

CBR, MUTU BETON DAN TEBAL LANTAI BETON MINIMUM PADA PERKERASAN KAKU

⁽¹⁾Eri Setia Romadhon

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas

Jayabaya, Jakarta, Indonesia

Email: eriromadhon63@gmail.com

Abstraksi

Perkerasan kaku yang terdiri dari pelat beton dan lapisan pondasi diatas tanah dasar telah banyak digunakan karena keuntungan, ketahanan dan kemudahan dalam pengerjaan Tujuan dari kajian ini adalah untuk mengetahui nilai CBR minimum, mutu beton dan tebal lantai beton minimum yang disyaratkan untuk perkerasan kaku. Dari hasil kajian dapat disimpulkan CBR minimum sebesar 5% mutu beton minimum 30 MPa dan tebal minimum lantai beton sebesar 9,84 in atau 25 cm

Kata kunci: CBR, mutu dan tebal lantai beton minimum, perkerasan kaku

Latar Belakang

Perkerasan kaku yang terdiri dari pelat beton dan lapisan pondasi diatas tanah dasar telah banyak digunakan karena keuntungan, ketahanan dan kemudahan dalam pengerjaan. Perkerasan kaku akan mendistribusikan beban terhadap bidang area tanah yang cukup luas, sehingga bagian terbesar dari kekuatan struktur perkerasan disumbang oleh kekuatan beton, tebal lantai beton dan kekuatan pondasi dasar atau tanah dasar. Hal ini berbeda dengan perkerasan lentur, kekuatan perkerasan lentur disumbang oleh tebal lapisan pondasi bawah, pondasi dan lapis permukaan. Tujuan dari kajian ini adalah untuk mengetahui nilai CBR dari pondasi dasar atau tanah dasar yang masih diperkenankan, kekuatan beton dan, tebal minimum lantai beton untuk beban maksimum kendaraan yang melintas. Dalam kajian ini untuk menghitung tegangan perkerasan kaku dengan cara menghitung tegangan ujung, pinggir dan tengah yang telah dikembangkan oleh Westergaard

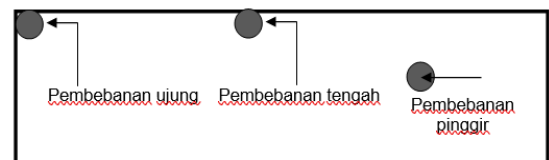
Tegangan Lantai Beton

Tegangan-tegangan yang terjadi pada pelat beton perkerasan kaku adalah :

- Tegangan akibat pembebanan pada roda (lalu lintas) : Pembebanan ujung, Pembebanan pinggir dan Pembebanan tengah
- Tegangan akibat perubahan temperatur dan kadar air. Tegangan ini mengakibatkan: Pengembangan,

Penyusutan, Lipatan atau lentingan (wrap)

- Tegangan akibat timbulnya gejala *pumping*



Beberapa rumus untuk menghitung tegangan ujung, pinggir dan tengah lantai beton di atas tanah menurut hasil kajian Westergaard diberikan sebagai berikut :

Tegangan yang diakibatkan oleh pembebanan ujung (Corner Loading)

$$f_t = \frac{3P}{h^2} \left[1 - \left(\frac{a\sqrt{2}}{L} \right)^{0.6} \right]$$

Dengan :

f_c = Tegangan tarik maksimum di atas permukaan lantai, disebabkan pembebanan ujung (kg/cm²)

P = Beban roda

h = Tebal pelat

L = Jari-jari kekakuan relatif

a = Jari-jari luas kontak roda

$$L = \sqrt[4]{\frac{E_c h^2}{12(1 - \nu^2)k}}$$

E_c = Modulus young dari beton (psi)

k = Modulus reaksi tanah dasar (lb/in³)

ν = Poison rasio = 0,15

Tegangan yang diakibatkan pembebanan pinggir (*Edge Loading*)

$$b = \sqrt{1,6 a^2 + h^2} - 0,625 h$$

$$f_b = 0,572 \frac{P}{h^2} [\log h^3 - 4 \log b - \log k + 5,77]$$

Dengan:

f_b = Tegangan tarik maksimum di bawah permukaan lantai tepat dibawah beban, yang diakibatkan pembebanan pinggir (kg/cm²)

Tegangan yang diakibatkan pembebanan tengah (*Interior Loading*)

$$f_b = 0,316 \frac{P}{h^2} [\log h^3 - 4 \log b - \log k + 6,48]$$

Dengan :

f_b = Tegangan tarik maksimum di bawah permukaan lantai tepat dibawah beban yang diakibatkan pembebanan tengah

Modulus Reaksi tanah dasar

Lantai dianggap bersifat homogin, isotropis dan elastis, lapisan bawah dianggap hanya dapat memberikan reaksi vertical yang besarnya sebanding dengan lurus dengan lenturan yang terjadi. Kekakuan dari tanah dinyatakan dalam bentuk reaksi *subgrade* k lb/in³ yang nilainya bervariasi tergantung jenis tanah dan tingkat kepadatan atau nilai CBR. Penentuan harga reaksi *subgrade* (k) menggunakan tabel di bawah ini hasil penyederhanaan dari monogram dari narasumber.

