

Perencanaan Tebal Lapis Perkerasan Kaku Pada Underpass Cibubur Dengan Metode Bina Marga Dan NAASRA

M. Fakhruriza Pradana¹, Rindu Twidi Bethary², Shally Ice Veronica³

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Jl. Jenderal Sudirman km. 03 Cilegon, Banten

e-mail: mfakhruriza@untirta.ac.id,

Abstrak

Jalan Trans Yogie, Cibubur sering mengalami kemacetan yang padat maka pemerintah berencana membangun *underpass* di daerah Cibubur untuk mengantisipasi kemacetan. Perkerasan jalan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah perkerasan kaku (*rigid pavement*) yaitu perkerasan struktur yang terdiri dari plat beton semen yang bersambung (tidak menerus), atau menerus, tanpa atau dengan tulangan terletak diatas lapis pondasi bawah, tanpa atau dengan lapisan aspal sebagai lapis permukaan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tebal lapis perkerasan kaku yang dibutuhkan, mengetahui perbedaan hasil perhitungan tebal lapis perkerasan kaku dengan metode Bina Marga Pd T-14-2003 dan metode *National Associations of Australian State Road Authorities* (NAASRA) 1987 dan mengetahui biaya pembangunan perkerasan kaku pada Underpass Cibubur. Pengumpulan data dilakukan melalui survey data lalu lintas harian pada jalur tersebut dan nilai CBR dari Kementerian Pekerjaan Umum. Data yang didapat digunakan untuk menghitung tebal perkerasan kaku dengan metode Bina Marga 2003 dan NAASRA 1987. Berdasarkan dari hasil perhitungan didapat tebal perkerasan kaku pada Bina Marga 2003 adalah 24 cm dengan biaya Rp. 1.360.097.000,00 dan tulangan berdiameter 16 mm dengan jarak 500 mm. Sedangkan NAASRA 1987 adalah 22 cm dengan biaya Rp. 1.269.563.000,00 dan tulangan berdiameter 16 mm dengan jarak 500 mm.

Kata kunci : *Underpass*, perkerasan kaku, Bina Marga 2003, NAASRA 1987

Abstract

Trans Yogi, Cibubur often tends to be congested, the government plans to build an underpass at Cibubur for traffic. Pavement will be used in this research as rigid pavement structure consisting of cement concrete slab continuous (not continuous), or continuously, without or with reinforcement located above the subbase layer, without or with a layer of asphalt surface layer. The purpose of this study was to determine the layer thickness required for rigid pavement, knowing the difference calculation results with the rigid pavement layer thickness method of Bina Marga Pd T-14-2003 and methods of the National Association of Australian State Road Authorities (NAASRA) 1987 and find out the cost of pavement construction rigid on Underpass Cibubur.

The data was collected through a survey of data daily traffic on the pathway and the CBR value of Ministry of Public Work. The data were used to calculate the rigid pavement thickness by the method of Bina Marga 2003 and NAASRA 1987. Based on the results of the calculation of rigid pavement thickness Bina Marga 2003 is 24 cm at a cost Rp. 1,360,097,000.00 and reinforcement diameter 16 mm with a distance of 500 mm. While NAASRA 1987 is 22 cm at a cost of Rp. 1,269,563,000.00 and reinforcement diameter 16 mm with a distance of 500 mm.

Keywords : Underpass, rigid pavement, Bina Marga 2003, NAASRA 1987.

1. PENDAHULUAN

Jalan Trans Yogie adalah jalan nasional dengan aktivitas bangkitan dan tarikan yang besar. Hal ini terjadi karena lokasi yang berdekatan dengan pusat perbelanjaan yang padat di daerah Cibubur. Selama ini jalur tersebut merupakan jalur favorit yang digunakan oleh warga Cibubur untuk menuju Jakarta via tol Jagorawi serta sekitar Cibubur Junction, sehingga berdasarkan data dari Dinas Bina Marga Jalan Nasional Metropolitan I Jakarta yang memadati Trans Yogie mencapai 20000 kendaraan per hari sehingga menimbulkan kemacetan sepanjang 3 km. Untuk mengantisipasi kemacetan tersebut dibangunlah Underpass Cibubur.

Penelitian ini akan dilakukan pada ruas jalan dari arah Jakarta menuju Jalan Trans Yogie Alternatif Cibubur sekitar dibawah jalan tol yang akan dibangun Underpass Cibubur untuk memberikan tingkat pelayanan yang lebih baik dan nyaman.

Perkerasan jalan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah perkerasan kaku (*rigid pavement*) yaitu perkerasan struktur yang terdiri dari plat beton semen yang bersambung (tidak menerus), atau menerus, tanpa atau dengan tulangan terletak diatas lapis pondasi bawah, tanpa atau dengan lapisan aspal sebagai lapis permukaan.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka penulis ingin meninjau segi teknis yaitu berapa tebal lapis perkerasan kaku dibutuhkan untuk dapat menahan beban lalu lintas pada Underpass Cibubur.

Tujuan dari penelitian ini adalah Mengetahui tebal lapis perkerasan kaku yang dibutuhkan untuk dapat menahan beban lalu lintas pada Underpass Cibubur dan Mengetahui perbedaan hasil perhitungan tebal lapis perkerasan kaku yang dibutuhkan untuk Underpass Cibubur dengan metode Bina Marga Pd T-14-2003 dan metode *National Associations of Australian State Road Authorities* (NAASRA) 1987, serta Mengetahui biaya pembangunan perkerasan kaku pada Underpass Cibubur.

Manfaat yang didapat dari penelitian ini adalah merencanakan tebal lapis perkerasan kaku dengan metode Bina Marga Pd T-14-2003 dan NAASRA 1987. Dapat memberikan alternatif perhitungan tebal perkerasan kaku pada Underpass Cibubur.

