

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Penelitian ini dilakukan dengan merujuk pada penelitian yang sebelumnya, sebagai berikut :

Tabel 2.1. Persamaan dan Perbedaan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian yang Akan Dilakukan

No	Penulis	Judul	Tujuan	Metode Penelitian & Hasil	Persamaan	Perbedaan
1	Surat (2011)	Analisis Struktur Perkerasan Jalan di Atas Tanah Ekspansif	Menganalisis dan mengevaluasi stabilitas struktur perkerasan eksisting berdasarkan angka keamanan terhadap lendutan dan tegangan sehingga diperoleh alternatif desain perbaikan struktur perkerasan yang tepat.	Metode : Desain struktur perkerasan kaku dan lentur Hasil : Alternatif desain struktur perkerasan yang paling baik dipilih adalah struktur perkerasan kaku yang terdiri dari lapis perkerasan beton semen bertulang tebal 25 cm dan lapis WLC tebal 5 cm. Dengan pertimbangan bahwa perkerasan kaku memenuhi persyaratan teknis yaitu momen yang relatif kecil pada dasar perkerasan, daya dukung yang besar, lendutan yang kecil, distribusi tegangan yang merata dan distribusi lendutan yang merata berdasarkan hasil evaluasi momen, tegangan dan lendutan dari SAP-2000 dan BISAR 3.0.	Membandingkan tebal perkerasan jalan	1. Mendapatkan persamaan dan perbedaan tebal perkerasan lentur tanpa CTRB dan dengan CTRB 2. Mendapatkan biaya yang paling hemat antara tebal perkerasan lentur tanpa CTRB dan dengan CTRB

No	Penulis	Judul	Tujuan	Metode Penelitian & Hasil	Persamaan	Perbedaan
2	Achmad Amirudin Azis (2012)	Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) Dan Rencana Anggaran Biaya Pada Ruas Jalan Desa Saliki Muara Badak.	Mendapatkan hasil perhitungan tebal perkerasan kaku (rigid pavement) pada jalan tersebut, Mendapatkan hasil rencana anggaran biaya yang dibutuhkan pada jalan tersebut.	Metode : Desain struktur perkerasan kaku Hasil : Tebal perkerasan beton (rigid pavement) = 20 cm dengan mutu beton K.250 (250 kg/cm ²), Dowel (Ruji) : Ø 25 mm, panjang 45 cm dengan jarak antar dowel = 30 cm, Tie Bar : Ø 16 mm, Panjang 100 cm dengan jarak tie bar = 60 cm. Dari perhitungan tebal perkerasan dan panjang jalan yang direncanakan maka didapat Rencana Anggaran Biaya yang diperlukan adalah sebesar Rp.2.384.690.000,00 (Dua Milyar Tiga Ratus Delapan Puluh Empat Juta Enam Ratus Sembilan Puluh Ribu Rupiah)	Membandingkan tebal perkerasan jalan	1. Mendapatkan persamaan dan perbedaan tebal perkerasan lentur tanpa CTRB dan dengan CTRB 2. Mendapatkan biaya yang paling hemat antara tebal perkerasan lentur tanpa CTRB dan dengan CTRB
3	Tofan Ferdian, Anindita Prasasya, Bambang S. Subagio dan Sri Hendarto (2008)	Analisis Struktur Perkerasan Lentur Menggunakan Program Everseries dan Metoda AASHTO 1993 Studi kasus: Jalan Tol Jakarta – Cikampek	Menganalisis struktur perkerasan eksisting dari jalan tol Jakarta-Cikampek berdasarkan pada data lendutan menggunakan alat Falling Weight Deflectometer (FWD).	Metode : Analisis Struktur Perkerasan Lentur Menggunakan Program Everseries dan Metoda AASHTO 1993 Hasil : Dari data lendutan, nilai modulus resilien pada setiap lapisan dapat ditentukan. Nilai kerusakan kumulatif (Cumulative Damage) pada setiap bagian-bagian jalan dapat menunjukkan lokasi mana yang perlu memperoleh overlay. Jika kerusakan kumulatif aktual nilainya lebih besar dari yang diijinkan, maka pada lokasi jalan tersebut perlu dilakukan overlay. Hal ini berarti struktur perkerasan tersebut berada dalam kondisi yang buruk dan perlu diperbaiki secepatnya.	Membandingkan tebal perkerasan jalan	1. Mendapatkan persamaan dan perbedaan tebal perkerasan lentur tanpa CTRB dan dengan CTRB 2. Mendapatkan biaya yang paling hemat antara tebal perkerasan lentur tanpa CTRB dan dengan CTRB

