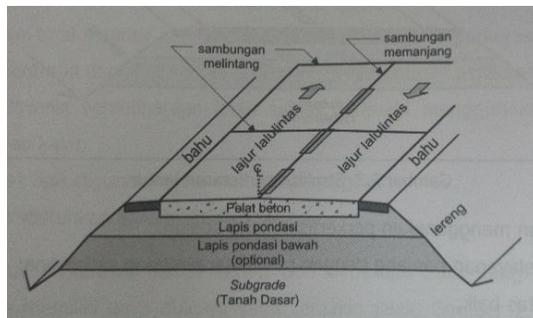


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Perkerasan kaku (*Rigid Pavement*) adalah suatu perkerasan jalan yang terdiri atas plat beton semen sebagai lapis pondasi dan lapis pondasi bawah diatas tanah dasar. Karena memakai beton sebagai bahan bakunya, perkerasan jenis ini juga biasa disebut sebagai jalan beton. Pelat beton memiliki sambungan memanjang dan sambungan melintang seperti gambar sebagai berikut.



Gambar 1.1 Struktur Perkerasan Kaku
Sumber : Silvia Sukirman (2010)

Oleh karena itu, lapis beton berfungsi sebagai lapis aus sekaligus lapis struktural utama jalan, maka beton yang digunakan harus mempunyai kekuatan yang besar dan mutu yang tinggi. Selain itu, kerataan permukaannya juga harus baik agar nyaman dilalui dengan koefisien gesek yang baik agar aman bagi kendaraan dalam segala cuaca.

Perkerasan kaku dapat dikelompokkan menjadi 3 jenis menurut ada tidaknya sambungan dan tulangan plat beton di dalamnya:

1. Perkerasan kaku dengan sambungan tanpa tulangan untuk kendali retak
2. Perkerasan kaku dengan sambungan dan tulangan untuk kendali retak. Bagian yang berperan sebagai kendali retak yakni wire mesh

yang dipasang diantara siar yang dipakai secara independen terhadap tulangan dowel

3. Perkerasan kaku dengan tulangan tanpa sambungan. Tulangan yang digunakan berupa baja tulangan yang mengandung besi sebanyak 0,02% dari luas penampang beton

Perkerasan beton yang kaku mempunyai modulus elastisitas yang besar untuk mendistribusikan beban yang berasal dari bagian atas menuju ke bidang tanah dasar yang cukup luas. Hal ini berarti bagian perkerasan kaku yang memiliki andil terbesar datang dari kapasitas struktur perkerasan yang diperoleh dari plat itu sendiri

1.1 Analisis Pertumbuhan Peti Kemas

Analisis pertumbuhan peti kemas yaitu untuk mengetahui nilai pertumbuhan lalu lintas khususnya pada area Container Yard. Dimana perhitungannya dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan umum metode eksponensial dibawah.

$$LHR_n = LHR_o \times (1 + i)^n \quad (1.1)$$

dengan:

LHR_n = lalu lintas harian tahunan yang dicari

LHR_o = lalu lintas harian tahun awal perencanaan

i = laju pertumbuhan lalu lintas

n = umur rencana

1.2 Metode AASHTO 1993

Metode AASHTO adalah perhitungan tebal perkerasan secara umum yang sudah di pakai diseluruh dunia untuk perencanaan serta di adopsi sebagai standar perencanaan di berbagai negara. Metode AASHTO 1993 ini pada dasarnya adalah metode perencanaan yang di dasarka pada metode empiris.

Parameter yang dibutuhkan pada perencanaan perkerasan jalan menggunakan metode AASHTO 1993 yaitu sebagai berikut :

1.2.1 Analisis Lalu Lintas

Data parameter lalu-lintas yang digunakan untuk perencanaan tebal perkerasan meliputi :

- a. Jenis kendaraan
- b. Volume lalu-lintas harian rata – rata
- c. Pertumbuhan lalu – lintas tahunan
- d. *Damage factor*
- e. Umur rencana
- f. Faktor distribusi arah
- g. Faktor distribusi lajur
- h. *Equivalent Single Axle Load* (ESAL) selama umur rencana

Berdasarkan AASHTO 1993, Faktor distribusi arah : $DD = 0,3 - 0,7$ dan umumnya diambil $0,5$. Faktor distribusi lajur (DL), mengacu pada Tabel 2.1 (AASHTO 1993 hal. II – 9)

Tabel 1.1 Faktor Distribusi Lajur (DL)

Jumlah lajur setiap arah	DL (%)
1	100
2	80 – 100
3	60 – 80
4	50 – 75

Sumber: AASHTO (1993)

