BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Tanah Dasar

Tanah dasar (*subgrade*) adalah bagian terbawah suatu konstruksi perkerasan yang dibuat secara berlapis-lapis seperti yang biasa dipergunakan dalam konstruksi jalan raya (Soekoto, I. 1984).

Karakteristik tanah dasar (*subgrade*) akan banyak berpengaruh terhadap lapisan perkerasan diatasnya, karena itulah mempersiapkan tanah dasar (*subgrade*) merupakan suatu pekerjaan yang bersifat fundamental bagi pembuatan konstruksi jalan raya.

Kekuatan dan keawetan dari konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar. Dapat dimaklumi bahwa penentuan daya dukung tanah dasar berdasarkan evaluasi test-test laboratorium tidak dapat mencakup secara detail sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar tempat demi tempat tertentu sepanjang suatu bagian jalan. Koreksi-koreksi perlu dilakukan baik dalam tahap perencanaan detail maupun dalam pelaksanaan disesuaikan dengan kondisi setempat. Koreksi-koreksi semacam itu akan diberikan pada gambar rencana atau telah tersebut dalam spesifikasi pelaksanaan.

Persoalan yang menyangkut tanah dasar pada umumnya adalah sebagai berikut:

1. Perubahan bentuk tetap (*deformasi permanen*) dari macam tanah tertentu akibat beban lalu lintas sehubungan dengan sifat visco-elastis.
2. Sifat mengembang dari macam tanah tertentu akibat perubahan kadar air.
3. Daya dukung tanah yang tidak merata dan sukar ditentukan secara pasti pada daerah dengan macam tanah yang sangat berbeda sifat dan kedudukannya.
4. Lendutan (*defleksi*) dan pengembangan kenyal yang besar selama dan sesudah pembebanan lalu lintas dan macam tanah tertentu.
5. Tambahan pemadatan akibat pembebanan lalu lintas dan penurunan yang diakibatkannya yaitu pada tanah berbutir kasar (*granular soils*) yang tidak dipadatkan secara baik pada saat pelaksanaan.

Untuk sedapat mungkin mencegah timbulnya persoalan diatas maka beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain :

1. Tanah dasar berkohesi dan dengan Indeks-Plastis sama atau lebih besar dari 25 dilakukan usaha pencampuran dengan kapur (*lime stabilization*), atau bahan lain yang sesuai (ditentukan berdasar penyelidikan laboratorium).
2. Tanah dengan sifat mengembang yang besar, apabila pertimbangan biaya dan pelaksanaan memungkinkan, tanah dengan sifat demikian dibuang dan diganti dengan tanah lain yang lebih baik, apabila tidak, maka perlu diselidiki sifat pengembangan tersebut agar dapat ditentukan langkah - langkah pengamanannya antara lain :

a) Mengusahakan subdrain yang cukup baik dan efektif agar kadar air tanah dasar tetap berada dibawah harga yang dianggap berbahaya (penyelidikan laboratorium) sehubungan dengan sifat mengembang dari tanah tersebut.

b) Memberikan beban statis permukaan (*surcharge*) berupa urugan atau lapisan tambahan dengan tebal tertentu sedemikian sehingga bila diperhitungkan beratnya akan cukup mencegah tanah dasar mengembang melebihi batas-batas yang dianggap berbahaya (ditentukan berdasar percobaan laboratorium).

3. Mengusahakan daya dukung tanah dasar yang merata apabila terjadi perbedaan daya dukung yang mencolok antara tanah dasar yang berdekatan (misalnya perubahan dari tanah lempung ke pasiran/tanah lempung kelanauan ke tanah lempung yang plastis atau juga perubahan dari galian ke urugan), maka harus diusahakan agar perubahan tebal perkerasan berjalan secara miring dan rata.

4. Perbaikan tanah dasar untuk keperluan mendukung beban roda alat-alat besar. Dalam hal ini khusus dimana daya dukung tanah dasar tidak untuk mencukupi untuk lewatnya alat-alat besar, harus diadakan cara-cara yang tepat sesuai dengan kedaan setempat sedemikian agar beban roda alat-alat besar dapat ditahan oleh tanah dasar. Perbaikan tanah dasar ini dapat berupa tambahan lapisan pondasi bawah diluar dari yang diperhitungkan untuk tebal perkerasan yang perlu.