2. METODE PENELITIAN

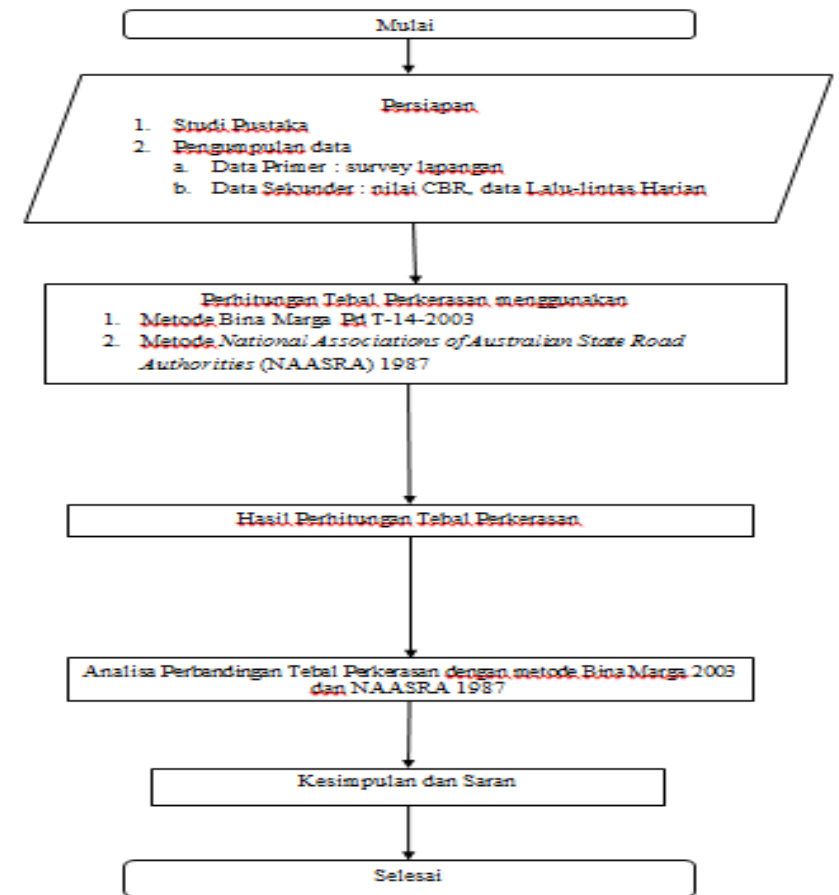
Jenis Dan Cara pengumpulan Data, data yang dibutuhkan pada dasarnya dibagi dalam dua kelompok yaitu data primer dan data sekunder.

a. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh dari pengamatan secara langsung di lapangan berupa pendataan kendaraan yang melintas hingga didapat LHR dari ruas jalan tersebut (pengamatan dilakukan pada hari Senin selama 24 jam).

b. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari instansi yang terkait seperti Dinas Pekerjaan Umum maupun Badan Pusat Statistik Provinsi DKI Jakarta. Data sekunder yang dibutuhkan meliputi nilai CBR, pertumbuhan lalu lintas, nilai harga satuan pekerjaan dan nilai koefisien satuan upah, bahan, dan alat.



Gambar 1. Alur Penelitian
(Sumber : Hasil Analisa, 2013)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data lalu lintas harian rata-rata berdasarkan survei lapangan yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

- Mobil Penumpang = 30147 kendaraan/hari
(termasuk mobil pribadi, angkot, pick up, mobil box)
- Bus = 1006 kendaraan/hari
(termasuk bus kecil, bus besar)
- Truk sedang = 1833 kendaraan/hari
- Truk berat = 843 kendaraan/hari
- Truk tandem = 222 kendaraan/hari
- Truk Trailer = 50 kendaraan/hari

3.1 Perhitungan Tebal Perkerasan dengan Metode Bina Marga 2003

Diketahui data yang diperoleh :

CBR tanah dasar = 6 %

Kuat lentur (f_{cf}) → Kuat tekan beton (f'_c) = 35 Mpa → $f_{cf} = K (f'_c)^{0,50} = 0,7 \times (35)^{0,50} = 4,141$ Mpa ≈ 4 Mpa (persamaan 1)

Bahu Jalan = Tidak

Ruji (Dowel) = Ya

Pertumbuhan lalu lintas (i) = 6,43 % per tahun (Lampiran)

Umur rencana (UR) = 40 tahun

Koefisien Distribusi Arah (C) = 0,70

Tabel 1. Jumlah Lajur berdasarkan Lebar Perkerasan dan Koefisien Distribusi (C) Kendaraan Niaga pada Lajur Rencana

Lebar Perkerasan Jalan (L_p)	Jumlah Lajur (n_l)	Koefisien Distribusi	
		1 arah	2 arah
$L_p < 5,50$ M	1 lajur	1	1
$5,50 \text{ m} \leq L_p < 8,25$ m	2 lajur	0,70	0,50
$8,25 \text{ m} \leq L_p < 11,25$ m	3 lajur	0,50	0,475
$11,23 \text{ m} \leq L_p < 15,00$ m	4 lajur	-	0,45
$15,00 \text{ m} \leq L_p < 18,75$ m	5 lajur	-	0,425
$18,75 \text{ m} \leq L_p < 22,00$ m	6 lajur	-	0,40

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, Pd-T-14-2003)

Faktor Keamanan Beban = 1,2

(berdasarkan Tabel 7)

Tabel 2. Faktor Keamanan Beban (F_{KB})

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 rute 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 : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, Pd-T-14-2003)

Penyelesaian :

1) Analisis Lalu Lintas

Perencanaan Tebal Lapis Perkerasan Kaku Pada Underpass Cibubur Dengan Metode Bina Marga Dan NAASRA

