

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Pengertian Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah pekerjaan konstruksi yang dibangun diatas lapisan tanah dasar (subgrade), yang memiliki fungsi menopang beban lalu-lintas.

Perencanaan konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan antara perencanaan untuk jalan baru dan untuk peningkatan.

Ada banyak metode yang dapat digunakan untuk menghitung perkerasan jalan diantaranya adalah Bina Marga dari Indonesia, *Road Note* dari Inggris, NAASRA dari Australia dan AASTHO dan The Asphalt Institute dari Amerika.

2.1.2 Jenis Konstruksi Perkerasan Jalan

Jenis Konstruksi perkerasan jalan di bagi menjadi beberapa jenis yang sesuai dengan bahan ikat yang digunakan serta komposisi dari komponen konstruksi perkerasan jalan itu sendiri, yaitu :

1. *Rigid Pavement* atau perkerasan kaku.
 - a. Menggunakan bahan pengikat semen portland (PC).
 - b. Sifat lapisan utama (plat beton) yaitu memikul sebagian besar beban lalu lintas.
 - c. Pengaruhnya terhadap repetisi beban adalah timbulnya retak-retak pada permukaan jalan.
 - d. Pengaruhnya terhadap penurunan tanah dasar yaitu, bersifat sebagai balok di atas permukaan
2. *Flexible Pavement* atau perkerasan lentur.
 - a. Menggunakan 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).

3. *Composite Pavement* atau gabungan.
 - a. Kombinasi antara perkerasan kaku dan perkerasan lentur
 - b. Perkerasan lentur diatas perkerasan kaku atau sebaliknya

2.1.3 Fungsi Lapis Perkerasan

Dengan adanya lapis perkerasan diharapkan struktur perkerasan jalan mempunyai daya dukung dan keawetan yang memadai, akan tetapi tetap ekonomis, maka perkerasan jalan raya dibuat berlapis-lapis. Lapis paling atas disebut sebagai lapis permukaan, merupakan lapisan yang paling baik mutunya. Di bawahnya terdapat lapis pondasi, yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dipadatkan (Departemen Pekerjaan Umum, 1987).

2.1.3.1. Lapis Permukaan

Lapis permukaan adalah lapis perkerasan yang paling atas. Fungsi lapis permukaan meliputi:

- a. Struktural

Ikut memberi dukungan dan menyebarkan beban kendaraan yang diterima oleh perkerasan, baik beban vertikal maupun beban horizontal (gaya geser). Syarat yang dituntut adalah kuat, kokoh, dan stabil.

- b. Non Struktural

Bagian dari lapisan Non Struktural yaitu Lapis kedap air, mencegah masuknya air ke dalam lapisan perkerasan yang ada di bawahnya. Menyediakan permukaan yang tetap rata, agar kendaraan dapat berjalan dan memperoleh kenyamanan yang cukup. Membentuk permukaan yang tidak licin, sehingga tersedia koefisien gerak (skid resistance) yang cukup untuk menjamin tersedianya keamanan lalu lintas dan sebagai lapisan aus, yaitu lapis yang dapat aus yang selanjutnya dapat diganti lagi dengan yang baru.

Lapis permukaan itu sendiri masih bisa dibagi lagi menjadi dua lapisan lagi, yaitu:

- 1). Lapis Aus (*Wearing Course*)

Lapis aus (*wearing course*) merupakan bagian dari lapis permukaan yang terletak di atas

lapis antara (*binder course*). Fungsi dari lapis aus adalah :

- a. Memberi pengamanan pada lapis perkerasan dari pengaruh air.
 - b. Menyediakan permukaan yang halus
 - c. Menyediakan permukaan yang kesat
- 2). Lapis Antara (*Binder Course*)

Lapis antara (*binder course*) merupakan bagian dari lapis permukaan yang terletak di antara lapis pondasi atas (*base course*) dengan lapis aus (*wearing course*). Fungsi dari lapis antara adalah :

- a. Mengurangi tegangan
- b. Menahan beban paling tinggi akibat beban lalu lintas sehingga harus mempunyai kekuatan yang cukup.

2.1.3.2. Lapis Pondasi Atas (LPA) atau *Base Course*

Lapis pondasi atas adalah bagian dari perkerasan yang terletak antara lapis permukaan dan lapis pondasi bawah atau dengan tanah apabila tidak menggunakan lapis pondasi bawah. Fungsi lapis ini adalah :

- a. Lapis pendukung bagi lapis permukaan.
- b. Pemikul beban horizontal dan vertikal.
- c. Lapis perkerasan bagi pondasi bawah.

2.1.3.3. Lapis Pondasi Bawah (LPB) atau *Subbase Course*

Lapis Pondasi Bawah adalah bagian perkerasan yang terletak antara lapis pondasi dan tanah dasar. Fungsi lapis ini adalah :

- a. Penyebar beban roda.
- b. Lapis peresapan.
- c. Lapis pencegah masuknya tanah dasar ke lapis pondasi.
- d. Lapis pertama pada pembuatan perkerasan.

2.1.3.4. Tanah Dasar (TD) atau *Subgrade*

Tanah dasar (*subgrade*) adalah permukaan tanah semula, permukaan tanah galian atau permukaan tanah timbunan yang dipadatkan dan merupakan permukaan tanah dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya.

2.1.4 Pengertian Aspal

Aspal merupakan bahan penyusun lapis permukaan untuk perkerasan lentur yang utama terdiri atas bahan ikat dan bahan pokok. Bahan pokok berupa pasir, kerikil, atau pecah/ agregat dan lain-lain. Sedang untuk bahan ikat untuk perkerasan bias berbeda-beda, tergantung dari jenis perkerasan jalan yang akan dipakai. Bisa berupa tanah liat, aspal/ bitumen, portland cement, atau kapur/lime.

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

Pada temperatur ruang aspal bersifat thermoplastis, sehingga aspal akan mencair jika dipanaskan sampai pada temperatur tertentu dan kembali membeku jika temperatur turun. Bersama agregat, 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.

Berdasarkan tempat diperolehnya, aspal dibedakan atas aspal alam dan aspal minyak. 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.

2.1.5 Pengertian Beton Aspal

Beton aspal adalah tipe campuran pada lapisan penutup konstruksi perkerasan jalan yang mempunyai nilai struktural dengan kualitas yang tinggi, terdiri atas agregat yang berkualitas yang dicampur dengan aspal sebagai bahan pengikatnya. 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.

Dalam pencampuran aspal harus dipanaskan untuk memperoleh tingkat kecairan (viskositas) yang tinggi agar dapat mendapatkan mutu campuran yang baik dan kemudahan dalam pelaksanaan. Pemilihan jenis aspal yang akan digunakan ditentukan atas dasar iklim, kepadatan lalu lintas dan jenis konstruksi yang akan digunakan.

2.1.6 Jenis dan Fungsi Beton Aspal

Jenis beton aspal dapat dibedakan berdasarkan suhu pencampuran material pembentuk beton aspal, 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) adalah beton aspal yang material pembentuknya di campur pada suhu pencampuran sekitar 140oC.
2. Beton aspal campuran sedang (warm mix) adalah beton aspal yang material pembentuknya di campur pada suhu pencampuran sekitar 60oC.
3. Beton aspal campuran dingin (cold mix) adalah beton aspal yang material pembentuknya di campur pada suhu pencampuran sekitar 25oC.

Sedangkan berdasarkan fungsinya beton aspal dapat dibedakan atas:

1. Beton aspal untuk lapisan aus/ wearing course (WC), adalah lapisan perkerasan yang berhubungan langsung dengan ban kendaraan, merupakan lapisan yang kedap air, tahan terhadap cuaca, dan mempunyai kekesatan yang diisyaratkan.

2. Beton aspal untuk lapisan pondasi/ binder course (BC), adalah lapisan perkerasan yang terletak di bawah lapisan aus.tidak berhubungan langsung dengan cuaca, tetapi perlu stabilisasi untuk memikul beban lalu lintas yang dilimpahkan melalui roda kendaraan.
3. Beton aspal untuk pembentuk dan perata lapisan beton aspal yang sudah lama, yang pada umumnya sudah aus dan seringkali tidak lagi berbentuk crown.

2.1.7 Parameter Perkerasan Lentur

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

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

Tabel 2.1. Tebal Minimum Lapis Perkerasan

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

** berat 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 kendaraan ditentukan dengan rumus:

a. Untuk sumbu tunggal

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

b. Untuk sumbu ganda

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

c. Untuk sumbu tripel

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

3) Lalu lintas harian rata-rata

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

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

$$\text{LEP} = \text{LHR}_j \times C_j \times E_j \dots\dots\dots \text{(Rumus 2.4)}$$

Dimana :

- C_j = koefisien distribusi arah
- J = masing-masing jenis kendaraan

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

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

di mana :

- i = tingkat pertumbuhan lalu lintas
- j = masing-masing jenis kendaraan
- UR = Umur Rencana

d. Lintas Ekuivalen Tengah, yang dihitung dengan rumus:

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

e. Lintas Ekuivalen Rencana, yang dihitung dengan rumus:

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

di mana :

FP = Faktor Penyesuaian

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

4) Umur Rencana

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

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

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

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

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

b. CBR lapangan rendaman / *Undisturb soaked CBR*

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

pada kondisi tanah dasar tidak dalam keadaan jenuh air. Hal ini sering digunakan untuk menentukan daya dukung tanah di daerah yang lapisan tanah dasarnya sudah tidak akan dipadatkan lagi, terletak di daerah yang badan jalanya 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

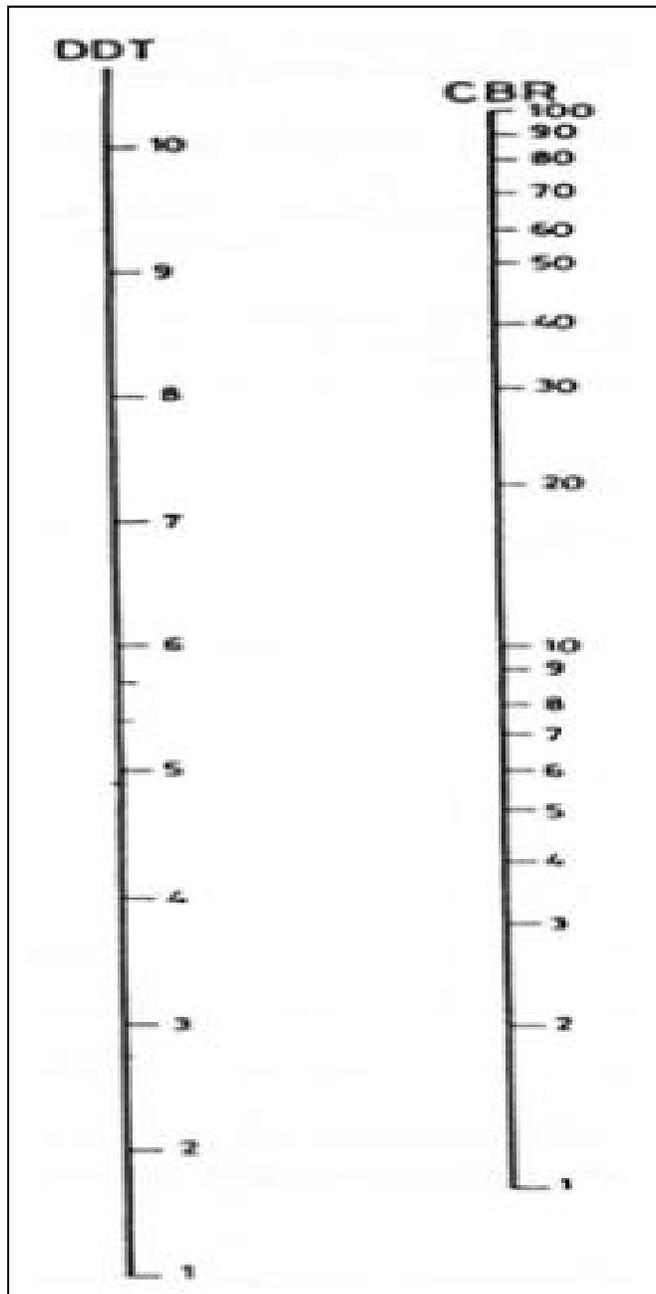
Tanah dasar (*subgrade*) pada konstruksi jalan baru merupakan tanah asli, tanah timbunan, atau tanah galian yang sudah dipadatkan sampai kepadatan 95% kepadatan maksimum. Dengan demikian daya dukung tanah dasar tersebut merupakan nilai kemampuan lapisan tanah memikul beban setelah tanah tersebut di padatkan.

