

## **KINERJA JALAN BETON SEMEN PADA LALU LINTAS BERVOLUME RENDAH DI INDONESIA**

Tatang Dachlan<sup>1</sup>

### **ABSTRACT**

*This paper aimed to identify the performance of cement concrete roads pavement constructed on several low volume roads location This study is based on the design method from Cement Concrete Institute (CCI, 2000).Based on study in Pusat Litbang Prasarana Transportasi, this method may be used because relatively more simple and relatively effective and efficient for determining the thickness design of cement concrete road pavement for low volume traffic in Indonesia.*

*In analyzing the performance of cement concrete road pavement located on predicted low volume roads category, field surveys are performed such as road surface condition, sampling by core drill, and bearing strength of road pavement courses using Dynamic Cone Penetrometer (DCP). The result may be identified that there are variable thickness based on existing data. This result may be considered in formulating the determination of design thickness of cement concrete pavement for low traffic roads in Indonesia.*

**Keywords :** *Cement concrete roads, low volume roads.*

### **PENDAHULUAN**

#### **Latar belakang**

Sejak tahun 2000 dapat diidentifikasi bahwa pemerintah daerah kota dan kabupaten di Indonesia mulai merehabilitasi jalan atau meningkatkan jalan menggunakan beton semen sebagai perkerasan jalan, terutama untuk lalu lintas rendah sampai menengah. Beton semen diambil sebagai alternatif karena berbagai alasan antara lain jalan di daerah tersebut sering terendam banjir, jaringan jalan di daerah industri yang sering dilalui lalu lintas berat, tanah dasar lemah, jalan beraspal sering rusak dan sebagainya (Anas Aly, 1992).

Metoda perencanaan yang digunakan untuk menentukan tebal perkerasan jalan beton

semen di Indonesia masih beragam, di samping konsep yang telah disusun oleh Bina Marga bersama Puslitbang Jalan dan Jembatan (dulu Puslitbang Prasarana Transportasi atau Puslitbang Jalan) berjudul Perencanaan Perkerasan Kaku (1989). Metoda lain yaitu AASHTO (1993), *Cement Concrete Institute* (CCI, 2000), *Canadian Portland Cement Assosiation* (CPCA, *Undate*), Austroads (1992) dan lainnya yang belum dikaji kesesuaiannya dengan kondisi di Indonesia. Puslitbang Jalan dan Jembatan mengadopsi metoda Naasra edisi tahun 1979. Naasra berganti nama menjadi Austroad dan telah mengeluarkan metoda baru (*New Rigid Pavement*) pada tahun 1992.

Menurut CCI, istilah volume lalu lintas rendah adalah relatif dan mungkin tidak ada

---

<sup>1</sup> Ahli Peneliti Muda, di Pusat Litbang Jalan & Jembatan, Balitbang, Departemen Pekerjaan Umum

definisi yang tepat dan tergantung kondisi sekitar. CCI mendefinisikan lalu lintas rendah paling banyak rata-rata 1000 kendaraan per hari (mobil penumpang, bus dan truk atau kendaraan niaga). Jumlah kendaraan niaga (JKN) atau *commercial vehicle* paling banyak 30 %, kendaraan niaga berat paling banyak 15% (truk lebih dari 4 roda) dan hanya sedikit kendaraan truk tandem.

Dari lokasi-lokasi perkerasan jalan beton semen yang telah dibangun sekitar tahun 2000 dan 2001, perlu dilakukan evaluasi untuk mengetahui kinerjanya (Lanneke T. dkk (1992), yaitu dengan membandingkan terhadap suatu metode perencanaan yang sesuai dengan kondisi lalu lintas rendah di Indonesia.

### **Penggunaan perkerasan jalan berbasis semen portland**

Perkerasan beton semen secara teknis dapat dirancang untuk masa pelayanan lebih dari 25 tahun, sedangkan perkerasan beraspal paling lama 10 tahun, dengan catatan bahwa produksi campuran beraspal dan pelaksanaannya harus mengikuti spesifikasi yang benar serta penyiapan perkerasan lama yang rusak harus diperbaiki secara cermat. Tanpa persiapan dasar perkerasan yang cukup maka perkerasan baru campuran beraspal akan cepat rusak.

Secara operasional dari segi pemeliharaan, perkerasan beton semen relatif memerlukan biaya yang relatif jauh lebih kecil dari pada biaya pemeliharaan untuk perkerasan beraspal, walaupun biaya perkerasan beton semen memerlukan biaya awal (*initial cost*) lebih tinggi dari pada perkerasan beraspal. Bila diukur total biaya pembangunan dan pemeliharaan pada akhir umur rencana 25 tahun maka biaya menggunakan beton semen akan lebih murah dari pada perkerasan beraspal sehingga penggunaan perkerasan beton semen akan lebih efektif dan efisien.

### **Pembatasan masalah**

Dalam uraian ini kinerja perkerasan jalan beton semen yang sudah berumur sekitar 4 – 5 tahun diselidiki kekuatan dan dimensinya. Data yang diperoleh dibandingkan dengan metode perencanaan yang dipilih. Penelitian ini terbatas atas kinerja jalan yang sudah dilaksanakan terhadap kesesuaian metode perencanaan dan kinerja kondisi yang ada di lapangan.

### **Tujuan penelitian**

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengkaji metode perencanaan tebal perkerasan njalan beton semen menggunakan metode dari *Cement Concrete Institute* (CCI) yang diakui relatif lebih efektif dan efisien sehingga dapat digunakan sebagai pedoman untuk perencanaan jalan beton semen untuk lalu lintas rendah di Indonesia

### **KAJIAN PUSTAKA**

Untuk menelaah beberapa metoda perencanaan tebal perkerasan jalan beton semen, berikut ini diuraikan secara ringkas prinsip dasar perencanaan yang digunakan.

- 1 Pada metoda Bina Marga (1989), lalu lintas rencana diambil pada lajur yang paling banyak digunakan oleh kendaraan niaga. Perencanaan tebal slab dihitung berdasarkan total fatik pada pelat beton. Tebal slab beton mula-mula dicoba dengan tebal tertentu kemudian dihitung total *fatigue* untuk seluruh volume pada jalur rencana berdasarkan konfigurasi dan beban sumbu selama umur rencana (20 atau 40 tahun). Bila total *fatigue* melebihi 100%, selanjutnya diambil tebal pelat yang lebih besar dan perhitungan diulangi kembali. Tebal rencana adalah tebal yang memberikan total *fatigue* mendekati sama atau lebih kecil 100%.

- 2 Pada Metoda Austroads (1992), lalu lintas rencana diambil pada lajur yang paling banyak digunakan oleh kendaraan niaga. Prosedur untuk menentukan tebal perkerasan beton semen ini didasarkan pada model kerusakan berikut:
- Retak leleh tarik-lentur (*flexural fatigue*) pada perkerasan slab beton;
  - Erosi pada pondasi bawah/tanah dasar yang muncul akibat repetisi lendutan pada sambungan dan retak yang direncanakan.

Tebal pelat tergantung dari penggunaan bahu/ kerb beton dan penggunaan dowel.