Sumber : Olahan Penulis, 2016

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Struktur Perkerasan Lentur

Struktur perkerasan lentur, umumnya terdiri atas lapis pondasi bawah (*Subbase Course*), lapis pondasi atas (*Base Course*), dan lapis permukaan (*Surface Course*).

Lapisan pada konstruksi memiliki fungsi masing-masing, yaitu :

1. Lapis permukaan beraspal berfungsi untuk mengamankan perkerasan dari pengaruh air, mengurangi tegangan dan menahan beban paling tinggi akibat beban lalu-lintas sehingga harus mempunyai kekuatan yang cukup.
2. Lapis pondasi atas (*Base*) berfungsi untuk mendukung lapis permukaan dan mengurangi tegangan serta regangan
3. Lapis pondasi bawah (*Subbase*) berfungsi sebagai lantai kerja, menyebarkan beban di atasnya, mengalihkan infiltrasi air dan mengurangi tegangan serta regangan.
4. Tanah dasar berfungsi mendukung beban yang didistribusikan melalui lapisan pondasi yang berada di atasnya



Gambar 2.1. Tipikal Konstruksi Perkerasan Lentur

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

Kerusakan jalan diantaranya dapat diakibatkan karena kurang tepatnya dalam pemilihan dan pelaksanaan lapisan beraspal atau karena lemahnya bagian bawah konstruksi perkerasan, seperti lemahnya daya dukung tanah dasar dan kurang baiknya daya dukung lapis pondasi, baik lapis pondasi atas ataupun lapis pondasi bawah.

Pemilihan dan penggunaan lapisan beraspal yang tepat adalah menggunakan bahan (agregat dan aspal) yang sesuai dengan kondisi lingkungan di mana campuran beraspal itu akan dilaksanakan. Hal lain yang mempengaruhi kinerja campuran atau lapisan beraspal di lapangan adalah tergantung terhadap sifat campuran pada saat konstruksi. Perubahan sifat campuran beraspal dapat dipengaruhi karena proses densifikasi akibat beban lalu-lintas dan kondisi lingkungan yang dapat mempengaruhi kualitas aspal (Giovanni, 2000).

Kerusakan jalan akibat lemahnya bagian bawah konstruksi perkerasan dapat disebabkan pengaruh air. Untuk itu letak permukaan perkerasan dari permukaan tanah di sekitar jalan sangatlah menentukan terhadap terhadap kinerja perkerasan. Letak permukaan perkerasan dari permukaan tanah di sekitar jalan terkait dengan pengaruh air, baik air tanah maupun air permukaan, terhadap tanah dasar dan lapis perkerasan.

Analisa Perhitungan Tebal pekerasan dapat dihitung dengan menggunakan Perhitungan Tebal Perkerasan Lentur maupun Perhitungan Tebal Perkerasan dengan Analisa Komponen. Dalam Penelitian yang diusulkan, perhitungan tebal perkerasan menggunakan Perhitungan Tebal Perkerasan Lentur sesuai dengan

Pedoman Konstruksi dan Bangunan Pt T-01-2002-B, Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur – Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah tahun 2002. Variabel-variabel pokok dalam perhitungan tebal perkerasan dengan menggunakan Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur sebagaimana dalam pokok bahasan selanjutnya.

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

1. Jumlah jalur dan koefisien distribusi kendaraan (C)

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 – 2.3.26.2002).