3.2 Stabilisasi Tanah Dasar

Lapisan tanah dasar atau subgrade merupakan lapisan tanah yang paling atas, dimana di atasnya diletakkan lapisan dengan material yang lebih baik. Sifat tanah

dasar ini mempengaruhi ketahanan lapisan di atasnya dan mutu jalan secara keseluruhan.

Untuk meningkatkan daya dukung tanah diperlukan suatu usaha stabilisasi dengan cara pemadatan dan suatu rancangan campuran dengan sejumlah material tertentu atau bahan aditif lainnya yang banyak digunakan. Usaha untuk memperbaiki atau merubah sifat-sifat tanah tersebut dinamakan stabilisasi tanah. Stabilisasi tanah ini dapat berupa penambahan atau penggantian material baru, pemadatan, pemanasan, pendinginan, penambahan bahan kimia, dan mengalirkan arus listrik. Secara garis besar stabilisasi tanah dapat dibagi menjadi tiga bagian, yaitu; stabilisasi mekanik, stabilisasi fisik dan stabilisasi kimia (*Ingels dan Metcalf, 1977*).

3.3 Stabilisasi Kimia

Stabilisasi kimia adalah stabilisasi dengan menggunakan cara penambahan bahan kimia padat atau cair pada tanah sehingga mengakibatkan perubahan sifat-sifat dari tanah tersebut.

Bahan-bahan kimia yang digunakan untuk stabilisasi kimia antara lain :

1. Stabilisasi dengan Semen

   Tanah yang akan distabilisasi dicampur dengan semen dalam jumlah tertentu. Tujuannya adalah untuk menurunkan plastisitas tanah, juga untuk menurunkan potensi kembang susut tanah. Faktor-faktor yang mempengaruhi hal tersebut adalah sebagai berikut :

a) Jenis dan gradasi tanah akan berpengaruh terhadap hasil stabilisasi tanah juga bahan organik di dalam tanah akan menghambat terjadinya proses kimia dari semen setelah dicampur dengan tanah.

b) Jenis dan kadar semen, makin besar persentase semen yang dicampurkan, maka akan diperoleh hasil campuran yang makin stabil dan jenis semen tidak berpengaruh.

c) Kadar air, air yang dipakai harus bebas dari kandungan asam garam serta bahan organik lainnya, karena mempengaruhi proses kimia dari semen setelah dicampur air.

d) Homogenitas campuran, makin homogen campuran tanah dan semen diperoleh hasil yang semakin baik.

e) Kemampatan. Pemampatan campuran semen dengan tanah dilakukan sebelum proses pengerasan terjadi, makin tinggi kemampatan diperoleh makin baik hasilnya.

f) *Curing* adalah suatu proses perawatan dengan cara pemeraman yang dilakukan setelah pemampatan, sehingga proses hidrasi dari semen dapat berjalan dengan baik.

Stabilisasi dengan semen tidak cocok apabila dipergunakan untuk lapisan permukaan karena beban roda yang berputar mengakibatkan keausan yang mengakibatkan terjadinya debu. Jika terpaksa untuk lapisan permukaan maka lapisan ditutup dengan lapisan aspal di bagian atasnya. Lapis aspal cukup tipis saja karena hanya berfungsi sebagai lapis kedap air.

2. Stabilisasi dengan Kapur (*lime*)

   Penambahan dengan kapur pada tanah akan menurunkan *liquid limit* dan *plasticity index* dari tanah serta akan menaikkan kekuatan tanah. Apabila suatu tanah ditambah dengan kapur (*lime*) maka kapur tersebut akan mengurangi film air yang mengelilingi butiran tanah, kemudian terjadi penggumpalan butiran-butiran tanah karena kapur juga berfungsi sebagai bahan ikat. Reaksi tanah dengan kapur menimbulkan senyawa kimia baru karena dipengaruhi oleh persentase kapur dan jenisnya. Dan hasil akhirnya juga dipengaruhi oleh kualitas kapur, kemampatan dan lamanya curing. Untuk stabilisasi ini, bagi jenis tanah yang berbatu diperlukan kira-kira 2-8% kapur, dan untuk tanah kohesif diperlukan kira-kira 5-10%. Penggunaan kapur pada tanah lempung disamping *Plasticity Index*-nya turun, sifat kembang susutnya juga berkurang.

