

## BAB III

### LANDASAN TEORI

#### 3.1. Pengertian Umum Lapis Perkerasan Jalan

Tanah saja biasanya tidak cukup dan tahan menahan deformasi akibat beban roda berulang, untuk itu perlu adanya lapis tambahan yang terletak antara tanah dan roda atau lapisan paling atas dari badan jalan. Lapis tambahan ini dibuat dari bahan khusus yang mempunyai kualitas yang lebih baik dan dapat menyebarkan beban roda yang lebih luas di atas permukaan tanah, sehingga tegangan yang terjadi karena beban lalu lintas menjadi lebih kecil dari tegangan ijin tanah. Bahan ini selanjutnya disebut bahan lapis perkerasan ( pavement ). Dalam membangun suatu struktur perkerasan jalan pada umumnya diinginkan konstruksi yang murah, baik yang berkaitan dengan bahan maupun biaya pelaksanaan dan pemeliharaan dalam berbagai cuaca namun masih dapat memenuhi kebutuhan lalu lintasnya. Umumnya perkerasan jalan terdiri atas beberapa lapis dengan kualitas bahan semakin ke atas semakin baik.

Perkerasan jalan dikelompokkan menjadi perkerasan lentur ( flexible pavement ) dan perkerasan kaku ( rigid pavement ), dalam perkembangan yang ada menunjukkan adanya berbagai jenis perkerasan seperti perkerasan beton prestress, perkerasan cakar ayam, perkerasan con block dan lain-lain ( Suprapto TM, 1999 ).

Menurut *Asphalt Technology and Construction Practice (The Asphalt Institute MS-22, 1983)*, struktur perkerasan jalan terdiri dari :

- a. lapis permukaan (surface course),
- b. lapis pondasi atas (base course),
- c. lapis pondasi bawah (sub base course), dan
- d. tanah dasar (subgrade).

Masing-masing mempunyai fungsi yang berbeda-beda, adapun fungsi masing-masing lapisan tersebut adalah sebagai berikut ini.

- a. Lapis permukaan (surface course)
  1. memberikan suatu permukaan yang rata dan tidak licin,
  2. mendukung dan menyebarluaskan beban vertikal maupun horizontal / gaya geser dari beban kendaraan,
  3. sebagai lapisan kedap air untuk melindungi badan jalan, dan
  4. sebagai lapisan aus.
- b. Lapis pondasi atas (base course)
  1. lapis pendukung bagi lapis permukaan,
  2. pemikul beban horizontal dan vertikal, dan
  3. lapis peresapan bagi lapis pondasi bawah.
- c. Lapis Pondasi Bawah (sub base course)
  1. menyebarluaskan beban roda,
  2. sebagai lapis peresapan,
  3. sebagai lapis pencegah masuknya tanah dasar ke lapis pondasi, dan
  4. sebagai lapisan pertama pada pembuatan struktur perkerasan.

d. Tanah dasar (subgrade)