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

$$1). \text{ Secara analitis } CBR_{\text{segmen}} = CBR_{\text{rata-rata}} - (CBR_{\text{maks}} - CBR_{\text{min}}) / R \dots \dots \dots \text{ (Rumus 2.8)}$$

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

- 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.



Gambar 2.1. Kolerasi antara DDT dan CBR
(Sumber : SKBI – 2.3.23.198)

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.

Selain menggunakan grafik tersebut, nilai DDT dari suatu Harga CBR juga dapat ditentukan menggunakan rumus :
 $DDT = 1,6649 + 4,3592 \log(CBR) \dots \dots \dots$ (Rumus 2.9)

Dimana hasil yang diperoleh dengan kedua cara tersebut relatif sama.

6) Faktor Regional

Faktor Regional adalah keadaan lapangan yang mencakup permeabilitas tanah, perlengkapan drainase, bentuk alinyemen, prosentase kendaraan berat dengan MST 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 2.2. 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	5,5 - 3,0	2,5	3,0 - 3,5

(Sumber : SKBI - 2.3.26.1987)

7) Indeks Permukaan (IP)

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

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

Tabel 2.3. IP_o terhadap Jenis Lapis Permukaan

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

(Sumber : SKBI – 2.3.23.1987)

Tabel 2.4 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 – 2.3.23.198)

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

8) Indeks Tebal Perkerasan (ITP)

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

9) Koefisien Kekuatan Relatif Bahan (a)

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

Tabel 2.5. 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
						Aspal Makadam
0,26			340			
						LAPEN mekanis
0,25						
						LAPEN manual
0,20						

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

(Sumber : SKBI – 2.3.23.198)

10) Tebal Minimum Lapis Perkerasan

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

Tabel 2.6. Tebal Minimum Lapis Perkerasan

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
< 3,00	5	Lapis pelindung (Buras/Burtu/Burda)
3,00 - 6,70	5	Laston / Aspal Macadam / HRA / Lasbutag / Laston
6,71 - 7,49	7,5	Lapen / Aspal Macadam / HRA / Lasbutag / Laston
7,50 - 9,99	7,5	Lasbutag / laston
> 10,00	10	Laston

(Sumber : SKBI – 2.3.23.1987)

Tabel 2.7. 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)

Tabel 2.8. Jumlah Jalur Berdasarkan Lebar Perkerasan

Lebar Perkerasan (L)	Jumlah Jalur
L 5,5 m	1 Jalur
5,5 L 8,25	2 Jalur
8,25 L 11,25	3 Jalur
11,25 L 15,00	4 Jalur
15,00 L 18,75	5 Jalur
18,75 L 12,00	6 Jalur

(Sumber : SKBI – 2.3.26.1987)

- d). Menentukan angka ekivalen dari suatu beban sumbu kendaraan
- e). Menentukan LHR rencana dan akhir umur rencana
- f). Menentukan Faktor Regional (FR)
- g). Menentukan LEP (Lintas Ekivalen Permulaan)
- h). Menentukan LEA (Lintas Ekivalen Akhir)
- i). Menentukan LET (Lintas Ekivalen Tengah)
- j). Menentukan LER (Lintas Ekivalen Rencana)
- k). Menentukan Indeks Permukaan (IP)

Indeks Permukaan (IP) adalah suatu angka yang digunakan untuk menyatakan kerataan/kehalusan serta kekokohan permukaan jalan bertalian dengan tingkat pelayanan bagi lalu lintas yang lewat. Adapun beberapa nilai IP beserta artinya adalah seperti yang tersebut dibawah ini:

IP = 1.0 : Menyatakan permukaan jalan dalam keadaan rusak berat sehingga sangat mengganggu lalu lintas.

IP = 1.5 : Tingkat pelayanan terendah yang masih mungkin (jalan tidak terputus)

IP = 2.0 : Tingkat pelayanan rendah jalan yang masih mantap.

IP = 2.5 : Menyatakan Permukaan jalan masih cukup stabil dan baik

- l). Menentukan ITP dengan menggunakan nomogram
- m). Menentukan koefisien kekuatan relatif

Koefisien kekuatan relative (a) masing – masing bahan dan kegunaannya sebagai lapis permukaan, pondasi, pondasi bawah, ditentukan secara korelasi sesuai nilai Marshall Test (untuk bahan dengan aspal), kuat tekan (untuk bahan yang distabilasi dengan semen atau kapur), atau CBR (untuk bahan lapis pondasi bawah).

- n). Menentukan tebal minimum perkerasan

2.1.9 Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku

2.1.9.1 Pengertian Umum

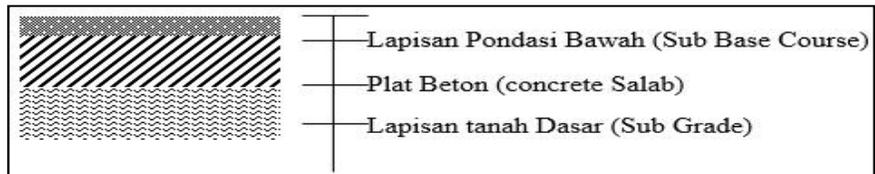
Perkerasan Beton Semen didefinisikan sebagai perkerasan yang mempunyai lapisan dasar beton dari Portland Cement (PC). Menurut Ir. Nyoman Suaryana, MSc. dalam buku berjudul Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) tahun 2001, berdasarkan struktur perkerasannya, perkerasan kaku dibedakan menjadi :

1. Perkerasan beton tanpa tulangan dengan sambungan atau *Joined Plain Concrete Pavement (JPCP)*.
2. Perkerasan beton bertulang dengan sambungan atau *Joined Reinforced Concrete Pavement (JRCP)*.
3. Perkerasan beton bertulang menerus atau *Continously Reinforced Concrete Pavement*.

2.1.9.2 Susunan dan Material serta Sifat Perkerasan Kaku

Sebelum mulai melakukan perencanaan, terlebih dahulu diketahui secara garis besar tentang perkerasan kaku (Rigid Pavement). Prosedur perencanaan perkerasan kaku berdasarkan perencanaan yang dikembangkan oleh NAASRA (National Association of Australian State Road Authorities). Dalam buku ini untuk perencanaan perkerasan kaku, digunakan cara NAASRA.

1. Susunan Lapisan Perkerasan Kaku
 a. Susunan Lapisan Perkerasan Kaku

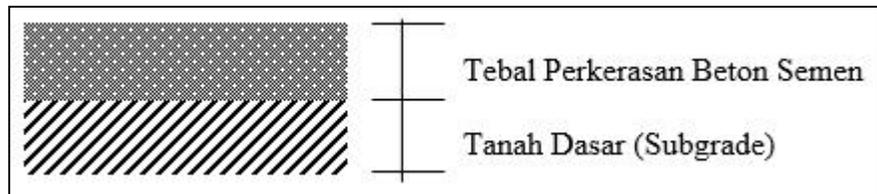


Gambar 2.2. Susunan Lapisan Perkerasan Kaku

(Sumber : Ari Suryawan, 2005)

b. Dalam pelaksanaan, ditemui susunan perkerasan kaku jalan beton semen : (1) tanpa lapisan perantara (2) dengan lapisan perantara.

- 1). Susunan perkerasan kaku jalan beton semen tanpa lapisan perantara, dimaksudkan adalah beton (concrete) langsung dicor di atas tanah dasar (subgrade)X

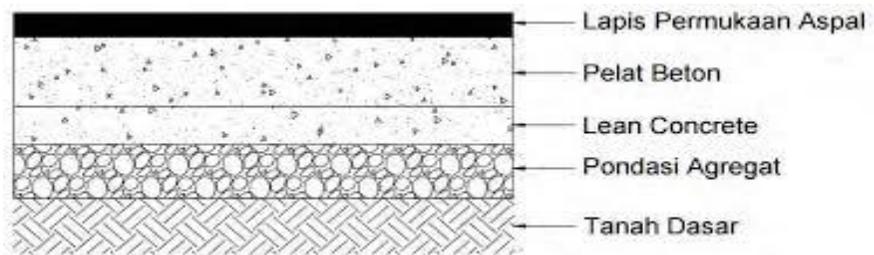


Gambar 2.3. Susunan Perkerasan Kaku Tanpa Lapisan Perantara

(Sumber : Ari Suryawan, 2005)

- 2). Dengan Lapisan Perantai

Adalah terdapat lapisan perantara antara tanah subgrade dengan perkerasan jalan beton (concrete). Lapisan perantara, sebetulnya disebut sebagai lapisan base (base course = lapis pondasi atas), tetapi sebagian besar orang menyebut sebagai lapisan subbase (lapis pondasi bawah), karena material yang dipakai menyerupai material subbase pada perkerasan lentur.



Gambar 2.4. Susunan Perkerasan Kaku dengan Lapisan Perantara

(Sumber : Ari Suryawan, 2005)

2. Material Lapisan Perantara (subbase)

Material untuk lapisan perantara (subbase), dapat berupa :

a. Lapisan Sirtu (pasir batu):

Sirtu dipadatkan 100% kepadatan Modified Proctor. Tebal minimum 20 cm, atau sesuai kebutuhan peninggian badan jalan.

b. Lapisan Soil-Cement

Campuran tanah sirtu + cement kadar 5% - 6%, dipadatkan dengan kadar air yang diperlukan sampai dengan $\pm 95\%$ kepadatan Modified Proctor.

Tebal minimum : 15 cm, untuk jalan lokal/biasa. 20 cm, untuk jalan utama.

c. Lapisan Econoconcrete

Beton mutu rendah, setara K 125 kebawah, tebal minimum sama dengan lapisan soil-cement.

