

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Tanah

1. Pengertian Tanah

Tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) 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 (Das, 1995).

Tanah terdiri dari tiga komponen yaitu, padat (butir pasir, debu, liat dan bahan organik) , cair (air di dalam pori tanah) dan udara (di dalam pori atau rongga tanah) (*World Agroforestry Centre, 2004*).

2. Tanah Dasar

Tanah dasar (*subgrade*) adalah lapisan terbawah suatu konstruksi perkerasan jalan. Tanah dasar dapat berupa tanah asli yang dipadatkan jika tanah aslinya baik, tanah yang didatangkan dari tempat lain kemudian dipadatkan atau tanah yang distabilisasi dengan bahan tambahan (*additive*).

Tanah dasar yang baik untuk konstruksi perkerasan jalan adalah tanah dasar yang telah dipadatkan sampai tingkat kepadatan tertentu sehingga mempunyai kapasitas dukung yang baik serta berkemampuan mempertahankan perubahan volume selama masa pelayanan walaupun terdapat perbedaan kondisi lingkungan (Sukirman, 1995).

3. Tanah Lempung

Tanah lempung termasuk dalam kategori tanah kohesif. Tanah lempung adalah tanah yang menghasilkan sifat-sifat plastis apabila dicampur dengan air (Grim, 1953). Tanah lempung terdiri atas partikel mikroskopis dan sub-mikroskopis yang tidak dapat dilihat dengan jelas oleh alat mikroskop biasa, dengan bentuk lempengan pipih sebagai partikel mika, mineral lempung (*clay minerals*) dan mineral yang sangat halus.

Tanah lempung didefinisikan sebagai golongan partikel yang berukuran kurang dari 0,002 mm (= 2 mikron). Namun demikian, di beberapa kasus, partikel berukuran antara 0,002 mm sampai 0,005 mm juga masih digolongkan sebagai partikel lempung.

Tanah lempung mempunyai sifat-sifat sebagai berikut :

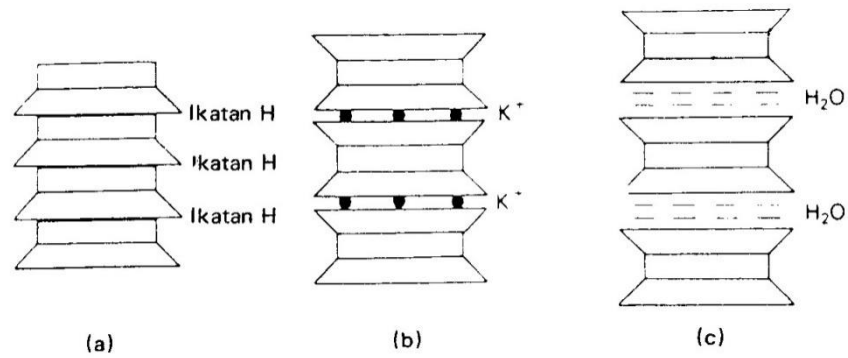
- a. Bila basah bersifat plastis dan mudah mampat
- b. Menyusut bila kering dan mengembang bila basah
- c. Berkurang kuat gesernya bila kadar air bertambah
- d. Berkurang kuat gesernya bila struktur tanahnya terganggu
- e. Merupakan material kedap air

Mineral lempung merupakan senyawa *aluminium silikat* yang kompleks yang terdiri dari satu atau dua unit dasar, yaitu *silica tetrahedra* dan *aluminium oktahedra*.

Kaolinit adalah salah satu struktur utama mineral lempung, bagian dasar struktur ini adalah lembaran tunggal *silica tetrahedra* yang digabung dengan *aluminium oktahedra*. Substitusi isomorfosis praktis tidak terjadi dalam struktur ini. Kombinasi lembaran silika diperkuat oleh hidrogen sebagai perekat.

Illite terdiri dari sebuah lembaran gibbsite yang diapit oleh dua lembaran silika. *Illite* ini kadang-kadang juga disebut mika lempung. Lapisan-lapisan *illite* terikat satu sama lain oleh ion-ion kalium (=K= *ion potassium*). Untuk mengikat ion-ion kalium tersebut didapat dengan adanya penggantian (*substitusi*) sebagian atom silikon pada lembaran tetrahedra oleh atom-atom aluminium. Substitusi dari sebuah elemen oleh lainnya tanpa mengubah bentuk kristal utamanya disebut sebagai substitusi isomorf (*isomorphous substitution*).

Mineral-mineral *montmorillonite* mempunyai bentuk struktur yang sama dengan *illite* yaitu satu lembaran gibbsite diapit oleh dua lembaran silika. *Montmorillonite* terjadi substitusi isomorf antara atom-atom magnesium dan besi.



Sumber : Craig,1986

Gambar 1. Mineral Lempung (a) *Kaolinit*, (b) *Illite*, (c) *Montmorilonit*

4. Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah dibuat pada dasarnya untuk mengelompokkan segala jenis tanah ke dalam kelompok yang sesuai dengan sifat teknik dan karakteristiknya. Ada beberapa macam sistem klasifikasi tanah sebagai hasil pengembangan dari sistem klasifikasi yang sudah ada.

Sistem klasifikasi tanah yang paling umum digunakan adalah :

a. Klasifikasi Tanah USCS (*Unified Soil Clasification System*)

Sistem ini pada mulanya diperkenalkan oleh Casagrande pada tahun 1942, dalam klasifikasi ini, suatu tanah diklasifikasikan ke dalam tiga kategori utama yaitu:

- 1) Tanah berbutir kasar (*coarse-grained soils*),
- 2) Tanah berbutir halus (*fine-grained soils*)
- 3) Tanah Organik Tinggi

