

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA

2.1. Kajian 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 1987 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 1 (satu) segmen, yaitu Segmen I : Sta 10+600 – Sta 13+600.

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 yang 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, berarti dari arus lalu lintas yang hendak memakai jalan tersebut. Besarnya arus lalu lintas dapat diperoleh dari analisa lalu lintas saat ini, sehingga diperoleh data mengenai jumlah kendaraan yang hendak memakai jalan, jenis kendaraan beserta jumlah tiap jenisnya, konfigurasi sumbu dari setiap jenis kendaraan dan beban masingmasing 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 kendaraan 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), yang dihitung dengan rumus:

$$LEP = \sum LHR_j \times C_j \times E_j \quad (2.1)$$

di mana :

C_j = koefisien distribusi arah

j = masing-masing jenis kendaraan

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

$$LEA = \sum LHR_j (1+i)^{UR} \times C_j \times E_j \quad (2.2)$$

di mana :

i = tingkat pertumbuhan lalu lintas

j = masing-masing jenis kendaraan

UR = Umur Rencana

d. Lintas Ekuivalen Tengah, yang dihitung dengan rumus:

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

e. Lintas Ekuivalen Rencana, dihitung dengan rumus:

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

di mana :

FP = Faktor Penyesuaian

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

2. Angka Ekuivalen Beban Sumbu

Jenis kendaraan yang memakai jalan beraneka ragam, bervariasi baik ukuran, berat total, konfigurasi dan beban sumbu, 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 diekuivalenkan ke beban sumbu standart dengan menggunakan angka ekuivalen 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 ≥ 5 Ton, misalnya : bus, truck, traktor, semi triler, trailer

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

a. Untuk sumbu tunggal

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

b. Untuk sumbu ganda

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

c. Untuk sumbu tripel

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

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, 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 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 ditentukan nilai CBR terendah, kemudian ditentukan harga CBR yang mewakili atau CBR segmen. Dalam menentukan CBR segmen terdapat 2 cara yaitu :

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

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

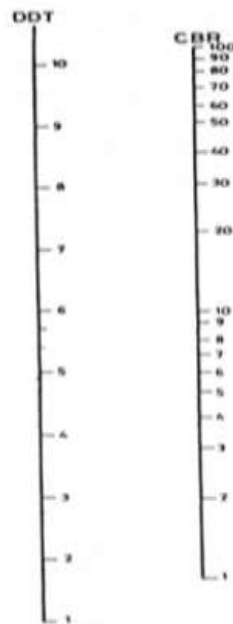
Tabel 2.2. Nilai R Untuk Perhitungan CBR Segmen

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 :

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

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).

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 2.4. Koefisien Kekuatan Relatif

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a1	a2	a3	MS (Kg)	Kt (kg/cm ²)	CBR (%)	
0,40			744			
0,35			590			Laston
0,32			454			
0,30			340			
0,35			744			
0,31			590			Labustag
0,28			454			
0,26			340			
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			

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a1	a2	a3	MS (Kg)	Kt (kg/cm ²)	CBR (%)	
	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. 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:

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

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_D bervariasi dari 0,3 – 0,7 tergantung arah mana yang 'berat' dan 'kosong'.

Tabel 2.5. Faktor Distribusi Lajur (D_D)

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

Pt 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:

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

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 (%)

Metode yang digunakan adalah Metode Pt T-01-2002-B, yang diadopsi dari Metode ASHTO 1993 dengan langkah-langkah perencanaan sebagai berikut:

a. Menentukan Indeks Permukaan awal (IP_0)

Indeks permukaan menyatakan nilai dari kehalusan serta kekokohan permukaan yang bertalian dengan tingkat pelayanan bagi lalu lintas yang lewat.

Nilai indeks permukaan awal (IP_0) ditentukan dari jenis lapis permukaan.