Tabel 1. Hubungan nilai CBR dan modulus reaksi tanah dasar

CBR	k	Log k
%	lb/in ³	lb/in ³
2	25.00	1.398
4	100.00	2.000
5	120.30	2.080
6	137.50	2.138
8	159.62	2.203
9	173.08	2.238
10	200.00	2.301
15	255.33	2.407
20	300.00	2.477
25	336.11	2.526
30	370.00	2.568
40	425.00	2.628
50	466.67	2.669
60	500.00	2.699
70	534.62	2.728
80	584.62	2.767
90	600.00	2.778

Sumber : Winter, Nilson Perencanaan Struktural Beton Bertulang, hal 280, Erlangga, Jakarta

California Bearing Ratio (CBR), dalam perencanaan perkerasan kaku digunakan untuk penentuan nilai parameter reaksi *subgrade* tanah dasar (*modulus of subgrade reaction : k*). CBR yang umum digunakan di Indonesia berdasar besaran 6% untuk lapis tanah dasar, mengacu pada spesifikasi (versi Kimpraswil/ Departemen Pekerjaan Umum edisi 2004 dan versi Dinas Pekerjaan Umum DKI Jakarta edisi 2004), untuk kajian ini digunakan CBR 5%, 6% dan 8%.

Tebal lantai beton

Tebal lantai beton untuk jalan raya dalam kajian ini yang digunakan adalah dengan ketebalan sebagaimana ada dalam table

Tabel 2. Tebal lantai beton

h	
cm	in
15.00	5.91
20.00	7.87
25.00	9.84
27.00	10.63
30.00	11.81

Modulus Elastis beton dan tegangan tarik ijin

Modulus elastisitas beton merupakan fungsi dari kekuatan tekanya yang dinyatakan dalam bentuk hubungan : $E_c = 57000 \sqrt{f_c'}$ dan kekuatan tarik beton menurut Nawy berkisar antara $0,1 f_c' \leq f_t \leq 0,2 f_c'$, dengan :

E_c = Modulus elastisitas beton (psi)

f_c' = tegangan karakteristik beton (psi)

f_t = tegangan tarik beton (psi)

Tabel 3. Tegangan karakteristik, modulus elastis dan tegangan tarik ijin beton

f_c' Mpa	f_c' psi	E_c psi	$f_t = 10\% f_c'$ psi
30	4,351	3,759,831	435
35	5,076	4,061,082	508
40	5,801	4,341,479	580
45	6,526	4,604,834	653
50	7,252	4,853,921	725
55	7,977	5,090,836	798

Beban maksimum tergantung dari jenis dan tipe kendaraan yang melintasi di jalan, menurut peraturan pembebanan diambil beban maksimum (P) = 10 ton

Tabel 4. Jenis kendaraan dan beban maksimum roda

Jenis kendaraan dan tipe	Beban maksimum ton	Beban gandar maksimum ton	Beban roda maksimum ton
Bus	9.00	5.94	2.97
Truk 1,22	25.00	18.75	9.38
Trailer 1,2+2,2	31.40	8.79	4.40
Trailer 1,2-2	26.20	10.74	5.37
Trailer 1,2-2,2	42.00	11.76	5.88

Sumber : Manual perkerasan jalan dengan alat bekelman beam no.01/MN/BM/83

Kajian CBR, Kekuatan Dan Tebal minimum Lantai Beton

Kajian untuk mencari nilai CBR, kekuatan dan tebal minimum lantai beton yang diijinkan, dengan cara melakukan simulasi perhitungan teggangan yang terjadi di ujung, tepi dan tengah jalan untuk beban maksimum roda sesuai persyaratan pembebanan yang masih diperkenankan sesuai tegangan tarik beton yang diijinkan. Dengan mengetahui tegangan di ujung, tepi

dan tengah jalan akan diketahui tebal minimum lantai beton, mutu beton dan CBR minimujm yang diperkenankan. Simulasi perhitungan dilakukan dengan menggunakan berbagai nilai CBR, kekuatan dan tebal lantai beton sebagaimana disajikan dalam tabel 5 sampai tabel 16

