

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan oleh Femy Arizona dan Agus Taufik Mulyono (2015) dengan judul Biaya Penanganan Jalan Nasional Berdasarkan Kondisi Kerusakan Jalan dan Modulus Efektif Perkerasan Pada Ruas Jalan Nasional di Demak. Penelitian ini bertujuan menghitung kebutuhan biaya opsi perbaikan yang didapat berdasarkan kondisi kerusakan jalan yang dianalisis dengan metode PCI. Kemudian hasilnya dibandingkan dengan kebutuhan biaya *overlay* yang dianalisis berdasarkan modulus efektif perkerasan dengan metode AASHTO (1993) serta kebutuhan biaya *overlay* yang dianalisis dengan metode Bina Marga (2005). Hasil penelitian ini adalah analisis kondisi kerusakan jalan dengan Metode PCI memberikan opsi perbaikan yang lebih detail karena survei tersebut dilaksanakan secara menyeluruh sehingga hasil rekomendasi benar-benar mewakili segmen yang dianalisis. Sedangkan analisis kebutuhan tebal *overlay* dengan Metode AASTHO (1993) dan Metode Bina Marga (2005) memberikan opsi perbaikan kurang optimal karena dalam satu segmen sepanjang 100 meter rekomendasi ditentukan dengan analisis yang berdasarkan pada satu kali uji lendutan. Selain itu biaya penanganan kerusakan jalan akan optimal apabila penanganan kerusakan jalan dilaksanakan pada saat kerusakan jalan masih memiliki tingkat keparahan rendah (nilai kondisi *excellent* dan *very good*).

Penelitian yang dilakukan oleh Irwan Lie Keng Wong (2013), dengan judul Studi Perbandingan Perkerasan Jalan Lentur Metode Bina Marga Dan AASTHO Dengan Menggunakan Uji *Dynamic Cone Penetration* (Ruas Jalan Bungku - Funuasingko Kabupaten Morowali). Tujuan penelitian adalah membandingkan tebal perkerasan jalan lentur dengan metode Bina Marga dan Metode AASTHO pada nilai CBR tanah dasar yang sama yang diperoleh dari uji *Dynamic Cone Penetration*. Metode penelitian merupakan metode riset atau pengujian lapangan dengan melakukan pengujian test DCP (*Dynamic Cone Penetration*), lokasi pengujian pada ruas Jalan Bungku - Funuasingko Kabupaten Morowali, dilaksanakan pada 2 (dua) segmen, yaitu Segmen I : Sta 00+000 – Sta 05+000 dan Segmen II : Sta 05+000 – Sta 10+000. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada nilai CBR tanah dasar yang sama maka tebal lapis perkerasan jalan dengan Metode AASHTO lebih besar atau lebih tebal daripada menggunakan Metode Bina Marga khususnya pada lapisan pondasi bawah perkerasan jalan lentur. Pada segmen I : Sta 00+000 – Sta 05+000 diperoleh Nilai CBR tanah 5,2%, dengan Metode Bina Marga diperoleh tebal perkerasan pondasi dasar setebal 30 cm dan dengan Metode AASTHO setebal 49 cm. Pada segmen II : Sta 05+000 – Sta 10+000 diperoleh Nilai CBR tanah 4,7%, dengan Metode Bina Marga diperoleh tebal perkerasan pondasi dasar setebal 34 cm dan dengan Metode AASTHO setebal 50,2 cm.

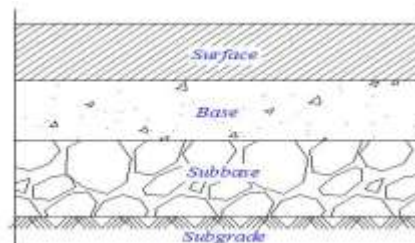
2.2. Dasar Teori

2.2.1. Jenis Konstruksi Perkerasan

Berdasarkan bahan pengikatnya konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu:

1. Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan lentur adalah konstruksi perkerasan yang terdiri dari lapisan-lapisan perkerasan yang dihampar diatas tanah dasar yang dipadatkan. Lapisan tersebut dapat menggunakan aspal sebagai bahan pengikat.



Gambar 2.1. Struktur Perkerasan Lentur
Sumber : Sukirman, 1999

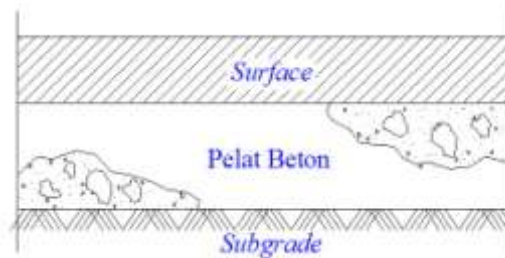
Kekuatan konstruksi perkerasan ini ditentukan oleh kemampuan penyebaran tegangan tiap lapisan, yang ditentukan oleh tebal lapisan tersebut dan kekuatan tanah dasar yang diharapkan. Struktur perkerasan beraspal pada umumnya terdiri atas: Lapisan Tanah Dasar (*subgrade*), Lapis Pondasi Bawah (*Subbase*), Lapis Pondasi Atas (*Base*) dan Lapis Permukaan (*Surface*).

2. Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan kaku adalah perkerasan yang menggunakan semen sebagai bahan pengikat. Beton dengan tulangan atau tanpa tulangan diletakkan di atas lapis pondasi bawah atau langsung di atas tanah dasar yang sudah disiapkan, dengan atau tanpa lapisan aspal sebagai lapis permukaan.

Perkerasan beton mempunyai kekakuan atau modulus elastisitas yang tinggi dari perkerasan lentur. Beban yang diterima akan disebarkan ke lapisan dibawahnya sampai ke lapis tanah dasar. Dengan kekakuan beton yang tinggi, maka beban yang disalurkan tersebut berkurang tekanannya karena makin luasnya areal yang menampung tekanan beban sehingga mampu dipikul oleh lapisan dibawah (tanah dasar) sesuai dengan kemampuan CBR.

Struktur perkerasan kaku pada umumnya terdiri atas: Lapisan Tanah Dasar (*subgrade*), pelat beton dan lapis permukaan.



Gambar 2.2. Struktur Perkerasan Kaku yang Dilapisi Aspal (Komposit)
Sumber : Sukirman, 1999

Pelat beton semen mempunyai sifat yang cukup kaku serta dapat menyebarkan beban pada bidang yang luas dan menghasilkan tegangan yang rendah pada lapisan-lapisan di bawahnya. Untuk tingkat kenyamanan yang tinggi, biasanya perkerasan kaku dilapisi perkerasan beraspal.

2.2.2. Parameter Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Parameter-parameter yang digunakan dalam perhitungan perkerasan lentur jalan adalah:

- 1) Jumlah jalur dan koefisien distribusi kendaraan (C) untuk menghitung lalu lintas ekuivalen sesuai dengan Petunjuk perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen (SKBI – 2.3.26.1987).

