

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan oleh Hendy Yudhatama (2011) dengan judul Perencanaan Peningkatan Jalan Bangkalan – Batas Kabupaten Sampang, Madura, bertujuan (1) Menganalisis kebutuhan pelebaran perkerasan untuk umur rencana 10 tahun, (2) Menganalisis tebal lapis perkerasan ulang jalan (*overlay*) berdasarkan lendutan jalan yang ada terhadap kebutuhan lendutan yang dapat mengakomodasi beban lalu lintas. Hasil analisis menunjukkan bahwa Jenis Lapis Permukaan : Lapis Permukaan Laston (MS 774), Lapis Pondasi Atas Batu Pecah Kelas B (CBR 80%), Lapis Pondasi Bawah Batu Pecah Kelas B (CBR 50%). Koefisien Kekuatan Relatif : Lapis Permukaan Atas (a_1) = 0,40, Lapis Pondasi Atas (a_2) = 0,13, Lapis Pondasi Bawah (a_3) = 0,12. Batas tebal minimum tiap lapis perkerasan : Lapis Permukaan Atas (D1) = 10 Cm, Lapis Pondasi Atas (D2) = 25 Cm, Lapis Pondasi Bawah (D3) = 44 Cm. Jadi, komposisi tebal perkerasan adalah : AC LASTON MS 744 = 10 Cm, Batu Pecah Kelas A (CBR 100%) = 25 Cm, Batu Pecah Kelas B (CBR 80%) = 44 Cm.

Penelitian yang dilakukan oleh Sunarto (2009) dengan judul Perencanaan Jalan Raya Cemorsewu - Desa Pacalan dan Rencana Anggaran Biaya. Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan bentuk geometrik dari jalan kelas fungsi arteri, merencanakan tebal perkerasan pada jalan tersebut, merencanakan anggaran biaya dan *time schedule* yang dibutuhkan untuk pembuatan jalan tersebut.

Hasil penelitian ini adalah perkerasan jalan Cemorosewu – Desa Pacalan menggunakan jenis perkerasan lentur berdasarkan volume LHR yang ada dengan jenis bahan yang dipakai adalah *Surface Course* : LASTON, *Base Course* : Batu Pecah (CBR 80%), *Sub Base Course* : Sirtu (CBR 50%), dengan perhitungan didapatkan dimensi dengan tebal dari masing-masing lapisan adalah *Surface Course* : 5 Cm, *Base Course* : 20 Cm, *Sub Base Course* : 15 Cm. Perencanaan jalan Cemorosewu – Desa Pacalan dengan panjang 3.200 M, memerlukan biaya untuk pembangunan sebesar Rp. 73.342.707.500 dan dikerjakan selama 1 tahun 1 bulan.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi, dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti. Agar perkerasan jalan sesuai dengan mutu yang diharapkan, maka pengetahuan tentang sifat, pengadaan dan pengolahan dari bahan penyusun perkerasan jalan sangat diperlukan (Sukirman, 2003).

2.2.2. Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Aspek-aspek dari konstruksi Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*) adalah :

- a. Memakai bahan pengikat aspal.
- b. Sifat dari perkerasan ini adalah memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.
- c. Pengaruhnya terhadap repetisi beban adalah timbulnya *rutting* (lendutan pada jalur roda).
- d. Pengaruhnya terhadap penurunan tanah dasar yaitu, jalan bergelombang (mengikuti tanah dasar).

Sesuai undang-undang tentang jalan No.13 tahun 1980 dan Peraturan Pemerintah No.26 tahun 1985, sistem jaringan jalan di Indonesia dapat dibedakan atas sistem jaringan jalan primer dan sistem jaringan jalan sekunder.

1. Lalu Lintas Harian Rata-rata

Tebal lapisan perkerasan jalan ditentukan dari beban yang akan dipikul, ini berarti diperoleh dari arus lalu lintas yang hendak memakai jalan tersebut. Besarnya arus lalu lintas dapat diperoleh dari analisa lalu lintas saat ini, sehingga dapat diperoleh data mengenai jumlah kendaraan yang hendak memakai jalan, jenis kendaraan beserta jumlah tiap jenisnya, konfigurasi sumbu dari setiap jenis kendaraan dan beban masing - masing sumbu kendaraan.

Pada perencanaan jalan baru perkiraan volume lalu lintas ditentukan dengan menggunakan hasil survey volume lalu lintas didekat jalan tersebut dan analisa pola lalu lintas disekitar lokasi jalan.

Jumlah kendaran yang hendak memakai jalan dinyatakan dalam volume lalu lintas. Volume lalu lintas didefinisikan sebagai jumlah kendaraan yang

melewati satu titik pengamatan selama satu satuan waktu. Untuk perencanaan tebal lapisan perkerasan, volume lalu lintas dinyatakan dalam kendaraan/hari/2 arah untuk jalan 2 arah tidak terpisah dan kendaraan/hari/1 arah untuk jalan satu arah atau dua arah terpisah. Untuk kebutuhan perencanaan tebal perkerasan dapat diperoleh data-data sebagai berikut:

- a. Lalu lintas harian rata-rata setiap jenis kendaraan didapat dengan mengadakan pengamatan pada awal umur rencana, dihitung untuk dua arah pada jalan tanpa median atau masing-masing arah pada jalan dengan median.
- b. Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP), dapat dihitung dengan rumus :

$$LEP = \sum_{j=1}^n LHR_{awal_j} \times C_j \times E_j \dots\dots\dots (2.1)$$

di mana :

C_j = koefisien distribusi arah

j = masing-masing jenis kendaraan

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

$$LEA = \sum_{j=1}^n LHR_{akhir_j} \times C_j \times E_j \text{ atau } LEA = LHR_{UR} \times C \times E \dots\dots\dots (2.2)$$

di mana :

j = masing-masing jenis kendaraan

C_j = koefisien setiap jenis kendaraan

kendaraan ringan $C = 0,2$

kendaraan berat $C = 0,4$ (SKBI 2.3.26.1987/SNI.03-1732-1982)

E_j = nilai ekivalen setiap jenis kendaraan

UR = tahun Umur Rencana

d. Lintas Ekuivalen Tengah, dapat dihitung dengan rumus :

$$LET = \frac{LEP + LEA}{2} \dots\dots\dots (2.3)$$

e. Lintas Ekuivalen Rencana, dapat dihitung dengan rumus :

$$LER = LET \times FP \dots\dots\dots (2.4)$$

di mana :

FP = Faktor Penyesuaian

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

2. Angka Ekivalen Beban Sumbu

Jenis kendaraan yang memakai jalan beraneka ragam dan bervariasi baik ukuran, berat total, konfigurasi dan beban sumbu, dan daya. oleh karena itu volume lalu lintas umumnya dikelompokkan atas beberapa kelompok yang masing-masing kelompok diwakili oleh satu jenis kendaraan. Semua beban kendaraan lain dengan beban sumbu berbeda diekivalenkan ke beban sumbu standart dengan menggunakan angka ekivalen beban sumbu E.

