

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Pada sub bab ini peneliti menyertakan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan pembahasan perencanaan jalan sebagai acuan dan bahan perbandingan. Berikut merupakan hasil dari penelitian terdahulu:

Tabel 2. 1. uraian penelitian terdahulu

No	Peneliti	Judul Penelitian	Metode	Hasil Penelitian
1	Ratna Putri Hindayati (2016)	Perencanaan geometrik dan perencanaan perkerasan lentur menggunakan metode AASHTO'93 pada jalan desa mujungan ke desa karanggaduh kabupaten trenggalek	<ul style="list-style-type: none">• Peraturan Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 38/TBM/1997• Peraturan SNI Pt T-01-2002-B• AASHTO'93	Diperoleh perencanaan geometrik yang dominan pegenungan dengan lebar jalan 7 meter dan bahu jalan 1 meter. Ruas jalan menggunakan perkerasan laston MS744(AC-WC) dengan tebal 7.7 cm, dengan volume timbunan sebesar 1.810.960,38 m ³ dan volume galian sebesar 5.167.299,28 m ³ . Dengan total estimasi biaya sebesar Rp 1.104.713.740.486,-.
2	Penelitian dari Abdul Wahab (2004)	Analisis Kinerja Operasional Lajur Pendakian Pada Ruas	<ul style="list-style-type: none">• Manual kapasitas jalan amerika serikat (HCM, 1994)	Hasil dari penelitian ini, menunjukkan bahwa penurunan kecepatan kendaraan di puncak pendakian (<i>climbing lane</i>) masih dibawah 15

		Jalan Tol Seksi A Semarang	<ul style="list-style-type: none"> • Manual kapasitas jalan indonesia (MKJI, 1997) • AASHTO 1994 	km/jam. Sehingga penelitian ini dapat disimpulkan dari lajur pendakian di ruas jalan tersebut masih dalam kondisi baik.
3	Nur Cahyanto (2016)	Evaluasi Geometri Jalan Studi Kasus pada Ruas Jalan Lingkar Selatan Kecamatan Banyuurip, Purwokerto	metode Tata Cara Perencanaan Geometri jalan antar kota (1997),	evaluasi yng dilakukan seharusnya panjang busur tikungan I dan II berbeda yakni $L_c = 91.629m$ dan $L_c = 773,355m$. Ini menunjukkan ruas jalan Lingkar Selatan Kecamatan Banyuurip Kabupaten Purworejo, cukup berbahaya karena banyak Geometri tikungan yang tidak sesuai dengan pedoman dari Bina Marga.
4	<ul style="list-style-type: none"> • Jeckelin Pattipeilohy • W. Sapulette • N.M.Y. Lewaherilla (2019) 	Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Pada Ruas Jalan Desa Waisarisa – Kaibobu	<ul style="list-style-type: none"> • Manual Desain Perkerasan Jalan (MDP 2017) • Manual Desain Perkerasan Jalan (MDP 2013) 	<ul style="list-style-type: none"> • Hasil Desain berdasarkan Bagan Desain –3B FFI (Aspal Lapis Fondasi Berbutir) yaitu : AC WC = 4 cm, AC BC = 6 cm, LPA kelas A = 40cm dan CBR tanah dasar =14,50% menggunakan Metode Manual Desain Perkerasan 2017 • Hasil Desain berdasarkan Bagan Desain 3 (kolom F2) yaitu : HRS WC = 3

				<p>cm, HRS Base = 3,5 cm, LPA kelas A2= 25 cm, LPA kelas B = 12,5 cm dan CBR tanah dasar 14,39 % menggunakan metode Manual Desain Perkerasan 2013</p>
5	<p>Atika Dara Prahita, Titin Eny Nugraheni (2007)</p>	<p>Evaluasi Kinerja Dan Analisa Operasional Lalu Lintas Pada Kondisi Kelandaian Khusus Terhadap Pengaruh Kendaraan Berat” (Studi Kasus: Ruas Jalan Tol Seksi A Kranyakjatingaleh, Semarang)</p>	<p>metode Tata Cara Perencanaan Geometri jalan antar kota (1997),</p>	<p>Menurut hasil analisa yang telah dilakukan pada jalan tol Semarang Seksi A, besarnya DS > 0,75 (over capacity). Sedangkan besar Uf pada pertengahan tanjakan (i = 5,77%) dan akhir tanjakan (i = 7,77%) adalah 39,885 km/jam dan 31,281 km/jam. Maka besarnya pengurangan kecepatan di pertengahan hingga akhir tanjakan melampaui persyaratan yang diijinkan yaitu setengah dari kecepatan rencana jalan tol (VR = 80 km/jam). Kecepatan rata-rata kendaraan berat di awal, pertengahan dan akhir tanjakan adalah</p>

				<p>40,692 km/jam, 23,149 km/jam dan 15,917 km/jam. Selain itu pengurangan kecepatan terjadi pula pada daerah turunan yaitu dipertengahan turunan akibat pengereman dan adanya larangan mendahului. Kecepatan arus bebas (Uf) di awal turunan dan pertengahan turunan adalah 84,437 km/jam dan 70,246 km/jam.</p>
--	--	--	--	--

Sedangkan pada penelitian ini, penulis melakukan perencanaan jalan yang terdapat pada area lajur pendakian (*climbing lane*). Pada penelitian yang berjudul “*Studi Perencanaan Jalan Lajur Climbing Line pada Ruas Jalan Probolinggo-Grobogan-Wonorejo*”, meneliti tentang perencanaan jalan yang meliputi perencanaan geometrik jalan yang didalamnya akan merencanakan dan menentukan area lajur pendakian (*climbing lane*) dan perencanaan struktur jalan yang merencanakan perkerasan lentur jalan khususnya di area lajur pendakian (*climbing lane*).

Penelitian ini menggunakan metode BINA MARGA dengan acuan Peraturan Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.

38/TBM/1997, dan menggunakan metode Bina Marga Manual Desain Perkerasan (MDP) 2017 sebagai perencanaan perkerasan lentur jalan.

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Geometrik jalan

Perencanaan geometrik jalan adalah perencanaan bentuk fisik jalan yang merencanakan rute ruas jalan secara lengkap sehingga dapat memenuhi tujuan dari jalan tersebut yang menghasilkan infrastruktur jalan yang nyaman dan aman. Ruang bentuk jalan dikatakan baik jika dapat memberikan rasa aman dan nyaman untuk pengguna jalan.

Elemen pada perencanaan geometrik jalan adalah:

- a. Alinemen horizontal (situasi/*plan*)
- b. Alinemen vertikal (penampang memanjang jalan)
- c. Penampang melintang jalan (*cross section*)

2.2.1.1. Jarak Pandang

Jarak pandang merupakan suatu jarak yang diperlukan oleh pengemudi untuk melihat suatu halangan yang membahayakan, agar pengemudi dapat melakukan sesuatu untuk menghindari bayangan tersebut.

Jarak pandang terdiri dari jarak pandang henti (J_h) dan jarak pandang mendahului (J_d).

1. jarak pandang henti (Jh)

Jarak pandang henti (Jh) merupakan jarak yang diperlukan mengemudi untuk menghentikan kendaraanya dengan aman ketika terdapat halangan di depan.

Jh dalam satuan (m) dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Jh = \frac{V_R}{3,6} T + \left(\frac{V_R}{3,6}\right)^2 + \frac{1}{2g f_p} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

Jh = Jarak pandang henti minimum (m)

Vr = Kecepatan rencana (km/jam)

T = Waktu tanggap ditetapkan 2,5 detik

g = Percepatan gravitasi = 9,8 m/s²

f = Koefisien gesekan = 0,35 – 0,55

Berikut merupakan jarak pandang henti minimum yang dihitung dengan rumus diatas (pembulatan)

Tabel 2. 2. Jarak Pandang Henti Minimum (Jh)

Vr km/jam	120	100	80	60	50	40	30	20
Jh minimum (m)	250	175	120	75	55	40	27	16

(Sumber: Dirjen Bina Marga, TPJAK 1997)

2. jarak pandang mendahului (Jd).

Jarak pandang mendahului (Jd) merupakan suatu jarak yang memungkinkan kendaran mendahului kendaraan lain deng aman.