Rumus umum *design traffic* (ESAL= *Equivalent Single Axle Load*) yang diperoleh dengan menggunakan Persamaan 2.2

$$W18 = \sum_{N1}^{Nn} LHR \times VDF \times DD \times DL \times 365 \quad (1.2)$$

dengan :

W18 = *Traffic design* pada lajur lalu-lintas, *Equivalent Single Axle Load*

LHR = Jumlah lalu-lintas harian rata – rata 2 arah untuk jenis kendaraan

DD = Faktor distribusi arah

DL = Faktor distribusi lajur

N1 = Lalu-lintas pada tahun pertama jalan dibuka

Nn = Lalu-lintas pada akhir umur rencana

VDF = *Vehicle Damage Factor* untuk jenis kendaraan (ditunjukkan pada tabel 2.2)

Tabel 1.2 *Vehicle Damage Factor* (VDF)

NO	Type Kendaraan	VDF
1	Sedan, jeep, st.wagon	0,0012
2	Pick-up, combi	0,2165
3	Truck 2 as (L),micro truck, mobil hantaran	0,2458
4	Bus kecil	0,2458
5	Bus besar	1,0413
6	Truck 2 as (H)	2,9918
7	Truck 3 as	5,3443
8	Trailer 4 as, truck gandengan	6,4443
9	Truck S. Trailer	4,1269

Sumber : Ari Suryawan (2009)

Lalu lintas yang digunakan untuk perencanaan kaku adalah lalu-lintas kumulatif selama umur rencana. Besaran ini didapatkan dengan mengalikan beban gandar standar kumulatif pada jalur rencana selama setahun (W18) dengan besaran kenaikan lalu-lintas (*traffic growth*). Secara numerik rumusan lalu-lintas kumulatif ini diperoleh dengan menggunakan Persamaan 2.3

$$Wt = W18 \times \frac{(1+g)^n - 1}{g} \quad (1.3)$$

dengan :

- Wt = Jumlah beban gandar tunggal standar kumulatif
- W18 = Beban gandar standar kumulatif selama 1 tahun
- n = Umur rencana (tahun)
- g = Perkembangan lalu-lintas (%)

1.2.2 *California Bearing Ratio (CBR)*

California Bearing Ratio (CBR), dalam perencanaan perkerasan kaku digunakan untuk penentuan nilai parameter modulus reaksi tanah dasar (modulus of subgrade reaction : k)

CBR yang umum digunakan di Indonesia berdasar besaran 6% untuk lapis tanah dasar, mengau pada spesifikasi (Versi Departemen Pekerjaan Umum edisi 2005 dan versi Dinas Pekerjaan Umum DKI Jakarta edisi 2004). Akan tetapi tanah dasar dengan nilai CBR 5% dan atau 4% pun dapat digunakan setelah melalui kajian geoteknik, dengan CBR kurang dari 6% ini jika digunakan sebagai dasar perencanaan tebal perkerasan, masalah yang terpengaruh adalah fungsi tebal perkerasan yang akan bertambah, atau masalah penanganan khusus lapis tanah dasar tersebut.

1.2.3 **Material Konstruksi Perencanaan**

Materail perkerasanyang digunakan dengan parameter yang terkait dalam perencanaan tebal perkerasan yaitu sebagai berikut :

- a. Pelat beton
 - *Flexural Strength* (Sc') = 45 kg/cm²
 - Kuat tekan (benda uji silinder 15 x 30 cm) : $fc' = 350$ kg/cm² (disarankan)

- b. *Weat lean concrete*
 - Kuat tekan (benda uji silinder 15 x 30 cm) : $fc' = 105$ kg/cm²

Sc' digunakan untuk penentuan parameter *flexural strength* dan fc' digunakan untuk penentuan parameter modulus elastisitas beton (Ec).

1.2.4 Reliabilitas (*Reliability*)

Reliabilitas (R) adalah nilai probabilitas dari kemungkinan tingkat pelayanan dapat diperhatikan selama masa layan dan nilai jaminan bahwa perkiraan beban lalu lintas yang akan memakai jalan tersebut dapat dipenuhi. Reliabilitas dapat dinyatakan dalam tingkat reliabilitas (*level of reliability*), AASHTO 1993 memberi nilai R seperti pada tabel 2.3

Tabel 1.3 *Reliability* (R)

Klasifikasi Jalan	<i>Reliability : R (%)</i>	
	Perkotaan (Urban)	Pedesaan (Rural)
Jalan bebas hambatan	90 – 99,9	85 – 99,9
Utama	85 – 99,9	80 – 95
Arteri	80 – 99	75 – 95
Kolektor	80 – 95	75 – 95
Lokal	50 – 80	50 – 80

Sumber: AASHTO (1993)

Pengaplikasian dari konsep reliabilitas ini diberikan juga dalam parameter Standar Deviasi (ZR) yang mempresentasikan kondisi lokal dari ruas jalan yang direncanakan serta tipe perkerasan antara lain perkerasan lentur ataupun perkerasan kaku. Dari nilai *reliability* pada tabel 2.3 maka dapat ditentukan nilai Standar Normal Deviasi (ZR) diperlihatkan di tabel 2.4.