3. Sifat-Sifat Perkerasan Kaku

Sifat-Sifat Perkerasan Kaku (perkerasan beton semen)

- a. Secara struktural (utama) terdiri dari satu lapis yang berupa selapis beton mutu tinggi ($F_x = 45 \text{ Kg/cm}^2$ atau $K 375 \text{ Kg/cm}^2$).
- b. Lapis di bawahnya disebut subbase yang tidak terlalu berperan sebagai struktur.

- c. Bersifat rigid/kaku karena nilai modulus elastisitasnya (E) cukup tinggi ($\pm 250.000 \text{ Kg/cm}^2$), sehingga penyebaran beban roda lalu-lintas olehnya ke tanah dasar cukup luas.

2.1.9.3 Jenis Perkerasan Kaku

Jenis Perkerasan Kaku yang akan dijelaskan adalah Perkerasan Beton Semen. Perkerasan beton semen didefinisikan sebagai perkerasan yang mempunyai lapisan dasar beton dari Portland Cement (PC).

Perkerasan Jalan Beton Semen (Concrete Pavement) pertama kali digunakan di kota Bellefontaine, negara bagian Ohio, Amerika Serikat, pada tahun 1891. Sebagian perkerasan jalan ini masih berfungsi sampai saat ini, sesudah ± 117 tahun, dan dijadikan "Monumen Nasional" oleh Asosiasi Teknik Sipil Amerika. (Perkerasan interblock atau cone blok tidak termasuk perkerasan kaku).

2.1.9.4 Faktor Untuk Menentukan Ketebalan

2.1.9.4.1 Kekuatan Lapisan Tanah Dasar

Untuk perencanaan tebal perkerasan kaku, daya dukung tanah dasar diperoleh dengan nilai CBR, seperti halnya pada perencanaan perkerasan lentur, meskipun pada umumnya dilakukan dengan menggunakan nilai (K) yaitu modulus reaksi tanah dasar.

Nilai (k), dapat diperoleh dengan pengujian "Plate Bearing". Jika nilai (k) pada perencanaan belum dapat diukur, maka dapat digunakan nilai (k) hasil korelasi seperti pada gambar. Menentukan Segmen dengan cara Grafis pada bab sebelumnya, akan tetapi nilai korelasi ini harus diuji kembali di lapangan jika permukaan tanah dasar sudah disiapkan. Untuk menentukan Modulus Reaksi

Tanah Dasar (k) Rencana yang mewakili suatu seksi jalan, dipergunakan rumus sebagai berikut :

- $k_o = k - 2,5$ untuk jalan tol.
- $k_o = k - 1,64$ untuk jalan arteri.
- $k_o = k - 1,28$ untuk jalan kolektor/lokal.

Faktor Keseragaman (Fk)

$$Fk = S/k \times 100 \% < 25 \% \text{ (dianjurkan)}$$

dimana :

k_o = Modulus Reaksi Tanah Dasar yang mewakili suatu seksi.

k = $\Sigma k/n$ Modulus Reaksi Tanah Dasar rata-rata dalam satu seksi jalan.

k = Modulus Reaksi Tanah Dasar tiap titik di dalam satu seksi jalan.

n = Jumlah data k.

Standar Deviasi :

$$S = \sqrt{\frac{n(\Sigma k^2) - (\Sigma k)^2}{n(n-1)}}$$

..... (Rumus 2.11)

2.1.9.4.2 Kekuatan Beton

1. Mutu beton perkerasan kaku, di sarankan sebagai berikut :

Tabel 2.9. Mutu Beton Perkerasan Kaku

No	Jenis Jalan Raya	Mutu Beton Kuat Tekan 28 hari (σ_c')	
		Kg/Cm ²	MPa
1.	Jalan Raya dengan lalu lintas berat dan truk berat dengan muatan berlebihan, seperti di Terminal, Dermaga)	400	40
2.	Jalan Raya dengan truk ringan sampai sedang, truk berat relatif sedikit.	350	35
3.	Jalan Kota untuk kendaraan ringan saja.	300	30
4.	Lapangan Parkir Mobil, bukan truk.	250 – 300	25 – 30

(Sumber : Alik Ansori Alamsyah, 2006)

2. Tebal beton perkerasan kaku (bervariasi, tetapi disarankan dari pengalaman selama ini), sebagai berikut :

Tabel 2.10. Tebal Beton Perkerasan Kaku

No	Jenis Jalan Raya	Tebal Pelat Minimum (cm)	
		JPCP & JRCPP	CRCP
1.	Jalan Raya dengan lalu lintas berat dan trucks berat dengan muatan berlebihan, seperti di Terminal, Dermaga)	25	22,5
2.	Jalan Raya dengan truk ringan sampai sedang, truk berat relatif sedikit.	20 – 22,5	17,5 – 20
3.	Jalan Kota untuk kendaraan ringan saja.	15	12,5
4.	Lapangan Parkir Mobil, bukan truk.	12,5	10

(Sumber : Alik Ansori Alamsyah, 2006)

Catatan : Tebal perkerasan kaku lebih banyak ditentukan oleh kaku :

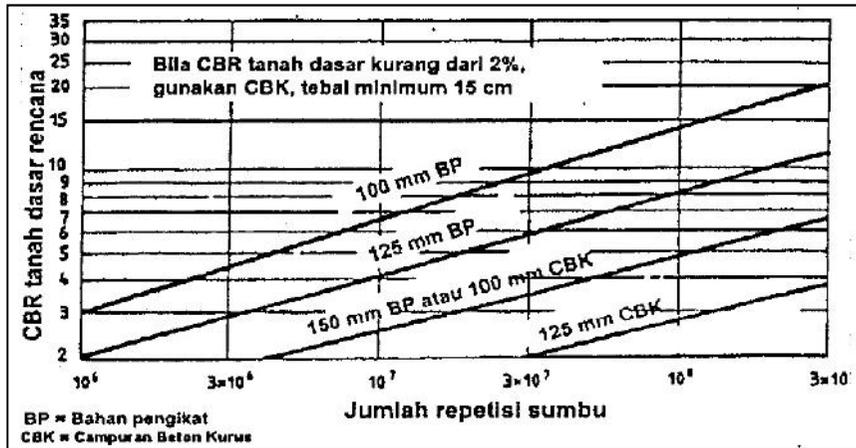
1. Berat kendaraan yang melintas.
2. Volume lalu-lintas.

2.1.9.4.3 Lapisan Pondasi Bawah (Sub Base Course)

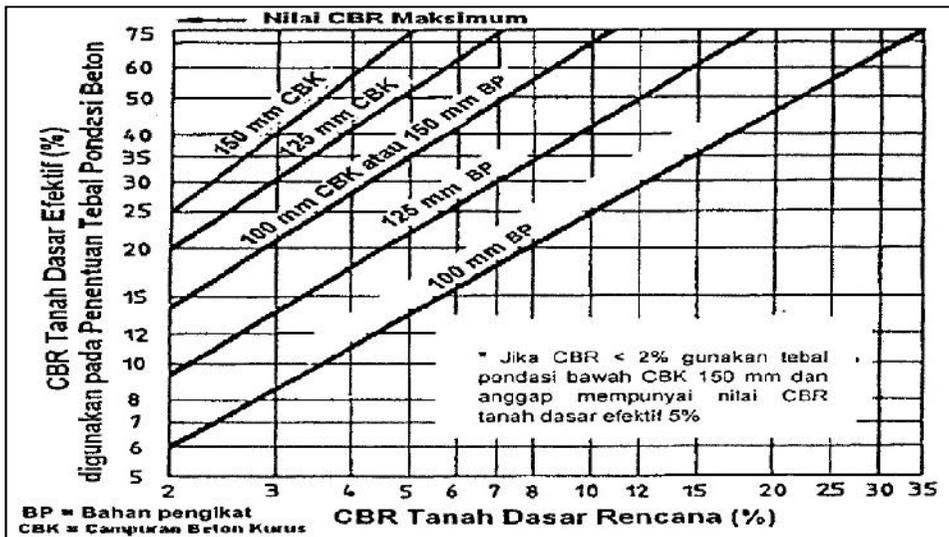
Alasan dan keuntungan digunakannya lapisan pondasi bawah (subbase) di bawah perkerasan kaku adalah sebagai berikut :

- a. Menambah daya dukung lapisan tanah dasar.
- b. Menyediakan lantai kerja yang stabil untuk peralatan konstruski.
- c. Untuk mendapatkan permukaan daya dukung yang seragam.
- d. Untuk mengurangi lendutan pada sambungan muai dalam jangka waktu lama.
- e. Untuk membantu menjaga perubahan volume lapisan tanah dasar yang besar akibat pemuaian atau penyusutan.

- f. Untuk mencegah keluarnya air pada sambungan atau tepi-tepi pelat (pumping). Ketebalan minimum lapisan pondasi bawah dilihat pada grafik gambar berikut :



Gambar 2.5. Grafik Tebal Pondasi Bawah Minimum untuk Perkerasan Kaku (Sumber : Pd T-14-2003)



Gambar 2.6. Grafik CBR Tanah Dasar Efektif dan Tebal Pondasi Bawah. (Sumber : Pd T-14-2003)

Pada perkerasan kaku, lapis pondasi bawah tidak dianggap sebagai lapis yang mendukung, akan tetapi jika lapis pondasi bawah

dibuat dengan konstruksi lapis pengikat (bound subbase) dan akan diperhitungkan daya dukungnya, maka nilai k yang digunakan adalah nilai "k – gabungan" yang dapat ditentukan dengan perkiraan seperti Tabel berikut :

Tabel 2.11. Tipikal Nilai Kekakuan Lapis Pondasi

Jenis Material	Kisaran Kekakuan	
	Psi	Mpa/GPa
Granular	8.000 – 20.000	(55-138 Mpa)
Lapis Pondasi Stabilisasi Semen	500.00 – 1.000.000	(3,5-6,9 Gpa)
Tanah Stabilisasi Semen	40.000 – 900.000	(2,8-6,2 Gpa)
Lapis Pondasi di perbaiki dengan aspal	350.000 – 1.000.000	(2,4-6,9 Gpa)
Lapis Pondasi di perbaiki dengan aspal emulsi	40.000 – 300.000	(0,28-2,1 Gpa)

(Sumber : Alik Ansori Alamsyah, 2006)

2.1.9.4.4 Lalu Lintas Rencana Perkerasan Kaku

A.

Karakteristik Kendaraan :

- a. Jenis kendaraan yang diperhitungkan hanya kendaraan niaga dengan berat total minimum 5 ton.
- b. Konfigurasi sumbu yang diperhitungkan ada 3 macam, yaitu:
 1. Sumbu tunggal roda tunggal (STRT).
 2. Sumbu tunggal roda ganda (STRG).
 3. Sumbu tandem/ganda roda ganda (SGRG).

B.