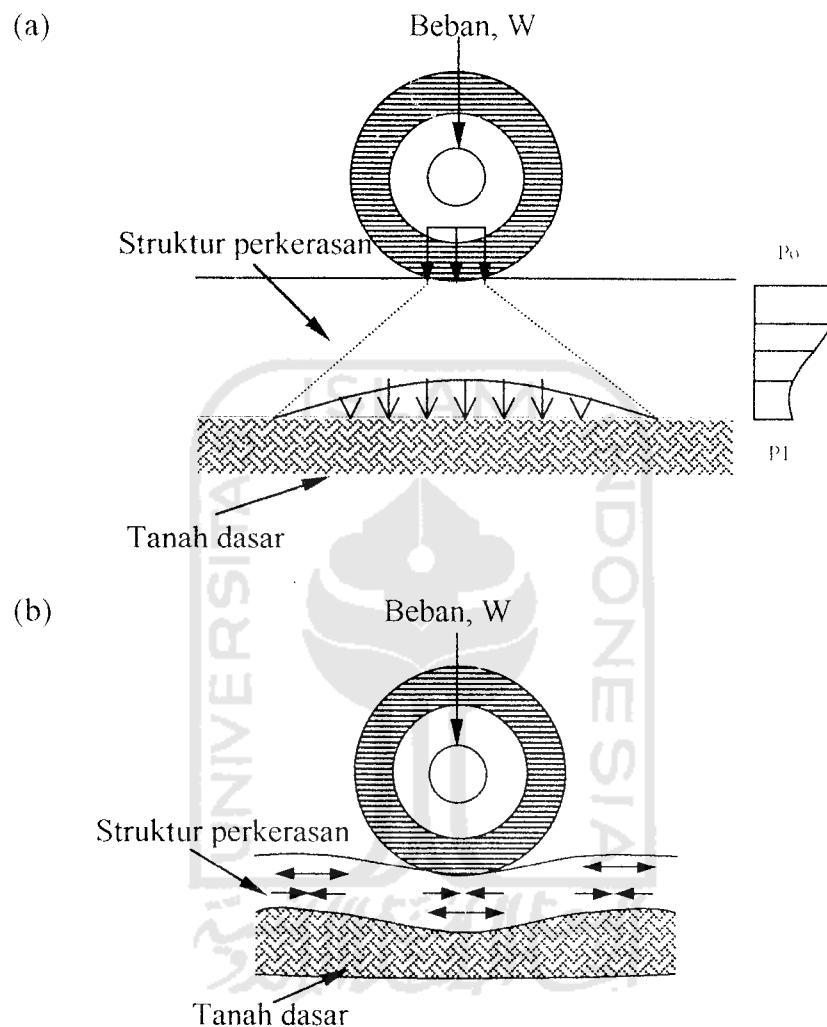
Tanah dasar adalah permukaan tanah asli, permukaan galian atau permukaan tanah timbunan, yang dipadatkan dan merupakan permukaan dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya.

### **3.2 Mekanisme Tegangan dan Regangan pada Struktur Perkerasan**

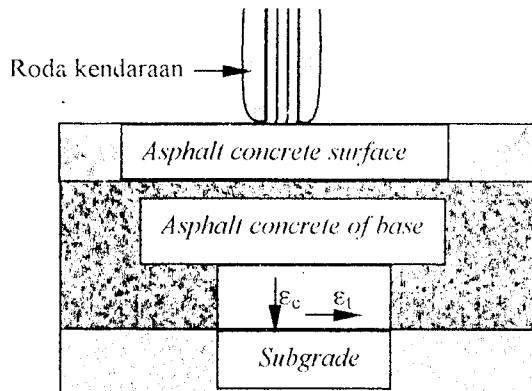
Dua kondisi utama yang terkandung dalam perkerasan jalan raya, yakni tegangan dan regangan seperti ditunjukkan dalam gambar 3.1. Kondisi pertama seperti ditunjukkan pada gambar 3.1.(a), secara umum intensitas tegangan vertikal maksimum akan berkurang sehubungan dengan kedalaman yakni dari po ke p1. Kondisi kedua seperti ditunjukkan dalam gambar 3.1. (b), beban roda melendutkan struktur perkerasan dan menyebabkan tegangan tarik/tekan dan regangan tarik/tekan pada permukaan perkerasan beraspal. Beban di atas permukaan perkerasan dianggap sebagai penyebab kedua regangan tersebut seperti ditunjukkan dalam gambar 3.2 yaitu regangan tarik horisontal ( $\epsilon_t$ ), dan regangan tekan vertikal ( $\epsilon_c$ ). jika regangan tarik horisontal ( $\epsilon_t$ ) berlebih, maka akan terjadi retak pada lapisan beraspal, dan jika regangan tekan vertikal ( $\epsilon_c$ ) berlebih, maka akan terjadi deformasi permanen pada permukaan struktur perkerasan oleh beban berlebihan pada tanah dasar. Akan tetapi besaran-besaran tersebut seperti po, p1,  $\epsilon_t$ , dan  $\epsilon_c$  sangat susah dideteksi dalam waktu yang singkat, serta memerlukan peralatan yang kompleks.