Tabel 2.2. 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. 2002/SNI 03-1732-2002

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

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

2. Angka Eivalen Beban gandar Sumbu Kendaraan (E)

Angka Eivalen (E) masing-masing golongan beban gandar sumbu (setiap kendaraan) ditentukan menurut rumus :

a. Untuk sumbu tunggal

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

b. Untuk sumbu ganda

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

c. Untuk sumbu tripel

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

3. Lalu lintas harian rata-rata

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

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

$$LEP = \sum_{j=1}^n LHR_{\text{awal}_j} \times C_j \times E_j \dots\dots\dots (2.4)$$

di mana :

C_j = koefisien distribusi arah

j = masing-masing jenis kendaraan

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

$$LEA = \sum_{j=1}^n LHR_{\text{akhir}_j} \times C_j \times E_j \text{ atau } LEA = LHR_{UR} \times C \times E \dots\dots\dots (2.5)$$

di mana :

j : jenis kendaraan

C_j : koefisien setiap jenis kendaraan

E_j : Nilai ekuivalen setiap jenis kendaraan

UR : Tahun Umur Rencana

d. Lintas Ekuivalen Tengah, yang dihitung dengan rumus:

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

e. Lintas Ekuivalen Rencana, yang dihitung dengan rumus:

$$LER = LET \times FP \dots\dots\dots (2.7)$$

di mana :

FP = Faktor Penyesuaian

$$FP = \frac{UR}{10} \dots\dots\dots (2.7)$$

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)

	Kelayaan I (< 6 %)		Kelayaan II (6-10%)		Kelayaan III (> 10 %)	
	% Kendaraan Berat					
	≤ 30%	>30%	≤ 30%	>30%	≤ 30%	>30%
Iklim I < 900 mm / th	0,5	1,0 - 1,5	1,0	1,5 - 2,0	1,5	2,0 - 2,5
Iklim II > 900 mm / th	1,5	2,0 - 2,5	2,0	2,5 - 3,0	2,5	3,0 - 3,5

Sumber : SKBI - 2.3.26.2002

6. 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 2.4. Rekomendasi Tingkat Reliabilitas Untuk
Berbagai 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 2.4, memperlihatkan nilai Z_R untuk level of serviceability tertentu.

Tabel 2.5. 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 Pt T-01-2002-B, 2002

7. 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:

$$W_{18} = D_D \times D_L \times W_{18} \dots\dots\dots (2.8)$$

dimana:

D_D = faktor distribusi arah.

D_L = faktor distribusi lajur.

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 2.6. 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:

$$W_t = w_{18} \times \frac{(1+g)^n - 1}{g} \dots\dots\dots (2.9)$$

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 (%).

8. 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.

$$MR \text{ (psi)} = 1.500 \times CBR \dots\dots\dots (2.10)$$

9. Indeks Permukaan (IP)

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 awal (IP_o) ditentukan dari jenis lapis permukaan dan nilai indeks permukaan akhir (IP_t) ditentukan dari nilai LER.

Adapun nilai IP_o dan IP_t dari masing-masing jenis lapis permukaan disajikan dalam tabel berikut :

Tabel 2.7. IP_o terhadap Jenis Lapis Permukaan

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

Sumber : SKBI – 2.3.23.2002

Tabel 2.8. 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 – 2.3.23.2002

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

10. 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 2.9. 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			
	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

11. Indeks Tebal Perkerasan (ITP)

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

12. 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 2.10. 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 – 2.3.23.2002

Tabel 2.11. 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 – 2.3.23.2002

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 :

$$ITP = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 + a_3 \cdot D_3 \dots\dots\dots (2.11)$$

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

13. 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

14. Prosedur Perencanaan

Pemakaian nomogram untuk menentukan *strutural number* rencana yang diperlukan. Nomogram tersebut dapat dipergunakan apabila dipenuhi kondisi-kondisi berikut ini:

- a. Perkiraan lalu-lintas masa datang (w_{18}) adalah pada akhir rencana,
- b. Reliability (R).

- c. Overall standart deviation (S_0).
- d. Modulus resilien efektif (*effective resilient modulus*) material tanah dasar (M_R).
- e. Design serviceability loss ($\Delta PSI = IP_0 - IP_t$).