Tabel 1.4 Standar Normal Deviasi (ZR)

R (%)	ZR
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 : AASHTO (1993)

1.2.5 Indeks Permukaan (*Serviceability*)

Serviceability merupakan tingkat pelayanan yang diberikan oleh sistem perkerasan yang kemudian dirasakan oleh pengguna jalan. Untuk *Serviceability* ini parameter utama yang dipertimbangkan adalah nilai *Present Serviceability Index* (PSI). Nilai *serviceability* ini merupakan nilai yang jadi penentu tingkat pelayanan fungsional dari suatu sistem perkerasan jalan.

Secara numerik *serviceability* ini merupakan fungsi dari beberapa parameter antara lain ketidakrataan, jumlah lubang, luas tambalan, dan sebagainya. Berdasarkan AASHTO 1993 hal II-10, nilai kemampuan pelayanan awal untuk *rigid pavement*: $p_0 = 4,5$. Jadi untuk total kehilangan kemampuan pelayanan dapat dinyatakan dengan persamaan 2.4

$$\Delta\text{PSI} = p_0 - p_t \quad (1.4)$$

dengan :

ΔPSI = Total kehilangan kemampuan pelayanan

p_0 = Kemampuan pelayanan awal

p_t = Terminal *serviceability index*, mengacu pada tabel 2.5

Tabel 1.5 Terminal *Serviceability Index* (p_t)

<i>Percent of people stating unacceptable</i>	p_t
12	3,0
55	2,5
85	2,0

Sumber : AASHTO (1993)

Penetapan parameter *serviceability* :

- Initial *serviceability* : $p_0 = 4,5$
- Terminal *serviceability index* Jalur utama (major highway) : $p_t = 2,5$
- Terminal *serviceability index* Jalur lalu lintas rendah : $p_t = 2,0$

1.2.6 Modulus Elastisitas Beton

Modulus Elastisitas beton dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan 2.5

$$E_c = 57.000 \sqrt{f'c'} \quad (1.5)$$

dengan :

E_c = Modulus elastisitas beton (psi)

$f'c'$ = Kuat tekan beton, silinder (psi)

Kuat tekan beton f_c' ditetapkan sesuai pada Spesifikasi pekerjaan (jika ada dalam spesifikasi). Di Indonesia saat ini umumnya digunakan : $f_c' = 350 \text{ kg/cm}^2$.

1.2.7 Kekuatan Lentur (*Flexural Strength*)

Flexural Strength (modulus of rupture) ditetapkan sesuai pada spesifikasi pekerjaan. *Flexural Strength* di Indonesia saat ini umumnya digunakan : $Sc' = 45 \text{ kg/cm}^2 = 640 \text{ psi}$.

1.2.8 Faktor Drainase

Sistem drainase sangat mempengaruhi kinerja jalan. Tingkat kecepatan pengeringan air yang jatuh atau terdapat pada konstruksi jalan raya bersama dengan beban lalu lintas dan kondisi permukaan jalan sangat mempengaruhi umur pelayanan jalan. Pada metode ini membagi kualitas drainase ini menjadi 5 tingkat seperti yang diperlihatkan pada tabel 2.6

Tabel 1.6 *Quality of Drainage*

<i>Quality of drainage</i>	<i>Water Removed Within</i>
<i>Excellent</i>	2 jam
<i>Good</i>	1 hari
<i>Fair</i>	1 minggu
<i>Poor</i>	1 bulan
<i>Very Poor</i>	Air tidak terbebaskan

Sumber: AASHTO (1993)

Berdasarkan kualitas dari drainase pada lokasi jalan tersebut maka dapatlah ditentukan koefisien drainase. Sebelum menentukan koefisien drainase, makan menentukan persen perkerasan mterken air dengan menggunakan persamaan dibawah ini :

$$P = \frac{T_j \times T_h}{8760} \times (1 - C) \times 100 \quad (1.6)$$

dengan :

P = persen hari efektif hujan dalam setahun yang akan mempengaruhi perkerasan (%)

- T_j = hujan rata – rata per hari (jam)
 T_h = jumlah rata – rata hari hujan per tahun (hari)
 C = koefisien pengaliran (untuk jalan beton = 0,825 berdasarkan DPU-Bina Marga 1990)

Kemudian nilai koefisien drainase (Cd) dapat ditunjukkan pada tabel 2.7 dibawah ini dengan melihat nilai persen hari efektif hujan dalam setahun yang akan mempengaruhi perkerasan (P).