Menurut Gompul Dairi (Pusat Litbang Jalan, 1990) kemunduran struktur perkerasan sangat mempengaruhi kemunduran fungsional. Untuk tujuan fungsional, evaluasi kemunduran perkerasan jalan adalah hubungan antara umur dengan beberapa

parameter seperti : kapasitas struktural, kenyamanan, kerusakan, kelincinan, biaya pemeliharaan, dan biaya operasi kendaraan.



Gambar 3.1. Penyebaran tekanan roda dan lendutan perkerasan yang menghasilkan tegangan tarik dan tekan dalam struktur perkerasan



Gambar 3.2. Letak regangan yang harus dipertimbangkan dalam prosedur desain pada *Full-depth Asphalt Pavement*

### 3.3. Parameter Kerusakan Permukaan Jalan

Parameter kerusakan permukaan jalan menurut *AASHO Road Test 1962*, pada umumnya dinyatakan dalam indek permukaan (IP) yang merupakan fungsi dari :

1. *Slope Variance (SV)*

yaitu variasi sudut gelombang jalan dalam arah memanjang pada jejak ban yang diukur setiap jarak 1 foot (304,8 mm),

2. *Rut Depth (RD)*

yaitu kedalaman rutting permukaan perkerasan pada jejak ban yang diukur pada arah melintang jalan untuk setiap interval 25 feet (7,5 m) panjang jalan,

3. *Crack (C)*

yaitu luas retak yang terjadi pada ruas jalan dalam  $\text{ft}^2$  per 1000  $\text{ft}^2$  luas jalan, dan

#### 4. Patching/pothole (P)

yaitu luas tambalan / lobang yang terjadi pada ruas jalan dalam  $\text{ft}^2$  per 1000  $\text{ft}^2$  luas jalan.

Menurut penelitian *AASHO Road Test* 1962, nilai indek permukaan jalan yang baru dibuka untuk lalu lintas adalah sekitar 4,5 dimana kemunduran yang diakibatkan oleh *rut depth (RD)* berkisar antara 0 – 0,5, sedangkan *crack (C)*, *patching/pothole (P)* memberikan nilai kemunduran indek permukaan berkisar antara 0 – 0,3. Nilai terminal indek permukaan minimum adalah sebesar 1,5 , berarti *slope variance (SV)* memberikan kemunduran indek permukaan sebesar 2,2 – 3, atau kira-kira 74 – 100 %.

Di Indonesia, terminal indek permukaan perkerasan sangat dipengaruhi oleh jumlah lalu lintas kumulatif sampai dengan umur rencana, yang dicantumkan pada desain chart sebagai IPt, seperti tertera dalam “Petunjuk Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Dengan Metode Analisa Komponen, SKBI – 2.3.26.1987.

Persamaan yang dikembangkan oleh AASHO Road Test 1962 pada perkerasan lentur untuk mendapatkan nilai *Serviceability Index (PSI)* atau indek permukaan dengan menggunakan alat pengukur *longitudinal profiler*, *strigth edge* atau *transverse profilometer*, *crack* dan *patching pothole* adalah sebagai berikut ini.

dengan :

PSI = *present serviceability index* (indek permukaan),

SV = rata-rata varian kemiringan memanjang jalan dari jejak roda,

RD = rata-rata ukuran *rutting* dalam inch,

C = *crack*, dinyatakan dalam luas retak ( $\text{ft}^2$ ) setiap 1000  $\text{ft}^2$ , dan

P = luas tambalan atau lobang dinyatakan dalam  $\text{ft}^2$  untuk setiap 1000  $\text{ft}^2$

Untuk menghitung besaran *slope variance* rata-rata (SV) dipakai rumus sebagai berikut ini.

$$\text{SV} = \frac{1}{n-1} \left[ \sum_{i=1}^{i=n} x_i^2 - \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^{i=n} x_i \right)^2 \right] \quad \dots \dots \dots \quad 3.2)$$

Dimana :

$x_i$  = kemiringan relatif antara 2 titik sejarak 1 foot memanjang jalan dalam satuan persen.

n = jumlah data pengamatan sepanjang ruas jalan.