Tabel 3. Perhitungan Jumlah Sumbu berdasarkan Jenis dan Bebannya

Jenis Kendaraan	Konfigurasi Beban Sumbu (ton)				Jml Kend (bh)	Jml per Kend (bh)	Jml Sumbu (bh)	STRT		STRG		STdRG	
	RD	RB	RGD	RGB				BS (ton)	JS (ton)	BS (ton)	JS (ton)	BS (ton)	JS (ton)
1	2				3	4	5	6	7	8	9	10	11
Mobil Penumpang	1	1	-	-	30147	-	-	-	-	-	-	-	-
Bus	3	5	-	-	1006	2	2012	3	1006	5	1006	-	-
Truk Sedang	2	4	-	-	1833	2	3666	2	1833	-	-	-	-
Truk Berat	5	8	-	-	843	2	1686	5	843	8	843	-	-
Truk Tandem	6	14	-	-	222	2	444	6	222	-	-	14	222
Truk Trailer	6	14	5	5	50	4	200	6	50	-	-	14	50
								5	50	-	-	-	-
								5	50	-	-	-	-
Total							8008	5887		1849		272	

Keterangan : RD = Roda Depan, RB = Roda Belakang, RGD = Roda Ganda Depan, RGB = Roda Ganda Belakang
 BS = Beban Sumbu, JS = Jumlah Sumbu, STRT = Sumbu Tunggal Roda Tunggal, STRG = Sumbu Tunggal Roda Ganda, STdRG = Sumbu Tandem Roda Ganda

Sumber : Hasil Analisa, 2013

Jumlah sumbu kendaraan niaga (JSKN) selama umur rencana (40 tahun)

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

$$R = \frac{(1+i)^{UR}-1}{i} = \frac{(1+6,43\%)^{40}-1}{6,43\%}$$

$$= 172,53$$

$$JSKN = 365 \times 8008 \times 172,53$$

$$= 504291388 = 5,04 \times 10^8$$

$$JSKN \text{ rencana} = C \times JSKN$$

$$= 0,7 \times 5,04 \times 10^8$$

$$= 3,53 \times 10^8$$

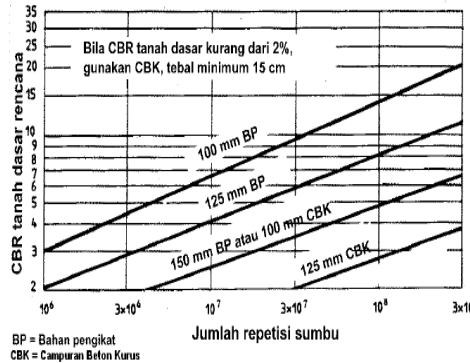
2) Perhitungan Repetisi Sumbu yang Terjadi

Tabel 4. Perhitungan Repetisi Sumbu Rencana

Jenis Sumbu	Beban Sumbu (ton)	Jumlah Sumbu	Proporsi Beban	Proporsi Sumbu	Lalu Lintas Rencana	Repetisi yang Terjadi
1	2	3	4	5	6	7 = 4 x 5 x 6
STRT	6	272	0.0462	0.73514	3.53E+08	1.20E+07
	5	943	0.16018	0.73514	3.53E+08	4.16E+07
	4	1833	0.31136	0.73514	3.53E+08	8.08E+07
	3	1006	0.17089	0.73514	3.53E+08	4.43E+07
	2	1833	0.31136	0.73514	3.53E+08	8.08E+07
Total		5887	1.00			
STRG	8	843	0.45592	0.23089	3.53E+08	3.72E+07
	5	1006	0.54408	0.23089	3.53E+08	4.43E+07
Total		1849	1.00			
STdRG	14	272	1.00	0.03397	3.53E+08	1.20E+07
Total		272	1.00			
Kumulatif						3.53E+08

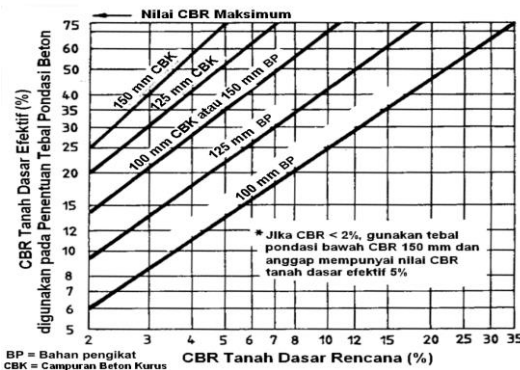
Sumber : Hasil Analisa, 2013

- 3) Perhitungan Tebal Pelat Beton
 Sumber data beban = Hasil survei
 Jenis perkerasan= BBDT dengan ruji
 Jenis bahu = tidak ada
 Umur rencana= 40 tahun
 $JSK = 3,53 \times 10^8$
 Faktor keamanan beban= 1,2 (berdasarkan Tabel 7)
 Kuat tarik lentur beton (f_{ct}) umur 28 hari= 4 MPa
 Jenis dan tebal lapis pondasi = CBK 10 cm (berdasarkan Gambar 3)



Gambar 2. Tebal Pondasi Bawah Minimum Untuk Perkerasan Beton Semen (Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, Pd-T-14-2003)

CBR tanah dasar= 6% (dari hasil data proyek)
 CBR efektif= 41% (berdasarkan Gambar 4)



Gambar 3. CBR Tanah Dasar Efektif dan Tebal Pondasi Bawah (Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, Pd-T-14-2003)