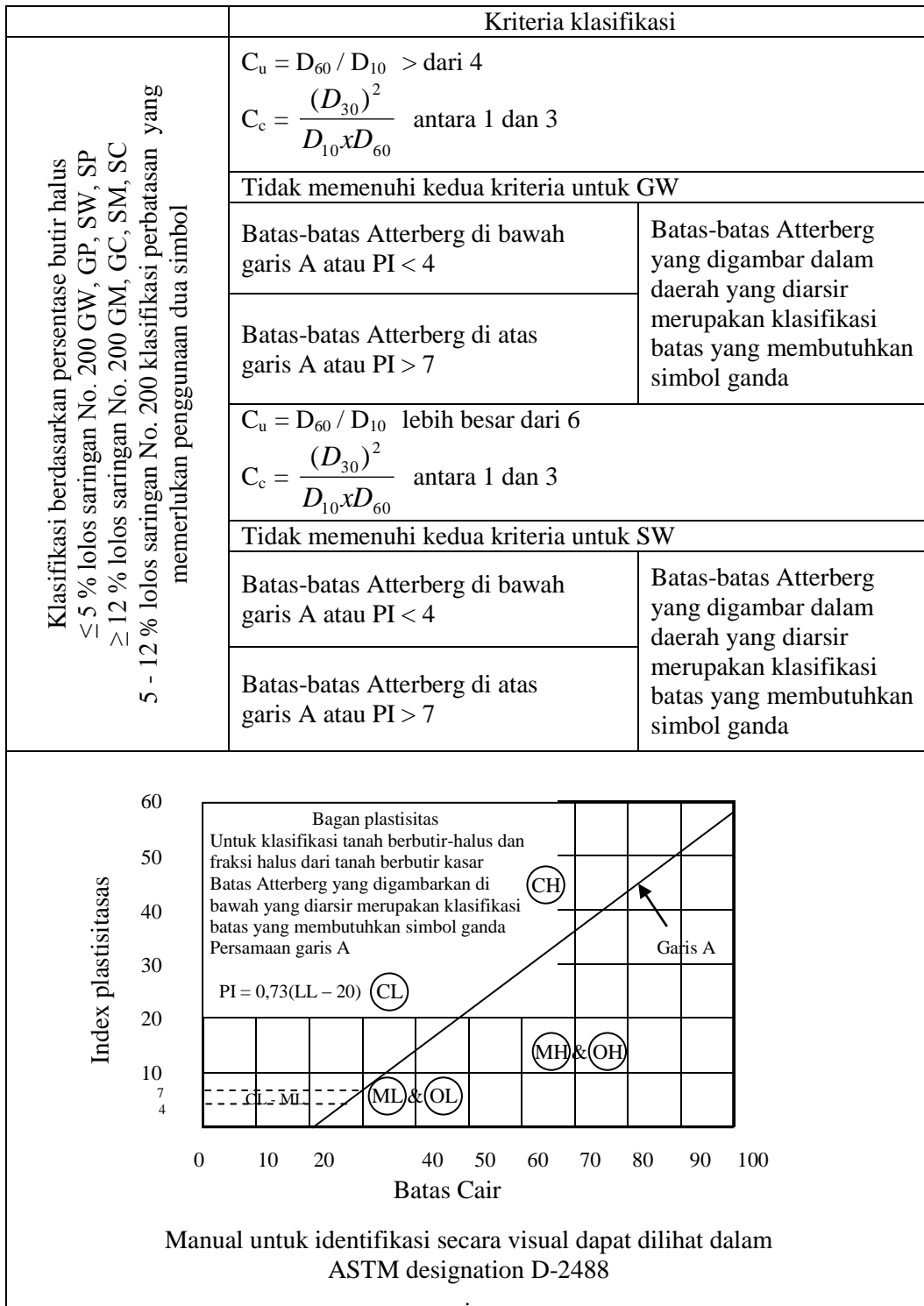
Prosedur untuk menentukan klasifikasi tanah sistem *Unified* adalah sebagai berikut :

- 1) Menentukan tanah apakah berupa butiran halus atau butiran kasar secara visual atau dengan cara menyaringnya dengan saringan nomor 200.
- 2) Jika tanah berupa butiran kasar :
 - a) Menyaring tanah tersebut dan menggambarkan grafik distribusi butirannya.
 - b) Menentukan persen butiran lolos saringan no.4. Bila prosentase butiran yang lolos $\leq 50\%$, klasifikasikan tanah tersebut sebagai kerikil. Bila prosentase yang lolos $> 50\%$, klasifikasikan tanah tersebut sebagai pasir.
 - c) Menentukan jumlah butiran yang lolos saringan no.200 jika prosentase butiran yang lolos $\leq 5\%$, pertimbangkan bentuk grafik distribusi dengan menghitung C_u dan C_c . Jika termasuk bergradasi baik, maka klasifikasikan sebagai GW (bila berkerikil) atau SW (bila pasir). Jika termasuk bergradasi buruk, klasifikasikan sebagai GP (bila berkerikil) atau SP (bila pasir).
 - d) Jika prosentase butiran tanah yang lolos saringan no.200 di antara 5 sampai dengan 12%, tanah akan mempunyai simbol dobel dan mempunyai sifat keplastisan (GW-GM, SW-SM, dan sebagainya).

- e) Jika prosentase butiran tanah lolos saringan no.200 $> 12\%$, harus diadakan pengujian batas-batas Atterberg dengan menyingkirkan butiran tanah yang tertinggal dalam saringan no.40. Kemudian, dengan menggunakan diagram plastisitas, tentukan klasifikasinya.
- 3) Jika tanah berbutir halus :
- a) Menguji batas-batas Atterberg dengan menyingkirkan butiran tanah yang tinggal dalam saringan no.40. Jika batas cair lebih dari 50%, klasifikasikan sebagai H (plastisitas tinggi) dan jika kurang dari 50%, klasifikasikan sebagai L (plastisitas rendah).
 - b) Untuk H (plastisitas tinggi), jika plot batas-batas Atterberg pada grafik plastisitas di bawah garis A, tentukan apakah tanah organik (OH) atau anorganik (MH). Jika plotnya jatuh di atas garis A, klasifikasikan sebagai CH.
 - c) Untuk L (plastisitas rendah), jika plot batas-batas Atterberg pada grafik plastisitas di bawah garis A dan area yang diarsir, tentukan klasifikasi tanah tersebut sebagai organik (OL) atau anorganik (ML) berdasar warna, bau, atau perubahan batas cair dan batas plastisnya dengan mengeringkannya di dalam oven.
 - d) Jika plot batas-batas Atterberg pada grafik plastisitas jatuh pada area yang diarsir, dekat dengan garis A atau nilai LL sekitar 50%, gunakan simbol dobel.

Tabel 1. Klasifikasi Tanah USCS

Divisi Utama		Simbol Kelompok	Nama Utama
Tanah Berbutir Kasar (lebih dari 50% butiran tertahan pada ayakan No.200)	Pasir Lebih dari 50% fraksi kasar lolos ayakan No 4	Kerikil Bersih (hanya kerikil)	GW Kerikil bergradasi baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
		Kerikil dengan Butiran Halus	GP Kerikil bergradasi buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
			GM Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau
			GC Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung
	Kerikil 50% atau lebih dari fraksi kasar tertahan ayakan No 4	Pasir Bersih (hanya pasir)	SW Pasir bergradasi baik dan pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
			SP Pasir bergradasi buruk dan pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
		Pasir dengan Butiran Halus	SM Pasir berlanau, campuran pasir-lanau
			SC Pasir berlempung, campuran pasir-lempung
	Tanah Berbutir Halus (50% atau lebih butiran lolos ayakan No.200)	Lanau dan Lempung (batas cair 50% atau kurang)	ML Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung
			CL Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus.
OL Lempung organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah			
Lanau dan Lempung (batas cair lebih dari 50%)		MH Lanau anorganik atau pasir halus diatome atau lanau diatome, lanau yang elastis	
		CH Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk.	
		OH Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi	
Tanah-tanah dengan kandungan organik sangat tinggi		PT Peat gambut, muck dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi	



Sumber : "Dasar-dasar Analisis Geoteknik, hal. 34", Dunn, dkk, 1992.

b. Klasifikasi Tanah AASHTO

Sistem ini membagi tanah ke dalam 8 kelompok utama yaitu A – 1 sampai dengan A – 8. A – 8 adalah kelompok tanah organik yang pada revisi terakhir oleh AASHTO diabaikan, karena kelompok ini memang tidak stabil sebagai bahan lapis perkerasan (Sukirman, 1992).

Sistem ini didasarkan pada kriteria berikut ini :

1) Ukuran butir

Kerikil : tanah lolos ayakan diameter 75 mm dan tertahan pada ayakan diameter 2 mm.

Pasir : tanah lolos ayakan diameter 2 mm dan tertahan pada ayakan diameter 0,007 mm

Lanau & Lempung : tanah lolos ayakan diameter 0,0075 mm.