Pengelompokan jenis kendaraan untuk perencanaan tebal perkerasan dapat dilakukan sebagai berikut :

- 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

Sumber SKBI – 2.3.26. 1987/SNI 03-1732-1989

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

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

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

a. Untuk sumbu tunggal

$$E = \left[\frac{P(\text{kg})}{8.160} \right]^4 \dots\dots\dots (2.5)$$

b. Untuk sumbu ganda

$$E = 0,086 \times \left[\frac{P(\text{kg})}{8.160} \right]^4 \dots\dots\dots (2.6)$$

c. Untuk sumbu tripel

$$E = 0,053 \times \left[\frac{P(\text{kg})}{8.160} \right]^4 \dots\dots\dots (2.7)$$

Konstruksi perkerasan jalan menerima beban lalu lintas yang dilimpahkan melalui roda-roda kendaraan. Besarnya beban yang dilimpahkan tersebut tergantung dari berat total kendaraan, konfigurasi sumbu, bidang kontak antara roda dan perkerasan dan kecepatan kendaraan. Beban standart merupakan beban sumbu tunggal beroda ganda seberat 18.000 pon (8,16 ton).

Angka ekivalen kendaraan adalah angka yang menunjukkan jumlah lintasan dari sumbu tunggal seberat 8,16 ton yang akan menyebabkan kerusakan yang sama atau penurunan indeks permukaan yang sama apabila kendaraan tersebut lewat sebanyak satu kali.

3. Daya Dukung Tanah

Daya Dukung Tanah Dasar (DDT) dan *California Bearing Ratio* (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. dari data CBR tersebut dapat ditentukan nilai CBR terendah, kemudian ditentukan harga CBR yang mewakili atau CBR segmen.

Dalam menentukan CBR segmen terdapat 2 cara yaitu :

- Secara analitis $CBR_{\text{segmen}} = CBR_{\text{rata-rata}} - (CBR_{\text{maks}} - CBR_{\text{min}}) / R \dots\dots (2.8)$

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

Tabel 2.2. Nilai R Untuk Perhitungan CBR Segmen

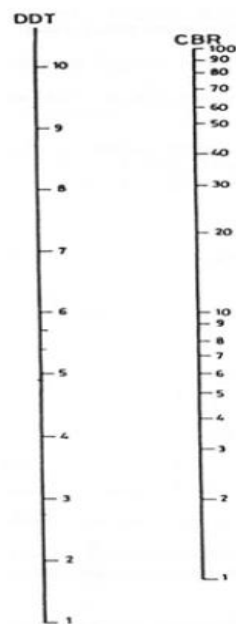
Jumlah Titik Pengamatan	Nilai R
2	1,41
3	1,91
4	2,24
5	2,48
6	2,67
7	2,83
8	2,96
9	3,08
>10	3,18

Sumber : SKBI - 2.3.26.2002

- 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 kolerasi DDT dan CBR, dimana grafik DDT dalam skala linier, dan grafik CBR dalam skala logaritma. Hubungan tersebut digambarkan pada Gambar sebagai berikut:



Gambar 2.1. Korelasi antara DDT dan CBR

Sumber : SKBI – 2.3.23.2002

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

$$DDT = 1,6649 + 4,3592 \log (CBR) \quad \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana hasil yang diperoleh dengan kedua cara tersebut relatif sama.

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. 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)

	Kelandaian I (< 6 %)		Kelandaian II (6-10%)		Kelandaian 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	2,5 - 3,0	2,5	3,0 - 3,5

Sumber : SKBI - 2.3.26.2002

6. Indeks Permukaan

Indeks Permukaan menyatakan nilai ketidakrataan dan kekuatan perkerasan yang berhubungan dengan tingkat pelayanan bagi lalu lintas yang lewat.

Nilai IP dapat dinyatakan sebagai berikut :

IP = 2,5 Menyatakan permukaan jalan masih cukup stabil dan baik

IP = 2,0 Menyatakan tingkat pelayanan terendah untuk 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

Nilai indeks permukaan jalan terdiri dari :

- a. Indeks Permukaan Awal (IPo) : ditentukan berdasarkan jenis lapis permukaan pada awal umur rencana (kerataan/kehalusan serta kekokohan).
- b. Indeks Permukaan Akhir (IPt) : ditentukan berdasarkan faktor-faktor klasifikasi fungsional jalan dan jumlah ekivalen rencana (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

Jenis Lapis Permukaan	IPo	Roughness (mm/km)
	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	$\leq 2,4$	

Sumber : SKBI – 2.3.23.1987

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 : SKBI – 2.3.23.1987

7. Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Pedoman ini memperkenalkan kolerasi antara koefisien kekuatan relatif dengan nilai mekanistik, yaitu modulus resilien.

Berdasarkan jenis dan fungsi material lapis perkerasan, estimasi Koefisien Kekuatan Relatif dikelompokkan ke dalam 5 kategori, yaitu: beton aspal (asphalt concrete), lapis pondasi granular (granular base), lapis pondasi bawah granular (granular subbase), cement-treated base (CTB), dan asphalt-treated base (ATB).