Nilai IP_0 dari masing-masing jenis lapis permukaan disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 2.6. IP_0 terhadap Jenis Lapis Permukaan

Jenis Lapis Permukaan	IP_0	Roughness (mm/km)
Laston	≥ 4	≤ 1000
	3,9 – 3,5	< 1000
Lasbutag	3,9 – 3,5	≤ 2000
	3,4 – 3,0	> 2000
HRA	3,9 – 3,5	≤ 2000
	3,4 – 3,0	> 2000
Burda	3,9 – 3,5	≤ 2000
Burtu	3,4 – 3,0	≤ 2000
Lapen	3,4 – 3,0	≤ 3000
	2,9 – 2,5	> 3000
Latasbum	2,9 – 2,5	
Buras	2,9 – 2,5	
Latasir	2,9 – 2,5	
Jalan Tanah	$\leq 2,4$	
Jalan Kerikil	$\leq 2,4$	

Sumber : SKBI – 2.3.23.1987

b. Menentukan Indeks Permukaan akhir (IP_t)

Metode Pt T-01-2002-B yang mempunyai lebih banyak pilihan nilai dibandingkan dengan Metode AASHTO 1993. Nilai indeks permukaan akhir (IP_t) ditentukan dari nilai LER.

Tabel 2.7. Indeks Permukaan Akhir Umur Rencana (IP_t)

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

Nilai IP_t 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 IP_t sebesar 1,5. tingkat pelayanan jalan masih cukup mantap dinyatakan dengan nilai IP_t sebesar 2,0. Sedangkan nilai IP_t sebesar 2,5 menyatakan permukaan jalan yang masih baik dan cukup stabil.

c. Menentukan tebal minimum masing- masing perkerasan

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

d. Reliabilitas

Konsep Reliabilitas merupakan upaya untuk menyertakan derajat kepastian kedalam proses perencanaan untuk menjamin bermacam-macam

alternatif perencanaan akan bertahan selama selang waktu yang direncanakan (umur rencana).

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 2.10. Rekomendasi Tingkat Reliabilitas Untuk
Berbagai-bagai 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 Pt 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), seperti pada Tabel 2.11, memperlihatkan nilai Z_R untuk level of serviceability tertentu

Tabel 2.11. 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

Reliabilitas, R (%)	Standar Normal Deviate, Z_R
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 Pt T-01-2002-B, 2002

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

$$MR \text{ (psi)} = 1.500 \times CBR \quad (2.12)$$

f. Batas-batas Minimum Tebal Lapisan Perkerasan

Pada saat menentukan tebal lapis perkerasan, perlu dipertimbangkan keefektifannya dari segi biaya, pelaksanaan konstruksi, dan batasan pemeliharaan untuk menghindari kemungkinan dihasilkannya perencanaan yang tidak praktis. Dari segi keefektifan biaya, jika perbandingan antara biaya untuk untuk lapisan pertama dan lapisan kedua lebih kecil dari pada perbandingan tersebut dikalikan dengan koefisien drainase, maka perencanaan yang secara ekonomis optimum

adalah apabila digunakan tebal lapis pondasi minimum. Tabel 2.8 memperlihatkan nilai tebal minimum untuk lapis permukaan berbeton aspal dan lapis pondasi agregat.

Tabel 2.12. Tebal Minimum Lapis Permukaan Berbeton Aspal dan Lapisan Pondasi Agregat (inch)

Lalu-lintas (ESAL)	Beton aspal		Lapen		Lasbutag		Lapis pondasi agregat	
	inch	cm	inch	cm	inch	cm	inch	cm
<50.000*)	1,0*)	2,5	2	5	2	5	4	10
50.001-150.000	2,0	5,0	-	-	-	-	4	10
150.001-500.000	2,5	6,25	-	-	-	-	4	10
500.001-2.000.000	3,0	7,5	-	-	-	-	6	15
2.000.001-7.000.000	3,5	8,75	-	-	-	-	6	15
>7.000.000	4,0	10,0	-	-	-	-	6	15

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

*) atau perawatan permukaan

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 :

$$ITP = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 + a_3 \cdot D_3 \quad (2.13)$$

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

a. Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Metoda Bina Marga 1989

Perencanaan tebal lapisan perkerasan lentur jalan raya Metode Bina Marga 1989 merupakan metode yang didasarkan pada Bina Marga 1987 yaitu Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen,. Rumus dasar yang digunakan adalah:

$$\log W_{18} = 9,3 \times \log (ITP + 2,54) - 3,9892 + \frac{\log \left[\frac{IP_0 - IP_t}{4,2 - 1,5} \right]}{0,40 + \frac{138072}{(ITP + 2,54)^{5,19}}} - \log \left(\frac{1}{FR} \right) + 0,37 \times (DDT - 3) \quad (2.14)$$

di mana:

W_{18} = Perkiraan kumulatif beban sumbu standar ekivalen (ESAL)

ITP = Indeks Tebal Permukaan

IP_0 = Indeks Permukaan Awal

IP_t = Indeks Permukaan Akhir

FR = Faktor Regional

DDT = Daya Dukung Tanah

b. Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Metoda AASTHO

Selain menggunakan nomogram, ITP juga dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut ini (Departemen Permukiman & Prasarana Wilayah Pt T-01-2002-B, 2002)

$$\log_{10}(w_{18}) = Z_R \times S_0 \times 9,36 \times \log_{10}(ITP + 1) - 0,20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta IP}{IP_0 - IP_t} \right]}{0,40 + \frac{1094}{(ITP + 1)^{5,19}}} + 2,32 \times \log_{10}(M_R) - 8,07 \quad (2.15)$$

dimana:

W_{10} = Perkiraan jumlah beban sumbu standar ekivalen 18-kip

Z_R = Deviasi normal standar

S_0 = Gabungan standard error untuk perkiraan lalu-lintas dan kinerja

ΔIP = Perbedaan antara initial design serviceability index, IP_0 dan terminal service ability index, IP_t

M_R = Modulus resilien

IP_t = Indeks permukaan jalan hancur (minimum 1,5)

2.2.3. CTRB (*Cement Treated Recycling Base*)

Fungsi lapis pondasi antara lain adalah sebagai perletakan atau lantai 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, *Asphalt Treated Base* (ATB), *Cement Treated Base* (CTB), *Cement Treated Recycling Base* (CTRB).

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 pemadat (*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 *batch* 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 pemadat. *Cold recycling* ini bisa dengan menambah semen yang digunakan sebagai *Cement Treated Recycling Base (CTRB)* dan *Cement Treated Recycling Sub Base (CTRSB)* 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 *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.

1. 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.

2. 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).

Tabel 2.13. Keuntungan dan Kerugian Stabilisasi dengan Semen

No.	Keuntungan	Kerugian
1.	Ketersediaan. Semen dapat diperoleh di seluruh dunia dalam jumlah 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 pabrikasi. Spesifikasi dan hasil test baku pada umumnya tersedia	

Sumber : Writgen, 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).

Tabel 2.14. Kuat Tekan Bebas Pada Umur 7 Hari

Peruntukan	Kuat Tekan Bebas Minimum pada umur 7 hari (kg/cm ²)	
	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 : DPU, 2008

2.2.4. Aspal

Lapis permukaan pada perkerasan lentur terdiri atas bahan ikat dan bahan pokok. Bahan pokok bisa berupa pasir, kerikil, atau 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.

2.2.5. 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, 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.

2.2.6. Jenis dan Fungsi Beton Aspal

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

Salah satu tahap penting dalam rangka pelaksanaan suatu konstruksi adalah perhitungan atau perkiraan biaya yang diperlukan untuk pembangunannya. Besar biaya ini menjadi bahan pertimbangan bagi pemilik bangunan, guna memilih cara atau alternative pembangunan yang paling efisien. Selain unsur-unsur harga bahan, upah tenaga, peralatan dan metoda pelaksanaan yang akan menetapkan besar biaya pembangunan, maka jangka waktu pelaksanaan juga akan sangat berpengaruh. Bahkan pada proyek-proyek besar ditentukan pula oleh kerjasama antara para pelaku (*teamwork*) yang terlibat dalam pembangunan, seperti pemilik bangunan (*owner*), perencana, pengawas, dan pelaksana atau kontraktor. Pengelolaan pelaksanaan sedemikian pada akhir-akhir ini berkembang merupakan obyek bahasa tersendiri dalam disiplin manajemen konstruksi (*construction management*).