2) Plastisitas

Lanau, tanah dengan indeks plastisitas (IP) ≤ 10

Lempung, tanah dengan indeks plastisitas (IP) ≥ 11

Indeks kelompok (group index) digunakan untuk mengevaluasi lebih lanjut tanah-tanah dalam kelompoknya. Indeks kelompok dihitung dengan persamaan :

$$GI = (F - 35) (0,2 + 0,005 (LL - 40) + 0,001 (F - 15) (PI - 10))$$

GI = indeks kelompok (group index)

F = persen material lolos saringan no.200

LL = batas cair (liquid limit)

PI = indeks pastisitas (plasticity index)

Tabel 2. Klasifikasi Tanah AASHTO

Klasifikasi Umum	Bahan-bahan berbutir (35 % atau kurang lolos No. 200)							Bahan-bahan lanau lempung (lebih dari 35 % lolos No. 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Klasifikasi Kelompok	A-1a	A-1b		A-24	A-25	A-26	A-27	A-4	A-5	A-6	A-75 A-76
Analisa Saringan Persen lolos : No. 10 No. 40 No. 200	≤ 50										
	≤ 30	≤ 50	≥ 51	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36
	≤ 15	≤ 25	≤ 10								
Karakteristik Fraksi lolos No. 40 Batas Cair : Indeks Plastisitas :											
				≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 41	≥ 41	≤ 40	≥ 41
	≤ 6		N.P.	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11
Jenis-jenis bahan pendukung utama	Fragmen batu, kerikil & pasir		Pasir halus	Kerikil dan pasir berlanau atau berlempung				Tanah berlanau		Tanah berlempung	
Tingkatan umum sebagai tanah dasar	Sangat baik sampai baik							Sedang sampai buruk		buruk	

Sumber : Bowles, 1989.

B. Pengujian Sifat-sifat Fisik Tanah

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui jenis (klasifikasi) tanah yang sangat dominan.

1. Analisis Butiran Tanah

Analisis butiran tanah adalah penentuan variasi ukuran partikel-partikel yang ada pada tanah. Pengujiannya dilakukan dengan analisis saringan untuk ukuran partikel berdiameter lebih besar dari 0,075 mm dan analisis *hydrometer* untuk ukuran partikel berdiameter lebih kecil dari 0,075 mm.

Tabel 3. Butiran tanah

Jenis Tanah	Nilai Finer (analisis <i>hydrometer</i>)
Kerikil	> 2
Pasir	0,250 – 2
Lanau	0,050 – 0,25
Lempung	0,002 – 0,05

Sumber : (Dunn, 1992)

2. Berat Jenis (*specific gravity*)

Berat jenis adalah perbandingan tanah di udara dari suatu unit volume terhadap berat air pada volume yang sama.

Tabel 4. Tipikal Perkiraan Nilai Berat Jenis (Gs)

Jenis Tanah	Gs
Kerikil/Pasir	2,65 – 2,68
Lanau anorganik	2,62 – 2,68
Lempung anorganik	2,68 – 2,75
Lempung organik	2,58 – 2,65
Tanah Humus	1,37
Tanah Gambut	1,25 – 1,80

Sumber : (Das, 1988)

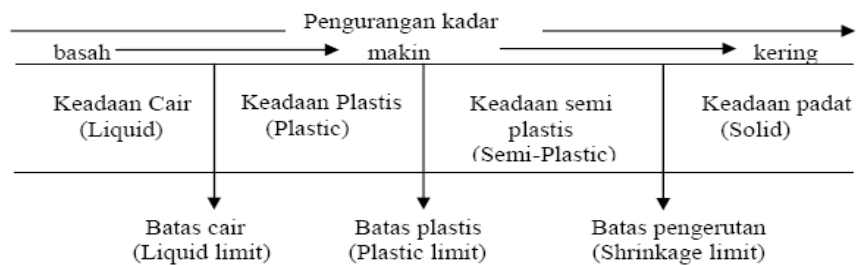
3. Kadar Air

Kadar air adalah besarnya perbandingan antara berat air yang dikandung tanah dalam keadaan kering, dinyatakan dalam persen.

4. Batas Atterberg (Batas Konsistensi)

Suatu ukuran relatif dimana tanah dapat berubah bentuk dapat diartikan dengan konsistensi, yang banyak digunakan untuk tanah berbutir halus. Konsistensi banyak dihubungkan dengan kadar air yang menunjukkan kekentalan tanah itu.

Seorang ilmuwan dari Swedia bernama Atterberg (1911) mengembangkan suatu metode untuk menjelaskan batas konsistensi tanah pada kadar air yang bervariasi. Apabila kadar airnya tinggi, campuran tanah dan air menjadi sangat lembek seperti cairan.



Sumber : Wesley, L.D, 1977

Gambar 2. Batas Konsistensi Tanah

a. Batas Cair

Batas cair adalah kadar air minimum dimana tanah kohesif tetap dalam keadaan cair tetapi masih mempunyai kekuatan geser biarpun kecil yang sanggup menahan tanah untuk mengalir (Braja M Das 1985). Batas cair berada pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis, yaitu batas atas dari daerah plastis.

b. Batas Plastis

Batas plastis adalah kadar air yang berhubungan dengan batas sembarang antar keadaan plastis dan keadaan semi plastis. Pada umumnya didefinisikan sebagai kadar air minimum untuk massa tanah yang digulung-gulung dan mulai retak mendekati diameter 3 mm (Braja M Das 1985).

c. Indeks Plastisitas

Selisih antara batas cair dan batas plastis tanah disebut Indeks Plastisitas. Indeks plastisitas merupakan interval kadar air tanah yang masih bersifat plastis.

d. Batas Susut (*Shrinkage Limit*)

Batas susut adalah kadar air yang didefinisikan pada derajat kejenuhan 100%, dimana untuk nilai-nilai dibawahnya tidak akan terdapat perubahan volume tanah apabila dikeringkan terus. Harus diketahui bahwa batas susut makin kecil maka tanah akan lebih mudah mengalami perubahan volume.

Batasan mengenai indeks plastis, sifat, macam tanah, dan kohesinya dapat dilihat pada Tabel 5 :

Tabel 5. Nilai Indeks Plastisitas dan Macam Tanah.

PI	Sifat	Macam tanah	Kohesi
0	Non Plastis	Pasir	Non kohesi
< 7	Plastisitas rendah	Lanau	Kohesi sebagian
7 – 17	Plastisitas sedang	Lempung berlanau	Kohesi
> 17	Plastisitas Tinggi	Lempung	Kohesi

Sumber : Hardiyatmo, H.C, 1955

5. Berat Volume

Berat volume adalah besarnya perbandingan antara berat tanah dengan berat volume tanah.

C. Pengujian Sifat Mekanik Tanah

Pengujian ini diperlukan untuk mengetahui sifat tanah jika menerima beban luar.

1. Pemadatan Tanah

Pemadatan berfungsi untuk meningkatkan kekuatan tanah, sehingga akan meningkatkan daya dukung pondasi di atasnya. Pemadatan dapat mengurangi besarnya penurunan tanah yang tidak diinginkan dan meningkatkan kemantapan lereng timbunan (*embankment*).