Jd dalam satuan (m) dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Jd = d1 + d2 + d3 + d4 \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan

$$d1 = 0,278 T1 \left(V_r - m + \frac{a \cdot T_1}{2} \right)$$

$$d2 = 0,278 \times V_r \times T2$$

d3 = antara 30-100 m

nilai d3 berdasarkan tabel berikut

Vr km/jam	50-65	65-80	80-95	95-110
d3 (m)	30	55	75	90

$$d4 = 2/3 \times d2$$

$$T1 = 2,12 + 0,026 V_r$$

$$T2 = 6,56 + 0,048 V_r$$

$$A = 2,052 + 0,0036 V_r$$

m = (antara 10-15 km/jam)

Berikut merupakan jarak pandang mendahului minimum yang dihitung dengan rumus diatas (pembulatan)

Tabel 2. 3. Jarak Pandang Mendahului Minimum (Jd)

Vr km/jam	120	100	80	60	50	40	30	20
Jd minimum (m)	800	670	550	350	250	200	150	100

(Sumber: Dirjen Bina Marga, TPJAK 1997)

2.2.1.2. Klafisikasi Jalan

Menurut ketentuan Bina Marga pada Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar kota (TPGJAK) no.38/TBM/1997 untuk klasifikasi jalan dibagi menurut fungsi, kelas beban, medan jalan, serta menurut wewenang pembinaan jalan.

Klasifikasi jalan menurut wewenang pembinaanya sesuai PP. No.26/1985 adalah jalan nasional, jalan propinsi, jalan kabupaten, jalan desa, dan jalan khusus. Berikut merupakan tabel ketentuan klasifikasi berdasarkan fungsi, kelas beban, dan medan

Tabel 2. 4. Klasifikasi Jalan Berdasarkan Fungsi, Kelas Beban Dan Medan Jalan

FUNGSI JALAN	ARTERI			KOLEKTOR			LOKAL		
KELAS JALAN	I	II	IIIA	IIIB			IIIC		
Muatan Sumbu Terberat, (ton)	> 10	10		8			Tidak ditentukan		
TIPE MEDAN	D	B	G	D	B	G	D	B	G
Kemiringan Medan, (%)	<3	3-25	>25	<3	3-25	>25	<3	3-25	>25

(Sumber: Dirjen Bina Marga, TPGJAK 1997)

2.2.1.3. Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana V_R , merupakan kecepatan yang dipilih untuk perencanaan geometrik jalan seperti perencanaan kemiringan jalan, tikungan dan lain lain. Pada perencanaan geometrik hampir seluruhnya dipengaruhi kecepatan rencana. Oleh karena itu seluruh bagian jalan hingga anggaran biaya akan dipengaruhi oleh kecepatan rencana.

Untuk kondisi medan yang sulit V_R suatu segmen jalan dapat diturunkan dengan syarat bahwa penurunan tersebut tidak lebih dari 20 km/jam.

Keadaan terrain, apakah berbukit datar atau pegunungan dan juga sifat dan tingkat penggunaan daerah juga berpengaruh pada kecepatan rancangan yang akan diambil. V_r . Untuk masing masing fungsi jalan dapat ditetapkan di tabel berikut.

Tabel 2. 5. Kecepatan Rencana VR, Sesuai Klasifikasi Fungsi Dan Medan Jalan

Fungsi	Kecepatan Rencana, V_R (Km/jam)		
	Datar	Bukit	Pegunungan
Arteri	70-120	60-80	40-70
Kolektor	60-90	50-60	30-50
Lokal	40-70	30-50	20-30

(Sumber: Dirjen Bina Marga, TPGJAK 1997)

2.2.1.4. Alinemen Horizontal

Alinemen horizontal merupakan situasi jalan atau proyeksi sumbu jalan di bidang horizontal atau biasa disebut trase jalan. Pada umumnya alinemen horizontal terdiri dari dua bagian jalan, yaitu bagian lurus dan lengkung yang biasa disebut tikungan. Pada bagian lengkung juga terdiri dari busur peralihan, busur lingkaran yang ditambah peralihan, ataupun busur lingkaran saja.

1. Bagian Lurus

Panjang bagian lurus jalan harus ditempuh dalam waktu tidak lebih dari 2.5 menit sesuai kecepatan rencana yang ditentukan, dengan mempertimbangkan faktor keselamatan pengguna jalan yang ditinjau dari segi kelelahan pengemudi. Berikut merupakan tabel panjang maksimal bagian lurus

Tabel 2. 6. Panjang Bagan Lurus Maksimum

Fungsi	Panjang Bagian Lurus Maksimum (m)		
	Datar	Perbukitan	Pegunungan
ARTERI	3.000	2.500	2.000
KOLEKTOR	2.000	1.750	1.500

(Sumber: Dirjen Bina Marga, TPGJAK 1997)

2. Tikungan

a) Jari jari minimum

Pada saat tikungan, kendaraan dengan kecepatan tertentu (V) akan mengalami gaya sentrifugal (F) yang mendorong kendaraan tersebut keluar dari jalurnya dan menyebabkan kendaraan tidak stabil. Maka, diperlukanya gaya yang dapat mengimbangi gaya tersebut agar dapat mempertahankan kendaraan tetap berada pada sumbu jalurnya. Gaya yang mengimbangi gaya sentrifugal adalah gaya gesekan melintan (f) antara ban dengan permukaan jalan dan kemiringan melintang permukaan pada lengkung horizontal atau superelevasi (e).

Pada kecepatan rencana tertentu, dapat dihitung jari jari minimum untuk superelevasi maksimum (e_{max}) dan koefisien gesekan maksimum (f_{max})

$$R_{min} = \frac{V_R^2}{127 (e_{max} - f_{max})} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$D_{max} = \frac{181913.53 (e_{max} - f_{max})}{V_R^2} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana : R_{min} = jari jari tikungan minim. (m)

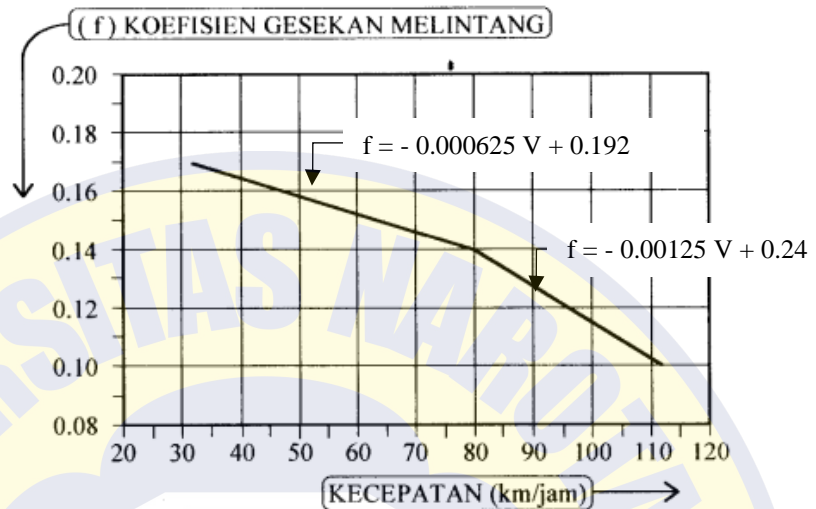
V_R^2 = kecepatan kendaraan rencana (km/jam)

e_{max} = superelevasi maksimal (%)

f_{max} = koefisien gesekan maksimum

D_{max} = derajat lengkug maksimal

Untuk korelasi antara koefisien gesekan melintan dan kecepatan rencana dapat dilihat di gambar 2.1.