1. Rencana Biaya Dalam Kegiatan Proyek

Dalam kegiatan proyek konstruksi dikenal beberapa tahap dan merupakan suatu urutan kegiatan-kegiatan yang berulang, yang biasa disebut siklus proyek. Dalam hal ini perhitungan rencana biaya pembangunan, yang lebih dikenal dengan Rencana Anggaran Biaya (RAB), adalah termasuk bagian dalam kelompok kegiatan perencanaan. Seperti diketahui perencanaan memegang peranan

penting dalam siklus proyek, karena keberhasilan proyek akan sangat ditentukan oleh kualitas dari perencanaan. Terjadinya perubahan-perubahan dalam pelaksanaan akibat perencanaan kurang mantap, selain menambah panjang waktu pelaksanaan juga menyebabkan pemborosan. Dalam perencanaan pula ditetapkan besar kecilnya tujuan dan sasaran dari proyek. RAB merupakan istilah dan singkatan yang populer dan sudah lama digunakan di Indonesia. Ada beberapa istilah yang dipakai untuk itu, antara lain : rencana biaya konstruksi, taksiran biaya, estimasi biaya, atau dalam bahasa asing *begrooting* (bahasa Belanda) dan *construction cost estimate* dalam bahasa Inggris.

Dalam kegiatan perencanaan ini tercakup pula penyiapan dokumen kelengkapan untuk pelelangan atau biasa disebut dokumen tender. Dokumen tersebut terdiri atas gambar-gambar desain, peraturan-peraturan dan persyaratan pelaksanaan pekerjaan, yang di Indonesia dikenal dengan RKS (Rencana Kerja dan Syarat-syarat), dan semua tercakup sebagai suatu spesifikasi (*specification*), merupakan petunjuk dan syarat pelaksanaan (dahulu populer dengan sebutan *bestek en voorwarden* atau disingkat bestek). Selanjutnya dilaksanakan proses penetapan pelaksana pekerjaan, yang umumnya dilakukan melalui suatu pelelangan atau tender. Dengan pelelangan dapat memilih kontraktor-kontraktor yang baik dan bonafid serta biaya pembangunan yang terendah. Cara pelelangan umumnya dipandang sebagai yang paling tepat dan obyektif atau *fair* dalam menentukan kontraktor pelaksana. Walaupun dengan alasan-alasan tertentu tidak menutup kemungkinan pemberian pekerjaan secara langsung atau penunjukan, yakni yang dikenal juga sebagai penetapan/penunjukan di bawah tangan.

2. Lingkup dan Peranan Biaya Konstruksi

RAB merupakan perkiraan atau estimasi, ialah suatu rencana biaya sebelum bangunan/proyek dilaksanakan. Diperlukan baik oleh pemilik bangunan atau *owner* maupun kontraktor sebagai pelaksana pembangunan. RAB yang biasa juga disebut biaya konstruksi dipakai sebagai ancer-ancer dan pegangan sementara dalam pelaksanaan. Karena biaya konstruksi sebenarnya (*actual cost*) baru dapat disusun setelah selesai pelaksanaan proyek.

Estimasi biaya konstruksi dapat dibedakan atas estimasi kasaran (*approximate estimates* atau *preliminary estimates*) dan estimasi teliti atau estimasi detail (*detailed estimates*). Estimasi kasaran biasanya diperlukan untuk pengusulan atau pengajuan anggaran kepada instansi atasan, misalnya pada pengusulan DIP (Daftar Isian Proyek) proyek-proyek pemerintah, dan juga digunakan dalam tahap studi kelayakan suatu proyek. Sedangkan estimasi detail adalah RAB lengkap yang dipakai dalam penilaian penawaran pada pelelangan, serta sebagai pedoman dalam pelaksanaan pembangunan.

Estimasi detail pada hakekatnya merupakan RAB lengkap yang terperinci termasuk biaya-biaya tak langsung atau *overhead*, keuntungan kontraktor dan pajak.

Biasanya biaya *overhead*, keuntungan dan pajak diperhitungkan berdasar persentase (%) terhadap biaya konstruksi (*bouwsom*).

Menurut Smith (1995) tingkatan RAB atau estimasi dalam pekerjaan teknik sipil, atau proyek pada umumnya, dapat dibagi atas tujuh tingkat atau tahap