- 3 Penentuan tebal pelat beton menurut AASHTO (1993) dapat dilakukan menggunakan rumus dasar atau nomograph untuk setiap nilai k-efektif. Perencana dapat menentukan tebal yang optimal berdasarkan pertimbangan ekonomis yang diperlukan. Untuk perencanaan tebal perkerasan beton semen pada lalu lintas bervolume rendah, aashto menyediakan tabel-tabel dan nomograph.
- 4 *Cement Concrete Institute* (CCI, 2000) dirancang khusus untuk lalu lintas rendah yang penentuan tebal slabnya dapat menggunakan prosedur sederhana (*simplified procedure*) menggunakan tabel-tabel. Jumlah lalu lintas truk rata atau *Average Daily Truck Traffic (ADTT)* atau Jumlah Kendaraan Niaga (JKN) sangat berperan dalam penentuan tebal perkerasan jalan beton semen. Metoda CCI relatif lebih mudah digunakan sebagai pedoman dalam perhitungan tebal perkerasan beton semen untuk lalu lintas rendah di Indonesia, walaupun menghasilkan lebih tebal antara 1 dan 1,5 cm dari pada AASTHO (rumus umum). Dalam Metoda CCI hanya merancang untuk perkerasan jalan beton semen bersambung tanpa tulangan.

Berdasarkan hasil kajian terhadap beberapa metoda perencanaan tebal perkerasan

beton semen (Puslitbang Prasarana Transportasi, 2002), dapat diidentifikasi bahwa metode perencanaan yang relatif mudah dan sederhana adalah metoda CCI.

## METODE PERENCANAAN

### Pilihan Metoda perencanaan tebal perkerasan untuk Analisis Kinerja

Selanjutnya untuk menganalisis perkerasan beton semen yang diperkirakan termasuk kategori lalu lintas rendah, dilakukan survey lapangan penilaian kondisi permukaan jalan, dan pengambilan contoh dengan bor inti (*Core drill*). Analisis kinerja perkerasan beton semen digunakan metoda CCI, dengan pertimbangan bahwa CCI dirancang khusus untuk lalu lintas rendah yang penentuan tebal slabnya dapat menggunakan prosedur sederhana menggunakan tabel. Penelitian ini terbatas atas data kekuatan dan dimensi jalan beton semen yang sudah dilaksanakan di lapangan dan dibandingkan terhadap kesesuaian metode perencanaan dan kinerja kondisi yang ada di lapangan.

### Data yang Dikumpulkan

Data yang dikumpulkan dalam kajian ini meliputi hal-hal berikut:

- a. Lalu lintas harian rata-rata (LHR) atau ADT (Average Daily Traffic) dan jumlah kendaraan niaga (JKN) atau Average Daily Truck Traffic (ADTT).
- b. Beban sumbu kendaraan niaga.
- c. Umur atau tahun pelaksanaan atau saat jalan dibuka.
- d. Jenis perkerasan beton semen.
- e. Panjang jalan beton semen, dan lokasi pelaksanaan
- f. Tebal lapis perkerasan dengan test pits atau core drill.
- g. Daya dukung tanah dan/atau pondasi bawah dengan alat Dynamic Cone Penetrometer (DCP).
- h. Penilaian kondisi permukaan jalan.

**PERENCANAAN DENGAN METODA CCI**

**Prinsip dasar perencanaan perkerasan jalan beton semen**

Prinsip perencanaan tebal perkerasan dari CCI adalah sebagai berikut:

- a. Pedoman ini dimaksudkan untuk penerapan perkerasan beton semen di jalan perkotaan dengan volume lalu-lintas rendah sampai sedang. Pedoman ini hanya membahas perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan.
- b. Prosedur CCI membuat tabel berdasarkan komposisi lalu lintas harian

rata-rata (LHR) atau ADT dan jumlah kendaraan niaga (JKN) atau ADTT tersebut dalam 4 kategori. Penggunaan untuk volume lalu lintas rendah adalah menggunakan kategori-1 dan kategori-2.

Catatan : Deskripsi rendah, sedang dan tinggi menurut CCI (2000) tersebut mengacu pada berat relatif beban sumbu untuk jenis jalan yang digunakan. Pengertian "rendah" untuk jalan luar kota provinsi dapat diartikan sebagai adanya beban yang lebih berat dari pada "rendah" untuk jalan sekunder.

Tabel 1. Kategori beban sumbu

Kategori Beban Sumbu	Deskripsi	Lalu-lintas			Beban Sumbu Maksimum (ton)	
		LHR	JKN		Tunggal	Tandem
			%	Per Hari		
1	Jalan permukiman, luar kota dan sekunder (rendah sampai sedang)	200-800	1-3	< 25	9,8	16,0
2	Jalan kolektor, luar kota dan sekunder (tinggi)	700-5000	5-18	40-1000	11,5	19,5
	Jalan primer dan arteri (rendah)					

- c. Parameter perencanaan meliputi hal-hal berikut:
  - Beban lalu-lintas, dinyatakan oleh beban sumbu, tipe, frekwensi dan jenis truk pada lajur rencana.
  - Jenis bahu jalan (pelat beton yang bersatu dengan perkerasan atau tidak).
  - Modulus reaksi tanah dasar (k) minimum 2 kg/cm<sup>3</sup> (20 MPa/m).
  - Kuat tarik lentur beton (MR) pada umur 28 hari minimum sebesar 38 kg/cm<sup>2</sup> (3,8 MPa), umumnya didapat dari beton yang mempunyai kuat

tekan pada umur 28 hari sebesar 300 kg/cm<sup>2</sup> (30 MPa).

- Jenis penyaluran beban (menggunakan dowel atau tidak).
- Kelandaian memanjang jalan maksimum adalah 10 %.
- d. Bilamana lapis pondasi digunakan dalam perencanaan tebal perkerasan, akan terdapat kenaikan nilai  $k_{gabungan}$ . Jika lapis pondasi terdiri atas bahan berbutir atau stabilisasi semen, sebagai pendekatan kenaikan nilai  $k_{gabungan}$  dapat diambil dari Tabel 2 dan Tabel 3 (CCI, 2000).

Kinerja Jalan Beton Semen pada Lalu Lintas  
Bervolume Rendah di Indonesia

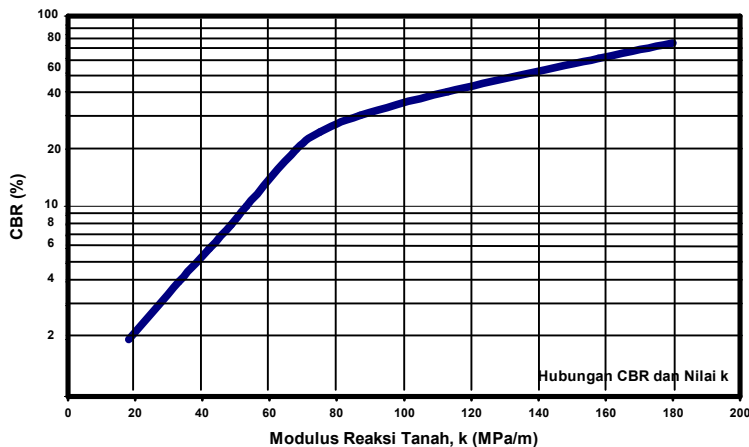
Tabel 2. Nilai k dan pengaruh tebal pondasi berbutir tanpa pengikat

k Tanah dasar kg/cm <sup>3</sup> (MPa/m)	k <sub>gabungan</sub> , kg/cm <sup>3</sup> (MPa/m)			
	10 cm	15 cm	25 cm	30 cm
2,0 (20)	2,3 (23)	2,5 (25)	3,2 (32)	3,8 (38)
4,0 (40)	4,5 (45)	4,9 (49)	5,7 (57)	6,6 (66)
6,0 (60)	6,4 (64)	6,6 (66)	7,6 (76)	9,0 (90)
8,0 (80)	8,7 (87)	9,0 (90)	10,0 (100)	11,7 (117)