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			
						Labustag
0,35			744			
0,31			590			
0,28			454			
0,26			340			

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a1	a2	a3	MS (Kg)	Kt (kg/cm ²)	CBR (%)	
0,30			340			HRA
0,26			340			Aspal Makadam
0,25						Lapen mekanis
0,20						Lapen manual
	0,28		590			
	0,26		454			Laston Atas
	0,24		340			
	0,23					Lapen mekanis
	0,19					Lapen manual
	0,15			22		Stabilitas Tanah
	0,13			18		dengan semen
	0,15			22		Stabilitas Tanah
	0,13			18		dengan kapur
	0,14				100	Batu Pecah kelas A
	0,13				80	Batu pecah kelas B
	0,12				60	Batu pecah kelas C
		0,13			70	Sirtu Kelas A
		0,12			50	Sirtu Kelas B
		0,11			30	Sirtu Kelas C
		0,10			20	Tanah Lempung / pasir

Sumber : SKBI – 2.3.23.2002

8. Indeks Tebal Perkerasan (ITP)

Nilai indeks tebal perkerasan diperoleh dari nomogram dengan menggunakan nilai-nilai yang telah diketahui sebelumnya, yaitu : LER selama umur rencana, nilai DDT, dan FR yang diperoleh.

9. Lalu Lintas Pada Lajur Rencana

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

$$W_{18} = D_D \times D_L \times \hat{w}_{18} \dots\dots\dots (2.10)$$

dimana:

D_D = faktor distribusi arah.

D_L = faktor distribusi lajur.

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

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

Tabel 2.7. 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 : Departemen Permukiman & Prasarana Wilayah
Pd T-01-2002-B, 2002

Lalu-lintas yang digunakan untuk perencanaan tebal perkerasan lentur dalam pedoman ini adalah lalu-lintas 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:

$$W_t = w_{18} \times \frac{(1+g)^n - 1}{g} \dots\dots\dots (2.11)$$

dimana:

W_t = jumlah beban gandar tunggal standar kumulatif

w_{18} = beban gandar standar kumulatif selama 1 tahun

n = umur pelayanan (tahun)

g = perkembangan lalu lintas (%)

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 2.8. Tebal Minimum Lapis Permukaan

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 : SKBI – 2.3.23.1987

Tabel 2.9. 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 : SKBI – 2.3.23.1987

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

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

2.2.3. Struktur Perkerasan Lentur Jalan (*Flexible Pavement*)

2.2.3.1. Metode AASHTO

Menurut Siegfried (2007), salah satu metode perencanaan tebal perkerasan adalah metode AASHTO (Association of American State Highway and Transportation Officials). Metode ini sudah dipakai secara umum di seluruh dunia serta diadopsi sebagai standar perencanaan di berbagai negara. Metode AASHTO 1993 pada dasarnya didasarkan pada metode empiris. Parameter yang dibutuhkan antara lain *Structural number (SN)*, Lalu lintas, *Reliability*, Faktor drainase dan *Serviceability*.

1. *Structural Number*

Menurut Siegfried (2007), *structural number* merupakan fungsi dari ketebalan lapisan, koefisien relatif lapisan, dan koefisien drainase yang dinyatakan dalam rumus:

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 \quad \dots\dots\dots (2.12)$$

di mana :

a_i = koefisien relatif lapis ke-i

D_i = tebal masing-masing lapis perkerasan ke-i (cm)

m_i = koefisien drainase lapis ke-i

SN = *structural number*

2. Lalu lintas

Menurut Siegfried (2007), prosedur perencanaan untuk parameter lalu lintas didasarkan pada kumulatif beban gandar standar ekivalen (*Equivalent Standard Axle Load*, ESAL). Perhitungan untuk ESAL ini didasarkan pada konversi lalu lintas yang lewat terhadap beban gandar standar 8,16 kN dan mempertimbangkan umur rencana, volume lalu lintas, faktor distribusi lajur, serta faktor bangkitan lalu lintas (*growth factor*).

3. Reliabilitas (*reliability*)

Menurut Sukirman (1999), reliabilitas adalah nilai probabilitas dari kemungkinan tingkat pelayanan dapat dipertahankan selama masa pelayanan dipandang dari si pemakai jalan. Reliabilitas adalah nilai jaminan bahwa perkiraan beban lalu lintas yang akan memakai jalan tersebut dapat dipenuhi. Reliabilitas dinyatakan dalam tingkat reliabilitas (*level of reliability*).

Pada umumnya dengan meningkatnya volume lalu lintas dan kesulitan untuk mengalihkan lalu lintas, resiko yang terjadi tidak memperlihatkan kinerja yang diharapkan, hal ini dapat diatasi dengan memilih tingkat reliabilitas yang lebih tinggi.

Tabel 2.9. Rekomendasi Tingkat Reliabilitas Untuk
Bermacam-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 : Departemen Permukiman & Prasarana Wilayah Pd T-01-2002-B, 2002

Dalam persamaan desain perkerasan lentur, level of reliability (R) diakomodasi dengan parameter penyimpangan normal standar (standard normal deviate, Z_R), untuk level of serviceability tertentu.

Tabel 2.10. Nilai Penyimpangan Normal Standar Untuk
Tingkat Reliabilitas Tertentu

Reliabilitas, R (%)	Standar Normal Deviate, Z_R
50	0,000
60	- 0,253
70	- 0,524
75	- 0,674
80	- 0,841
85	- 1,037
90	- 1,282
91	- 1,340
92	- 1,405
93	- 1,476
94	- 1,555
95	- 1,645
96	- 1,751
97	- 1,881
98	- 2,054
99	- 2,327
99,9	- 3,090
99,99	- 3,750

Sumber : Departemen Permukiman & Prasarana Wilayah Pd T-01-2002-B, 2002

4. Faktor Drainase

Menurut Sukirman (1999), dalam Metode AASHTO 1993 sistem drainase dari jalan sangat mempengaruhi kinerja jalan tersebut. Tingkat kecepatan pengeringan air yang jatuh atau terdapat pada konstruksi jalan raya bersama-sama dengan beban lalu lintas dan kondisi permukaan jalan sangat mempengaruhi umur pelayanan jalan.