Gambar 2. 1. Nilai f Untuk $e_{\max} = 6\%$, 8% dan 10% .
(Sumber: AASHTO 1993)

Di Indonesia untuk pertimbangan perencanaan pada saat ini umumnya menggunakan e_{\max} 8% dan 10%. Bina Marga menganjurkan untuk e_{\max} 10% untuk kecepatan rencana lebih dari 30 km/jam dan 8% untuk kecepatan rencana 30 km/jam (jalan luar kota). Penjelasan dapat dilihat pada tabel 2. 6. Panjang Rmin Dan Dmax (untuk e 8% dan 10%)

Tabel 2. 7. Panjang Rmin Dan Dmax (untuk e 8% dan 10%)

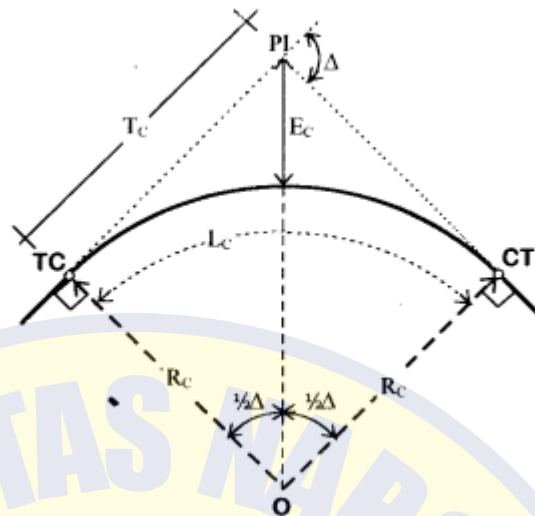
kecepatan rencana (km/jam)	e max (m/m')	f max	Rmin (perhitungan) m	Rmin desain m	D max desain (o)
40	0.10	0.166	47.363	47	30.48
	0.08		51.213	51	28.09
50	0.10	0.16	75.858	76	18.85
	0.08		82.192	82	17.47
60	0.10	0.153	112.041	112	12.79
	0.08		121.656	122	11.74
70	0.10	0.147	156.522	157	9.12
	0.08		170.343	170	8.43
80	0.10	0.14	209.974	210	6.82
	0.08		229.062	229	6.25
90	0.10	0.128	280.350	280	5.12
	0.08		307.317	307	4.67
100	0.10	0.115	366.233	366	3.91
	0.08		403.796	404	3.55
110	0.10	0.103	470.497	470	3.05
	0.08		522.058	522	2.74
120	0.10	0.09	596.768	597	2.40
	0.08		666.975	667	2.15

(Sumber: Sukirman, 1999)

b) lengkung horizontal

1) lengkung busur lingkaran (FC)

lengkung busur lingkaran atau *Full Circle* merupakan jenis tikungan yang hanya mempunyai bagian suatu lingkaran saja. Agar tidak terjadi patahan, Jari jari tikungan (R) yang besar hanya diperuntukan untuk tikungan bentuk FC saja. Karena nilai superelevasi yang besar timbul akibat jari jari tikungan yang kecil.



Gambar 2. 2. Komponen FC (Sumber: Hendrasin, 2000)

Keterangan : T_c = panjang tagen jarak dari TC ke PI atau PI ke CT

R_c = jari jari lingkaran

L_c = panjang busur

E_c = jarak luar dari PI ke busur lingkaran

O = titik pusat lingkaran

Δ = sudut tikungan

Lengkung dengan R lebih besar atau sama dengan yang ditunjukkan pada tabel berikut tidak memerlukan lengkung peralihan.

Tabel 2. 8. Jari Jari Tikungan Yang Tidak Memerlukan Lengkung Peralihan.

V_r (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
R_{min} (m)	2500	1500	900	500	350	250	160	60

(Sumber: Hendrasin, 2000)

Rumus yang digunakan:

$$Tc = Rc \tan \frac{1}{2} \Delta \dots\dots\dots (2.5)$$

$$Ec = Tc \tan \frac{1}{4} \Delta \dots\dots\dots (2.6)$$

$$Lc = \frac{\Delta 2 \pi Rc}{360^\circ} \dots\dots\dots (2.7)$$

2) Lengkung Peralihan (Ls)

Untuk menghindari terjadinya perubahan alinemen secara tiba tiba dari bentuk lurus ke bentuk lingkarang maka dibuatkanlah lengkung peralihan, dimana lengkung peralihan ini merupakan lengkung yang berada pada tikungan yang dipergunakan dalam membuat peralihan dari bagian yang lurus ke bagian yang memiliki jari jari lingkaran maupun kemiringan tertentu. Jadi lengkung peralihan berada diantara bagian lurus dan bagian lingkaran yaitu berada bagian sesudah dan sebelum tikungan berbentuk FC.

Bentuk lengkung peralihan dapat berupa parabola atau spiral (*clothoid*). Dengan adanya lengkung peralihan, maka tikungan menggunakan bentuk tikungan S-C-S.

Menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Antar Kota, 1997. Panjang lengkung peralihan (Ls) akan diambil nilai terbesar dari persamaan berikut ini.

- a. Bedasarkan waktu tempuh maksimum 3 detik, untuk melintasi lengkung peralihan. Maka digunakan rumus :

$$Ls = \frac{V_R T}{3,6} \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan: V_R = kecepatan rencana

T = waktu tempuh (3 detik)

- b. Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal. Maka, digunakan rumus dengan modifikasi Shortt sebagai berikut:

$$L_s = 0,022 \frac{V_R^3}{R_C C} - 2,727 \frac{V_R \cdot e}{C} \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan: R_C = jari jari lingkaran (m)

e = superelevasi

C = perubahan kecepatan, (0,3-0,1 m/det³)
disarankan 0.4 m/det³

- c. Bedasar tingkat pencapaian perubahan landaian. Maka, digunakan rumus:

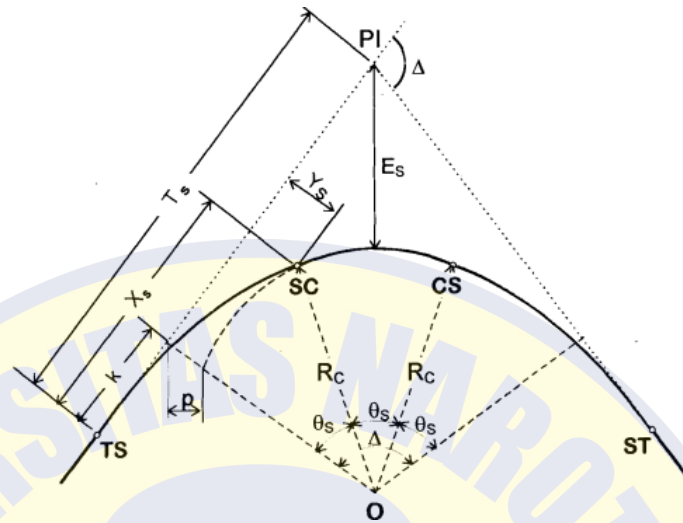
$$L_s = \frac{(e_m - e_n)}{3,6 r_e} V_R \dots\dots\dots(2.10)$$

Keterangan: e_m = superelevasi maksimum %

e_n = superelevasi normal %

r_e = tingkat pencapaian perubahan melintang jalan. ($V_r \leq 70$ km/jam, $r_e \text{ mak} = 0.035$ m/m/det. $V_r \geq 80$ km/jam, $r_e \text{ mak} = 0.025$ m/m/det.)

Tikungan S-C-S



Gambar 2. 3. Komponen SCS (sumber: Hendrasin, 2000)

Keterangan:

Y_s = Jarak tegak lurus ketitik SC pada lengkung

X_s = Absis titik SC pada garis tangen, jarak dari titik ST ke SC

T_s = Panjang tangen dari titik PI ke titik TS atau ke titik ST

TS = Titik dari tangen ke spiral

L_s = Panjang dari titik TS ke SC atau CS ke ST

L_c = Panjang busur lingkaran (panjang dari titik SC ke CS)

θ_s = Sudut lengkung spiral

R_r = Jari-jari lingkaran

SC = Titik dari spiral ke lingkaran

E_s = Jarak dari PI ke busur lingkaran

k = Absis dari p pada garis tangen spiral

p = Pergeseran tangen terhadap spiral

Dengan rumus yang digunakan untuk lengkung S-C-S sebagai berikut:

$$Y_s = \frac{Ls^2}{6 Rc} \dots \dots \dots (2.11)$$

$$X_s = Ls \left(1 - \frac{Ls^2}{40 Rc^2} \right) \dots \dots \dots (2.12)$$

$$\Theta_c = \Delta - 2 \Theta_s \dots \dots \dots (2.13)$$

$$\Theta_s = \frac{90}{\pi} \frac{Ls}{Rc} \dots \dots \dots (2.14)$$

$$k = Ls - \frac{Ls^2}{40 Rc^2} - Rc \sin \Theta_s \dots \dots \dots (2.15)$$

$$p = \frac{Ls^2}{6 Rc} - Rc (1 - \cos \Theta_s) \dots \dots \dots (2.16)$$

$$E_s = (Rc + p) \tan \frac{1}{2} \Delta - Rc \dots \dots \dots (2.17)$$

$$T_s = (Rc + p) \tan \frac{1}{2} \Delta + k \dots \dots \dots (2.18)$$

$$Lc = \frac{(\Delta - 2\Theta_s)}{180} \times \pi \times Rc \dots \dots \dots (2.19)$$

$$L_{tot} = Lc + 2 Ls \dots \dots \dots (2.20)$$

Juka nilai p yang dihitung dengan rumus 2.19, maka ketetapan tikungan yang digunakan adalah tikungan bentuk FC