Tabel 2.1. Tabel Koefisien Distribusi Arah Kendaraan

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

** beart total ≥ 5 Ton, misalnya : bus, truck, traktor, semi triler, trailer

Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan 02/M/BM/2013

- 2) Angka ekuivalen sumbu kendaraan (E) Angka ekuivalen masing-masing golongan beban sumbu untuk setiap ken-daraan ditentukan dengan rumus :

- a. Untuk sumbu tunggal

$$E = \left[\frac{P(\text{kg})}{8.160} \right]^4 \quad (2.1)$$

- b. Untuk sumbu ganda

$$E = 0,086 \times \left[\frac{P(\text{kg})}{8.160} \right]^4 \quad (2.2)$$

c. Untuk sumbu tripel

$$E = 0,053 x \left[\frac{P(\text{kg})}{8.160} \right]^4 \quad (2.3)$$

3) Lalu lintas harian rata-rata

a. Lalu lintas harian rata-rata setiap jenis kendaraan ditentukan pada awal umur rencana, yang dihitung untuk dua arah pada jalan tanpa median atau masing-masing arah pada jalan dengan median.

b. Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP), yang dihitung dengan rumus:

$$\text{LEP} = \sum \text{LHR}_j \times C_j \times E_j \quad (2.4)$$

di mana :

C_j = koefisien distribusi arah

j = masing-masing jenis kendaraan

c. Lintas Ekuivalen Akhir (LEA), yang dihitung dengan rumus:

$$\text{LEA} = \sum \text{LHR}_j (1+i)^{\text{UR}} \times C_j \times E_j \quad (2.5)$$

di mana :

i = tingkat pertumbuhan lalu lintas

j = masing-masing jenis kendaraan

UR = Umur Rencana

d. Lintas Ekuivalen Tengah, yang dihitung dengan rumus:

$$\text{LET} = \frac{\text{LEP} + \text{LEA}}{2} \quad (2.6)$$

e. Lintas Ekuivalen Rencana, yang dihitung dengan rumus:

$$\text{LER} = \text{LET} \times \text{FP} \quad (2.7)$$

di mana :

FP = Faktor Penyesuaian

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

4) Umur Rencana

Umur rencana adalah waktu dalam tahun dihitung mulai dibukanya jalan sampai saat diperlukannya perbaikan berat atau telah dianggap perlu memberi lapisan permukaan baru. Agar jalan tetap berfungsi dengan baik. Umur rencana lebih besar dari 20 tahun tidak ekonomis karena perkembangan lalu lintas yang terlalu besar dan sukar mendapat ketelitian untuk memperkirakan lalu lintas yang akan datang.

5) Daya Dukung Tanah Dasar (DDT) dan *California Bearing Ratio* (CBR)

CBR merupakan perbandingan beban penetrasi pada suatu bahan dengan beban standar pada penetrasi dan kecepatan pembebanan yang sama. Berdasarkan cara mendapatkan contoh tanahnya, CBR dapat dibagi atas:

- a. CBR lapangan, disebut juga $CBR_{inplace}$ atau *field CBR*.

Gunanya untuk mendapatkan nilai CBR asli di lapangan sesuai dengan kondisi tanah saat itu dimana tanah dasarnya sudah tidak akan dipadatkan lagi. Pemeriksaan dilakukan saat kadar air tanah tinggi atau dalam kondisi terburuk yang mungkin terjadi.

- b. CBR lapangan rendaman / *Undisturb soaked CBR*

Gunanya untuk mendapatkan besarnya nilai CBR asli di lapangan pada keadaan jenuh air, dan tanah mengalami pengembangan maksimum. Pemeriksaan dilaksanakan pada kondisi tanah dasar tidak dalam keadaan

jenuh air. Hal ini sering digunakan untuk menentukan daya dukung tanah di daerah yang lapisan tanah dasarnya sudah tidak akan dipadatkan lagi, terletak di daerah yang badan jalannya sering terendam air pada musim hujan dan kering pada musim kemarau. sedangkan pemeriksaan dilakukan di musim kemarau.

c. CBR rencana titik / CBR laboratorium / desain CBR

Tanah dasar (*subgrade*) pada konstruksi jalan baru merupakan tanah asli, tanah timbunan, atau tanah galian yang sudah dipadatkan sampai kepadatan 95% kepadatan maksimum. Dengan demikian daya dukung tanah dasar tersebut merupakan nilai kemampuan lapisan tanah memikul beban setelah tanah tersebut di padatkan. Data CBR yang digunakan adalah harga-harga CBR dari pemeriksaan lapangan dan uji laboratorium. data CBR ditentukan nilai CBR terendah, kemudian ditentukan harga CBR yang mewakili atau CBR segmen. Dalam menentukan CBR segmen terdapat 2 cara yaitu :

$$1. \text{ Secara analitis } CBR_{\text{segmen}} = CBR_{\text{rata-rata}} - (CBR_{\text{maks}} - CBR_{\text{min}}) / R$$

Dimana harga R tergantung dari jumlah data yang terdapat dalam satu segmen

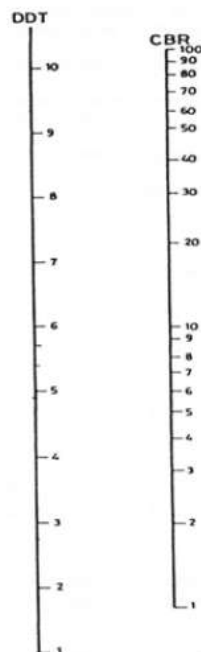
Tabel 2.2. Nilai R Untuk Perhitungan CBR Segmen

Jumlah Titik Pengamatan	Nilai R
2	1,41
3	1,91
4	2,24
5	2,48
6	2,67
7	2,83
8	2,96
9	3,08
>10	3,18

Sumber: Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen No. 387-KPTS-19872.

2. Secara Grafis Tentukan data CBR yang sama dan lebih besar dari masing-masing nilai pada data CBR. Angka dengan jumlah terbanyak dinyatakan dalam angka 100 %, sedangkan jumlah lainnya merupakan prosentase dari angka 100 % tersebut. Dari angka-angka tersebut dibuat grafik hubungan antara harga CBR dan angka prosentasenya. Ditarik garis dari angka prosentase 90 % menuju grafik untuk memperoleh nilai CBR segmen.

Dari nilai CBR segmen yang telah ditentukan dapat diperoleh nilai DDT dari grafik korelasi DDT dan CBR, dimana grafik DDT dalam skala linier, dan grafik CBR dalam skala logaritma. Hubungan tersebut digambarkan pada Gambar sebagai berikut:



Gambar 2.3. Korelasi antara DDT dan CBR

Sumber: Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen No. 387-KPTS-1987

Selain menggunakan grafik tersebut, nilai DDT dari suatu Harga CBR juga dapat ditentukan menggunakan rumus :

$$DDT = 1,6649 + 4,3592 \log (\text{CBR}) \quad (2.8)$$

Dimana hasil yang diperoleh dengan kedua cara tersebut relatif sama.