Tabel 1.7 Koefisien Drainase (Cd)

<i>Quality of drainage</i>	<i>Percent of time pavement structure is exposed to moisture levels approaching saturation</i>			
	< 1	1 – 5	5 – 25	> 25
<i>Excellent</i>	1,25 – 1,20	1,20 – 1,15	1,15 – 1,10	1,10
<i>Good</i>	1,20 – 1,15	1,15 – 1,10	1,10 – 1,00	1,00
<i>Fair</i>	1,15 – 1,10	1,10 – 1,00	1,00 – 0,90	0,90
<i>Poor</i>	1,10 – 1,00	1,00 – 0,90	0,90 – 0,80	0,80
<i>Very Poor</i>	1,00 – 0,90	0,90 – 0,80	0,80 – 0,70	0,70

Sumber: AASHTO (1993)

1.2.9 Koefisien Transfer Beban

Berdasarkan AASHTO (1993), *Load transfer coefficient* (J) dapat ditunjukkan pada Tabel 2.8

Tabel 1.8 *Load Transfer Coefficient*

<i>Shoulder</i>	<i>Asphalt</i>		<i>Tied PCC</i>	
	<i>Yes</i>	<i>No</i>	<i>Yes</i>	<i>No</i>
<i>Load Transfer Devices</i>				
<i>Pavement Type</i>				
<i>Plain Jointed & Jointed Reinforced</i>	3,2	3,8 – 4,4	2,5 – 3,1	3,6 – 4,2
<i>CRCP</i>	2,9 – 3,2	N/A	2,3 – 2,9	N/A

Sumber: Rigid Pavement (2009)

Pendekatan penetapan parameter *load transfer* :

- Joint dengan dowel : $J = 2,5 - 3,1$ (diambil dari AASHTO 1993 hal II-26)
- Untuk *overlay delay* : $J = 2,2 - 2,6$ (diambil dari AASHTO 1993 hal II-132)

1.2.10 Modulus Reaksi Tanah Dasar

Modulus of subgrade reaction (k) menggunakan gabungan formula dan grafik penentuan modulus reaksi tanah dasar berdasar ketentuan CBR tanah dasar. Modulus reaksi tanah dasar dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 2.7 dan dilanjut ke Persamaan 2.8

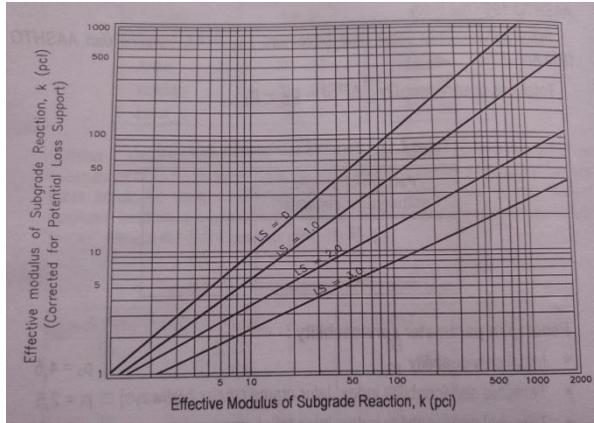
$$MR = 1.500 \times CBR \quad (1.7)$$

$$k = \frac{MR}{19,4} \quad (1.8)$$

dengan :

MR = *Resilient modulus*

Kemudian untuk koreksi *Effective of Subgrade Reaction*, menggunakan grafik pada Gambar 2.2. Dan untuk Faktor *Loss of Support* (LS) mengacu pada Tabel 2.9.



Gambar 1.2 *Correction of Effective modulus of Subgrade Reaction for Potential Loss Subbase Support*
 Sumber: Rigid Pavement (2009)

Tabel 1.9 *Loss of Support Factors (LS)*

No	Type Material	LS
1	Cement treated granular base (E = 1.000.000 – 2.000.000 psi)	0 – 1
2	Cement Aggregate Mixtures (E = 5.000.000 – 1.000.000 psi)	0 – 1
3	Asphalt treated base (E = 350.000 – 1.000.000 psi)	0 – 1
4	Bituminous stabilized mixtures (E=40.000 – 300.000 psi)	0 – 1
5	Lime stabilized (E=20.000 – 70.000 psi)	1 – 3
6	Unbound granular materials (E=15.000 – 45.000 psi)	1 – 3
7	Fine grained / Natural subgrade materials (E=3.000 – 40.000 psi)	2 – 3

Sumber: AASHTO (1993)

1.2.11 Tie Bar

Tie-bar di pasang dalam arah tegak lurus sambungan memanjang. Tulangan pengikat ini berfungsi sebagai pengikat lajur dan/atau bahu, serta berfungsi pula untuk menjamin terjadinya penguncian antar agregat, dan bukan sebagai alat penyalur beban. Karena itu, diameter *tie-bar* lebih kecil dibandingkan dengan *dowel* dan dipasang pada jarak yang relative jauh.

