

PERENCANAAN STRUKTUR PERKERASAN KAKU METODE AASTHO 1993 DAN NAASRA (STUDI KASUS JALAN TANGEN – NGROMBO KABUPATEN SRAGEN)

Sumina

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tunas Pembangunan Surakarta
minasumina33@gmail.com

Kusdiman Joko Priyanto

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tunas Pembangunan Surakarta
kusdiman.joko@lecture.utp.ac.id

Suryo Handoyo

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tunas Pembangunan Surakarta
suryo.handoyo@lecture.utp.ac.id

Abstrak

Perkerasan jalan adalah salah satu unsur konstruksi jalan raya yang sangat penting sebagai kelancaran transportasi darat sehingga dapat memberikan kenyamanan dan keamanan bagi penggunaannya. Perencanaan perkerasan berdasarkan pada standar perencanaan yang berlaku di Indonesia, untuk memperoleh perencanaan perkerasan yang layak dan efisien. Penentuan tebal perkerasan kaku (*Rigid Pavement*) dapat direncanakan dan dihitung dengan banyak metode. Metode yang dilakukan dalam perencanaan tebal perkerasan kaku pada ruas jalan Tangen – Ngrombo dipilih metode AASTHO 1993 (*America Association of State Highway and Transportation Officials 1993*) dan metode NAASRA (*National Association Of Australian State Road Authorities*). Data primer didapatkan berdasarkan hasil penelitian langsung dan data sekunder diperoleh dari DPU Bina Marga Kabupaten Sragen. Setelah dilakukan perhitungan dan didapatkan data Lalulintas Harian Rata-rata (LHR), Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN), CBR tanah dasar dan Curah Hari Hujan maka dalam perhitungan dengan metode AASTHO 1993 didapat tebal *rigid pavement* 250 mm dengan hasil kebutuhan tulangan dowel Ø32 – 300 mm dengan panjang 450 mm, tulangan tie bar Ø13–800 mm dengan panjang 650 mm, hasil perhitungan tulangan memanjang dan melintang sebesar Ø13 – 375 mm. Sedangkan menggunakan metode NAASRA dengan hasil perencanaan tebal rigid pavement 270 mm dengan hasil kebutuhan tulangan dowel Ø32 – 300 mm dengan panjang 450 mm, tulangan tie bar Ø12 – 1200 mm dengan panjang 635 mm, dan kebutuhan tulangan memanjang dan melintang sebesar Ø13 – 350 mm.

Kata Kunci: Rigid Pavement, Metode AASTHO 1993, Metode NAASRA

I. PENDAHULUAN

Jalan merupakan salah satu prasarana transportasi yang sangat dibutuhkan dalam rangka meningkatkan hubungan transportasi

antar daerah. Perkembangan jalan di Indonesia di tandai dengan adanya kemacetan lalu lintas di daerah maju, terutama jalan di daerah yang menjadi jalur alternatif menuju kota besar. Kegiatan

transportasi di jalan menuju daerah dan kota menunjukkan perkembangan yang tidak seimbang, antara kondisi struktur jalan dengan kapasitas pengguna jalan yang menyebabkan jalan mudah rusak. Saat ini, kesejahteraan masyarakat dan pertumbuhan ekonomi nasional terhambat karena banyaknya kerusakan jalan raya, jika kerusakan tersebut dibiarkan terus menerus, maka akan menghambat kegiatan perekonomian dan sektor lainnya.

Secara umum di daerah jalan Tangen – Ngrombo dapat dikatakan sudah tidak memadai, dikarenakan banyak ruas jalan yang mengalami kerusakan seperti, tanah retak dan berlubang yang diakibatkan oleh tanah yang tidak stabil, penambahan aktivitas masyarakat dan kendaraan muatan berat dalam pendistribusian, pemasaran industri, pertanian dan peternakan.

Untuk menunjang kelancaran lalu lintas dan umur rencana yang panjang dan tidak mudah rusak maka perlu dilakukan perencanaan struktur jalan yang sesuai pada ruas jalan Tangen – Ngombo agar tercapai kenyamanan dan kelancaran dalam pemakaian jalan dapat terwujud.

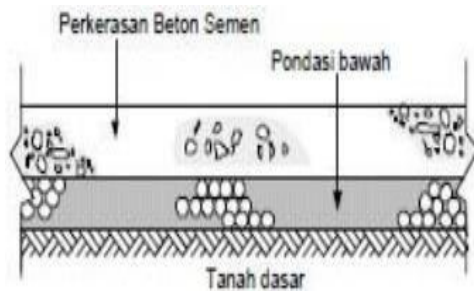
II. LANDASAN TEORI

2.1 Fungsi Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah campuran antara agregat dan bahan ikat yang digunakan untuk melayani beban lalu lintas. Agregat yang dipakai antara lain batu pecah, batu kali, dan hasil samping peleburan baja. Bahan ikat yang dipakai antara lain adalah aspal, semen, dan tanah liat.

Fungsi utama perkerasan adalah menyebarkan beban roda ke area permukaan tanah dasar yang lebih luas dibandingkan luas kontak roda dengan perkerasan. Secara umum, fungsi perkerasan jalan adalah sebagai berikut:

- a. Untuk memberikan struktur yang kuat dalam mendukung beban lalu lintas.
- b. Untuk memberikan permukaan rata bagi pengendara.
- c. Untuk memberikan kekasatan atau tahanan gelincir (*skid resistance*) di permukaan perkerasan.
- d. Untuk mendistribusikan beban kendaraan ke tanah dasar secara memadai, sehingga tanah dasar terlindung dari tekanan yang berlebihan



Sumber: Pedoman Perencanaan Perkerasan Kaku (2002)

Gambar 1. Struktur Perkerasan Kaku

2.2 Faktor Perencanaan Perkerasan Kaku

a. Umur Rancangan

Penentuan periode analisis dipengaruhi oleh kondisi jalan perencanaan.

Penentuan umur rancangan sebagaimana yang ada pada Tabel 1.