Tabel 3. Nilai k dan pengaruh pondasi dengan stabilisasi semen

k Tanah dasar kg/cm <sup>3</sup> (MPa/m)	k <sub>gabungan</sub> , kg/cm <sup>3</sup> (MPa/m)			
	10 cm	15 cm	25 cm	30 cm
2,0 (20)	6,0 (60)	8,0 (80)	10,5 (105)	13,5 (135)
4,0 (40)	10,0 (100)	13,0 (130)	18,5 (185)	23,0 (230)
6,0 (60)	14,0 (140)	19,0 (190)	24,5 (245)	-

- e. Nilai k dapat diperkirakan dari nilai CBR. Hubungan nilai CBR dengan k dapat menggunakan Gambar 1 (Austroads, 1992).
- f. Langkah-langkah perencanaan perhitungan tebal perkerasan beton semen adalah sebagai berikut:
- Perkiraan JKN, 2 arah.
  - Pilih kategori beban gandar (Kategori 1 atau Kategori 2) dari Tabel 1.
- g. Tabel 4, Tabel 5 dan Tabel 6 adalah JKN untuk umur rencana 20 tahun. Umur rencana lainnya dapat lebih atau kurang. Bila dibutuhkan umur rencana 30 tahun, maka nilai JKN dapat diestimasi yaitu dikalikan dengan 30/20.



Gambar 1. Hubungan CBR dan modulus tanah dasar, k

Tabel 4. JKN yang diizinkan untuk beban sumbu gandar kategori 1 sambungan tanpa ruji (*un-doweled*)

Tanpa bahu atau kerb				Dengan bahu atau kerb			
Tebal pelat (cm)	Daya dukung tanah dasar – lapis pondasi, kg/cm <sup>3</sup> (MPa/m)			Tebal pelat (cm)	Daya dukung tanah dasar – lapis pondasi, kg/cm <sup>3</sup> (MPa/m)		
	Rendah 2,0 - 3,4 (20 - 34)	Sedang 3,5 - 4,9 (35 - 49)	Tinggi, 5,0 - 6,0 (50 - 60)		Rendah 2,0 - 3,4 (20 - 34)	Sedang 3,5 - 4,9 (35 - 49)	Tinggi, 5,0 - 6,0 (50 - 60)
<b>M<sub>R</sub> = 44 kg/cm<sup>2</sup> (4,4 MPa)</b>							
12				10			
13	0,2	0,1	0,3	11	0,3	0,1	0,4
14	2	1	4	12	4	2	6
15	18	11	33	13	38	21	60
16	110	77	210	14	240	160	410
17	500	407					
<b>M<sub>R</sub> = 41 kg/cm<sup>2</sup> (4,1 MPa)</b>							
13				11			
14	0,4	0,2	0,7	12	0,8	0,3	1
15	4	2	8	13	9	5	15
16	27	19	54	14	65	41	110
17	140	110	290	15	360	260	650
18	600	530					
<b>M<sub>R</sub> = 38 kg/cm<sup>2</sup> (3,8 MPa)</b>							
14	0,1	0,4	1	11			
15	0,7	4	12	12	0,1	0,8	0,2
16	5	26	72	13	2	9	3
17	32	130	350	14	14	63	26
18	150	570		15	90	340	170
				16	430		

Tabel 5. JKN yang diizinkan untuk beban sumbu gandar kategori 2 sambungan dengan ruji (*doweled*)

Tanpa bahu atau kerb					Dengan bahu atau kerb				
Tebal pelat (cm)	Daya dukung tanah dasar – lapis pondasi, kg/cm <sup>3</sup> (MPa/m)				Tebal pelat (cm)	Daya dukung tanah dasar – lapis pondasi, kg/cm <sup>3</sup> (MPa/m)			
	Rendah 2,0 - 3,4 (20 - 34)	Sedang 3,5 - 4,9 (35 - 49)	Tinggi, 5,0 - 6,0 (50 - 60)	Sangat Tinggi 7+(70+)		Rendah 2,0 - 3,4 (20 - 34)	Sedang 3,5 - 4,9 (35 - 49)	Tinggi, 5,0 - 6,0 (50 - 60)	Sangat Tinggi 7+ (70+)
<b>M<sub>R</sub> = 44 kg/cm<sup>2</sup> (4,4 MPa)</b>									
14					12				
15					13				
16	2	12	5	3	14	6	4	12	6
17	15	68	35	26	15	44	30	86	53
18	77	320	190	150	16	240	180	470	330
19	330	1300	820	740	17	1000	890	2200	1700
20	1200	4500	3200	3100	18	4100	3700		
21	4100								
<b>M<sub>R</sub> = 41 kg/cm<sup>2</sup> (4,1 MPa)</b>									
15				5	13				12
16		2	8	38	14		7	20	87
17	3	16	47	200	15	10	46	130	470

Kinerja Jalan Beton Semen pada Lalu Lintas  
Bervolume Rendah di Indonesia

Tanpa bahu atau kerb					Dengan bahu atau kerb				
Tebal pelat (cm)	Daya dukung tanah dasar – lapis pondasi, kg/cm <sup>3</sup> (MPa/m)				Tebal pelat (cm)	Daya dukung tanah dasar – lapis pondasi, kg/cm <sup>3</sup> (MPa/m)			
	Rendah 2,0 - 3,4 (20 - 34)	Sedang 3,5 - 4,9 (35 - 49)	Tinggi, 5,0 - 6,0 (50 - 60)	Sangat Tinggi 7+(70+)		Rendah 2,0 - 3,4 (20 - 34)	Sedang 3,5 - 4,9 (35 - 49)	Tinggi, 5,0 - 6,0 (50 - 60)	Sangat Tinggi 7+ (70+)
18	18	82	220	870	16	60	240	620	2100
19	85	350	900	3300	17	290	1100	2600	
20	330	1300	3300		18	1200	4100		
21	1200	4400			19	4200			
22	3700								
<b>M<sub>R</sub> = 38 kg/cm<sup>2</sup> (3,8 MPa)</b>									
16					14				
17					15				
18	3	3	9	8	16	12	9	4	18
19	18	17	51	46	17	67	56	28	110
20	78	82	220	220	18	290	270	150	550
21	290	320	840	870	19	1100	1100	670	2300
22	940	1100	2900	3100	20	3700	3900	2600	
23	2900	3600							
<b>Sambungan tanpa ruji (<i>un-doweled</i>)</b>									
<b>M<sub>R</sub> = 44 kg/cm<sup>2</sup> (4,4 MPa)</b>									
14					12				
15					13				
16	2		5	5	14	6	4	12	6
17	15	12	190	26	15	44	30	86	53
18	77	68	820	150	16	240	180	470	840
19	330	320	1500	740	17	800	800	1100	1500
20	1200	1200	1700	1300	18	1200	1300	1800	2800
21	1600	1700	2100	2000	19	1900	2100	3100	
22	2100	2300	3100	3000	20	2900	3500		
23	2900	3200							
<b>M<sub>R</sub> = 41 kg/cm<sup>2</sup> (4,1 MPa)</b>									
15					13				
16					14				
17	3	2	8	5	15	10	7	2	12
18	18	16	47	38	16	60	46	20	87
19	85	82	220	200	17	290	240	130	470
20	330	350	900	870	18	1200	1100	620	1500
21	1200	1300	2100	2000	19	1900	2100	1800	2800
22	2100	2300	3100	3000	20	2900	3500	3100	
23	2900	3200							
<b>M<sub>R</sub> = 38 kg/cm<sup>2</sup> (3,8 MPa)</b>									
16					14				
17					15				
18	3	3	9	8	16	12	9	4	18
19	18	17	51	46	17	67	56	28	110
20	78	82	220	220	18	290	270	150	550
21	290	320	840	870	19	1100	1100	670	2300
22	940	1100	2900	3000	20	3700	3900	2600	
23	2900	3200							

