyas dkk. (2008) peningkatan nilai CBR dikarenakan lamanya waktu peram tanah sehingga pori-pori tanah terisi dengan partikel-partikel semen. Pandiangan dkk. (2016) menambahkan peningkatan nilai CBR diakibatkan penambahan semen yang mengurai air di sekitar tanah sehingga terjadi *absorsi* air dan pertukaran ion oleh semen menjadi lebih efektif dan cepat sehingga meningkatkan kohesi antar butiran tanah.

2.2.7. Metode Campuran *Spray* dan *Dry*

Metode campuran basah dan kering memiliki perbedaan pada cara mencampurkan tanah dan semen. Metode campuran basah yaitu mencampurkan tanah dengan air dan ditambahkan pasta semen atau semen yang sudah dicampurkan air sesuai ketentuan dengan cara disemprotkan pada tanah (*spray*). Metode campuran kering yaitu mencampurkan tanah, semen, dan air dalam satu waktu pada sebuah wadah/*mixer*. Ardana (2008) pada penelitiannya membuat benda uji dengan mencampurkan tanah lempung kaolinite dengan bahan tambah Bentonite sampai pada kondisi *slurry*. Hakim dkk. (2015) menjelaskan salah satu metode pencampuran dan stabilisasi *in-situ* tanah adalah *Deep Soil Mixing* (DSM), dimana bahan tambah dalam bentuk kering maupun basah dimasukkan kedalam tanah dengan alat bantu mesin bor/*mixer*. Kosche (2004) dalam Hakim dkk. (2015) mengatakan bahwa metode DSM berguna untuk mengurangi penurunan dan atau meningkatkan stabilitas tanah. Pakbaz dan Farzi (2014) menyebutkan bahwa metode pencampuran kering (*dry*) memiliki modulus elastisitas yang cenderung lebih tinggi dari pada metode pencampuran basah (*wet*). Penelitian Dixon dkk. (2013) menyatakan bahwa stabilisasi semen dengan metode *slurry mix* menghasilkan nilai kuat tekan yang lebih rendah dibandingkan dengan metode *dry mix*.