

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tanah**

Dalam pengertian teknik secara umum, Das B.M ( 1988 ) mendefinisikan tanah sebagai bahan yang terdiri dari agregat mineral-mineral padat yang tidak terikat secara kimia antara satu sama lain dari bahan-bahan organik yang telah melapuk yang berpartikel padat disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut.

Peranan tanah ini sangat penting dalam perencanaan atau pelaksanaan bangunan karena tanah tersebut berfungsi untuk mendukung beban yang ada di atasnya, oleh karena itu tanah yang akan dipergunakan sebagai pendukung konstruksi haruslah dipersiapkan terlebih dahulu sebelum dipergunakan sebagai tanah dasar ( *subgrade* ).

#### **2.2 Tanah Dasar ( *Subgrade* ) Jalan Raya**

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

Karakteristik tanah dasar ( *subgrade* ) akan banyak berpengaruh terhadap lapisan perkerasan di atasnya, 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 tes-tes 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-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 dasar 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, dan
  - 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 pasir/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. Perbaiki 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 keadaan setempat sedemikian agar beban roda alat-alat besar dapat ditahan oleh tanah dasar. Perbaiki tanah dasar ini dapat berupa tambahan lapisan pondasi bawah diluar dari yang diperhitungkan untuk tebal perkerasan yang perlu.

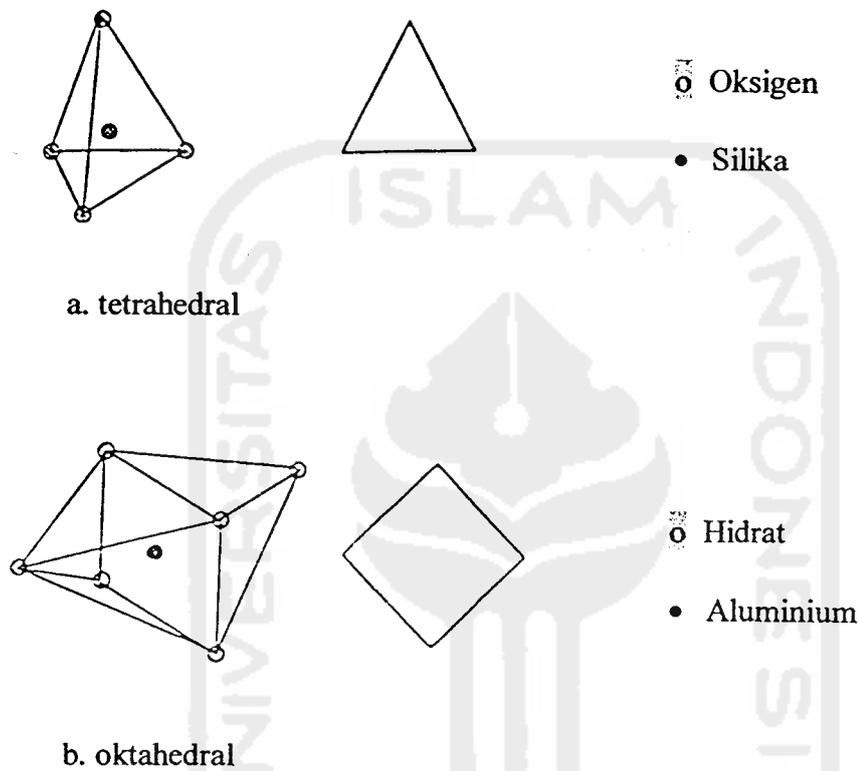
### 2.3 Tanah Lempung

Menurut Meity Ambarwati, dkk ( 1999 ) istilah lempung tidak memiliki batasan yang tegas. Pada umumnya para praktisi jalan menyebut lempung sebagai material yang memiliki ukuran butiran lebih kecil dari 2 mikron. Mereka mengklasifikasikan tanah berdasarkan ukuran partikelnya menjadi 4 yaitu : gravel (  $> 2 \text{ mm}$  ), pasir (  $74 \mu\text{m} - 2 \text{ mm}$  ), silt (  $2 - 74 \mu\text{m}$  ) dan lempung (  $< 2 \mu\text{m}$  ). Selain ukuran partikel, tanah lempung juga dapat dikenali dari penampilan fisik dan kelakuannya terhadap air ( *shrinkage*, *swelling*, plastisitas dan dispersi ).