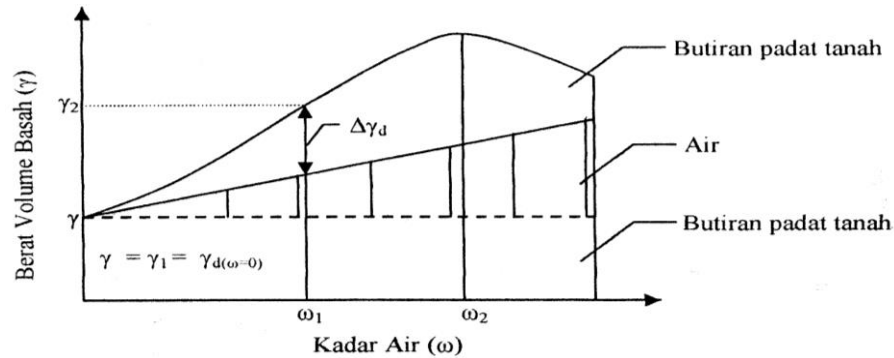
Menurut Bowles pemadatan merupakan suatu usaha untuk mempertinggi kepadatan tanah dengan pemakaian energi mekanis untuk menghasilkan pemadatan partikel.

Pemadatan tanah merupakan proses menaikkan berat unit tanah dengan memaksa butiran-butiran tanah menjadi lebih rapat dan mengurangi pori-pori udara (Dunn, 1992).

a. Prinsip-Prinsip Pemadatan

Tingkat pemadatan tanah diukur dari berat volume kering tanah yang dipadatkan. Bila air ditambahkan kepada suatu tanah yang sedang dipadatkan, maka air tersebut akan berfungsi sebagai unsur pembasah (pelumas) pada partikel-partikel tanah. Karena adanya air tersebut maka partikel-partikel tanah akan lebih mudah bergerak dan bergeseran satu sama lain dan membentuk kedudukan yang lebih rapat/padat.

Untuk usaha pemadatan yang sama, berat volume kering tanah akan naik bila kadar air dalam tanah pada saat dipadatkan meningkat, seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Prinsip Dasar Pemadatan

Pada saat kadar air $\omega = 0$, berat volume basah adalah sama dengan berat volume keringnya. Bila kadar airnya ditingkatkan terus secara bertahap pada usaha pemadatan yang sama, maka berat jumlah bahan padat dalam tanah persatuan volume juga meningkat secara bertahap. Tetapi apabila penambahan kadar air terus ditingkatkan sampai mencapai kadar air tertentu justru menurunkan berat volume kering tanah (Das, 1995).

Hal ini disebabkan oleh air tersebut yang kemudian menempati ruang-ruang pori dalam tanah yang sebetulnya dapat ditempati oleh partikel-partikel padat dari tanah. Kadar air dimana harga berat volume kering maksimum tanah dicapai disebut kadar air optimum.

b. Pemadatan di Laboratorium

Terdapat tiga macam metode pemadatan yaitu :

1) Uji Proctor Standar

Tanah dipadatkan dalam cetakan silinder dengan alat penumbuk standar. Volume cetakan adalah 1000 cm^3 , dipadatkan dengan alat penumbuk 2,5 kg dengan tinggi jatuh 300 mm, tanah dipadatkan dalam tiga lapisan dengan masing-masing lapisan ditumbuk 25 kali.

2) Proctor Modifikasi

Sama seperti proctor standar, tetapi berat penumbuk 4,5 kg dengan tinggi jatuh 450 mm, tanah dipadatkan dalam lima lapisan dengan masing-masing lapisan ditumbuk 25 kali.

3) Uji Palu Penggetar

Tanah dengan volume 2360 cm^3 ditumbuk dalam 3 lapisan dengan alat penumbuk berbentuk lingkaran yang dipasang pada palu penggetar. Masing-masing lapisan dipadatkan dengan periode 60 detik. Uji ini berguna untuk pasir dan kerikil.

c. Pengaruh Pemadatan pada Tanah Berkohesi

Pemadatan menimbulkan perubahan-perubahan pada struktur tanah berkohesi yaitu meliputi perubahan pada daya rembes (*permeability*), kemampumampatan (*compressibility*), dan kekuatan dari tanah.

Harga koefisien rembesan menunjukkan ukuran mudah sukarnya air merembes melewati suatu tanah.

Tanah lempung yang dipadatkan pada tekanan yang rendah, di atas kadar air optimum akan lebih mudah mampat (*compressible*) dibandingkan

tanah yang dipadatkan pada kondisi di bawah kadar air optimum. Pada tekanan yang besar, kecenderungan tersebut menjadi sebaliknya.

Kekuatan tanah lempung yang dipadatkan umumnya berkurang dengan bertambahnya kadar air. Tanah yang dipadatkan pada kondisi di bawah kadar air optimum akan mempunyai kekuatan yang lebih besar. Pada tekanan yang besar, kecenderungan tersebut menjadi sebaliknya.

2. *California Bearing Ratio (CBR)*

California Bearing Ratio (CBR) adalah merupakan suatu perbandingan antara beban percobaan (*test load*) dengan beban standar (*standar load*) dan dinyatakan dalam persen. Harga CBR adalah nilai yang menyatakan kualitas tanah dasar dibandingkan dengan bahan standar berupa batu pecah yang mempunyai nilai CBR sebesar 100 % dalam memikul beban lalu lintas.

Metode ini dikembangkan oleh *California State Highway Departement* sebagai cara untuk mengetahui kuat dukung tanah dasar dalam perencanaan lapis perkerasan. Bila tanah dasar memiliki nilai CBR yang tinggi, praktis akan mengurangi ketebalan lapis perkerasan yang berada di atas tanah dasar (*subgrade*), begitu pula sebaliknya.

CBR Laboratorium adalah pengujian CBR yang dilakukan di laboratorium dapat disebut juga CBR Rencana Titik. Tanah dasar pada jalan baru merupakan tanah asli, tanah timbunan atau tanah galian yang dipadatkan sampai mencapai 95% kepadatan maksimum. Dengan demikian daya dukung tanah dasar merupakan kemampuan lapisan tanah yang memikul beban setelah tanah itu dipadatkan.

Alat yang digunakan untuk menentukan besarnya CBR berupa alat yang mempunyai *piston* dengan luas 3 inch dengan kecepatan gerak vertikal ke bawah 0,05 inch/menit, *Proving Ring* digunakan untuk mengukur beban yang dibutuhkan pada penetrasi tertentu yang diukur dengan arloji pengukur (dial).

Tabel 6. Tipikal Perkiraan Nilai CBR Desain

Pemerian Lapisan Tanah Dasar		Tipikal Nilai CBR (%)	
Material	USCS	Drainase Baik	Drainase Jelek/Kurang
Lempung dengan plastisitas tinggi Lanau	CH	5	2 - 3
	ML		
Lempung Lanauan Lempung Pasiran	CL	6 - 7	4 - 5
	SC		
Pasir	SW,S P	15 - 20	

Dari : Pavement Design, NAASRA, 1987

3. Geser Langsung (*Direct Shear*)

Tanah selain menerima beban di atasnya juga mempunyai kekuatan geser. Kekuatan geser tanah didefinisikan sebagai ukuran kemampuan tanah untuk menahan tegangan geser dengan baik.

