

BAB II

Tinjauan Pustaka

2.1 Jalan Raya

Jaringan jalan raya yang merupakan prasarana transportasi darat memegang peranan yang sangat penting dalam sektor perhubungan, terutama untuk kesinambungan distribusi barang dan jasa maupun orang. Keberadaan jalan raya sangat diperlukan untuk menunjang laju pertumbuhan ekonomi seiring dengan meningkatnya kebutuhan sarana transportasi yang dapat menjangkau daerah terpencil yang merupakan sentra produksi pertanian (Hendarsin, 2000:1) .

Menurut (Sukirman, 2010:6) Struktur perkerasan jalan sebagai sarana transportasi berfungsi :

- a. Penerima beban lalu lintas yang dilimpahkan melalui roda kendaraan. Oleh karena itu struktur perkerasan perlu memiliki stabilitas yang tinggi, kokoh selama masa pelayanan jalan dan tahan terhadap pengaruh lingkungan.
- b. Pemberi rasa nyaman dan aman kepada pengguna jalan. Oleh karena itu permukaan perkerasan perlu kesat sehingga mampu memberikan gesekan yang baik antara muka jalan dan ban kendaraan, tidak mudah selip ketika permukaan basah akibat hujan atau menikung pada kecepatan tinggi.

Perencanaan perkerasan jalan adalah proses untuk menentukan jenis dan tebal struktur perkerasan jalan yang sesuai dengan kondisi tanah dasar, lalu lintas, dan anggaran yang tersedia. Tujuan dari perencanaan perkerasan jalan atau pedoman yang digunakan untuk merencanakan struktur perkerasan jalan yang dapat memberikan rasa aman, nyaman ketika berkendara dan dapat bertahan selama umur rencanana.

2.2 Pengelompokan Berdasarkan Status Jalan:

Jalan umum menurut statusnya dikelompokkan menjadi 5, yaitu jalan nasional, jalan provinsi, jalan kabupaten, jalan kota dan jalan desa (Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021:24). Berdasarkan fungsi masing-masing yaitu:

- a. Jalan Nasional adalah jalan umum yang diselenggarakan oleh pemerintah pusat, terdiri atas:
 - 1) Jalan arteri primer
 - 2) Jalan kolektor primer, yang menghubungkan antar ibukota provinsi..
 - 3) Jalan tol
 - 4) Jalan strategis nasional.
- b. Jalan Provinsi adalah jalan umum yang diselenggarakan oleh pemerintah provinsi, terdiri atas:
 - 1) Jalan kolektor primer yang menghubungkan ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten atau kota.
 - 2) Jalan strategis provinsi.
 - 3) Jalan di daerah khusus.
- c. Jalan Kabupaten adalah jalan umum yang diselenggarakan oleh pemerintah kabupaten, terdiri atas:
 - 1) Jalan kolektor primer yang tidak termasuk jalan nasional dan provinsi
 - 2) Jalan lokal primer yang menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan, ibukota kabupaten dengan pusat desa, antar ibukota kecamatan, dengan desa dan antar desa.
 - 3) Jalan sekunder yang tidak termasuk jalan provinsi dan jalan sekunder dalam kota.
 - 4) Jalan strategis kabupaten.
- d. Jalan Kota adalah jalan umum yang diselenggarakan oleh pemerintah kota dan berada dalam jaringan jalan di dalam kota.

- e. Jalan Desa adalah jalan umum yang diselenggarakan oleh pemerintah kabupaten, terdiri dari jalan lingkungan primer dan jalan lokar primer yang tidak termasuk jalan kabupaten, berada di dalam kawasan perdesaan, dan menghubungkan kawasan/atau antar pemukiman di dalam desa.

Menurut (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 05, 2023:24) tentang *Persyaratan Teknis Jalan dan Perencanaan Teknis Jalan*, Fungsi jalan memiliki ketentuan teknis berbeda, seperti (V_r) dan lebar jalur lalu lintas. Persyaratan teknis jalan untuk masing-masing ruas jalan dapat dilihat pada **Tabel 2.1**.

Tabel 2.1 Persyaratan Teknis Jalan untuk Ruas Jalan

Fungsi Jalan	Arteri		Kolektor	Lokal
Kelas Jalan	I		II	III
V_r	70-120		60-90	40-70
Lebar Jalur Lalu Lintas (m)	2×10.00	2×14.00	7.00	4.00

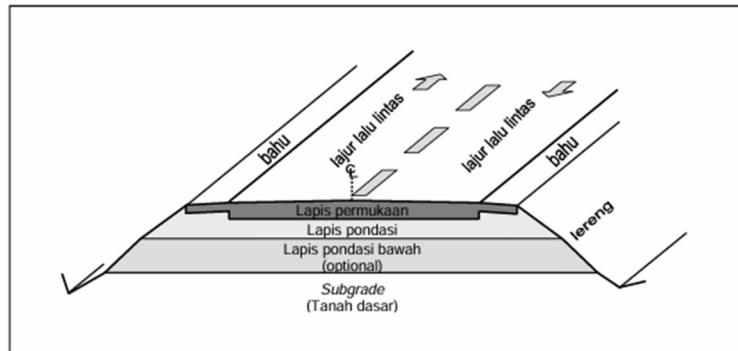
Sumber : (PUPR, 2023:25)

2.3 Jenis Perkerasan

2.3.1 Perkerasan Lentur

Menurut (Sukirman, 2010:12) Umumnya perkerasan lentur baik digunakan untuk melayani beban lalu lintas ringan sampai dengan sedang, seperti jalan perkotaan, jalan lokal dengan sistem utilitas terletak di bawah perkerasan jalan, perkerasan bahu jalan, atau perkerasan dengan konstruksi bertahap. Struktur Perkerasan Lentur terdiri dari beberapa lapis. **Gambar 2.1** menunjukkan jenis lapis perkerasan lentur.

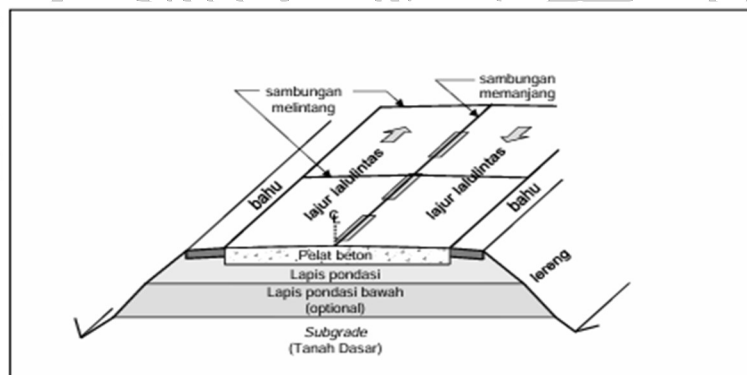
- Lapis permukaan (surface course)
- Lapis pondasi (base course)
- Lapis pondasi bawah (subbase course)
- Lapis tanah dasar (subgrade)



Gambar 2.1 lapisan perkerasan lentur
(Sukirman, 2010:12)

2.3.2 Perkerasan Kaku

Menurut (Sukirman, 2010:14) Perkerasan kaku cocok digunakan untuk jalan dengan volume lalu lintas tinggi yang didominasi oleh kendaraan berat, di sekitar pintu tol, jalan yang melayani kendaraan berat yang melintas dengan kecepatan rendah, atau di daerah jalan keluar atau jalan masuk ke jalan berkecepatan tinggi yang didominasi oleh kendaraan berat. Struktur perkerasan kaku terdiri dari pelat beton sebagai lapis permukaan, lapis pondasi bawah sebagai lapis bantalan yang homogen, dan lapis tanah dasar tempat struktur perkerasan diletakkan. Pelat beton memiliki sambungan melintang seperti pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 lapisan perkerasan kaku
(Sukirman, 2010:14)

2.4 Geometrik Jalan

Geometrik jalan merupakan suatu bangunan yang menggambarkan jalan, yang meliputi tentang penampang melintang, penampang memanjang, maupun aspek lain yang berkaitan dengan bentuk fisik dari jalan. Desain Geometrik sendiri terdiri dari alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal. alinyemen horizontal adalah perencanaan bentuk jalan arah memanjang meliputi panjang, lebar dan kemiringan jalan sedangkan alinyemen vertikal adalah perencanaan bentuk jalan arah melintang yang meliputi perencanaan kemiringan jalan, bentuk dan dimensi lengkung jalan, dan bentuk dan dimensi perkerasan jalan.

