

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Jalan Raya

Sebagaimana telah diketahui fungsi jalan raya adalah untuk melayani lalu-lintas yang akan lewat pada konstruksi jalan tersebut, atau dengan kata lain untuk memungkinkan bergeraknya kendaraan-kendaraan guna mengangkut manusia dan barang dari suatu tempat ketempat lainnya. Sudah menjadi keharusan dalam memenuhi kebutuhan aktifitas manusia haruslah ditunjang dengan pelayanan transportasi yang memadahi, aman, nyaman dan ekonomis, untuk itulah syarat-syarat teknis dalam ilmu rekayasa jalan raya harus dipenuhi.

Perkerasan jalan yang kuat dan cukup lebar untuk memungkinkan persilangan dan penyiapan kendaraan-kendaraan dengan mudah dan aman yang dikehendaki untuk lalu-lintas yang cepat.

Konstruksi perkerasan jalan raya dipandang dari segi kemampuan memikul dan menyebarkan beban, haruslah memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

- a. Ketebalan yang cukup menurut perhitungan teknik , sehingga mampu menyebarkan beban /muatan lalu-lintas ketanah dasar.

- b. Kedap terhadap air, sehingga air tidak mudah meresap kelapisan bawahnya.
- c. Permukaan mudah dialiri air, sehingga air hujan yang jatuh di atasnya dapat cepat dialirkan.
- d. Kekakuan memikul beban yang bekerja tanpa menimbulkan deformasi yang berarti.

Untuk dapat memenuhi hal-hal tersebut diatas, perencanaan dan pelaksanaan konstruksi perkerasan jalan haruslah mencakup:

1. Direncanakan terlebih dahulu tebal masing-masing lapis perkerasan tersebut.

Dengan memperhatikan daya dukung tanah dasar, beban lalu-lintas yang akan dipikulnya, keadaan daerah sekitar, jenis lapisan yang dipilih, dapatlah ditentukan tebal masing-masing lapisan berdasarkan beberapa metode yang ada.

2. Analisa campuran bahan.

Dengan memperhatikan mutu dan jumlah bahan setempat yang tersedia, direncanakan suatu susunan campuran tertentu sehingga terpenuhi spesifikasi dari jenis lapisan yang dipilih.

3. Pengawasan pelaksanaan pekerjaan.

Perencanaan tebal perkerasan yang baik, susunan campuran yang memenuhi syarat, belumlah dapat menjamin dihasilkannya lapisan perkerasan yang memenuhi, jika tidak dilakukan pengawasan pelaksanaan yang cermat dari tahap penyiapan lokasi dan material sampai tahap pencampuran atau penghamparan dan akhirnya pada tahap pemadatan dan pemeliharaan.

Disamping itu haruslah sistem pemeliharaan direncanakan seoptimal mungkin selama umur rencana pelayanan, termasuk didalamnya sistem drainase jalan yang relatif baik.

3.2 Tanah Dasar [*Sub Grade*]

Dalam pengertian teknik secara umum, Braja M Das [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.

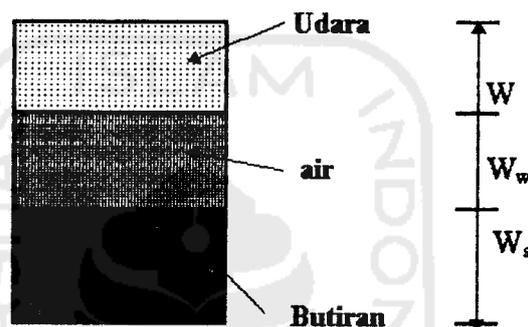
Peranan tanah ini sangat penting dalam perencanaan atau pelaksanaan bangunan, karena tanah tersebut berfungsi untuk mendukung beban yang ada di atasnya. Oleh karena itu tanah yang akan dipergunakan sebagai pendukung konstruksi haruslah dipersiapkan terlebih dahulu sebelum dipergunakan sebagai tanah dasar [*Sub grade*]

Tanah Dasar [*Sub Grade*] 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 [*sub grade*] akan banyak berpengaruh terhadap lapisan perkerasan di atasnya, karena itulah mempersiapkan tanah dasar [*sub grade*] merupakan suatu pekerjaan yang bersifat fundamental bagi pembangunan konstruksi jalan raya.