Tata Cara Perhitungan Lalu Lintas Rencana

1. Hitung Volume Lalu Lintas (LHR) yang diperkirakan pada akhir usia rencana, disesuaikan dengan kapasitas jalan.

2. Untuk masing-masing jenis kelompok sumbu kendaraan niaga, diestimasi angka LHR awal dari kelompok sumbu dengan beban masing - masing kelipatan 0,5 ton (5 - 5,5), (5,5 - 6), (6 - 6,5) dst.
3. Mengubah beban trisumbu ke beban sumbu tandem didasarkan bahwa tri sumbu setara dengan dua sumbu tandem.
4. Hitung jumlah sumbu kendaraan niaga (JSKN) selama usia rencana.

$$JSKN = 365 \times JSKNH \times R$$

$$R = \frac{(1+i)^{UR}-1}{i} \quad \text{.....Rumus(2.12)}$$

(Sumber : Ari Suryawan, 2009)

5. Hitung persentase masing-masing kombinasi konfigurasi sumbu terhadap jumlah sumbu kendaraan niaga harian.
6. Hitung jumlah repetisi kumulatif tiap kombinasi konfigurasi beban sumbu pada lajur rencana:
JSKN x % kombinasi terhadap JSKNH x Cd
dimana : Cd = koefisien Distribusi
(Tabel 2.17.)

Tabel 2.12. Koefisien Distribusi Kendaraan Niaga pada Lajur Rencana

Jumlah Lajur	Kendaraan Niaga	
	1 Arah	2 Arah
1 Lajur	1,00	1,000
2 Lajur	0,70	0,500
3 Lajur	0,50	0,475
4 Lajur	-	0,45
5 Lajur	-	0,425
6 Lajur	-	0,400

(Sumber : Alik Ansori Alamsyah, 2006)

Tabel 2.13. Faktor Keamanan

Peran Jalan	Faktor Keamanan
Jalan Tol	1,2
Jalan Arteri	1,1
Jalan Kolektor/Lokal	1,0

(Sumber : Alik Ansori Alamsyah, 2006)

2.1.9.5 Tata Cara Perencanaan Ketebalan

Dalam hal ini digunakan tata cara (prosedur) dimana kebutuhan tebal perkerasan ditentukan dari jumlah kendaraan niaga selama usia rencana. Perencanaan tebal pelat didasarkan pada total fatigue mendekati atau sama dengan 100 %. Tahapan perencanaan adalah sebagai berikut: 1) tebal pelat, 2) dasar penentuan ketebalan dan 3) tebal perkerasan minimum.

2.1.9.5.1 Tebal Pelat

Prosedur Perencanaan:

- a. Pilih suatu tebal pelat tertentu.
- b. Untuk setiap kombinasi konfigurasi dan beban sumbu serta harga ketertentu maka:
 1. Tegangan lentur yang terjadi pada pelat beton ditentukan dari grafik.
 2. Perbandingan tegangan dihitung dengan membagi tegangan lentur yang terjadi pada pelat dengan modulus keruntuhan lentur beton (f_r).
 3. Jumlah pengulangan beban yang diijinkan ditentukan berdasarkan harga perbandingan tegangan pada Tabel 2.6.
- c. Persentase fatigue (kelelahan/kepenatan) untuk tiap kombinasi ditentukan dengan membagi jumlah pengulangan beban rencana dengan jumlah pengulangan beban ijin.

- d. Cari total fatigue dengan menjumlahkan persentase fatigue dari seluruh kombinasi konfigurasi/beban sumbu.

Tabel 2.14. Perbandingan Tegangan dan Jumlah Pengulangan Beban yang Diijinkan

Perbandingan Tegangan ^{a)}	Jumlah Pengulangan Beban Ijin	Perbandingan Tegangan	Jumlah Pengulangan Beban Ijin
0,51 ^{b)}	400.000	0,69	2.500
0,52	300.000	0,70	2.000
0,53	240.000	0,71	1.500
0,54	180.000	0,72	1.100
0,55	130.000	0,73	850
0,56	100.000	0,74	650
0,57	75.000	0,75	490
0,58	57.000	0,76	360
0,59	42.000	0,77	270
0,60	32.000	0,78	210
0,61	24.000	0,79	160
0,62	18.000	0,80	120
0,63	14.000	0,81	90
0,64	11.000	0,82	70
0,65	8.000	0,83	50
0,66	6.000	0,84	40
0,67	4.500	0,85	30
0,68	3.500		

(Sumber : Alik Ansori Alamsyah, 2006)

- e. Tegangan akibat beban dibagi dengan kuat lentur tarik (modulus of Repture).
- f. Untuk perbandingan Tegangan $\leq 0,50$ jumlah pengulangan beban adalah tidak terhingga.

2.1.9.5.2 Dasar Penentuan Ketebalan

A. Perkerasan Bersambung

Perencanaan ketebalan pada perkerasan bersambung merupakan dasar dari penentuan ketebalan. Kebanyakan melupakan atau

mengabaikan pengurangan dalam perencanaan ketebalan dengan adanya tulangan pada sambungan perkerasan bersambung. Maksud dari pemasangan tulangan pada perkerasan bersambung adalah untuk memperbolehkan penggunaan pelat yang panjang untuk menghemat biaya.

B. Perkerasan Bertulang Menerus

Data-data berdasarkan penelitian dan teoritis serta hasil beberapa pengujian pembebanan, seiring dengan pengalaman dalam layanan perkerasan, menurut NAASRA menunjukkan bahwa dengan kapasitas struktur yang sama, ketebalan perkerasan beton bertulang menerus hanya membutuhkan 85 % dari ketebalan perkerasan beton bertulang bersambung. Akan tetapi informasi terakhir menyarankan agar angka pengurangan tersebut diabaikan.

2.1.9.5.3 Tebal Perkerasan Minimum

Dengan mengabaikan tebal perkerasan yang ditentukan dengan berdasarkan tata cara uraian di atas, ketebalan minimum semua jenis perkerasan kaku yang akan di lalui kendaraan niaga, tidak boleh kurang dari 150 mm kecuali perkerasan bersambung tidak bertulang tanpa ruji (dowel), tebal minimum ini juga berlaku untuk perkerasan kaku dengan lapisan permukaan aspal dengan mengabaikan tebal lapisan permukaan aspal yang ada.

2.1.9.6 Tata Cara Perencanaan Penulangan

Tujuan dasar distribusi penulangan baja adalah bukan untuk mencegah terjadinya retak pada pelat beton tetapi untuk membatasi lebar retakan yang timbul pada daerah dimana beban terkonsentrasi agar tidak terjadi

pembelahan pelat beton pada daerah retak tersebut, sehingga kekuatan pelat tetap dapat dipertahankan.

A. Penulangan pada Perkerasan Bersambung Tanpa Tulangan

Pada perkerasan bersambung tanpa tulangan, penulangan tetap dibutuhkan untuk mengantisipasi atau meminimalkan retak pada tempat-tempat dimana dimungkinkan terjadi konsentrasi tegangan yang tidak dapat dihindari. Tipikal penggunaan penulangan khusus ini antara lain:

1. Tambahan pelat tipis.
2. Sambungan yang tidak tepat.
3. Pelat kulah atau struktur lain.

B. Penulangan pada Perkerasan Bersambung Dengan Tulangan

Luas tulangan pada perkerasan ini dihitung dari persamaan sebagai berikut:

$$A_s = \frac{11,76 (F.L.h)}{f_s} \quad \text{.....Rumus(2.13)}$$

dimana :

A_s = Luas tulangan yang diperlukan (mm^2/m lebar)

F = Koefisien gesekan antara pelat beton dengan lapisan di bawahnya.

L = Jarak antara sambungan (m)

h = Tebal pelat (mm)

f_s = Tegangan tarik baja ijin (Mpa) (± 230 Mpa)

Catatan : A_s minimum menurut SNI'91, untuk segala keadaan 0,14 % dari luas penampang beton.

Tabel 2.15. Koefisien Gesekan antara Pelat Beton Semen dengan Lapisan Pondasi dibawahnya

Jenis Pondasi	Faktor Gesekan (F)
Burtu, Lapen dan Konstruksi sejenis	2,2
Aspal Beton, Lataston	1,8
Stabilisasi Kapur	1,8
Stabilisasi Semen	1,8
Koral Sungai	1,5
Batu Pecah	1,5
Sirtu	1,2
Tanah	0,9

(Sumber : Alik Ansori Alamsyah, 2006)

C. Penulangan pada Perkerasan Menerus Dengan Tulangan

Penulangan pada Perkerasan Menerus Dengan Tulangan, adalah sebagai berikut :

a. Penulangan Memanjang

$$P_s = x (1,3 - 0,2 F) \frac{100 f_t}{(f_y - n - f_t)} \quad \text{Rumus(2.14)}$$

Tabel 2.16. Hubungan antara Kuat Beton dan Angka Ekvivalen Baja & Beton (n) serta (fr)

f'c (kg/cm ²)	f'c (Mpa)	N	Fr (rata-rata) (Mpa)
115	11,3	13	2,1
120 – 135	11,8 – 13,2	12	2,2
140 – 165	13,7 – 16,2	11	2,4
170 – 200	16,7 – 19,6	10	2,6
205 – 250	20,1 – 24,5	9	2,9
260 – 320	25,5 – 31,4	8	3,3
330 – 425	32,4 – 41,7	7	3,7
450	44,1	6	4,1

(Sumber : Alik Ansori Alamsyah, 2006)

b. Penulangan Melintang

Luas tulangan melintang yang diperlukan pada perkerasan beton menerus, dihitung dengan persamaan yang sama seperti pada perhitungan penulangan perkerasan beton bersambung dengan tulangan.

2.1.9.7 Sambungan

Perencanaan "sambungan" pada perkerasan kaku, merupakan bagian yang harus dilakukan pada perencanaan, baik jenis perkerasan beton bersambung tanpa atau dengan tulangan, maupun pada jenis perkerasan beton menerus dengan tulangan.

a. Jenis Sambungan

Sambungan dibuat atau ditempatkan pada perkerasan beton, dimaksudkan untuk menyiapkan tempat muai dan susut beton akibat terjadinya tegangan yang disebabkan perubahan lingkungan (suhu dan kelembaban), gesekan dan keperluan konstruksi (pelaksanaan).

b. Geometrik Sambungan

Geometrik sambungan adalah tata letak secara umum dan jarak antara sambungan. Pada umumnya jarak sambungan konstruksi memanjang dan melintang tergantung keadaan bahan dan lingkungan setempat, dimana sambungan muai dan susut sangat tergantung pada kemampuan konstruksi dan tata letaknya.

c. Dimensi Bahan Penutup Sambungan

1. Sambungan susut

Pergerakan sambungan dan kemampuan bahan penutup alur harus dioptimalkan. Pada umumnya mutu bahan penutup sambungan harus ditingkatkan jika pergerakan sambungan diperkirakan akan bertambah. Bertambahnya pergerakan sambungan dapat diakibatkan oleh

perpanjangan pelat, perubahan suhu yang besar dan koefisien panas beton yang tinggi.

2. Sambungan Muai

Pergerakan pada sambungan muai didasarkan pada pengalaman agen pembuat. Dimensi alur takikan akan optimal didasarkan pada pergerakan dan kemampuan bahan pengisi. Pada umumnya, dimensi akan lebih besar dari pada untuk sambungan susut.