Data yang dasar yang digunakan pada perencanaan geometrik adalah jenis jalan, kecepatan rencana, volume dan kapasitas jalan, dan kondisi tanah. Dari data-data tersebut dapat menghasilkan perencanaan geometrik yang memenuhi standar kenyamanan.

2.3.1 Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana adalah kecepatan maksimum yang ditentukan agar kendaraan aman dan nyaman untuk dicapai oleh kendaraan pada suatu ruas jalan. Adapun Persyaratan teknis kecepatan rencana berdasarkan fungsi jalan dapat dilihat pada **Tabel 2.2**.

Tabel 2.2 kecepatan Rencana

Fungsi jalan	Kecepatan Rencana Km/Jam		
	Datar	Perbukitan	Pengunungan
	Jaringan Jalan Primer		
Arteri	80-120	60-80	40-70
Kolektor	60-90	50-70	30-60
Lokal	40-80	30-70	20-60

Sumber: (Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/TBM/1997:11)

Kecepatan rencana memiliki keriterian diantara lain:

- 1) Kecepatan rencana ditentukan berdasarkan fungsi jalan
- 2) Kecepatan rencana ditentukan berdasarkan volume lalu lintas

- 3) Kecepatan rencana ditentukan berdasarkan kondisi topografi, yaitu kondisi permukaan tanah di sepanjang jalan
- 4) Kecepatan rencana memperhatikan karakteristik pengemudi

2.3.2 Jari-jari tikungan

Jari-jari tikungan adalah jarak dari titik pusat tikungan ke tepi luar tikungan. Jari-jari tikungan ini adalah pengukuran penting dalam desain jalan, karena menentukan seberapa tajam tikungan dan seberapa cepat kendaraan dapat dengan aman melalui tikungan. Tikungan dengan jari-jari kecil lebih berbahaya daripada tikungan dengan jari-jari besar, karena kendaraan harus melambat lebih banyak untuk melalui tikungan dengan aman (Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021:45).

$$R_{\min} = \frac{VR^2}{127 \times (e_{\max} + f_m)}$$

Dengan:

R_{\min} = jari-jari minimum (m)

V = Kecepatan

e_{\max} = superlevasi maksimum (%)

F = Koefisien gesekan melintang

2.3.3 Jarak pandang

Jarak pandang merupakan suatu yang diperlukan oleh seorang pengemudi pada saat mengemudi sedemikian sehingga jika pengemudi melihat suatu halangan, pengemudi dapat melakukan sesuatu untuk menghindari dengan aman. Jarak pandang yang harus ada di jalan adalah yang mencukupi untuk kendaraan berjalan pada kecepatan desainnya dan berhenti sesaat sebelum mencapai objek atau halangan yang ada pada lajur jalannya (Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/TBM/1997:21).

Menurut (Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/TBM/1997:20) Terdapat 2 jenis jarak pandang yang paling penting untuk ruas jalan yaitu:

- a. *Stopping sight distance* (Jarak pandang henti atau J_h)

Saat pengemudi berjalan dalam kecepatan tertentu dalam berkendara, jarak pengemudi untuk merasakan untuk bereaksi dan menginjak rem untuk berhenti sebelum mencapai objek berbahaya di depannya. Jarak pandang ini dianggap sebagai jarak minimum yang harus tersedia bagi pengemudi berdasarkan kecepatan rencana.

Menurut (Sukirman, 1999:56) Jarak pandang henti minimum dapat dihitung dengan Persamaan berikut ini:

$$d = 0,278v + \frac{v^2}{254f_m}$$

Dimana:

d = Jarak pandang henti minimum

V = Kecepatan km/jam

t = waktu reaksi

f_m = koefisien gesekan

Jarak pandang henti minimum adalah jarak minimum yang diperlukan oleh setiap pengemudi untuk menghentikan kendaraan dengan aman begitu melihat adanya halangan di depan. Dapat dilihat pada **Tabel 2.3** jarak pandang henti minimum sesuai dengan V_r.

Tabel 2.3 Jarak Pandang Henti Minimum

V _r (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
JPH desain	250	175	120	75	55	40	27	16

Sumber: (Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/TBM/1997:21)

2.3.4 Overtaking sight distance (jarak pandang menyiap atau J_d)

Mendahului kendaraan yang lebih lambat disaat ada ruang yang memadai disertai dengan jarak pandang yang cukup dan marka garis yang memadai. J_d juga dipengaruhi oleh kecepatan kendaraan, kondisi jalan, dan kondisi cuaca.

- a. Kondisi jalan yang baik, seperti permukaan jalan yang halus dan bebas dari hambatan, dapat meningkatkan jarak pandang. Sebaliknya, kondisi jalan yang buruk, seperti permukaan jalan yang bergelombang atau terdapat hambatan.
- c. Kondisi cuaca yang buruk, seperti hujan, kabut, atau malam hari, dapat mengurangi jarak pandang.
- d. Kecepatan berkendara yang tinggi.
- e. Kondisi pengemudi yang lelah dan mengantuk.

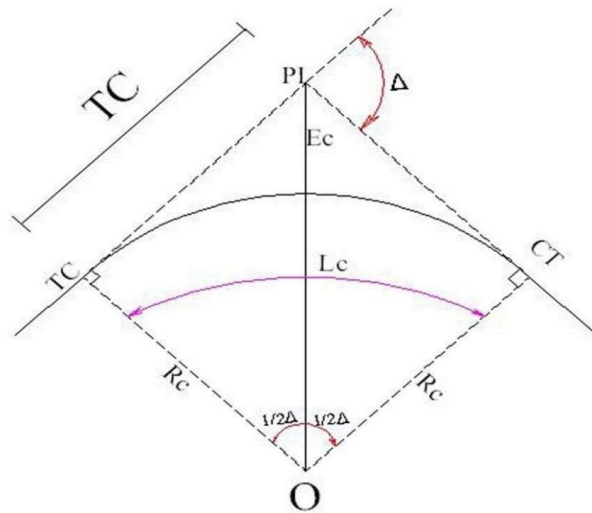
2.4 Alinyemen Horizontal

Menurut Pedoman Desain Geometrik Jalan (2021:45), Alinemen horizontal jalan biasanya terdiri dari kumpulan bagian jalan yang berbentuk busur lingkaran yang lurus dan melengkung yang dihubungkan oleh lengkung peralihan atau tidak sama sekali. Ketika pengemudi melihat alinemen horizontal dan elemen jalan lainnya, seperti rambu untuk batas kecepatan, memengaruhi kecepatan kendaraan mereka. Oleh karena itu, alinemen horizontal digunakan ketika lintasan perancangan perlu dievaluasi karena alasan tertentu atau untuk menyesuaikannya dengan kondisi topografi. Ketika merencanakan alinemen horizontal dilakukan perlu menggunakan jari-jari lengkung yang cukup besar.

2.4.1 Bentuk Lengkungan / Tikungan

a. Bentuk Tikungan *Full Circle* (FC)

Tikungan *full circle* adalah jenis tikungan yang berbentuk melingkar atau tikungan penuh lingkaran. Jenis tikungan ini mempunyai jari jari yang sama antar sisinya. Tikungan *full circle* hanya digunakan untuk jari jari tikungan yang besar agar tidak terjadi patahan. Karena dengan jari jari yang kecil maka diperlukan superelevasi yang besar. Tikungan FC ini memiliki kelebihan, yaitu: memiliki radius yang besar, sehingga memungkinkan kendaraan untuk berbelok dengan kecepatan yang tinggi dan juga memiliki jarak pandang yang pajang. Namun, tikungan FC membutuhkan ruang yang luas, sehingga kurang cocok untuk jalan dengan ruang yang terbatas (Hendarsin, 2000:95). **Gambar 2.2** Berikut menunjukkan bentuk tikungan *Full Circle* (FC).