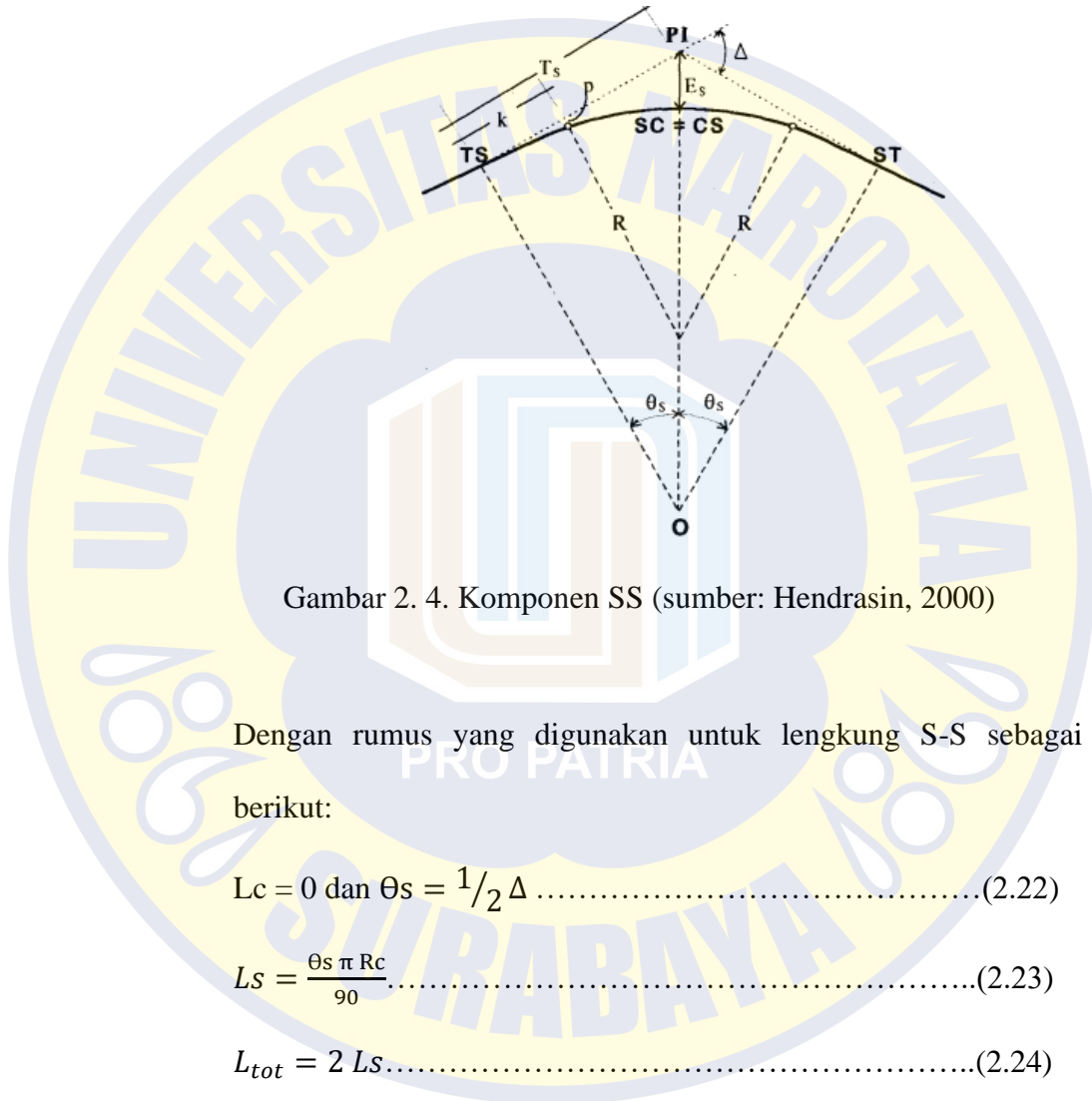
$$p = \frac{Ls^2}{24 Rc} < 0,25 m \dots \dots \dots (2.21)$$

Untuk nilai $Ls = 1 m$, maka nilai $p = p'$ dan nilai $k = k'$

Untuk nilai $Ls = Ls$, maka nilai $p = p' \times Ls$ dan $k = k' \times Ls$

3) Bentuk lengkung peralihan (S-S)

Lengkung spiral spiral (S-S) merupakan bentuk lengkung yang terdiri dari lengkung tanpa busur dan gabungan 2 lengkung peralihan.



Gambar 2. 4. Komponen SS (sumber: Hendrasin, 2000)

Dengan rumus yang digunakan untuk lengkung S-S sebagai berikut:

$$L_c = 0 \text{ dan } \theta_s = \frac{1}{2} \Delta \dots\dots\dots(2.22)$$

$$L_s = \frac{\theta_s \pi R_c}{90} \dots\dots\dots(2.23)$$

$$L_{tot} = 2 L_s \dots\dots\dots(2.24)$$

Untuk menentukan θ_s dapat menggunakan rumus (2.13) dan untuk menentukan p , k , T_s , dan E_s rumus sama dengan lengkung peralihan yaitu rumus (2.15)-(2.17).

3. Pelebaran di tikungan

Pelebaran di tikungan merupakan pelebaran perkerasan pada area tikungan yang tajam. Tujuan pelebaran pada tikungan dilakukan untuk mempertahankan kendaraan agar berada dalam lajunya sebagaimana seperti pada bagian lurus jalan.

Keluar lajur (off tracking) dan kesukaran dalam mengemudi di tikungan merupakan elemen elemen yang ditinjau untuk penentuan pelebaran di area tikungan. besarnya pelebaran perkerasan untuk ditikungan sudah ditetapkan di pedoman Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota 1997, sesuai dengan tabel berikut:

Tabel 2. 9. Pelebaran Di Tikungan Per Lajur (M) Untuk Lebar Jalur 2xb (M), 2 Arah Atau 1 Arah.

R (m)	Kecepatan Rencana, V_R (km/jam)														
	50		60		70		80		90		100		110		120
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
1500	0.3	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	0.5	0.0	0.6	0.0	0.1
1000	0.4	0.0	0.4	0.0	0.4	0.1	0.5	0.1	0.5	0.1	0.5	0.1	0.6	0.2	0.2
750	0.6	0.0	0.6	0.0	0.7	0.1	0.7	0.1	0.7	0.1	0.8	0.2	0.8	0.3	0.3
500	0.8	0.2	0.9	0.3	0.9	0.3	1.0	0.4	1.0	0.4	1.1	0.5	1.0	0.5	
400	0.9	0.3	0.9	0.3	1.0	0.4	1.0	0.4	1.1	0.5	1.1	0.5			
300	0.9	0.3	1.0	0.4	1.0	0.4	1.1	0.5	0.5						
250	1.0	0.4	1.1	0.5	1.1	0.5	1.2	0.6							
200	1.2	0.6	1.3	0.7	1.3	0.8	1.4								
150	1.3	0.7	1.4	0.8											
140	1.3	0.7	1.4	0.8											
130	1.3	0.7	1.4	0.8											
120	1.3	0.7	1.4	0.8											
110	1.3	0.7													
100	1.4	0.8													
90	1.4	0.8													
80	1.6	1.0													
70	1.7	1.0													

Keterangan :
Kolom 1 , untuk (B) = 3,00 m
Kolom 2 , untuk (B) = 3,50 m

(Sumber: Hendrasin, 2000)