Tabel 1. Umur Rencana Perkerasan

Kondisi Jalan Raya	Periode Analisis Umur Rancangan (tahun)
Perkotaan Volume Tinggi	30 - 50
Pedesaan Volume Tinggi	20 - 50
Volume Rendah, Jalan Diperkeras	15 - 25
Volume Rendah, Permukaan Agregat	10 - 20

Sumber: AASTO (1993)

b. Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHRT)

Perhitungan analisis lalu-lintas diperlukan karena berpengaruh terhadap hasil perencanaan perkerasan kaku, perhitungan analisis lalu lintas di dasari oleh perhitungan Lalu-Lintas Harian Rata – Rata Tahunan (LHRT), LHRT adalah volume lalu lintas harian yang di peroleh dari nilai rata-rata jumlah kendaraan selama satu tahun penuh (Sukirman 2010).

Rumus perhitungan

LHRT = Jumlah Lalu-lintas dlm satu tahun dibagi 365

Untuk perhitungan LHRT selama umur perencanaan dapat di hitung dengan rumus:

$$\text{Rumus LHRT}_{\text{umur rencana}} = \text{LHR}_0 (1 + i)^n$$

dimana:

LHR₀ = LHR awal umur rencana

n = umur rencana

i = angka pertumbuhan

Menurut Buku Manual Desain Perkerasan (2017), nilai angka pertumbuhan didapat berdasarkan data-data pertumbuhan series atau formulasi korelasi dengan faktor pertumbuhan lain yang berlaku, jika tidak tersedia data maka Tabel 2 dapat di gunakan.

Tabel 2. Faktor Angka Pertumbuhan Lalu Lintas

Kelas jalan	Provinsi			Rata - rata Indone sia
	Jawa	Sumatera	Kalimantan	
Arteri dan perkota	4,8	4,83	5,14	4,75
Kolektor	3,50	3,50	3,50	3,50
Jalan desa	1,00	1,00	1,00	1,00

c. Lalu Lintas Rencana

Hitung jumlah sumbu kendaraan niaga (JSKN) selama usia rencana.

$$\text{JSKN} = 365 \times \text{JSKNH} \times R,$$

dimana:

JSKN =Jumlah sumbu kendaraan max

JSKNH=Jumlah sumbu kendaraan maksimum harian, pada saat tahun ke 0

R=Faktor pertumbuhan lalu lintas yang besarnya berdasarkan faktor pertumbuhan lalu lintas tahunan (i) dan usia rencana (n) Hitung jumlah repetisi kumulatif tiap kombinasi konfigurasi / beban sumbu pada lajur rencana: JSKN x % kombinasi terhadap JSKNH x Cd,

dimana:

Cd = Koefisien Distribusi (Tabel 3)

Tabel 3. koefisien distribusi kendaraan niaga pada lajur rencana

Jumlah Lajur	Kendaraan	
	1 arah	2 arah
1 lajur	1	1,00
2 lajur	0,70	0,50
3 lajur	0,50	0,475
4 lajur	-	0,45
5 lajur	-	0,425
6 lajur	-	0,4

Sumber: SKBI 2.3.28.1998

Tabel 4. Faktor Keamanan

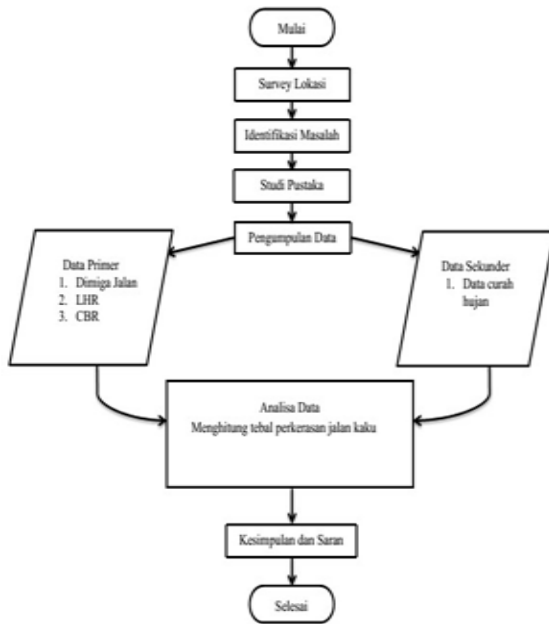
Peranan Jalan	Faktor Keamanan
Jalan Tol	1,2
Jalan Arteri	1,1
Jalan Kolektor /	1,0

Sumber: SKBI 2.3.28.199

d. Daya Dukung Tanah

Daya dukung tanah dasar ditentukan dengan pengujian CBR insitu sesuai dengan SNI 03-1731-1989 atau CBR laboratorium sesuai dengan SNI 03-1744-1989, apabila tanah dasar mempunyai nilai CBR lebih kecil dari 2% maka harus di pasang pondasi bawah yang terbuat dari beton krus (Lean-Mix Concrete) setebal 15 cm yang di anggap mempunyai nilai CBR tanah dasar efektif 5. (Departemen Permukiman Dan Pengembangan Wilayah, 2003).

III. METODE PENELITIAN



Gambar 2. Bagan Alur Penelitian

IV. PEMBAHASAN

Dalam perencanaan perkerasan kaku (*rigid pavement*) pada ruas jalan Tangen – Ngrombo Sragen, analisa dilakukan untuk mendapatkan parameter yang dibutuhkan dalam perencanaan data yang diambil adalah analisa data lalu lintas, analisa data CBR, analisa curah hujan. Berikut data yang terkait dalam perencanaan perkerasan jalan kaku (*ridig pavement*).

