

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah campuran antara agregat dan bahan ikat yang digunakan untuk melayani beban lalu lintas. Agregat yang biasanya dipakai dalam perkerasan jalan adalah batu pecah, batu belah, batu kali, dan hasil samping peleburan baja. Sedangkan bahan ikat yang digunakan antara lain aspal, semen, dan tanah liat. Berdasarkan bahan pengikatnya, perkerasan jalan dapat dibedakan atas: (Pradana et al., 2019)

- 1) Perkerasan lentur (*Flexible Pavement*) yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya. Lapisanlapisan perkerasan bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.
- 2) Perkerasan kaku (*Rigid Pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan semen (*Portland Cement*) sebagai bahan pengikatnya. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan diatas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton.
- 3) Perkerasan komposit (*Composite Pavement*), yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku atau perkerasan kaku diatas perkerasan lentur.

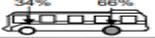
2.2 Klasifikasi Jalan

Berdasarkan Peraturan no. 34 tahun 2006, fungsi jalan dibedakan menurut sifat dan pergerakan pada lalu lintas dan angkutan jalan. Berdasarkan fungsinya, jalan terdiri atas :

- 1) Jalan Arteri: Jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien,
- 2) Jalan Kolektor: Jalan yang melayani angkutan pengumpul/pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi
- 3) Jalan Lokal: Jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi

2.3 Penggolongan Jenis Kendaraan

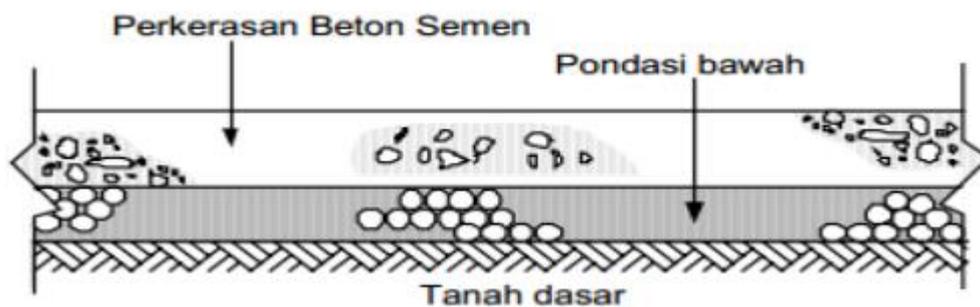
Kendaraan rencana adalah kendaraan yang merupakan wakil dari kelompoknya yang digunakan untuk merencanakan bagian-bagian dari jalan raya. Untuk perencanaan jalan, ukuran lebar kendaraan rencana akan mempengaruhi lebar lajur yang dibutuhkan. Maka penggolongan dan konfigurasi sumbu jenis kendaraan terbagi seperti pada Gambar 2.1 dan berikut

KONFIGURASI SUMBU & TPE	BERAT KOSONG (ton)	BEHAWATAN MAKSIMUM (ton)	BERAT TOTAL MAKSIMUM (ton)	LE BAKSAL KOSONG	LE BAKSAL MAKSIMUM	
1,1 HP	1,5	0,5	2,0	0,0001	0,0005	 50% 50%
1,2 BUS	3	6	9	0,0037	0,3006	 34% 66%
1,2L TRUK	2,3	6	8,3	0,0013	0,2174	 34% 66%
1,2H TRUK	4,2	14	18,2	0,0143	5,0264	 34% 66%
1,22 TRUK	5	20	25	0,0044	2,7416	 25% 75%
1,2-2,2 TRAILER	6,4	25	31,4	0,0085	3,9083	 18% 28% 27% 27%
1,2-2 TRAILER	6,2	20	26,2	0,0192	6,1179	 18% 41% 41%
1,2-2,2 TRAILER	10	32	42	0,0327	10,1830	 18% 28% 54% 27%

Gambar 2.1 Penggolongan dan Konfigurasi Sumbu Jenis Kendaraan
Sumber : Bina Marga 2017

2.4 Perencanaan Perkerasan Kaku

Perkerasan kaku (perkerasan beton semen) adalah struktur yang terdiri atas pelat beton semen yang bersambung (tidak menerus) tanpa atau dengan tulangan, atau menerus dengan tulangan, terletak di atas lapis pondasi bawah atau tanah dasar, tanpa atau dengan lapis permukaan beraspal. Secara tipikal perkerasan beton semen terlihat pada gambar



Gambar 2.2 Struktur Perkerasan Beton Semen

Sumber : SNI perkerasan Beton Semen Pd T-14-2003

2.4.1 Struktur dan Jenis Perkerasan

Perkerasan kaku didapat dikelompokkan ke dalam :