#### 2.3.1 Mineralogi Tanah Lempung

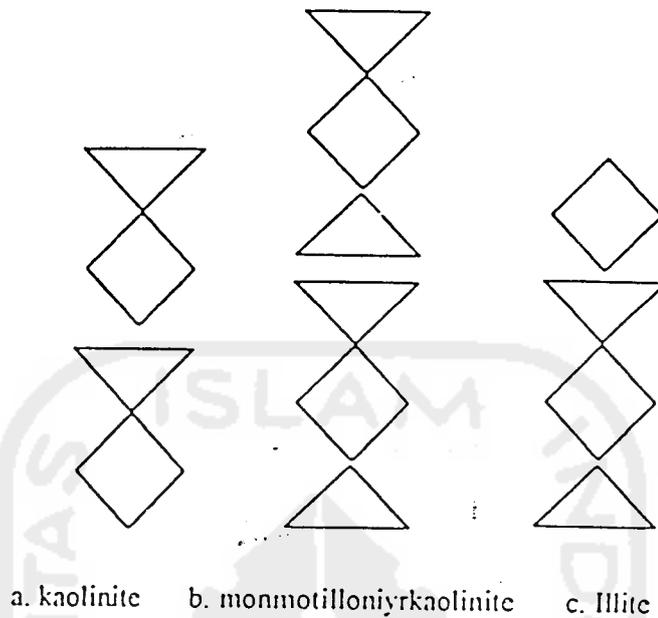
Mineral lempung tersusun oleh alumina silika hidrat. Bentuk dasarnya berupa tetrahedral silika oksigen ( satu atom silika dikelilingi oleh 4 atom oksigen ) dan oktahedral aluminium hidrat ( satu atom aluminium dikelilingi enam ion hidrat ). Bentuk-bentuk dasar berikatan satu sama lain membentuk

lembaran ( *sheet* ). Karakteristik lempung yang terjadi ditentukan oleh susunan dan komposisi tetrahedral silika dan oktahedral alumina.



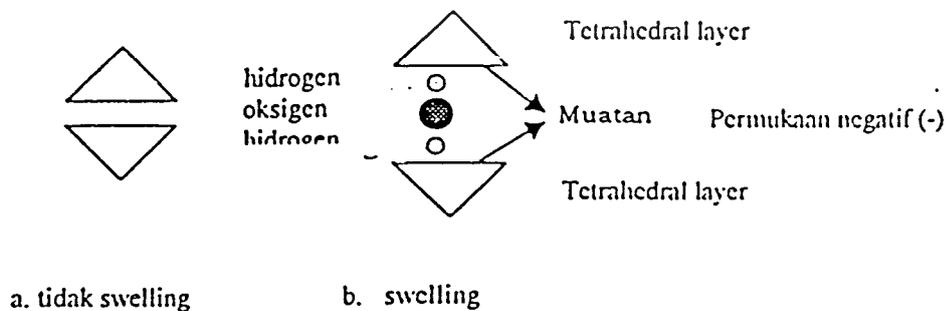
Gambar 2.1 Bentuk-Bentuk Dasar Mineral Lempung  
( *Meity A dkk, 1999* )

Berdasarkan susunan bentuk dasarnya dibedakan tiga jenis lempung yaitu : kelompok kaolinite, kelompok montmorillonite dan kelompok illite. Tanah lempung kelompok montmorillonite sangat sensitif terhadap air. Permukaan lapisan sheet yang bermuatan negatif membutuhkan ion positif ( kation ) untuk menetralkannya.



Gambar 2.2 Struktur Kristal Berbagai Jenis Lempung  
(Meity A dkk, 1999)

Kenaikan volume akibat peristiwa *swelling* bergantung pada ukuran ion terhidrasi, kadar air dan jenis lempung. Semakin besar ion penetral, semakin besar pula kenaikan volume lempung. Montmorillonite merupakan kelompok lempung yang paling mudah *swelling*, sedangkan kaolinite yang paling sulit. Kemudahan *swelling* menurut kelompok lempung sebagai berikut : montmorillonite > campuran > illite > kaolinite.



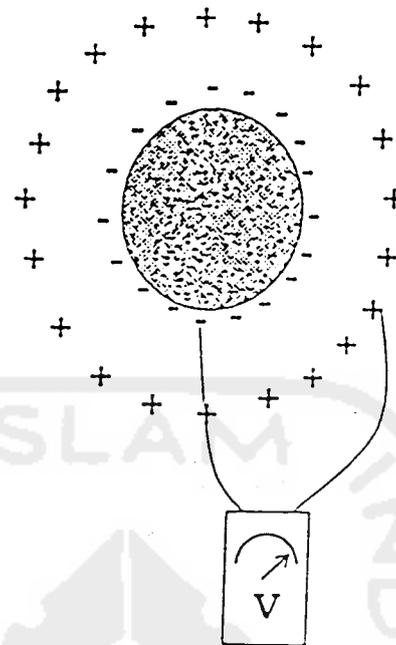
Gambar 2.3 Fenomena Swelling  
(Meity A dkk, 1999)

Kation penetral yang berada diantara dua sheet bersifat mobil sehingga dapat ditukar dengan kation penetral jenis lain. Kemudahan menggantikan ion-ion tersebut sebagai berikut :  $\text{Li}^+ < \text{Na}^+ < \text{K}^+ < \text{Mg}^{2+} < \text{Ca}^{2+} < \text{H}^+$ , pada konsentrasi yang sama, ion  $\text{Ca}^{2+}$  akan menggantikan ion  $\text{Na}^+$  dan cenderung stabil. Dengan demikian perubahan volume akibat *swelling* dapat dikendalikan dengan mempertukarkan kation penetral.