- b. *Preliminary estimate*, merupakan hitungan kasaran sebagai awal estimasi atau estimasi kasaran;
- c. *Appraisal estimate*, dikenal sebagai estimasi kelayakan (*feasibility estimate*); diperlukan dalam rangka membandingkan beberapa estimasi alternatif dan suatu rencana (*scheme*) tertentu;
- d. *Proposal estimate*, adalah estimasi dari rencana terpilih (*selected scheme*); biasanya dibuat berdasar suatu konsep desain dan studi spesifikasi desain yang akan mengarah kepada estimasi biaya untuk pembuatan garis-garis besar desain (*outline design*);
- e. *Approved estimate*, modifikasi dan *proposal estimate* bagi kepentingan *client* atau pelanggan, dengan maksud menjadi dasar dalam pengendalian biaya proyek;
- f. *Pre-tender estimate*, merupakan penyempurnaan dan *approved estimate* berdasar desain pekerjaan definitif sesuai informasi yang tersedia dalam dokumen tender atau RKS, dipersiapkan untuk evaluasi penawaran pada lelang ;
- g. *Post-contract estimate*, adalah perkembangan lebih lanjut mencerminkan besar biaya setelah pelulusan dan tercantum dalam kontrak; memuat perincian uang dengan masing-masing pekerjaan (*bill of quantities*) serta pengeluaran lainnya;
- h. *Achieved cost*, merupakan besar biaya sesungguhnya atau *real cost*, disusun setelah proyek selesai digunakan sebagai data atau masukan untuk proyek mendatang.

3. Dasar dan Peraturan

Besar biaya proyek dapat diperkirakan atau diperhitungkan melalui beberapa cara atau metode. Menurut Iman Soeharto (1995) metode estimasi biaya yang sering dipakai pada proyek adalah :

- 1) Metode parametrik, dengan pendekatan matematik mencoba mencari hubungan antara biaya atau jam orang dengan karakteristik fisik tertentu (volume, luas, berat, panjang, dsb);
- 2) Metode indeks, menggunakan daftar indeks dan informasi harga proyek terdahulu; indeks harga adalah angka perbandingan antara harga pada tahun tertentu terhadap harga pada tahun yang digunakan sebagai dasar;
- 3) Metode analisis unsur-unsur, lingkup pekerjaan diuraikan menjadi unsur-unsur menu-rut fungsinya; membandingkan berbagai material bangunan untuk memperoleh kualitas perkiraan biaya dan tiap unsur, kemudian dapat dipilih estimasi biaya paling efektif;
- 4) Metode faktor, memakai asumsi terdapat korelasi atau faktor antara peralatan dengan komponen-komponen terkait; biaya komponen dihitung dengan cara menggunakan faktor perkalian terhadap peralatan;
- 5) Metode *quantity take-off*, disini estimasi biaya dilakukan dengan mengukur/menghikuantitas komponen-komponen proyek (dari gambar dan spesifikasi), kemudian memben beban jam-orang serta beban biayanya;
- 6) Metode harga satuan (*unit price*), dilakukan jika kuantitas komponen-komponen proyek belum dapat diperoleh secara pasti atau gambar detail belum siap; biaya

dihitung berdasar harga satuan setiap jenis komponen (misalnya setiap m^3 , m^2 , m, helai, butir, dan lain-lain).

Dalam perhitungan RAB pekerjaan sipil selama ini di Indonesia masih banyak menggunakan analisis pekerjaan, mengikuti cara lama sejak masa kolonial, yakni Analisis BOW (*Burgelijke van Openbare Werken*) yang berlaku mulai tahun 1921. Merupakan cara perhitungan tergolong metode *quantity take-off* yang berlaku bagi lingkungan instansi pekerjaan umum pada masa itu. Pemberlakuan analisis tersebut dewasa ini dilaksanakan dengan beberapa penyesuaian dan tambahan sesuai dengan kebutuhan dan perkembangan. Prinsip perhitungan mendasarkan pada nilai harga satuan pekerjaan, yakni biaya atau ongkos (mencakup upah dan material) yang dikeluarkan guna menyelesaikan satu unit jenis pekerjaan tertentu (misalnya per m^3 , m^2 atau m^1). Dimana rencana biaya adalah total hasil kali tiap harga satuan dengan jumlah volume tiap jenis pekerjaan yang ada.