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

$$\log_{10}(w_{18}) = Z_R \times S_0 \times 9.36 \times \log_{10}(ITP + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta IP}{IP_0 - IP_t} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(ITP + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(M_R) - 8.07 \quad (2.12)$$

dimana:

W_{18} = 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)

2.2.2. Kriteria Tanah Dasar

Ditinjau dari letak permukaan air tanah, Overseas Road Note 31 (Overseas Center,TRL 1993) membagi tanah dasar dibawah perkerasan kedap di daerah tropis menjadi tiga kategori sebagai berikut :

1. Kategori 1 : tanah dasar dimana muka air tanah cukup tinggi

Untuk kategori ini, letak muka tanah yang mempengaruhi tanah dasar tergantung pada jenis tanah. Untuk tanah dasar tidak plastis (nonplastis), air tanah akan mempengaruhi tanah dasar, apabila permukaannya terletak pada kedalaman kurang dari 1 meter dari permukaan perkerasan; Untuk tanah dasar jenis lempung kepasiran ($PI < 20$), air tanah akan mempengaruhi tanah dasar, apabila permukaannya terletak pada kedalaman kurang dari 3 meter dari permukaan perkerasan; Untuk tanah dasar jenis lempung berat ($PI > 40$), air tanah akan mempengaruhi tanah dasar, apabila permukaannya terletak pada kedalaman kurang dari 7 meter dari permukaan perkerasan. Daerah dimana muka air tanah dipertahankan oleh air hujan mencakup juga daerah pantai dan daerah banjir dimana muka air tanah dikendalikan oleh air laut, air danau dan air sungai.

2. Kategori 2 : tanah dasar dimana muka air tanah dalam (*deep*) dan curah hujan sangat mempengaruhi kadar air di bawah perkerasan. Kondisi ini terjadi apabila air hujan melampaui penguapan (*evapotranspiration*) untuk sekurang-kurangnya selama dua bulan dalam satu tahun. Curah hujan pada daerah yang termasuk kategori ini biasanya lebih dari 250 mm per tahun dan sering bersifat musiman.

3. Kategori 3 : tanah dasar di daerah dimana letak muka air tanah tidak tetap berada dekat permukaan tanah serta di daerah dimana cuaca adalah kering di sebagian besar tahun dan curah hujan per tahun adalah 250 mm atau kurang.

Referensi lainnya menyatakan bahwa permukaan air tanah di bawah perkerasan perlu dipertahankan pada kedalaman sekurang-kurangnya 1,2 m (4 ft) dari permukaan tanah dasar (Overseas Center,TRL , 1993).

Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, Pt T-01-2002-B,2002 menyatakan bahwa daya dukung lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah agregat (*untreated base* dan *sub base*) dipengaruhi oleh kondisi drainase dan curah hujan. Tulisan ini membahas tentang permasalahan kerusakan jalan akibat pondasi jalan yang kurang baik. Cara mengatasinya antara lain menggunakan bahan pondasi yang distabilisasi semen. Berdasarkan beberapa literature, termasuk spesifikasi khusus dari Balitbang Departemen Pekerjaan Umum, maka terdapat beberapa teknologi bahan lapis pondasi yang memiliki kekedapan yang cukup baik sehingga dapat mengestimasi pengaruh instruksi air, yaitu:

1. Lapis Pondasi (*Base*) berupa CTB (*Cement Treated Base*); CTRB (*Cement Treated Recycling Base*) atau CMRFB (*Cold Mix Recycling Foam Bitumen*)
2. Lapis Pondasi Bawah (*Sub-Base*) berupa CTSB (*Cement Treated Sub-Base*) atau CTRSB (*Cement Treated Recycling Sub-Base*)

2.2.3. Daya Dukung Tanah

Daya Dukung Tanah Dasar (DDT) dan *California Bearing Ratio* (CBR) CBR merupakan perbandingan beban penetrasi pada suatu bahan dengan beban standar pada penetrasi dan kecepatan pembebanan yang sama. Berdasarkan cara mendapatkan contoh tanahnya, CBR dapat dibagi atas:

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

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

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

Gunanya untuk mendapatkan besarnya nilai CBR asli di lapangan pada keadaan jenuh air, dan tanah mengalami pengembangan maksimum. Pemeriksaan dilaksanakan pada kondisi tanah dasar tidak dalam keadaan jenuh air. Hal ini sering digunakan untuk menentukan daya dukung tanah di daerah yang lapisan tanah dasarnya sudah tidak akan dipadatkan lagi, terletak di daerah yang badan jalannya sering terendam air pada musim hujan dan kering pada musim kemarau. sedangkan pemeriksaan dilakukan di musim kemarau.