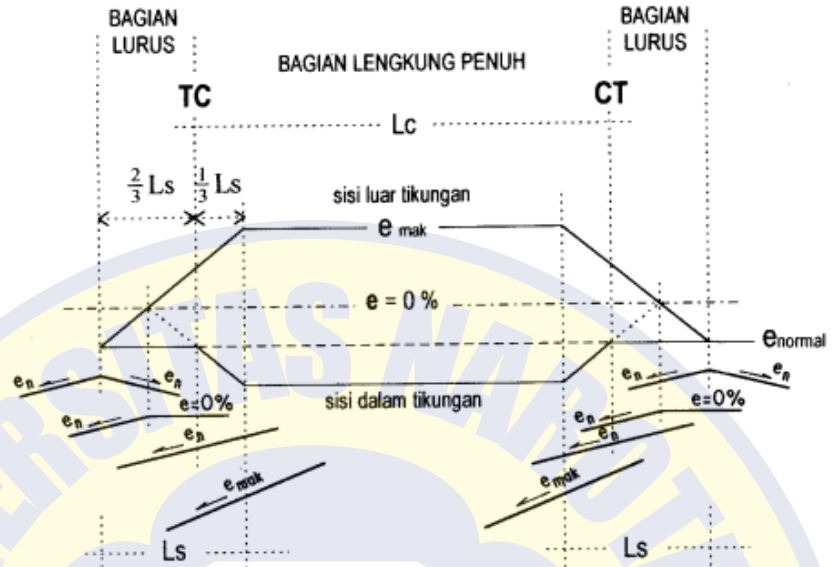
2.2.1.5. Diagram Superelevasi

Superelevasi merupakan kemiringan melintang jalur jalan yang dibutuhkan untuk kebutuhan drainase atau keseimbangan gaya sentrifugal di area tikungan. superelevasi di jalan lurus umumnya diantara 2% - 4% untuk lapisan permukaan yang menggunakan bahan pengikat seperti lapisan permukaan aspal atau semen. Sedangkan untuk jalan yang tidak menggunakan bahan pengikat seperti lapisan jalan kerikil, maka superelevasi dibuat sebesar 5%.

Harga elevasi (e) yang menyebabkan kenaikan elevasi terhadap sumbu jalan di beri tanda (+) dan yang menyebabkan penurunan elevasi terhadap jalan di beri tanda (-).

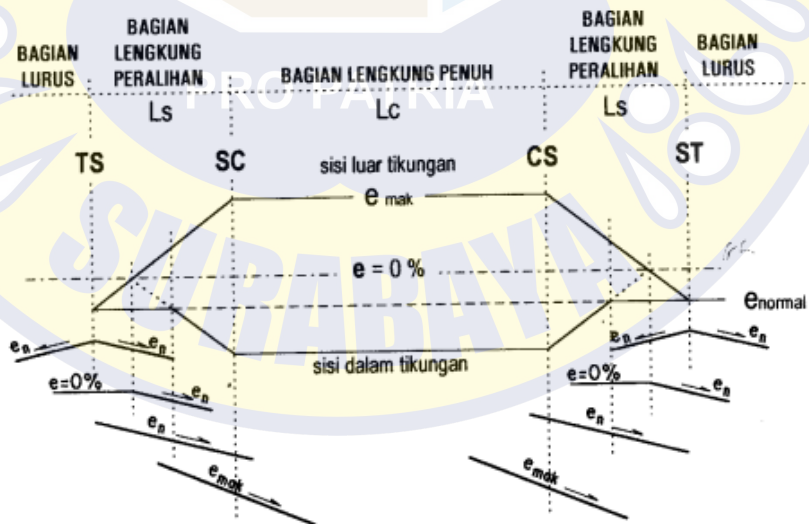
Sedangkan yang dimaksud diagram superelevasi merupakan cara dalam menggambarkan pencapaian superelevasi dan lereng normal ke kemiringan melintang. Diagram elevasi bentuknya akan berbeda tergantung dari bentuk tikunganya

1. Diagram superelevasi FC



Gambar 2. 5. Metoda Pencapaian Superelevasi Pada Tikungan FC (Sumber: Hendrasin, 2000)

2. Diagram superelevasi S-C-S



Gambar 2. 6. Metoda Pencapaian Superelevasi Pada Tikungan S-C-S (Sumber: Hendrasin, 2000)

3. Diagram superelevasi S-S



Gambar 2. 7. Metoda Pencapaian Superelevasi Pada Tikungan S-S
(Sumber: Hendrasin, 2000)

2.2.1.6. Alinemen vertikal

Alinemen vertikal merupakan bagian dari perencanaan geometri jalan yang meninjau elevasi sumbu jalan pada setiap titik. Alinemen vertikal biasa kita sebut sebagai penampang memanjang jalan atau profil memanjang.

Pada alinemen vertikal akan direncanakan tanjakan (kelandaian positif) dan turunan (kelandaian negatif). Sehingga, untuk kombinasi dari tanjakan dan turunan akan menghasilkan lengkung cembung dan lengkung cekung, disamping kedua lengkung tersebut akan ada kelandaian = 0 atau datar.

1. Lengkung vertikal Cembung

Ketentuan tinggi menurut Bina Marga (1997), untuk lengkung cembung seperti tabel berikut

Tabel 2. 10. Ketentuan Tinggi Untuk Jenis Jarak Pandang

untuk jarak pandang	h1 (m) tinggi mata	h2 (m) tinggi obyek
henti (Jh)	1.05	0.15
mendahului (Jd)	1.05	1.05

(Sumber: Dirjen Bina Marga, TPGJAK 1997)

d. Panjang L, berdasarkan jarak pandang henti (Jh)

Menggunakan rumus sebagai berikut:

$$J_h < L, \text{ maka : } L = \frac{A \cdot J_h^2}{450} \dots\dots\dots(2.25)$$

$$J_h < L, \text{ maka : } L = 2 J_h - \frac{450}{A} \dots\dots\dots(2.26)$$

e. Panjang L berdasar jarak pandang mendahului (Jd)

Menggunakan rumus sebagai berikut:

$$J_d < L, \text{ maka : } L = \frac{A \cdot J_d^2}{480} \dots\dots\dots(2.27)$$

$$J_d < L, \text{ maka : } L = 2 J_d - \frac{480}{A} \dots\dots\dots(2.28)$$

Keterangan :

L = Panjang lengkung vertikal (m)

A = Perbedaan grade (m)

Jh = Jarak pandangan henti (m)

Jd = Jarak pandangan mendahului atau menyiap (m)

2. Lengkung vertikal cekung

Pada penentuan panjang vertikal cekung, sebenarnya tidak ada dasar yang digunakan. Akan tetapi ada beberapa kriteria yang dapat diperhitungkan untuk menentukan panjang vertikal cekung, antaranya:

- a. Kenyamanan pengemudi
- b. Jarak sinar lampu besar dari kendaraan
- c. Penampilan secara umum
- d. Ketentuan drainase

Dari kriteria tersebut maka dapat diperoleh rumus sebagai berikut:

$$J_h < L, \text{ maka : } L = \frac{A \cdot J_h^2}{120 + 3.5 J_h^2} \dots \dots \dots (2.28)$$

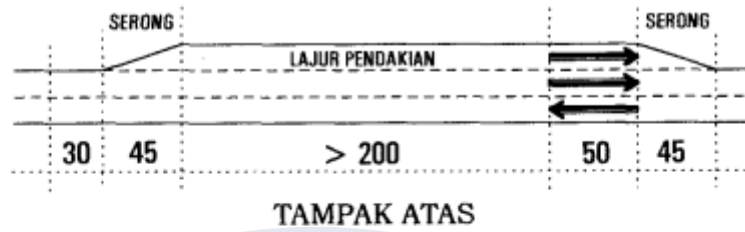
$$J_h > L, \text{ maka : } L = 2 J_h - \frac{120 + 3.5 J_h^2}{A} \dots \dots \dots (2.29)$$

2.2.2. Lajur *climbing lane*

Lajur pendakian merupakan lajur yang dimaksudkan untuk kendaraan yang bermuatan berat atau kendaraan lain yang mempunyai kecepatan lebih lambat, sehingga kendaraan yang lebih lambat dapat didahului oleh kendaraan lain tanpa harus menggunakan lajur arah lawan.