Gambar 2.3 Tikungan Full Circle (FC)

sumber : (Hendarsin, 2000:95)

Keterangan :

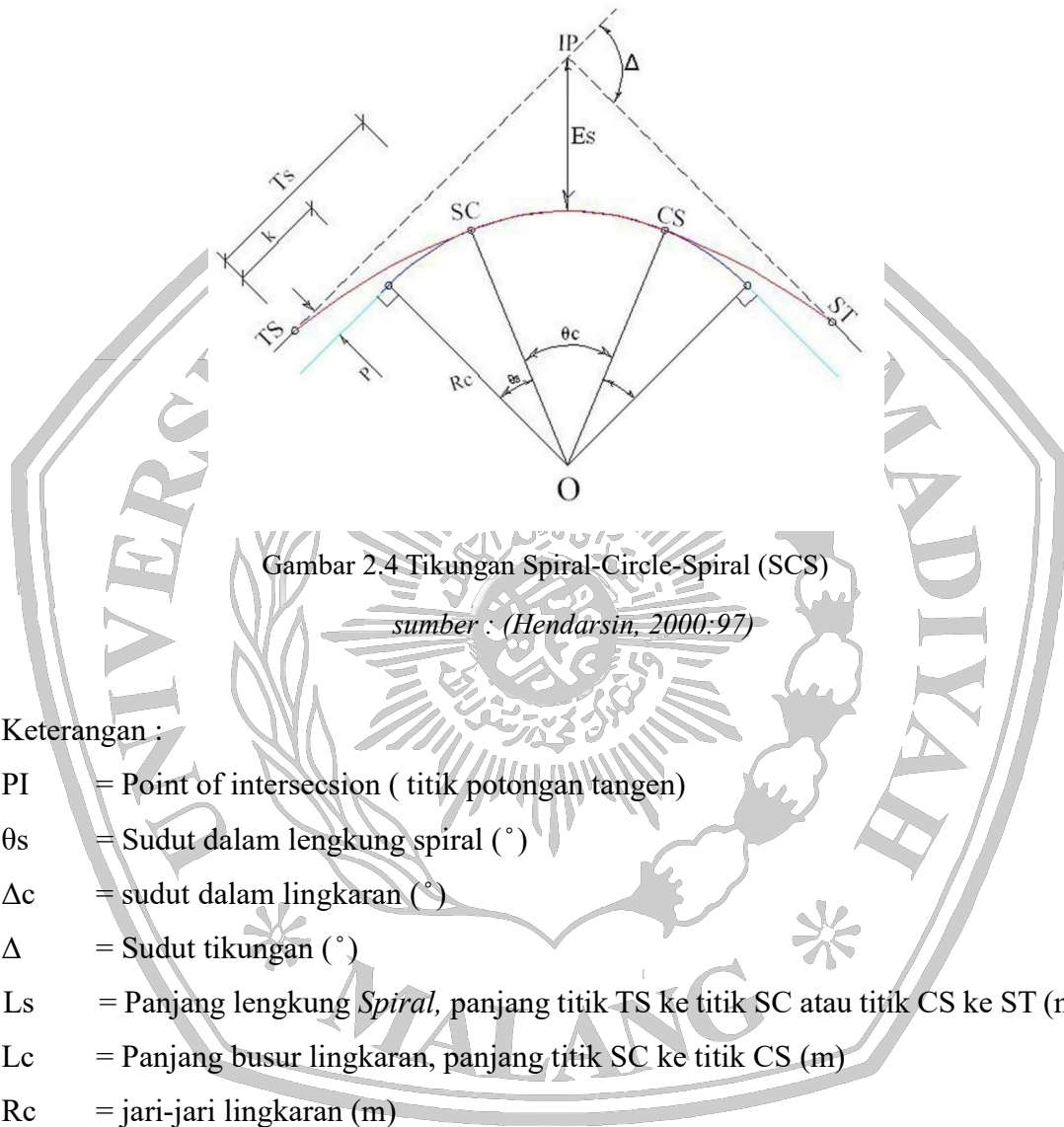
- PI = Point of intersecion (titik potongan tangen)
- TC = titik dari tangen ke circle
- Ec = Jarak luar PI ke busur lingkaran (m)
- Tc = Panjang tangen jarak dari TC ke PI ke CT (m)
- Rc = jari-jari lingkaran (m)
- Lc = Panjang busur lingkaran, dari titik TC ke titik CT (m)
- Δ_c = sudut lingkaran ($^{\circ}$)
- Δ = sudut tikungan alinyemen horizontal ($^{\circ}$)

b. Bentuk Tikungan *Spiral-Circle-Spiral* (SCS)

Spiral-Circle-Spiral adalah tikungan yang terdiri atas 1 lengkung *circle* dan 2 lengkung *spiral*. Pada tikungan bertipe *Spiral-Circle-Spiral* (SCS), kendaraan memasuki daerah peralihan berupa spiral sebelum mencapai lengkung jari-jari tetap. Peralihan ini memungkinkan perubahan gaya sentrifugal terjadi secara bertahap sehingga beban lateral pada kendaraan berkurang. Akibatnya, pengemudi mengalami

perubahan lateral yang lebih halus sehingga kenyamanan dan stabilitas kendaraan selama memasuki dan meninggalkan lengkung semakin terjaga (Hendarsin, 2000:96) .

Gambar 2.2 Berikut menunjukkan bentuk tikungan *Spiral-Circle-Spiral* (SCS).



Gambar 2.4 Tikungan Spiral-Circle-Spiral (SCS)

sumber : (Hendarsin, 2000:97)

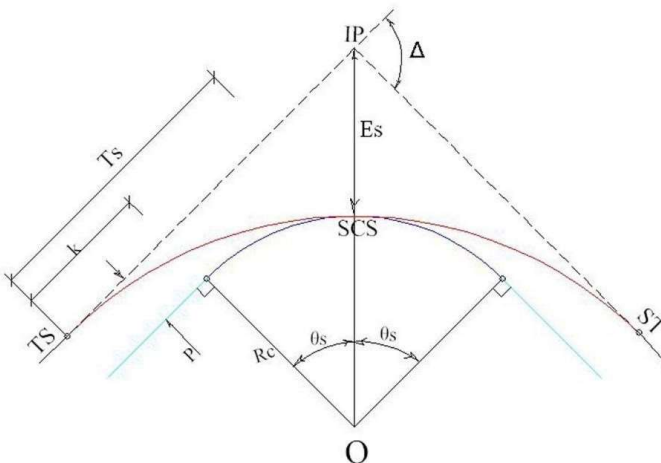
Keterangan :

- PI = Point of intersecion (titik potongan tangen)
- θ_s = Sudut dalam lengkung spiral ($^{\circ}$)
- Δ_c = sudut dalam lingkaran ($^{\circ}$)
- Δ = Sudut tikungan ($^{\circ}$)
- L_s = Panjang lengkung *Spiral*, panjang titik TS ke titik SC atau titik CS ke ST (m)
- L_c = Panjang busur lingkaran, panjang titik SC ke titik CS (m)
- R_c = jari-jari lingkaran (m)
- X_c = Absis titik SC pada garis *Tangen*, jarak dari titik TS ke SC (jarak lurus lengkung peralihan) (m)
- Y_c = Ordinat titik SC pada garis tegak lurus garis *tangen*, jarak tegak lurus garis *Tangen* ke titik SC pada lengkung (m)

- Ts = Panjang *Tangen* jarak dari TS ke PI ata PI ke ST (m)
- K = Absis dari p pada garis *tangen* terhadap *spiral* (m)
- Es = Jarak luar dari PI ke busur lingkaran (m)
- PI = Titik potong antara 2 garis lintasan lurus (m)
- TS = Titik dari *tangen* ke *spiral*
- ST = Titik dari *spiral* ke *tangen*
- SC = Titik dari *spiral* ke *circle*
- CS = Titik dari *Circle* ke *Spiral*

c. Bentuk tikungan *Spiral-spiral* (SS)

Bentuk tikungan *Spiral-spiral* (SS) adalah lengkung tanpa busur lingkaran dan mempunyai sudut *tangen* yang sangat besar. Lengkung SS ini tidak dijumpai adanya busur lingkaran sehingga SC berhimpit dengan titik CS. Tikungan SS ini diperuntukkan ketika ruang gerak kendaraan terbatas sehingga digunakan pada jalan dengan kecepatan rencana yang rendah, seperti jalan lingkungan (Hendarsin, 2000:99). **Gambar 2.3** Berikut menunjukkan bentuk tikungan *Spiral-Spiral* (SS).