3. Stabilisasi dengan Bitumen (Aspal)

   Untuk daerah yang sulit mendapatkan batu sebagai bahan perkerasan dan memerlukan biaya transport yang tinggi, kadang-kadang dipergunakan stabilisasi dengan aspal. Aspal yang dipakai umumnya aspal cair (*cut back asphalt*). Stabilisasi dengan aspal cocok untuk tanah yang berbutir, terutama untuk jenis tanah dengan kadar butir halusnya rendah. Faktor yang mempengaruhi adalah kadar dan jenis bitumen dan juga homogenitas dari pada campuran. Kadar aspal yang dipakai kira-kira diambil 2-8% dan sebelum aspal dicampurkan, kadar air tanah harus sekecil mungkin.

3.4 Stabilisasi Mekanik

Stabilisasi mekanik adalah suatu metode untuk meningkatkan daya dukung tanah yang tidak mempengaruhi sifat-sifat tanah itu sendiri. Cara ini berupa pemadatan, menambahkan bahan-bahan kimia pada tanah, sehingga campuran tersebut mengakibatkan perubahan dari sifat-sifat tanah tersebut.

3.5 Pengujian Sifat Tanah

3.5.1 Pengujian Sifat Fisik Tanah

Pengujian sifat fisik tanah meliputi pengujian kadar air, pengujian berat jenis, analisis hidrometer, pengujian analisis saringan dan klasifikasi tanah.

1. Kadar air tanah adalah perbandingan antara berat air yang ada dalam tanah dengan berat kering tanah.
2. Berat jenis tanah adalah nilai banding antara berat butir-butir dengan berat air dengan volume yang sama pada temperatur tertentu yaitu biasanya adalah $27{,}5^0$C.
3. Analisis hidrometer adalah pengujian yang dilakukan untuk menentukan prosentase ukuran butir tanah yang lolos saringan No. 10.
4. Analisis saringan adalah pengujian yang dilakukan untuk menetukan prosentase ukuran butir tanah yang lolos saringan No. 200.
5. Klasifikasi tanah adalah untuk menentukan jenis tanah sampel yang didapat dari hasil analisis hidrometer dan analisis saringan.

3.5.2 Sifat Indeks Tanah

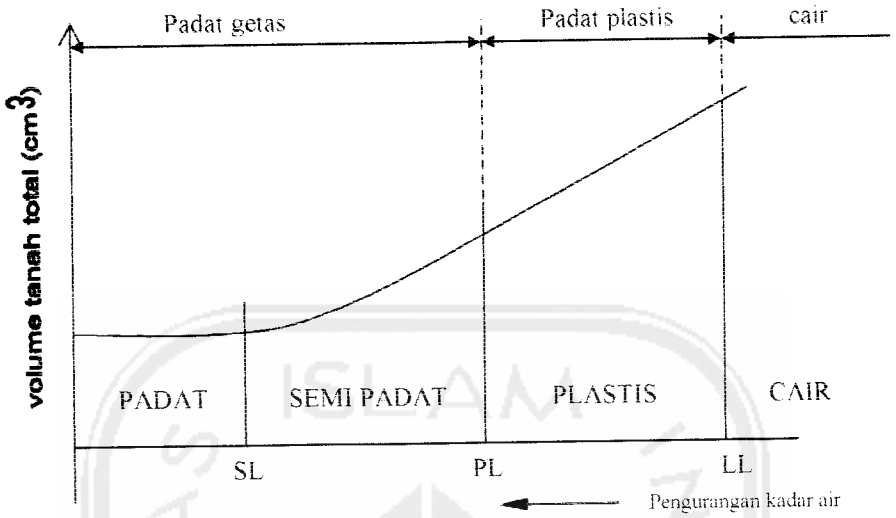
Adapun yang termasuk sifat–sifat indeks adalah batas-batas konsistensi dan distribusi ukuran butir tanah. Batas-batas konsistensi tanah adalah sifat-sifat indeks yang penting untuk tanah berbutir halus, sedangkan batas-batas konsistensi adalah batas cair, batas plastis, dan batas susut.