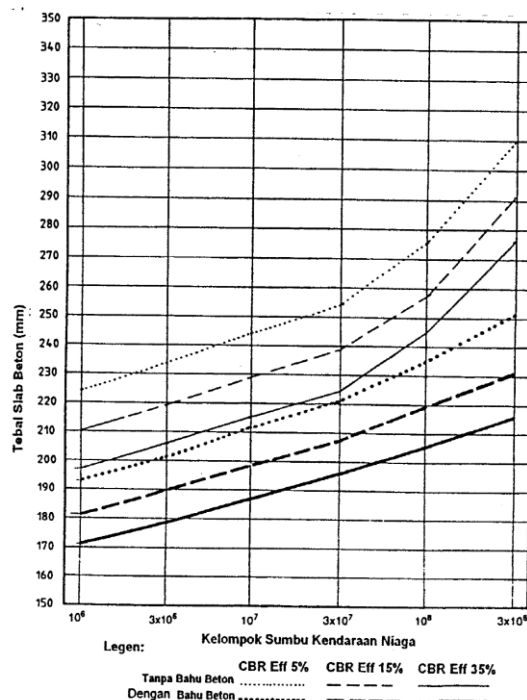
Tebal taksiran pelat beton = 27,8 cm (berdasarkan Gambar 5)

Tabel 5. Perhitungan Analisis Fatik dan Erosi

Jenis Sumbu	Beban Sumbu (kN)	Beban Rencana per Roda (kN)	Repetisi yang terjadi	Faktor Tegangan dan Erosi	Analisa Fatik		Analisa Erosi	
					Repetisi Ijin	Persen Rusak (%)	Repetisi Ijin	Persen Rusak (%)
1	2	3	4	5	6	$7 = \frac{4 \cdot 100}{6}$	8	$9 = \frac{4 \cdot 100}{8}$
STRT	60	36	1.20E+07	TE = 0.708	TT	0	TT	0
	50	30	4.16E+07	FRT = 0.177	TT	0	TT	0
	40	24	8.08E+07	FE = 1.956	TT	0	TT	0
	30	18	4.43E+07		TT	0	TT	0
	20	12	8.08E+07		TT	0	TT	0
STRG	80	24	3.72E+07	TE = 1.150	TT	0	1E+08	37
	50	15	4.43E+07	FRT = 0.288 FE = 2.556	TT	0	TT	0
STdRG	140	21	1.20E+07	TE = 0.970 FRT = 0.243 FE = 2.678	TT	0	1E+08	12
Total					0	% < 100%	49	% < 100%

Keterangan : TE = Tegangan Ekuivalen; FRT = Faktor Erosi Tegangan; FE = Faktor Erosi; TT = Tidak Terbatas

Sumber : Hasil Analisa, 2013



Gambar 4. Grafik Perencanaan Tebal Taksiran Beton, Lalu Lintas Luar Kota, dengan Ruji, FKB = 1,2
(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, Pd-T-14-2003)

Berdasarkan perhitungan didapat tebal tulangan yang paling efisien dengan sistem coba-coba adalah tebal 24 cm = 240 mm
Karena % analisa fatik dan analisa erosi < 100% maka tebal pelat yang digunakan adalah 24 cm.

4) Perhitungan Tulangan

Tebal pelat = 24 cm = 0,24 m

Lebar pelat = 2 x 3,5 m (untuk 2 jalur)

Panjang pelat = 15 m (jarak antar sambungan)

Koefisien gesek antara pelat beton dengan pondasi bawah = 1,0 (berdasarkan Tabel 1)

Kuat tarik ijin baja = 230 Mpa (berdasarkan nilai standar kuat tarik ijin beton ± 230 Mpa)

Berat isi beton = 2400 kg/m³ (berdasarkan nilai standar berat isi beton ± 2400 kg/m³)

Gravitasi = 9,81 m/detik²

a) Tulangan memanjang

$$A_s = \frac{\mu \cdot L \cdot M \cdot g \cdot h}{2 \cdot f_s}$$

$$A_s = \frac{1,0 \times 15 \times 2400 \times 9,81 \times 0,24}{2 \times 230}$$

$$A_s = \frac{84758,4}{460}$$

$$A_s = 184,2574 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$A_s \text{ min} = 0,1\% \times 240 \times 1000 = 240 \text{ mm}^2/\text{m} > A_s \text{ perlu} = 184,2574 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$s = \frac{b \times 1/4\pi \times \phi_{tul}^2}{A_s}$$

$$s = \frac{3500 \times 1/4 \times 3,14 \times 16^2}{184,2574}$$

$$s = 3817,269 \text{ mm}$$

s dipilih = 500 mm

$$A_{s_{pilih}} = \frac{b \times 1/4\pi \times \phi_{tul}^2}{s_{pilih}}$$

$$A_{s_{pilih}} = \frac{3500 \times 1/4 \times 3,14 \times 16^2}{500}$$

$$A_{s_{pilih}} = 1406,72 \text{ mm}^2/\text{m lebar} = 1407 \text{ mm}^2/\text{m lebar}$$

Dipergunakan tulangan diameter 16 mm, jarak 500 mm (berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 halaman 155)

b) Tulangan melintang

$$A_s = \frac{\mu \cdot L \cdot M \cdot g \cdot h}{2 \cdot f_s}$$

$$A_s = \frac{1,0 \times 7 \times 2400 \times 9,81 \times 0,24}{2 \times 230}$$

$$A_s = \frac{39553,92}{460}$$

$$A_s = 85,98678 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$A_s \text{ min} = 0,1\% \times 240 \times 1000 = 240 \text{ mm}^2/\text{m} > A_s \text{ perlu} = 85,98678 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$s = \frac{b \times 1/4\pi \times \phi_{tul}^2}{A_s}$$

$$s = \frac{3500 \times 1/4 \times 3,14 \times 16^2}{85,98678}$$

$$s = 8179,862 \text{ mm}$$

s dipilih = 500 mm

$$A_{s_{pilih}} = \frac{b \times 1/4\pi \times \phi_{tul}^2}{s_{pilih}}$$

$$A_{s_{pilih}} = \frac{3500 \times 1/4 \times 3,14 \times 16^2}{500}$$

$$A_{s_{pilih}} = 1406,72 \text{ mm}^2/\text{m lebar} = 1407 \text{ mm}^2/\text{m lebar}$$