Tabel 5. Komposisi Ruas Lalu Lintas (LHRT) 2021

No	Type Kendaraan & Golongan	Jumlah Kendaraan
1	Sedan, jeep, st. wagon	315 Kendaraan
2	Pick-up, combi	240 Kendaraan
3	Truk 2 as (L), micro truck, Mobil Hantaran	166 Kendaraan
4	Bus Kecil	66 Kendaraan
5	Bus Besar	8 Kendaraan
6	Truk 2 as (H)	207 Kendaraan
7	Truc 3 as	83 Kendaraan
8	Trailer 4 as, truck	0 Kendaraan
9	Truck S. Trailer	0 Kendaraan
Jumlah		1085 Kendaraan

Sumber: Data Pribadi

Untuk perhitungan LHRT selama umur perencanaan dapat dihitung dengan rumus:

$$LHRT_{umur\ rencana} = LHR_o (1+i)^n$$

dimana:

LHR_o = LHR awal umur rencana

n = Umur rencana (20 tahun)

i = Angka pertumbuhan

(Tabel 2. yaitu kolektor rural, Nilai I diambil 3,5 %)

Tabel 6. Rencana Pertumbuhan Lalu Lintas Tahun 2041

No	Type Kendaraan & Golongan	LHR Rencana (tahun)	LHRT 2021	L H R T		
1	Sedan, jeep, st. wagon	2	Gol-1	20	315	626
2	Pick-up, combi	3	Gol-2	20	240,12	478
3	Truk 2 as (L), micro truck,	4	Gol-2	20	165,6	330
4	Bus Kecil	5a	Gol-2	20	66,24	132
5	Bus Besar	5b	Gol-9	20	8,28	16
6	Truk 2 as (H)	6	Gol-3	20	207	412
7	Truc 3 as	7a	Gol-4	20	82,8	165
8	Trailer 4 as, truck gandeng	7b	Gol-6	20	0	0
9	Truck Trailer	S. 7c	Gol-8	20	0	0
Jumlah kendaraan				1085	2158	

Sumber: Data Pribadi

IV.1. Perhitungan Tebal Perkerasan Dengan Metode AASTHO 1993

Data perencanaan yang diperoleh CBR

tanah dasar = 5,8%

Daya Dukung Tanah (DDT)

$$= 4,3 \log (CBR) + 1,7$$

$$= 4,3 \log (5,8) + 1,7$$

$$= 4,98$$

Pertumbuhan lalu lintas (i) = 3,5%

pertahun

Umur rencana (UR) = 20 tahun

1. Reliability (R)

Tabel 7. Reliability (R) disarankan

Klasifikasi Jalan	Nilai Reliability (%)	
	Perkotaan	Pedesaan
Jalan Bebas Hambatan	85- 99,9	80 - 99,9
Arteri	80 - 99	75 - 95
Kolektor	80 - 95	75 - 95
Lokal	50 - 80	50 - 80

Sumber: RDE-11 Perencanaan Perkerasan Jalan

2. Standar Normal Deviation (Z_R)

Tabel 8. Standard Normal Deviation (Z_R)

R%	Z _R	R%	Z _R
50	0,000	93	-1,476
60	-0,253	94	-1,555
70	-0,524	95	-1,645
75	-0,674	96	-1,751
80	-0,841	97	-1,881
85	-1,037	98	-2,054
90	-1,282	99	-2,327
91	-1,34	99,9	-3,09
92	-1,405	99,99	-3,75

3. Standar Deviation (S_O)

Tabel 9. Parameter Desain R, Z_R, S_O

No	Parameter	Angka Tengah	Batas Bawah	Batas Atas
1	Reability (R)	85 %	75 %	95 %
2	Standard Normal Deviation (Z _R)	-1,037	-0,674	-1,645
3	Standard Deviation (S _O)	0,35	0,30	0,40

Sumber: Ari Suryawan (2009)

4. Serviceability

Total loss of serviceability: = $P_o - P_t$

Diketahui:

Nilai P_t untuk jalan raya utama = 2,5

Nilai P_t jalan lalu-lintas rendah = 2,0

Initial selviceability rigid pavement = 4,5

Perhitungan = $P_o - P_t = 4,5 - 2,0 = 2,5$

5. Modulus Reaksi Tanah Dasar

Koreksi *Effective modulus of subgrade reaction* menggunakan grafik pada gambar 4.3 dan *factor lossof support (LS)*. Perhitungan:

$MR = 1.500 \times CBR$

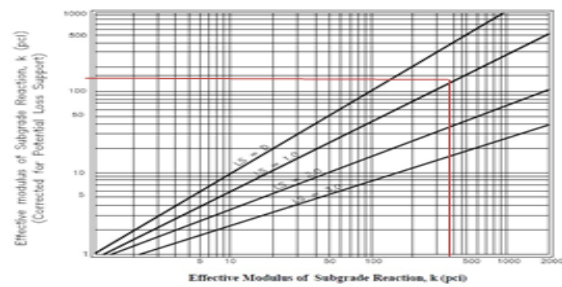
$K = MR/19,4 = 1.500 \times 5,8/19,4 = 448,45 \text{ pci}$

Nilai pendekatan modulus reaksi tanah dasar (k) didapat dari gambar 4.3. Dengan

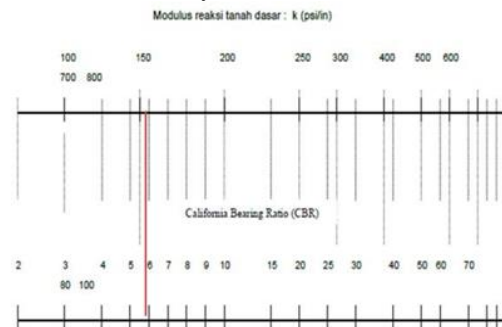
pendekatan hubungan nilai CBR dan k, maka hasil yang didapat adalah nilai CBR = 5,8 dan nilai modulus yang didapat adalah $k = 160 \text{ pci}$

Rigid pavement menggunakan *wet lean concrete* dibawah plat beton tebal 7 cm dengan hasil yang didapat yaitu:

- a. Lapis *sub-base*: Cement Agregate mixture
- b. Loss of support: $LS = 1$



Gambar 3. Koreksi Efektifitas Modulus Reaksi Tanah (Ari Suryawan, 2009)



Gambar 4. Hubungan Antara (k) dan CBR (Ari Suryawan, 2009)