5. Indeks Permukaan (*serviceability*)

Menurut Siegfried (2007), *serviceability* tingkat pelayanan yang diberikan oleh sistem perkerasan yang dirasakan pengguna jalan. *Serviceability* parameter utamanya adalah *Present Serviceability Index (PSI)*. *Serviceability* merupakan penentu tingkat pelayanan fungsional suatu sistem perkerasan jalan dengan rumus sebagai berikut :

$$\log W_{18} = Z_R \times S_o + 9,36 \log (SN+1) - 0,20 + \frac{\log \left[\frac{\Delta PSI}{4,2-1,5} \right]}{0,40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5,19}}} + 2,32 \log Mr - 8,07 \quad (2.13)$$

di mana:

W_{18} = kumulatif beban gandar standar selama umur rencana (ESAL).

Z_R = standar normal deviasi.

S_o = *combined standard error* dari prediksi lalu lintas dan kinerja.

SN = *structural number*.

ΔPSI = selisih antara *initial serviceability* dengan *terminal serviceability*.

Mr = *modulus resilien* (psi)

2.2.3.2. Metode Bina Marga

Metode perhitungan Bina Marga yang digunakan adalah Metode Manual Desain Perkerasan Jalan (MDP) Nomor 02/M/BM/2013 yang terakhir di update bulan Januari 2016 dengan mengacu pada Pd T-01-2002-B, yaitu Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan lentur yang diadopsi dari Metode AASHTO 1993 dengan langkah-langkah perencanaan sebagai berikut:

a. Menentukan Volume Lalu Lintas Harian Rata – Rata Tahunan

Data lalu lintas harian rata – rata diperoleh dari hasil penelitian di lapangan dengan menghitung jumlah lintasan harian rata – rata masing – masing jenis kendaraan yang melewati ruas jalan Batas Kota Pangkalan Bun – Pangkalan Lada Kabupaten Kotawaringin Barat yang kemudian dijumlahkan sehingga diperoleh data total jumlah kendaraan yang melewati ruas jalan tersebut.

b. Mengelompokkan Kendaraan Bermotor

Jumlah kendaraan bermotor roda 4 atau lebih yang melewati ruas jalan Batas Kota Pangkalan Bun – Pangkalan Lada dikelompokkan berdasarkan jenis dan beratnya, hal ini dilakukan untuk memperoleh data jenis kendaraan yang berpotensi merusak badan jalan karena kendaraan dengan berat beban berlebih lah yang berpotensi untuk merusak badan jalan. Kelompok kendaraan yang berpotensi merusak badan jalan adalah kendaraan niaga dengan roda 6 atau lebih. Jumlah kendaraan niaga tersebut kemudian diprosetasekan terhadap total

kendaraan, perhitungan prosentase kendaraan niaga (PKN) dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{Prosentase kendaraan niaga (PKN)} : \frac{\text{Kendaraan niaga}}{\text{Jumlah kendaraan}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.14)$$

c. Menentukan Faktor Beban Berlebih (VDF).

Faktor beban berlebih atau Vehicle Damage Factor (VDF) ditentukan berdasarkan tabel dari Manual Design Perkerasan Jalan (MDP) 2013.

Tabel 2.11. VDF Gabungan (kendaraan niaga dengan 6 roda atau lebih)

	Sumatera		Jawa		Kalimantan		Sulawesi		Bali, Nusa Tenggara, Maluku dan Papua	
	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5
Normal MST 12T	3.4	4.4	4.5	5.9	3.6	5.0	3.3	4.3	2.6	3.1
Beban berlebih	5.4	8.8	7.2	12.0	5.2	9.2	6.0	10.0	3.1	4.2
Beban sangat berlebih*	8.6	18.9	10.0	18.5	7.5	15.2	7.5	14.5	-	-

*Kawasan industri, pelabuhan besar, kuari, dan pertambangan

Sumber : Manual Design Perkerasan Jalan (MDP) 2013 Kementerian PUPR

f. Menghitung Komulatif ESA (Equivalen Standar Axel) Tahunan

Nilai ESA tahunan dihitung menggunakan rumus :

$$\text{ESA} = \text{LHRT} \times 365 \times \text{DL} \times \text{PKN} \times \text{VDF5} \dots\dots\dots(2.15)$$

g. Menghitung Faktor Pertumbuhan Kendaraan (R)

Faktor pertumbuhan kendaraan (R) untuk periode beban berlebih diperhitungkan untuk 5 tahun pertama dan untuk 15 tahun berikutnya sesuai dengan rata-rata pertumbuhan lalu lintas (I) dengan menggunakan rumus :

$$\text{Untuk R..-th} = \frac{(1+I)^{UR-1}}{I} \dots\dots\dots(2.16)$$

h. Menghitung CESA (Comulative Equivalent Standart Axel)

CESA atau komulatif beban sumbu standar ekivalen dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{CESA : } ESA_{\text{thnx}} \times R \dots\dots\dots(2.17)$$

i. Menentukan Kapasitas Dasar Jalan (C)

Merujuk pada MKJI untuk kapasitas dasar jalan 2 arah 2 lajur dipeoleh data sebagai berikut : $C_0 = 3.100 \text{ SMP}$; $FC_w = 1,0$; $FC_{sp} = 0,94$

Rumus yang digunakan adalah :

$$C = C_0 \times FC_w \times FC_{sp} \dots\dots\dots (2.18)$$

j. Menentukan / Menghitung Perkiraan LHRT pada Akhir Tahun ke-20

Untuk mendapatkan LHRT pada akhir tahun ke-20 dihitung berdasarkan kelompok beban sumbu kendaraan.

k. Menentukan / Menghitung Arus Lalu Lintas pada Jam Sibuk (V)

Untuk menghitung arus lalu lintas pada jam sibuk (V) rumus yang digunakan :

$$V = \text{prosentase asumsi} \times \text{LHRT} \dots\dots\dots(2.19)$$

Dengan rasio $V/C < 0,85$

1. Menentukan Kategori Daya Dukung Tanah Dasar

Kategori tanah dasar dapat diperoleh dari tabel Bagan Desain Perkiraan CBR Tanah Dasar (MDP 2013) sesuai dengan kondisi CBR lapangan seperti dalam tabel berikut :

Bagan Desain 1: Perkiraan Nilai CBR Tanah Dasar
(Tidak dapat digunakan untuk tanah alluvial jenuh atau tanah gambut)

Catatan dalam jenis tanah 2,3,4 atau 6 nilai yang digunakan untuk desain perlu disesuaikan dengan faktor penyesuaian m.