6) Faktor Regional

Faktor Regional adalah keadaan lapangan yang mencakup permeabilitas tanah, perlengkapan drainase, bentuk alinyemen, prosentase kendaraan berat dengan $MST \geq 13$ ton dan kendaraan yang berhenti, serta iklim. Peraturan Pelaksanaan Pembangunan Jalan Raya menentukan bahwa faktor yang menyangkut permeabilitas tanah hanya dipengaruhi oleh alinyemen, prosentase kendaraan berat dan kendaraan yang berhenti, serta alinyemen. Untuk kondisi tanah pada daerah rawa-rawa ataupun daerah terendam, nilai FR yang diperoleh dari tabel berikut :

Tabel 2.3. Faktor Regional (FR)

	Kelayaan I (< 6 %)		Kelayaan II (6-10%)		Kelayaan III (> 10 %)	
	% Kendaraan Berat					
	30%	30%	30%	30%	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	5,5 - 3,0	2,5	3,0 - 3,5

Sumber: Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen No. 387-KPTS-1987

7) Indeks Permukaan (IP)

Indeks permukaan menyatakan nilai dari kehalusan serta kekokohan permukaan yang bertalian dengan tingkat pelayanan bagi lalu lintas yang lewat. Nilai indeks permukaan awal (IPo) ditentukan dari jenis lapis permukaan dan nilai indeks permukaan akhir (IPt) ditentukan dari nilai LER.

Adapun nilai IPo dan IPt dari masing-masing jenis lapis permukaan disajikan dalam tabel berikut :

Tabel 2.4. IP_o terhadap Jenis Lapis Permukaan

Jenis Lapis Permukaan	IPo	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	≤ 2,4	
Jalan Kerikil	≤ 2,4	

Sumber : Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Pt T-01-2002-B

Tabel 2.5. Indeks Permukaan Akhir Umur Rencana (IPt)

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 – 1.000	1,5 - 2,0	2,0	2,0 - 2,5	-
> 1.000	-	2,0 - 2,5	2,5	2,5

Sumber : Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Pt T-01-2002-B

Nilai IPt lebih kecil dari 1,0 menyatakan permukaan jalan dalam kondisi rusak berat dan amat mengganggu lalu lintas kendaraan yang melewatinya. Tingkat pelayanan jalan terendah masih mungkin dilakukan dengan nilai IPt sebesar 1,5. tingkat pelayanan jalan masih cukup mantap dinyatakan dengan nilai IPt sebesar 2,0. sedangkan nilai IPt sebesar 2,5 menyatakan permukaan jalan yang masih baik dan cukup stabil.

8) Indeks Tebal Perkerasan (ITP)

Indeks Tebal Perkerasan (ITP) merupakan indeks yang diturunkan dari analisis lalu-lintas, kondisi tanah dasar, dan faktor lingkungan yang dikonversi menjadi tebal lapisan perkerasan dengan menggunakan koefisien kekuatan relatif untuk setiap jenis material yang digunakan sebagai lapis struktur perkerasan.

Untuk mendapatkan nilai ITP, bisa menggunakan rumus sesuai standar pedoman teknis jalan lentur (2002) di bawah ini :

$$\log W_t = Z_R \times S_o + 9,36 \log(SN + 1) - 0,20 + \frac{\log \left[\frac{\Delta PSI}{4,2 - 1,5} \right]}{0,40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5,19}}} + 2,32 \log MR - 8,07$$

W_t = Jumlah beban gandar tunggal standar kumulatif

MR = Modulus Resilien Tanah Dasar

S_o = Standar deviasi

Z_R = Penyimpangan normal standar

ΔPSI = Selisih Indeks Permukaan awal dan indeks Permukaan akhir

9) Koefisien Kekuatan Relatif Bahan (a)

Koefisien kekuatan relatif bahan-bahan yang digunakan sebagai lapis permukaan, lapis pondasi, dan lapis pondasi bawah disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 2.6. Koefisien Kekuatan Relatif

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a1	a2	a3	MS (Kg)	Kt (kg/cm ²)	CBR (%)	
0,40			744			LASTON
0,35			590			
0,32			454			
0,30			340			
0,35			744			LABUSTAG
0,31			590			
0,28			454			
0,26			340			
0,30			340			HRA Aspal Makadam 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 LAPEN manual
	0,19					
	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	
	0,12				60	
		0,13			70	
		0,12			50	Sirtu Kelas B
		0,11			30	Sirtu Kelas C
		0,10			20	Tanah Lempung / Kepasiran

Sumber: Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen No. 387-KPTS-1987

10) Tebal Minimum Lapis Perkerasan

Tebal minimum lapis perkerasan ditentukan dengan tabel batas minimum lapis permukaan dan lapis pondasi dibawah ini. Sedangkan tabel minimum lapis pondasi bawah untuk setiap nilai ITP ditentukan sebesar 10 cm.

Tabel 2.7. Tebal Minimum Lapis Perkerasan

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
< 3,00	5	Lapis pelindung (Buras/Burtu/Burda)
3,00 - 6,70	5	Laston / 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

Sumber : Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Pt T-01-2002-B

Tabel 2.8. Batas Minimum Tebal Lapis Pondasi

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
< 3,00	15	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur
3,00 - 7,49	20	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur
7,50 - 9,99	20	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadam
10,00 - 12,14	20	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadam, lapen, laston atas
> 12,25	25	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadam, lapen, laston atas

Sumber: Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen No. 387-KPTS-1987

Dari parameter-parameter tersebut kemudian diperoleh nilai ITP dan nilai koefisien kekuatan relatif untuk masing-masing bahan perkerasan. Tebal masing-masing bahan perkerasan untuk masing-masing lapis permukaan, lapis pondasi, dan lapis pondasi bawah dapat dihitung dengan rumus :

$$ITP = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 + a_3 \cdot D_3 \quad (2.9)$$

di mana :

ITP = Indeks Tebal Perkerasan

a_1, a_2, a_3 = Koefisien kekuatan relatif bahan untuk masing-masing lapisan perkerasan

D_1, D_2, D_3 = Tebal masing-masing lapis perkerasan

2.2.3. Jenis Kerusakan Jalan

Jenis kerusakan jalan pada perkerasan dapat dikelompokkan menjadi 2 macam, yaitu kerusakan fungsional dan kerusakan structural

1. Kerusakan Fungsional

Kerusakan fungsional adalah kerusakan pada permukaan jalan yang dapat menyebabkan terganggunya fungsi jalan tersebut. Kerusakan ini dapat berhubungan atau tidak dengan kerusakan structural. Pada kerusakan fungsional, perkerasan jalan masih mampu menahan beban yang bekerja namun tidak memberikan tingkat kenyamanan dan keamanan seperti yang diinginkan. Untuk itu lapis permukaan perkerasan harus dirawat agar tetap dalam kondisi baik dengan menggunakan metode perbaikan standar Direktorat Jendral Bina Marga 1995.