- a. Lajur pendakian berdasarkan TPGJAK 1997
 - 1) Lajur pendakian harus disediakan pada ruas jalan yang mempunyai kelandaian yang besar, menerus, dan volume lalu lintasnya relatif padat.
 - 2) Disediakan pada jalan arteri atau kolektor,

- 3) Apabila panjang kritis terlampaui, jalan memiliki VLHR > 15.000 SMP/hari, dan persentase truk > 15 %.
 - 4) Lebar lajur pendakian sama dengan lebar lajur rencana.
 - 5) Lajur pendakian dimulai 30 meter dari awal perubahan kelandaian dengan serongan sepanjang 45 meter dan berakhir 50 meter sesudah puncak kelandaian dengan serongan sepanjang 45 meter
 - 6) Jarak minimum antara 2 lajur pendakian adalah 1,5 km
- b. Lajur pendakian Menurut AASHTO (1994), lajur pendakian diadakan pada arah pendakian dari suatu jalan luar kota dua lajur jika:
- 1) Panjang dari tanjakan menyebabkan pengurangan kecepatan 10 mil per jam atau lebih
 - 2) Penambahan biaya oleh volume lalu lintas dan prosentase truk
- c. Lajur pendakian berdasarkan MKJI (1997)
- 1) Jalan arteri atau kolektor
 - 2) Volume lalu lintas perencanaan 30.000 smp/hari
 - 3) Lebar lajur pendakian sama dengan lajur utama
 - 4) Jarak minimum antara lajur pendakian disarankan 1.5 km dan panjang lajur pendakian masing masing minimal 200 meter
 - 5) Kemiringan tanjakan rata rata kurang lebih 5% atau lebih menerus lebih panjang dari 1.5 km



Gambar 2. 8. Lajur pendakian (sumber: Hendrasin,2000)



Gambar 2. 9. Jarak antar 2 lajur pendakian (sumber: Hendrasin,2000)

2.2.3. Perkerasan lentur jalan

Perkerasan lentur jalan merupakan salah satu jenis perkerasan jalan yang umumnya menggunakan bahan campuran lapisan permukaan aspal dan bahan berbutir sebagai lapisan bawah. Pada penelitian ini, perencanaan perkerasan lentur menggunakan metode Manual Desain Perkerasan (MDP) Bina Marga 2017. Terdapat dua bagian untuk perencanaan perkerasan lentur jalan pada metode MDP 2017, yaitu: perencanaan perkerasan jalan baru dan rehabilitasi perkerasan.

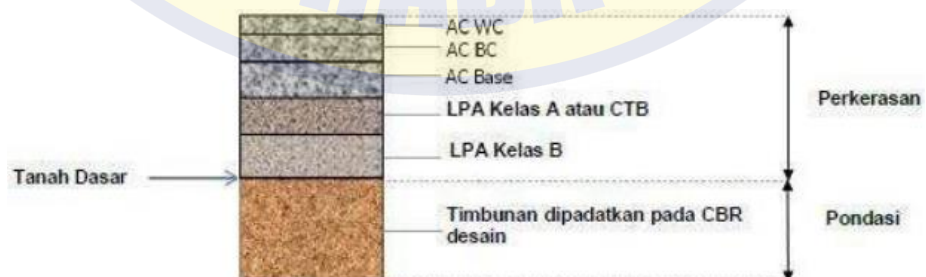
Jenis struktur perkerasan baru terdiri sebagai berikut:

1. Perkerasan lentur pada tanah asli



Gambar 2. 10. Struktur Perkerasan Lentur Pada Tanah Asli (Sumber: Dirjen Bina Marga, MDP 2017)

2. Perkerasan lentur pada timbunan



Gambar 2. 11. Struktur Perkerasan Lentur Pada Tanah Timbunan (Sumber: Dirjen Bina Marga, MDP 2017)

3. Perkerasan lentur pada galian



Gambar 2. 12. Struktur Perkerasan Lentur Pada Tanah Galian
(Sumber: Dirjen Bina Marga, MDP 2017)

2.2.3.1. Umur Rencana Perkerasan

Umur rencana perkerasan merupakan umur suatu perkerasan dalam satuan tahun dimana pada jalan tersebut dibuka sampai jalan tersebut memerlukan perbaikan yang signifikan dalam struktur jalan. Untuk penentuan umur dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 2. 11. Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru

jenis perkerasan	elemen perkerasan	umur rencana (tahun)
perkerasan lentur	Lapisan aspal dan lapisan berbutir.	20
	Fondasi Jalan	40
	Semua perkerasan untuk daerah yang tidak dimungkinkan pelapisan ulang (overlay), seperti: jalan perkotaan, underpass, jembatan, terowongan.	
perkerasan kaku	<i>Cement Treated Based (CTB)</i>	40
	Lapis fondasi atas, lapis fondasi bawah, lapis beton semen, dan fondasi jalan.	
jalan tanpa penutup	Semua elemen (termasuk fondasi jalan)	minimum 10

(Sumber: Dirjen Bina Marga, MDP 2017)

2.2.3.2. Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas ditentukan pada jam sibuk dan lalu lintas harian rata rata (LHR) mengacu pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI). Volume lalu lintas diperoleh dari hasil survey lalu lintas sebelumnya atau survey lalu lintas dengan durasi minimal 7 x 24 jam yang mengacu pada pedoman survey perencacahan lalu lintas (Pd T-19-2004-B) atau menggunakan peralatan dengan pendekatan yang sama.

2.2.3.3. Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Bedasarkan Manual Desain Perkerasan (MDP 2017) faktor pertumbuhan lalu lintas didapatkan berdasarkan data data pertumbuhan series (*historical growth data*) atau formulasi korelasi dengan faktor pertumbuhan lain yang berlaku. Jika tidak tersedia data tersebut, maka tabel berikut dapat digunakan untuk menentukan faktor laju pertumbuhan lalu lintas

Tabel 2. 12. Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (i) (%)

	Jawa	Sumatera	Kalimantan	Rata-rata indonesia
Arteri dan Perkotaan	4,80	4,83	5,14	4,75
Kolektor Rural	3,50	3,50	3,50	3,50
Jalan Desa	1,00	1,00	1,00	1,00

(Sumber: Dirjen Bina Marga, MDP 2017)

Pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dihitung dengan faktor pertumbuhan kumulatif dengan rumus sebagai berikut:

$$R = \frac{(1+0,01 i)^{UR}-1}{0,01 i} \dots\dots\dots(2.30)$$

Keterangan: R : Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

i : Laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)

UR : Umur rencana (tahun)

2.2.3.4. Lalu Lintas Pada Lajur rencana

Lalu lintas lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan yang menampung lalu lintas kendaraan niaga (truk dan bus) paling besar (MDP 2017).

Terdapat dua faktor yang diperhitungkan dalam lalu lintas lajur rencana, diantaranya:

- a. Faktor distribusi arah (DD), umumnya diambil nilai 0,5 untuk jalan dua arah
- b. Faktor distribusi lajur (DL), pada jalan dengan dua lajur atau lebih dalam satu arah, faktor DL digunakan untuk menyesuaikan beban kumulatif (ESA). Nilai faktor DL dapat dilihat di tabel berikut:

Tabel 2. 13. Faktor Distribusi Lajur (DL)

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

(Sumber: Dirjen Bina Marga, MDP 2017)

2.2.3.5. Faktor Ekuivalen Beban (VDF)

Faktor ekuivalen beban diperlukan sebagai faktor konversi beban lalu lintas ke beban standar (ESA). Faktor yang dinyatakan pada perbandingan tingkat kerusakan pada perkerasan jalan yang diakibatkan oleh satu lintasan kendaraan tertentu disebut Faktor ekuivalen beban.

Survey beban gandar harus dilakukan apabila memungkinkan, hal itu dikarenakan studi atau survei beban gandar yang dirancang dan dilaksanakan dengan baik merupakan dasar perhitungan ESA yang andal. Dalam mendapatkan data beban gandar dapat diperoleh dari:

1. Jembatan timbang, timbangan statis atau WIM (survei langsung).
2. Survei beban gandar pada jembatan timbang dan WIM yang pernah dilakukan dan dianggap cukup representatif.
3. Data WIM Regional yang dilakukan oleh Direktorat Jendral Manual Desain Perkerasan Jalan.

Jika memang tidak memungkinkan untuk dilakukannya survey beban gandar, maka nilai VDF dapat diperoleh dari tabel berikut dan dapat digunakan dalam perhitungan ESA.