- 1) Perkerasan beton semen, yaitu perkerasan kaku dengan beton semen sebagai lapisan aus. Terdapat 4 jenis perkerasan beton semen
 - a. Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan (BBTT)
 - b. Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan (BBDT)
 - c. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan
 - d. Perkerasan beton semen pra tegang
- 2) Perkerasan komposit, yaitu perkerasan kaku dengan plat beton semen sebagai lapis pondasi dan aspal sebagai lapis permukaan

2.4.2 Tanah Dasar (*subgrade*)

Tanah dasar (*subgrade*) adalah permukaan tanah asli, permukaan galian, atau permukaan tanah timbunan yang merupakan permukaan untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya. Fungsi tanah dasar adalah menerima tekanan akibat beban lalu lintas yang ada di atasnya oleh karena itu tanah dasar harus mempunyai kapasitas daya dukung yang optimal sehingga mampu menerima gaya akibat beban lalu lintas tanpa mengalami kerusakan. (Akbar, 2013)

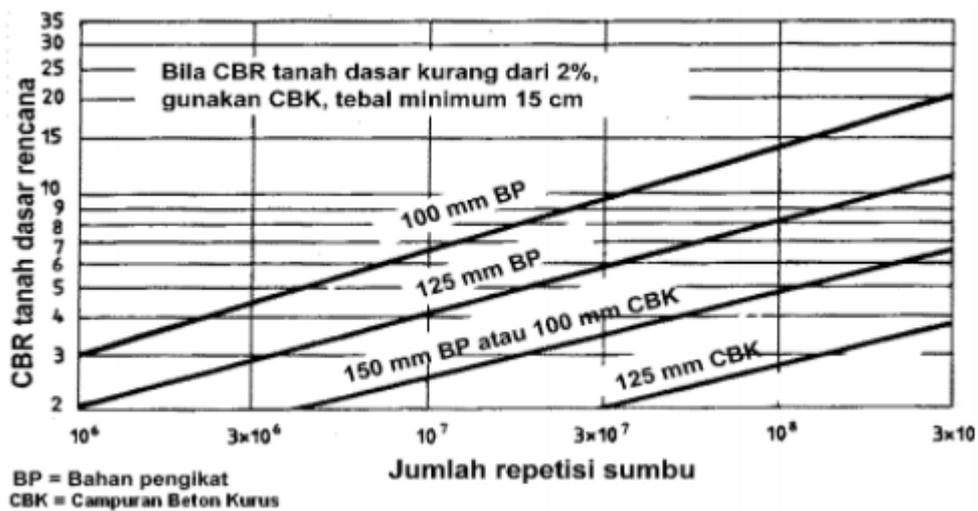
Daya dukung lapisan tanah dasar adalah hal yang sangat penting dalam perencanaan tebal lapisan perkerasan, jadi evaluasi lapisan tanah dasar ini untuk mengestimasi nilai daya dukung subgrade yang akan digunakan dalam perencanaan. (Syauqiah et al., 2011)

Daya dukung tanah dasar ditentukan dengan pengujian CBR lapangan dan laboratorium. Apabila tanah dasar mempunyai CBR lebih kecil dari 2% maka harus dipasang pondasi bawah yang terbuat dari beton kurus (*Lean – Mix Concrete*) setebal 15cm yang dianggap mempunyai nilai CBR efektif 5%. (Pd T-14-2003)

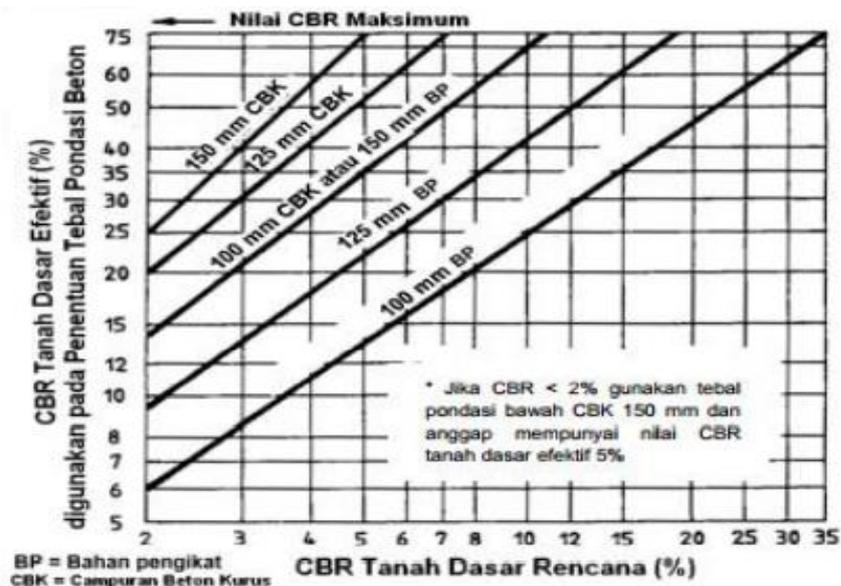
2.4.3 Lapis Pondasi (*Subbase*)

Lapis pondasi bawah perlu diperlebar sampai 60 cm diluar tepi perkerasan beton semen. Untuk tanah ekspansif perlu pertimbangan khusus perihal jenis dan penentuan lebar lapisan pondasi dengan memperhitungkan tegangan pengembangan yang mungkin timbul. Pemasangan lapis pondasi dengan lebar sampai ke tepi luar lebar jalan merupakan salah satu cara untuk mereduksi perilaku tanah ekspansif.