Batas cair adalah sebagai kadar air pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis, yaitu batas atas daerah plastis. Nilai batas cair dapat diperoleh dengan pengujian kerucut jatuh (*fall cone test*) atau dengan mangkuk Casagrande.

Batas palstis adalah sebagai kadar air pada kedudukan antara daerah plastis dan semi padat, yaitu persentase kadar air yang membuat tanah berbentuk silinder dengan diameter 3,2 mm mulai retak-retak ketika digulung.

Batas susut adalah sebagai kadar air pada kedudukan antara daerah semi padat dan padat, yaitu persentase kadar air yang akan membuat tanah tidak akan mengalami perubahan volume lagi jika ada pengurangan kadar airnya. Pengujian batas susut ini dilakukan dengan mengoven tanah basah pada sebuah cawan susut.

Pada gambar 3.1 dapat dilihat hubungan variasi kadar air dan volume tanah total pada kedudukan batas cair, batas plastis dan batas susutnya.



Gambar 3.1 Variasi volume dan kadar air

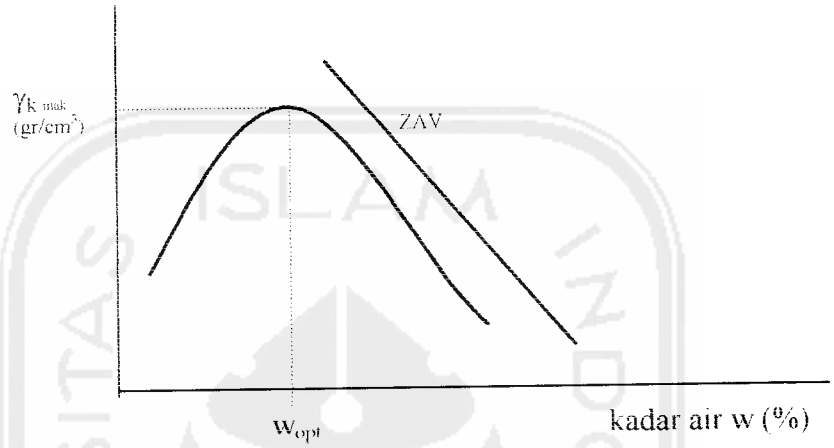
3.6 Pengujian Pemadatan

Pemadatan adalah usaha meningkatkan berat volume kering dengan cara dinamis. Pemadatan tanah dapat berpengaruh terhadap kualitas tanah yaitu :

1. mempertinggi kuat geser tanah,
2. mengurangi sifat mudah pampat (*kompresibilitas*),
3. mengurangi permeabilitas,
4. mengurangi perubahan volume sebagai akibat pengurangan kandungan air maksimum yang dapat mengisi pori-pori.

Uji pemadatan bertujuan untuk mencari hubungan antara kadar air dan kepadatan tanah (berat volume kering) untuk tanah tertentu yang dipadatkan dengan tenaga pemadatan tertentu. Kemudian dari grafik hubungan, antara kadar air dan berat

volume kering ditentukan kepadatan maksimum dan kadar optimum pada tenaga tertentu (lihat gambar 3.2).



Gambar 3.2 Grafik hubungan berat volume kering dengan kadar air

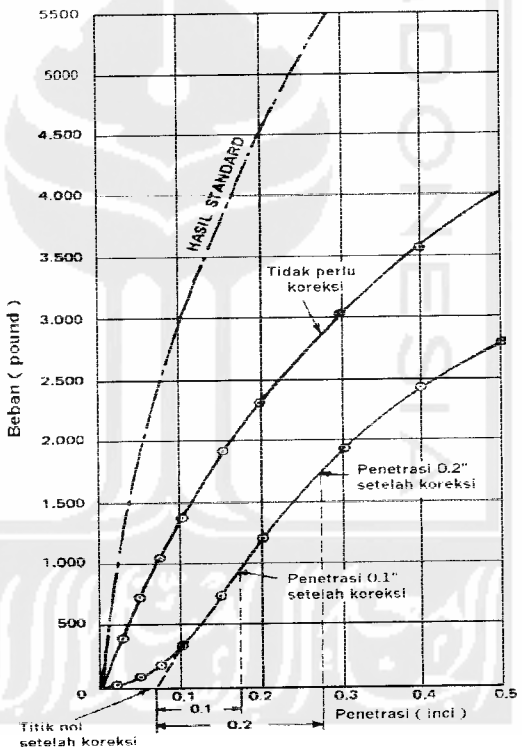
Hubungan antara berat volume kering (γ_k) dengan berat volume basah (γ_b) dan kadar air (w), dinyatakan dalam persamaan 3.1.