## PENGUMPULAN DATA

### Inventarisasi Jalan Beton Semen

Untuk keperluan pengkajian kinerja perkerasan beton semen di lokasi yang diperkirakan mempunyai lalu lintas bervolume rendah, diperlukan beberapa lokasi jalan beton semen yang sudah ada atau yang belum dilaksanakan sebagai data sekunder. Informasi lokasi-lokasi jalan beton semen yang diperoleh dari instansi terkait

terdapat di Kabupaten Bandung dan Kabupaten Bogor. Lihat Tabel 6.

### Survai Volume Lalu Lintas

Data hasil survai volume lalu lintas dan data yang diperoleh dari Dinas Bina Marga Kabupaten Bandung disajikan dalam Tabel 6. Volume kendaraan digambarkan secara tipikal seperti terlihat pada Gambar 2. Lokasi lainnya dilakukan survai lalu lintas tersendiri dalam waktu 3 x 24 jam.

Tabel 6. Data Perkerasan Beton Semen dan Lalu Lintas

No	Lokasi	Panjang x Lebar (m)	LHR	Truk	Bus	Dibangun pada Tahun
1	Jalan Al Fathu, Soreang-Kab. Bandung	550 x 7	6814	969	102	2001
		533 x 7				Rencana
	Terusan Jalan Al Fathu	700 x 7				Rencana
2	Bale Endah -BojongSoang	165 x 7	8211	1268	674	2001
		250 x 7				Rencana
		650 x 7				Rencana
3	Cicalengka –Sawah Bera (Majalaya)	150 x 7	5321	609	281	1997
		650 x 7				Rencana
4	Rancaekek - Bojong	445 x 5	6590	1085	250	2001
5	Cipamokolan - Solokan Jeruk	420 x 4,5	4199	293	220	Rencana
6	Parakan Panjang-Lb Wangi Kab Bogor	650 x 5	2664	1544	8	2003

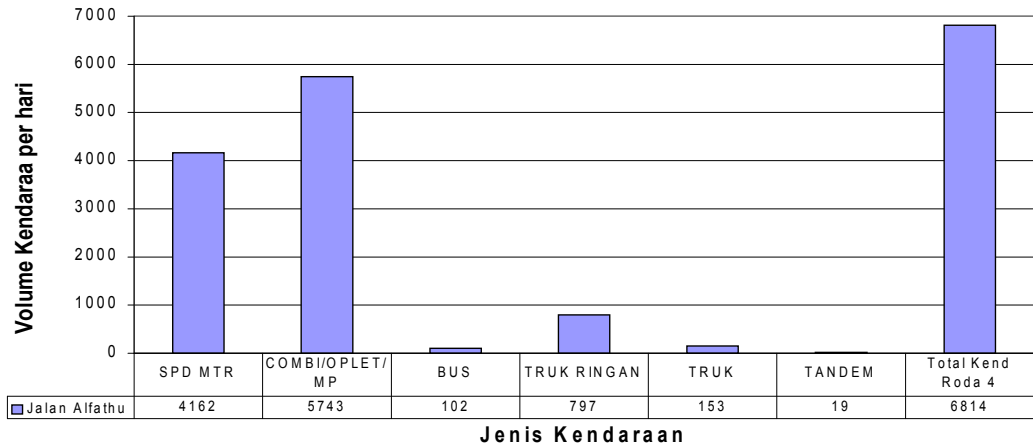
### Pengambilan Contoh Inti

Data hasil pengambilan contoh inti perkerasan beton semen, dilanjutkan dengan pengujian daya dukung tanah menggunakan alat DCP. DCP dilakukan mulai dari dasar pelat beton semen. Pada umumnya tidak dijumpai lapisan sub base terbuat dari beton semen. Sub base yang ada terdiri atas lapisan perkerasan lama,

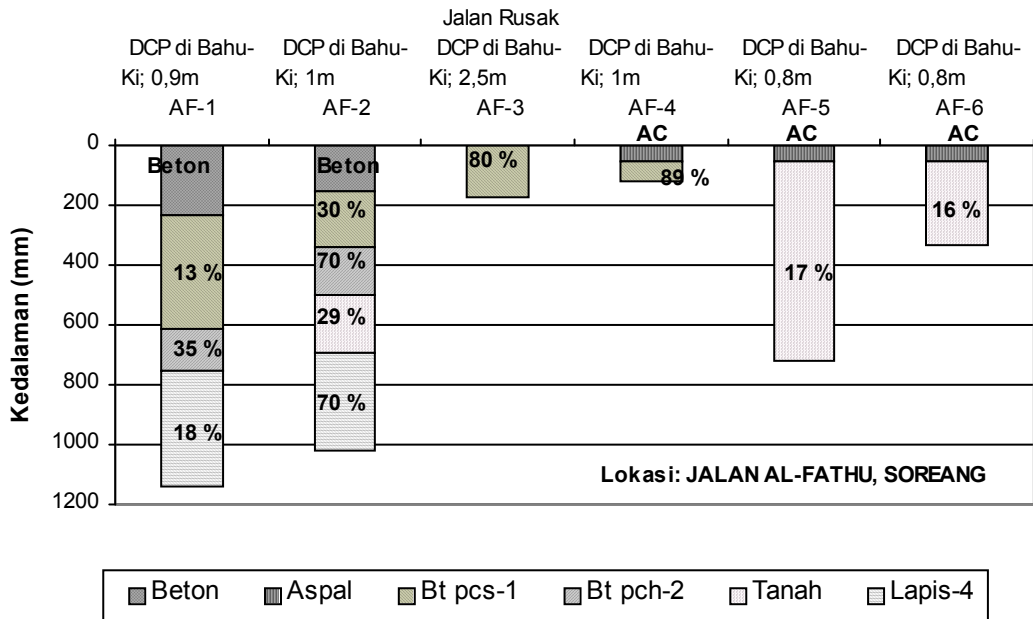
sirtu, batu pecah, tanah atau stabilisasi tanah. Data tebal perkerasan beton semen yang dicatat dan lapisan di bawah perkerasan beton semen disajikan secara tipikal seperti pada Gambar 3 (Jalan Al Fathu). Jalan Al Fathu dan Cicalengka-Sawah Bera ditemukan menggunakan tulangan.