3. Sambungan pelaksanaan

Menurut AASHTO, tipikal sambungan susut melintang juga dapat digunakan untuk sambungan pelaksanaan dan sambungan memanjang lainnya.

d. Dowel (Ruji)

Dowel berupa batang baja tulangan polos maupun profil, yang digunakan sebagai sarana penyambung/pengikat pada beberapa jenis sambungan pelat beton perkerasan jalan.

Dowel berfungsi sebagai penyalur beban pada sambungan yang dipasang dengan separuh panjang terikat dan separuh panjang dilumasi atau dicat untuk memberikan kebebasan bergeser.

Tabel 2.17. Ukuran dan Jarak Batang Dowel (Ruji) yang Disarankan

Tebal Pelat Perkerasan		Dowel					
		Diameter		Panjang		Jarak	
Inchi	Mm	Inchi	Mm	inchi	mm	Inchi	mm
6	150	$\frac{3}{4}$	19	18	450	12	300
7	175	1	25	18	450	12	300
8	200	1	25	18	450	12	300
9	225	1 $\frac{1}{4}$	32	18	450	12	300
10	250	1 $\frac{1}{4}$	32	18	450	12	300
11	275	1 $\frac{1}{4}$	32	18	450	12	300
12	300	1 $\frac{1}{2}$	38	18	450	12	300
13	325	1 $\frac{1}{2}$	38	18	450	12	300
14	350	1 $\frac{1}{2}$	38	18	450	12	300

(Sumber : Ari Suryawan, 2005)

e. Batang Pengikat (Tie Bar)

Tie Bar dirancang untuk memegang pelat sehingga teguh, dan dirancang untuk menahan gaya-gaya tarik maksimum. Tie Bar tidak dirancang untuk memindah beban. Penentuan diameter, panjang dan jarak Tie Bar berdasarkan Tebal Perkerasan Kaku.

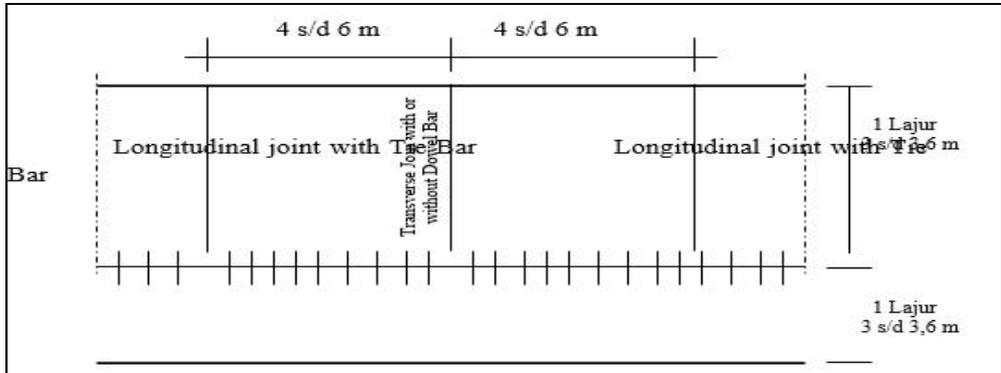
Tabel 2.18. Ukuran dan Jarak Tie Bar

Jenis dan Mutu Baja	Tegangan Kerja (psi)	Tebal Perkerasan (in)	Diameter Batang ½ in			Diameter Batang 5/8 in				
			Panjang (in)	Jarak Maksimum (in)			Panjang (in)	Jarak Maksimum (in)		
				Lebar	Lebar	Lebar		Lebar	Lebar	Lebar
				Lajur	Lajur	Lajur		Lajur	Lajur	Lajur
Grade 40	30.000	6	25	48	48	48	30	48	48	48
		7	25	48	48	48	30	48	48	48
		8	25	48	44	40	30	48	48	48
		9	25	48	40	38	30	48	48	48
		10	25	48	38	32	30	48	48	48
		11	25	35	32	29	30	48	48	48
		12	25	32	29	26	30	48	48	48

(Sumber : Ari Suryawan, 2005)

2.1.9.8 Bentuk-Bentuk Sambungan

1. Perkerasan Beton Semen Bersambung Tanpa Tulangan / *Jointed Plain Concrete Pavement (JPCP)*.



Gambar 2.7. Perkerasan Beton Semen Bersambung Tanpa Tulangan
(Sumber : Ari Suryawan, 2005)

- a. Perkerasan Beton Tanpa Tulangan Bersambung
 - Paling umum digunakan sebelum dekade 1970-an
 - Jarak *transverse joint* (sambungan melintang) dibuat antara 4 – 6 m.
- b. Rumus umum jarak sambungan : $\pm 18 - 20 \times$ tebal pelat beton :
 - beton tebal 20 cm, jarak sambungan $\pm 3,6 - 4$ m.
 - beton tebal 30 cm, jarak sambungan $\pm 5,4 - 6$ m.
 1. *Transverse joint* (sambungan melintang) boleh tanpa *dowel bars* (tulangan sambungan) bila jalan tersebut tidak dilewati truk.
 2. *Transverse joint* (sambungan melintang) harus *dowel bars* (tulangan sambungan) bila jalan tersebut tidak dilewati truk.
 3. Umur pelayanan antara 20 – 25 tahun.

2. Perkerasan Beton Semen Bersambung dengan Tulangan / *Jointed Reinforced Concrete Pavement (JRCP)*.

Perkerasan Beton Bertulangan Bersambungan :

- a. Tulangan yang dipakai adalah tulangan susut, biasanya berupa tulangan berulir (*deform bars*) atau *wire mesh*.
- b. *Transverse joint* (sambungan melintang) dibuat antara 10 – 30 m, harus dengan *dowel bars* (tulangan sambungan).

- c. Umur pelayanan antara 25 – 30 tahun.
3. Perkerasan Beton Semen Menerus dengan Tulangan / *Continuously Reinforced Concrete Pavement (CRCP)*.
Perkerasan Beton Bertulangan Menerus
 - a. Di Amerika Serikat populer sejak akhir dekade 1970-an.
 - b. Umur pelayanan antara 45 – 50 tahun. (untuk ketebalan yang sama dengan JPCP umur pelayanan ± 2 x; untuk umur pelayanan sama, ketebalan dapat dikurangi 2 – 5 cm lebih tipis dari JPCP).
4. Perkerasan Beton Semen Pratekan / *Prestressed Concrete Pavement (PCP)*.
Perkerasan Beton Prategang
 - a. Tanpa Tulangan Susut, yang ada hanya tulangan prategang.
 - b. Umumnya tanpa tulangan melintang.
 - c. Lebih banyak digunakan untuk airport (lapangan terbang), untuk apron, taxiway dan runway.
 - d. Untuk jalan raya tebal PCP cukup 15 cm saja.
5. Penulangan untuk JRCP dan CRCP
Perkerasan Beton Prategang :
 1. Jumlah tulangan minimum untuk tulangan susut :
 - minimum 0,4 % di daerah tropis.
 - minimum 0,5 % di daerah bersuhu rendah.
 Jadi : $A_y = 0,4 \% \times A_b$
 $A_y =$ jumlah luas penampang tulangan susut.
 $A_b =$ luas penampang beton.
 2. Untuk pelat beton tebal sampai dengan 30 cm, tidak perlu tulangan rangkap. Cukup tulangan sejajar di tengah-tengah tebal penampang.
 3. Jarak tulangan membujur "l" disarankan :
 - $100 \text{ mm} < l < 200 \text{ mm}$.
 - atau sesuai dengan Peraturan Beton yang ada.
 4. Tulangan Melintang:
 - diameter $\geq 10 \text{ mm}$, jarak $\leq 400 \text{ mm}$.
 - atau sesuai dengan Peraturan Beton yang ada.

2.1.9.9 Pembebanan

a. Angka Ekuivalen Beban Sumbu (E)

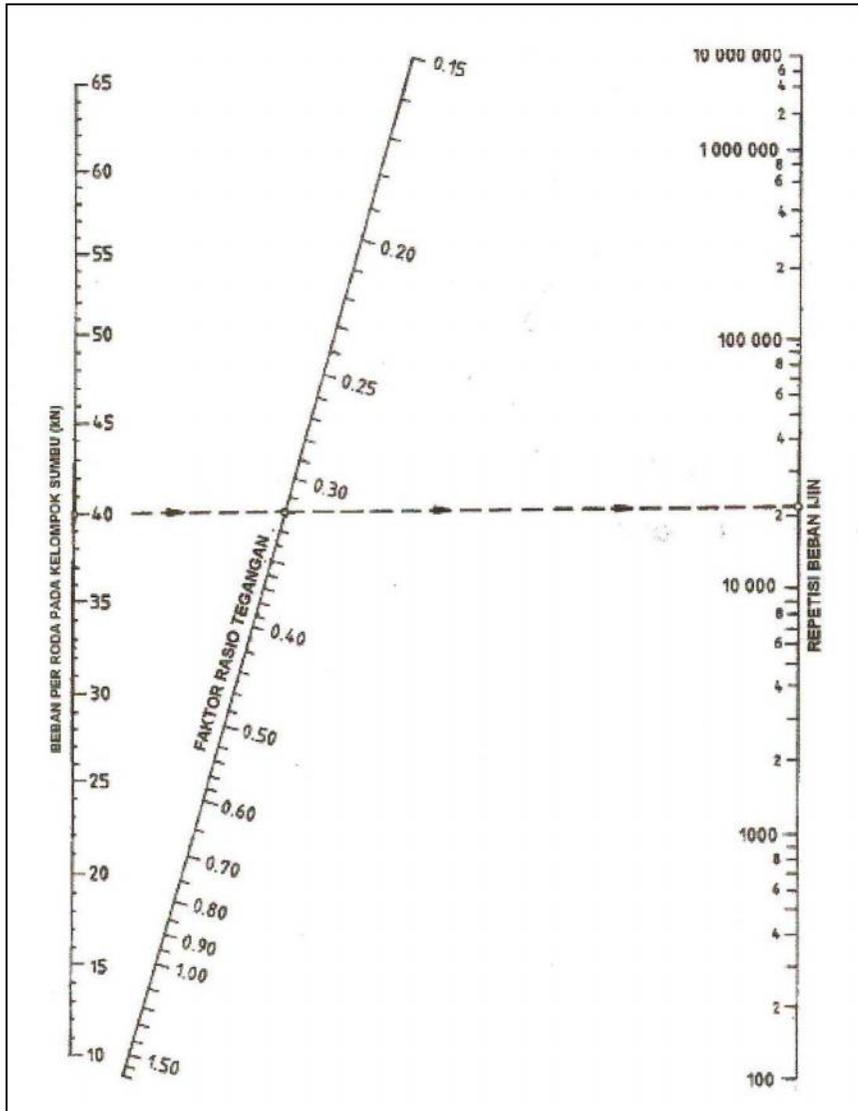
Angka ekuivalen adalah angka yang menyatakan perbandingan tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh suatu lintasan beban sumbu tunggal kendaraan, terhadap tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh satu lintasan beban standar (SAL) seberat 8,16 ton (18.000 pon), (Bina Marga 1987).