Kekuatan geser ini terjadi pada :

- a) Geseran dalam akibat geseran antar butiran yang menghambat terjadinya peluncuran (*sliding*)
- b) Kohesi (c), daya ikat geseran partikel tanah

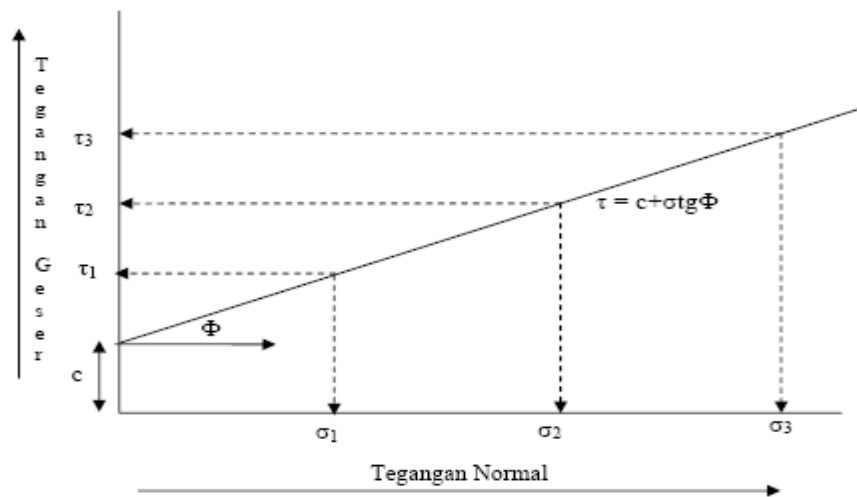
Kuat geser tanah merupakan gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan (Hardiyatmo 1992). Dengan demikian apabila tanah mengalami pembebanan akan ditahan oleh :

- a) Kohesi tanah yang bergantung pada jenis tanah dan kepadatannya, tetapi tidak bergantung dari tegangan normal yang bekerja pada bidang geser.

- b) Gesekan antara butir-butir tanah yang besarnya berbanding lurus dengan tegangan normal pada bidang gesernya.

Uji geser langsung dilakukan beberapa kali pada sebuah benda uji tanah dengan beberapa macam tegangan normal. Harga tegangan normal dan harga tegangan geser didapat dengan melakukan pengujian yang digambarkan dengan grafik untuk menentukan harga parameter kuat geser.

Dengan rumus Coulomb $\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \Phi$, maka kohesi (c) dan sudut geser dalam tanah (Φ) dapat dicari dengan cara grafis.



Gambar 4. Grafik Penentuan c dan Φ

4. *Unconfined Compressive Strength (UCS)*

Unconfined Compressive Strength adalah suatu cara untuk mengetahui kuat tekan bebas suatu jenis tanah yang bersifat kohesif dalam keadaan asli tak terganggu (*undisturbed*) ataupun dalam keadaan buatan/terbentuk kembali (*remoulded*).

Tabel 7. Tipikal Konsistensi Tanah

Kekerasan/Konsistensi	Nilai q_u (kg/m^2)
Sangat lunak	0 – 0,25
Lunak/soft	0,25 – 0,50
Sedang/medium	0,50 – 1,0
Kenyal/stif/kaku	1,0 – 2,0
Sangat kenyal	2,0 – 4,0
Keras/hard	> 4,0

5. Pengembangan Tanah

Tanah yang banyak mengandung lempung mengalami perubahan volume ketika kadar air berubah. Penambahan kadar air mengakibatkan lempung akan mengembang, sedangkan pengurangan kadar air menyebabkan lempung susut.

Tekanan pengembangan didefinisikan sebagai persentase pengembangan pada tanah yang dibebani secara terkekang pada arah lateral, tanah tersebut telah dipadatkan pada kadar air optimum sehingga mencapai berat volume kering maksimumnya menurut standar AASHTO.

Prosentase pengembangan diperoleh dari persamaan berikut

$$S = \frac{\Delta H}{H_0} \times 100 \%$$

Dengan : S = Prosentase Pengembangan (%)

ΔH = perubahan tinggi sampel (cm)

H_0 = tinggi awal sampel (cm)

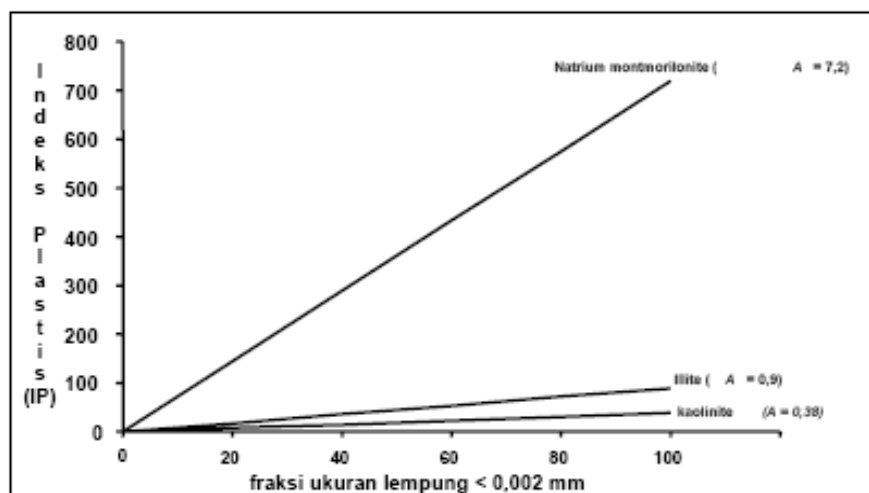
Untuk besarnya nilai tekanan pengembangan pada tanah berlempung dan tanah-tanah ekspansif yang ditinjau berdasarkan nilai prosentase pengembangan, indeks plastisitas dan batas cair dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 8. Tekanan Pengembangan

Tekanan Pengembangan	Prosentase Pengembangan %	Indeks Plastisitas (PI) %	Batas Cair (LL) %
Sangat tinggi	30	> 35	> 63
Tinggi	20 – 30	25 – 35	50 – 63
Sedang	10 – 20	15 – 25	39 – 50
Rendah	< 10	< 15	< 39

Sumber : Elsi Oktriana, 2007

Hary Christady (2002) merujuk pada Skempton (1953) mendefinisikan aktivitas tanah lempung sebagai perbandingan antara Indeks Plastisitas (IP) dengan prosentase butiran yang lebih kecil dari 0,002 mm yang dinotasikan dengan huruf C. Aktivitas digunakan sebagai indeks untuk mengidentifikasi kemampuan mengembang dari suatu tanah lempung.

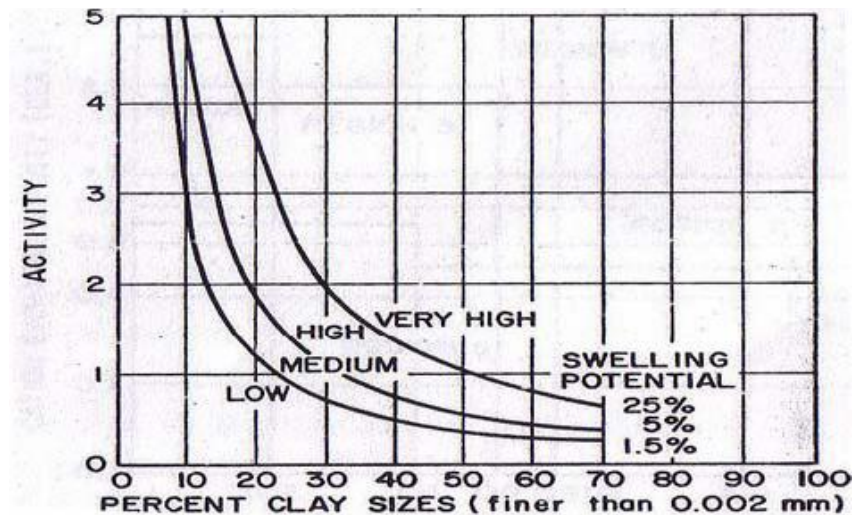


Sumber: Hary Christady Hardiyatmo, 2002

Gambar 5. Grafik Aktivitas Mineral Lempung (PI vs C)