Dipergunakan tulangan diameter 16 mm, jarak 500 mm (berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 halaman 155)

5) Perhitungan Tie Bar

Jarak terkecil antar sambungan = 3 m = 3000 mm

Tebal pelat = 0,24 m = 240 mm

Diameter batang pengikat = 16 mm

Jarak batang pengikat yang digunakan = 75 cm = 750 mm

$A_t = 204 \times b \times h$

$$= 204 \times 3000 \times 240$$

$$= 146880000 \text{ mm}^2$$

$$l = (38,3 \times \phi) + 75$$

$$= (38,3 \times 1,6) + 75$$

$$= 136,28 \text{ cm} = 1362,8 \text{ mm}$$

6) Perhitungan Dowel

Dari perhitungan pelat beton, diperoleh tebal pelat beton = 240 mm. Dari tabel 3, diperoleh diameter ruji = 36 mm, panjang 45 cm, jarak antara ruji 30 cm, untuk tebal pelat beton 240 mm.

3.2. Perhitungan Tebal Perkerasan dengan Metode NAASRA 1987

Diketahui data yang diperoleh :

CBR tanah dasar = 6 %

Koefisien gesek antara pelat beton dengan pondasi (μ) = 1,2 (berdasarkan Tabel 2)

Bahu Jalan = Tidak

Ruji (Dowel) = Ya

Pertumbuhan lalu lintas (i) = 6,43 % per tahun (Lampiran)

Umur rencana (UR) = 40 tahun

Koefisien Distribusi Arah (Cd) = 0,70 (berdasarkan Tabel 11)

Tabel 6. Jumlah Lajur berdasarkan Koefisien Distribusi (C) Kendaraan Niaga pada Lajur Rencana

Jumlah Lajur (n_l)	Koefisien Distribusi	
	1 arah	2 arah
1 lajur	1	1
2 lajur	0,70	0,50
3 lajur	0,50	0,475
4 lajur	-	0,45
5 lajur	-	0,425
6 lajur	-	0,40

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, Pd-T-14-2003)

Faktor Keamanan Beban = 1,1

(berdasarkan Tabel 12)

Tabel 7. Faktor Keamanan Beban (F_{KB})

No	Penggunaan	Nilai F_{KB}
1.	Jalan tol	1,2
2.	Jalan arteri	1,1
3.	Jalan kolektor atau lokal	1,0

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, Pd-T-14-2003)

Penyelesaian :

1) Perhitungan Mutu Beton Rencana

Akan digunakan beton dengan kuat tekan 28 hari sebesar 350 kg/cm².

$f'_c = 350/10,2 = 34,313 \text{ Mpa} \approx 34 \text{ Mpa} > 30 \text{ Mpa}$ (minimum yang disarankan)

dari persamaan 2 :

$$f_r = 0,62 \times \sqrt{f'_c}$$

$$f_r = 0,62 \times \sqrt{34}$$

$$f_r = 3,615 \text{ Mpa} \approx 3,6 \text{ Mpa} > 3,5 \text{ Mpa}$$
 (minimum yang disarankan)

2) Perhitungan Beban Lalu Lintas Rencana

a) Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga

Dari persamaan 5, jumlah sumbu kendaraan niaga :

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

Dari persamaan 6

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

$$R = \frac{(1+0,0643)^{40} - 1}{e_{\log(1+0,0643)}}$$

$$R = 178,02$$

$$R = 178,02$$

$$\text{Maka : JSKN} = 365 \times 8008 \times 178,02 = 520338218,4 \text{ buah} = 5,20 \times 10^8 \text{ buah}$$

Tabel 8. Perhitungan Jumlah Sumbu berdasarkan Jenis dan Bebannya

Jenis Kendaraan	Jumlah			Beban Sumbu (ton)		Konfigurasi Sumbu	
	Kendaraan	Sumbu per kend	Sumbu	Depan	Belakang	Depan	Belakang
1	2	3	4	5	6	7	8
Bus	1006	2	2012	3	5	STRT	STRG
Truk Sedang	1833	2	3666	2	4	STRT	STRG
Truk Berat	843	2	1686	5	8	STRT	STRG
Truk Tandem	222	2	444	6	14	STRT	SGRG
Truk Trailer	50	4	200	6	14	STRT	SGRG
Jumlah	3954		8008				

Sumber : Hasil Analisa, 2013

Dari persamaan 7 dengan $C_d = 0,70$ (berdasarkan Tabel 9) diperoleh harga repetisi kumulatif dari tiap kombinasi konfigurasi / beban sumbu pada lajur rencana seperti ditampilkan pada tabel perhitungan dibawah :

b) Jumlah Repetisi Beban

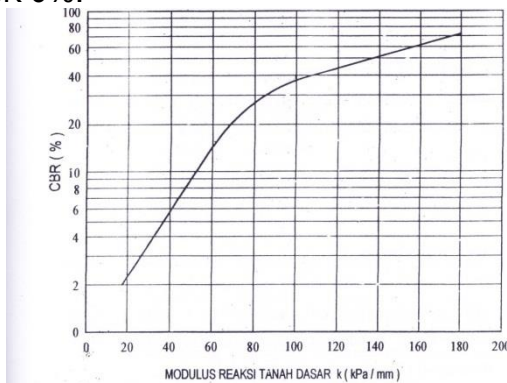
Tabel 9. Perhitungan Repetisi Beban

Konfigurasi Sumbu	Beban Sumbu (ton)	Persentase Konfigurasi Sumbu (%)	Jumlah Repetisi Selama usia Rencana
1	2	3	4
STRT	2	$(1833 : 8008) \times 100 =$	22.89
STRT	3	$(1006 : 8008) \times 100 =$	12.56
STRT	4	$(1833 : 8008) \times 100 =$	22.89
STRT	5	$(843 : 8008) \times 100 =$	10.53
STRG	5	$(1006 : 8008) \times 100 =$	12.56
STRT	6	$(272 : 8008) \times 100 =$	3.40
STRG	8	$(843 : 8008) \times 100 =$	10.53
SGRG	14	$(272 : 8008) \times 100 =$	3.40

Sumber : Hasil Analisa, 2013

3) Perhitungan Kekuatan Tanah Dasar

Dari data tanah, diperoleh nilai CBR = 6%. Dari grafik pada gambar 6 , diperoleh nilai k = 40 kPa/mm untuk CBR 6%.