Florida Departement of Transporation (2009), merekomendasikan *tie-bar* berdiameter 12,5 mm ($\frac{1}{2}$ in), dengan jarak 0,60 m (24 in), dan panjang 0,63 m (25 in). Untuk diameter $\frac{5}{8}$ in, digunakan jarak 0,97 m (38 in) dan panjang 0,75 m (30in).

1.2.12 Dowel

Dowel adalah batang baja yang berfungsi sebagai alat penyalur beban antara dua pelat yang berdampingan. Batang ruji atau *dowel* dipasang pada jarak, diameter dan panjang tertentu. *Dowel* terbuat dari tulangan baja polos lurus, tidak ada benjolan. *Dowel* dipasang di tengah – tengah tebal pelat beton.

AASHTO (1993) dan PCA (1991) merekomendasikan batang *dowel* berdiameter $\frac{1}{8}$ dari tebal pelat beton atau diameter *dowel* = $D/8$, panjang 46 cm (18 in), dan jarak 30cm (12 in).

1.3 Metode Bina Marga Pd T-14-2003

Metode Bina Marga Pd T-14-2003 adalah perhitungan tebal perkerasan beton semen untuk jalan yang melayani lalu-lintas rencana lebih dari satu juta sumbu kendaraan niaga.

Parameter yang dibutuhkan pada perencanaan perkerasan jalan menggunakan metode Bina Marga Pd T-14-2003 yaitu sebagai berikut :

1.3.1 Lalu Lintas

Penentuan beban lalu-lintas rencana untuk perkerasan beton semen, dinyatakan dalam jumlah sumbu kendaraan niaga (*commercial vehicle*), sesuai dengan konfigurasi sumbu pada lajur rencana selama umur rencana. Lalu-lintas dianalisis berdasarkan hasil perhitungan volume lalu-

lintas dan konfigurasi sumbu, menggunakan data terakhir atau data 2 tahun terakhir. Kendaraan yang ditinjau untuk perencanaan perkerasan beton semen adalah yang mempunyai berat total minimum 5 ton. Konfigurasi untuk perencanaan terdiri atas 4 jenis kelompok sumbu, yaitu sebagai berikut :

- Sumbu Tunggal Roda Tunggal (STRT)
- Sumbu Tunggal Roda Ganda (STRG)
- Sumbu Tandem Roda Ganda (STdRG)
- Sumbu Tridem Roda Ganda (STrRG)

1.3.2 Lajur Rencana dan Koefisien Distribusi

Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan raya yang menampung lalu-lintas kendaraan niaga terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, maka jumlah lajur dan koefisien distribusi (C) kendaraan niaga dapat ditentukan dari lebar perkerasan sesuai Tabel 2.10

Tabel 1.10 Jumlah lajur berdasarkan lebar perkerasan dan koefisien distribusi (C) kendaraan niaga pada lajur rencana

Lebar perkerasan (L_p)	Jumlah lajur (n)	Koefisien distribusi	
		1 Arah	2 Arah
$L_p < 5,50 \text{ m}$	1 lajur	1	1
$5,50 \text{ m} \leq L_p < 8,25 \text{ m}$	2 lajur	0,70	0,50
$8,25 \text{ m} \leq L_p < 11,25 \text{ m}$	3 lajur	0,50	0,475
$11,23 \text{ m} \leq L_p < 15,00 \text{ m}$	4 lajur	-	0,45
$15,00 \text{ m} \leq L_p < 18,75 \text{ m}$	5 lajur	-	0,425
$18,75 \text{ m} \leq L_p < 22,00 \text{ m}$	6 lajur	-	0,40

Sumber: Bina Marga Pd T-14-2003 (2003)

1.3.3 Pertumbuhan Lalu-lintas

Volume lalu – lintas akan bertambah sesuai dengan umur rencana atau sampai tahap dimana kapasitas jalan dicapai dengan faktor

pertumbuhan lalu – lintas yang dapat ditentukan berdasarkan dengan persamaan 2.9 berikut :

$$R = \frac{(1+i)^{UR}-1}{i} \quad (1.9)$$

dengan :

R : Faktor pertumbuhan lalu lintas

i : Laju pertumbuhan lalu lintas per tahun dalam %

UR : Umur rencana (tahun)

1.3.4 Lalu-lintas Rencana

Lalu lintas rencana adalah jumlah kumulatif sumbu kendaraan niaga pada lajur rencana selama umur rencana, meliputi proporsi sumbu serta distribusi beban pada setiap jenis sumbu kendaraan.

