

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Desain perkerasan kaku

Menurut Lulie (2004), perkerasan kaku jalan raya dibuat dari beton semen Portland (*portland cement*). Struktur perkerasan ini dapat mempunyai fondasi atas (*base course*) di antara lapisan tanah dasar (*subgrade*) dan permukaan lapisan beton (*concrete surface*). Rigid pavement mempunyai kekuatan tekuk (*flexural strength*) yang mempunyai kemampuan untuk menahan suatu aksi seperti balok melintang secara tidak beraturan di dalam material bawahan. Perencanaan dan pembangunan perkerasan kaku yang benar mempunyai umur layan yang panjang (*long service lives*) dan biasanya hanya memerlukan biaya pemeliharaan yang lebih murah dibandingkan dengan perkerasan lentur (*flexible pavement*).

Ketebalan perkerasan beton biasanya berkisar antara 6 inci sampai 13 inci. Tipe-tipe perkerasan ini umumnya dibangun untuk memikul beban-beban lalu lintas yang berat (*heavy traffic loads*), tetapi perkerasan tersebut juga telah digunakan untuk jalan-jalan pemukiman dan jalan-jalan lokal. (Lulie, 2004)

## 2.2 Perkerasan Kaku

Solusi penggunaan perkerasan kaku umumnya lebih tepat biaya pada volume lalu lintas lebih dari 30 juta ESA. Kehati-hatian sangat dibutuhkan untuk desain perkerasan kaku diatas tanah lunak atau daerah lainnya dengan potensi pergerakan tidak seragam. Untuk daerah tersebut, perkerasan lentur akan lebih murah akibat adanya biaya penanganan dengan pondasi jalan yang tebal dan biaya penulangan.

Perkerasan kaku pada umumnya lebih muarh dari perkerasan lentur pada volume lalu lintas 30 juta CESA. Beberapa keuntungan dari perkerasan kaku adalah :

- Struktur perkerasan lebih tipis kecuali untuk perkerasan lunak yang membutuhkan struktur pondasi jalan lebi besar daripada perkerasan kaku.
- Pekerjaan konstruksi dan pengendalian mutu yang lebih mudah untuk daerah perkotaan yang tertutup termasuk jalan dengan lalu lintas rendah.
- Biaya pemeliharaan lebih rendah jika dilaksanakan dengan baik : keuntungan signifikan untuk area perkotaan dengan Lintas Harian Rata-rata Tahunan (LHRT) tinggi.
- Pembuatan campuran yang lebih mudah (contoh, tidak perlu pencucian pasir)

Kerugiannya antara lain :

- Biaya lebih tinggi untuk jalan dengan lalu lintas rendah
- Rentan terhadap retak jika dilaksanakan diatas tanah asli yang lunak
- Umumnya memiliki kenyamanan berkendara yang lebih rendah.

Oleh karena itu, perkerasan kaku seharusnya digunakan untuk jalan dengan beban lalu lintas tinggi. (Bina Marga 2013)

Berikut pekerjaan perkerasan kaku dengan menggunakan alat bantu dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Perkerjaan *rigid pavement (concrete paver)*

## 2.3 Material yang digunakan pada perkerasan kaku

### 2.3.1 Portland cement

Portland cement adalah hasil pabrik dengan memecahkan dan menghaluskan secara tepat campuran awal dari batu kapur (*limestone*), napal (*marl*), lempung (*clay*). Campuran dibakar pada temperature tinggi (sekitar 2800 F) membentuk terak tanur tinggi (*clinker*). Kemudian *clinker* dibiarkan mendingin, ditambah gypsum sedikit, dan selanjutnya campuran dan digiling sampai 90% lebih dari material lolos saringan no.200. (Lulie, 2004)

### 2.3.2 Agregat kasar

Penggunaan agregat kasar pada Portland cement adalah inert materials yang tidak member reaksi dengan semen dan biasanya terdiri dari batu pecah (*crushed gravel*), batu (*stone*), atau terak tanur tinggi (*blast furnace slag*), agregat kasar dapat berupa satu jenis atau gabungan dari ketiga material tersebut. (Lulie, 2004)

### 2.3.3 Agregat halus

Pasir (*sand*) digunakan sebagian besar sebagai agregat halus pada beton semen Portland. Spesifikasi untuk material ini biasanya

mencakup syarat komposisi takaran (*grading*), soundness, kebersihan (*cleanliness*). (Lulie, 2004)