Kinerja Jalan Beton Semen pada Lalu Lintas  
Bervolume Rendah di Indonesia

**Volume Kendaraan Jalan Alfathu  
(Median, 2 x 2 arah) September 2002**



Gambar 2. Tipikal penyajian Data Lalu Lintas  
Lokasi Jalan Al Fathu, Kabupaten Bandung, September 2002



Gambar 3. Struktur Perkerasan Jalan Al Fathu, Soreang, Kab Bandung

Tabel 7. Formulir Survai Kondisi Perkerasan Jalan Beton Semen

Ruas/Sub ruas : Al Fathu Nama : Dayat  
 Arah : Bandung Jabatan : Teknisi  
 Kode : Tanggal : 30 Agustus 2002

Lajur Lambat

Sta/ Km	Slab			Deformasi								Retak						Pothole						
	No	Pj	Lbr	Je	Posi	Kedlmn		Panjang		Luas		Je	Posi	L.cl(mm)		Pj	Luas		Posi	kdlmn		Luas		
	Urt	m	m	nis	si	L	H	m	%	m <sup>2</sup>	%	nis	si	"<5	>5	m	m <sup>2</sup>	%	si	<20	>20	m <sup>2</sup>	%	
Rata	5,0													1,0	1,0	2,5								
Min	0,8													1,0	1,0	1,0								
Maks	7,5													1,0	1,0	4,5								
Std	0,7													0,0	0,0	0,9								
Total	537													17,	5,0	55,0								

Lajur Lambat

Sta/ Km	Edge Defect				Joint Seal Defect				Krsk Tekstur Per mkn				Tambalan			Bahu				Drainase				
	Kdlm (m)		Panjang		kon	pos	Panjang		Je	Pos	Kdlmn (mm)		Luas		Je	Luas		Pos	Le	Je	Kerskn		Ada	Fung
	<15	>15	m	%	disi	si	m	%	nis	si	L	H	m <sup>2</sup>	%	nis	m <sup>2</sup>	%	si	vel	nis	Jns	Ls		si
Rata																			3,2					
Min																			0,0					
Maks																			12					
Std																			3,1					
Total																								

Lajur Cepat

Sta/ Km	Slab			Deformasi								Retak						Pothole						
	No	Pj	Lbr	Je	Posi	Kedlmn		Panjang		Luas		Je	Posi	L.cl(mm)		Pj	Luas		Posi	kdlmn		Luas		
	Urt	m	m	nis	si	L	H	m	%	m <sup>2</sup>	%	nis	si	"<5	>5	m	m <sup>2</sup>	%	si	<20	>20	m <sup>2</sup>	%	
Rata	4,9													1,0	1,0	2,4								
Min	1,0													1,0	1,0	1,0								
Maks	8,0													1,0	1,0	4,5								
Std	0,8													0,0	0,0	1,1								
Total	529													9	4	31								

Lajur Cepat

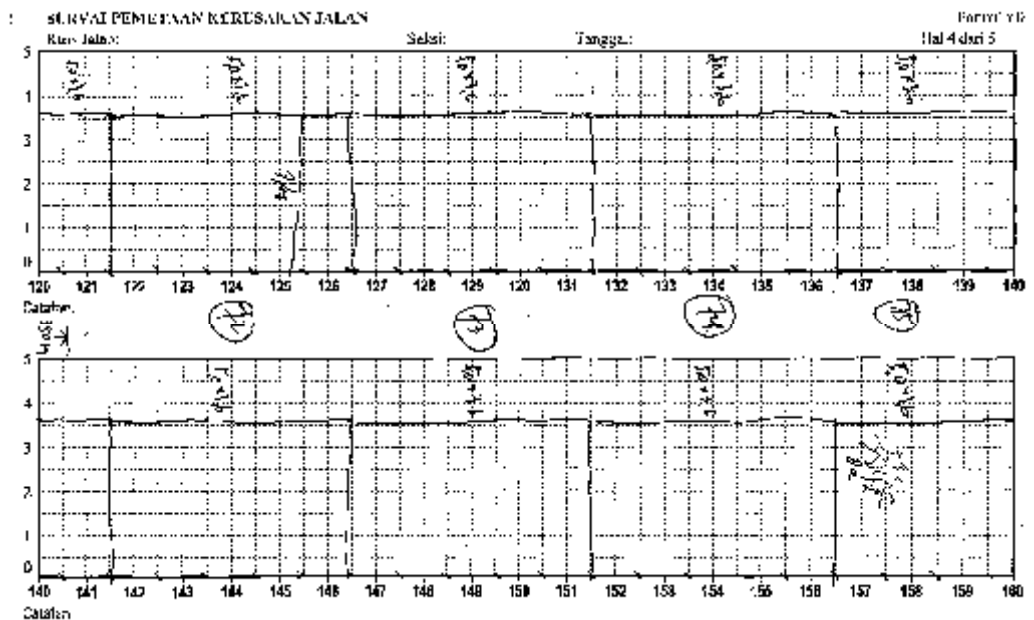
Sta/ Km	Edge Defect		Joint Seal Defect				Krsk Tekstur Per mkn				Tambalan			Bahu/ Median				Drainase						
	Kdlm (mm)	Panjan g	kon	pos	Panjang		Je	Pos	Kdlmn (mm)		Luas		Je	Luas		Pos	Le	Je	Kerskn		Ada	Fu ng		
	<15	>15	m	%	disi	si	m	%	nis	si	L	H	m <sup>2</sup>	%	nis	m <sup>2</sup>	%	si	vel	nis	Jns	Ls		si
Rata																		-21	G, Asp			TA		
Min																		-30						
Maks																		0						
Std																		14						
Total																								

### Survei Penilaian Kondisi Perkerasan Jalan Beton Semen

Penilaian kondisi jalan beton semen dilakukan setelah dievaluasi dan dipilih terhadap seluruh lokasi jalan beton semen yang diperkirakan termasuk kategori lalu lintas rendah.

Hasil penilaian kondisi secara tipikal ditunjukkan dalam Tabel 7. Dalam menginventarisir kondisi perkerasan beton semen, dilakukan pula pemetaan (*mapping*)

pada setiap segmen atau pelat beton. Tipikal pencatatan pola kerusakan ditunjukkan menggunakan pola dari *Strategic Highway Research Program* (SHRP, 1993) pada Gambar 7. Gambar dalam pemetaan akan banyak membantu dalam mengidentifikasi pola kerusakan secara visual. Di samping itu, peta kerusakan jalan dapat digunakan untuk pengecekan kembali hasil pencatatan di lapangan yang datanya diperkirakan meragukan.



Gambar 7. Contoh Hasil Pemetaan Kondisi Perkerasan Jalan Beton Semen

### PEMBAHASAN ANALISIS KINERJA JALAN BETON SEMEN

#### Jalan Al Fathu, Soreang, Kabupaten Bandung

##### a. Data hasil survei adalah sebagai berikut:

- Lalu lintas tahun 2002 : Bus 102 buah, Truk 950, Tandem 19; LHR = 6814 kend per hari.