Tegangan akibat pembebanan ujung (Corner loading)

nilai a = 50 cm (bidang kontak roda)

$$\mu = 0,15$$

$$L = \sqrt[4]{\frac{E_c h^2}{12(1 - \nu^2)k}}$$

$$f_t = \frac{3P}{h^2} \left[1 - \left(\frac{a\sqrt{2}}{L} \right)^{0,6} \right]$$

Tabel 5. Tegangan tarik akibat pembebanan ujung untuk CBR 5% dan $f_c' 25$ Mpa

μ	E_c	h^2 in	k Lb/in ³	L in	3P	a in	f_t psi	Syarat psi	
0.15	3,432,241	5.91	120.30	10.95	66,079	19.685	8,399	435	ok
0.15	3,432,241	7.87	120.30	11.76	66,079	19.685	5,679	435	ok

Tabel 6. Tegangan tarik akibat pembebanan ujung untuk CBR 5% dan $f_c' 30$ Mpa

μ	E_c	h^2 in	k Lb/in ³	L in	3P	a in	f_t psi	Syarat psi	
0.15	3,759,831	5.91	120.30	11.20	66,079	19.685	8,133	435	ok
0.15	3,759,831	7.87	120.30	12.04	66,079	19.685	5,488	435	ok

Tabel 7. Tegangan tarik akibat pembebanan ujung untuk CBR 5% dan $f_c' 35$ Mpa

μ	E_c	h^2 in	k Lb/in ³	L in	3P	a in	f_t psi	Syarat psi	
0.15	4,061,082	5.91	120.30	11.42	66,079	19.685	7,911	435	ok
0.15	4,061,082	7.87	120.30	12.27	66,079	19.685	5,328	435	ok

Tabel 8. Tegangan tarik akibat pembebanan ujung untuk CBR 6% dan $f_c' 25$ Mpa

μ	E_c	h^2 in	k Lb/in ³	L in	3P	a in	f_t psi	Syarat psi	
0.15	3,432,241	5.91	137.50	10.59	66,079	19.685	8,796	435	ok
0.15	3,432,241	7.87	137.50	11.38	66,079	19.685	5,964	435	ok

Tabel 9. Tegangan tarik akibat pembebanan ujung untuk CBR 6% dan $f_c' = 30$ Mpa

μ	E_c	$\frac{h^2}{2}$ in	k Lb/in ³	L in	3P	a in	ft psi	Syarat	
0.15	3,759,831	5.91	137.50	10.83	66,079	19.685	-8,525	435	ok
0.15	3,759,831	7.87	137.50	11.64	66,079	19.685	-5,769	435	ok

Tabel 10. Tegangan tarik akibat pembebanan ujung untuk CBR 6% dan $f_c' = 35$ Mpa

μ	E_c	$\frac{h^2}{2}$ in	k Lb/in ³	L in	3P	a in	ft psi	Syarat	
0.15	4,061,082	5.91	137.50	11.04	66,079	19.685	8,298	435	ok
0.15	4,061,082	7.87	137.50	11.87	66,079	19.685	5,606	435	ok

Tegangan akibat pembebanan pinggir (Edge loading)

$$b = \sqrt{1,6 a^2 + h^2} - 0,625 h$$

$$f_b =$$

$$0,572 \frac{P}{h^2} [\log h^3 - 4 \log b - \log k + 5,77]$$

Tabel 11. Tegangan tarik akibat pembebanan pinggir untuk CBR 5%

a in	h in	b	$\log \frac{h^3}{3}$	$\log k$	$4 \log b$	P lb	fb psi	Syarat	
19.685	5.91	21.900	2.980	2.080	3.9720	22,026	974	435	no
19.685	7.87	21.194	3.080	2.080	3.9720	22,026	688	435	no
19.685	9.84	20.623	3.217	2.080	3.9803	22,026	381	435	ok
19.685	10.63	20.430	3.301	2.080	3.9901	22,026	257	435	ok
19.685	11.81	20.177	3.418	2.080	4.0100	22,026	187	435	ok