#### 2.3.4 Air

Keperluan air pokok yang disyaratkan air yang digunakan yang pantas untuk diminum. Persyaratan ini berkaitan dengan keadaan jumlah zat organik, minyakm asam, dan alkali seharusnya tidak lebih besar ndari jumlah yang disyaratkan untuk air minum. (Lulie, 2004)

#### 2.3.5 Baja-tulangan (*reinforcing steel*)

Baja-tulangan dapat digunakan dalam perkerasaan beton untuk megnurangi retak yang terjadi karena mekanisme transfer beban pada sambungan atau sebagai suatu alat ikat dua pelat bersamaan. Penggunaan baju-tulangan digunakan untuk mengontrol retak yang biasa digunakan berdasarkan pada perilaku baja-tulangan.

Terdapat dua jenis tulangan yang dipasang pada jalan dengan perkerasan kaku (Lulie, 2004) yaitu :

1. Batang pasak (*Dowel Bars*)

Batang-batang pasak digunakan sebagi mekanisme penyebaran beban melintang sambungan (*joints*)

2. Batang pengikat (*Tie Bars*)

## 2.4 Sambungan pada perkerasan Beton

Perbedaan tipe-tipe sambungan ditempatkan pada perkerasan beton untuk membatasi tegangan-tegangan yang disebabkan perubahan temperatur dan untuk memfasilitasi ketepatan ikatan dari dua bagian yang berdekatan dari perkerasan. Sambungan dibagi menjadi 4 kategori dasar (Bina Marga 2002) yaitu :

- Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan
- Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan
- Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan
- Perkerasan beton semen pra-tegang

Sambungan pada perkerasan beton semen ditujukan untuk :

- Membatasi tegangan dan pengendalian retak yang disebabkan oleh penyusutan, pengaruh lenting serta beban lalu-lintas.
- Memudahkan pelaksanaan.
- Mengakomodasi gerakan pelat.

Pada perkerasan beton semen terdapat beberapa jenis sambungan antara lain :

- Sambungan memanjang
- Sambungan melintang

- Sambungan isolasi

Semua sambungan harus ditutup dengan bahan penutup (*joint sealer*), kecuali pada sambungan isolasi terlebih dahulu harus diberi bahan pengisi (*joint filler*).



Gambar 2.2 Pengisian “*Joint Sealer*”

## 2.5 Persyaratan Teknis

### 2.4.1 Tanah Dasar

Daya dukung tanah dasar ditentukan dengan pengujian CBR insitu sesuai dengan SNI 03-1731-1989 atau CBR laboratorium sesuai dengan SNI 03-1744-1989, masing-masing untuk perencanaan tebal perkerasan lama dan perkerasan baru. Apabila tanah dasar mempunyai

nilai 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 tanah dasar efektif 5%. (Bina Marga 2002)

#### 2.4.3 Lean mix Concrete

Campuran material berbutir dan semen dengan kadar semen yang rendah. Digunakan sebagai lapis pondasi bawah untuk perkerasan beton.



Gambar 2.3 Pekerjaan *lean concrete*

#### 2.4.2 Pondasi Bawah

Bahan pondasi bawah dapat berupa :

- Bahan berbutir
- Stabilisasi atau dengan beton kurus giling padat (*Lean Rolled Concrete*)
- Campuran beton kurus (*Lean Concrete*)

Perkerasan kaku mudah terpengaruh oleh erosi, yaitu terjadinya migrasi butiran halus tanah dasar melalui sambungan akibat air dan tegangan dinamik. Maka dari itu pondasi jalan, lapis drainase dan lapis pondasi bawah (*sub base*) harus didesain untuk meminimalkan masalah ini. (Bina Marga 2002)

#### 2.4.3 Beton Semen

Kekuatan beton harus dinyatakan dalam nilai kuat tarim lentur (*flexural strength*) umur 28 hari, yang didapat dari hasil pengujian balok dengan pembeban tiga titik yang besarnya secara tipikal sekitar 3-5 MPa (30-50 kg/cm<sup>2</sup>). (Bina Marga 2002)