Sedangkan untuk menghitung  $x_i$  dipakai rumus sebagai berikut :

$$X_i = \left( \frac{Y_a}{12} \right) \times 100 \% \quad \dots \dots \dots \quad 3.3)$$

Dimana :

$Y_a$  = selisih tinggi pembacaan *Dipstick floor profiler* dalam satuan inch.

### 3.4. Jenis-Jenis Kerusakan Lapis Perkerasan

Menurut Manual Pemeliharaan Jalan No. 03/MN/B/1983 yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga, kerusakan jalan dapat dibedakan sebagai berikut ini.

1. Retak (cracking), terjadi pada lapisan permukaan jalan dan dapat dibedakan sebagai berikut :

- a. retak halus (hair cracking),
  - b. retak kulit buaya (alligator cracks),
  - c. retak pinggir (edge crack),
  - d. retak sambungan lajur (lane joint crack),
  - e. retak sambungan pelebaran jalan (widening crack),
  - f. retak refleksi (reflection crack),
  - g. retak susut (shrinkage crack), dan
  - h. retak selip (slippage crack).
2. Perubahan bentuk (distortion)  
Distorsi ini dapat dibedakan menjadi :
    - a. alur (ruts),
    - b. keriting (corrugation),
    - c. sungkur (shoving),
    - d. amblas (grade depression), dan
    - e. jembul (upheaval).
  3. Cacat permukaan (disintegration)  
Cacat permukaan ini dapat dibedakan atas :
    - a. lobang (potholes),
    - b. pelepasan butir (raveling ), dan
    - c. pengelupasan lapisan permukaan (stripping).
  4. Pengausan (polished aggregate).
  5. Kegemukan (bleeding).
  6. Penurunan pada bekas penanaman utilitas (utility cut depression).

### **3.5. Metode Analisa Komponen SKBI – 23.26.1987 UDC : 625.73(02)**

Metode Analisa Komponen SKBI – 23.26.1987 UDC : 625.73(02) merupakan metode yang bersumber dari metode AASHTO '72 dan dimodifikasi sesuai dengan jalan di Indonesia dan merupakan penyempurnaan dari Buku Pedoman Penentuan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya No. 01/PD/B/1983. Dengan demikian rumus dasar metode ini diambil dari rumus dasar AASHTO '72 yang telah direvisi, dengan memperhatikan parameter-parameter sebagai berikut :

1. Jumlah lajur dan koefisien distribusi kendaraan (C)

Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan raya yang menampung lalu lintas terbesar. Jika jalan tidak mempunyai tanda batas lajur, maka jumlah lajur ditentukan dari lebar perkerasan menurut tabel 3.1 dan koefisien distribusi kendaraan (C) untuk kendaraan ringan dan berat yang lewat pada lajur rencana ditentukan menurut tabel 3.2.

Tabel 3.1. Jumlah lajur berdasarkan lebar perkerasan

Lebar Perkerasan (L)	Jumlah Lajur (n)
$L < 5,5 \text{ m}$	1 lajur
$5,5 \text{ m} \leq L < 8,25 \text{ m}$	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

Sumber : Metode Analisa Komponen, (Bina Marga, 1987).

Tabel 3.2. 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  $\geq$  5 ton, misalnya : bus, truck, traktor, semi trailer, trailer.

Sumber : Metoda Analisa Komponen, (Bina Marga,1987)

## 2. Lalu Lintas Harian Rata-rata dan Rumus-rumus Lintas Ekivalen

- a. Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) setiap jenis kendaraan ditentukan pada awal umur rencana, yang dihitung untuk dua arah untuk jalan tanpa median atau masing-masing arah untuk jalan dengan median.
  - b. Lintas Ekivalen Permulaan (LEP), dihitung sejak jalan tersebut dibuka (awal umur rencana) dengan rumus :

$$LEP = \sum_{j=1}^n LHR_j \times C_j \times E_j \quad \dots \quad 3.4)$$

Catatan : j = adalah jenis kendaraan.