Gambar 2.5 Tikungan Spiral-Spiral (SS)

sumber : (Hendarsin, 2000:99)

Keterangan:

PI = Point of interseccion (titik potongan tangen)

θ_s = Sudut dalam lengkung spiral ($^\circ$)

Δ_c = sudut dalam lingkaran ($^\circ$)

Δ = Sudut tikungan ($^\circ$)

Ls = Panjang lengkung *Spiral*, panjang titik TS ke titik SC atau titik CS ke ST (m)

Lc = Panjang busur lingkaran, panjang titik SC ke titik CS (m)

Rc = jari-jari lingkaran (m)

Xc = Absis titik SC pada garis *Tangen*, jarak dari titik TS ke SC (jarak lurus lengkung peralihan) (m)

Yc = Ordinat titik SC pada garis tegak lurus garis *tangen*, jarak tegak lurus garis *Tangen* ke titik SC pada lengkung (m)

Ts = Panjang *Tangen* jarak dari TS ke PI ata PI ke ST (m)

K = Absis dari p pada garis *tangen* terhadap *spiral* (m)

Es = Jarak luar dari PI ke busur lingkaran (m)

TS = titik dari *tangen* ke *spiral*

ST = Titik dari *spiral* ke *tangen*

2.5 Alinyemen Vertikal

Menurut (Sukirman, 1999:158), Alinyemen vertikal adalah perpotongan bidang vertikal dengan bidang permukaan perkerasan jalan melalui sumbu jalan untuk jalan 2 lajur dan 2 arah atau melalui tepi dalam masing-masing perkerasan untuk jalan dengan median. Seringkali juga disebut dengan penampang memanjang jalan. Perencanaan alinyemen vertikal memiliki beberapa hal yang harus diperhatikan yaitu:

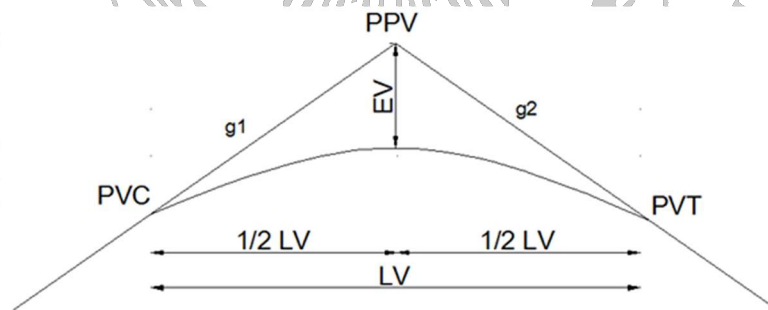
1. Kondisi tanah dasar
2. Kedaan medan
3. Muka air banjir

4. Muka air tanah
5. Keandaian yang memungkinkan.

Menurut (Hendarsin, 2000:113) Alinyemen vertikal adalah perencanaan elevasi sumbu jalan pada setiap titik yang ditinjau, berupa profil memanjang. Kelandaian positif tanjakan dan kelandaian negatif turunan sering ditemui pada perencanaan vertikal. Lengkung vertikal adalah perubahan elevasi jalan terhadap bidang horizontal. Biasanya berkisar antara 2% hingga 4%, kemiringan melintang jalan digunakan untuk membuang air hujan dari badan jalan. Lengkung vertikal memiliki 2 jenis lengkung yaitu:

2.5.1 Lengkung verikal cembung

Lengkung vertikal cembung adalah lengkung yang dimana titik potongan antara kedua tangen berada di atas permukaan jalan. lengkung vertikal cembung biasanya digunakan untuk menstabilkan kecepatan kendaraan pada tanjakan (Hendarsin, 2000:117). **Gambar 2.4** Berikut menunjukkan bentuk Lengkungan Vertikal Cembung.



Gambar 2.6 Lengkungan Vertikal Cembung

sumber : (Hendarsin, 2000:117)

Keterangan:

L_v = Panjang lengkung vertikal

- g_1 = kelandaian tangen jalan naik (%)
- g_2 = kelandaian tangen jalan turun (%)
- PVC = titik akhir lengkung
- PVT = titik akhir lengkung
- E_v = jarak busur ke titik pertemuan kelandaian

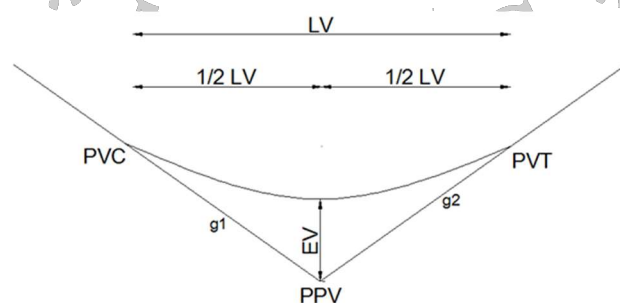
2.5.2 Lengkung vertikal cekung

Lengkung vertikal cekung adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di bawah permukaan jalan. Lengkung vertikal cekung dapat menyebabkan kendaraan yang melaju menuruni jalan karena kecepatannya bertambah secara tiba-tiba, oleh karena itu, lengkungan ini harus direncanakan sedemikian rupa sehingga tidak membahayakan pengguna jalan (Hendarsin, 2000:122).

Syarat lengkung vertikal cekung yaitu:

1. Kemiringan jalan di bagian cekung tidak boleh melebihi kemiringan jalan maksimum yang diizinkan.
2. Panjang lengkung vertikal cekung harus cukup memungkinkan kendaraan melihat kendaraan lain yang datang dari berlawanan arah.
3. Panjang lengkungan vertikal cekung harus cukup untuk memungkinkan kendaraan melambat dengan aman.

Untuk memberikan gambaran lebih jelas mengenai bentuk lengkung vertikal cekung, Lengkung vertikal cekung disajikan pada **Gambar 2.5**.



Gambar 2.7 Lengkungan Vertikal Cekung

sumber : (Hendarsin, 2000:122)

Keterangan:

Lv = Panjang lengkung vertikal

g1 = kelandaian tangen jalan naik (%)

g2 = kelandaian tangen jalan turun (%)

PVC = titik akhir lengkung

PVT = titik akhir lengkung

Ev = jarak busur ke titik pertemuan kelandaian

2.6 Perhitungan Dengan Menggunakan metode Bina Marga (MDPJ) 2024

Metode manual desain perkerasan jalan Bina Marga 2024 adalah salah satu metode dalam perencanaan jalan yang dikeluarkan oleh Direktorat Jendral Bina marga sebagai standar dalam melakukan perencanaan dan pemeliharaan dalam bidang transportasi.

2.6.1 Perhitungan pertumbuhan lalu lintas

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

Keterangan:

R = Faktor Pengali Pertumbuhan Lalu Lintas Kumulatif

I = Laju Pertumbuhan Lalu Lintas Tahunan (%)

UR = Umur Rencana (Tahun)

2.6.2 Menentukan nilai VDF (*Vehicle Damage Factor*)

Faktor Ekuivalen beban digunakan pada perencanaan perkerasan untuk mengubah beban lalu lintas ke beban standar (ESA). Jumlah total ESA pada lajur rencana sepanjang umur rencana digunakan untuk melakukan analisis struktur perkerasan. Penentuan nilai VDF regional untuk menghitung masing-masing jenis kendaraan niaga disajikan pada Tabel 2.4 berikut. Table 2.4 Nilai VDF regional untuk menghitung ESA masing-masing jenis kendaraan niaga

Tabel 2.4 Nilai VDF regional untuk menghitung ESA masing-masing jenis kendaraan

Jenis Kendaraan	Sumatra				Jawa				Kalimantan				Sulawesi				Bali, Nusatenggara, Maluku dan Papua				
	Beban Aktual		Normal		Beban Aktual		Normal		Beban Aktual		Normal		Beban Aktual		Normal		Beban Aktual		Normal		
	VD F 4	VD F 5	VD F 4	VD F 5	VD F 4	VD F 5	VD F 4	VD F 5	VD F 4	VD F 5	VD F 4	VD F 5	VD F 4	VD F 5	VD F 4	VD F 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	1.0
6A	0.6	0.5	0.6	0.5	0.6	0.5	0.6	0.5	0.55	0.5	0.55	0.5	0.6	0.5	0.6	0.5	0.6	0.5	0.6	0.5	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	3.0
7A1	10.1	18.4	5.4	7.4	8.2	14.4	4.7	6.4	0.99	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	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	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 : (Bina Marga, 2024:4-5)