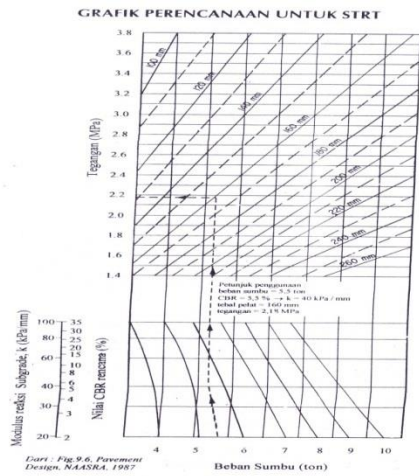


Gambar 5. Korelasi Hubungan antara Nilai (k) dan CBR (Sumber : NAASRA 1987)

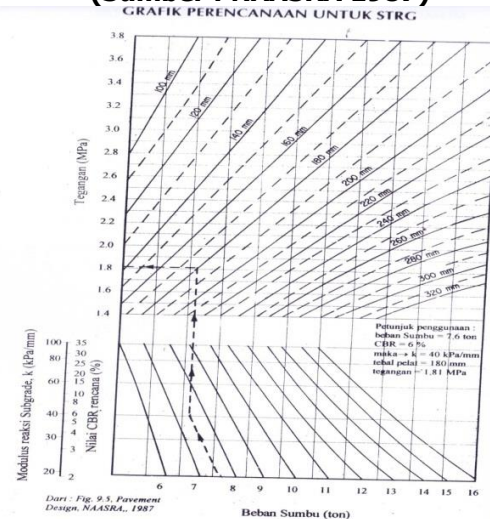
4) Perhitungan Pelat Beton

Perencanaan Tebal Lapis Perkerasan Kaku Pada Underpass Cibubur Dengan Metode Bina Marga Dan NAASRA

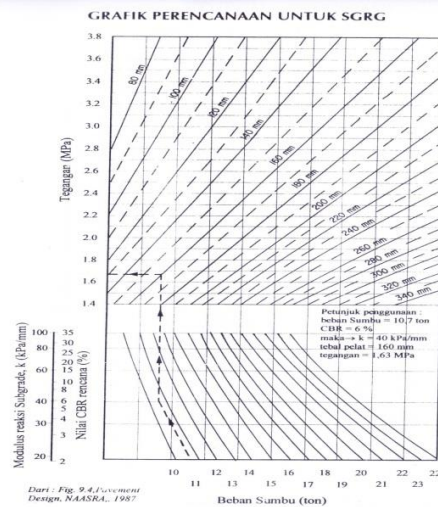
Dengan bantuan grafik pada gambar 7 – 9, diperiksa apakah estimasi tebal pelat cukup atau tidak, dari jumlah persentase fatik yang terjadi (disyaratkan $\leq 100\%$)



Gambar 6. Grafik Perencanaan Untuk STRT (Sumber : NAASRA 1987)



Gambar 7. Grafik Perencanaan Untuk STRG (Sumber : NAASRA 1987)



Gambar 8. Grafik Perencanaan Untuk SGRG (Sumber : NAASRA 1987)

Tabel 10. Perhitungan Analisis Fatik dan Erosi

Koefisien Sumbu	Beban Sumbu (ton)	Beban Rencana FK = 1,1	Repetisi Beban (10 ⁶)	Tegangan yang terjadi (Mpa)	Perbandingan Tegangan	Jumlah Repetisi Beban yang Diijinkan	Persentase Fatik (%)
1	2	3	4	5	6	7	8
STRT	2	2.2	8.33E+09	-	-	-	-
STRT	3	3.3	4.57E+09	-	-	-	-
STRT	4	4.4	8.33E+09	1.4	0.39	-	0
STRT	5	5.5	3.83E+09	1.4	0.39	-	0
STRG	5	5.5	4.57E+09	1.4	0.39	-	0
STRT	6	6.6	1.24E+09	1.58	0.44	-	0
STRG	8	8.8	3.83E+09	1.6	0.44	-	0
SGRG	14	15.4	1.24E+09	1.58	0.44	-	0
Jumlah							0

Sumber : Hasil Analisa, 2013

Berdasarkan perhitungan didapat tebal tulangan yang efisien dengan sistem coba-coba adalah tebal 22 cm = 220 mm, ternyata jumlah fatik 0 < 100%, maka tebal pelat minimal yang harus digunakan = 22 cm.