- Perkerasan Beton Semen dengan tulangan dibangun tahun 2001. Tebal pelat beton yang ada pada lokasi AF-1 = 22 cm dan AF-2 = 16 cm.
- Bahan dasar di bawah slab beton pada lokasi AF-1 diperkirakan timbunan atau bahan pilihan sirtu dengan nilai CBR 13%. Pada lokasi AF-2 relatif sama dengan AF-1 mempunyai bahan dasar slab beton dengan nilai CBR 30%

diperkirakan mempunyai nilai  $k = 90$  MPa/m;

- $M_R$  beton diambil K-225 (3,8 MPa).
- Tidak menggunakan bahu beton dan ruji pada sambungan.
- UR 20 tahun dan perkembangan lalu lintas 5%

**b. Perhitungan Lalu Lintas**

Faktor distribusi diambil 0,5 sehingga Jumlah Kendaraan Niaga (JKN) =  $0,5 \times$

$1071 = 536$  dan LHR = 3407 kendaraan. Perkerasan yang ada dibangun dua tahun lalu (awal Tahun 2001). Bila perkembangan lalu lintas sekitar 5% per tahun maka JKN pada tahun 2001 saat perkerasan beton semen dibangun =  $536/(1,05)^2 = 487$  kendaraan niaga per hari, dan LHR = 3097 per hari. Berdasarkan kategori sumbu dalam Tabel 1, maka jalan Al Fathu termasuk kategori 2.

**c. Perhitungan tebal perkerasan beton semen (cm)**

No Titik/ Posisi	CBR dan k				Dowel	Bahu/ Kerb Beton	MR = 3,8 MPa				Selisih Tebal (cm)	
	CBR	K	k-gab	Kriteria k			Sub-base (mm)			CV=487 LL Kat- 2	Tebal ada	Selisih
							Sirtu	UTB	CTB			
AF-1	13	65	NA	Tinggi	Tidak	Tidak	385			20,0	23	+ 3
AF-2	30	90	NA	Sangat tinggi	Tidak	Tidak	190			19,0	15	- 4

Titik lainnya tidak diperkeras dengan beton semen.

Pada titik AF-1 diperlukan tebal 20 cm sehingga kelebihan setebal 3 cm.

Pada titik AF-2 diperlukan tebal 19 cm sehingga kekurangan tebal 4 cm.

Tulangan beton yang ada dengan ukuran 16 mm dipasang sekitar 10 cm dari dasar slab dan dianggap sebagai tulangan untuk menahan retak.

**d. Kondisi lapis perkerasan**

Berdasarkan data yang ada, pondasi bawah sangat kuat sehingga tidak diperlukan tambahan pondasi bawah. Kondisi permukaan jalan terdapat retak di sepanjang garis tengah dengan total panjang retakan pada lajur lambat sekitar 55 m dan pada lajur cepat 31 m pada segmen jalan sepanjang kurang lebih 530 meter.

Pada lajur lambat, posisi bahu jalan lebih tinggi sekitar antara 3 cm dan 12 cm dan

pada lajur cepat posisi median lebih rendah rata-rata 21 cm dari pada posisi perkerasan jalan beton semen. Pada lajur cepat tidak terdapat drainase.

**Jalan Bojong Soang – Bale Endah**

**a. Data hasil survai adalah sebagai berikut:**

Data lalu lintas tahun 2002 : JKN = 1942, LHR = 8.221 kend per hari.

- Perkerasan Beton Bersambung tanpa tulangan., tebal 16 dan 20 cm.
- Jalan dibangun tahun 2001.
- Bahan dasar di bawah slab beton pada lokasi BS-M-1 diperkirakan timbunan atau bahan pilihan Subbase sirtu atau pondasi lama yang ada dengan CBR 54 % ( $k = 140$  MPa/m), dan tanah dasar dengan nilai CBR 6% dengan perkiraan nilai  $k = 42$  MPa/m; Pada lokasi BS-M-2 relatif sama dengan BS-M-1 mempunyai bahan dasar slab beton dengan nilai

Kinerja Jalan Beton Semen pada Lalu Lintas  
Bervolume Rendah di Indonesia

- CBR 31% diperkirakan mempunyai nilai  $k = 70 \text{ MPa/m}$ , dan CBR tanah dasar 19% ( $K = 80 \text{ MPa/m}$ )
- MR beton K 225 (3,8 MPa).
  - Tidak menggunakan bahu beton dan ruji pada sambungan.
  - Umur Rencana 20 tahun dan perkembangan lalu lintas 5%.

**b. Perhitungan Lalu Lintas**

Faktor distribusi diambil 0,5 sehingga JKN = 971 dan LHR = 4.110 kend per hari.

Perkerasan yang ada sudah dibangun awal tahun 2001.

Bila perkembangan lalu lintas sekitar 5% per tahun maka JKN pada tahun 2000 sekitar  $971/(1,05)^2 = 880,7256$  kendaraan niaga per hari dan  $LHR = 4110/(1,05)^2 = 3727,8912$  per hari.

Berdasarkan data yang ada, lalu lintas termasuk kategori 2.

**c. Perhitungan tebal perkerasan beton semen (cm)**

No Titik/ Posisi	CBR dan k (MPa)				Dowel	Bahu/ Kerb Beton	MR = 3,8 MPa				Selisih Tebal (cm)	
	CBR	K	k-gab	Kriteria k			Sub-base (mm)			CV=881	Tebal ada	Selisih
							Sirtu	UTB	CTB	LL Kat- 2		
BS-M-1	6	42	49	Sedang	Tidak	Tidak	200			21	16	- 5
BS-M-2	19	80	90	Sangat tinggi	Tidak	Tidak	265			20	20	OK

Dari Tabel 1 terdapat nilai k-gabungan sebagai berikut:

Titik BS-M-1: Sirtu 20 cm,  $k = 42 \text{ MPa}$ , sehingga  $k\text{-gab} = 49 \text{ MPa}$ .

Titik BS-M-2: Sirtu 26,5 cm,  $k = 80 \text{ MPa}$ , sehingga  $k\text{-gab} = 90 \text{ MPa}$ .

Untuk menentukan tebal lapis beton semen, lihat Tabel 6.

Pada titik BS-M-1, diperlukan tebal 21 cm sehingga kekurangan setebal 5 cm.

Pada titik BS-M-2, sesuai dengan perhitungan.

**d. Kondisi lapis perkerasan**

Berdasarkan data yang ada, pondasi bawah relatif cukup kuat sehingga tidak diperlukan tambahan pondasi bawah atau tambahan tebal slab.

Kondisi permukaan jalan terdapat retak di sepanjang garis tengah dengan total panjang retakan pada lajur arah Bale Endah

(Munjul) lambat sekitar 78 m pada segmen jalan sepanjang kurang lebih 165 meter.

Pada kedua lajur, posisi bahu jalan lebih rendah sekitar antara 12 cm dan 18 cm dari pada posisi perkerasan jalan beton semen. Di sepanjang jalur yang ditinjau terdapat drainase yang kurang terurus.

**Jalan Cicalengka – Sawah Bera, Kabupaten Bandung**

**a. Data hasil survai adalah sebagai berikut:**

- Diambil data lalu lintas tahun 2002 :  $JKN = 890 \rightarrow LHR = 5321$  kend/hari.
- Perkerasan Beton Bersambung tanpa tulangan, tebal 19 dan 21 cm. Lapis permukaan masing-masing dilapis dengan Laston masing 5 cm dan Pelaburan aspal 2 cm. Jalan dibangun tahun 2001.