- c. Lintas Ekivalen Akhir (LEA), dihitung dengan rumus :

$$LEA = \sum_{j=1}^n LHR_j (1+i)^{UR} \times C_j \times E_j \quad \dots \quad 3.5)$$

Catatan : i = perkembangan lalu lintas

j = jenis kendaraan

- d. Lintas Ekivalen Tengah (LET), dihitung dengan rumus :

$$\text{LET} = \frac{\text{LEP} + \text{LEA}}{2} \quad \dots \dots \dots \quad 3.6)$$

- e. Lintas Ekivalen Rencana (LER), dihitung dengan rumus :

$$\text{LER} = \text{LET} \times \text{FP} \quad \dots \dots \dots \quad 3.7)$$

Faktor penyesuaian (FP) ditentukan dengan rumus :

$$\text{FP} = \text{UR} / 10 \quad \dots \dots \dots \quad 3.8)$$

### 3. Angka Ekivalen

Menyatakan perbandingan tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh satu lintasan beban sumbu tunggal kendaraan terhadap tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh satu lintasan beban standar sumbu tunggal seberat 8,16 ton (18.000 lb).

$$\text{Angka Ekivalen}_{\text{sumbu tunggal}} = 1 \times \left[ \frac{\text{Beban satu sumbu tunggal (kg)}}{8160 \text{ kg}} \right]^4 \quad \dots \dots \dots \quad 3.9)$$

$$\text{Angka Ekivalen}_{\text{sumbu ganda}} = 0,086 \times \left[ \frac{\text{Beban satu sumbu ganda (kg)}}{8160 \text{ kg}} \right]^4 \quad \dots \dots \dots \quad 3.10)$$

### 4. Indeks Permukaan

Menyatakan kerataan / kehalusan serta kekokohan permukaan jalan sehubungan dengan tingkat pelayanan bagi lalu lintas yang lewat. Adapun nilai indeks permukaan beserta artinya dapat dilihat dibawah ini :

- IP = 1,0 adalah menyatakan permukaan jalan yang rusak berat,
- IP = 1,5 adalah menyatakan tingkat pelayanan terendah yang masih memungkinkan (jalan tidak terputus),
- IP = 2,0 adalah menyatakan tingkat pelayanan rendah bagi jalan yang masih mantap,
- IP = 2,5 adalah menyatakan permukaan jalan masih cukup stabil dan baik.

Dalam menentukan IP pada akhir umur rencana, perlu dipertimbangkan faktor-faktor klasifikasi fungsional jalan dan jumlah lintas ekivalen rencana (LER) seperti tersebut dalam tabel 3.3.

Tabel 3.3. Indeks Permukaan pada akhir umur rencana.

LER = Lintas Ekivalen Rencana *)	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

\*) LER dalam satuan angka ekivalen 8,16 ton beban sumbu tunggal  
Sumber : Metoda Analisa Komponen, Bina Marga 1987.

Catatan : pada proyek penunjang jalan, JAPAT/Jalan Murah, atau jalan darurat maka IP dapat diambil 1,0.

##### 5. Indeks Tebal Perkerasan (ITP)

Merupakan fungsi dari daya dukung tanah, faktor regional, umur rencana dan indeks permukaan. ITP dapat dicari dengan nomogram yang dikorelasikan dengan nilai daya dukung tanah, LER dan FR serta dipengaruhi oleh indeks permukaan (IP). Nilai ITP dapat dicari dengan rumus :

Keterangan :  $a_1, a_2, a_3$  = koefisien kekuatan relatif bahan perkerasan

$D_1$ ,  $D_2$ ,  $D_3$  = tebal masing-masing perkerasan (cm)

Angka-angka 1, 2, 3, berarti lapis permukaan, lapis pondasi dan lapis pondasi bawah.