2.6.3 Menghitung Beban Sumbu Standar kumulatif (CESAL)

Total beban sumbu lalu lintas desain pada jalur selama umur rencana disebut beban sumbu standar kumulatif. Nilai *Vehicle Damage factor* (VDF) masing-masing digunakan untuk menghitung cesal, dengan persamaan berikut:

$$ESATH-1 = (\Sigma LHRJK \times VDFJK) \times 365 \times DD \times R$$

Keterangan :

- ESATH-1 = Kumulatif lintasan sumbu standar ekuivalen (*equivalent standar axle*) pada tahun pertama
- $\Sigma LHRJK$ = Lintasan harian rata-rata tiap jenis kendaraan (satuan kendaraan per hari)
- VDFJK = Faktor Ekuivalent Beban (*Vehicle damage factor*) tiap jenis kendaraan niaga
- DD = faktor distribusi arah
- DL = Faktor distribusi lajur
- CESAL = Kumulatif beban sumbu standar ekuivalen (*cumulative equivalent axle single load*) selama umur rencana.
- R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

2.6.4 Desain Struktur Perkerasan

Menurut manual (Desain Perkerasan Jalan (MDPJ) Bina Marga 2024:4-2), yang memengaruhi pemilihan jenis perkerasan yaitu perhitungan volume lalu lintas, kondisi pondasi, dan umur rencana jalan. Data lalu lintas adalah kunci desain struktur perkerasan yang paling memengaruhi kondisi perkerasan jalan dikarenakan kendaraan berat adalah kendaraan yang paling berpengaruh atas kondisi perkerasan jalan karena beban lalu lintas digunakan untuk menentukan besarnya kekuatan dan stabilitas yang diperlukan dari struktur perkerasan. Hasil perhitungan desain struktur perkerasan jalan sangat dipengaruhi, oleh karena itu keakuratan survei kondisi lalu lintas. Berikut disajikan **Tabel 2.5** pemilihan jenis perkerasan berdasarkan struktur perkerasannya.

Tabel 2.5 Pemilihan Jenis 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 (diatas tanah dengan CBR \geq 2,5%)	4			2	2	2
Perkerasan Kaku dengan lalu lintas rendah (desa dan daerah perkotaan)	4A		1.2			
AC WC modifikasi atau SMA meodifikasi dengan CTB (Pangkat 5)	3				2	
AC dengan CTB (Pangkat 5)	3			2		
AC tebal \geq 100 mm dengan laisan pondasi berbutir (Pangkat 5)	3B			1.2		
AC atau HRS tipe diatas lapis pondasi berbutir	3A			1.2		
Burda atau Burtu dengan LPA kelas A atau batuan asli	5	3	3			
Lapis Pondasi soail Cement	6	1	1			
Perkerasan Tanpa Penutup	7	1				

Sumber: (Direktorat Jendral Bina Marga, 2024:3-1)

Catatan : tingkat ketelitian

1. Pengerjaan dilakukan oleh kontraktor dengan sumber daya yang memadai
2. Membutuhkan keahlian dan tenaga ahli khusus sampai kontraktor Burda-burtu.

Desain perkerasan didasarkan pada lalu lintas rencana dan pertimbangan terendah untuk memenuhi kebutuhan lokal, solusi tambah dapat dipilih. Namun, disarankan agar semua desain dimulai dengan menggunakan prosedur yang tercantum dalam manual ini.

Metode ini menggunakan teknik perkerasan lentur. Perkerasan lentur menggunakan jenis campuran beraspal. Pada metode perkerasan lentur menyatukan beberapa metrial mekanik terhadap beban pada roda kendaraan.

Memprediksi kinerja struktur perkerasan dalam hal deformasi permanen dan retak lelah, Respons struktural iini digunakan. Metode ini dikenal sebagai mekanistik empiris karena prediksinya mengacu pada kinerja material di laboratorium dan observasi di lapangan. Pemilihan Perkerasan Lentur Opsi Biaya minum dengan perkerasan lentur opsi pondasi agregat dapat dilihat pada **Tabel 2.6** sebagai berikut.

Tabel 2.6 Perkerasan Lentur Opsi Pondasi Agregat

	F1 ²	F2	F3	F4	F5
Untuk lalu lintas di bawah 10 juta ESA5	Lihat bagan desain 4 untuk alternatif perkerasan kaku				
Repetisi beban sumbu kumulatif 20 tahun pada lajur rencana (10 ⁶ ESA5) Jenis permukaan berperingkat	>10 – 30	>30 – 50	>50-100	>100-200	>200-500
Jenis Lapis Pondasi	<i>Cement Treated Base (CTB)</i>				
AC WC	40	40	40	50	50
AC BC	60	60	60	60	60
AC BC atau AC Base	75	100	125	160	220
CTB	150	150	150	150	150
Fondasi Agregat kelas A	150	150	150	150	150

Sumber: (Bina Marga, 2024:7-12)

Catatan :

- a. Ketentuan-ketentuan struktur fondasi bagian desain.
- b. CTB mungkin tidak ekonomis untuk jalan dengan beban lalu lintas < 10 juta ESAS, Rujuk bagian Desain.
- c. Bagian desain sebagai alternatif untuk solusi perkerasan kaku pada kondisi tanah datar biasa (bukan lunak) dapat dipertimbangkan jika *life-cycle-cost* dan sumber daya stempat memungkinkan.
- d. Hanya kontraktor yang cukup berkualitas dan memiliki akses terhadap peralatan yang sesuai dengan keahlian yang diizinkan melaksanakan pekerjaan CTB. LMC dapat digunakan sebagai pengganti CTB untuk pekerjaan di area sempit atau jika disebabkan oleh ketersediaan alat.
- e. AC-BC harus dihampar dengan tebal pada minimum 50 mm dan maksimum 80 mm.

Pemilihan Perkerasan Lentur Opsi Aspal fondasi berbutir disajikan pada **Tabel 2.8** sebagai berikut.

Tabel 2.7 Desain Perkerasan Lentur dengan Lapisan Pondasi Berbutir

	Struktur perkerasan							
	F(2)1	F(2)2	F(2)3	F(2)4	F(2)5	F(2)6	F(2)7	F(2)8
	Untuk beban rencana <30 juta ESA5 menggunakan Aspal pen 60 - 70				Untuk beban rencana >30 juta ESA5 direkomendasikan Aspal PG70 ⁽³⁾			
Beban Rencana 20 tahun pada lajur rencana (10 ⁶ ESA5)	>1 - 8	>8 - 15	>15 - 30	>30 - 50	>50 - 75	>75 - 95	>95 - 100	>150 - 200
Jenis permukaan berpengikat	AC							
Jenis Lapis Pondasi	Cement Treated Base (CTB)							

Ketebalan Lapis Perkerasan (mm)								
AC WC	40	40	50	40	40	40	40	50
AC BC	60	75	80	65	60	60	80	80
	-	-	-	70	-	-	-	-
AC Base	-	-	-	-	90	100	100	100
	-	-	-	-	-	-	-	-
CTB	150	150	150	150	150	150	150	150
Lapis fondasi kelas B	150	150	150	150	150	150	150	150
Struktur Perkerasan								
	F(2)1	F(2)2	F(2)3	F(2)4	F(2)5	F(2)6	F(2)7	F(2)8
	Untuk beban rencana <30 juta ESA5 menggunakan Aspal pen 60 - 70				Untuk beban rencana >30 juta ESA5 direkomendasikan Aspal PG70 ⁽³⁾			
Timbunan Pilihan Berbutir Kasar atau LFA Kelas C atau	200	200	200	200	200	200	200	200

Sumber: (Bina Marga, 2024:7-14)

Catatan:

- Khusus untuk AC Base dengan alu lintas diatas 30 juta ESA5 **dapat** tidak menggunakan aspal PG70)
- Dapat menggunakan timbunan pilihan berbutir kasar dengan Pi 6-15 dan ukuran butir maksimum 50 mm atau LFA kelas C. **Bilamana** untuk ketiga jenis material tidak terpenuhi. Maka lapisan ini dapat mengganti LFA kelas B dengan ketebalan 200 mm bila harganya sama atau lebih rendah
- Khusus untuk AC WC dan AC BC

Pemilihan Perkerasan Lentur Opsi Agregat A untuk tanah dasar dengan hasil rekapitulasi CBR $\geq 7\%$ disajikan pada **Tabel 2.9** sebagai berikut.