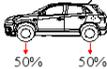
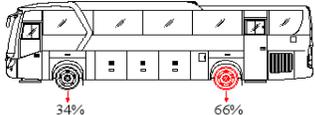
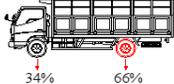
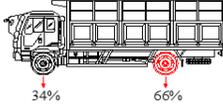
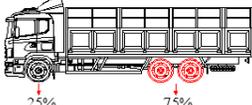
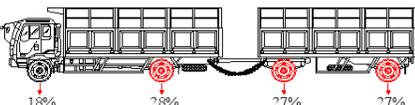
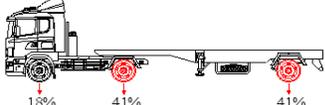
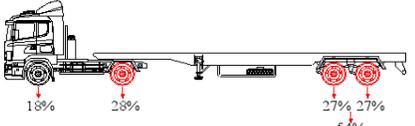
#### 2.4.4 Lalu Lintas

Konfigurasi sumbu untuk perencanaan terdiri atas 4 jenis kelompok sumbu (Bina Marga 2002) sebagai berikut :

- Sumbu tunggal roda tunggal (STRT)
- Sumbu tunggal roda ganda (STRG)
- Sumbu tandem roda ganda (STdRG)

- Sumbu tridem roda ganda (STrRg)

Konfigurasi beban sumbu dapat dilihat pada gambar 2.4.

KONFIGURASI BEBAN SUMBU						
KONFIGURASI SUMBU DAN TIFE	BERAT KOSONG (TON)	BEBAN MUATAN MAKSIMUM (TON)	BERAT TOTAL MAKSIMUM (TON)	UE 18 KSAL KOSONG	UE 18 KSAL MAKSIMUM	 Roda Tunggal pada Ujung Sumbu  Roda Ganda pada Ujung Sumbu
1,1 HP	1,5	0,5	2,0	0,0001	0,0005	
1,2 BUS	3	6	9	0,0037	0,3006	
1,2L TRUK	2,3	6	8,3	0,0013	0,2174	
1,2H TRUK	4,2	14	18,2	0,0143	5,0264	
1,22 TRUK	5	20	25	0,0044	2,7416	
1,2 + 2,2 TRAILER	6,4	25	31,4	0,0085	3,9083	
1,2-2 TRAILER	6,2	20	26,2	0,0192	6,1179	
1,2-2,2 TRAILER	10	32	42	0,0327	10,1830	

Gambar 2.4 Konfigurasi beban sumbu

#### 2.4.5 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 peraturan pedoman Nomor 02/M/BM/2013 perencanaan perkerasan kaku. (Bina Marga 2002)

#### 2.4.6 Umur Rencana

Umur rencana perkerasan jalan ditentukan atas pertimbangan klasifikasi fungsional jalan, pola lalu-lintas serta nilai ekonomi jalan yang bersangkutan, yang dapat ditentukan antara lain dengan metode *Benefit Cost Ratio*, *Internal Rate of Return*, kombinasi dari dua metode tersebut atau cara lain yang tidak terlepas dari pola pengembangan wilayah. Umumnya perkerasan beton semen dapat direncanakan dengan umur rencana (UR) 40 tahun. (Bina Marga 2002)

#### 2.4.7 Pertumbuhan Lalu-lintas

Volume lalu lintas akan bertambah sesuai dengan umur rencana yang telah ditentukan. (Bina Marga 2002)

#### 2.4.8 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. (Bina Marga 2002)

#### 2.4.9 Faktor Keamanan Beban

Pada penentuan beban rencana, beban sumbu dikalikan dengan faktor keamanan beban (Fkb). (Bina Marga 2002)

#### 2.4.10 Bahu

##### - Tebal Lapis Berbutir

Elevasi tanah dasar untuk bahu harus sama dengan elevasi tanah dasar dari perkerasan atau paling tidak pelaksanaan tanah dasar badan jalan harus terdrainase dengan baik. Pada umumnya tebal lapis berbutir bahu harus sama dengan tebal lapis berbutir perkerasan untuk memudahkan pelaksanaan.

##### - Bahu Tanpa Pengikat – Lapis Agregat Berbutir Kelas S

Lapis permukaan harus lapis pondasi agregat kelas S, atau kerikil alam yang memenuhi ketentuan. Ketentuan yang diminta meliputi IP antara 4% - 12%. Tebal dari lapis permukaan bahu harus

sama dengan tebal lapis beraspal jika tebalnya lebih dari 125 mm, jika tidak maka tebal lapis permukaan bahu minimum 125 mm.