2. Kerusakan Struktural

Kerusakan struktural adalah kerusakan pada struktur jalan, sebagian atau seluruhnya yang menyebabkan perkerasan jalan tidak lagi mampu menahan beban yang bekerja di atasnya. Untuk itu perlu adanya perkuatan struktur dari perkerasan dengan cara pemberian pelapisan ulang (*overlay*), perbaikan dengan perkerasan kaku (*rigid pavement*), dan perbaikan dengan CTRB (*Cement Treated Recycling Base*).

2.2.4. Jenis Penanganan Kerusakan Jalan

2.2.4.1. Metode Perbaikan Standar

Penanganan kerusakan jalan pada lapisan lentur menggunakan metode perbaikan standar Direktorat Jendral Bina Marga 1995. Jenis-jenis metode penanganan tiap-tiap kerusakan adalah :

1. Metode Perbaikan P1 (Penebaran Pasir)

a) Jenis kerusakan yang ditangani :

Lokasi-lokasi kegemukan aspal terutama pada tikungan dan tanjakan.

b) Langkah penanganannya:

- Memobilisasi peralatan, pekerja dan material ke lapangan.
- Memberikan tanda pada jalan yang akan diperbaiki.
- Membersihkan daerah dengan *air compressor*.
- Menebarkan pasir kasar atau agregat halus (tebal > 10mm) di atas permukaan yang terpengaruh kerusakan.
- Melakukan pemadatan dengan pemadat ringan (1 - 2) ton sampai diperoleh permukaan yang rata dan mempunyai kepadatan optimal (kepadatan 95%).

2. Metode Perbaikan P2 (Pelaburan Aspal Setempat)

a) Jenis kerusakan yang ditangani :

- Kerusakan tepi bahu jalan beraspal
- Retak buaya < 2mm
- Retak garis lebar < 2mm
- Terkelupas

b) Langkah penanganannya :

- Memobilisasi peralatan, pekerja dan material ke lapangan.
- Membersihkan bagian yang akan ditangani dengan *air compressor*, permukaan jalan harus bersih dan kering.
- Menyemprotkan dengan aspal keras sebanyak $1,5 \text{ kg/m}^2$ dan untuk *cut*

back 1 liter/ m².

- Menebarkan pasir kasar atau agregat halus 5 mm hingga rata.
- Melakukan pemadatan mesin *pneumatic* sampai diperoleh permukaan yang rata dan mempunyai kepadatan optimal (kepadatan 95%).

3. Metode Perbaikan P3 (Pelapisan Retakan)

a) Jenis kerusakan yang ditangani :

Lokasi-lokasi retak satu arah dengan lebar retakan < 2mm

b) Langkah penanganannya :

- Memobilisasi peralatan, pekerja dan material ke lapangan.
- Membersihkan bagian yang akan ditangani dengan *air compressor*, sehingga permukaan jalan bersih dan kering.
- Menyemprotkan *tack coat* (0,2 liter/ m² di daerah yang akan di perbaiki).
- Menebar dan meratakan campuran aspal beton pada seluruh daerah yang telah diberi tanda.
- Melakukan pemadatan ringan (1 –2) ton sampai diperoleh permukaan yang rata dan kepadatan optimum (kepadatan 95%).

4. Metode Perbaikan P4 (Pengisian Retak)

a) Jenis kerusakan yang ditangani :

Lokasi-lokasi retak satu arah dengan lebar retakan > 2 mm

b) Langkah penanganannya :

- Memobilisasi peralatan, pekerja dan material ke lapangan.
- Membersihkan bagian yang akan ditangani dengan *air compressor*, sehingga permukaan jalan bersih dan kering.

- Mengisi retakan dengan aspal *cut back* 2 liter/ m² menggunakan aspal *sprayer* atau dengan tenaga manusia.
- Menebarkan pasir kasar pada retakan yang telah diisi aspal (tebal 10 mm)
- Memadatkan minimal 3 lintasan dengan *baby roller*.

5. Metode Perbaikan P5 (Penambalan Lubang)

a) Jenis kerusakan yang ditangani :

- Lubang kedalaman > 50 mm
- Keriting kedalaman > 30 mm
- Alur kedalaman > 30 mm
- Ambles kedalaman > 50 mm
- Jembul kedalaman > 50 mm
- Kerusakan tepi perkerasan jalan, dan
- Retak buaya lebar > 2mm

b) Langkah penanganannya :

- Menggali material sampai mencapai lapisan dibawahnya.
- Membersihkan bagian yang akan ditangani dengan tenaga manusia.
- Menyemprotkan lapis resap pengikat *prime coat* dengan takaran 0.5l iter/m².
- Menebarkan dan memadatkan campuran aspal beton sampai diperoleh permukaan yang rata.
- Memadatkan dengan *baby roller* (minimum 5 lintasan).

6. Metode Perbaikan P6 (Perataan)

a) Jenis kerusakan yang ditangani :

- Lokasi keriting dengan kedalaman < 30 mm
- Lokasi lubang dengan kedalaman < 50 mm
- Lokasi alur dengan kedalaman < 30 mm
- Lokasi terjadinya penurunan dengan kedalaman < 50 mm
- Lokasi jembul dengan kedalaman < 50 mm

b) Langkah penanganannya :

- Membersihkan bagian yang akan ditangani dengan tenaga manusia.
- Melaburkan *tack coat* 0,5 5l iter/m².
- Menaburkan campuran aspal beton kemudian memadatkannya sampai diperoleh permukaan yang rata.
- Memadatkan dengan *baby roller* (minimum 5 lintasan).

2.2.4.2. Perbaikan Jalan dengan *Overlay*

Konstruksi jalan yang telah habis masa pelayanannya, telah mencapai indeks permukaan akhir yang perlu diberi lapis tambahan untuk dapat kembali mempunyai nilai kekuatan, tingkat kenyamanan, tingkat keamanan, tingkat kekedapan terhadap air dan tingkat kecepatan air mengalir. Langkah-langkah untuk merencanakan perbaikan jalan dengan *overlay* adalah sebagai berikut:

1. Lalu-Lintas Harian Rata-Rata (LHR)

Menghitung lalu-lintas harian rata-rata (LHR) diperoleh dengan *survey* secara langsung dilapangan, masing-masing kendaraan dikelompokan menurut

jenis dan beban kendaraan dengan satuan kendaraan/hari/2 lajur.