Pengelompokan jenis kendaraan untuk perencanaan tebal perkerasan dapat dilakukan sebagai berikut: Mobil penumpang, termasuk semua kendaraan dengan berat total < 2 ton, Bus, Truck 2 as, Truck 3 as, Truck 5 as, Semi trailer

Angka ekuivalen kendaraan adalah angka yang menunjukkan jumlah lintasan dari sumbu tunggal seberat 816 ton yang akan menyebabkan kerusakan yang sama atau penurunan indeks permukaan yang sama apabila kendaraan tersebut lewat satu kali.

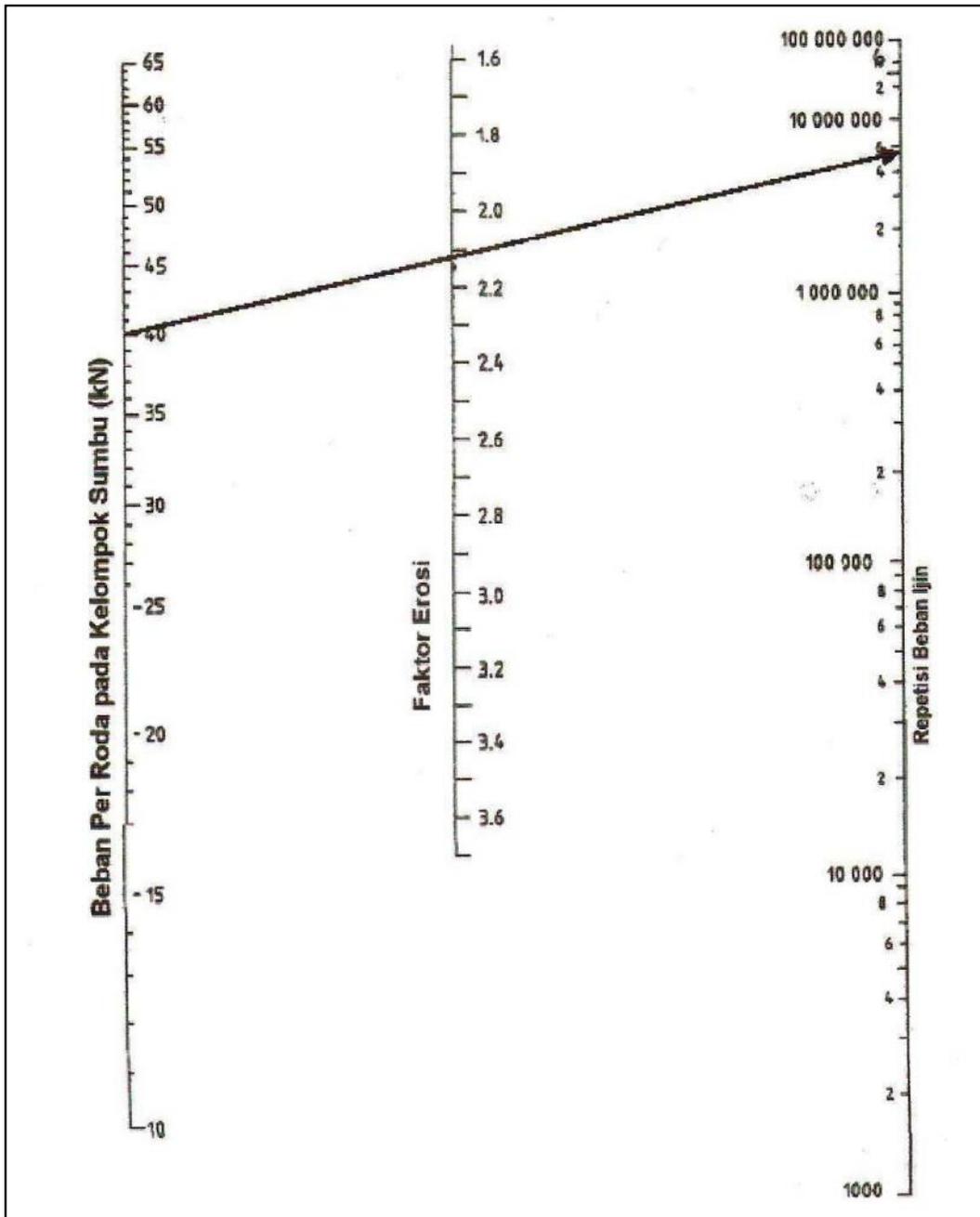
b. Analisa Fatik dan Beban Repetisi

Analisa fatik dari beban per roda kelompok sumbu kendaraan dan beban repetisi ijin berdasarkan rasio tegangan dengan/tanpa bahu beton.

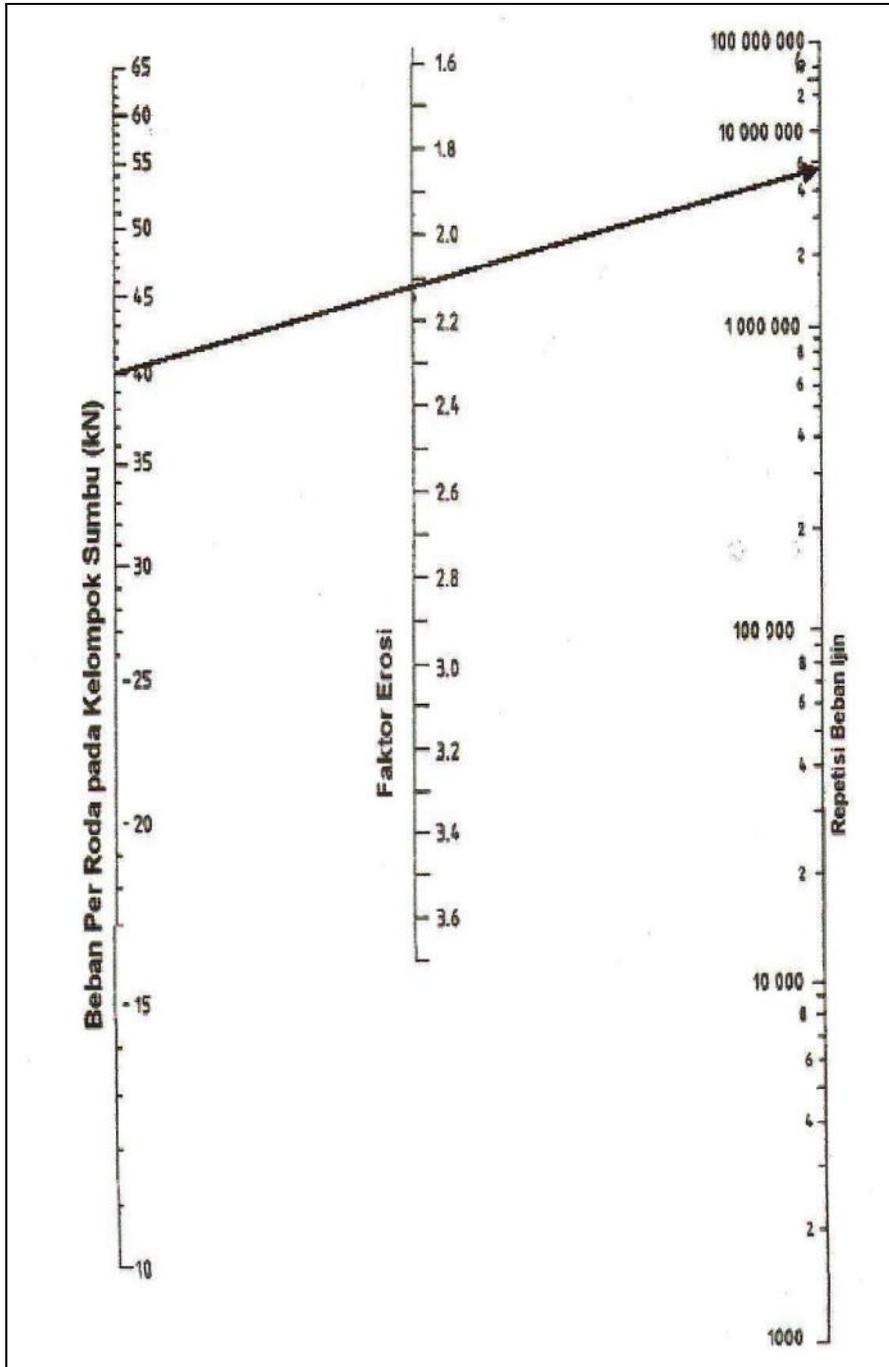


Gambar 2.8. Analisa atik dan Beban Repetisi Beban berdasarkan Rasio berdasarkan tegangan dengan/tanpa bahu beton

(Sumber : Pd T-14-2003)



Gambar 2.9. Analisa Erosi dan Jumlah Repetisi Beban Ijin, Berdasarkan Faktor Erosi Tanpa Beton
(Sumber : Pd T-14-2003)



Gambar 2.10. Analisa Erosi dan Jumlah Repetisi Beban, Berdasarkan Faktor Erosi dengan Bahu Beton

(Sumber : Pd T-14-2003)

2.1.10 Pemeliharaan Jalan

Pemeliharaan jalan adalah penanganan jalan yang meliputi perawatan, rehabilitasi, penunjang dan peningkatan. (PP 26 tahun 1985 tentang jalan). Pemeliharaan jalan mempunyai strategi dan teknik agar pelaksanaannya dapat dilakukan secara efektif dan efisien sehingga menghasilkan jalan dalam kondisi baik. Beberapa strategi dan teknik pemeliharaan jalan adalah pemeliharaan rutin, perawatan atau perbaikan, pemeliharaan berkala, dan pemeliharaan darurat.

Pemeliharaan rutin adalah penanganan yang diberikan terhadap lapis permukaan yang sifatnya untuk meningkatkan kualitas berkendara (*riding quality*), tanpa meningkatkan kekuatan struktural dan dilakukan sepanjang tahun atau terus menerus. Pada umumnya, perbedaan pekerjaan yang diklasifikasikan sebagai pemeliharaan rutin adalah pekerjaan peningkatan atau pekerjaan pengembalian kondisi untuk perkerasan dan bahu jalan.

Perawatan atau perbaikan adalah kegiatan pemeliharaan yang dilakukan sebagai tindakan koreksi, dengan selang waktu tertentu sepanjang tahun yang frekuensi perbaikannya tergantung pada kondisi lapangan. Kegiatan perawatan meliputi antara lain penambalan lubang, alur, sealing, perbaikan tambalan lapis permukaan atau pondasi, perataan permukaan dan perbaikan tepi jalan. Kegiatan perawatan atau perbaikan ini dikelompokkan ke dalam pemeliharaan rutin sebelum kegiatan pemeliharaan berkala dilakukan.

Pemeliharaan berkala adalah pemeliharaan yang dilakukan terhadap jalan pada waktu-waktu tertentu (tidak menerus sepanjang tahun) dan sifatnya meningkatkan kemampuan struktural.