6. Modulus Elastis Beton dan Flexual Strength

Flexural strength

= $45 \text{ kg/cm}^2 = 45 \times 0,084 = 3,78 \text{ MPa}$

$F_r = 0,70 \sqrt{f_c'}$

$3,78 = 0,70 \sqrt{f_c'}$

$f_c' = 29,16 \text{ MPa} = 29,16 : 0,084$

= $347,14 \text{ kg/cm}^2$

Jika ditinjau dengan modulus elastisitas beton di Indonesia pada umumnya menggunakan $f_c' = 350 \text{ kg/cm}^2$, maka: Modulus elastisitas beton: 29,4 Mpa.

$$Fr = 0,70 \sqrt{f_c'} = 0,70 \sqrt{29,4} = 3,79 \text{ MPa}$$

$$= 3,79: 0,084 = 45,12 \text{ kg/cm}^2$$

7. Koefisien Drainase

Tabel 10. Hari hujan pada tahun 2001 – 2020 kabupaten Sragen

No	Tahun	Rata2 curah hujan/tahun (mm)	Hari hujan/tahun (mm)
1	2001	130	105
2	2002	51	79
3	2003	57	88
4	2004	69	102
5	2005	68	102
6	2006	53	69
7	2007	140	95
8	2008	129	77
9	2009	386	104
10	2010	213	125
11	2011	139	95
12	2012	125	99
13	2013	183	157
14	2014	125	137
15	2015	157	127
16	2016	137	194
17	2017	88	149
18	2018	66	116
19	2019	75	116
20	2020	64	127
Rata-rata			113

Sumber: Badan Pusat Statistik

Tabel 11. Koefisien Pengaliran C (Hidrologi, Imam Subarkahi)

Tipe daerah aliran		C
Jalan	Beraspal	0,70 - 0,95
	Beton	0,80 - 0,95
	Batu	0,70 - 0,85

sumber: Ari Suryawan (2009)

Perhitungan:

$$P_{heff} = (T \text{ jam})/24 \times (T \text{ hari})/365 \times W_L \times 100$$

$$= 3/24 \times 113/365 \times 0,125 \times 100$$

$$= 0,48 \% < 1\%$$

Penetapan Variable mutu drainase mengacu pada tabel 12 dengan keadaan lingkungan pada kabupaten Sragen dapat disimpulkan bahwa, rata-rata hujan selama 3 jam/hari dan jarang

sekali terjadi hujan terus menerus selama 1 minggu. Maka *quality of drainage* didapat yaitu *Good – Fair*.

Tabel 12. *Quality of drainage*

Quality of drainage	Water removed within
Excellent	2 jam
Good	1 hari
Fair	1 minggu
Poor	1 bulan
Very poor	air tidak terbebaskan

Sumber: Ari Suryawan (2009)

Tabel 13. Drainage Coefficient (Cd)

Quality of drainage	Percent of time pavement structure is exposed to moisture levels approaching			
	< 1%	1 - 5%	5 - 25%	> 25%
Excellent	1.25 - 1.20	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10
Good	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00
Fair	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90
Poor	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80
Very poor	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.70

Sumber: RDE-11 Perencanaan Perkerasan Jalan (2005)

Dari dua variable yang didapat antara *Good* dan *Fair* maka angka yang mewakili koefisien *drainase* (Cd) adalah 1.15.

8. Load Transfer

Tabel 14. Koefisien *Load Transfer*

Pavement Type	Nilai J
Plain jointed and jointed reinforced overlay design	2,5 - 3,1
	2,2 - 2,6

Sumber: Ari Suryawan (2009)

Tabel 15. Koefisien Transfer Beban (J)

Bahu Jalan	Aspal		Pelat Beton Semen Portland Terikat	
	Ya	Tidak	Ya	Tidak
Alat ransfer Beban				
Tipe Perkerasan				
1. Perkerasan beton Tak Bertulang Bersambung (JPCP) dan Bertulang Bersambung (JRCP) Bertulang	3,2	3,98 - 4,4	2,5 - 3,1	3,6 - 4,2
2. Perkerasan Beton Bertulang Kontinyu (CRCP)	2,9 - 3,2	Tidak Ada	2,3 - 2,9	Tidak Ada

Sumber: AASTHO (1993)

Dari dua Variable pada tabel 15 nilai interval yang didapat antara *plain jointed* and *jointed reinforced* dengan *overlay desigen* adalah $J = 2,55$.

9. Penentuan Tebal Pelat Beton dengan Parameter ESAL

Faktor distribusi arah dan faktor distribusi lajur diambil acuan dari AASTHO 1993, dengan faktor distribusi arah: $DD = 0,30 - 0,70$ dan umum nya di ambil $0,5$. Lalu untuk faktor distribus lajur (DL), Mengacu pada Tabel 16 di bawah ini:

Tabel 16. Faktor Distribusi Lajur (DL)

Jumlah lajur setiap arah	DL (%)
1	100
2	80 - 100
3	60 - 80
4	50 - 75

Sumber: RDE – 11 – Perencanaan Perkerasan Jalan (2005)

Perhitungan distribusi arah dan lajur (C):

Diketahui:

Distribusi lajur (DD) = $0,5$

Distribusi arah (DL) = $80\% - 100\%$

= 90% (diambil nilai tengah)

Perhitungan :

$C = DD \times DL = 0,5 \times 90\% = 0,45$

dengan perhitungan ESAL adalah lalu lintas kumulatif, secara numerik lalu - lintas kumulatif dapat di rumuskan sebagai berikut :

$$W_t = W_{18} \times \frac{(1+g)^n - 1}{g}$$

dimana:

W : Jumlah beban gandar tunggal standar kumulatif

W_{18} : Beban gandar standar kumulatif selama 1 tahun

n : Umur pelayanan atau umur rencana UR (tahun)

g : Perkembangan lalu – lintas %

dimana:

W_{18} : Traffic design pada lajur lalu lintas , Equivalent Single Axle Load (ESAL)

LHRj : Jumlah lalu lintas harian rata – rata 2 arah untuk kendaraan j

VDFj : Vehicle Damage Factor untuk jenis kendaraan j

DD : Faktor distribusi arah

DL : Faktor distribusi lajur

N1 : Lalu lintas pada tahun pertama di buka

Maka, didapatkan nilai ESAL kumulatif pada tahun rencana selama 20 tahun sebesar $24.001.710,04$.