Posisi Muka Air Tanah Rencana (Table 6-2)	Penerapan	LHRT < 2000			LHRT ≥ 2000		
		Dibawah standar desain minimum (tidak direkomendasikan)	Sesuai standar desain minimum	≥1200 mm di bawah tanah dasar	Dibawah standar desain minimum	Sesuai standar desain minimum	≥1200 mm di bawah tanah dasar
		Semua galian kecuali yang terindikasi lain seperti kasus 3 dan timbunan tanpa drainase sempurna dan FSL* < 1000 mm diatas muka tanah asli		Galian di zona iklim** 1 dan semua timbunan dengan drainase sempurna (m ≥ 1) dan FSL > 1000 mm di atas muka tanah asli		Semua galian kecuali terindikasi lain seperti kasus 3 dan timbunan tanpa drainase sempurna dan FSL < 1000 mm diatas muka tanah asli	Galian di zona iklim 1 dan semua timbunan dengan drainase sempurna (m ≥ 1) dan FSL > 1000 mm di atas muka tanah asli
Jenis Tanah	Kasus	1	2	3	4	5	6
	PI						
Lempung	50 – 70	2	2.7	2	2	2	2
Lempung kelanauan	40	2.5	3.3	3	2.5	2.6	3
	30	3	4.3	4	3.5	3.6	4
Lempung kepasiran	20	4	4.3	5	4.5	4.8	5.5
	10	4	4.3	5	4.5	5	6
Lanau		1	1.3	2	1	1.3	2

* FSL: Finished Surface Level (Aras permukaan perkerasan)
** Rujuk zona iklim pada Lampiran B

m. Menentukan Desain Pondasi Perkerasan

Desain pondasi perkerasan jalan minimum ditentukan merujuk pada Bagan Desain 2 MDP 2013 berdasarkan perhitungan jumlah CESAL, bagan desain seperti tabel dibawah ini :

BAGAN DESAIN 2 : SOLUSI DESAIN PONDASI JALAN MINIMUM³

CBR Tanah Dasar (Bagan Desain 1)	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Prosedur Desain Pondasi	Uraian Struktur Pondasi Jalan	Lalu Lintas Lajur Desain Umur Rencana 40 tahun (juta CESA _d)		
				< 2	2 - 4	> 4
≥ 6	SG6			Tidak perlu peningkatan		
5	SG5			Tebal minimum peningkatan tanah dasar		
4	SG4	A	Perbaikan tanah dasar meliputi bahan stabilisasi kapur atau timbunan pilihan (pemadatan berlapis ≤200 mm tebal lepas)	100	150	200
3	SG3			150	200	300
2.5	SG2,5			175	250	350
Tanah ekspansif (potential swell > 5%)		AE		400	500	600
Perkerasan lentur diatas tanah lunak ⁵	SG1 aluvial ¹	B	Lapis penopang (capping layer) ^{(2),(4)}	1000	1100	1200
			Atau lapis penopang dan geogrid ^{(2),(4)}	650	750	850
Tanah gambut dengan HRS atau perkerasan Burda untuk jalan kecil (nilai minimum – peraturan lain digunakan)		D	Lapis penopang berbutir ^{(2),(4)}	1000	1250	1500

1. Nilai CBR lapangan. CBR rendaman tidak relevan (karena tidak dapat dipadatkan secara mekanis).

2. Diatas lapis penopang harus diasumsikan memiliki nilai CBR ekivalen tak terbatas 2,5%.

3. Ketentuan tambahan mungkin berlaku, desain harus mempertimbangkan semua isu kritis.

4. Tebal lapis penopang dapat dikurangi 300 mm jika tanah asli dipadatkan (tanah lunak kering pada saat konstruksi. 40

5. Ditandai oleh kepadatan yang rendah dan CBR lapangan yang rendah di bawah daerah yang dipadatkan

n. Menentukan Tebal Struktur Pekerasan Jalan

Tebal struktur pekerasan jalan ditentukan berdasarkan jumlah CESAL kendaraan yang melewati jalan tersebut yaitu dengan menggunakan rujukan bagan desain 3A dan 3C Manual Desain Pekerasan Jalan (MDP) Metoda Bina Marga 2013 seperti dibawah ini :

Bagan Desain 3A: Desain Pekerasan Lentur Alternatif

	STRUKTUR PERKERASAN			
	FF1	FF2	FF3	FF4
	ESA _s (juta) untuk UR 20 th pada lajur desain			
	0 - 0.8	> 0.8 - 1	> 1 - 2	> 2 - 5
TEBAL LAPIS PERKERASAN (mm)				
AC WC	50	40	40	40
AC BC Lapis 1	0	60	60	60
AC BC atau AC Base	0	0	80	135
LPA Kelas A lapis 1	150	150	150	150
LPA Kelas A lapis 2 atau LPA Kelas B	150	150	150	150
LPA Kelas A, LPA Kelas B atau lapis distabilisasi dengan CBR >10%	150	150	0	0

**Bagan Desain 3C (Sebagai Alternatif dari Bagan Desain 3A dan 3B)
Desain Pekerasan Lentur - Aspal dgn Lapis Pondasi Berbutir**

Solusi yang dipilih					Lihat Catatan 3		Lihat Catatan 3		
Pengulangan beban sumbu desain 20 tahun di lajur rencana (pangkat 5) (10 ⁶ CESA _s)	1 - 2	2 - 4	4 - 7	7 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 50	50 - 100	100 - 200
KETEBALAN LAPIS PERKERASAN (mm)									
AC WC	40	40	40	40	40	40	40	40	40
AC BC	60	60	60	60	60	60	60	60	60
AC Base	0	70	80	105	145	160	180	210	245
LPA	400	300	300	300	300	300	300	300	300
Catatan	1	1	2	2	3	3	3	3	3

Catatan Bagan Desain 3C:

1. FF1 atau FF2 harus lebih diutamakan daripada solusi F1 dan F2 atau dalam situasi jika **HRS berpotensi rutting**
2. FF3 akan lebih efektif biaya relatif terhadap solusi F4 pada kondisi tertentu
3. CTB dan pilihan pekerasan kaku (Bagan Desain 3) dapat lebih efektif biaya tapi dapat menjadi tidak praktis jika sumber daya yang dibutuhkan tidak tersedia. Solusi dari FF5 - FF9 dapat lebih praktis daripada solusi Bagan Desain 3 atau 4 untuk situasi konstruksi tertentu. Contoh jika pekerasan kaku atau CTB bisa menjadi tidak praktis : pelebaran pekerasan lentur eksisting atau diatas tanah yang berpotensi konsolidasi atau pergerakan tidak seragam (pada pekerasan kaku) atau jika sumber daya kontraktor tidak tersedia.
4. Solusi ini dihitung dengan analisis mekanistik menggunakan program CIRLY Faktor reliabilitas 80% .
5. Bagan Desain C digunakan jika CTB sulit untuk diimplementasikan. Untuk desain pekerasan lentur dengan beban > 10 juta CESA_s lebih diutamakan menggunakan Bagan Desain 3

2.2.4. Jenis Kerusakan Jalan

Kerusakan yang terjadi di permukaan atas jalan dapat dibedakan sebagai berikut :

1. Retak (*Cracking*)

Retak yang terjadi pada lapisan permukaan jalan dapat dibedakan atas (Sukirman, 1999) :

a. Retak halus (*hair Cracking*), lebar celah lebih kecil atau sama dengan 3 mm.

Penyebabnya adalah bahan perkerasan yang kurang baik, tanah dasar atau bagian perkerasan di bawah lapis permukaan kurang stabil. Retak halus ini dapat meresapkan air ke dalam lapisan permukaan. Untuk pemeliharaan dapat dipergunakan lapis latasir atau buras. Dalam tahap perbaikan sebaiknya dilengkapi dengan perbaikan sistem drainase. Retak rambut dapat berkembang menjadi retak kulit buaya.

b. Retak kulit buaya (*Aligator craking*), lebar celah lebih besar atau sama dengan 3 mm. Saling berangkai membentuk serangkaian kotak-kotak kecil yang menyerupai kulit buaya. Retak ini disebabkan oleh bahan perkerasan yang kurang baik, pelapukan permukaan, tanah dasar atau bagian perkerasan dibawah lapis permukaan kurang stabil, atau bahan lapis pondasi dalam keadaan jenuh air (air tanah naik).

Umumnya daerah dimana terjadi retak kulit buaya tidak luas. Jika daerah dimana terjadi retak kulit buaya luas, mungkin hal ini disebabkan oleh repetisi beban lalu lintas yang melampaui beban yang dapat dipikul oleh lapisan

permukaan tersebut. Retak kulit buaya dapat diresapi oleh air sehingga lama kelamaan akan menimbulkan lubang-lubang akibat terlepasnya butir-butir.

- c. Retak pinggir (*edge cracking*), retak memanjang dengan atau tanpa cabang yang mengarah ke bahu dan terletak dekat bahu. Retak ini disebabkan oleh tidak baiknya sokongan dari arah samping, drainase kurang baik, terjadinya penyusutan tanah, atau terjadinya settlement di bawah daerah tersebut. Akar tanaman yang tumbuh di tepi perkerasan juga dapat menjadi penyebab terjadinya retak pinggir ini. Dilokasi retak, air dapat meresap yang dapat semakin merusak lapis permukaan. Retak ini lama kelamaan akan bertambah besar disertai dengan terjadinya lubang-lubang.
- d. Retak sambungan bahu dan perkerasan (*edge join cracking*), retak memanjang, umumnya terjadi pada sambungan bahu dengan perkerasan. Retak dapat disebabkan oleh kondisi drainase dibawah bahu jalan lebih buruk daripada di bawah perkerasan, terjadinya settlement di bahu jalan, penyusutan material bahu atau perkerasan jalan, atau akibat lintasan truk / kendaraan berat di bahu jalan.
- e. Retak sambungan jalan (*lane join cracking*), retak memanjang, yang terjadi pada sambungan 2 lajur lalu lintas. Hal ini disebabkan tidak baiknya sambungan kedua lajur. Jika tidak diperbaiki, retak dapat berkembang menjadi lebar karena terlepasnya butir-butir pada tepi retak dan meresapnya air ke dalam lapisan.
- f. Retak sambungan pelebaran jalan (*Widening cracking*), adalah retak memanjang yang terjadi pada sambungan antara perkerasan lama dengan

perkerasan pelebaran. Hal ini disebabkan oleh perbedaan daya dukung di bawah bagian pelebaran dan bagian jalan lama, dapat juga disebabkan oleh ikatan antara sambungan tidak baik. Jika tidak diperbaiki, air dapat meresap masuk ke dalam lapisan perkerasan melalui celah-celah, butir-butir dapat lepas dan retak bertambah besar.

- g. Retak refleksi (*reflection cracking*), retak memanjang, melintang diagonal, atau membentuk kotak. Terjadi pada lapis tambahan (*overlay*) yang menggambarkan pola retakan di bawahnya. Retak refleksi dapat terjadi jika retak pada perkerasan lama tidak diperbaiki secara baik sebelum pekerjaan *overlay* dilakukan. Retak refleksi dapat pula terjadi jika terjadi garakan vertikal / horisontal di bawah lapis tambahan sebagai akibat perubahan kadar air pada jenis tanah yang ekspansif.
- h. Retak susut (*shrinkage cracking*), retak yang saling bersambungan membentuk kotak-kotak besar dengan sudut tajam. Retak disebabkan oleh perubahan volume pada lapisan permukaan yang memakai aspal dengan penetrasi rendah, atau perubahan volume pada lapisan pondasi dan tanah dasar.
- i. Retak selip (*Slippage cracking*), retak yang bentuknya melengkung seperti bulan sabit. Hal ini disebabkan oleh kurang baiknya ikatan antara lapis permukaan dan lapis di bawahnya. Kurang baiknya ikatan dapat disebabkan
- j. oleh adanya debu, minyak, air, atau benda non adhesif lainnya, atau akibat tidak diberinya tack coat sebagai bahan pengikat diantara kedua lapisan. Retak selip pun dapat terjadi terlalu banyaknya pasir dalam campuran lapisan permukaan, atau kurang baiknya pemadatan lapis permukaan. Perbaikan dapat

dilakukan dengan membongkar bagian yang rusak dan menggantinya dengan lapisan yang lebih baik.