Tabel 2. 14. Nilai VDF Masing Masing Jenis Kendaraan Niaga

Jenis kendaraan	Sumatera				Jawa				Kalimantan				Sulawesi				Bali, Nusa Tenggara, Maluku dan Papua			
	Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal	
	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5
5B	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
6A	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5
6B	4,5	7,4	3,4	4,6	5,3	9,2	4,0	5,1	4,8	8,5	3,4	4,7	4,9	9,0	2,9	4,0	3,0	4,0	2,5	3,0
7A1	10,1	18,4	5,4	7,4	8,2	14,4	4,7	6,4	9,9	18,3	4,1	5,3	7,2	11,4	4,9	6,7	-	-	-	-
7A2	10,5	20,0	4,3	5,6	10,2	19,0	4,3	5,6	9,6	17,7	4,2	5,4	9,4	19,1	3,8	4,8	4,9	9,7	3,9	6,0
7B1	-	-	-	-	11,8	18,2	9,4	13,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7B2	-	-	-	-	13,7	21,8	12,6	17,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7C1	15,9	29,5	7,0	9,6	11,0	19,8	7,4	9,7	11,7	20,4	7,0	10,2	13,2	25,5	6,5	8,8	14,0	11,9	10,2	8,0
7C2A	19,8	39,0	6,1	8,1	17,7	33,0	7,6	10,2	8,2	14,7	4,0	5,2	20,2	42,0	6,6	8,5	-	-	-	-
7C2B	20,7	42,8	6,1	8,0	13,4	24,2	6,5	8,5	-	-	-	-	17,0	28,8	9,3	13,5	-	-	-	-
7C3	24,5	51,7	6,4	8,0	18,1	34,4	6,1	7,7	13,5	22,9	9,8	15,0	28,7	59,6	6,9	8,8	-	-	-	-

(Sumber: Dirjen Bina Marga, MDP 2017)

2.2.3.6. Beban Sumbu Standar Kumulatif (CESAL)

Jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana disebut beban Sumbu Standar Kumulatif (CESAL). CESAL dalam perhitungannya menggunakan nilai VDF untuk masing masing kendaraan niaga yang ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$ESA_{TH-1} = (\sum LHR_{JK} \times VDF_{JK}) \times 365 \times DD \times DL \times R \dots\dots(2.31)$$

Dimana:

ESA_{TH-1} = Kumulatif lintasan sumbu standar ekivalen (*equivalent standar axle*) pada tahun pertama.

LHR_{JK} = Lintas harian rata – rata tiap jenis kendaraan niaga (satuan kendaraan per hari).

VDF_{JK} = Faktor Ekuivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*) tiap jenis kendaraan niaga.

DD = Faktor distribusi arah.

DL = Faktor distribusi lajur.

R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif.

2.2.3.7. Desain Fondasi Jalan

Menurut Manual Desain Perkerasan (MDP 2017) terdapat 3 faktor dalam penentuan desain perkerasan yaitu lalu lintas, tanah dasar, dan pengaruh air. Selain itu, pada perkerasan jalan yang dibangun di tanah gambut dan tanah lunak, karakteristik tanah juga bagian dari faktor yang sangat penting untuk menentukan pondasi jalan. Hal ini disebabkan karena analisis tanah dasar biasa tidak dapat menghasilkan perkerasan dengan kinerja yang yang diharapkan.

Sesuai tabel 2.10. umur perkerasan jalan baru, untuk umur rencana pondasi pada perkerasan lentur maupun kaku digunakan 40 tahun. Hal ini dikarenakan untuk pondasi jalan tidak bisa ditingkatkan selama umur pelayanannya kecuali adanya kontruksi ulang secara menyeluruh. Disamping itu, untuk perkerasan lentur dengan desain fondasi yang dibawah standar akan memerlukan perkuatan lapis aspal tambahan

berulang kali, hal itu menyebabkan tidak efisien dan memerlukan biaya yang lebih mahal dibandingkan perkerasan yang didesain dengan baik.

Daya dukung tanah dasar normal secara umum mempunyai nilai CBR *in-situ* lebih besar dari 2,5%, termasuk pada daerah galian, timbunan maupun tanah asli. Daya dukung tanah yang kurang memadai perlu dilakukan penanganan khusus agar tanah dasar mampu untuk mendukung struktur perkerasan, untuk tanah dasar yang mempunyai nilai CBR 6% atau lebih maka tidak perlu perbaikan. Sedangkan untuk nilai CBR yang dibawah 6% maka diperlukannya lapis penopang. Berikut merupakan tabel yang menunjukkan tebal minimum lapis penopang untuk mencapai CBR desain 6%.

Tabel 2. 15. Bagan Desain - 2: Desain Fondasi Jalan Minimum

CBR Tanah dasar (%)	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Uraian Struktur Fondasi	Perkerasan Lentur			Perkerasan Kaku
			Beban lalu lintas pada lajur rencana dengan umur rencana 40 tahun (juta ESA5)			
			< 2	2 - 4	> 4	
			Tebal minimum perbaikan tanah dasar			Stabilisasi Semen ⁽⁶⁾
			Tidak diperlukan perbaikan			
≥ 6	SG6	Perbaikan tanah dasar dapat berupa stabilisasi semen atau material timbunan pilihan (sesuai persyaratan Spesifikasi Umum, Devisi 3 – Pekerjaan Tanah) (pemadatan lapisan ≤ 200 mm tebal gembur)	-	-	100	300
5	SG5		100	150	200	
4	SG4		150	200	300	
3	SG3		175	250	350	
2,5	SG2,5		400	500	600	
Tanah ekspansif (potensi pemuaian > 5%)			1000	1100	1200	Berlaku ketentuan yang sama dengan fondasi jalan perkerasan lentur
Perkerasan di atas tanah lunak ⁽²⁾	SG1 ⁽³⁾	Lapis penopang ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	650	750	850	
		-atau- lapis penopang dan geogrid ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	1000	1250	1500	
Tanah gambut dengan HRS atau DBST untuk perkerasan untuk jalan raya minor (nilai minimum – ketentuan lain berlaku)		Lapis penopang berbutir ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	1000	1250	1500	

(Sumber: Dirjen Bina Marga, MDP 2017)

2.2.3.8. Pemilihan Struktur Perkerasan

Volume lalu lintas, kondisi fondasi jalan, dan umur rencana menentukan pemilihan struktur perkerasan. Pemilihan struktur perkerasan juga harus mempertimbangkan biaya terendah, kepraktisan pelaksanaan dan juga keterbatasan dalam pelaksanaan maupun perencanaannya. Berikut merupakan tabel pemilihan struktur perkerasan alternative desain.

Tabel 2. 16. Pemilihan Struktur Perkerasan

struktur perkerasan	desain	ESA20 tahun (juta) (pangkat 4 kecuali disebutkan lain)				
		0-0.5	0.1-4	>4-10	>10-30	>30-200
Perkerasan kaku dengan lalu lintas berat (di atas tanah dengan CBR \geq 2.5%)	4	-	-	2	2	2
Pekerasan kaku dengan lalu lintas rendah (desa dan daerah perkotaan)	4A	-	1,2	-	-	-
AC WC modifikasi atau SMA modifikasi dengan CTB (pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC tebal \geq 100 mm dengan lapis pondasi berbutir (pangkat 5)	3B	-	-	1,2	2	2
AC atau HRS tipis diatas lapis pondasi berbutir	3A	-	1,2	-	-	-
Burda atau Burtu dengan LPA Kelas A atau batuan asli	5	3	3	-	-	-
Lapis pondasi soil cement	6	1	1	-	-	-
perkerasan tanpa penutup	7	1	-	-	-	-

(Sumber: Dirjen Bina Marga, MDP 2017)

Keterangan

Tingkat kesulitan: 1. Kontraktor kecil-medium.