10. Perhitungan Tebal Pelat

Perhitungan tebal pelat pada metode AASHTO 1993 , menggunakan rumus persamaan dibawah ini , dan untuk hasil perhitungan di ringkas pada tabel 4.14.

$$\log_{10} W_{18} = Z_R S_o + 7,35 \log_{10}(D + 1) - 0,06$$

$$+ \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4,5 - 1,5} \right]}{1 + \frac{1,624 \times 10^7}{(D+1)^{8,46}}} + (4,22 - 0,32P_i) \times$$

$$\log_{10} \frac{S'_c C_d x [D^{0,75} - 1,132]}{215,63 \times j \times [D^{0,75} - \frac{18,42}{(E_c : K)^{0,25}}]}$$

dimana:

W_{18} : Traffic design , Equivalent Single Axle Load (ESAL)

Z_R : Standar normal deviasi

S_o : Standar deviasi

D : Tebal pelat beton (inches)

: Serviceability loss = $P_o - P_t$

P_o : Initial serviceability

P_t : Terminal serviceability

S'_c : Modulus of rupture (psi)

C_d : Drainage coefficient

E_c : Modulus elastisitas (psi)

K : Modulus reaksi tanah dasar (psi)

11. Parameter Desain Perhitungan Tebal Plat Beton

Dengan Perhitunagn ESAL diatas maka dapat disimpulkan ketebalan plat jalan rigid pavement dengan lalu lintas ESAL sebesar 24.000.000 maka tebal plat yang disarankan 25 cm (Tabel 17)

Tabel 17. Tebal Pelat Beton Berdasarkan Parameter Desai

No.	Traffic Design (ESAL)	Tebal Pelat Beton (cm)
1	30.000.000	25
2	40.000.000	26
3	50.000.000	27
4	60.000.000	28
5	70.000.000	29
6	80.000.000	29
7	90.000.000	30
8	100.000.000	30
9	110.000.000	31
10	120.000.000	31
11	130.000.000	32
12	140.000.000	32
13	150.000.000	32
14	160.000.000	

Sumber: Perkerasan Jalan Beton Sement Portland, Ari Surywan (2009)

12. Rangkuman Hasil Perhitungan Parameter Desain dan Tebal Plat

Tabel 18. Rangkuman Hasil Perhitungan

No	Parame	Satuan	Desain
1	Umur rencana	Tahun	20
2	Lalu lintas ,ESAL	-	24.000.000
3	Terminal serviceability (pt)	-	2
4	Initial serviceability (po)	-	4,5
5	Serviceability loss	-	2,5
6	Reability (R)	%	85
7	Standard normal deviation (ZR)	-	-1,037
8	Standard deviation (So)	-	0,35
9	CBR	%	5,8
10	Modulus reaksi tanah dasar (k)	pci	448,45
11	Kuat tekan (fc')	kg/cm2	350
12	Modulus elastisitas beton (Ec)	psi	4.020.000
13	Flexural strength(S'c)	psi	640
14	Koefisien drainase (Cd)	-	1,15
15	Koefisien load transfer (J)	-	2,55
16	Tebal rigid pavement (D)	in	9,84
17	Tebal pelat beton (D)	cm	25

Sumber: Data Pribadi

Dari rangkuman diatas bisa disimpulkan secara deskriptif bahwa hasil perhitungan tebal plat rigid pavement untuk kondisi pada ruas jalan Tangen – Ngombo adalah 9,843 inch / 250 mm.

13. Dowel

Tabel 19. Ukuran dan Jarak Batang Dowel (Ruji) Yang Disarankan

No.	Traffic Desain ESAL	Tebal Pelat beton (cm)	Dowel BJTD 40 (polos)		
			Diameter (in)	Panjang min (cm)	Jarak max (cm)
1.	30.000.000	25	1,25	45	30
2.	40.000.000	26	1,25	45	30
3.	50.000.000	27	1,25	45	30
4.	60.000.000	28	1,25	45	30
5.	70.000.000	29	1,25	45	30
6.	80.000.000	29	1,25	45	30
7.	90.000.000	30	1,50	45	30
8.	100.000.000	30	1,50	45	30
9.	110.000.000	31	1,50	45	30
10.	120.000.000	31	1,50	45	30
11.	130.000.000	31	1,50	45	30
12.	140.000.000	32	1,50	45	30
13.	150.000.000	32	1,50	45	30
14.	160.000.000	32	1,50	45	30

Sumber: Perkerasan Jalan Beton Sement Portland, Ari Surywan (2009)

Berdasarkan rekomendasi dowel dan berdasarkan hubungan traffic design dan tebal plat dalam menentukan desain dowel yang dipakai dalam perencanaan perkerasan kaku adalah sebagai berikut:
 Diameter Dowel = 1,25 inch = 32 mm
 Panjang Dowel = 45 cm = 450 mm
 Jarak Dowel = 30 cm = 300 mm

14. Tie Bar

Tabel 20. Ukuran dan Jarak Tie Bar

No	Traffic Desain ESAL	Tebal Pelat beton (cm)	Dowel BJTD 40 (polos)		
			Diameter (in)	Panjang min (cm)	Jarak max (cm)
1.	30.000.00	2	0,5	65	80
2.	40.000.00	2	0,5	65	80
3.	50.000.00	2	0,5	65	70
4.	60.000.00	2	0,5	65	70
5.	70.000.00	2	0,5	65	70
6.	80.000.00	2	0,5	65	70
7.	90.000.00	3	0,5	65	60
8.	100.000.0	3	0,5	65	60
9.	110.000.0	3	0,5	65	60
10.	120.000.0	3	0,5	65	60
11.	130.000.0	3	0,5	65	60
12.	140.000.0	3	0,5	65	60
13.	150.000.0	3	0,5	65	60
14.	160.000.0	3	0,5	65	60

Sumber: Perkerasan Jalan Beton Sement Portland Ari Surywan (2009)

Berdasarkan rekomendasi tie bar dan berdasarkan hubungan traffic design dan tebal plat dalam menentukan desain tie bar yang dipakai dalam perencanaan perkerasan kaku adalah sebagai berikut:

Diameter Tie Bar = 1,5 inch = 13 mm

Panjang Tie Bar = 65 cm = 650 mm

Jarak Tie Bar = 80 cm = 800 mm

15. Tulangan

Tabel 21. Koefisien gesek antara pelat beton dengan lapis dibawahnya

Jenis Pondasi	Faktor Gesekan (F)
Burtu, lapen dan konstruksi sejenisnya	2,2
Aspal beton, lataston	1,8
Stabilisasi kapur	1,8
Stabilisasi aspal	1,8
Stabilisasi semen	1,8
Koral sungai	1,5
Batu pecah	1,5
Sirtu	1,2
Tanah	0,9

Sumber: RDE-11 Perencanaan Perkerasan Jalan (2005)

Perhitungan Tulangan Memanjang
Diketahui:

Tebal Plat : 250 mm

Lebar Plat Beton : 3 m

Panjang Plat Beton : 15 m

Kuat Tarik Baja : 240 Mpa

Faktor Gesekan (F) : 1,8

(Tabel 21) Luas tulangan minimum

As : 0,14 % (SNI 1991)

As minimum = 0,14 % (TebalPelat x 1000)

= 0,0014 (25 x 1000) = 350 mm²

Rumus :

$$AS = \frac{11,76 (F.L.h)}{f_s} = \frac{11,76 (1,8 .15 .250)}{240} = 330,75 \text{ mm}^2 / \text{m lebar}$$

Karena As < As min maka digunakan As min Digunakan tulangan Ø13 – 475 mm

As = 353,7733 mm²

a. Perhitungan Tulangan Melintang

$$AS = \frac{11,76 (F.L.h)}{f_s} = \frac{11,76 (1,8 .3 .250)}{240} = 66,15 \text{ mm}^2 / \text{m lebar}$$

Karena As < As min maka digunakan As min

Digunakan tulangan Ø13 – 375 mm

As = 353,7733 mm²

4.2 Perhitungan Tebal Perkerasan Dengan Metode NAASRA

Data perencanaan yang diperoleh CBR

tanah dasar = 5,8%

Pertumbuhan lalu lintas (i) = 3,5%

Umur rencana = 20 tahun

Faktor Keamanan Beban = 1 (tabel 4)

1. Penentuan Mutu Beton Rencana

Digunakan kuat tekan 350 kg/ cm² dengan umur beton 28 hari.

Perhitungan:

Fc': 350/10,2 = 34 MPa (syarat minimal kuat tekan > 30 MPa)

$f_r = 0,62 \sqrt{f_c'} = 0,62 \sqrt{34} = 3,6 \text{ MPa}$ (syarat minimal kuat lentur $> 3,5 \text{ MPa}$)

2. Perhitungan Beban Lalu Lintas Rencana

a. Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga

Tabel 22. Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga

Jenis Kendaraan	Jumlah			Beban Sumbu		Konfigurasi Sumbu	
	Kendaraan	Sumbu Kendaraan	Sumbu	Depan	Bela kang	Depan	Bela kang
Bus Kecil	66	2	132	2	3	STR T	STR G
Bus Besar	8	2	16	3	5	STR T	STR G
Truk 2 As Kecil	166	2	332	2	4	STR T	STRG

Truk 2 As	207	2	414	5	8	STR T	STR G
Truk 3 As	83	2	166	6	14	STR T	STR G
Jumlah	530		1060				

Sumber: Data Pribadi

Perhitungan:

$$JKSN = 365 \times JSKNH \times R$$

$$R = \frac{(1+i)^n - 1}{\log(1+i)} = \frac{(1+0,035)^{20} - 1}{\log(1+0,035)} = 28,771738789$$

$$JKSN = 365 \times JSKNH \times R$$

$$= 365 \times 1060 \times 28,771738789$$

$$= 11.131.785,7 \text{ buah}$$

2. Jumlah Repetisi Beban

Rumus perhitungan = $JKSN \times \%$

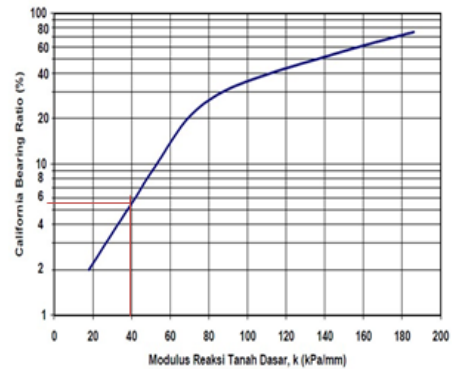
Kombinasi terhadap $JKSNH \times C_d$ (Tabel 3) maka $C_d = 0,50$

Konfigurasi Sumbu	Beban Sumbu (ton)	Presentasi konfigurasi Sumbu (%)	Jumlah Repetisi Selama Usia Rencana
STR T	2	$(66 + 166) : 1060 = 21,887$	$12,18 \times 10^5$
STR T	3	$8 : 1060 = 0,755$	$0,42 \times 10^5$
STR G	3	$66 : 1060 = 6,226$	$3,47 \times 10^5$
STR G	4	$166 : 1060 = 15,660$	$8,72 \times 10^5$
STR T	5	$207 : 1060 = 19,528$	$10,87 \times 10^5$
STR G	5	$8 : 1060 = 0,755$	$0,42 \times 10^5$
STR T	6	$83 : 1060 = 7,830$	$43,58 \times 10^5$
STR G	8	$207 : 1060 = 19,528$	$10,87 \times 10^5$
STR G	14	$83 : 1060 = 7,830$	$43,58 \times 10^5$

3. Perhitungan Kekuatan Tanah Dasar

Dari hasil perhitungan data tanah, diperoleh nilai CBR = 5,8%. Dari grafik pada gambar 4.5