- Bahan dasar di bawah slab beton pada lokasi C-SB-1 diperkirakan timbunan atau bahan pilihan Subbase sirtu atau pondasi lama yang ada dengan CBR 32% ( $k = 95 \text{ MPa/m}$ ), dan tanah dasar dengan nilai CBR 6% ( $41 \text{ MPa/m}$ ); Pada lokasi C-SB-2 relatif sama dengan C-SB-1 mempunyai bahan dasar slab beton dengan nilai CBR 39% ( $k = 125 \text{ MPa/m}$ ) dan tanah dasar CBR = 6,5% ( $K = 45 \text{ MPa/m}$ ).
- $M_R$  beton K 225 (3,8 MPa).
- Tidak menggunakan bahu beton dan ruji pada sambungan.
- Umur Rencana 20 tahun dan perkembangan lalu lintas 5%.

**b. Perhitungan Lalu Lintas**

Faktor distribusi diambil 0,5 sehingga  $JKN = 890$  dan  $LHR = 2660 \text{ kend/hari}$ .

Perkerasan yang ada sudah dibangun awal tahun 2001.

Bila perkembangan lalu lintas sekitar 5% per tahun maka  $JKN$  pada tahun 2000 sekitar  $890/(1,05)^2 = 807$  kendaraan niaga per hari dan  $LHR = 2660/(1,05)^2 = 2413$  per hari.

Berdasarkan data yang ada, lalu lintas termasuk kategori 2.

**c. Perhitungan tebal perkerasan beton semen (cm)**

No Titik/ Posisi	CBR dan k				Dowel	Bahu/ Kerb Beton	MR = 3,8 MPa				Selisih Tebal (cm)	
	CBR	K	k-gab	Kriteria k			Sub-base (mm)			CV=807	Tebal ada	Selisih
							Sirtu	UTB	CTB			
C-SB-1	5,7	41	49	Sedang	Tidak	Tidak	190			21	19	- 2
C-SB-2	6,5	45	70	Sangat tinggi	Tidak	Tidak	570			19	21	+ 2

Dari Tabel 1 terdapat nilai k-gabungan sebagai berikut:  
 Titik C-SB-1: Sirtu 19 cm,  $k = 95 \text{ MPa}$ , sehingga  $k\text{-gab} = 49 \text{ MPa}$ .  
 Titik C-SB-2: Sirtu 57 cm,  $k = 125 \text{ MPa}$ , sehingga  $k\text{-gab} = 70 \text{ MPa}$ .  
 Untuk menentukan tebal di titik C-SB-1 dan titik C-SB-2 lihat Tabel 5.  
 Titik lainnya tidak diperkeras dengan beton semen sehingga tidak dianalisis.  
 Pada titik C-SB-1 diperlukan tebal 19 cm sehingga kekurangan setebal 2 cm.  
 Pada titik C-SB-2 diperlukan tebal 19 cm sehingga kelebihan tebal 2 cm.  
 Tulangan beton yang ada dengan ukuran 16 mm dipasang sekitar 10 cm dari dasar slab dan dianggap sebagai tulangan untuk menahan retak.

**d. Kondisi lapis perkerasan**

Berdasarkan data yang ada, daya dukung tanah dasar relatif rendah, pondasi bawah relatif tipis (C-SB-1) sehingga pada umur 5 tahun terdapat retak melintang dan retak sudut. Pondasi bawah pada posisi C-SB-2 cukup tebal sehingga tidak diperlukan tambahan pondasi bawah atau tambahan tebal slab. Kondisi permukaan jalan terdapat retak di sepanjang garis tengah dengan total panjang retakan pada lajur arah Sawah Bera sekitar 45 m pada segmen jalan sepanjang kurang lebih 150 meter.

Pada kedua lajur, posisi bahu jalan lebih rendah sekitar antara 8 cm dan 16 cm dari pada posisi perkerasan jalan beton semen. Di sepanjang jalur yang ditinjau terdapat drainase yang kurang terurus.

**Jalan Rancaekek - Bojong, Kabupaten Bandung**

**a. Data hasil survai adalah sebagai berikut:**

- Diambil data lalu lintas tahun 2002 : JKN = 1135 → LHR = 6590 kend/ hari.
- Perkerasan Beton Bersambung tanpa tulangan, tebal 16 dan 19 cm.
- Jalan dibangun tahun 2001.
- Bahan dasar di bawah slab beton pada lokasi RE-BM-1 diperkirakan timbunan atau bahan pilihan Subbase sirtu atau pondasi lama yang ada dengan CBR 60% ( $k = 150 \text{ MPa/m}$ ), dan tanah dasar dengan nilai CBR 5% ( $38 \text{ MPa/m}$ ); Pada lokasi RE-BM-2 relatif sama dengan RE-BM-1 mempunyai bahan dasar slab beton dengan nilai CBR 30% ( $k = 90 \text{ MPa/m}$ ) dan tanah dasar CBR = 24% ( $K = 78 \text{ MPa/m}$ ).
- MR beton K 225 (3,8 MPa).

- Tidak menggunakan bahu beton dan ruji pada sambungan.
- Umur Rencana 20 tahun dan perkembangan lalu lintas 5%.

**b. Perhitungan Lalu Lintas**

Faktor distribusi diambil 0,8 sehingga JKN =  $1135 \times 0,8 = 908$  dan LHR =  $6590 \times 0,8 = 5272$  kend per hari.

Perkerasan yang ada sudah dibangun awal tahun 2001.

Bila perkembangan lalu lintas sekitar 5% per tahun maka JKN pada tahun 2000 sekitar  $908/(1,05)^2 = 823$  kendaraan niaga per hari dan LHR =  $5272/(1,05)^2 = 4782$  per hari.

Berdasarkan data yang ada, lalu lintas termasuk kategori 2.

**c. Perhitungan tebal perkerasan beton semen (cm)**

No Titik/ Posisi	CBR dan k				Dowel	Bahu/ Kerb Beton	MR = 3,8 MPa				Selisih Tebal (cm)	
	CBR	K	k-gab	Kriteria k			Sub-base (mm)			CV=823 LL Kat- 2	Tebal ada	Selisih
							Sirtu	UTB	CTB			
RE-BM1	5	38	66	Tinggi	Tidak	Tidak	660			20	16	- 4
RE-BM2	24	78	117	Sangat tinggi	Tidak	Tidak	450			19	19	OK

Dari Tabel 1 terdapat nilai k-gabungan sebagai berikut:

Titik RE-BM-1: Sirtu 66 cm,  $k = 150 \text{ MPa}$ , sehingga  $k\text{-gab} = 66 \text{ MPa}$ .

Titik RE-BM-2: Sirtu 45 cm,  $k = 90 \text{ MPa}$ , sehingga  $k\text{-gab} = 117 \text{ MPa}$ .

Untuk menentukan tebal di titik RE-BM-1 dan titik RE-BM-2 lihat. Titik lainnya tidak diperkeras dengan beton semen sehingga tidak dianalisis.

Pada titik RE-BM-1 diperlukan tebal 20 cm sehingga kekurangan setebal 4 cm.

Pada titik RE-BM-2 sesuai dengan perhitungan

**d. Kondisi lapis perkerasan**

Berdasarkan data yang ada, daya dukung tanah dasar relatif rendah, pondasi bawah relatif tipis (RE-BM-1) sehingga pada umur 5 tahun terdapat retak melintang dan retak sudut. Pondasi bawah pada posisi RE-BM-2 cukup tebal sehingga tidak diperlukan tambahan pondasi bawah atau tambahan tebal slab.