Ketentuan-ketentuan dan peraturan tentang pelelangan, syarat pelaksanaan dan hubungan kerja antara pemilik bangunan dan kontraktor pelaksana di Indonesia juga masih banyak berpedoman pada peraturan atau standar lama yang populer dan dikenal sebagai AV-1941, singkatan dari *Algemene Voorwarden voor de uitvoering van Openbare Werken*) yang diterbitkan tahun 1941. Berbagai penyesuaian, perubahan dan tambahan, termasuk akhir-akhir ini dengan adanya SII (Standar Industri Indonesia) dan SNI (Standarisasi Nasional Indonesia) yang menerbitkan SNI 19.9000-1992 berdasar ISO 9000, serta berbagai standar lainnya (PBI-1971, PKKI-1961,

PUBBI-1982, dsb) sampai Undang-undang No. 18 tahun 1999 tentang Jasa Konstruksi. Seperti diketahui dewasa ini Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (KIMPRASWIL) telah mengupayakan standarisasi tentang Metode, Spesifikasi, Pedoman dan Manual (NSPM) berbagai jenis pekerjaan sipil sebagai produk SNI.

4. Langkah-langkah Persiapan

Sebagai langkah awal dalam perhitungan RAB perlu dilakukan upaya persiapan (Peurifoy dan Oberlender, 1989) agar diperoleh angka yang tepat atau akurat. Adapun kegiatan pada langkah persiapan itu mencakup hal-hal berikut.

- a. Peninjauan ruang lingkup proyek: pertimbangkan pengaruh lingkungan lokasi dari segi keamanan, tenaga kerja, lalu-lintas dan jalan masuk, ruang untuk gudang, dan sebagainya terhadap biaya;
- b. Penentuan kuantitas atau volume pekerjaan dan konstruksi bangunan/proyek;
- c. Harga material yang akan digunakan;
- d. Harga tenaga (pekerja dan tukang)
- e. Harga peralatan kerja (beli atau sewa)
- f. Daftar harga (penawaran) dan leveransir atau *suppliers*;
- g. Daftar harga satuan pekerjaan dari penawaran pars kontraktor di daerah itu;
- h. Perkiraan besar pajak, jaminan, asuransi, *overhead*, dan keuntungan;
- i. Biaya tak terduga dan pembulatan.

Pada hakekatnya penguasaan seluk-beluk proyek dan lingkungannya secara komprehensif akan sangat mendukung perhitungan RAB yang tepat dan realistic. Perlu dipahami pula bahwa setiap proyek mempunyai hal-hal yang spesifik dan

tidak mungkin sama dengan proyek lain walaupun dan proyek yang sejenis.

Peranan pengamatan atau survai lapangan sangat penting sebagai pelengkap perhitungan biaya berdasar gambar desain agar diperoleh rencana biaya yang akurat. Petunjuk pengamatan lapangan (*area investigation guidelines*) akan mencakup :

- a. *Site Description* (data lapangan), seperti : tanaman/tumbuhan, permukaan tanah, drainase, kedalaman *top soil* atau lapisan humus, bangunan dan sarana lain yang ada, dsb;
- b. *Utility Serving Site* (fasilitas tersedia lapangan), seperti: listrik, gas, air, jalan raya, jalan kabupaten/kampung, dsb;
- c. *Building Department* (data gedung), seperti: hubungan, telepon, lisensi, jasa-jasa
- d. *Labor Unions* (serikat sekerja), mencakup: keanggotaan, ketenagakerjaan dan peraturan terkait, aturan pengupahan, dsb;
- e. *Recommended Contractors* (kontraktor ter-rekomendasi), merupakan daftar kontraktor umum, khusus, supplier/leveransir, guna pertimbangan lebih lanjut;
- f. *Materials and Methods* (material dan metode), daftar harga material lokal/setempat, seperti: batu bata, pasir, beton cetak, kayu, bambu, dsb;
- g. *Equipment Rental* (persewaan alat), berupa daftar harga sewa peralatan kerja setempat;
- h. *Climatological Data* (data klimatologi), terdiri atas: temperatur maksimum/minimum, curah hujan, bulan-bulan hujan, dsb;
- i. *Other Projects* (proyek lain), kunjungan pada proyek berdekatan untuk mendapat: produktivitas kerja, metode pelaksanaan, subkontraktor, material setempat,

keamanan dsb;

- j. *General Appraisal* (taksiran umum), memuat kesimpulan kunjungan lapangan serta rekomendasi.