Pemeliharaan darurat adalah kegiatan pemeliharaan yang disebabkan masalahmasalah penting yang penanganannya harus segera dilaksanakan agar lalu-lintas tidak terhenti, misalnya penyingkiran longsoran, pohon tumbang yang menghalangi jalan, penempatan rambu lalu-lintas sementara atau pekerjaan lainnya.

Pemeliharaan jalan dilakukan agar standar jalan dapat dipertahankan seperti kualitas pada jalan tersebut dibuat. Pemeliharaan jalan juga bertujuan untuk melindungi investasi pada

pembuatan jalan, menjaga keselamatan para pemakai jalan dan mengurangi biaya operasi kendaraan.

2.1.11 Pemahaman Terhadap Biaya Proyek

Untuk melaksanakan kegiatan proyek selalu berhubungan dengan biaya yang diperlukan supaya pekerjaan diselesaikan sebagaimana yang direncanakan. Kegiatan pekerjaan mustahil akan dapat diselesaikan tanpa tersedianya biaya yang cukup, sesuai dengan perencanaan. Kebutuhan biaya yang harus disiapkan erat hubungannya dengan penganggaran dan perkiraan biaya. Dalam kegiatan proyek hampir tidak dapat dibedakan antara peristilahan terhadap penganggaran proyek dengan perkiraan biaya proyek (Oetomo, Wateno, 2014).

1. Perkiraan Biaya Proyek

Agar tidak terjadi salah pemahaman maka perlu dibedakan pengertian antara penganggaran (*budgeting*) dan perkiraan biaya (*cost estimation*). Perkiraan biaya adalah hasil perhitungan biaya yang diperkirakan sebelum proyek dimulai kemudian hasilnya disetujui sebagai biaya yang harus diperkirakan sebelum proyek dimulai kemudian hasilnya disetujui sebagai biaya yang harus disediakan untuk kegiatan pelaksanaan proyek.

2. Perkiraan Biaya Proyek Terperinci

Perkiraan biaya pendahuluan, perkiraan biaya lanjutan dan perkiraan biaya definitif masing – *masing* mempunyai rincian uraian kegiatan. Diatas telah diuraikan berbagai perkiraan biaya proyek, berikut ini akan diuraikan secara lebih lengkap cara penyusunan masing - masing perinci biaya proyek tersebut.

- Perkiraan biaya pendahuluan: Penyusunan perkiraan biaya dilakukan atas dasar data dan informasi setelah selesainya tahap konseptual bertujuan sebagai dasar untuk menentukan investasi.
- Perkiraan biaya lanjutan, penyusunan perkiraan biaya dilakukan atas dasar data informasi yang diselesaikan pada akhir tahap perencanaan dimana keputusannya akan

dipakai untuk menetapkan ikatan kontrak pelaksanaan proyek.

- Perkiraan biaya definitif, penyusunan perkiraan biaya dilakukan atas dasar data dan informasi secara terperinci berdasarkan pada kualitas dan kuantitas produk, hasil survey, penggunaan upah dan banyaknya jam orang, kebutuhan sumberdaya manusia-peralatan-bahan, bentuk disain serta spesifikasi mutu yang telah ditetapkan.

2.1.12 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*).

2.1.12.1 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.

2.1.12.2 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.

2.1.12.3 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.

2.1.12.4 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 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.

2.1.12.5 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 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.

2.1.12.6 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.

2.1.13 Analisis Ekonomi Teknik

Analisa ekonomi ditujukan untuk mengevaluasi dan membandingkan alternatif-alternatif proyek berdasarkan performansi finansial dari masing-masing alternatif. Proses ini melibatkan

berbagai konsep dan terminologi ongkos. Berbagai komponen ongkos harus dipertimbangkan dan diestimasi besarnya sehingga langkahlangkah evaluasi untuk membandingkan performansi ekonomi suatu atau berbagai alternatif bisa dilakukan dengan baik.

Ongkos yang harus dipertimbangkan adalah ongkos siklus hidup, ongkos historis, ongkos mendatang dan ongkos kesempatan, ongkos langsung, tak langsung dan ongkos overhead, ongkos tetap dan ongkos variable.

Didalam ilmu ekonomi teknik ada beberapa metode yang digunakan untuk membandingkan alternatif. Alternatifalternatif ini digunakan untuk mendapatkan alternatif yang dianggap lebih menguntungkan dan layak untuk dipakai.

2.1.13.1 Membandingkan Biaya Konstruksi Awal

Membandingkan konstruksi awal pekerjaan adalah membandingkan biaya konstruksi perencanaan antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku dimana hasilnya akan didapatkan mana yang lebih memiliki biaya konstruksi rendah diantara 2 metode perkerasan tersebut. Dasar dalam membandingkan 2 metode perkerasan tersebut adalah Rencana Anggaran Biaya (RAB) antara 3 metode perkerasan tersebut.

2.1.13.2 Membandingkan Biaya Konstruksi sesuai Umur Rencana (UR) dengan Analisa Deret Seragam (Annual Worth)

Analisa deret seragam adalah semua aliran kas yang terjadi selama horizon perencanaan dikonversikan kedalam deret seragam dengan tingkat bunga sebesar MAAR. Rumus ditunjukkan sebagai berikut:

1. Rumus bunga majemuk untuk menghitung A bila diketahui P:

a. Faktor: $(A/P, i\%, n)$ Rumus(2.15)

b. Persamaan: $A = P(A/P, i\%, n)$ Rumus (2.16)

$$A = P \left(\frac{i\%(1+i\%)^n}{(1+i\%) - 1} \right)$$

c. Rumus Matematis:Rumus (2.17)

2. Rumus bunga majemuk untuk menghitung A bila diketahui F:

a. Faktor: $(A/F, i\%, n)$ Rumus (2.18)

b. Persamaan: $A = F(A/F, i\%, n)$ Rumus (2.19)

c. Rumus Matematis:

$$A = F \left(\frac{i\%}{(1+i\%)-1} \right) \dots\dots \text{Rumus (2.20)}$$

3. Rumus bunga majemuk untuk menghitung A bila diketahui G:

a. Faktor: $(A/G, i\%, n)$ Rumus (2.21)

b. Persamaan: $A = G(A/G, i\%, n)$ Rumus (2.22)

c. Rumus Matematis: $A = G \left(\frac{1}{i\%} - \frac{n}{(1+i\%)-1} \right)$ Rumus (2.23)

2.2 Penelitian Terdahulu

Satu hal yang memegang peranan penting dalam melakukan suatu penelitian adalah kajian hasil-hasil penelitian sebelumnya. Hasil penelitian tersebut dapat dijadikan sebagai dasar dan perbandingan dengan penelitian yang akan dilakukan. Penelitian yang dimaksud tentunya adalah penelitian yang ada relevansinya dengan penelitian yang akan dilakukan ini, adapun penelitian yang terdahulu berkaitan dengan studi ini adalah:

Tabel 2.19. Penelitian Terdahulu

No	Penulis	Judul	Tujuan	Metode Penelitian	Hasil
1.	Lutfi Ana Sahrianto, 2016	Analisa Perbandingan Konstruksi Jalan Perkerasan Lentur Dengan Perkerasan Kaku Ditinjau Dari Metode Pelaksanaan Dan Biaya Studi Kasus: Pekerjaan Peningkatan Struktur Jalan Mantingan-Ngawi	Membandingkan ke dua paket pekerjaan tersebut dari segi biaya dan metode pelaksanaannya	Metode AASHTO (1993).	Dari hasil analisis yang telah dilakukan, untuk paket pekerjaan jalan perkerasan lentur menggunakan konstruksi saluran drainase cor ditempat menghabiskan biaya sebesar Rp. 11.970.576.399,00, sedangkan untuk paket pekerjaan perkerasan kaku menggunakan

No	Penulis	Judul	Tujuan	Metode Penelitian	Hasil
					<p>saluran drainase precast menghabiskan biaya sebesar Rp. 16.684.481.501.00 , sudah termasuk PPN 10%. Perbedaan dari segi metode pelaksanaan antara pekerjaan perkerasan lentur dan pekerjaan perkerasan kaku terdapat pada pengerjaan pemadatan, pada perkerasan lentur pemadatan dilakukan dengan 3 tahap (pemadatan awal, pemadatan antara dan pemadatan akhir), sedangkan pada perkerasan kaku pemadatan dilakukan dengan 1 tahap (dengan alat getar vibrator). Untuk pengerjaan perkerasan lentur tidak memakai bekisting,</p>

No	Penulis	Judul	Tujuan	Metode Penelitian	Hasil
					sedangkan perkerasan kaku memerlukan bekisting. Pada perkerasan lentur tidak memerlukan umur tunggu konstruksi, sedangkan pada perkerasan kaku memerlukan umur tunggu konstruksi (umur beton \pm 28 hari).
2.	Abdulloh Farid, 2013 Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya	Analisis Perbedaan Biaya Konstruksi Jalan Beton dan Jalan Asphal dengan menggunakan Metode Bina Marga dan AASHTO 1993 selama umur Rencana 20 Tahun (Studi Kasus Pada Proyek Jalan Tol Mojokerto) STA 0+000 - STA 5+000	dilakukannya analisa terhadap perbedaan Biaya kontruksi Beton dan Aspal dengan metode Bina Marga dan Asshto 1993.	Metodologi yang dipakai dalam penelitian tersebut mulai studi pendahuluan dan literatur, pengumpulan dan pengolahan data, Membandingkan analisa harga pekerjaan berdasar	Setelah dilakukan penelitian perbandingan keduanya didapatkan hasil biaya ekonomis selama 20 tahun dari selisih nilai keduanya dimana penggunaan perkerasan kaku lebih efisien sebesar Rp. 5.249.318.505,26

No	Penulis	Judul	Tujuan	Metode Penelitian	Hasil
				pekerjaan perkerasan Aspal dan perkerasan Kaku.	
3.	Adi Rahman Hidayat, 2015	Evaluasi Perbandingan Biaya dan Metode Pelaksanaan Kontruksi Pada Pekerjaan Peningkatan Jalan Perkerasan Kaku Dengan Perkerasan Lentur	Melakukan evaluasi antara penggunaan jalan perkerasan kaku yang akan diganti dengan perkerasan lentur pada pembangunan jalan proyek Peningkatan Jalan Bade – Batangan Tahap III, Kecamatan Klego, Kabupaten Boyolali	Metode penelitian dibagi dalam 3 (tiga) tahap yaitu tahap pertama adalah studi pustaka dan survey awal, tahap kedua adalah pengumpulan data sekunder, dan tahap ketiga adalah analisa hasil dan kesimpulan saran	Hasil analisis biaya masing – masing kontruksi diatas untuk lapis perkerasan kaku sebesar Rp. 908.846.000,00 dan untuk lapis perkerasan lentur sebesar Rp. 920,642,000.00 sudah termasuk PPN 10 %. Dengan kelebihan biaya sebesar Rp. 11.796.000,00 dari biaya perkerasan lentur dengan nilai Rp. 920,642,000.00 hanya dapat menghampar lapis permukaan perkerasan lentur sepanjang 628,08 m.
4	Koswari Ari Abizar, 2010	Perbandingan Konstruksi Perkerasan	Membandingkan Konstruksi Perkerasan	1. Perhitungan	didapatkanlah design untuk Konstruksi