- c. CBR rencana titik / CBR laboratorium / desain CBR

Tanah dasar (*subgrade*) pada konstruksi jalan baru merupakan tanah asli, tanah timbunan, atau tanah galian yang sudah dipadatkan sampai kepadatan 95% kepadatan maksimum. Dengan demikian daya dukung tanah dasar tersebut merupakan nilai kemampuan lapisan tanah memikul beban setelah tanah tersebut di padatkan.

Data CBR yang digunakan adalah harga-harga CBR dari pemeriksaan lapangan dan uji laboratorium. dari data CBR ditentukan nilai CBR terendah, kemudian ditentukan harga CBR yang mewakili atau CBR segmen. Dalam menentukan CBR segmen terdapat 2 cara yaitu :

$$1. \text{ Secara analitis } CBR_{\text{segmen}} = CBR_{\text{rata-rata}} - (CBR_{\text{maks}} - CBR_{\text{min}}) / R \quad (2.13)$$

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

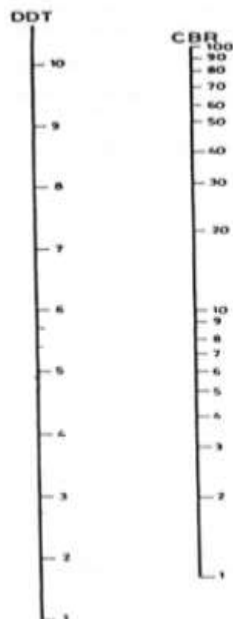
Tabel 2.13. Nilai R Untuk Perhitungan CBR Segmen

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

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

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



Gambar 2.2. Korelasi antara DDT dan CBR

Sumber : SKBI – 2.3.23.2002

Selain menggunakan grafik tersebut, nilai DDT dari suatu Harga CBR

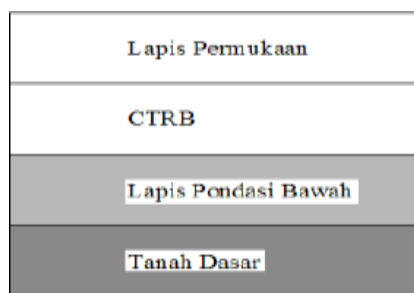
juga dapat ditentukan menggunakan rumus :

$$DDT = 1,6649 + 4,3592 \log (CBR) \dots\dots\dots (2.14)$$

Dimana hasil yang diperoleh dengan kedua cara tersebut relatif sama.

2.2.4. Perbaikan Jalan dengan CTRB (*Cement Treated Recycling Base*)

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



Gambar 2.3. Struktur Perkerasan Dengan CTRB
Sumber : SKBI – 2.3.23.2002

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 *continuous* 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 di perlukan 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 2.14. 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 2.15. 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

2.2.5. 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 alternatif 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 voorwaarden* 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

- a. *Preliminary estimate*, merupakan hitungan kasaran sebagai awal estimasi atau estimasi kasaran;
- b. *Appraisal estimate*, dikenal sebagai estimasi kelayakan (*feasibility estimate*); diperlukan dalam rangka membandingkan beberapa estimasi alternatif dan suatu rencana (*scheme*) tertentu;

- c. *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*);
- d. *Approved estimate*, modifikasi dan *proposal estimate* bagi kepentingan *client* atau pelanggan, dengan maksud menjadi dasar dalam pengendalian biaya proyek;
- e. *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 ;
- f. *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;
- g. *Achieved cost*, merupakan besar biaya sesungguhnya atau *real cost*, disusun setelah proyek selesai digunakan sebagai data atau masukan untuk proyek mendatang.

2. 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.

3. Langkah-langkah Persiapan

Sebagai langkah awal dalam perhitungan RAB perlu dilalukan 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/poyek;
- 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*) menurut Barrie dan Paulson (1992) 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 terrekomendasi), 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.

4. 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/biayanya (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 12 sampai 30% 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 15% dari biaya konstruksi (*bouwsom*). Sedangkan pajak besarnya tergantung pada peraturan pemerintah yang berlaku, biasanya antara 10 sampai 18%.

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.

5. 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.