Tabel 12. Tegangan tarik akibat pembebanan pinggir untuk CBR 6%

a in	h in	b	$\log \frac{h^3}{3}$	$\log k$	$4 \log b$	P lb	fb psi	Syarat	
19.685	5.91	21.900	2.980	2.138	3.9720	22,026	953	435	no
19.685	7.87	21.194	3.080	2.138	3.9720	22,026	557	435	no
19.685	9.84	20.623	3.217	2.138	3.9803	22,026	273	435	ok
19.685	10.63	20.430	3.301	2.138	3.9901	22,026	184	435	ok

19.685	11.81	20.177	3.418	2.138	4.0100	22,026	187	435	ok
--------	-------	--------	-------	-------	--------	--------	-----	-----	----

Tabel 13. Tegangan tarik akibat pembebanan pinggir untuk CBR 8 %

a in	h in	b	$\log \frac{h^3}{3}$	$\log k$	$4 \log b$	P lb	fb psi	Syarat	
19.685	5.91	21.900	2.980	2.203	3.9720	22,026	930	435	no
19.685	7.87	21.194	3.080	2.203	3.9720	22,026	543	435	no
19.685	9.84	20.623	3.217	2.203	3.9803	22,026	365	435	ok
19.685	10.63	20.430	3.301	2.203	3.9901	22,026	321	435	ok
19.685	11.81	20.177	3.418	2.203	4.0100	22,026	269	435	ok

Tegangan akibat pembebanan tengah (Interior loading)

$$b = \sqrt{1,6 a^2 + h^2} - 0,625 h$$

$$f_b =$$

$$0,316 \frac{P}{h^2} [\log h^3 - 4 \log b - \log k + 6,48]$$

Tabel 14. Tegangan tarik akibat pembebanan tengah (Interior loading) untuk CBR 5%

a in	h in	b	$\log \frac{h^3}{3}$	$\log k$	$4 \log b$	P lb	fb psi	Syarat	
19.685	5.91	21.900	2.980	2.080	3.9720	22,026	680	435	no
19.685	7.87	21.194	3.080	2.080	3.9720	22,026	394	435	ok
19.685	9.84	20.623	3.217	2.080	3.9803	22,026	261	435	ok
19.685	10.63	20.430	3.301	2.080	3.9901	22,026	229	435	ok
19.685	11.81	20.177	3.418	2.080	4.0100	22,026	190	435	ok

Tabel 15. Tegangan tarik akibat pembebanan tengah (Interior loading) untuk CBR 6%

a in	h in	b	$\log \frac{h^3}{3}$	$\log k$	$4 \log b$	P lb	fb psi	Syarat	
19.685	5.91	21.900	2.980	2.138	3.9720	22,026	668	435	no
19.685	7.87	21.194	3.080	2.138	3.9720	22,026	387	435	ok
19.685	9.84	20.623	3.217	2.138	3.9803	22,026	257	435	ok
19.685	10.63	20.430	3.301	2.138	3.9901	22,026	225	435	ok
19.685	11.81	20.177	3.418	2.138	4.0100	22,026	187	435	ok

Tabel 16. Tegangan tarik akibat pembebanan tengah (Interior loading) untuk CBR 8%

a in	h in	b	$\log \frac{h^3}{3}$	$\log k$	$4 \log b$	P lb	fb psi	Syarat	
19.685	5.91	21.900	2.980	2.203	3.9720	22,026	656	435	no
19.685	7.87	21.194	3.080	2.203	3.9720	22,026	380	435	ok
19.685	9.84	20.623	3.217	2.203	3.9803	22,026	252	435	ok
19.685	10.63	20.430	3.301	2.203	3.9901	22,026	221	435	ok
19.685	11.81	20.177	3.418	2.203	4.0100	22,026	184	435	ok

Kesimpulan

Dari kajian di atas dapat disimpulkan bahwa :

- 1) Tenggangan yang terjadi di tepi dan tengah jalan tidak ada hubungan langsung dengan mutu beton. Mutu beton berpengaruh pada tegangan yang terjadi di ujung jalan
- 2) Nilai CBR minimum yang masih diperkenankan sebesar 5% mutu beton minimum 30 MPa dan tebal minimum lantai beton sebesar 9,84 in atau 25 cm

Daftar Pustaka

- AASHTO, *American Association of State Highway and Transportation Officials*, Guide for design of pavement structures 1993
- Winter, George; Nilson, Arthur H., (1993), *Perencanaan Struktur Beton Bertulang*, Pradya Paramita, Jakarta.
- Ari Suryawan, *Perkerasan Jalan Beton Semen Portland (Rigid Pavement)*, 2005.
- Departemen Permukiman dan Prasarana wilayah, *Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen*, 2002
- Shirley L. Hendarsin, *Perencanaan Teknik Jalan Raya*, 2000