Beban pada suatu jenis sumbu secara tipikal dikelompokkan dalam interval 10 kN (1 ton) bila diambil dari survey beban. Jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana dihitung dengan persamaan

$$JSKN = 365 \times JSKNH \times R \times C \quad (1.10)$$

dengan :

JSKN = Jumlah total sumbu kendaraan niaga selama umur rencana

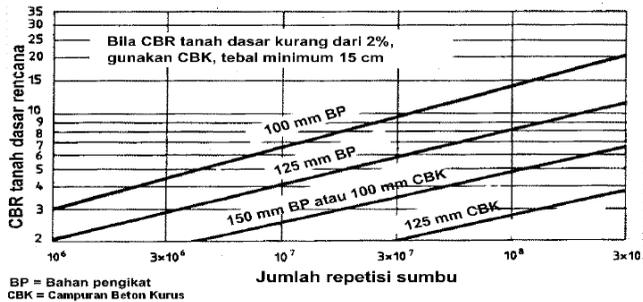
JSKNH = Jumlah total sumbu kendaraan niaga per hari pada saat jalan dibuka

R = Faktor pertumbuhan komulatif

C = Koefisien distribusi kendaraan

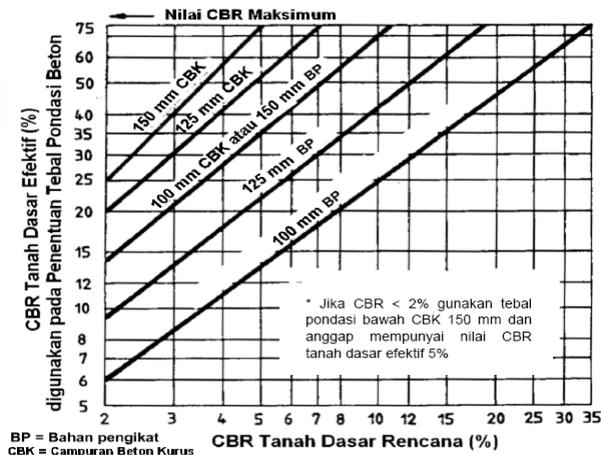
1.3.5 Tebal Lapis Pondasi

Pemasangan lapis pondasai dengan lebar sampai ke tepi luar lebar jalan merupakan salah satu cara untuk mereduksi perilaku tanah ekskspaansif. Tebal lapisan pondasi minimum 10cm yang paaling sedikit mempunyai mutu sesuai dengan SNI No 03-6388-2000 dan AASHTO M-155 serta SNI 03-1743-1989. Bila direncanakan perkerasan beton semen bersambung tanpa ruji, pondasi bawah harus menggunakan campuran beton kurus (CBK). Tebal lapis pondasi bawah minimum yang disarankan dapat dilihat pada Gambar 2.3 dan CBR tanah dasar efektif didapat dari Gambar 2.4



Gambar 1.3 Tebal lapis pondasi bawah minimum untuk perkerasan beton

Sumber: Bina Marga Pd T-14-2003 (2003)



Gambar 1.4 CBR tanah-dasar efektif dan tebal pondasi
Sumber: Bina Marga Pd T-14-2003 (2003)

1.3.6 Kekuatan Beton

Dalam Bina Marga, kekuatan beton yang digunakan yaitu menggunakan persamaan dibawah

$$F_{cf} = K \times (f'c)^{0,50} \text{ dalam MPa} \quad (1.11)$$

dengan :

$f'c$ = Kuat tekan beton karakteristik 28 hari (kg/cm^2)

f_{cf} = Kuat lentur beton 28 hari (kg/cm^2)

K = Konstanta (0,7 untuk agregat tidak pecah dan 0,75 untuk agregat pecah)

1.3.7 Jenis Bahu Jalan

Kekuatan antara bahu dengan jalur lalu-lintas akan memberikan pengaruh pada kinerja perkerasan. Hal tersebut diatasi dengan bahu beton

semen, sehingga akan meningkatkan kinerja perkerasan dan mengurangi tebal pelat.

Yang dimaksud dengan bahu beton semen adalah bahu yang dikunci dan diikat dengan lajur lalu-lintas yang lebar minimumnya 1,50 m atau bahu yang menyatu dengan lajur lalu-lintas selebar 0,60 m dan juga dapat mencakup saluran serta kereb.