No	Penulis	Judul	Tujuan	Metode Penelitian	Hasil
		Lentur dan Perkerasan Kaku pada Jalan Lintas Ambawang - Tayan Kalimantan Barat Ditinjau dari Segi Ekonomi	Lentur dan Perkerasan Kaku pada Jalan Lintas Ambawang - Tayan Kalimantan Barat Ditinjau dari Segi Ekonomi	perencanaan konstruksi berdasarkan beban lalu lintas. dan 2. Metode Analisa BCR (Benefit Cost Ratio) Yang dilakukan pada ruas jalan antara kota Pontianak dengan Kabupaten Sanggau (Lintas Ambawang - Tayan Kalimantan Barat).	Perkerasan lentur, meliputi: <i>surface course</i> tebal=19,5cm, <i>base course</i> =20cm, <i>Subbase course</i> =25cm. Sedangkan design pada Konstruksi perkerasan kaku, meliputi: Pelat Beton (K-350) tebal=30cm, <i>Subbase course</i> =25cm, dowel panjang 450mm dan jarak antar <i>dowel</i> =300mm, <i>tie bar</i> D16mm, panjang <i>tie bar</i> =765mm dan jarak antar <i>tie bar</i> =820mm. Metode analisa yang dilakukan dalam hasil perhitungan BCR didapatkan perkerasan kaku lebih menguntungkan.
5	Akhmad	Perbandingan	membandingkan	Fleksibilitas	Hasil akhir dari

No	Penulis	Judul	Tujuan	Metode Penelitian	Hasil
	Fadil Duani, Sutarto Yosomulyo no, Heri Azwansyah 2015	Biaya Perkerasan Lentur Dan Perkerasan Kaku Pada Jalan Karya Bakti Di Kecamatan Meliau Kabupaten Sanggau	n struktur perkerasan lentur dan kaku dari struktur konstruksi dan peralatan yang digunakan dan membandingkan antara perkerasan lentur dan kaku dalam hal biaya yang digunakan dan untuk jangka waktu yang panjang 20 tahun	s Pavement rencana 20 tahun dengan metode Bina Marga	penelitian ini adalah bahwa biaya perkerasan kaku lebih murah daripada perkerasan lentur selama rencana hidup 20 tahun, sehingga perkerasan kaku dapat menjadi pilihan alternatif perkerasan.
6	Risman, 2017	Analisis Perbandingan biaya konstruksi Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur pada Jalan Kawasan Industri Jalan Soekarno Hatta	Menganalisis Perbandingan biaya konstruksi Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur pada Jalan Kawasan Industri Jalan Soekarno Hatta	Melakukan studi kepustakaan, observasi lapangan, dan menganalisa biaya konstruksinya dengan tujuan agar didapat jenis perkerasan yang lebih	Dari hasil penelitian didapatkan tebal perkerasan kaku dengan susunan lapis permukaan dari Pelat Beton K-300 21 cm, lapis pondasi bawah dari Campuran Beton Kurus (CBK) 15 cm. Tebal Perkerasan Lentur dengan susunan lapis permukaan dari AC-WC 10 cm,

No	Penulis	Judul	Tujuan	Metode Penelitian	Hasil
				tepat dan efisien	<p>lapis pondasi dari batu pecah kelas A 25 cm, dan lapis pondasi bawah dari Sirtu kelas A 50 cm. Dari perhitungan biaya konstruksi diperoleh biaya konstruksi untuk perkerasan kaku sebesar Rp. 3,102,111,324.00, sedangkan untuk perkerasan lentur hasil penelitian sebesar Rp. 3,792,839,700.00. Berdasarkan identifikasi masalah di lapangan, di mana muka air normal sungai di lokasi proyek lebih tinggi dari elevasi jalan rencana, terjadinya genangan pada saat hujan, singkatnya waktu pengerjaan yang hanya tiga bulan dan berdasarkan hasil perhitungan</p>

No	Penulis	Judul	Tujuan	Metode Penelitian	Hasil
					biaya konstruksinya, maka pengerjaan konstruksi jalan dengan menggunakan perkerasan kaku lebih tepat dan efisien dari pada perkerasan lentur.
7	Lutfi ana Sahrianto, 2016	Analisa Perbandingan Jalan Perkerasan Lentur Dengan Perkerasan Kaku Ditinjau Dari Metode Pelaksanaan dan Biaya.	Menganalisa Perbandingan Jalan Perkerasan Lentur Dengan Perkerasan Kaku Ditinjau Dari Metode Pelaksanaan dan Biaya.	melakukan pembandin gan analisa harga pekerjaan berdasar pekerjaan perkerasaan Aspal dan perkerasan Kaku	perbandingan keduanya didapatkan hasil biaya ekonomis selama 20 tahun dari selisih nilai keduanya dimana penggunaan perkerasan kaku lebih efisien sebesar Rp. 5.249.318.505,26
8	Abulloh Farid, 2013	Analisis Perbedaan Biaya Konstruksi Jalan Beton Dan Jalan Aspal Dengan Metode Bina Marga Dan AASHTO 1993 Selama Umur Rencana 20 Tahun (Studi Kasus Pada	untuk mengetahui desain dari masing - masing tipe perkerasan jalan baik perkerasan kaku maupun perkerasan lentur, serta biaya yang	metode Bina Marga untuk lapis pondasi agregat serta ketebalan perkerasan lentur dan perkerasan kaku	Hasil akhir dari penelitian ini adalah menghasilkan tebal perkerasan untuk perkerasan lentur (ATB) LPA tebal 20 cmdan Asphal Concrete tebal 5 cm, sedangkan untuk perkerasan

No	Penulis	Judul	Tujuan	Metode Penelitian	Hasil
		Proyek Jalan Tol Mojokerto (Kertosono) STA. 0+000 – STA 5+000	dibutuhkan untuk jenis perkerasan kaku maupun perkerasan lentur dan untuk mengetahui perbandingan biaya antara konstruksi perkerasan kaku dengan perkerasan lentur	digunakan metode AASHTO 1993	kaku LPB tebal 30 cm, Beton Bo 10 cm dan perkerasan beton kaku tebal 20 cm dan biaya untuk Perkerasan Lentur membutuhkan biaya sebesar Rp. 78.739.070.829,6 5 dan Perkerasan Kaku membutuhkan biaya sebesar Rp. 73.489.752.324,3 9 dengan penghematan biaya sebesar Rp.5.249.318.505 ,26 terhadap biaya perkerasan lentur yang ditinjau dengan umur rencana 20 tahun.
9	Eduardi Prahara; Andika Sunarsa, 2010	Perencanaan dan Analisis Biaya Investasi antara Perkerasan Kaku dengan	Merencanakan dan menganalisis Biaya Investasi antara Perkerasan	Bus Trans Jakarta memiliki jalur sendiri di mana kendaraan lainnya	Hasil analisis pada jalur Trans Jakarta Busway koridor 8 antara halte Pondok Indah 2 sampai dengan halte

No	Penulis	Judul	Tujuan	Metode Penelitian	Hasil
		Perkerasan Lentur pada jalur trans Jakarta Busway : Study kasus Pada Trans Jakarta Busway Koridor 8 antara Halte Pondok Indah 2 hingga Halte Permata Hijau.	Kaku dengan Perkerasan Lentur..	dilarang mempergunakannya. Tingkat kemacetan yang ada di tiap-tiap lokasi berbeda, perkerasan yang didesain pun berbeda juga. Untuk lokasi yang memiliki tingkat kemacetan yang tidak terlalu tinggi, pengadaan bus Trans Jakarta tidak terlalu banyak sehingga dengan perkerasan lentur pun diharapkan sudah dapat	Permata Hijau yang memiliki panjang 5,8 km, dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut. Untuk perhitungan perkerasan lentur dengan umur rencana selama 10 tahun menggunakan metode Bina Marga diperoleh tebal lapis permukaan Laston adalah 10 cm, tebal lapis pondasi atas Laston Atas adalah 20 cm dan tebal lapis pondasi bawah Sirtu kelas A adalah 26 cm. Total biaya investasi yang dibutuhkan sebesar Rp. 5.151.202.571 dengan biaya tahunan sebesar

No	Penulis	Judul	Tujuan	Metode Penelitian	Hasil
				<p>melayani kebutuhan di lokasi tersebut. Sedangkan untuk lokasi yang memiliki tingkat kepadatan yang tinggi, pemerintah mendesain jalur tersebut dengan perkerasan kaku yang dianggap memiliki daya tahan yang lebih besar dibandingkan dengan perkerasan lentur.</p>	<p>Rp. 515.120.257. Untuk perhitungan perkerasan kaku dengan umur rencana 20 tahun menggunakan metode Bina Marga diperoleh tebal lapis pondasi Campuran Beton Kurus adalah 15 cm dan tebal pelat beton K – 350 adalah 25 cm. Jenis perkerasan yang digunakan adalah Beton Bersambung Tanpa Tulangan. Total biaya investasi yang dibutuhkan sebesar Rp. 9.960.685.100 dengan biaya tahunan sebesar Rp.498.034.255 Dari biaya tahunan terlihat bahwa perkerasan</p>

No	Penulis	Judul	Tujuan	Metode Penelitian	Hasil
					<p>kaku lebih ekonomis dari perkerasan lentur dengan selisih Rp. 17.086.002 per tahun. Namun, diperlukan investasi awal hampir dua kali dari perkerasan lentur. Secara umum, perkerasan kaku cocok untuk jalan yang menginginkan biaya perawatan tahunan minim dan biaya pembangunan awal yang besar.</p>
10	Yonas Ketema, Prof. Emer T. Quezon, Getachew Kebede, 2016.	Studi Cost and Benefit Analysis of Rigid and Flexible Pavement	untuk menentukan dan membandingkan biaya siklus hidup perkerasan kaku dan fleksibel dan untuk	investigasi pada proyek perkerasan kaku dan lentur, pemeriksaan spesifikasi, gambar	Dalam hal ini, parameter biaya yang diteliti adalah biaya konstruksi awal, biaya pemeliharaan, biaya rehabilitasi, biaya pengguna dan nilai sisa, di samping data

No	Penulis	Judul	Tujuan	Metode Penelitian	Hasil
			menyelidiki semua manfaat kualitatif lainnya dari perkerasan kaku dan lentur	dan desain trotoar, manual Otoritas Jalan Ethiopia, strategi rehabilitasi dan pemeliharaan	kualitatif dan kuantitatif lainnya. Berdasarkan hasil proyek penelitian, terungkap bahwa biaya awal perkerasan kaku hampir dua kali lipat dari perkerasan lentur, tetapi dalam jangka panjang, biaya perkerasan lentur per kilometer diketahui memiliki 7,9 Juta ETB lebih banyak daripada trotoar kaku karena biaya pemeliharaan yang timbul sepanjang umur desainnya. Oleh karena itu, disarankan bahwa Portland Cement Concrete Pavement (PCCP) harus digunakan dalam konstruksi perkerasan untuk memenuhi kebutuhan material lokal.