2. Distorsi (*Distortion*)

Distorsi / perubahan bentuk dapat terjadi akibat lemahnya tanah dasar pemadatan yang kurang pada lapis pondasi, sehingga terjadi tambahan pemadatan akibat beban lalu lintas. Sebelum perbaikan dilakukan sewajarnya ditentukan terlebih dahulu jenis dan penyebab distorsi yang terjadi. Dengan demikian dapat ditentukan jenis penanganan yang tepat.

Distorsi (*distortion*) dapat dibedakan atas (Sukirman, 1999) :

- a. Alur (*rust*), yang terjadi pada lintasan roda sejajar dengan as jalan. Alur dapat merupakan tempat menggenangnya air hujan yang jatuh diatas permukaan jalan, mengurangi tingkat kenyamanan, dan akhirnya dapat timbul retak-retak. Terjadinya alur disebabkan oleh lapis perkerasan yang kurang padat. Dengan demikian terjadi tambahan pemadatan akibat repetisi beban lalu lintas pada lintasan roda. Campuran aspal dengan stabilitas rendah dapat pula menimbulkan deformasi plastis.
- b. Keriting (*corrugation*) adalah alur yang terjadi melintang jalan. Dengan timbulnya lapisan permukaan yang berkeriting ini pengemudi akan merasakan ketidaknyamanan dalam mengemudi. Penyebab kerusakan ini adalah rendahnya stabilitas campuran yang dapat berasal dari terlalu tingginya kadar aspal, terlalu banyak menggunakan agregat halus, agregat berbentuk bulat dan berpermukaan licin, atau aspal yang dipergunakan mempunyai penetrasi yang

tinggi.

- c. Sungkur (*shoving*), deformasi plastis yang terjadi setempat, ditempat kendaraan
- d. sering berhenti, kelandaian curam, dan tikungan tajam. Kerusakan dapat terjadi dengan / tanpa retak. Penyebab kerusakan sama dengan kerusakan keriting. Perbaikan dapat dilakukan dengan cara di bongkar dan dilapis kembali (lihat juga retak kulit buaya).
- e. Ambblas (*grade depressions*), terjadi setempat, dengan atau tanpa retak. Ambblas dapat terdeteksi dengan adanya air yang tergenang. Air tergenang ini dapat meresap ke dalam lapisan perkerasan yang akhirnya berlubang. Penyebab ambblas adalah beban kendaraan yang melebihi apa yang direncanakan, pelaksanaan yang kurang baik, atau penurunan bagian perkerasan karena tanah dasar mengalami settlement.
- f. Jembul (*upheaval*), terjadi setempat, dengan atau tanpa retak. Hal ini terjadi akibat adanya pengembangan tanah dasar pada tanah dasar ekspansif. Perbaikan dilakukan dengan membongkar bagian yang rusak dan melapisnya kembali. (Sukirman, 1995).

3. Cacat Permukaan (*disintegration*)

Cacat permukaan biasanya mengarah kepada kerusakan secara kimiawi dan mekanis dari lapisan perkerasan. Yang termasuk dalam cacat permukaan ini adalah :

- a. Lubang (*Potholes*), berupa mangkuk, ukuran bervariasi dari kecil sampai besar. Lubang-lubang ini menampung dan meresapkan air ke dalam lapis permukaan yang menyebabkan semakin parahnya kerusakan jalan.

Lubang dapat terjadi akibat:

1. Campuran Material lapis permukaan jelek seperti :
 - Kadar aspal rendah, sehingga film aspal tipis dan mudah lepas.
 - Agregat kotor ikatan antara aspal dengan agregat tidak baik
 - Temperatur campuran tidak memenuhi persyaratan.
 2. Lapis permukaan tipis sehingga ikatan aspal dan agregat mudah lepas akibat pengaruh cuaca.
 3. Sistem drainase jelek, sehingga air banyak yang meresap dan mengumpul dalam lapis perkerasan.
 4. Retak-retak yang terjadi tidak segera ditangani sehingga air meresap masuk
 5. dan mengakibatkan terjadinya lubang-lubang kecil.
- b. Pelepasan butir (*raveling*), dapat terjadi secara meluas dan mempunyai efek, serta disebabkan oleh hal yang sama dengan lubang. Dapat diperbaiki dengan memperbaiki lapisan tambahan di atas lapisan yang mengalami pelepasan butir setelah lapisan tersebut dibersihkan .
- c. Pengelupasan lapisan permukaan (*stripping*), dapat disebabkan oleh kurangnya ikatan antara lapis permukaan dan lapis di bawahnya, atau terlalu tipisnya lapis permukaan. Dapat diperbaiki dengan cara digaruk, diratakan, dan dipadatkan. Setelah itu dilapis dengan buras.

4. Pengausan (*Polished Aggregate*)

Permukaan jalan menjadi licin, sehingga membahayakan kendaraan.

Pengausan terjadi katena agregat berasal dari material yang tidak tahan aus

terhadap roda kendaraan, atau agregat yang digunakan berbentuk bulat dan licin, tidak berbentuk cubical.

5. Kegemukan (*Bleeding or Flushing*)

Permukaan jalan menjadi licin, pada temperatur tinggi aspal menjadi lunak dan akan terjadi jejak roda hal ini sangat berbahaya bagi kendaraan. Kegemukan (*bledding*) dapat disebabkan pemakaian kadar aspal yang tinggi pada campuran aspal, pemakaian terlalu banyak aspal pada pekerjaan prime coat atau tack coat. Hal ini dapat diatasi dengan menaburkan agregat panas dan kemudian dipadatkan, atau lapis aspal diangkat dan kemudian diberi lapisan penutup.