2. Kontraktor besar dengan sumber daya yang memadai.

3. Membutuhkan keahlian dan tenaga ahli khusus
dibutuhkan kontraktor spesialis burda.

2.2.3.9. Desain Perkerasan

Pada desain perkerasan yang berdasarkan biaya terendah dan beban lalu lintas rencana ditunjukkan pada beberapa bagan desain berdasarkan jenis perkerasan. Untuk perkerasan lentur terdapat pada bagan desain-3 yang terdiri dari:

- a. Bagan-3 Desain Perkerasan Lentur opsi biaya minimum deng CTB
- b. Bagan Desain - 3A. Desain Perkerasan Lentur dengan HRS
- c. Bagan 3B Desain Perkerasan Lentur – Aspal dengan Lapis Fondasi Berbutir (Sebagai Alternatif dari Bagan Desain- 3 dan 3A)
- d. Bagan Desain - 3C Penyesuaian Tebal Lapis Fondasi Agregat A Untuk Tanah Dasar $CBR \geq 7\%$ (Hanya Untuk Bagan Desain - 3B)

Berikut merupakan tabel untuk bagan desain perkerasan dari perkerasan lentur

Tabel 2. 17. Bagan-3 Desain Perkerasan Lentur Opsi Biaya Minimum Dengan CTB

	F1 ²	F2	F3	F4	F5
	Untuk lalu lintas di bawah 10 juta ESA5 lihat bagan desain 3A – 3B dan 3 C	Lihat Bagan Desain 4 untuk alternatif perkerasan kaku ³			
Repetisi beban sumbu kumulatif 20 tahun pada lajur rencana (10 ⁶ ESA _s)	> 10 - 30	> 30 – 50	> 50 – 100	> 100 – 200	> 200 – 500
Jenis permukaan berpengikat	AC	AC			
Jenis lapis Fondasi	Cement Treated Base (CTB)				
AC WC	40	40	40	50	50
AC BC ⁴	60	60	60	60	60
AC BC atau AC Base	75	100	125	160	220
CTB ⁵	150	150	150	150	150
Fondasi Agregat Kelas A	150	150	150	150	150

Catatan:

1. Ketentuan-ketentuan struktur Fondasi Bagan Desain - 2 berlaku.
2. CTB mungkin tidak ekonomis untuk jalan dengan beban lalu lintas < 10 juta ESA5. Rujuk Bagan Desain - 3A, 3B dan 3C sebagai alternatif.
3. Pilih Bagan Desain - 4 untuk solusi perkerasan kaku dengan pertimbangan *life cycle cost* yang lebih rendah untuk kondisi tanah dasar biasa (bukan tanah lunak).
4. Hanya kontraktor yang cukup berkualitas dan memiliki akses terhadap peralatan yang sesuai dan keahlian yang diizinkan melaksanakan pekerjaan CTB. LMC dapat digunakan sebagai pengganti CTB untuk pekerjaan di area sempit atau jika disebabkan oleh ketersediaan alat.
5. AC BC harus dihampar dengan tebal padat minimum 50 mm dan maksimum 80 mm.

(Sumber: Dirjen Bina Marga, MDP 2017)

Tabel 2. 18. Bagan Desain - 3A. Desain Perkerasan Lentur dengan HRS

Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10 ⁶ CESA _s)	FF1 < 0,5	0,5 ≤ FF2 ≤ 4,0
Jenis permukaan	HRS atau Penetrasi makadam	HRS
Struktur perkerasan	Tebal lapisan (mm)	
HRS WC	50	30
HRS Base	-	35
LFA Kelas A	150	250
LFA Kelas A atau LFA Kelas B atau kerikil alam atau lapis distabilisasi dengan CBR >10% ³	150	125

¹ Bagan Desain -3A merupakan alternatif untuk daerah yang HRS menunjukkan riwayat kinerja yang baik dan daerah yang dapat menyediakan material yang sesuai (*gap graded mix*).

² HRS tidak sesuai untuk jalan dengan tanjakan curam dan daerah perkotaan dengan beban lebih besar dari 2 juta ESA5

³ Kerikil alam dengan atau material stabilisasi dengan CBR > 10% dapat merupakan pilihan yang paling ekonomis jika material dan sumberdaya penyedia jasa yang mumpuni tersedia. Ukuran material LFA kelas B lebih besar dari pada kelas A sehingga lebih mudah mengalami segregasi. Selain itu, ukuran butir material kelas B yang lebih besar membatasi tebal minimum material kelas B. Walaupun dari segi mutu material kelas A lebih tinggi daripada kelas B, namun dari segi harga material LFA kelas A dan B tidak terlalu berbeda sehingga untuk jangka panjang LFA kelas A dapat menjadi pilihan yang lebih kompetitif.

(Sumber: Dirjen Bina Marga, MDP 2017)

Tabel 2. 19. Bagan 3B Desain Perkerasan Lentur – Aspal dengan Lapis Fondasi Berbutir (Sebagai Alternatif dari Bagan Desain- 3 dan 3A)

	STRUKTUR PERKERASAN								
	FFF1	FFF2	FFF3	FFF4	FFF5	FFF6	FFF7	FFF8	FFF9
Solusi yang dipilih					Lihat Catatan 2				
Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10^6 ESA5)	< 2	$\geq 2 - 4$	> 4 - 7	> 7 - 10	> 10 - 20	> 20 - 30	> 30 - 50	> 50 - 100	> 100 - 200
KETEBALAN LAPIS PERKERASAN (mm)									
AC WC	40	40	40	40	40	40	40	40	40
AC BC	60	60	60	60	60	60	60	60	60
AC Base	0	70	80	105	145	160	180	210	245
LPA Kelas A	400	300	300	300	300	300	300	300	300
Catatan	1			2		3			

Catatan Bagan Desain - 3B:

- FFF1 atau FFF2 harus lebih diutamakan daripada solusi FF1 dan FF2 (Bagan Desain - 3A) atau dalam situasi jika HRS berpotensi mengalami *rutting*.
- Perkerasan dengan CTB (Bagan Desain - 3) dan pilihan perkerasan kaku dapat lebih efektif biaya tapi tidak praktis jika sumber daya yang dibutuhkan tidak tersedia.
- Untuk desain perkerasan lentur dengan beban > 10 juta CESA5, diutamakan menggunakan Bagan Desain - 3. Bagan Desain - 3B digunakan jika CTB sulit untuk diimplementasikan. Solusi dari FFF5 - FFF9 dapat lebih praktis daripada solusi Bagan Desain - 3 atau 4 untuk situasi konstruksi tertentu seperti: (i) perkerasan kaku atau CTB bisa menjadi tidak praktis pada pelebaran perkerasan lentur eksisting atau, (ii) di atas tanah yang berpotensi konsolidasi atau, (iii) pergerakan tidak seragam (dalam hal perkerasan kaku) atau, (iv) jika sumber daya kontraktor tidak tersedia.
- Tebal minimum lapis fondasi agregat yang tercantum di dalam Bagan Desain - 3 dan 3 A diperlukan untuk memastikan drainase yang mencukupi sehingga dapat membatasi kehilangan kekuatan perkerasan pada musim hujan. Kondisi tersebut berlaku untuk semua bagan desain kecuali Bagan Desain - 3 B.
- Tebal LFA berdasarkan Bagan Desain - 3B dapat dikurangi untuk *subgrade* dengan daya dukung lebih tinggi dan struktur perkerasan dapat mengalirkan air dengan baik (faktor $m \geq 1$). Lihat Bagan desain 3C.
- Semua CBR adalah nilai setelah sampel direndam 4 hari.

(Sumber: Dirjen Bina Marga, MDP 2017)

Tabel 2. 20. Bagan Desain - 3C Penyesuaian Tebal Lapis Fondasi Agregat A Untuk Tanah Dasar CBR ≥ 7 % (Hanya Untuk Bagan Desain - 3B)

	STRUKTUR PERKERASAN								
	FFF1	FFF2	FFF3	FFF4	FFF5	FFF6	FFF7	FFF8	FFF9
Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10^6 CESA5)	> 2	> 2 - 4	> 4 - 7	> 7 - 10	> 10 - 20	> 20 - 30	> 30 - 50	> 50 - 100	> 100 - 200
TEBAL LFA A (mm) PENYESUAIAN TERHADAP BAGAN DESAIN 3B									
Subgrade CBR $\geq 5.5 - 7$	400	300	300	300	300	300	300	300	300
Subgrade CBR > 7 - 10	330	220	215	210	205	200	200	200	200
Subgrade CBR ≥ 10	260	150	150	150	150	150	150	150	150
Subgrade CBR ≥ 15	200	150	150	150	150	150	150	150	150

(Sumber: Dirjen Bina Marga, MDP 2017)