Kondisi permukaan jalan terdapat retak di sepanjang garis tengah dengan total panjang retakan pada lajur arah Sawah

Bera sekitar 45 m pada segmen jalan sepanjang kurang lebih 150 meter.

Pada kedua lajur, posisi bahu jalan lebih rendah sekitar antara 8 cm dan 16 cm dari pada posisi perkerasan jalan beton semen. Di sepanjang jalur yang ditinjau terdapat drainase yang kurang terurus.

**Jalan Cipamokolan – Solokan Jeruk, Kabupaten Bandung**

**a. Data hasil survai adalah sebagai berikut:**

- Diambil data lalu lintas tahun 2002 : JKN = 513 → LHR = 4199 kend/hari.
- Lokasi ini belum dipasang perkerasan beton semen, namun direncanakan akan diperkeras dengan perkerasan beton semen pada tahun; Nilai CBR pada lapis permukaan lama yang diambil dari dua titik masing-masing sebesar 41% dan 30%, sedangkan tanah dasar yang mewakili seluruh segman jalan skitar 10% (K = 52 MPa).

**b. Perhitungan Lalu Lintas**

Faktor distribusi diambil 1,0 sehingga JKN = 513 dan LHR = 4199 kend per hari.

Bila perkembangan lalu lintas sekitar 5% per tahun maka JKN pada tahun 2005 (pada saat akan dibangun) menjadi sekitar  $513 \times (1,05)^2 = 566$  kendaraan niaga per hari dan  $LHR = 4199 \times (1,05)^2 = 4629$  per hari.

Berdasarkan data yang ada, lalu lintas termasuk kategori 1.

**c. Perhitungan tebal perkerasan beton semen (cm)**

Bila dirancang pembuatan perkerasan beton semen pada tahun 2005 dengan data berikut:

- $M_R$  beton K 225 (3,8 MPa).
- Tidak menggunakan bahu beton dan ruji pada sambungan.
- Umur Rencana 20 tahun dan perkembangan lalu lintas 5%,

No Titik/ Posisi	CBR dan k				Dowel	Bahu/ Kerb Beton	MR = 3,8 MPa				Selisih Tebal (cm)	
	CBR	K	k-gab	Kriteria k			Sub-base (mm)			CV= 566	Tebal ada	Selisih
							Sirtu	UTB	CTB			
1	10	52	67	Tinggi	ya	Tidak	270			20	0	

Dari Tabel 1 terdapat nilai k-gabungan sebagai berikut:

Titik C-SJ: Sirtu 27 cm, k = 88 MPa, sehingga k-gab = 67 MPa.

Berdasarkan ketentuan dalam Tabel 5 diperlukan tebal beton semen 20 cm.

**Jalan Parakan Panjang – Lbk Wangi, Kabupaten Bogor**

**a. Data hasil survai**

- Diambil data lalu lintas tahun 2002 : JKN = 1551 → LHR = 2662 kend per hari.
- Pada saat survai, lokasi ini belum dipasang perkerasan beton semen, namun direncanakan akan diperkeras beton semen pada tahun 2004;
- Lokasi ini belum dilakukan survey penyelidikan tanah;

## b. Perhitungan

Faktor distribusi lalu lintas diambil 0,8 sehingga  $JKN = 1551 \times 0,8 = 1241$  dan  $LHR = 2662 \times 0,8 = 2130$  kend per hari.

Bila perkembangan lalu lintas sekitar 5% per tahun maka JKN pada tahun 2004 (pada saat akan dibangun) menjadi sekitar  $1241 \times (1,05)^2 = 1368$  kendaraan niaga per hari dan  $LHR = 2130 \times (1,05)^2 = 2348$  per hari.

Berdasarkan data yang ada, lalu lintas termasuk kategori lalu lintas berat sehingga harus dirancang berdasarkan lalu lintas berat.

## KESIMPULAN

Hasil analisis perhitungan lalu lintas terhadap 5 ruas jalan yang disurvei, termasuk lalu lintas berat.

Hasil survei pengambilan contoh inti di 4 lokasi perkerasan beton semen menunjukkan bahwa dua lokasi (Jalan Al-Fathu dan ruas jalan Cicalengka-Sawah Bera) menggunakan beton semen bersambung dengan tulangan yang dipasang dengan jarak sekitar 10 cm dari dasar slab. Bila faktor lingkungan tidak berpengaruh banyak, metoda CCI tidak menganjurkan penggunaan tulangan untuk perkerasan jalan beton semen.

Dari analisis tebal perkerasan pada seluruh jalan yang diuji, pada umumnya hanya kekurangan atau kelebihan antara 1 cm dan 2 cm dari perencanaan yang digunakan oleh pemerintah daerah setempat. Lokasi lainnya sesuai dengan perhitungan kekurangan tebal antara 4 dan 5 cm.

Dari hasil penilaian kondisi perkerasan beton semen untuk seluruh lokasi dalam 5 tahun terakhir, pada umumnya menunjukkan kinerja yang bervariasi. Di beberapa tempat menunjukkan sejumlah retak melintang, retak sudut, spaling dan ambles akibat tidak adanya sokongan pada bahu jalan, serta akibat drainase yang tidak terurus.

Berdasarkan kinerja terhadap perkerasan yang ada pada lokasi volume lalu lintas rendah yang sudah berumur 4 tahun lebih, maka metoda CCI relatif mendekati perencanaan yang sudah terpasang sehingga metoda CCI lebih sederhana, mudah dan efektif digunakan sebagai pedoman perhitungan tebal perkerasan beton semen untuk lalu lintas rendah di Indonesia.

## DAFTAR PUSTAKA

AASHTO (1993). *Guide for Design of Pavement Structures*. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D.C. 20001.

Anas Aly, Moch dkk (1992). *Common Mistake on Rigid Pavement Construction*. The Training Course on Road Pavement for Tropical Countries. Research Institute for Roads. Indonesia, February-March 1992.

Anas Aly, Moch dkk (1992). *Life Cycle Cost of Rigid Pavement and Flexible Pavement*. The Training Course on Road Pavement for Tropical Countries. Research Institute for Roads. Indonesia, February-March 1992.

Austroroads (1992). *Pavement Design: A Guide to The Structural Design of Road Pavements*. Sydney. 1992.

Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum (1989). *Konsep Tata Cara Perencanaan Perkerasan Beton semen*. Bina Marga – Pusat Litbang Jalan.

Cement & Concrete Institute.(2000). *Low-Volume Concrete Roads*. Bryan Perrie. Publish by CCI. South Africa.

CPCA (Undated). *Thickness Design For Concrete Highway and Street Pavements*. Canadian Edition/Metric.

Gandhi Harahap, Ir, MSc (2002). *Kumpulan Makalah Tahun 2001-2002*.

Lanneke T. dkk (1992). *Introduction of Implementing Concrete Pavement (In Indonesia)*. The Training Course on Road

Pavement for Tropical Countries. Research Institute for Roads. Indonesia, February-March 1992. Jakarta.

Pusat Litbang Prasarana Transportasi (2002). Laporan Pengkajian Perencanaan Beton Semen di Indonesia.

SHRP (1993). *Distress Identification Manual for the Long-Term Pavement Performance Project*. Strategic Highway Research Program (SHRP), SHRP-P-338. Washington, DC.