3.3 Karakteristik Partikel Tanah

Pada kejadiannya tanah terdiri dari tiga fase, yaitu: butiran padat [*solid*], air dan udara. Bagian-bagian ini saling berhubungan, seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.1 Penampang struktur tanah

Untuk mengetahui karakteristik partikel padat tanah haruslah memenuhi syarat

- syarat sebagai berikut, yaitu :

1. Ukuran Butiran

Butiran-butiran tanah diklasifikasikan oleh AASHTO dalam ukuran sebagai berikut :

Kelas	Diameter partikel (mm)	Lolos	Tertahan
Kerikil	75 - 2,00	3 in.	No 10
Pasir Kasar	2,0 - 0,425	No 10	No 40
Pasir halus	0,42 - 0,075	No 40	No 200
Endapan Lumpur	0,075 - 0,002	No 200	-
Tanah lempung	0,002 - 0,001	-	-
Lempung koloidal	Lebih kecil 0,001	-	-

Batu krikil (Gravel), terdiri dari fragmen batuan, biasanya lebih kurang dikelilingi oleh pengaruh air. Kuarsa mineral terkeras yang dibentuk dari batuan umum biasanya merupakan unsur pokok.

Pasir Kasar, sering kali ditemukan dikelilingi seperti kerikil pada umumnya berisikan mineral yang sama.

Partikel Pasir Halus, umumnya lebih bersiku-siku daripada partikel pasir kasar, oleh karena film air yang biasanya mengitari partikel halus bertindak sebagai penengah untuk melindungi dari gurasan.

Butiran endapan Lumpur, biasanya berupa pasir halus dan memiliki komposisi mineral yang sama. Sering kali butiran ini ditemukan sebagai bubuk batuan halus. Butiran ini dihasilkan oleh pembusukan kimiawi, kadangkala endapan lumpur berisikan batu apung (*pumice*)

Lempung, dihasilkan hampir seluruhnya dari pelapukan kimiawi dan sering diperoleh dalam bentuk seperti plat, skala atau batang. Dikarenakan ukuran yang kecil maka cara kerjanya sangat dipengaruhi sekali oleh proses kimia dan kelembaban.

Lempung Koloidal, adalah partikel halus dari lempung yang tetap tersuspensi di dalam air dan tidak longsor dibawah gaya gravitasi.

2. Bentuk Butiran

Bentuk partikel yang besar seperti yang ditemukan di dalam sering menunjukkan kekuatannya dan keliatannya. Partikel-partikel bulat di dalam cadangan aliran mengalami

kikasan yang berarti dan mungkin sangat kuat. Dilain pihak, partikel-partikel yang datar dan bersiku-siku mungkin sekali belum diperlakukan semacam itu dan akan lemah dan mudah peca, dan tidak cocok untuk bergagai pemakaian.

Partikel yang sangat halus didalam ukuran lempung dan koloid umumnya mempunyai bentuk plat datar yang tipis atau batangan.

3. Susunan Bahan Permukaan

Susuna bahan permukaan dari partikel tanah yang lebih besar dipengaruhi sekali oleh unjuk kerjanya dalam campuran butiran tanah. Sebagai contoh, Butiran pasir yang dihembus angin dipantai dan bongkah kuarsa sering kali memiliki permukaan yang licin dan berkilau. Koefisien gesek yang berkembang diantara permukaan tersebut adalah rendah. Sebagai akibatnya, partikel-partikel dapat lebih mudah bergelincir satu dengan yang lain dan campuran tanah yang berisikan partikel partikel tadi mempunyai tahanan yang kecil terhadap perubahan bentuk dibawah beban.

4. Komposisi Kimia dan Muatan Permukaan Listrik

Tanah adalah campuran bervariasi dari beberapa bahan yang berbeda dalam suatu ukuran dan bentuk yang bermacam-macam. Karakteristik kimia dan muatan permukaan partikel tanah yang lebih besar nampaknya hanya sedikit berpengaruh pada kelakuan massa tanah, karena luas permukaan yang kecil dalam kaitannya dengan volume.

Partikel -partikel lempung yang zat-zat kimia tertentu lebih berpengaruh, umpamanya silikon mempunyai muatan permukaan listrik dari pada zat-zat lain seperti aluminium atau besi. Ini berarti lebih banyak tanah aktif yang mengerahkan pengaruh yang lebih besar pada air yang tersedia, yang selanjutnya akan menarik lapisan yang kelembabannya lebih tebal dan cenderung mengembang dan menyusut dengan perubahan lebih banyak dalam kelembaban dari pada tanah yang kurang aktif.