5) Perhitungan Tulangan

Tebal pelat = 22 cm = 220 mm

Lebar pelat = 2 x 3,5 m (untuk 2 jalur)

Panjang pelat = 15 m (jarak antar sambungan)

Koefisien gesek antara pelat beton dengan pondasi bawah = 1,2 (berdasarkan Tabel 12)

Kuat tarik ijin baja = 230 Mpa (berdasarkan nilai standar kuat tarik ijin beton ± 230 Mpa)

a) Tulangan memanjang

Dari persamaan 9

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

$$A_s = \frac{11,76 (1,2 \cdot 15 \cdot 220)}{230}$$

$$A_s = 202,4765 \text{ mm}^2 / \text{m lebar}$$

Luas tulangan minimum $A_s = 0,14\%$ (SK SNI T-15-1991-03 halaman 155)

$A_{s \text{ min}} = 0,0014 (220) (1000) = 308 \text{ mm}^2 / \text{m lebar}$

$$s = \frac{b \times 1/4 \pi \times \phi_{tul}^2}{A_s}$$

$$s = \frac{3500 \times 1/4 \times 3,14 \times 16^2}{202,4765}$$

$$s = 3473,785 \text{ mm}$$

s dipilih = 500 mm

$$A_{s \text{ pilih}} = \frac{b \times 1/4 \pi \times \phi_{tul}^2}{s_{\text{pilih}}}$$

$$A_{s \text{ pilih}} = \frac{3500 \times 1/4 \times 3,14 \times 16^2}{500}$$

$$A_{s \text{ pilih}} = 1406,72 \text{ mm}^2 / \text{m lebar} = 1407 \text{ mm}^2 / \text{m lebar}$$

Dipergunakan tulangan diameter 16 mm, jarak 500 mm (berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 halaman 155)

b) Tulangan melintang

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

$$A_s = \frac{11,76 (1,2 \cdot 7 \cdot 220)}{230}$$

$$A_s = 94,48904 \text{ mm}^2/\text{m lebar}$$

Luas tulangan minimum $A_s = 0,14\%$ (SK SNI T-15-1991-03 halaman 155)

$A_{s \text{ min}} = 0,0014 (220) (1000) = 308 \text{ mm}^2/\text{m lebar}$

$$s = \frac{b \times 1/4\pi \times \phi_{tul}^2}{A_s}$$

$$s = \frac{3500 \times 1/4 \times 3,14 \times 16^2}{94,48904}$$

$$s = 7443,826 \text{ mm}$$

s dipilih = 500 mm

$$A_{s \text{ pilih}} = \frac{b \times 1/4\pi \times \phi_{tul}^2}{s_{\text{pilih}}}$$

$$A_{s \text{ pilih}} = \frac{3500 \times 1/4 \times 3,14 \times 16^2}{500}$$

$$A_{s \text{ pilih}} = 1406,72 \text{ mm}^2/\text{m lebar} = 1407 \text{ mm}^2/\text{m lebar}$$

Dipergunakan tulangan diameter 16 mm, jarak 500 mm (berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 halaman 155)

6) Perhitungan Tie Bar

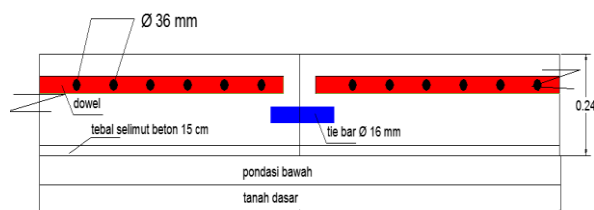
Dari perhitungan pelat beton, diperoleh tebal pelat beton = 22 cm. Dari tabel 4, diperoleh dengan cara interpolasi diameter tie bar = 12 mm, panjang tie bar = 720 mm, jarak spacing antar tie bar = 87 cm untuk tebal pelat beton 22 cm

7) Perhitungan Dowel

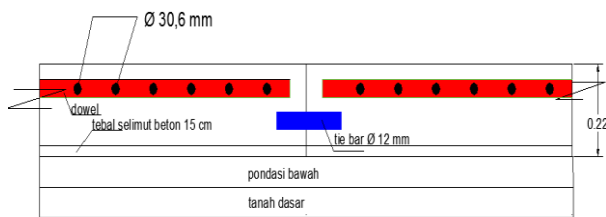
Dari perhitungan pelat beton, diperoleh tebal pelat beton = 22 cm. Dari tabel 5, diperoleh dengan cara interpolasi diameter ruji = 30,6 mm, panjang ruji = 450 mm, jarak ruji = 300 mm untuk tebal pelat beton 22 cm

3.3. Analisis Perbedaan Tebal Perkerasan

Perbedaan tebal perkerasan kaku pada Bina Marga 2003 dan NAASRA 1987 terlihat pada tampak memanjang gambar berikut :



Gambar 9. Tampak Memanjang Tebal Perkerasan dengan Metode Bina Marga 2003 (Sumber : Hasil Analisa, 2013)



Gambar 10. Tampak Memanjang Tebal Perkerasan dengan Metode NAASRA 1987 (Sumber : Hasil Analisa, 2013)

Faktor yang mungkin akan mempengaruhi perbedaan tebal perkerasan diantara dua metode tersebut adalah :

1. Faktor pertumbuhan lalu-lintas yang berbeda sehingga menghasilkan nilai Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN) berbeda dikedua metode tersebut.
2. Berbeda ketentuan pada hasil grafik untuk menentukan tebal tebal perkerasan sementara dengan Sistem coba-coba yang menghasilkan nilai tebal yang berbeda.

3.4. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya

Pada perhitungan RAB pada tugas akhir ini diasumsikan bahwa biaya pekerjaan pada biaya struktur. Dari hasil perhitungan didapat :

Tabel 11. Perhitungan RAB pada metode Bina Marga 2003

No. Divisi	Uraian Pekerjaan	Harga Pekerjaan (Rp.)
1.	Pekerjaan Umum	0,00
2.	Pekerjaan Drainase	0,00
3.	Pekerjaan Tanah	0,00
4.	Pekerjaan Pelebaran Perkerasan dan Bahu Jalan	0,00
5.	Pekerjaan Perkerasan Beton Semen	1.236.452.167,50
6.	Pekerjaan Aspal	0,00
7.	Pekerjaan Struktur	0,00
8.	Pengembalian Kondisi dan Pekerjaan Minor	0,00
9.	Pekerjaan Harian	0,00
10.	Pemeliharaan dan Layanan Pemeliharaan Jalan	0,00
(A)	Jumlah Harga Divisi I s/d Divisi X	1.236.452.167,50
(B)	PPN 10% (B = 10% x A)	123.645.216,75
(C)	Total Harga (C = A + B)	1.360.097.384,25
Jumlah Harga Pekerjaan = Rp. 1.360.097.000,00		