### 2.3.2 Zeta Potensial

Permukaan butiran lempung didominasi oleh ion  $\text{OH}^-$  sehingga memiliki muatan negatif. Muatan negatif menyelimuti butiran lempung membentuk suatu lapisan muatan. Kation yang menetralkan muatan tersebut berjajar membentuk lapisan diluar lingkaran muatan negatif. Sehingga terdapat dua lapisan ( *double layer* ) muatan. Perbedaan potensial listrik antara lapisan kation dan permukaan butiran lempung dikenal sebagai zeta potensial.

Zeta potensial turut berpartisipasi dalam membentuk kelakuan sistem campuran lempung, air dan pematatan. Bila air kemudian ditambahkan kepada lempung tersebut maka kation dan sejumlah kecil anion-anion akan berenang diantara partikel-partikel itu. Keadaan ini disebut sebagai lapisan ganda terdifusi ( *diffuse double layer* ) bila kation penetral membentuk *double layer* dengan diameter besar sehingga zeta potensial yang dihasilkan juga besar. Sebaliknya butiran lempung cenderung bergabung menjadi satu bila kation penetral membentuk *double layer* dengan diameter kecil yang menghasilkan zeta potensial kecil. Kation penetral membuat antar butiran bergabung karena terabsorpsi ke permukaan lempung hal ini membuat butiran lempung dengan sendirinya lebih mudah dipadatkan sehingga menghasilkan densitas yang tinggi.



Gambar 2.4 Skematik Zeta Potensial  
( Meity A dkk, 1999 )

#### 2.4 Stabilisasi

Dalam bidang teknik sipil, tanah dapat digunakan baik sebagai landasan pendukung konstruksi di atasnya ( mis: pondasi gedung ), maupun sebagai bahan konstruksi ( mis: bahan perkerasan jalan ). Untuk itu material tanah tersebut harus memiliki sifat-sifat fisik maupun teknis yang baik.

Pada kenyataannya tidak semua tanah dalam kondisi aslinya, memiliki sifat-sifat yang diinginkan, sehingga diperlukan usaha untuk meningkatkan kualitas tanah tersebut, antara lain dengan melakukan stabilisasi.

Terdapat dua cara utama untuk menstabilisasi tanah yaitu :

##### 1. Stabilisasi Mekanis ( *Mechanical stabilization* )

Yaitu upaya pengaturan gradasi butiran tanah secara proporsional yang diikuti dengan proses pemadatan untuk mendapatkan kepadatan yang maksimum.

## 2. Stabilisasi Kimia ( *Chemical stabilization* )

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

### 2.4.1 Stabilisasi Tanah Lempung

Stabilisasi tanah lempung ditujukan untuk mengangkat propertis tanah engineeringnya sehingga mampu mendukung konstruksi di atasnya. Keberhasilan proses stabilisasi dapat dilihat dari kenaikan stabilitas volume, kekuatan, permeabilitas, dan durabilitas. Berbagai metode stabilisasi telah dikembangkan, pada umumnya dilakukan dengan memberikan bahan tambah ( *additive* ). Bahan tambah yang biasa digunakan sebagai stabilisator antara lain : kapur, semen, aspal cair, dll. Dari berbagai metode tersebut, dapat diklasifikasikan berdasar konsep stabilisasinya sebagai berikut :

#### a. Penurunan zeta potensial

Kekuatan tanah akan mencapai titik maksimum bila dapat jarak antar butiran sangat rapat. Pada saat pemadatan, jarak antar butiran dipaksa dekat satu sama lain. Jarak minimum antar butiran bermuatan bergantung pada zeta potensial. Semakin besar zeta potensial jarak antar butiran juga semakin besar, sehingga densitas hasil pemadatan berkurang. Sebaliknya, semakin kecil zeta potensial jarak minimum antar butiran juga semakin kecil, sehingga menghasilkan densitas yang lebih besar.