Lempung mengandung kation yang ditarik oleh partikel-partikel tanah, antara lain unsur-unsur seperti sodium, potasium, magnesium, atau kalsium. Pada umumnya adalah valensi yang sangat rendah seperti sodium yang sangat menarik untuk air yang bereaksi hebat pada perubahan dalam kelembaban. Sebagai contoh sodium yang sangat suka air dengan lapisan yang sangat tebal dengan tidak terjadi perubahan mendadak dalam kelakuannya antara lapisan-lapisannya. Pada mineral kalsium mengembang hanya beberapa lapisan molekuler dari air yang terarah dengan baik, dengan pecahan yang tajam antara fase cairan dan bukan cairan.

3.4 Stabilisasi Tanah Lempung dengan Produk Samping Pupuk ZA

Dalam perencanaan konstruksi perkerasan jalan daya dukung pada tiap-tiap lapisan harus optimal, hal ini dimaksudkan agar lapisan konstruksi di atasnya dapat diminimalkan ketebalannya tanpa mengurangi kekuatan yang diisyaratkan dari konstruksi perkerasan tersebut, karena semakin tebal lapisan konstruksi jalan maka semakin besar biaya yang akan digunakan.

Usaha-usaha yang dipergunakan untuk memperbaiki tanah dasar yaitu dengan cara menstabilisasi tanah dasar tersebut dengan suatu bahan *stabilisator*, sehingga diharapkan akan didapatkan tanah dasar yang relatif stabil pada semua kondisi musim dan selama umur rencana.

3.4.1 Karakteristik Limbah

Produk sisa pupuk ZA Petrokimia Gresik adalah merupakan partikel-partikel padat berupa kapur dari hasil produk samping pupuk ZA, dimana produk sisa tersebut jumlahnya sebanding dengan produksi pupuk yang dihasilkan. Pemanfaatan kapur tersebut sebagai bahan stabilisasi [*agent stabilisasi*] terhadap jenis-jenis tanah kohesif, tanah labil, atau tanah liat setempat sebanyak mungkin secara ekonomis.

Adapun secara fisik dari hasil produk samping pupuk ZA yang dominan berupa kapur, kandungan senyawa kimianya adalah sebagai berikut;

- Kandungan CaCO_3 = 67-70 %
- Kandungan CaSO_4 = 3 - 5 %
- Kandungan $[\text{NH}_4]_2 \text{SO}_4$ = 1 - 2 %
- Kandungan NH_3 = 0,02-0,05 %
- Kandungan $\text{H}_2 \text{O}$ = 20 - 25 %
- Berat jenis limbah = 2.454

Pencampuran lempung dengan produk samping pupuk ZA mempunyai tujuan stabilisasi, karena mengandung kapur [CaCO_3] yang dominan sehingga diharapkan

bisa bereaksi secara baik dengan jenis-jenis tanah liat yang mempunyai sifat *pozzolan*, yaitu jenis tanah yang memiliki Indeks Plastis yang tinggi antara 10 % - 50 %. Dengan demikian hasil produk samping pupuk ZA yang dominan berupa kapur, yang nantinya berfungsi sebagai bahan tambah untuk stabilisasi tanah kohesif, dan diharapkan berupa bahan stabilisator yang berfungsi meningkatkan daya dukung tanah lempung yang dipergunakan sebagai *sub grade* jalan raya.

3.5 Sistem Klasifikasi Tanah

Ada beberapa macam sistem klasifikasi tanah, yaitu :

1. Klasifikasi sistem AASHTO [*AASHTO classification system*]

Sistem klasifikasi tanah ini dikembangkan pada tahun 1921 oleh *Public Road Administration Classification System*. Setelah mengalami beberapa kali perubahan, maka *Committee on Materials for Subgrade and Granular* menganjurkan untuk menggunakan type Road of the Highway Research Board tahun 1945. Tanah yang diklasifikasikan kedalam kelompok A-1, A-2, dan A-3 adalah tanah yang berbutir kasar dimana 35 % atau kurang butir-butir tersebut melalui ayakan no 200. Tanah dimana 35 % atau lebih melalui ayakan no 200 diklasifikasikan kedalam kelompok A-4 A-5, A-6 dan A-7. Pada umumnya tanah jenis ini adalah lumpur dan lempung. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 3.1 klasifikasi tanah sistem AASHTO pada halaman 21.