2. Koefisien Kekuatan Relatif (a) dari Tiap Jenis Lapisan

Kekuatan struktur perkerasan jalan lama (*existing pavement*) diukur menggunakan alat FWD atau dinilai dengan menggunakan tabel berikut

Tabel 2.9. Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Bahan	Kondisi Permukaan	Koefisien kekuatan relatif (a)
Lapis permukaan Beton aspal	Terdapat sedikit atau sama sekali tidak terdapat retak kulit buaya dan/atau Hanya terdapat retak melintang dengan tingkat keparahan rendah	0.35 –0.40
	<10% retak kulit buaya dengan tingkat keparahan rendah dan/atau	0.25 –0.35
	<5% retak melintang dengan tingkat keparahan sedang dan tinggi >10% retak kulit buaya dengan tingkat keparahan rendah dan/atau	0.20 –0.30
	<10% retak kulit buaya dengan tingkat keparahan sedang dan/atau 5-10% retak melintang dengan tingkat keparahan sedang dan tinggi	0.14 –0.20
	>10% retak kulit buaya dengan tingkat keparahan sedang dan/atau <10% retak kulit buaya dengan tingkat keparahan tinggi dan/atau	0.08 –0.15
	>10% retak melintang dengan tingkat keparahan sedang dan tinggi >10% retak kulit buaya dengan tingkat keparahan tinggi dan/atau >10% retak melintang dengan tingkat keparahan tinggi	
Lapis pondasi yang distabilisasi	Terdapat sedikit atau sama sekali tidak terdapat retak kulit buaya dan/atau Hanya terdapat retak melintang dengan tingkat keparahan rendah	0.20 –0.35
	<10% retak kulit buaya dengan tingkat keparahan rendah dan/atau <5% retak melintang dengan tingkat keparahan sedang dan tinggi	0.15 –0.25
	>10% retak kulit buaya dengan tingkat keparahan rendah dan/atau <10% retak kulit buaya dengan tingkat keparahan sedang dan/atau	0.15 –0.20
	>5-10% retak melintang dengan tingkat keparahan sedang dan tinggi >10% retak kulit buaya dengan tingkat keparahan sedang dan/atau	0.10 –0.20
	<10% retak kulit buaya dengan tingkat keparahan tinggi dan/atau >10% retak melintang dengan tingkat keparahan sedang dan tinggi	0.08 –0.15
	>10% retak kulit buaya dengan tingkat keparahan tinggi dan/atau >10% retak melintang dengan tingkat keparahan tinggi	
Lapis pondasi Atau lapis pondasi bawah Granular	Tidak ditemukan adanya <i>pumping, degradation, or contamination by fines.</i>	0.10 –0.14
	Terdapat <i>pumping, degradation, or contamination by fines</i>	0.00 –0.10

Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan 02/M/BM/2013

3. Tebal Lapisan Jalan Lama

Struktur perkerasan lentur umumnya terdiri dari: lapis pondasi bawah (*subbase course*), lapis pondasi (*base course*), dan lapis permukaan (*surface course*). Untuk mengetahui tebal lapisan jalan lama dapat diperoleh dari Departemen Pekerjaan Umum setempat.

4. Indeks Tebal Perkerasan Ada (ITP_{ada})

Indeks tebal perkerasan ada (ITP_{ada}) diperoleh dari mengalikan masing-masing tebal lapisan jalan (subbase course, base course, dan surface course) dengan koefisien kekuatan relative (a).

5. Angka Ekuivalen Beban Gandar Sumbu Kendaraan (E)

Angka ekuivalen (E) masing-masing golongan beban gandar sumbu (setiap kendaraan) ditentukan menurut tabel pada Lampiran D Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur 2002. Tabel ini hanya berlaku untuk roda ganda. Untuk roda tunggal karakteristik beban yang berlaku agar berbeda dengan roda ganda. Untuk roda tunggal dipergunakan rumus berikut :

$$\text{Angka Ekuivalen} = \left[\frac{\text{Beban gandar satu sumbu tunggal}}{53 \text{ KN}} \right]^4 \quad (2.8)$$

6. Lalu-Lintas Pada Lajur Rencana

Lalu lintas pada lajur rencana (W_{18}) diberikan dalam kumulatif beban gandar standar. Untuk mendapatkan lalu lintas pada lajur rencana ini digunakan rumus sebagai berikut:

$$W_{18} = D_D \times D_L \times \hat{w}_{18} \quad (2.9)$$

dimana:

\hat{w}_{18} = Beban gandar standar kumulatif untuk dua arah

D_D = Faktor distribusi arah = 0,5 (Pt T-01-2002-B)

D_L = Faktor Distribusi Lajur (dari Tabel 2.2)

Pada umumnya DD diambil 0,5. Pada beberapa kasus khusus terdapat pengecualian dimana kendaraan berat cenderung menuju satu arah tertentu. Dari beberapa penelitian menunjukkan bahwa DD bervariasi dari 0,3 – 0,7 tergantung arah mana yang ‘berat’ dan ‘kosong’.

Tabel 2.10. Faktor Distribusi Lajur (D_L)

Jumlah lajur per arah	% beban gandar standar dalam lajur rencana
1	100
2	80 – 100
3	60 – 80
4	50 - 75

Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan 02/M/BM/2013

Lalu-lintas yang digunakan untuk perencanaan tebal perkerasan lentur dalam pedoman ini adalah lalu-lintas kumulatif selama umur rencana. Besaran ini didapatkan dengan mengalikan beban gandar standar kumulatif pada lajur rencana selama setahun (W_{18}) dengan besaran kenaikan lalu lintas (traffic growth). Secara numerik rumusan lalu-lintas kumulatif ini adalah sebagai berikut :

$$W_{18} = W_{18 \text{ pertahun}} \times \frac{(1+g)^n - 1}{g} \quad (2.10)$$

dimana :

W_{18} = jumlah beban gandar tunggal standar kumulatif

$W_{18 \text{ pertahun}}$ = beban gandar standar kumulatif selama 1 tahun

n = umur pelayanan (tahun)

g = perkembangan lalu lintas (%)

7. Modulus Resilien

Dalam pedoman ini diperkenalkan modulus resilien (MR) sebagai parameter tanah dasar yang digunakan dalam perencanaan. Modulus resilien (MR) tanah dasar juga dapat diperkirakan dari CBR standar dan hasil atau nilai tes soil index. Korelasi Modulus Resilien dengan nilai CBR (Heukelom & Klomp)

berikut ini dapat digunakan untuk tanah berbutir halus (fine-grained soil) dengan nilai CBR terendah 10 atau lebih kecil.

$$MR \text{ (psi)} = 1.500 \times \text{CBR} \quad (2.11)$$

8. Reliabilitas

Konsep reliabilitas merupakan upaya untuk menyertakan derajat kepastian (degree of certainty) ke dalam proses perencanaan untuk menjamin bermacam-macam alternative perencanaan akan bertahan selama selang waktu yang direncanakan (umur rencana). Faktor perencanaan reliabilitas memperhitungkan kemungkinan variasi perkiraan lalu-lintas (w_{18}) dan perkiraan kinerja (W_{18}), dan karenanya memberikan tingkat reliabilitas (R) dimana seksi perkerasan akan bertahan selama selang waktu yang direncanakan.