- Bahu Berpengikat

Bahu berpengikat disediakan untuk kebutuhan berikut :

- a) Jika terdapat kerb (bahu harus ditutup sampai dengan garis kerb)
- b) Gradien jalan lebih dari 4%
- c) Di sisi yang lebih tinggi pada kurva superelevasi (superelevasi  $\geq \pm 0\%$ ). Dalam kasus ini bahu sisi yang lebih tinggi superelevasi harus sama dengan superelevasi badan jalan.
- d) Untuk semua jalan dengan LHRT lebih dari 10.000 kendaraan.
- e) Semua jalan tol dan jalan bebas hambatan.
- f) Kasus per kasus untuk mengakomodasi lalu lintas sepeda motor
- g) Kasus lainnya yang diinstruksikan oleh Dit. Bina Teknik.

Material bahu berpengikat dapat berupa:

- a) Penetrasi makadam;
- b) Burda;
- c) Beton aspal (AC);

d) Beton;

e) Kombinasi dari tied shoulder beton 500 mm – 600 mm dan bahu dengan pengikat aspal.

- **Lalu Lintas Desain Bahu Berpengikat**

Lalu lintas desain untuk bahu berpengikat tidak boleh kurang dari 10% lalu lintas desain untuk lajur jalan yang berdampingan atau sama dengan dengan perkiraan lalu lintas yang akan menggunakan bahu, diambil yang terbesar. Dalam banyak hal, hal ini dapat dipenuhi dengan Burda atau penetrasi makadam yang dilaksanakan dengan baik.. (Bina Marga 2002)

## **2.6 Analisis Volume Lalu Lintas**

Analisis volume lalu lintas didasarkan pada survey faktual. Untuk keperluan desain, volume lalu lintas dapat diperoleh dari :

1. Survey lalu lintas aktual, dengan durasi minimal 7 x 24 jam. Pelaksanaan survey agar mengacu pada Pedoman Survei Pencacahan Lalu Lintas dengan Cara Manual Pd T-19-2004-B atau dapat menggunakan peralatan dengan pendekatan yang sama.
2. Hasil-hasil survey lalu lintas sebelumnya

3. Untuk jalan dengan lalu lintas rendah dapat menggunakan nilai perkiraan dari pasal 4.11.

Dalam analisis lalu lintas, terutama untuk penentuan volume lalu lintas pada jam sibuk dan lalu lintas harian rata-rata tahunan (LHRT) agar mengacu pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI). LHRT yang dihitung adalah untuk semua jenis kendaraan kecuali sepeda motor, ditambah 30% jumlah sepeda motor.

Sangat penting untuk memperkirakan volume lalu lintas yang realistis. Terdapat kecenderungan secara historis untuk menaikkan data lalu lintas untuk meningkatkan justifikasi ekonomi. Hal ini tidak boleh dilakukan untuk kebutuhan apapun. Desainer harus membuat survey cepat secara independen untuk memverifikasi data lalu lintas jika terdapat keraguan terhadap data. (Bina Marga 2013)

## **2.7 Jenis kendaraan**

Sistem klasifikasi kendaraan dinyatakan di dalam Lampiran B . Dalam melakukan survey lalu lintas harus menggunakan pembagian jenis kendaraan dan muatannya seperti yang tertulis di dalam tabel tersebut. (Bina Marga 2013)

## **2.8 Distribusi Kelompok Sumbu Kendaraan Niaga**

Dalam pedoman desain perkerasan kaku Pd T-14-2003, desain perkerasan kaku didasarkan pada distribusi kelompok sumbu kendaraan niaga (heavy vehicle axle group, HVAG) dan bukan pada nilai CESA. Karakteristik proporsi sumbu dan proporsi beban untuk setiap kelompok sumbu dapat menggunakan data hasil survey jembatan timbang atau mengacu pada Lampiran A. Distribusi kelompok sumbu digunakan untuk memeriksa hasil desain dengan pedoman desain Pd T-14-2003. (Bina Marga 2013)

## **2.9 Pengaruh Alihan Lalu Lintas (Traffic Diversion)**

Untuk analisis lalu lintas pada ruas jalan yang didesain harus diperhatikan faktor alihan lalu lintas yang didasarkan pada analisis secara jaringan dengan memperhitungkan proyeksi peningkatan kapasitas ruas jalan yang ada atau pembangunan ruas jalan baru dalam jaringan tersebut, dan pengaruhnya terhadap volume lalu lintas dan beban terhadap ruas jalan yang didesain. (Bina Marga 2013)