Pemilihan Perkerasan Lentur Opsi HRS disajikan pada **Tabel 2.7** sebagai berikut.

Tabel 2.8 Lapis Pondasi Agregat A untuk Tanah Dasar CBR $\geq 7\%$

	Struktur perkerasan								
	FFF 1	FFF2	FFF3	FFF4	FFF5	FFF6	FFF7	FFF8	FFF9
Repetisi beban sumbu kumulatif 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
	Struktur Perkerasan								
	FFF 1	FFF2	FFF3	FFF4	FFF5	FFF6	FFF7	FFF8	
	Tebal LFA A (mm) penyesuaian terhadap desain Tabel 2.8								
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: (Bina Marga, 2024:7-15)

Tabel 2.9 Desain Perkerasan Lentur dengan HRS

Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10^6 ESA5)	FF1 < 0.5	$0.5 \leq \text{FF2} \leq 4.0$
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%	150	150

Sumber: (Bina Margā, 2024:7-19)

Catatan:

- Bagan desai ini merupakan alternatif daerah yang HRS menunjukkan riwayat kinerja yang baik dan daerah yang dapat menyediakan material yang sesuai (*gap graded mix*)
- HRS tidak sesuai untuk jalan dengan tanjakan curam dan daerah perkotaan dengan beban lebih besar dari 2 juta ESA5

2.7 Perhitungan dengan Metode AASHTO 1993

Salah satu pendekatan yang digunakan dalam proses perencanaan tebal perkerasan jalan adalah metode AASHTO 1993. Metode ini telah menjadi rujukan internasional dalam pereancangan struktur perkerasan jalan. Prosedur perhitungan pada metode AASHTO 1993 mengacu pada ketentuan serta pedoman teknis yang diterbitkan oleh *American Association of State Highway and Transportation Officials* pada tahun 1993 sebagai dasar dalam menentukan ketebalan lapisan perkerasan. Adapun langkah-langkah dalam perhitungan yang menggunakan metode AASHTO 1993 yaitu:

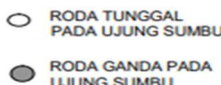
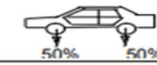







2.7.1 Perhitungan angka Ekuivalen kendaraan (E)

Konstruksi perkerasan jalan menerima beban kendaraan yang dilimpahkan melalui roda kendaraan dan setiap jenis kendaraan memiliki beba ekuivalen yang

berbeda, hal ini bergantung pada berat sendiri kendaraan dan muatan kendaraan. beban kemudian didistribusikan ke perkerasan jalan. Jumlah sumbu kendaraan akan meningkat seiring dengan berat muatan kendaraan.

Distribusi beban kendaraan menunjukkan proporsi atau persentase beban kendaraan berdasarkan jumlah sumbu dan berat tiap sumbu yang dapat dilihat pada **Tabel 2.10** distribusi beban sumbu dan beban kendaraan sebagai berikut.

Tabel 2.10 Distribusi Beban Sumbu Dan Beban Kendaraan

KONFIGURASI SUMBU & TYPE	BERAT KOSONG (ton)	BEBAN MUATAN MAKSIMUM (ton)	BERAT TOTAL MAKSIMUM (ton)	UE 18 KSAL KOSONG	UE 18 KSAL MAKSIMUM	 ○ RODA TUNGGAL PADA UJUNG SUMBU ● RODA GANDA PADA UJUNG SUMBU
1,1 HP	1,5	0,5	2,0	0,0001	0,0005	
1,2 BUS	3	6	9	0,0037	0,3006	
1,2L TRUK	2,3	6	8,3	0,0013	0,2174	
1,2H TRUK	4,2	14	18,2	0,0143	5,0264	
1,22 TRUK	5	20	25	0,0044	2,7416	
1,2+2,2 TRAILER	6,4	25	31,4	0,0085	3,9083	
1,2-2 TRAILER	6,2	20	26,2	0,0192	6,1179	
1,2-2,2 TRAILER	10	32	42	0,0327	10,183	

sumber: (Sukirman, 2010:40)

2.7.2 Menentukan Koefisien Drainase

Menetapkan koefisien drainase merupakan tahap krusial dalam perancangan permukaan jalan guna menjamin pengelolaan air yang efektif di bawah lapisan perkerasan. Koefisien drainase menilai seberapa baik tanah atau permukaan keras dapat mengalirkan air. Digunakan **Tabel 2.12** ini untuk mengidentifikasi kualitas drainase yang tepat.

Tabel 2.10 Penentuan Kualitas Drainase

Kualitas drainase	Kehilangan Air
Baik sekali	2 jam
Baik	1 hari
Sedang	1 minggu
Jelek	1 bulan
Jelek sekali	Air tidak mengalir

Sumber : (AASHTO, 1993:11-22)

$$P_{\text{heff}} = \frac{T_{\text{jam}}}{24} \times \frac{T_{\text{hari}}}{365} \times WL \times 100$$

Keterangan :

P_{heff} = persen harian efektif hujan

T_{jam} = Rata-rata hujan perhari

T_{hari} = Rata-rata hujan pertahun

WL = Faktor air hujan yang akan masuk ke pondasi jalan (%)

Kondisi drainase sangat mempengaruhi daya dukung dan umur rencana jalan. Oleh karena itu, perencanaan perkerasan jalan diperlukan penentuan koefisien drainase yang dapat dilihat pada **Tabel 2.13** di bawah ini.

Tabel 2.11 Penentuan Koefisien Drainase

Kualitas Drainase	Persen Waktu Terstruktur Perkerasan Dipengaruhi Oleh Kadar Air Yang Mendekati Jauh			
	<1%	1-5%	5-25%	>25%
Baik sekali	1.25-1.20	1.20-1.15	1.15-1.10	1.10
Baik	1.20-1.15	1.15-1.10	1.10-1.00	1.00
Sedang	1.15-1.10	1.10-1.00	1.00-0.90	0.90
jelek	1.10-1.00	1.00-0.90	0.90-0.80	0.80
Jelek sekali	1.00-0.90	0.90-0.80	0.80-0.70	0.70

Sumber : (AASHTO, 1993:11-26)

2.7.3 Menentukan reliabilitas (R)

Menurut (Sukirman, 2010:126) diperkenalkan parameter baru yaitu realibilitas, realibilitas adalah tingkat kepastian atau probabilitas bahwa struktur perkerasan mampu melayani arus lalu lintas selama umur rencana sesuai dengan proses penurunan kinerja struktur perkerasan dengan *serviceability* yang di rencanakan. Dapat dilihat pada Tabel 2.14 nilai tabel Reability sesuai fungsi jalan.

Tabel 2.12 Nilai Reliability Sesuai Fungsi Jalan

Fungsi	Reliabilitas	
	Dalam kota	Luar kota
Jalan Antar Kota Dan Bebas Hambatan	85-99,9	80-99,9
Jalan Arteri	80-99	75-95
Jalan Kolektor	80-95	75-95
Jalan Lokal	50-80	50-80

Sumber : (AASHTO, 1993:11-9)

Merujuk pada (AASHTO, 1993:11-26) tingkat realibilitas digunakan untuk memperhitungkan kondisi material kondisi lalu lintas, dan faktor lingkungan yang dinyatakan dalam bentuk deviasi normal yang disajikan pada **Tabel 2.15** di bawah ini.