Persyaratan tebal masing-masing lapisan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3.4. Tebal Minimum Lapis Permukaan

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
< 3,00	-	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	10,0	Laston

Sumber : Metoda Analisa Komponen, Bina Marga, 1987

## 6. Daya Dukung Tanah Dasar (DDT) dan CBR

Daya dukung tanah dasar ditetapkan berdasarkan grafik korelasi DDT dan CBR. Harga yang mewakili dari sejumlah harga CBR yang dilaporkan, ditentukan sebagai berikut :

- a. ditentukan harga CER terendah,
  - b. ditentukan beberapa harga CBR yang sama dan lebih besar dari masing-masing nilai CBR,
  - c. jumlah terbanyak dinyatakan sebagai 100 %, sedangkan jumlah yang lainnya merupakan prosentase dari 100 %,

- d. dibuat grafik hubungan antara harga CBR dan prosentase jumlah tadi,
- e. nilai CBR rata-rata didapat dari angka prosentase 90 %.

Daya dukung tanah dasar ditetapkan berdasarkan nomogram yang dikorelasikan terhadap nilai CBR rata-rata.

### 7. Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Koefisien kekuatan relatif ditentukan oleh nilai hasil uji Marshall (kg) (untuk bahan dengan aspal), kuat tekan ( $\text{kg/cm}^2$ ) (untuk bahan yang distabilisasi dengan semen atau kapur), atau CBR (%) (untuk bahan pondasi atau pondasi bawah). Nilai koefisien relatif untuk masing-masing bahan di Indonesia telah ditetapkan oleh Bina Marga dalam Metode Analisa Komponen, 1987.

### 8. Faktor Regional

Faktor regional yaitu faktor yang menunjukkan keadaan lingkungan suatu tempat. Di Indonesia perbedaan kondisi lingkungan yang dipertimbangkan meliputi :

- a. kondisi lapangan, yaitu tingkat permeabilitas tanah dasar, perlengkapan drainasi, bentuk alinyemen serta kendaraan berat  $\geq 13$  ton dan kendaraan berhenti,
- b. iklim, mencakup curah hujan rata-rata pertahun.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 3.5

Tabel 3.5. Faktor Regional

	Kelandaihan I (< 6 %)		Kelandaihan II (6 – 10 %)		Kelandaihan III (> 10 %)	
	% kendaraan berat		% kendaraan berat		% kendaraan berat	
	$\leq 30\%$	$> 30\%$	$\leq 30\%$	$> 30\%$	$\leq 30\%$	$> 30\%$
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

Sumber : Metoda Analisa Komponen, Bina Marga, 1987.

### 3.6. Pelapisan Tambahan

Untuk perhitungan pelapisan tambahan (overlay), kondisi perkerasan jalan lama (existing pavement) dinilai sesuai daftar dibawah ini :

Daftar 3.1. Nilai Kondisi Perkerasan Jalan

1. Lapis permukaan :	
Umumnya tidak retak, hanya sedikit deformasi	
Pada jalur roda.....	90 – 100 %
Terlihat retak halus, sedikit deformasi pada jalur roda tapi masih tetap stabil.....	70 – 90 %
Retak sedang, beberapa deformasi pada jalur roda, pada dasarnya masih menunjukkan kestabilan.....	50 – 70 %
Retak banyak, demikian juga deformasi pada jalur roda, menunjukkan gejala ketidakstabilan.....	30 – 50 %
2. Lapis pondasi :	
a. Pondasi aspal beton atau penetrasi macadam.	
Umumnya tidak retak.....	90 – 100 %
Terlihat retak halus namun masih stabil.....	70 – 90 %
Retak sedang, pada dasarnya masih menunjukkan kestabilan.....	50 – 70 %
Retak banyak, menunjukkan gejala ketidakstabilan.....	30 – 50 %
b. Stabilisasi tanah dengan semen atau kapur :	
Indek plastisitas $\leq 10$ .....	70 – 100 %
c. Pondasi macadam atau batu pecah :	
Indek plastisitas $\leq 6$ .....	80 – 100 %
3. Lapis pondasi bawah :	
Indek plastisitas $\leq 6$ .....	90 – 100 %
Indek plastisitas $> 6$ .....	70 – 90 %

Sumber : Perencanaan tebal perkerasan jalan raya dengan metode analisa komponen, Bina Marga, 1987.