Tebal lapisan pondasi minimum 10 cm yang paling 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 dan CBR tanah dasar efektif dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.3 Grafik CBR tanah dasar rencana



Gambar 2.4 Grafik CBR tanah dasar Efektif

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

- 1) Menambah daya dukung tanah dasar.
- 2) Menyediakan lantai kerja yang stabil untuk peralatan konstruksi.
- 3) Untuk mendapatkan permukaan daya dukung yang seragam.
- 4) Untuk mengurangi lendutan pada sambungan pada – sambungan sehingga menjamin penyaluran beban melalui sambungan muai dalam jangka waktu lama.
- 5) Untuk membantu menjaga perubahan volume lapisan tanah dasar yang besar akibat pemuaian atau penyusutan. Untuk mencegah kaluarnya air pada sambungan atau tepi-tepi pelat (*pumping*).

2.4.4 Beton Semen

Kuat tarik lentur beton yang diperkuat dengan bahan serat penguat seperti serat baja, aramit atau serat karbon, harus mencapai kuat tarik lentur 5 – 5,5 Mpa (50 – 55 kg/cm²). Kekuatan rencana harus dinyatakan dengan kuat tarik lentur karakteristik yang dibulatkan hingga 0,25 Mpa (2,5 kg/cm²) terdekat. Hubungan antara kuat tekan karakteristik dengan kuat tarik – lentur beton dapat didekati dengan rumus berikut:

$$F_{CF} = K \times (F_c')^{0,50} \text{ dalam MPA atau } 0.50$$

$$F_{CF} = 3,13 K \times (F_c')^{0,50} \text{ dalam kg/cm}^2$$

Dimana :

$$F_c' = \text{Kuat tekan beton karakteristik 28 hari (kg/cm}^2)$$

$$F_{cf} = \text{Kuat tarik lentur beton 28 hari (kg/cm}^2)$$

$K =$ Konstanta 0,7 untuk agregat tidak dipecah dan 0,75 untuk agregat pecah

2.5 Penentuan Besaran Rencana

2.5.1 Lalu Lintas

Beban lalu lintas rencana dinyatakan dalam jumlah sumbu kendaraan niaga (*commercial vehicle*), sesuai dengan konfigurasi sumbu pada lajur rencana selama umur rencana. Volume lalu lintas menggunakan data terakhir atau data 2 tahun terakhir. Untuk perkerasan beton semen kendaraan yang ditinjau dengan berat total minimum 5 ton. Konfigurasi sumbu tersebut terdapat 4 kelompok yang terdiri dari:

- 1) Sumbu tunggal roda tunggal (STRT)
- 2) Sumbu tunggal roda ganda (STRG)
- 3) Sumbu tandem roda ganda (STdRG)
- 4) Sumbu tridem roda ganda (StrRG)

1.5.2 Lajur Rencana dan Koefisien Distribusi

Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, maka jumlah lajur dan koefisien distribusi (C) kendaraan niaga dapat ditentukan dari lebar perkerasan sesuai Gambar di bawah ini

Tabel 2.1 Koefisien Distribusi dengan Lajur dan Lebar Perkerasan

Lebar Perkerasan (L_p)	Jumlah Lajur (n_1)	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
$11,25 \text{ m} \leq L_p < 15,00 \text{ m}$	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 : Pd T-14-2003

2.5.2 Umur Rencana

Umur rencana perkerasan jalan ditentukan atas pertimbangan klasifikasi fungsional jalan, pola lalu lintas serta nilai ekonomi jalan yang bersangkutan. Umumnya perkerasan beton semen dapat direncanakan dengan umur rencana (UR) 20 sampai 40 tahun .