1.3.8 Jenis Sambungan

a. Sambungan Memanjang (*Tie Bars*)

Sambungan memanjang dipasang dengan batang ulir mutu minimum BJTU-24 dan berdiameter 16 mm. Jarak antar sambungan sekitar 3 – 4 m. Ukuran batang pengikat dihitung menggunakan persamaan

$$A_t = 204 \times b \times h \quad (1.12)$$

dan

$$l = (38,3 \times \emptyset) + 75 \quad (1.13)$$

dengan:

A_t = Luas penampang tulangan per meter panjang sambungan (mm^2)

B = Jarak terkecil antar sambungan atau jarak sambungan dengan tepi perkerasan (m)

h = Tebal plat (m)

l = Panjang batang pengikat (mm)

\emptyset = Diameter batang pengikat yang dipilih (mm)

b. Sambungan Melintang

Sambungan ini harus dilengkapi dengan ruji polos panjang 45 cm dan jarak antara ruji 30 cm. Diameter ruji tergantung pada tebal pelat beton sebagaimana terlihat pada tabel 2.11

Tabel 1.11 Diameter Ruji

No	Tebal pelat beton, h (mm)	Diameter Ruji (mm)
1	$125 < h \leq 140$	20
2	$140 < h \leq 160$	24
3	$160 < h \leq 190$	28
4	$190 < h \leq 220$	33
5	$220 < h \leq 250$	36

Sumber : Bina Marga Pd T-14-2003 (2003)

c. Sambungan Isolasi

Sambungan isolasi yaitu sambungan yang memisahkan perkerasan dengan bangunan lain. Salian itu, harus dilengkapi dengan bahan penutup (*joint sealer*) setebal 5 – 7 mm dan sisanya diisi dengan bahan pengisi (*joint filler*).

1.3.9 Perencanaan Tulangan

Luas penampang tulangan dapat dihitung dengan persamaan

$$A_s = \frac{\mu \cdot L \cdot M \cdot g \cdot h}{2 \cdot f_s} \quad (1.14)$$

dengan:

- As = Luas penampang tulangan baja (mm²/m lebar plat)
- fs = kuat-tarik ijin tulangan (MPa) biasanya 0,6 kali tegangan leleh
- g = Gravitasi (m/detik²)
- h = tebal plat beton (m)
- L = jarak antara sambungan yang tidak diikat dan/atau tepi bebas pelat (m)

- M = Berat per satuan volume pelat (kg/m^3)
 μ = Koefisien gesek antara pelat beton dan pondasi bawah (pada tabel 2.12)

Tabel 1.12 Nilai Koefisien Gesekan (μ)

No	Lapisan Pemecah Ikatan	Koefisien Gesekan (μ)
1.	Lapis resap ikat aspal di atas permukaan pondasi bawah	1,0
2.	Laburan parafin tipis pemecah ikat	1,5
3.	Karet kompon (<i>A chlorinated rubber curing compound</i>)	2,0

Sumber : Bina Marga Pd T-14-2003 (2003)

1.4 Metode NAASRA

Metode NAASRA adalah salah satu metode survey jalan untuk mengetahui kekerasan permukaan jalan, dapat dipergunakan untuk menilai kondisi jalan. NAASRA yaitu kepanjangan dari *National Association of Australian State Road Authorithies* yang jika diartikan kedalam bahasa Indonesia berarti Asosiasi Nasional Otoritas Jalan Negara Bagian Australia. Parameter untuk menghitung dengan metode NAASRA, yaitu sebagai berikut.

1.4.1 Kekuatan lapisan tanah dasar

Untuk perencanaan tebal perkerasan kaku, daya dukung tanah diperoleh dari nilai CBR, yang pada umumnya dilakukan dengan menggunakan nilai modulus reaksi tanah dasar, yaitu pada persamaan sebagai berikut:

$$k^o = k - 2 S \text{ (jalan tol)} \quad (1.15)$$

$$k^o = k - 1,64 S \text{ (jalan arteri)} \quad (1.16)$$

$$k^o = k - 1,28 S \text{ (jalan kolektor / lokal)} \quad (1.17)$$

dengan :

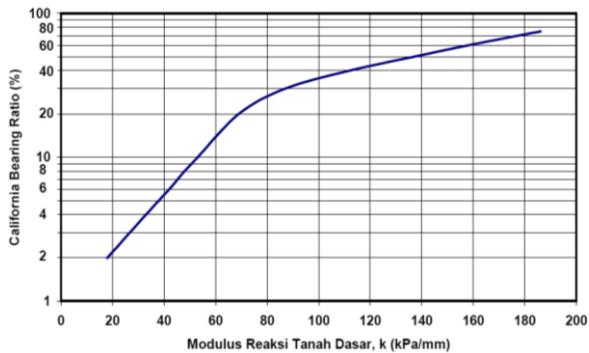
k^o = modulus reaksi tanah dasar yang mewakili segmen

k = modulus reaksi tanah dasar rata – rata

s = standar deviasi

$$s = \sqrt{\frac{n(\Sigma k^2) - (\Sigma k)^2}{n(n-1)}} \quad (1.18)$$

n = jumlah data



Gambar 1.5 Hubungan CBR (%) dengan Modulus Reaksi Tanah Dasar
 Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen (2003)