Gambar di atas mengklasifikasikan mineral lempung menjadi:

- Montmorillonite* : Tanah lempung dengan nilai aktivitas (A) $\geq 7,2$
- Illite* : Tanah lempung dengan nilai aktivitas (A) $\geq 0,9$ dan $< 7,2$
- Kaolinite* : Tanah lempung dengan nilai aktivitas (A) $\geq 0,38$ dan $< 0,9$
- Polygorskite* : Tanah lempung dengan nilai aktivitas (A) $< 0,38$



Sumber : Jhon D Nelson dan Debora J Miller, 1991

Gambar 6. Hubungan antara Persentasi Butiran Lempung dan Aktivitas

Swelling Potensial atau kemampuan mengembang tanah dipengaruhi oleh nilai aktivitas tanah. Swelling Potensial diperoleh dari persamaan berikut :

$$\text{Swelling Potensial} = (3,6 \times 10^{-5}) \times A^{6,44} \times C^{3,44}$$

Gambar 6 mengidentifikasi tingkat aktivitas tanah dalam 4 kelompok, yaitu :

- Low*/Rendah : Tanah yang memiliki nilai Swelling Potensial $\leq 1,5 \%$
- Medium*/Sedang : Tanah yang memiliki nilai Swelling Potensial $>1,5$ dan $\leq 5\%$
- High*/Tinggi : Tanah yang memiliki nilai Swelling Potensial $>5 \%$ dan $\leq 25\%$
- Very High*/sangat Tinggi : Tanah yang memiliki nilai Swelling Potensial $>25 \%$

D. Perencanaan Lapis Perkerasan

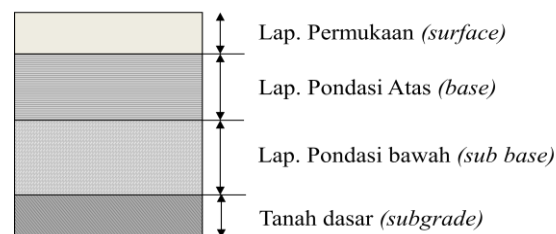
Perkerasan jalan adalah konstruksi yang dibangun di atas lapisan tanah dasar (subgrade), yang berfungsi untuk menopang beban lalu lintas. Jenis konstruksi perkerasan jalan pada umumnya ada dua jenis, yaitu perkerasan lentur (*flexible pavement*) dan perkerasan kaku (*rigid pavement*)

1. Perkerasan Lentur

Perkerasan lentur (*Flexible Pavement*) adalah sistem perkerasan dimana konstruksinya terdiri dari beberapa lapisan.

a. Susunan Lapisan Perkerasan

Tiap-tiap lapisan perkerasan pada umumnya menggunakan bahan maupun persyaratan yang berbeda sesuai dengan fungsinya yaitu, untuk menyebarkan beban roda kendaraan sedemikian rupa sehingga dapat ditahan oleh tanah dasar dalam batas daya dukungnya.



Gambar 7. Susunan Lapisan Perkerasan Lentur

b. Karakteristik Perkerasan Lentur

- 1) Bersifat elastik jika menerima beban, sehingga dapat memberi kenyamanan bagi pengguna jalan.
- 2) Seluruh lapisan ikut menanggung beban.
- 3) Penyebaran tegangan ke lapisan tanah dasar sedemikian sehingga tidak merusak lapisan tanah dasar (*subgrade*).

c. Material Perkerasan

Material perkerasan yang digunakan dalam lapisan perkerasan lentur yaitu agregat dan aspal.

1) Agregat

Agregat adalah material perkerasan, terdiri dari tiga kelompok berdasarkan mutu, yaitu kelas A, kelas B dan kelas C, dibedakan dari gradasi dan sifat material.

Tabel 9. Gradasi Agregat

Susunan Ayakan		Persetase Lolos (dalam berat)		
No.	Bukaan (mm)	Kelas A	Kelas B	Kelas C
2 1/2"	63,000	100	100	-
1 1/2"	38,100	100	67 - 100	-
3/4"	19,000	65 - 81	40 - 100	100
3/8"	9,500	42 - 60	25 - 80	-
4	4,750	27 - 45	16 - 66	51 - 74
8	2,360	18 - 33	10 - 55	-
16	1,180	11 - 25	6 - 45	-
40	0,425	6 - 16	3 - 33	18 - 36
200	0,075	0 - 8	0 - 20	10 - 22

Sumber : perencanaan teknik jalan raya

2) Aspal

Aspal adalah material utama pada konstruksi lapis perkerasan lentur (*flexible pavement*), yang berfungsi sebagai campuran bahan pengikat agregat, karena mempunyai daya lekat yang kuat, mempunyai sifat adhesi, kedap air dan mudah dikerjakan. Aspal sangat tahan terhadap asam, alkali dan garam-garaman. Pada suhu atmosfer, aspal akan berupa benda padat atau semi padat, tetapi aspal akan mudah dicairkan jika dipanaskan.

d. Lalu-Lintas Rencana

1) Peranan dan Fungsi jalan

Sistem jaringan jalan di Indonesia dapat dibedakan atas ;

- (a) Sistem jaringan jalan primer, adalah sistem jaringan jalan dengan peranan pelayanan jasa distribusi di tingkat nasional dengan semua simpul jasa distribusi yang kemudian berwujud kota
- (b) Sistem jaringan jalan sekunder, adalah sistem jaringan jalan dengan pelayanan jasa distribusi untuk masyarakat dalam kota

Sedangkan menurut fungsinya , jalan dapat dibagi atas:

- (a) Jalan arteri, adalah jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien
- (b) Jalan kolektor, adalah jalan yang melayani angkutan pengumpulan/pembagian dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi
- (c) Jalan lokal, adalah jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

2) Konfigurasi Sumbu Ekivalensi

Untuk kebutuhan perencanaan kendaraan yang diperhitungkan ada empat jenis, yaitu sumbu tunggal roda tunggal, sumbu tunggal roda ganda, sumbu tandem roda ganda dan sumbu triple roda ganda.

Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

(a) Angka Ekuivalen Sumbu Tunggal :

$$\frac{(\text{beban satu sumbu tunggal dalam Kg})^4}{8160}$$

(b) Angka Ekuivalen Sumbu Ganda :

$$0,086 \frac{(\text{beban satu sumbu ganda dalam Kg})^4}{8160}$$

Tabel 10. Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Beban Satu Sumbu		Angka Ekuivalen	
Kg	lbs	Sumbu Tunggal	Sumbu Ganda
1000	2205	0,0002	-
2000	4409	0,0036	0,0003
3000	6614	0,0183	0,0016
4000	8818	0,0577	0,0050
5000	11023	0,1410	0,0121
6000	13228	0,2923	0,0251
7000	15432	0,5415	0,0466
8000	17637	0,9238	0,0794
8160	18000	1,0000	0,0860
9000	19841	1,4798	0,1273
10000	22046	2,2555	0,1940
11000	24251	3,3022	0,2840
12000	26455	4,6770	0,4022
13000	28660	6,4419	0,5540
14000	30864	8,6647	0,7452
15000	33069	11,4148	0,9820
16000	35276	14,7815	1,2712

Dari : SKBI 2.3.26.1987 / SNI 03-1732-1989

3) Lajur Rencana

Lajur rencana yaitu lajur yang menerima beban terbesar.