Tabel 2.2 Umur Rencana BM 2017

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (tahun) ⁽¹⁾
Perkerasan lentur	Lapisan aspal dan lapisan berbutir ⁽²⁾ .	20
	Fondasi jalan	40
	Semua perkerasan untuk daerah yang tidak dimungkinkan pelapisan ulang (<i>overlay</i>), seperti: jalan perkotaan, <i>underpass</i> , jembatan, terowongan.	
	<i>Cement Treated Based (CTB)</i>	
Perkerasan kaku	Lapis fondasi atas, lapis fondasi bawah, lapis beton semen, dan fondasi jalan.	
Jalan tanpa penutup	Semua elemen (termasuk fondasi jalan)	Minimum 10

2.5.3 Pertumbuhan Lalu Lintas

Pertumbuhan lalu lintas didasarkan pada data-data pertumbuhan series (*historical growth data*) atau formulasi korelasi dengan faktor pertumbuhan lain yang valid. Tabel 2.1 dapat digunakan pada tahun 2015-2035. Kapasitas jalan dicapai dengan factor pertumbuhan lalu lintas. Untuk mendapatkan nilai faktor pertumbuhan lalu lintas dapat ditentukan dengan rumus

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

Dimana:

R = Faktor pertumbuhan lalu lintas

I = Laju pertumbuhan lalu lintas per tahun dalam (%)

UR = Umur rencana (tahun)

Tabel 2.3 Pertumbuhan Lalu Lintas

	Jawa	Sumatera	Kalimantan	Rata-rata Indonesia
Arteri dan Perkotaan	4,80	4,83	5,14	4,75
Kolektual Rural	3,5	3,50	3,50	3,50
Jalan Desa	1,00	1,00	1,00	1,00

Sumber: Bina Marga 2017

2.5.4 Lalu Lintas Rencana

Lalu lintas rencana adalah jumlah komulatif sumbu kendaraan niaga pada lajur rencana, meliputi proporsi sumbu serta distribusi beban pada setiap jenis sumbu kendaraan. Jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana dihitung dengan rumus:

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

Dimana :

JSKN = Jumlah total sumbu kendaraan niaga selama umur rencana

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

R = Faktor pertumbuhan komulatif dari perhitungan factor pertumbuhan lalu lintas

C = Koefisien distribusi kendaraan

2.5.6 Faktor keamanan beban

Pada penentuan beban rencana, beban sumbu dikalikan dengan faktor keamanan beban (Fkb). Ini digunakan berkaitan tingkat realibilitas perencanaan.

Tabel 2.4 Faktor Keamanan Beban

No	Penggunaan	Nilai F_{KB}
1	Jalan bebas hambatan utama (<i>major freeway</i>) dan jalan berlajur banyak, yang aliran lalu lintasnya tidak terhambat serta volume kendaraan niaga yang tinggi. Bila menggunakan data lalu lintas dari hasil survey beban (<i>weight-in-motion</i>) dan adanya kemungkinan route alternatif, maka nilai faktor keamanan beban dapat dikurangi menjadi 1,15	1,2
2	Jalan bebas hambatan (<i>freeway</i>) dan jalan arteri dengan volume kendaraan niaga menengah	1,1
3	Jalan dengan volume kendaraan niaga rendah.	1,0

Sumber : Pd T-14-2003

2.5.7 Sambungan

1. Sambungan susut memanjang (*Tie Bars*)

Sambungan pada bidang yang diperlukan (*dummy*) dibuat untuk mengalihkan tegangan tarik akibat kelembapan suhu, gesekan untuk mencegah adanya retak.

Pemasangan sambungan memanjang ditujukan untuk mengendalikan retak memanjang. Jarak sambungan memanjang sekitar 3-4 m. Sambungan memanjang harus dilengkapi dengan batang ulir dengan mutu minimum BJTU-24 berdiameter 16 mm. Jarak sambungan yang digunakan adalah 75 cm.

Ukuran sambungan susut dihitung dengan persamaan berikut :

$$A_t = 204 \times b \times h$$

$$I = (38.3 \times \phi) + 75$$

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

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

- h = Tebal plat beton (mm)
 I = Panjang sambungan susut (mm)
 \emptyset = Diameter tulangan yang dipilih (mm)

2. Sambungan susut melintang (*dowel*)

Fungsi utama untuk menyiapkan ruang muai pada perkerasan untuk mencegah tegangan tekan dan mengakibatkan tertekuk. Kedalaman sambungan dari tebal pelat untuk perkerasan dengan lapis berbutir atau sepeetiga dari tebal pelat untuk lapis stabilitas semen.

Jarak sambungan susut melintang untuk BBTP (beton bersambung tanpa tulangan) sekitar 8-15 m dan sambungan untuk beton menerus sesuai dengan kemampuan pelaksanaan. Sambungan dilengkappi dengan ruji polos panjang 45 cm, jarak antara ruji 30 cm, setengah panjang ruji harus dicat atau dilumuri dengan bahan anti lengket untuk menjamin tidak ada ikatan dengan beton. Diameter ruji tergantung dari tebal beton dari tabel berikut :

Tabel 2.5 Diameter Ruji

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

Sumber: Pd Td-14-2003