Tabel 2.13 Deviasi Normal Untuk Tingkat Reliabilitas

Reabilitas (R)	Deviasi standar normal	FR untuk S0 =0,4	FR untuk S0 =0,45	FR untuk S0 =0,5
50	-0.00	1.00	1.00	1.00
60	-0.253	1.26	1.30	1.34
70	-0.253	1.62	1.72	1.83
75	-0.524	1.86	2.01	2.17
80	-0.674	2.17	2.01	2.63
85	-0.841	2.26	2.39	3.30
90	-1.037	3.26	2.93	4.38
91	-1.282	3.44	3.77	4.68
92	-1.340	3.65	4.01	5.04
93	-1.405	3.89	4.29	5.47
94	-1.476	4.19	4.62	5.99
95	-1.555	4.55	5.01	6.65

Reabilitas (R)	Deviasi standar normal	FR untuk S0 =0,4	FR untuk S0 =0,45	FR untuk S0 =0,5
96	-1.645	5.02	5.50	7.51
97	-1.751	5.65	6.14	8.72
98	-1.881	6.63	7.02	10.64
99	-2.327	8.53	8.40	14.57
99,9	-3.090	17.22	11.15	35.08
99,99	-3.750	31.62	24.58	74.99

sumber: (Sukirman, 2010:129)

2.7.4 Menentukan Bahan dan Koefisien Kekuatan Relatif Lapisan (a)

Koefisien kekuatan relatif dari lapisan ini menunjukkan hubungan empiris antara angka struktural (SN) dan ketebalan lapisan aspal pada jalan raya, serta berfungsi sebagai ukuran kemampuan relatif. Kedua Bahan ini yang dapat berperan sebagai elemen struktural dalam konstruksi jalan. Dua faktor penting yang harus diperhatikan dalam merencanakan struktur perkerasan lentur adalah jenis material dan koefisien kekuatan relatif lapisan. Material yang dipakai dalam struktur perkerasan perlu memiliki sifat yang kokoh dan awet, sementara koefisien kekuatan relatif dari lapisan harus sesuai dengan jenis material yang digunakan. Koefisien kekuatan relatif lapisan (a) adalah nilai yang digunakan untuk menggambarkan kekuatan masing-masing lapisan perkerasan (Mentri Pekerjaan umum, 1987:11). Disajikan tabel kekuatan relatif tiap lapisan pada **Tabel 2.16** sebagai berikut.

Tabel 2.14 Koefisien Kekuatan Relatif (a)

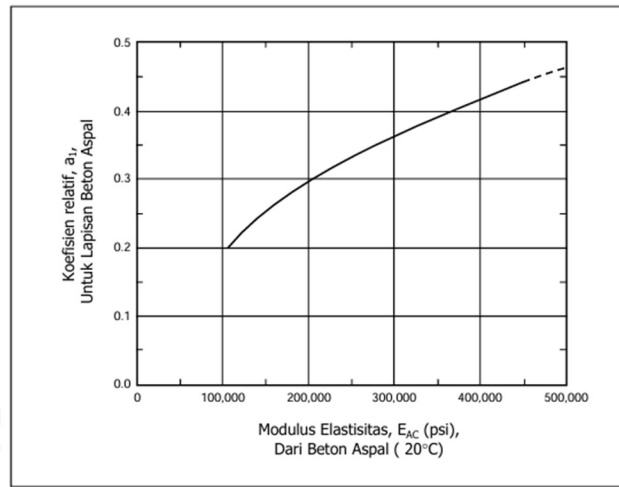
Koefisien kekuatan relatif			Kekuatan bahan			Jenis Bahan
a1	a2	a3	MS(kg)	Kt(kg/cm)	CBR(%)	
0,40	-	-	744	-	-	lason
0,35	-	-	590	-	-	
0,35	-	-	454	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	Lasbutag
0,35	-	-	744	-	-	
0,31	-	-	590	-	-	
0,28	-	-	454	-	-	
0,26	-	-	340	-	-	

Koefisien kekuatan relatif			Kekuatan bahan			Jenis Bahan
0,30	-	-	340	-	-	HRA
0,26	-	-	340	-	-	Aspal macadam
0,25	-	-	-	-	-	Lapen (mekanis)
0,20	-	-	-	-	-	Lapen (manual)
-	0,28	-	590	-	-	
-	0,26	-	454	-	-	Laston Atas
-	0,24	-	340	-	-	
-	0,23	-	-	-	-	Lapen (mekanis)
-	0,19	-	-	-	-	Lapen (manual)
-	0,15	-	-	22	-	Laston Atas
-	0,13	-	-	18	-	Lapen (mekanis)
-	0,15	-	-	22	-	Lapen (manual)
-	0,13	-	-	18	-	Stab. Tanah dengan Semen
						Stab. Tanah dengan kapur
-	0,14	-	-	-	100	Batu pecah (A)
-	0,13	-	-	-	80	Batu pecah (B)
-	0,12	-	-	-	60	Batu pecah (C)
-	-	0,13	-	-	70	Sirtu/pitrun (kelas A)
-	-	0,12	-	-	50	Sirtu/pitrun (kelas B)
-	-	0,11	-	-	30	Sirtu/pitrun (kelas C)
-	-	0,10	-	-	20	Tanah/lempung kepasiran

Sumber : (Mentri Pekerjaan umum, 1987:11)

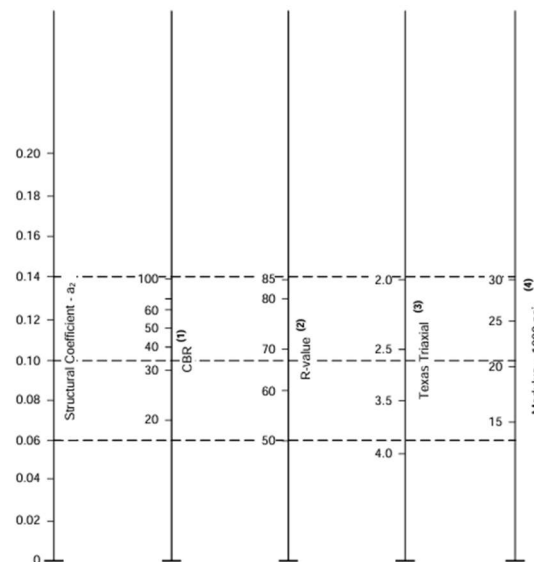
2.7.5 Menghitung Ketebalan Lapisan (Modulus Surface Course)

Koefisien kekuatan relatif lapis permukaan ditentukan dengan menggunakan gambar 2.8 yang berdasarkan nilai koefisien relatif a_1 .



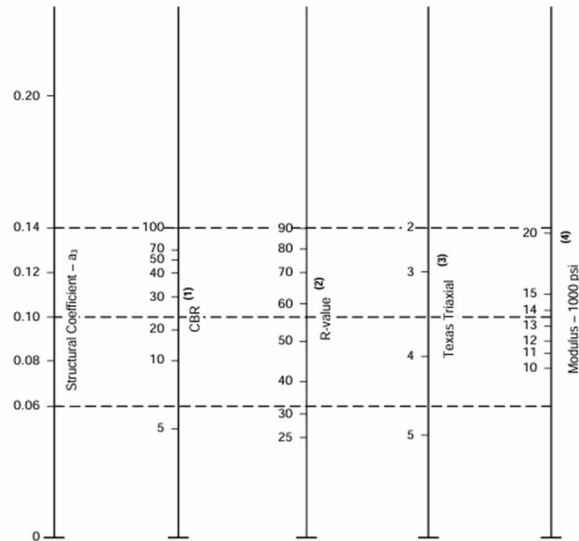
Gambar 2.8 Nilai Modulus Resilent (MR) EAC
(AASHTO, 1993:11-8)

Koefisien kekuatan relatif a_2 untuk lapis pondasi ditentukan menggunakan gambar 2.9



Gambar 2.9 Nilai Modulus Resilent (MR) EBS
(AASHTO, 1993:11-19)