Tabel 3.1 Klasifikasi tanah sistem AASHTO.

Klasifikasi umum	Material granuler (<35% lolos saringan no.200)				Tanah-tanah lanau - lempung (>35% lolos saringan no.200)			
	A-1	A-3	A-2		A-4	A-5	A-6	A-7
Klasifikasi kelompok	A-1-a A-1-b		A-2-4 A-2-5	A-2-6 A-2-7				A-7-5 A-7-6
Analisis saringan (% lolos)								
2,00 mm (no. 10)	50 maks	—	—	—	—	—	—	—
0,425 mm (no. 40)	30 maks	51 min	—	—	—	—	—	—
0,075 mm (no. 200)	15 maks	10 maks	35 maks	35 maks	35 maks	36 min	36 min	36 min
Sifat fraksi lolos saringan no. 40								
Batas cair (LL)	—	—	40 maks	41 min	40 maks	41 min	40 maks	41 min
Indeks plastis (PI)	6 maks	np	10 maks	10 maks	10 maks	10 maks	11 min	11 min
Indeks kelompok (GI)	0	0	0	4 maks	8 maks	12 maks	16 maks	20 maks
Tipe material yang pokok pada umumnya	pecahan batu, kerikil dan pasir	pasir halus	kerikil berlanau atau berlempung dan pasir		tanah berlanau		tanah berlempung	
Penilaian umum sebagai tanah dasar	sangat baik sampai baik				sedang sampai buruk			

Catatan: Kelompok A-7 dibagi atas A-7-5 dan A-7-6 bergantung pada batas plastisnya (PL).

Untuk PL > 30, klasifikasinya A-7-5;

untuk PL < 30, klasifikasinya A-7-6.

np = nonplastis.

3.6 Pemadatan Tanah Dasar

Pemadatan tanah dasar merupakan suatu usaha untuk mempertinggi kerapatan tanah dengan menggunakan cara mekanis untuk menghasilkan kepadatan partikel. Cara mekanis yang digunakan untuk pemadatan tanah ini bermacam-macam. Pada pelaksanaan dilapangan biasanya dilakukan dengan cara menggilas tanah tersebut, sedangkan pelaksanaan di laboratorium dilakukan dengan cara penumbukan. Tingkat kepadatan yang didapat tergantung pada banyaknya air pada tanah tersebut. Pada kondisi kadar air tanahnya rendah maka tanah tersebut memiliki sifat kaku dan sulit dipadatkan, sedangkan bila kadar air ditambah maka air tersebut berfungsi sebagai bahan pelumas, sehingga tanah tersebut akan relatif lebih mudah dipadatkan dan ruang kosong antar butiran akan menjadi lebih kecil. Pada tanah kadar airnya relatif tinggi, maka kepadatannya akan turun dikarenakan pori-pori tanah tersebut menjadi penuh terisi oleh air.

Kepadatan tanah biasanya diukur dengan menentukan berat isi kering, dengan kata lain semakin kecil angka pori maka semakin besar berat volume dan tinggi drajat kepadatan tanah tersebut.

3.7 Kembang Susut Tanah

Kembang susut tanah adalah suatu nilai perbandingan antara selisih tinggi sebelum dilakukan perendaman dan sesudah rendaman dibandingkan dengan tinggi

awal, dengan menggunakan satuan persen. Pemeriksaan kembang susut tanah biasanya dilakukan pada saat pengujian CBR setelah tanah direndam selama empat hari.

Sebelum dilakukan pengetestan CBR, pada sampel tanah tersebut dilakukan pengetestan kembang susut tanah. Adapun cara pengujiannya terlebih dahulu :

1. Tanah dipadatkan dalam cetakan sebanyak tiga lapisan dengan jumlah tumbukan sebanyak 56 kali tumbukan.
2. Perendaman dilakukan selama empat hari.

Dalam menentukan kembang susut digunakan rumus sebagai berikut ;

$$\text{Swelling [h]} = \frac{H_2 - H_1}{H_1} \times 100 \% \dots\dots\dots [3.1]$$

Keterangan :

h = Kembang susut tanah [*swelling*]

H_1 = Tinggi mula-mula benda uji

H_2 = Tinggi akhir setelah terjadi pengembangan