## **2.10 Pengendalian Beban Sumbu**

Untuk keperluan desain, tingkat pembebanan saat ini (aktual) diasumsikan berlangsung sampai tahun 2020. Setelah tahun 2020, diasumsikan beban berlebih terkendali dengan beban sumbu nominal 120 kN. Bina Marga

dapat menentukan waktu implementasi efektif alternatif dan mengendalikan beban ijin kapan saja. (Bina Marga 2013)

### 2.11 Beban Sumbu Standar

Beban sumbu 100 kN diijinkan di beberapa ruas yaitu untuk ruas jalan Kelas I. Namun demikian nilai CESA selalu ditentukan berdasarkan beban sumbu standar 80 kN. (Bina Marga 2013)

### 2.12 Faktor Distribusi Lajur dan Kapasitas Lajur

Faktor distribusi lajur untuk kendaraan niaga (truk dan bus) ditetapkan dalam Tabel 1.2. Kapasitas pada lajur desain tidak boleh melampaui kapasitas lajur selama umur rencana. Kapasitas lajur mengacu kepada Permen PU No.19/PRT/M/2011 mengenai Persyaratan Teknis Jalan dan Kriteria Perencanaan Teknis Jalan berkaitan Rasio Volume Kapasitas (RVK) yang harus dipenuhi. Kapasitas lajur maksimum agar mengacu pada MKJI. (Bina Marga 2013)

Tabel 2.1 Faktor Distribusi Lajur ( $D_L$ )

Jumlah Lajur setiap arah	Kendaraan niaga pada lajur desain (% terhadap populasi kendaraan niaga)
1	100
2	80
3	60
4	50

### 2.13 Perkiraan Faktor Ekuivalen Baben (Vehicle Damage Factor)

Perhitungan beban lalu lintas yang akurat sangatlah penting. Beban lalu lintas tersebut diperoleh dari :

1. Studi jembatan timbang/timbangan statis lainnya khusus untuk ruas jalan yang didesain;
2. Studi jembatan timbang yang pernah dilakukan sebelumnya dan dianggap cukup representatif untuk ruas jalan yang didesain.
3. Tabel 1.1 (Lampiran B)
4. Data WIM Regional yang dikeluarkan oleh Direktorat Bina Teknik.

Ketentuan untuk cara pengumpulan data beban lalu lintas dapat dilihat dalam tabel 2.2

Tabel 2.2 Ketentuan Cara Pengumpulan Data Beban Lalu Lintas

Spesifikasi Penyediaan Prasarana Jalan	Sumber Data Beban Lalu Lintas
Jalan Bebas Hambatan	1 atau 2 <sup>1</sup>
Jalan Raya	1 atau 2 atau 4
Jalan Sedang	1 atau 2 atau 3 atau 4
Jalan Kecil	1 atau 2 atau 3 atau 4

Data yang diperoleh dari metode 1, 2 atau 4 harus menunjukkan konsistensi dengan data pada Lampiran B. (Bina Marga 2013)

## 2.14 Perkiraan Lalu Lintas untuk Jalan dengan Lalu Lintas Rendah

Untuk jalan dengan lalu lintas rendah, jika data lalu lintas tidak tersedia atau diperkirakan terlalu rendah untuk mendapatkan desain yang aman, maka nilai perkiraan dalam Tabel berikut dapat digunakan :

Tabel 2.3 Perkiraan Lalu Lintas untuk Jalan dengan Lalu Lintas Rendah  
(Kasus Beban Berlebih)

Deskripsi Jalan	LHRT dua arah	Kend berat (% dari lalu lintas)	Umur Rencana (th)	Pertumbuhan Lalu Lintas (%)	Faktor Pertumbuhan lalu lintas	Kelompok Sumbu/ Kendaraan Berat	Kumulatif HVAG	ESA/HVAG (overloaded)	Lalin desain Indikatif (Pangkat 4) Overloaded
Jalan desa minor dg akses kendaraan berat terbatas	30	3	20	1	22	2	14.454	3,16	$4,5 \times 10^4$
Jalan kecil 2 arah	90	3	20	1	22	2	21.681	3,16	$7 \times 10^4$
Jalan lokal	500	6	20	1	22	2,1	252.945	3,16	$8 \times 10^5$
Akses lokal daerah industri atau quarry	500	8	20	3,5	28,2	2,3	473.478	3,16	$1,5 \times 10^6$
Jalan kolektor	2000	7	20	3,5	28,2	2,2	1.585.122	3,16	$5 \times 10^6$