Tabel 11. Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan

Lebar Perkerasan (L)	Jumlah Lajur (n)
$L < 5,50 \text{ m}$	1 Lajur
$5,50 \text{ m} \leq L < 8,25 \text{ m}$	2 Lajur
$8,25 \text{ m} \leq L < 11,25 \text{ m}$	3 Lajur
$11,25 \text{ m} \leq L < 15,00 \text{ m}$	4 Lajur
$15,00 \text{ m} \leq L < 18,75 \text{ m}$	5 Lajur
$18,75 \text{ m} \leq L < 22,00 \text{ m}$	6 Lajur

Dari : SKBI 2.3.26.1987 / SNI 03-1732-1989

Tabel 12. Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

Jumlah Lajur	Kendaraan Ringan*		Kendaraan Berat**	
	1 arah	2 arah	1 arah	2 arah
1 Lajur	1,00	1,00	1,00	1,00
2 Lajur	0,60	0,50	0,70	0,50
3 Lajur	0,40	0,40	0,50	0,475
4 Lajur	–	0,30	–	0,45
5 Lajur	–	0,25	–	0,425
6 Lajur	–	0,20	–	0,40

* berat total < 5 ton, misalnya : mobil penumpang, pick up, mobil hantaran

** berat total ≥ 5 ton, misalnya : bus, truk, traktor, semi trailer, trailer

Dari : SKBI 2.3.26.1987 / SNI 03-1732-1989

4) Usia Rencana

Usia rencana adalah jangka waktu dalam tahun sampai perkerasan harus diperbaiki atau ditingkatkan. Umur rencana ini ditentukan dengan mempertimbangkan pertumbuhan lalu lintas, dan biasanya diambil 20 tahun untuk jalan baru dan selama umur rencana pemeliharaan jalan tetap harus dilakukan.

5) Angka Pertumbuhan Lalu-Lintas

Jumlah lalu lintas akan bertambah baik pada keseluruhan usia rencana atau pada sebagian masa tersebut. Angka pertumbuhan lalu-lintas dapat ditentukan dari hasil survey untuk setiap proyek.

(a) Lintas Ekivalen Permulaan (LEP) :

$$LEP = \sum_{j=1}^n LHR_j \times C_j \times E_j$$

(b) Lintas Ekivalen Akhir (LEA) :

$$LEA = \sum_{j=1}^n LHR_j (1 + i)^{UR} \times C_j \times E_j$$

(c) Lintas Ekivalen Tengah (LET) :

$$LET = \frac{LEP + LEA}{2}$$

(d) Lintas Ekivalen Rencana (LER) :

$$LER = LET \times FP$$

$$FP = \frac{UR}{10}$$

- dimana : i = perkembangan lalu-lintas
- J = jenis kendaraan
- LHR = lalu-lintas harian rata-rata
- UR = usia rencana, (tahun)
- FP = faktor penyesuaian
- n = tahun pengamatan
- Cj = koefisien distribusi kendaraan
- Ej = Angka ekivalen (E) beban sumbu kendaraan

e. Analisis Daya Dukung Tanah Dasar

Analisis daya dukung mempelajari kemampuan tanah dalam mendukung beban struktur yang terletak di atasnya. Bila tanah mengalami pembebanan, tanah akan mengalami penurunan. Jika beban bertambah, penurunan pun juga bertambah. Saat terjadi kondisi dimana pada beban tetap, fondasi mengalami penurunan yang sangat besar. Kondisi ini menunjukkan bahwa keruntuhan kapasitas dukung telah terjadi.

Daya Dukung Tanah Dasar (DDT) ditetapkan berdasarkan grafik korelasi nilai CBR. Nilai CBR yang mewakili daya dukung tanah dasar dipergunakan untuk perencanaan tebal lapis perkerasan.

f. Faktor Regional

Faktor regional (FR) adalah factor koreksi sehubungan dengan adanya perbedaan kondisi dengan kondisi percobaan AASHTO Road Test dan disesuaikan dengan keadaan di Indonesia. FR ini dipengaruhi oleh bentuk alinyemen, persentase kendaraan berat dan yang berhenti serta iklim.

Tabel 13. Faktor Regional (FR)

	Kelandaian I (< 6 %)		Kelandaian II (6 – 10 %)		Kelandaian III (> 10 %)	
	% Kendaraan Berat					
Iklim I < 900 mm/th	0,5	1,0 – 1,5	1,0	1,5 – 2,0	1,5	2,0 – 2,5
Iklim II > 900 mm/th	1,5	2,0 – 2,5	2,0	2,5 – 3,0	2,5	3,0 – 3,5

Dari : SKBI 2.3.26.1987 / SNI 03-1732-1989

g. Indeks Permukaan

Indeks permukaan adalah nilai rata-rata/kehalusan serta kekokohan permukaan yang bertalian dengan tingkat pelayanan bagi lalu-lintas yang lewat.

Tabel 14. Indeks Permukaan pada Akhir Usia Rencana (I_{pt})

LER*)	Klasifikasi Jalan			
	Lokal	Kolektor	Arteri	Tol
< 10	1,0 – 1,5	1,5	1,5 – 2,0	–
10 – 100	1,5	1,5 – 2,0	2,0	–
100 – 1000	1,5 – 2,0	2,0	2,0 – 2,5	–
>1000	–	2,0 – 2,5	2,5	2,5
$I_{pt} = 1,0$	Menyatakan permukaan jalan dalam keadaan rusak berat sehingga sangat mengganggu lalu-lintas kendaraan			
$I_{pt} = 1,5$	Adalah tingkat pelayanan terendah yang masih mungkin (jalan tidak terputus)			
$I_{pt} = 2,0$	Adalah tingkat pelayanan terendah bagi jalan yang masih mantap			
$I_{pt} = 2,5$	Menyatakan permukaan jalan masih cukup stabil dan baik			

*) LER dalam satuan angka ekuivalen 8,16 ton beban sumbu tunggal

Dari : SKBI 2.3.26.1987 / SNI 03-1732-1989

Tabel 15. Indeks Permukaan pada Awal Usia Rencana (I_{po})

Jenis Lapis Perkerasan	I_{po}	Roughness *) (mm/km)
LASTON	≥ 4	≤ 1000
	3,9 – 3,5	> 1000
LASBUTAG	3,9 – 3,5	≤ 2000
	3,4 – 3,0	> 2000
HRA	3,9 – 3,5	≤ 2000
	3,4 – 3,0	> 2000
BURDA	3,9 – 3,5	< 2000
BURTU	3,4 – 3,0	< 2000
LAPEN	3,4 – 3,0	≤ 3000
	2,9 – 2,5	> 3000
LATASBUM	2,9 – 2,5	–
BURAS	2,9 – 2,5	–
LATASIR	2,9 – 2,5	–
JALAN TANAH	$\leq 2,4$	–
JALAN KERIKIL	$\leq 2,4$	–

Dari : SKBI 2.3.26.1987 / SNI 03-1732-1989

h. Indeks Tebal Perkerasan

$$ITP = a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3$$

Dimana : ITP = Indeks Tebal Perkerasan

a = Koefisien Lapisan

D = Tebal Lapisan, (cm)

Tabel 16. Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a1	a2	a3	MS (Kg)	Kt (Kg/cm)	CBR (%)	
0,40	–	–	744	–	–	LASTON
0,35	–	–	590	–	–	
0,32	–	–	454	–	–	
0,30	–	–	340	–	–	
0,35	–	–	744	–	–	LASBUTAG
0,31	–	–	590	–	–	
0,28	–	–	454	–	–	
0,26	–	–	340	–	–	
0,30	–	–	340	–	–	HRA ASPAL MACADAM LAPEN (mekanis) LAPEN (manual)
0,26	–	–	340	–	–	
0,25	–	–	–	–	–	
0,20	–	–	–	–	–	