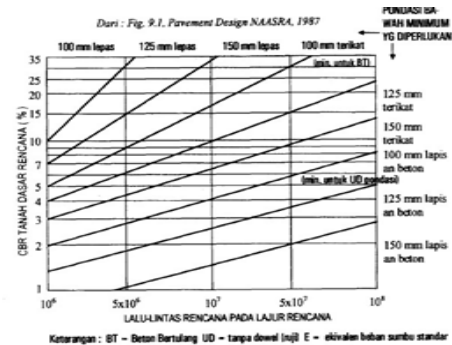
diperoleh modulus reaksi tanah dasar $k = 40 \text{ kPa/mm}$, untuk nilai CBR 5,8%



Gambar 5. Korelasi Hubungan Antara Nilai (k) dan CBR (Sumber : Shirley L. Hendarsin(2000))

4. Lapis Pondasi Bawah

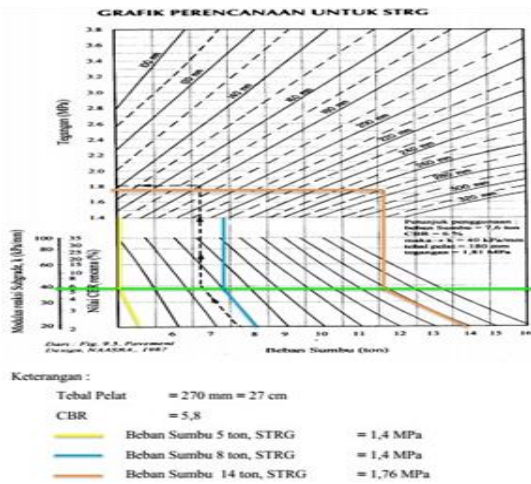
Penentuan lapisan pondasi bawah dilakukan dengan parameter dari grafik gambar 6 dibawah ini dan didapatkan lapis pondasi 100 mm



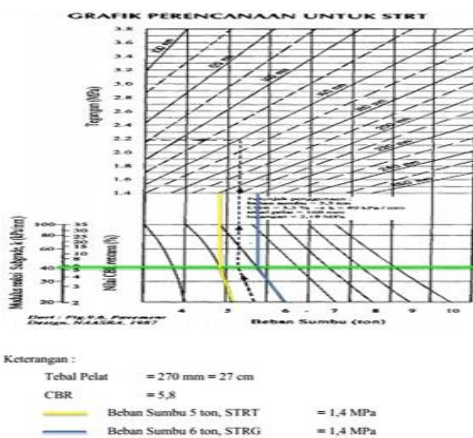
Gambar 6. Grafik Pondasi Bawah Minimum Yang Diperlukan Untuk Perkerasan Kaku (Sumber: Shirley L. Hendarsin (2000))

5. Perhitungan Tebal Pelat Beton

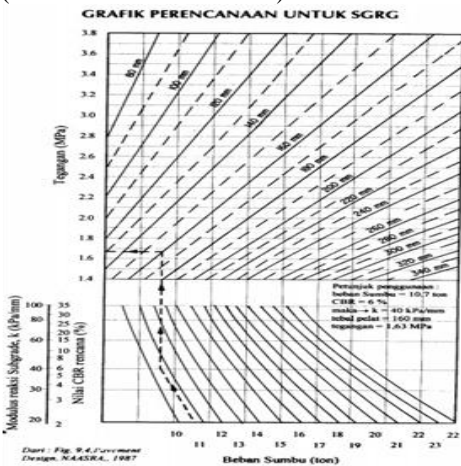
Dengan bantuan grafik gambar, diperiksa apakah estimasi tebal plat cukup atau tidak, dari jumlah persentase *fatigue* yang terjadi (disyaratkan $\leq 100\%$)



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



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



Gambar 9. Grafik Perencanaan Untuk SGRG) (Sumber: NAASRA 1987)

Tabel 24. Hasil Perhitungan dengan tebal pelat 25 cm

Koef. Sumbu	Beban Sumbu (ton)	B e b a	Rep. Beban (10^5)	Teg. yang terjadi (Mpa)	Perb. Teg. Teg.	Jumlah Repetisi Beban yang	Persen Fatig ue
1	2	3	4	5	6	7	8
STRT	2	2	12,18	-	-	-	-
STRT	3	3	0,42	-	-	-	-

STRG	3	3	3,47	-	-	-	-
STRG	4	4	8,72	-	-	-	-
STRG	5	5	10,87	1,4	0,39	0	0
STRG	5	5	0,42	1,4	0,39	0	0
STRG	6	6	43,58	1,4	0,39	0	0
STRG	8	8	10,87	1,4	0,39	0	0
STRG	14	1	43,58	1,76	0,49	0	0
Jumlah							0

Sumber: Data Pribadi

Berdasarkan perhitungan diatas didapatkan tebal tulangan yang efisien dengan sistem coba-coba adalah dengan tebal plat 27 cm ternyata jumlah fatigue $0 < 100\%$. Maka tebal plat minimal yang digunakan = 27 cm.

Keterangan tabel:

Kolom 3 = Perkalian kolom 2 dengan FK (diambil dari tabel 2.26.)

Kolom 5 = Dari grafik NAASRA (pada tabel 7,8,9) 40 kPa/mm

Kolom 6 = Kolom 5 dibagi Fr

Kolom 7 = Dari tabel 2.27. dengan nilai dari kolom 6

Kolom 8 = Kolom 4 dibagi dengan kolom 7 dikalikan 100

6. Menentukan Dowel

Penentuan dowel dilakukan berdasarkan tebal plat yang sudah didapat yaitu 27 cm = 270 mm, maka dari itu penentuan dowel dapat dilihat pada tabel 25 berikut ini:

Tabel 25. Ukuran dan Jarak Batang Dowel (Ruji) Yang Disarankan

Tebal Pelat	Dowel						
	Diamater		Panjang		Jarak		
inci	mm	inci	mm	inci	mm	inci	mm
6	150	¾	19	18	450	12	300
7	175	1	25	18	450	12	300
8	200	1	25	18	450	12	300
9	225	1 ¼	32	18	450	12	300
10	250	1 ¼	32	18	450	12	300
11	275	1 ¼	32	18	450	12	300
12	300	1 ½	38	18	450	12	300
13	325	1 ½	38	18	450	12	300
14	350	1 ½	38	18	450	12	300