5. Dasar Perhitungan

Perhitungan RAB pada prinsipnya diperoleh sebagai jumlah seluruh basil kali volume tiap jenis pekerjaan yang ada dengan harga satuan masing-masing. Volume pekerjaan dapat diperoleh dan membaca dan menghitung atas gambar desain (lebih dikenal sebagai gambar *bestek*). Telah disinggung di muka bahwa unsur biaya konstruksi mencakup harga-harga bahan, upah tenaga, dan peralatan yang digunakan. Dan semua unsur biaya ditentukan harga satuan tiap jenis pekerjaan, dan untuk ini dapat digunakan analisis BOW yang sudah dikenal sejak masa penjajahan Belanda (ketetapan Direktur BOW tanggal 28 Pebruari 1921 Nomor 5372 A). Secara umum prosedur perhitungan RAB disusun atas dasar lima unsur harga berikut:

- a. Bahan-bahan atau material bangunan:

Dihitung kuantitas (volume, ukuran, berat, tipe, dsb) masing-masing jenis bahan yang digunakan. Juga harga tiap jenis bahan itu sampai di lokasi pekerjaan (termasuk ongkos angkutan), bahkan kadang-kadang mencakup biaya pemeriksaan kualitas dan pengadaan gudang/tempat penyimpanan.

- b. Upah tenaga kerja:

Dihitung jam kerja yang dibutuhkan dan jumlah biaya/upah. Biasanya digunakan berdasar harian atau per hari sebagai unit waktu, serta volume pekerjaan yang dapat diselesaikan dalam unit waktu tersebut. Sebagai unit

waktu dapat pula atas dasar tiap jam. Perlu diketahui bahwa kemampuan tiap tenaga kerja tidak sama tergantung ketrampilan dan pengalaman, demikian juga besar upahnya.

c. Peralatan

Dihitung banyak dan jenis tiap peralatan yang diperlukan serta harga/biaya (beli atau sewa). Biaya peralatan termasuk ongkos angkut/mobilisasi, upah operator mesin, biaya bahan bakar dan sebagainya. Kemampuan peralatan per satuan waktu perlu diketahui.

d. *Overhead*

Biasa dikategorikan sebagai biaya tak terduga atau biaya tak langsung, dan dibagi menjadi dua golongan, yakni pertama yang bersifat umum, serta kedua yang berkaitan dengan pekerjaan di lapangan. *Overhead* umum misalnya sewa kantor, peralatan kantor, listrik, telepon, perjalanan, asuransi/jamsostek, termasuk gaji/upah karyawan kantor yang terlibat kegiatan proyek. Sedangkan *overhead* lapangan merupakan biaya yang tak dapat dibebankan pada harga bahan-bahan, upah pekerja dan peralatan, seperti telepon di proyek, pengamanan, biaya perizinan, dan sebagainya. Biaya *overhead* keseluruhan ditetapkan berdasar pengalaman, biasanya sekitar 5 sampai 10% dari jumlah harga bahan, upah dan peralatan.

e. Keuntungan dan pajak

Besar keuntungan tergantung pada besar-kecilnya proyek dan besarnya risiko serta tingkat kesulitan pekerjaan. Biasanya keuntungan berkisar antara 8 sampai 10% dari biaya konstruksi (*bouwsom*). Sedangkan pajak besarnya tergantung pada

peraturan pemerintah yang berlaku, biasanya antara 8 sampai 11,5%.

Selain kemampuan membaca dan menafsirkan gambar-gambar desain, maka seorang penyusun RAB atau *estimator* harus menguasai lapangan dan metode pelaksanaan pekerjaan. Tanpa bekal kemampuan tersebut tidak mungkin diperoleh hasil RAB yang teliti dan ekonomis seperti diharapkan.

6. Perhitungan Volume

Penetapan besar kuantitas atau volume tiap jenis pekerjaan dari konstruksi bangunan merupakan kunci ketelitian dan ketepatan sebuah RAB. Yang dimaksud jenis pekerjaan adalah semua kategori pekerjaan (dari huruf A sampai W) yang terdapat dalam analisis BOW, misalnya pekerjaan tanah (galian dan timbunan), lempengan dan pagar, jalan, pekerjaan bambu (termasuk konstruksi Bari bahan-bahan dalam negeri), pancang dan tiang bersekrup, pekerjaan kayu, pekerjaan menembok dan konstruksi batu, penutup atap, dan sebagainya.

Perhitungan volume dilakukan atas dasar gambar detail dari *bestek* yang tersedia, termasuk perubahan dan tambahan yang diberikan pada saat pemberian penjelasan atau *aanwijzing* sebelum pelelangan.