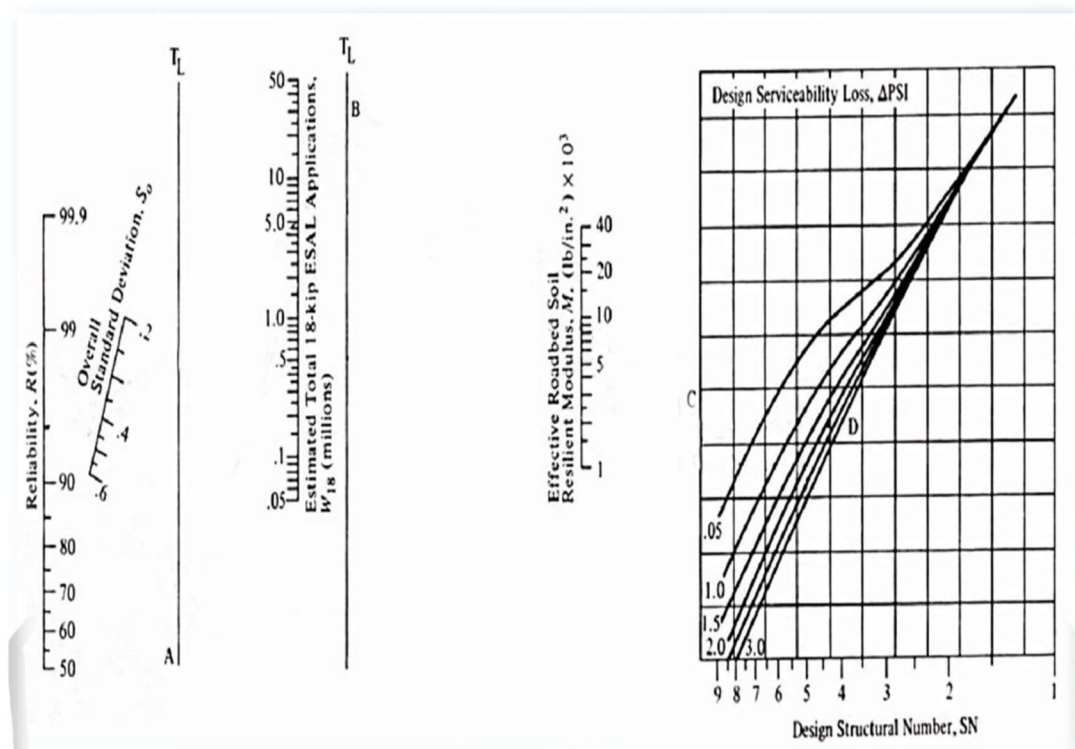
Koefisien kekuatan relatif a_2 untuk lapis pondasi ditentukan menggunakan gambar 2.10



Gambar 2.10 Nilai Modulus Resilent (MR) EBS
(AASHTO, 1993:11-21)

2.7.6 Nilai Struktural Number (SN)

Nilai Structural Number (SN) merupakan angka yang menunjukkan jumlah tebal lapis perkerasan yang telah disertakan kemampuannya sebagai pewujud kinerja perkerasan jalan. koefisien kekuatan relatif (a) adalah angka penyetaraan berbagai jenis lapis perkerasan yang dipengaruhi oleh mutu jenis lapis yang dipilih (Sukirman, 2010:133). Dasar perencanaan dari metode AASHTO yaitu dengan rumus atau menggunakan grafik nomogram pada gambar 2.11 :



Gambar 2.11 Grafik nomogram Struktural Number (SN)
(AASHTO, 1993:11-32)

$$\text{Log}_{10} W_{18} = ZR S_o + 9,36 \text{Log}_{10}(SN + 1) - 0,20 + \frac{\log_{10} \frac{\Delta PSI}{4,2 - 1,5}}{0,40 + \frac{1,094}{(SN + 1)^{5,19}}} + 2,32 \times \log_{10} \times (MR) - 8,07$$

Keterangan :

\$W_{18}\$ = kumulatif beban gandar standar selama umur rencana

\$Z_R\$ = Standar normal deviasi

\$S_o\$ = Combined standar eror dari lalu lintas dan kinerja

\$SN\$ = Struktural number

\$\Delta\$PSI = kehilangan kemampuan pelayanan

\$M_r\$ = Modulus resilien (psi)

2.7.7 Tebal Minimum Lapisan

Tebal minimum pada lapisan perkerasan dilihat pada **Tabel 2.17** berikut.

Tabel 2.15 ESAL Terhadap Tebal Minimum

Lalu Lintas rancangan	Lalu lintas rancangan	Lalu lintas rancangan
<50.000	1	4
50.001-150.000	2	4
150.001-500.000	2,5	4
500.001-2.000.000	3	6
2.000.001-7.000.000	3,5	6
>7.000.000	4	6

Sumber : (AASHTO, 1993:11-35)

2.9 Rencana Anggaran Biaya

Dalam merencanakan pembangunan jalan raya, sangat penting untuk menyusun anggaran biaya yang akan digunakan untuk membeli material dan membayar upah para tenaga kerja. Dalam merencanakan sebuah perkerasan jalan raya, penting untuk membuat estimasi anggaran biaya guna mengetahui besaran biaya yang dibutuhkan untuk membangun proyek konstruksi tersebut. Rencana Anggaran Biaya (RAB) merupakan elemen krusial dalam sebuah proyek, sehingga setiap proyek perlu dianalisis untuk mencegah terjadinya pembengkakan biaya akibat penggunaan bahan yang tidak sesuai atau anggaran yang tidak mencukupi karena material yang digunakan tidak memenuhi standar yang telah ditetapkan. Oleh karena itu, RAB memiliki peran yang sangat vital. Rencana Anggaran Biaya (RAB) memiliki peranan yang krusial dalam suatu proyek. Rencana anggaran biaya dapat dihitung dengan rumus:

$$RAB = \Sigma (\text{volume} \times \text{Harga satuan pekerjaan})$$

2.8.1 Bagian – Bagian Rencana Anggaran Biaya

Menurut merencanakan anggaran biaya pada suatu pekerjaan proyek, perlu menghitung setiap aspek yang ada dalam merencanakan anggaran yang mencakup:

a. Volume Pekerjaan

Volume pekerjaan merupakan total keseluruhan dari suatu pekerjaan yang akan dilakukan. Volume pekerjaan dapat dinyatakan dalam satuan meter, meter persegi, meter kubik, dan lain sebagainya.

b. Satuan

Satuan adalah suatu ukuran dari pekerjaan yang akan dilaksanakan. Satuan juga dapat berupa persegi, meter kubik, meter dan sebagainya.

c. Harga satuan

Harga satuan adalah biaya yang dibutuhkan agar menyelesaikan setiap unit pekerjaan. Harga satuan dapat diperoleh dari berbagai sumber, seperti harga kontrak kerja dan sebagainya.

d. Upah tenaga kerja

Upah tenaga kerja adalah pengeluaran yang diperlukan untuk membayar pekerja yang terlibat dalam suatu proyek. Gaji pekerja bisa didapatkan dari sejumlah sumber, seperti upah minimum, perjanjian kerja, dan sebagainya.

e. Total

Total adalah sejumlah biaya yang dibutuhkan untuk menyelesaikan seluruh pekerjaan. Total didapatkan dengan mengalikan volume pekerjaan dengan harga satuan.

2.8.2 Analisa Harga Satuan

Analisis harga satuan merupakan metode dalam menghitung biaya proyek yang mengacu pada harga per unit bahan dan upah tenaga kerja. Metode ini adalah merupakan yang paling sering digunakan untuk menghitung biaya proyek, karena kelebihan utamanya adalah relatif derhana dan mudah dalam penerapannya.

2.8.3 Analisa Harga Satuan Tenaga Kerja

Analisa harga satuan tenaga kerja berdasarkan kemampuan pekerja sesuai dengan tipe pekerjaan dan pengalaman yang dimiliki. Pekerjaan jalan dilakukan secara

mandiri umumnya memerlukan bantuan pekerja serta seorang mandor atau kepala tukang.

2.8.4 Analisa harga satuan alat

Analisa harga satuan alat dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti biaya alat, gaji operator atau sopir, tenaga mesin, kapasitas kerja, jam kerja, dan harga alat itu sendiri. Sebelum dapat menghitung harga satuan peralatan, Anda perlu mengetahui biaya sewa untuk peralatan yang akan digunakan.

2.8.5 Analisa Harga Satuan Bahan

Beberapa faktor yang memengaruhi harga dasar bahan meliputi kualitas, kuantitas, dan tempat asal bahan tersebut. Faktor-faktor tersebut merupakan dasar dalam penentuan spesifikasi harga satuan bahan. Keterlambatan dalam penyediaan bahan dapat menghambat pelaksanaan sebuah proyek, sehingga penting untuk memperhatikan penyediaan bahan karena hal ini akan berdampak pada perhitungan volume pekerjaan. Bahan dasar untuk pembangunan jalan terdiri dari agregat kasar, agregat halus, dan aspal .