Pada umumnya, dengan meningkatnya volume lalu-lintas dan kesukaran untuk mengalihkan lalu-lintas, resiko tidak memperlihatkan kinerja yang diharapkan harus ditekan. Hal ini dapat diatasi dengan memilih tingkat reliabilitas yang lebih tinggi. Tabel 3 memperlihatkan rekomendasi tingkat reliabilitas untuk bermacam-macam klasifikasi jalan. Perlu dicatat bahwa tingkat reliabilitas yang lebih tinggi menunjukkan jalan yang melayani lalu-lintas paling banyak, sedangkan tingkat yang paling rendah, 50 % menunjukkan jalan lokal.

Tabel 2.11. Rekomendasi Tingkat Reliabilitas Untuk Berbagai macam Klasifikasi Jalan.

Klasifikasi Jalan	Rekomendasi tingkat reliabilitas	
	Perkotaan	Antar Kota
Bebas Hambatan	85 –99,9	80 –99,9
Arteri	80 –99	75 –95
Kolektor	80 –95	75 –95
Lokal	50 –80	50 –80

Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan 02/M/BM/2013

9. Indeks Permukaan (IP)

Indeks permukaan ini menyatakan nilai ketidakrataan dan kekuatan perkerasan yang berhubungan dengan tingkat pelayanan bagi lalu-lintas yang lewat. Adapun beberapa ini IP beserta artinya adalah sebagai berikut :

IP = 2,5 : menyatakan permukaan jalan masih cukup stabil dan baik.

IP = 2,0 : menyatakan tingkat pelayanan terendah bagi jalan yang masih mantap.

IP = 1,5 : menyatakan tingkat pelayanan terendah yang masih mungkin (jalan tidak terputus).

IP = 1,0 : menyatakan permukaan jalan dalam keadaan rusak berat sehingga sangat mengganggu lalu-lintas kendaraan.

Dalam menentukan indeks permukaan (IP) pada akhir umur rencana, perlu dipertimbangkan faktor-faktor klasifikasi fungsional jalan.

Tabel 2.12. Indeks Permukaan pada Akhir Umur Rencana (IPt)

Lokal	Kolektor	Arteri	Bebas hambatan
1,0 –1,5	1,5	1,5 –2,0	-
1,5	1,5 –2,0	2,0	-
1,5 –2,0	2,0	2,0 –2,5	-
-	2,0 –2,5	2,5	2,5

Sumber : Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Pt T-01-2002-B

Dalam menentukan indeks permukaan pada awal umur rencana (IP₀) perlu diperhatikan jenis lapis permukaan perkerasan pada awal umur rencana.

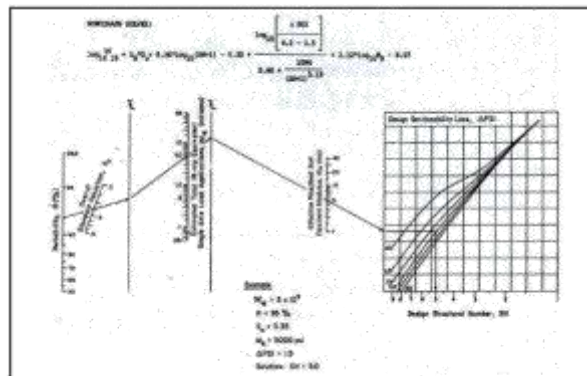
Tabel 2.13. Indeks Permukaan pada Awal Umur Rencana (IP₀)

Jenis Lapis Perkerasan	IP ₀	Ketidakrataan *) (IRI, m/km)
Laston	≥ 4	≤ 1,0
	3,9 –3,5	> 1,0
Lasbutag	3,9 –3,5	≤ 2,0
	3,4 –3,0	> 2,0
Lapen	3,4 –3,0	≤ 3,0
	2,9 –2,5	> 3,0

Sumber : Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Pt T-01-2002-B

10. Indeks Tebal Perkerasan Perlu (ITP_{perlu})

Untuk menentukan indeks tebal perkerasan perlu (ITP_{perlu}) diperoleh dari gambar dibawah ini.



Gambar 2.4. Nomogram Untuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur
Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan 02/M/BM/2013

2.2.4.3. Perkerasan Jalan dengan CTRB (*Cement Treated Recycling Base*)

Fungsi lapis pondasi antara lain adalah sebagai perletakan atau rantai kerja terhadap lapis permukaan dan lapisan perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban ke lapisan di bawahnya. Jenis-jenis lapis pondasi adalah Lapis Pondasi Agregat Kelas A, Lapis pondasi Agregat Kelas B dan kelas C, ATB (*Asphalt Treated Base*), CTB (*Cement Treated Base*), CTRB (*Cement Treated Recycling Base*).



Gambar 2.5. Struktur Perkerasan dengan CTRB
Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan 02/M/BM/2013

Daur ulang konstruksi jalan dibagi menjadi 2 jenis, yaitu:

1. Daur Ulang Campuran Dingin (*cold mix recycling*)

Metode daur ulang dingin yang umum dipakai dalam konstruksi jalan bila ditinjau dari penggunaan peralatan ada 2 macam, yaitu:

a. Teknik Daur Ulang ditempat *In-situ recycling*

Pada teknik ini digunakan *in place recycling machine*. Pemanasan lapis perkerasan, pembongkaran, penggemburan lapis lama, penambahan bahan baru (agregat, aspal dan bahan peremaja) pencampuran, serta perataan dilakukan oleh satu unit peralatan yang terdiri dari pemanas lapis permukaan perkerasan (*road preheater*), alat bongkar lapis perkerasan (*hot milling*), alat pencampur bahan lama dengan bahan baru (*pugmill mixer*), alat penghampar (*paver/finisher*), alat perata dan pematat (*compacting screed*).

b. Teknik daur ulang *in plant recycling*

Pada teknik ini material bongkaran jalan lama hasil penggarukan dengan menggunakan alat penggaruk (*milling*) diangkut ke unit pencampur aspal (AMP) tipe *bach* atau *continous* yang telah dimodifikasi. Didalam unit pencampur ini material bongkaran tersebut dicampur dengan material baru yaitu agregat, aspal dan bahan peremaja bila diperlukan. Campuran tersebut kemudian diangkut ke lokasi penghamparan dan dihampar dengan menggunakan alat penghampar kemudian dipadatkan. Peralatan yang diperlukan untuk pelaksanaan daur ulang *plantmix* antara lain alat penggaruk, AMP, *dump truck*, alat penghampar, alat pematat. *Cold recycling* ini bisa dengan menambah semen yang digunakan sebagai CTRB (*Cement Treated*

Recycling Base) dan CTRSB (*Cement Treated Recycling Sub Base*) dan pengikat

aspal emulsi atau pengikat foam bitumen biasa disebut CMFRB (*cold mix recycling by foam bitumen*) Base.

2. Daur Ulang Campuran Panas (*hot mix recycling*)

Daur ulang bahan garukan yang dipanaskan kembali di AMP. Pada umumnya ada 3 jenis bahan yang dapat digunakan pada daur ulang yaitu bahan lama (*reclaimed*), bahan baru (agregat dan aspal keras) dan bahan stabilisasi (semen, aspal emulsi dan *foam bitumen*) (wirtgen, 2004).