1.4.2 Kekuatan Beton (Modulus Keruntuhan Lentur)

Kuat tekan karakteristik beton pada usai 28 hari untuk perkerasan jalan dengan beton bertulang harus tidak kurang dari 30MPa. Besarnya modulus keruntuhan lentur beton (f_r), yaitu pada persamaan

$$f_r = 0,62 \times \sqrt{f'c'} \quad (1.19)$$

dengan :

f_r = Modulus Keruntuhan Lentur (MPa)

$f'c'$ = Kuat Tekan Karakteristik Beton pada usia 28 hari (MPa)

1.4.3 Lalu-lintas Rencana

Perhitungan lalu lintas rencana dengann menentukan sebagai berikut :

- a. Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN) selama Usia Rencana

Untuk menghitung JSKN selama usia rencana dapat menggunakan persamaan 2.20

$$JSKN = 365 \times JSKNH \times R \quad (1.20)$$

dengan :

JSKNH = Jumlah Sumbu Kendaraan Maksimum

R = Faktor Pertumbuhan Lalu-lintas yang besarnya berdasarkan persamaan 2.21

$$R = \frac{(1+i)^n - 1}{e_{\log(1+i)}} \quad (1.21)$$

dengan:

i = Faktor pertumbuhan lalu-lintas tahunan ($i \neq 0$)

n = Usia rencana

b. Jumlah repetisi kumulatif

Jumlah repetisi kumulatif tiap kombinasi konfigurasi atau beban sumbu pada lajur rencana, yaitu pada persamaan dibawah ini :

$$JSKN \times \% \text{ kombinasi terhadap } JSKNH \times Cd \quad (1.22)$$

dengan :

Cd = Koefisien distribusi

1.4.4 Perhitungan Penulangan

a. Koefisien gesek

Untuk menentukan nilai koefisien gesek didapatkan dari tabel 2.13

Tabel 1.13 Koefisien Gesekan antara Pelat Semen Dengan Lapisan Pondasi di bawahnya

Jenis Pondasi	Faktor Gesekan
BURTU, LAPEN, dan konstruksi sejenisnya	2,2
Aspal beton, LATASTON	1,8
Stabilisasi Kapur	1,8
Stabilisasi Aspal	1,8
Stabilisasi Semen	1,8

Jenis Pondasi	Faktor Gesekan
Koral Sungai	1,5
Batu Pecah	1,5
Sirtu	1,2
Tanah	0,9

Sumber: SKBI 2.3.28 (1988)

b. Luas tulangan

Luas tulangan pada perkerasan ini di hitung dari persamaan

$$As = \frac{11,76 (F \cdot L \cdot h)}{f_s} \quad (1.23)$$

dengan :

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

F = Koefisien gesekan antara pelat beton dengan lapisan dibawahnya (pada Tabel 2.13), tak berdimensi

L = jarak antara sambungan (m)

H = tebal pelat (mm)

f_s = tegangan tarik baja ijin (MPa) (± 230 MPa)

Catatan : As minimum menurut SK SNI T-15-1991-03 untuk segala keadaan 0,14% dari luas penampang beton

1.4.5 Perhitungan Sambungan Plat beton

Sambungan plat beton terdiri dari 2 jenis, yaitu sebagai berikut :

a. *Tie Bar*

Untuk menentukan dimensi batang pengikat menurut *Portland Cement Association 1975* dapat digunakan grafik pada Tabel 2.14

Tabel 1.14 Ukuran *Tie Bar*

Tebal Pelat (cm)	Diameter Tie Bar (mm)	Panjang Tie Bar (mm)	Jarak Spacing antar Tie Bar (cm)
12,5	12	600	75
15,0	12	600	75
17,5	12	600	75
20,0	12	600	75
22,5	12	750	90
25,0	16	750	90

Sumber : Portland Cement Association (1975)

b. *Dowel*

Untuk menentukan dimensi dowel pada Tabel 2.15

Tabel 1.15 Ukuran dan Jarak Batang *Dowel* (Ruji) yang Disarankan

Tebal Pelat		<i>Dowel</i>					
Perkerasan		Diameter		Panjang		Jarak	
inci	mm	inci	Mm	Inci	mm	inci	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 : Principles of Pavement Design (1975)