b. *Waterproofing*

Tanah lempung pada keadaan kering memiliki kekuatan dan daya dukung yang cukup baik. Kehadiran air menyebabkan *swelling* dan menurunkan secara drastis kekuatan maupun daya dukungnya. Jika kadar air dapat dijaga dan air dicegah untuk masuk dalam butiran maka tanah lempung akan memiliki kekuatan dan daya dukung yang baik. Pemikiran ini melahirkan metode stabilisasi tanah dengan cara *waterproofing*. Penambahan *bituminous material* tergolong pada kategori ini. Keuntungan lain dari stabilisasi *waterproofing* adalah zeta potensial lempung menjadi hilang.

c. *Cementing*

Pada keadaan normal butiran lempung cenderung lunak, sehingga meski dengan pemadatan tidak memberikan kekuatan yang cukup. Peningkatan kekuatan secara signifikan dapat dilakukan dengan memperkeras lapisan permukaan butiran dengan cara menambahkan semen. Metode stabilisasi ini dikenal sebagai *cementing*. Keuntungan lain dari stabilisasi *cementing* adalah pengaruh air terhadap lempung menjadi berkurang.

## 2.5 Limbah Padat Industri Tekstil ( *Sludge* )

Proses pengolahan tekstil pada pabrik tekstil PT. JOGJATEX adalah perajutan, pewarnaan, pencapan, penyempurnaan dan garmen. Pada proses pewarnaan dan penyempurnaan dihasilkan limbah yang kemudian diproses untuk dinetralisir. Hasil proses netralisir tersebut berbentuk lumpur yang kemudian

dikeringkan yang menghasilkan limbah padat ( *sludge* ) yang berbentuk padatan halus.

Lumpur ini merupakan endapan dari proses pengolahan limbah yang ada sehingga pada lumpur ini merupakan kumpulan bahan-bahan pencemar yang sangat berbahaya, sehingga direkomendasikan sebagai limbah B3 ( Bahan Berbahaya dan Beracun ) yang tidak boleh dibuang begitu saja tanpa pengolahan. Lumpur tersebut banyak mengandung Crom, Brom, Besi dan unsur logam lainnya. Unsur-unsur logam berbahaya tersebut berasal dari bahan pewarnaan pada proses produksi dan berasal dari bahan koagulan yang dipergunakan untuk pengolahan limbah cair.

Berdasarkan pemeriksaan dengan parameter fisika dan kimia yang dilakukan oleh Balai Teknik Kesehatan Lingkungan ( BTKL ) Departemen Kesehatan Jogjakarta tahun 2002, *sludge* mengandung komposisi kimia berupa Magnesium ( Mg ) 12150 mg/kg, Calcium ( Ca ) 140000 mg/kg, Natrium ( Na ) 4293,475 mg/kg, Kalium ( K ) 448,375 mg/kg, dan Kesadahan (  $\text{CaCO}_3$  ) 400000 mg/kg.

## 2.6 Zeolit

Banyak cara pengelolaan limbah B3 tersebut, salah satunya adalah teknologi fitrifikasi. Pengolahan dengan metode fitrifikasi ini adalah menggunakan prinsip pengungkungan ( *immobilisasi* ) ataupun pengikatan ion-ion logam yang ada dalam lumpur tersebut ke dalam bahan pembentuk keramik ( Barrer RM, 1978, Astuti A, 1997 ).

Bahan tambah yang dipergunakan pada penelitian ini dipilih zeolit alam lokal. Penggunaan zeolit ini didasarkan pada bahan tersebut memiliki beberapa sifat yang menguntungkan diantaranya :

1. jumlah dialam melimpah,
2. mineral zeolit berkristal sangat halus,
3. sangat ringan, dan
4. mampu menjerat unsur-unsur logam-logam berat karena mengandung  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  yang cukup tinggi.

Sukandarrumidi ( 2000 ) didalam bukunya Bahan Galian Industri, pengolahan zeolit sangat tergantung dari tujuan pemanfaatannya. Pengolahan zeolit bertujuan untuk meningkatkan nilai tambah. Pada prinsipnya pengolahan dilakukan dengan 2 tahap yaitu tahap preparasi dan tahap aktipasi.

a. Tahap Preparasi

Tahap ini adalah mengolah Zeolit dengan menggunakan mesin giling ( *mill* ) dengan pertimbangan bahwa zeolit mempunyai tingkat kekerasan yang rendah.

b. Tahap Aktipasi

Proses ini dilakukan dengan pemanasan dan atau dengan pereaksi zat yang dipergunakan sebagai pereaksi adalah  $\text{NaOH}$  dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

Pemanfaatan zeolit cukup bervariasi salah satunya adalah zeolit sesudah diaktipasi dengan  $\text{NaOH}$  dapat dimanfaatkan untuk menyerap logam berat seperti  $\text{Pb}$ ,  $\text{Cu}$  dan  $\text{Mn}$ , juga dapat untuk menyerap  $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_4$  dan COD ( Sukandarrumidi, 2000 ).