Bahan-bahan pada pekerjaan CTRB (*Cement Treated Recycling Base*) adalah bahan garukan perkerasan jalan lama, agregat baru, semen portland dan air. Dari campuran semen dan material pondasi jalan ini setelah dipadatkan akan menghasilkan bahan menyerupai beton (*soil concrete*) dan material tersebut diharapkan akan memberikan stabilitas yang lebih baik pada pondasi jalan.

Bahan Garukan

Bahan garukan yang digunakan dalam pekerjaan CTRB yaitu pondasi jalan lama yang terdiri dari agregat dan aspal. Lapisan perkerasan yang telah mengalami kerusakan digaruk dengan *hot milling*, *cold milling* dan *grader*. Lapisan perkerasan yang akan digaruk tergantung dari penyebaran kerusakan yang terjadi. Jika kerusakan terjadi pada lapisan permukaan hingga lapisan *base* dan *sub base* maka penggarukan dapat dilakukan hingga ke lapisan bawah tersebut.

Agregat Baru

Dalam kegiatan daur ulang lapis perkerasan digunakan agregat baru jika diperlukan dengan tujuan untuk menambah ketebalan hamparan (meningkatkan nilai struktur perkerasan) dan memperbaiki gradasi campuran bahan garukan (puslitbang, 2002). Agregat tersebut dapat berupa material granular seperti pasir, kerikil, batu pecah dan kerak tungku pembakaran besi yang digunakan bersama-sama dengan suatu media pengikat membentuk adukan.

Sifat-sifat fisik agregat yang mempengaruhi campuran agregat yang perlu di perhatikan antara lain adalah berat jenis, kekerasan agregat, gradasi agregat, durabilitas, bentuk butir dan tekstur permukaan, kebersihan agregat dan kadar air (DPU, 2005).

3. Semen *Portland*

Semen berfungsi sebagai pengikat campuran bahan garukan. Pembentukan sementasi material selama proses hidrasi tergantung pada susunan kimia semen dan tipe semen yang digunakan. Semen yang digunakan sebagai bahan tambah adalah semen *Portland* tipe I sesuai SII-13-1977.

4. Air

Air digunakan untuk reaksi dengan semen *Portland* menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan (diaduk, dituang dan dipadatkan). Air yang digunakan tergantung pada faktor-faktor antara lain adalah ukuran agregat maksimum, bentuk butir, gradasi agregat, kotoran dalam agregat dan jumlah agregat halus. Material yang didaur ulang dengan semen ini

umumnya dimanfaatkan dari material yang sudah ada di perkerasan lama dan digunakan sebagai lapis pondasi atas (CTRB) atau lapis pondasi bawah (CTRSB). Keuntungan dan kerugian dari stabilisasi dengan semen dapat dilihat pada Tabel sebagai berikut :

Tabel 2.14. Keuntungan dan Kerugian Stabilisasi dengan Semen

No.	Keuntungan	Kerugian
1	Ketersediaan. Semen dapat diperoleh di seluruh dunia dalam partai besar	Pecah penyusutan tak dapat terelakan, tetapi dapat dikurangi
2	Harga. Semen relatif lebih murah dibandingkan dengan aspal	Kekakuan. Peningkatan di dalam perkerasan lentur
3	Aplikasi. Semen dapat disebar dengan tangan	Memerlukan perlindungan dan perawatan
4	Penerimaan. Semen adalah hasil pabrikan. Spesifikasi dan hasil test baku pada umumnya tersedia	

Sumber : Wirtgen, 2004

Kekuatan campuran semen dan bahan garukan lapisan perkerasan secara umum meningkat di suatu hubungan yang linier dengan isi semen, hanya untuk tipe bahan dan semen yang berbeda. Kuat tekan (*Unconfined Compressive Strength Test*) secara normal digunakan untuk mengevaluasi material yang ada di semen. Nilai UCS umumnya ditentukan dari specimen yang disiapkan yang sudah dirawat 7 hari pada suatu temperatur 22°C dan kelembaban di atas 95% (Wirtgen, 2004). Kuat tekan bebas pada umur 1 hari dapat di lihat pada Tabel 2.8 (DPU, 2008).

Tabel 2.15. Kuat Tekan Bebas Pada Umur 7 Hari

	UCS (d= 70 mm, h= 140 mm)	Kuat Tekan Beton Silinder (d= 150 mm, h= 300 mm)
Lapis Pondasi Atas (CTRB)	30	35
Lapis Pondasi Bawah (CTRSB)	20	25

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2002.

2.2.4.4. Perkerasan Jalan Dengan Agregat

Secara umum, perkerasan jalan raya harus cukup kuat terhadap tiga tinjauan kekuatan, Secara keluruhan harus kuat terhadap beban lalu lintas yang melaluinya, permukaan jalan harus tahan terhadap keausan akibat ban kendaraan, air dan hujan, permukaan jalan harus cukup tahan terhadap cuaca dan temperatur, di mana jalan berada.

Material Perkerasan yang umum digunakan di Indonesia, adalah:

- a. Material untuk Lapis Permukaan :
 1. Struktur jalan dengan campuran aspal
 2. Struktur jalan dengan beton semen slab/pelat beton.
- b. Material untuk Lapis Pondasi Atas :
 1. Agregat Kelas A
 2. Stabilitas tanah dengan semen, kapur, atau dengan bahan kimia
 3. *Cement Treated Base* (CTB)
- c. Material untuk Lapis pondasi Bawah :
 1. Agregat Kelas B
 2. Stabilitas tanah dengan semen, kapur, atau dengan bahan kimia
 3. Struktur beton semen kurus (perkerasan kaku)

Dalam proses perancangan perkerasan jalan bahan perkerasan jalan merupakan bagian yang diutamakan dalam pertimbangan analisis parameter perancangan, karena salah satu parameter kekuatan konstruksi jalan, terletak pada

pamilihan yang tepat dari material yang akan digunakan dalam suatu rancangan perkerasan jalan.

1. Agregat berbutir Kasar

Agregat adalah merupakan elemen perkerasan jalan yang mempunyai kandungan 90-95% acuan volume dari komposisi perkerasan, sehingga otomatis menyumbangkan faktor kekuatan utama dalam perkerasan jalan. Berfungsi sebagai penstabil mekanis, agregat harus mempunyai suatu kekuatan dan kekerasan, untuk menghindarkan terjadinya kerusakan akibat beban lalu lintas. Sifat kekuatan dan keawetan dipengaruhi oleh :

- a. Gradasi
- b. Kompak dan keras (toughness)
- c. Ukuran maksimum
- d. Kadar lempung
- e. Tekstur permukaan

Gradasi seragam (uniform graded) dari komposisi butiran, akan menghasilkan suatu kepadatan yang bervariasi akibat kontak butir sebagian, sedang stabilitas tergantung pada sifat penyekatan (confined). Untuk mengukur kekompakan diukur dengan tiga gradasi tersebut, dan untuk mengukur kekerasan diukur dengan abrasi dengan kehilangan berat didekati dengan angka abrasi yang diperoleh dari hasil Los Angeles Abrasion test. Indikasinya bila abrasi memberikan keausan lebih dari 40% (SNI 03-2417-1991), agregat dinyatakan tidak baik untuk dijadikan bahan perkerasan jalan.