–	0,28	–	590	–	–	LASTON Atas
–	0,26	–	454	–	–	
–	0,24	–	340	–	–	
–	0,23	–	–	–	–	LAPEN (mekanis)
–	0,19	–	–	–	–	LAPEN (manual)
–	0,15	–	–	22	–	Stabilitas tanah dengan semen
–	0,13	–	–	18	–	
–	0,15	–	–	22	–	Stabilitas tanah dengan kapur
–	0,13	–	–	18	–	
–	0,14	–	–	–	100	Batu pecah (kelas A)
–	0,13	–	–	–	80	Batu pecah (kelas B)
–	0,12	–	–	–	60	Batu pecah (kelas C)
–	–	0,13	–	–	60	SIRTU / Pitrun (kelas A)
–	–	0,12	–	–	50	SIRTU / Pitrun (kelas B)
–	–	0,11	–	–	30	SIRTU / Pitrun (kelas C)
–	–	0,10	–	–	20	Tanah / Lempung kepasiran

Catatan :Keterangan : MS (Marshall Test), Kt (Kuat tekan)

Dari : SKBI 2.3.26.1987 / SNI 03-1732-1989

Tabel 17. Batas-Batas Minimum Tebal Lapisan Perkerasan

ITP	Tebal Min (cm)	Bahan
1. Lapis Permukaan :		
< 3,00	5	Lapis pelindung : (BURAS / BURTU / BURDA)
3,00 – 6,70	5	LAPEN/Aspal macadam, HRA, LASBUTAG, LASTON
6,71 – 7,49	7,5	LAPEN/Aspal macadam, HRA, LASBUTAG, LASTON
7,50 – 9,99	7,5	LASBUTAG, LASTON
≥ 10,00	10	LASTON
2. Lapis Pondasi Atas :		
< 3,00	15	Batu pecah, stabilisasi tanah (dengan semen atau kapur)
3,00 – 7,49	20*)	Batu pecah, stabilisasi tanah (dengan semen atau kapur)
7,50 – 9,99	10	LASTON Atas
	20	Batu pecah, stabilisasi tanah (dengan semen atau kapur) pondasi macadam
10 – 12,14	15	LASTON Atas
	20	Batu pecah, stabilisasi tanah (dengan semen atau kapur), pondasi macadam, LAPEN, LASTON Atas
≥ 12,25	25	LASTON Atas Batu pecah, stabilisasi tanah (dengan semen atau kapur), pondasi macadam, LAPEN, LASTON Atas
*) batas 20 cm tersebut dapat diturunkan menjadi 15 cm bila untuk pondasi bawah digunakan material berbutir Kasar.		
3. Lapis Pondasi Bawah :		
Untuk setiap nilai ITP bila digunakan pondasi bawah, tebal minimum adalah 10 cm		

Dari : SKBI 2.3.26.1987 / SNI 03-1732-1989

E. Tinjauan Penelitian

Ada beberapa tinjauan penelitian, yaitu:

1. Penelitian oleh Elsi Oktriana pada tahun 2007, *Perbaikan Pengembangan Tanah Menggunakan Zat Additive Kapur dengan Pemodelan Alat Konsolidasi*. Sampel tanah berasal dari Jalan Sekincau Dusun Gumbib Ø STA 4 – Ø STA 9 arah Suwuh Kabupaten Lampung Barat. Dari hasil penelitian, berdasarkan klasifikasi *Unified* termasuk jenis tanah berbutir halus dengan golongan CH (lempung anorganik), sedangkan berdasarkan AASHTO tanah termasuk klasifikasi A-7-5, tanah berlempung yang jika digunakan sebagai tanah dasar merupakan tanah bagian sedang sampai baik.

Penambahan kapur dengan kadar 5%, 10% dan 15% dapat mengurangi pengembangan yang terjadi. Nilai potensi pengembangan, batas cair, indeks plastisitas semakin menurun dan nilai berat jenis semakin meningkat. Namun penambahan kapur belum cukup baik untuk usaha stabilisasi tanah menjadi tanah lempung yang baik dan stabil

2. Penelitian oleh Nova Wahyuni pada tahun 2006, *Studi Eksperimen Skala Model Perbaikan Pengembangan Tanah dengan Menggunakan Semen PCC (Portland Composite Cement)*. Sampel tanah berasal dari Jalan Sekincau Dusun Gumbib Ø STA 4 – Ø STA 9 arah Suwuh Kabupaten Lampung Barat. Dari hasil penelitian, berdasarkan klasifikasi AASHTO tanah termasuk klasifikasi A-7-5, yaitu tanah lanau lempung dengan tipe material dominan adalah tanah berlempung, sedangkan berdasarkan *Unified* termasuk tanah berbutir halus dengan plastisitas tinggi (CH) yaitu tanah lempung tak organik. Tanah ini memiliki kandungan air yang cukup tinggi sehingga kurang baik

bila dipadatkan dalam keadaan jenuh, tanah ini merupakan lempung gemuk (*fat clay*) dan berkarakteristik buruk.

Penambahan semen PCC dengan kadar 5%, 10% dan 15% dapat mengurangi pengembangan yang terjadi. Hal ini dapat dilihat dari nilai potensi pengembangan, batas cair, indeks plastisitas yang menurun dan nilai berat jenis yang meningkat. Sampel tanah asli merupakan kategori tanah sangat buruk, setelah dilakukan stabilisasi, tanah masuk kategori sedang sampai buruk.

3. Penelitian yang dilakukan oleh Fahrurrozi pada tahun 2008, *Analisis Tebal Lapis Keras Ruas Jalan Solo KM 8,8 dengan Metode Bina Marga dan AASHTO 1986*.

Rumusan masalahnya adalah Pertumbuhan lalu lintas memberikan dampak negatif pada ruas jalan Solo km 8,8 sampai km 12 yang mengakibatkan turunnya tingkat pelayanan ruas jalan dalam mendukung beban lalu lintas.

Tujuan analisis dengan menggunakan metode Bina Marga dan AASHTO 1986 ini adalah:

- a. Untuk lebih memahami prosedur analisis perhitungan tebal lapis keras lentur ruas jalan dengan metode Bina Marga dan AASHTO 1986.
- b. Membandingkan hasil analisis dan perhitungan kedua metode tersebut terhadap kondisi lapis perkerasan yang ada sekarang.
- c. Menentukan tebal lapisan perkerasan dengan kedua metode tersebut.
- d. Memprediksi kemampuan lapis keras lentur ruas jalan dalam mendukung beban lalu lintas dalam kurun waktu tertentu.

Hasil Penelitian

- a. Ruas jalan Solo km 8,8 sampai km 12, tidak mampu mendukung beban lalu lintas sampai tahun 2009 berdasarkan analisis menggunakan metode Bina Marga dan AASHTO 1986.
- b. Hasil akhir analisis yang dilakukan berdasarkan Metode Bina Marga 1987 dan AASHTO 1986 adalah berbeda. Metode Bina Marga 1987 lebih tebal dibandingkan dengan Metode AASHTO 1986.
- c. Perbedaan hasil akhir analisis disebabkan oleh : faktor lalu lintas, asumsi, parameter dan prosedur analisis yang digunakan pada masing – masing metode.