6. Penurunan Pada Bekas Penanaman Utilitas

Penurunan yang terjadi disepanjang bekas penanaman utilitas. Hal ini terjadi karena pemadatan yang tidak memenuhi syarat. Hal ini dapat diperbaiki dengan dibongkar kembali dan diganti dengan lapis yang sesuai.

2.2.5. Aspal

Lapis permukaan pada perkerasan lentur terdiri atas bahan ikat dan bahan pokok. Bahan pokok bisa berupa pasir, kerikil, batu pecah/ agregat dan lain-lain. Komponen bahan ikat untuk perkerasan bermacam-macam, tergantung dari jenis perkerasan jalan yang akan dipakai, bisa berupa tanah liat, aspal / bitumen, *portland cement*, atau kapur/*lime*.

Aspal terdiri atas senyawa hidrokarbon berwarna coklat gelap atau hitam pekat yang terbentuk dari unsur-unsur *asphathenes*, *resins*, dan *oils*. Fungsi dari Aspal pada lapis perkerasan sebagai bahan pengikat antara agregat untuk membentuk suatu campuran yang kompak, sehingga akan memberikan kekuatan pada masing-masing agregat. Selain sebagai bahan pengikat, aspal juga berfungsi untuk mengisi rongga antara butir agregat dan pori-pori yang ada dari agregat itu sendiri.

Aspal mempunyai sifat *thermoplastis* pada temperatur ruangan, apabila dipanaskan sampai temperatur tertentu aspal akan mencair dan kembali membeku jika temperatur turun. Agregat dan aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4-10% berdasarkan berat campuran, atau 10-15% berdasarkan volume campuran.

Aspal dapat diperolehnya dari alam dan dari minyak bumi. Aspal alam yaitu aspal yang didapat di suatu tempat di alam, dan dapat digunakan sebagaimana diperolehnya atau dengan sedikit pengolahan. Aspal minyak adalah aspal yang merupakan residu pengilangan minyak bumi.

2.2.6. Beton Aspal

Beton aspal adalah beton dengan bahan pengikat aspal yang dicampur dalam keadaan panas. Material-material pembentuk beton aspal dicampur di instalasi pencampur pada suhu tertentu, kemudian diangkut ke lokasi pekerjaan,

dihamparkan, dan dipadatkan. Suhu pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal apa yang akan digunakan.

Untuk mendapatkan mutu campuran yang baik dan kemudahan dalam pelaksanaan, aspal harus dipanaskan untuk memperoleh tingkat kecairan (*viskositas*) yang tinggi dalam pencampurannya. Penggunaan jenis aspal yang akan dipilih ditentukan atas dasar iklim, kepadatan lalu lintas dan jenis konstruksi yang akan digunakan.

Suhu pencampuran material pembentuk beton aspal dapat menyebabkan perbedaan jenis dan fungsi beton aspal. Berdasarkan temperatur ketika mencampur dan memadatkan campuran, campuran beraspal (beton aspal) dapat dibedakan atas:

1. Beton aspal campuran panas (*hot mix*) diperoleh ketika material pembentuknya di campur pada suhu pencampuran sekitar 140°C.
2. Beton aspal campuran sedang (*warm mix*) diperoleh ketika dicampur pada suhu pencampuran sekitar 60°C.
3. Beton aspal campuran dingin (*cold mix*) diperoleh ketika dicampur pada suhu pencampuran sekitar 25°C.

Sedangkan berdasarkan fungsinya beton aspal dapat dibedakan atas:

1. Beton aspal untuk lapisan aus / *wearing course* (WC), adalah lapisan yang kedap air, tahan terhadap cuaca, dan mempunyai kekesatan, lapisan aus berhubungan langsung dengan ban kendaraan;
2. Beton aspal untuk lapisan pondasi / *binder course* (BC), adalah lapisan perkerasan yang terletak di bawah lapisan aus. Tidak berhubungan langsung

dengan cuaca, untuk memikul beban lalu lintas yang dilimpahkan melalui roda kendaraan perlu stabilisasi.

3. Beton aspal untuk pembentuk dan perata lapisan beton aspal yang sudah lama, diberikan untuk memperbaiki dan memperkuat ketidakrataan permukaan perkerasan setempat dan membentuk ulang permukaan yang ada.

2.2.7. Rencana Anggaran Biaya Proyek

Perhitungan atau perkiraan biaya merupakan salah satu tahap penting dalam pelaksanaan konstruksi. Perhitungan biaya merupakan suatu cara dan proses perhitungan untuk mendapatkan jumlah nilai atau besarnya kebutuhan biaya yang akan digunakan untuk mendirikan suatu konstruksi. Besarnya kebutuhan biaya tersebut menjadi bahan pertimbangan bagi pemilik pekerjaan konstruksi guna memilih cara atau alternatif pelaksanaan yang paling efisien. Selain unsur – unsur harga bahan, upah, peralatan dan metode pelaksanaan, waktu pelaksanaan juga akan sangat berpengaruh terhadap besarnya Rencana Anggaran Biaya ini.

Rencana anggaran biaya dipakai sebagai ancar-ancar dan pegangan sementara dalam pelaksanaan suatu konstruksi, hal ini dikarenakan biaya konstruksi yang sebenarnya baru didapatkan setelah pekerjaan konstruksi selesai dilaksanakan.

Estimasi biaya konstruksi dapat dibedakan atas estimasi kasaran dan estimasi teliti atau detail. Estimasi kasaran biasanya diperlukan untuk pengusulan anggaran kepada insatansi atasan misalnya pada pengusulan DIPA pada instansi

Pemerintah, sedangkan estimasi detail adalah RAB lengkap yang dipakai dalam penilaian penawaran pada pelelangan juga digunakan sebagai pedoman dalam pelaksanaan konstruksi. Estimasi detail pada hakekatnya merupakan RAB lengkap yang terperinci termasuk biaya – biaya tak langsung, keuntungan atau overhead perusahaan dan pajak – pajak.

Besarnya RAB suatu kegiatan konstruksi diperoleh dari perhitungan berdasarkan Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) atau harga bahan yang ada dipasaran sekitar lokasi kegiatan konstruksi. Dari perhitungan tersebut maka akan didapatkan berapa besar anggaran yang diperlukan dalam pelaksanaan suatu kegiatan konstruksi.