Tabel 2.16. Gradasi Lapis Pondasi Agregat

Ukuran Saringan		% lolos	
ASTM	(mm)	Kelas A	Kelas B
2"	50,000		100
1,5"	37,500	100	88 – 95
1"	25,000	79 – 85	70 – 85
0,375"	9,500	44 – 58	30 – 65
No. 4	4,750	29 – 44	25 – 55
No.10	2,000	17 – 30	15 – 40
No.40	0,425	7 – 17	8 – 20
No.200	0,075	2 - 8	2 – 8

Sumber : Balitbang PU, 2010

Elemen perkerasan terdiri dari komposisi butiran yang terdistribusi dari ukuran besar sampai kecil, sehingga bila mana ada ukuran butiran melebihi tebal lapisan ada sebagian permukaan yang tidak akan terselimuti oleh aspal. Hal ini dibatasi dengan persyaratan ukuran maksimum agregat dari tebal lapisan atau bila dibalik tebal lapisan diambil dari diameter butir maksimum. Pada dasarnya agregat kasar harus bersih dan bebas dari lempung, lumpur, debu dan lain sebagainya. Maksimum kandungan bagian lunak adalah 5%. Sedangkan untuk agregat halus, bahan yang lolos saringan no.40 harus terdiri dari material non plastis.

Bentuk butir sangat menentukan kekuatan selain gradasi kelompok dan kekerasan. Bentuk butir bisa bundar, lonjong, kubus, pipih atau bahkan tidak beraturan bentuknya. Bentuk yang bundar relatif kurang stabil tertahan saringan no.4 minimum mempunyai 40% agregat, paling tidak mempunyai satu bidang patah atau pecah lurus.

2. Agregat Berbutir Halus.

Agregat berbutir halus, adalah bahan yang lewat saringan no.4 dan tertahan saringan no. 200, biasanya berupa pasir murni, hasil screening dari mesin pemecah batu, atau kombinasi dari keduanya. Agregat halus harus bersih,keras,tahan lama,bebas dari lumpur,dan bahan organis. Butiran yang lewat saringan no 40, harus non-plastis, atau mempunyai nilai plastisitas yang masih dalam batas toleransi. Agregat halus yang lolos ayakan 4,75 mm harus terdiri dari partikel pasir alami atau batu pecah halus dan partikel halus lainnya.

Bila pasir berasal dari sumber alam, kehilangan soundness pada material yang tertahan pada saringan no. 50 adalah $< 15\%$. Bila pasir yang mengandung garam dari sumber di pantai, diyakini tidak mengganggu campuran, bahan tersebut dapat dipakai.

2.2.5. Analisis Biaya

Dalam analisis Bina Marga (1995) atau analisis upah dan bahan tercantum koefisien- koefisien yang menunjukkan berapa banyak bahan dan jumlah tenaga kerja yang dipakai untuk dapat menyelesaikan suatu pekerjaan persatuan volume.

Komponen anggaran biaya pada proyek pemeliharaan meliputi peralatan, tenaga kerja, bahan, dan biaya lainnya secara tidak langsung harus meliputi biaya administrasi perkantoran beserta stafnya yang berfungsi mengendalikan pelaksanaan proyek serta pajak yang harus dibayar sehubungan dengan adanya

pelaksanaan proyek. Untuk mendapatkan pekerjaan yang efektif dan efisien, maka komponen alat, tenaga kerja dan bahan perlu dianalisis penggunaannya.

1. Analisis Peralatan

Biaya untuk peralatan terdiri dari dua komponen utama yaitu pemilikan dan biaya pengoperasian. Setelah masing-masing peralatan diketahui biaya pemilikan dan pengoperasiannya, maka selanjutnya adalah melakukan analisis jumlah peralatan yang akan digunakan. Dalam perhitungan selanjutnya, karena peralatan yang digunakan mungkin cukup banyak, maka dalam perhitungan biaya alat, alat diperhitungkan dalam satu tim peralatan dengan produksi pekerjaan merupakan produksi terkecil dari alat yang digunakan. Alat-alat lain yang produksinya lebih besar akan mengalami pengurangan efisiensi karena harus menunggu alat lain yang produksinya lebih kecil.

$$\text{Harga Satuan Alat} = \frac{\text{Jumlah Biaya Alat}}{\text{Produksi Pekerjaan}} \quad (2.12)$$

2. Analisa Tenaga Kerja

Tenaga kerja pada pekerjaan jalan pada umumnya hanyalah sebagai pembantu pekerjaan alat yang merupakan fungsi utama dalam penyelesaian pekerjaan, sehingga tidak perlu dilakukan analisis yang mendalam.

$$\text{Harga Satuan Tenaga Kerja (Rp/Sat. Pekerjaan)} = \frac{\text{Jumlah Tenaga Kerja}}{\text{Produksi Pekerjaan}} \quad (2.13)$$

3. Analisis Bahan

Analisis kebutuhan bahan sangat diperlukan, karena keterlambatan pekerjaan biasanya disebabkan keterlambatan dalam penyediaan bahan yang digunakan. Analisis juga diperlukan, karena pada perhitungan volume pekerjaan

kondisinya adalah padat, sedangkan bahan dipasaran ditawarkan dalam kondisi tidak padat. Dalam perhitungan jumlah bahan tiap satuan pekerjaan juga diperhitungkan formula rancangan campuran, karena bahan konstruksi jalan umumnya tersusun dari beberapa macam bahan seperti : agregat kasar, agregat halus dan aspal.

Harga satuan tenaga = Jumlah harga satuan bahan penyusun x Kuantitas (2.14)

4. Biaya-Biaya Lain

Biaya-biaya lain yang harus diperhitungkan adalah biaya-biaya tidak langsung, misalnya administrasi kantor, alat-alat komunikasi, kendaraan kantor, pajak, asuransi, serta biaya-biaya lain yang harus dikeluarkan, walaupun biaya tersebut tidak secara langsung terlibat dalam proses pelaksanaan pekerjaan. Biaya-biaya ini sering disebut dengan *overhead* dan biasanya dinyatakan dengan persen terhadap biaya langsung yang besarnya tidak lebih dari 10%, tidak termasuk PPN 10%. Demikian juga keuntungan perusahaan sering dinyatakan dengan persen terhadap biaya langsung yang besarnya juga tidak lebih dari 10%.

5. Harga Satuan Pekerjaan

Harga satuan pekerjaan adalah jumlah biaya-biaya yang dikeluarkan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan.

Harga satuan pekerjaan = Biaya (alat+tenaga kerja+bahan) + Biaya lain (2.15)