Sumber: Shirley L. Hendarsin (2020)

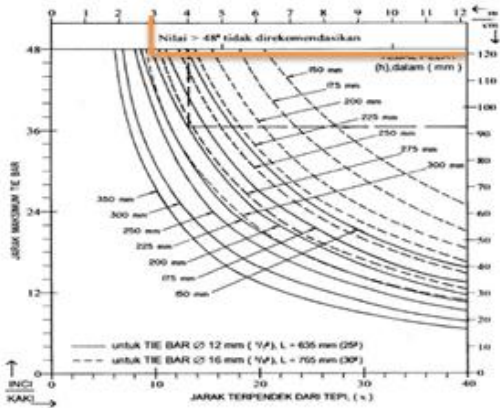
Berdasarkan tabel diatas dan tebal plat yang didapat, bahwa tebal plat yang didapat yaitu 27 cm = 270 mm diikutkan pada tebal plat 275 mm. Untuk penentuan

dowel pada perencanaan didapatkan sebagai berikut:

- Diameter Dowel : 32 mm
- Panjang Dowel : 450 mm
- Jarak Dowel : 300 mm

7. Menentukan Tie Bar

Diketahui lebar jalur : 6 m (3 m untuk setiap lajur)



Gambar 10. Jarak Tie Bar Maksimum menurut AASTHO (1986) untuk Tulangan Baja Grade 40 dan F=1,5 (Sumber: Shirley L. Hendarsin (2000))

Pada grafik diatas hasil penentuan tie bar didiskripsikan maka didapatkan hasil:

- Diameter Tie Bar : 12 mm
- Jarak Tie Bar : 120 cm = 1200 mm
- Panjang Tie Bar : 25 inch = 635 mm

8. Penulangan

a. Perhitungan Tulangan Memanjang

Diketahui:

- Tebal Plat : 270 mm
- Lebar Plat Beton : 3 m
- Faktor Gesekan (F) : 1,8 (tabel 21)
- Luas tulangan minimum As: 0,14 % (SNI 1991)

$$As \text{ minimum} = 0,14 \% (\text{tebal plat} \times 1000) = 0,0014 (27 \times 1000) = 378 \text{ mm}^2$$

$$AS = \frac{11,76 (F.L.h)}{f_s} = \frac{11,76 (1,8.15.270)}{240} = 357,21 \text{ mm}^2 / \text{m lebar} < 378 \text{ mm}^2$$

- Panjang Plat Beton : 15 m
- Kuat Tarik Baja : 240 Mpa
- Karena $As < As \text{ min}$, digunakan $As \text{ min}$

Digunakan tulangan Ø13 – 350 mm ($As = 379,042 \text{ mm}^2$)

b. Perhitungan Tulangan Melintang

$$AS = \frac{11,76 (F.L.h)}{f_s} = \frac{11,76 (1,8.3.270)}{240} = 71,442 \text{ mm}^2 / \text{m lebar} < 378 \text{ mm}^2$$

Karena $As < As \text{ min}$ maka digunakan $As \text{ min}$

Digunakan tulangan Ø13 – 350 mm ($As = 379,0429 \text{ mm}^2$)

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan perencanaan struktur perkerasan jalan raya dengan menggunakan perkerasan kaku (rigid pavement), pada ruas jalan Tangen – Ngrombo didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil perhitungan tebal perkerasan diperoleh CBR = 5,8 %, perencanaan rigid pavement menggunakan metode AASTHO 1993 hasil perencanaan tebal 250 mm dengan mutu beton K-350 dan menggunakan metode NAASRA dengan hasil perencanaan tebal 270 mm dengan mutu beton K-350
2. Perhitungan kebutuhan tulangan yang didapat pada perencanaan rigid pavement menggunakan metode AASTHO 1993 dengan kebutuhan tulangan dowel Ø32 – 300 mm dengan panjang 450 mm, tulangan tie bar Ø13 – 800 mm dengan panjang 650 mm, dan tulangan memanjang dan melintang sebesar Ø13 – 375 mm. Sedangkan pada perencanaan rigid pavement menggunakan metode NAASRA diperoleh hasil kebutuhan tulangan dowel Ø32 – 300 mm dengan panjang 450 mm, tulangan tie bar Ø12 – 1200 mm dengan panjang 635 mm, dan

tulangan memanjang dan melintang sebesar $\varnothing 13-350$ mm.

SNI, Baja Tulangan Beton, SNI 2052:2017. Standar Nasional Indonesia. Badan Standadisasi Nasional (BSN).

DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah. 2003. Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen.
- MKJI, Analisis, Perencanaan, dan Operasi Fasilitas Lalu Lintas Jalan (1997). Manual Kapasitas Jalan Indonesia. Manual Kapasitas Jalan Indonesia.
- Modul, RDE – 08 – Rekayasa Lalu Lintas (2005) Departemen Pekerjaan Umum Badan Pembinaan Konstruksi dan Sumber Daya Manusia Pusat Pembinaan Kompetensi dan Pelatihan Konstruksi (PUSBIN- KPK).
- Modul, RDE – 10 – Perencanaan Geometrik Jalan (2005) Departemen Pekerjaan Umum Badan Pembinaan Konstruksi dan Sumber Daya Manusia Pusat Pembinaan Kompetensi dan Pelatihan Konstruksi (PUSBIN-KPK).
- Modul, RDE – 11 – *Perencanaan Perkerasan Jalan* (2005) Departemen Pekerjaan Umum Badan Pembinaan Konstruksi dan Sumber Daya Manusia Pusat Pembinaan Kompetensi dan Pelatihan Konstruksi (PUSBIN-KPK).
- RSNI, Geometri Jalan Perkotaan RSNI 1- 4- 2004. Standar Nasional Indonesia. Badan Standadisasi Nasional (BSN).
- Suryawan, Ari. 2009. Perkerasan Jalan Beton Semen Portland (*Rigid Pavement*) Perencanaan Metode AASTHO 1993. Yogyakarta. Beta Offset.
- SNI, Metode Analisa Komponen SKBI 2.3.26.1987/SNI 03-1732-1989. tandar Nasional Indonesia.