Sumber : Hasil Analisa, 2013

Tabel 12. Perhitungan RAB pada metode NAASRA 1987

No. Divisi	Uraian Pekerjaan	Harga Pekerjaan (Rp.)
1.	Pekerjaan Umum	0,00
2.	Pekerjaan Drainase	0,00
3.	Pekerjaan Tanah	0,00
4.	Pekerjaan Pelebaran Perkerasan dan Bahu Jalan	0,00
5.	Pekerjaan Perkerasan Beton Semen	1.154.148.407,50
6.	Pekerjaan Aspal	0,00
7.	Pekerjaan Struktur	0,00
8.	Pengembalian Kondisi dan Pekerjaan Minor	0,00
9.	Pekerjaan Harian	0,00
10.	Pemeliharaan dan Layanan Pemeliharaan Jalan	0,00
(A)	Jumlah Harga Divisi I s/d Divisi X	1.154.148.407,50
(B)	PPN 10% (B = 10% x A)	115.414.840,75
(C)	Total Harga (C = A + B)	1.269.563.248,25
Jumlah Harga Pekerjaan = Rp. 1.269.563.000,00		

Sumber : Hasil Analisa, 2013

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa :

1. Tebal lapis perkerasan kaku yang dibutuhkan untuk menahan beban lalu lintas pada Underpass Cibubur dengan menggunakan campuran beton kurus setebal 10 cm untuk lapis pondasi bawah, nilai CBR tanah dasar sebesar 6% dan jenis perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan menggunakan metode Bina Marga 2003 sebesar 24 cm dan tulangan berdiameter 16 mm dengan jarak 500 mm. Dan tebal lapis perkerasan kaku yang dibutuhkan dengan menggunakan metode *National Associations of Australian State Road Authorities* (NAASRA) 1987 sebesar 22 cm dan tulangan berdiameter 16 mm dengan jarak 500 mm.
2. Perbedaan tebal perkerasan kaku dipengaruhi faktor pertumbuhan lalu-lintas yang berbeda sehingga menghasilkan nilai Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN) berbeda di kedua metode tersebut dan berbeda ketentuan pada hasil grafik untuk menentukan tebal perkerasan sementara dengan sistem coba-coba yang menghasilkan nilai tebal yang berbeda.
3. Perhitungan biaya untuk perkerasan kaku dengan metode Bina Marga 2003 sebesar Rp. 1.360.097.000,00. Dan biaya untuk perkerasan kaku dengan metode NAASRA 1987 sebesar Rp. 1.269.563.000,00.

4.2. Saran

Saran yang diberikan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dalam penelitian serupa dengan penelitian ini disarankan dalam penarikan grafik pada metode Bina Marga 2003 dan NAASRA 1987 harap teliti karena akan mempengaruhi hasil tebal taksiran beton, dan dalam meletakkan penulangan pada gambar.
2. Jika ada penelitian selanjutnya harap membandingkan dengan berbagai metode menghitung perkerasan jalan lainnya selain dalam penelitian ini.

DAFTAR RUJUKAN

- AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1986*. (1986), Washington D.C: American Association of State Highway and Transportation Officials
- AASHTO Interim Guide for Design of Pavement Structures 1972 2nd ed.* (1974), Washington D.C: American Association of State Highway and Transportation Officials
- ACI 318R-83, Commentary on Building Code Requirements for Reinforced Concrete (ACI 318-83)*. (1983), Detroit, Michigan: American Concrete Institute
- Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia. (1988), *SKBI (Standar Konstruksi Bangunan Indonesia), Petunjuk Perencanaan Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) SKBI.2.3.28.1988, UDC. 625.84(026)*, Jakarta: Author
- Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia. (1991), *Standar Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung SK SNI T-15-1991-03*, Bandung: Yayasan LPMB
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. (2003), *Pedoman Konstruksi dan Bangunan Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen Pd T-14-2003*, Jakarta: Author
- Gunadarma University Library*. April 19, 2012. <http://library.gunadarma.ac.id/15564-43753-1-PB.pdf/>
- Hendarsin L., Shirley. (2000), *Perencanaan Teknik Jalan*, Bandung: Politeknik Negeri Bandung-Jurusan Teknik Sipil
- Hutomo, Rifan Abdi. *Perencanaan Tebal Perkerasan Beserta Anggaran Biayanya Pada Lajur Khusus Bus Trans Pakuan Kota Bogor Koridor Terminal Bubulak-Pool Bus Wisata Baranangsiang*, Jakarta: Tugas Akhir S-1 Jurusan Teknik Sipil Universitas Gunadharma
- Jalan Beton Dan Tulangannya*, Februari 7, 2014. <http://wiryanto.wordpress.com/2010/09/19/jalan-beton-dan-tulangannya/>
- Pavement Design, A Guide to The Structural Design of Road Pavements 1st ed.* (1987), Australia: National Association of Australian State Road Authorities (NAASRA)
- Purnama, Dicky Dian. (2011), *Perencanaan Tebal Lapis Perkerasan Kaku dengan Menggunakan Metode Bina Marga 2003 dan Beam On Elastic Foundation*, Cilegon: Tugas Akhir S-1 Jurusan Teknik Sipil Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
- Suryawan, Ari. (2005), *Pekerjaan Jalan Beton Semen Portland (Rigid Pavement)*, Beta Offset
- White, George R. , Padvoiskis , .Raymond J. (1975), *Principles of Quality Concrete, Portland Cement Association*. New York:
- Yoder, E.J., Witczak, M.W. (1975), *Principles of Pavement Design 2nd ed.* New York: A Wiley-Interscience Publication JOHN WILEY & SONS, INC.