$$\gamma_k = \frac{\gamma_b}{1+w} \tag{3.1}$$

3.7 Pengujian CBR

Uji CBR dipakai untuk menilai kekuatan tanah dasar atau bahan lain yang akan dipakai pada pembuatan perkerasan jalan raya. Nilai CBR selanjutnya dipakai untuk penentuan tebal perkerasannya. Uji ini dikembangkan oleh California State Highway Departement, Amerika Serikat pada tahun 1930.

Prinsip pengujian CBR adalah dengan menembus sampel tanah dengan kepadatan tertentu dalam suatu tabung menggunakan alat penekan standar. Alat penembus/penetrasi yang digunakan adalah sebuah piston berpenampang bulat dengan luas 3 in^2 dan kecepatan konstan sebesar 0,05 in per menit. Data hasil uji berupa hubungan antara beban penetrasi dan besarnya penetrasi dibuat grafik seperti terlihat pada contoh grafik hasil percobaan CBR pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Contoh grafik hasil pengujian CBR

Nilai CBR (dinyatakan dalam persentase) dihitung berdasarkan perbandingan antara beban penetrasi suatu piston CBR pada sesuatu bahan uji dengan beban penetrasi standar pada kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama. Nilai CBR dihitung pada kedalaman penetrasi 0,1 in dan 0,2 in.

Kekuatan subgrade dipengaruhi oleh kadar airnya, semakin meningkat kadar airnya akan menjadi semakin kecil CBR-nya didalam subgrade tersebut. Tetapi tidak berarti subgrade dipadatkan pada kadar air rendah agar mendapat nilai CBR tinggi karena kadar air subgrade tidak tahan konstan pada nilai yang rendah itu. Kenyataannya di lapangan air dapat meresap ke dalam subgrade baik dari bawah, samping, maupuun atas sehingga kekuatannya turun sampai kadar air mencapai nilai yang konstan. Kadar air yang konstan ini disebut kadar air keseimbangan.

Untuk memperhitungkan pengaruh air terhadap kekuatan subgrade kelak setelah dioperasikan, maka tanah sampel pada pengujian CBR biasanya direndam dalam air selama 4 hari untuk mengamati pengembangan volume sampel dan pengurangan nilai CBR akibat perendaman.

3.8 Pengujian Tekan bebas

Pengujian ini digunakan untuk menentukan kuat geser tanah kohesif secara sederhana. Benda uji berbentuk silinder dengan tinggi sekitar dua kali diameter, ditempatkan pada alat tekan bebas kemudian diberi beban tekanan dengan kecepatan deformasi 1,5 mm tiap menit. Dari data pengujian dibuat grafik hubungan antara tekanan dan deformasi yang digunakan untuk menentukan nilai kuat tekan bebas

tanah. Pengujian ini identik dengan pengujian triaksial dengan cara tanpa terkonsolidasi-tanpa terdrainasi.

Nilai kuat tekan bebas (qu) untuk beberapa jenis tanah lempung dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Kuat tekan bebas (qu) pada berbagai kondisi tanah lempung

No.	Kondisi tanah lempung	Q_u (kg/cm^2)
1.	Lempung keras	> 4,00
2.	Lempung sangat kaku	2,00-4,00
3.	Lempung kaku	1,00-2,00
4.	Lempung sedang	0,50-1,00
5.	Lempung lunak	0,25-0,50
6.	Lempung sangat lunak	< 0,25

Sumber : Mekanika Tanah I, Hardiyatmo, 1992