

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perencanaan Geometrik

2.1.1 Pengertian Jalan

Berdasarkan UU. No 2 Tahun 2022 Tentang Perubahan Kedua Atas UU No 38 Tahun 2004 Tentang Jalan menjelaskan bahwa jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan penghubung, bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, diatas permukaan tanah, dibawah permukaan tanah, dan/atau air, serta diatas permukaan air, kecuali jalan rel, jalan lori, dan jalan kabel.

Sistem jaringan jalan adalah satu kesatuan ruas jalan yang saling menghubungkan dan mengikat pusat kegiatan/pusat pertumbuhan, dan simpul transportasi dengan wilayah yang berada dalam pengaruh pelayanannya dalam satu hubungan hierarkis.

Perencanaan geometrik jalan merupakan salah satu dari suatu perencanaan konstruksi jalan, yang terdiri atas rancangan pola arah dan visualisasi dimensi nyata dari trase jalan serta bagian-bagiannya. Hal itu harus disesuaikan dengan persyaratan parameter pengendara, kendaraan dan lalu-lintas.

2.1.2 Bagian-bagian Jalan

Untuk memenuhi mobilitas, konstruksi jalan, keperluan peningkatan kapasitas jalan dan keselamatan bagi pengguna maka setiap jalan harus memiliki bagian-bagian jalan. Berikut merupakan bagian dari ruang jalan, diantaranya:

a) Ruang Manfaat Jalan (Rumaja)

Pada sepanjang jalan ruang ini meliputi badan jalan, saluran tepi jalan untuk drainase permukaan, talud timbunan atau galian, dan ambang pengaman jalan yang dibatasi oleh tinggi 5 meter diatas permukaan perkerasan pada sumbu jalan dan kedalaman ruang bebas 1,5 meter di bawah muka jalan, serta rubeja jika diperlukan.

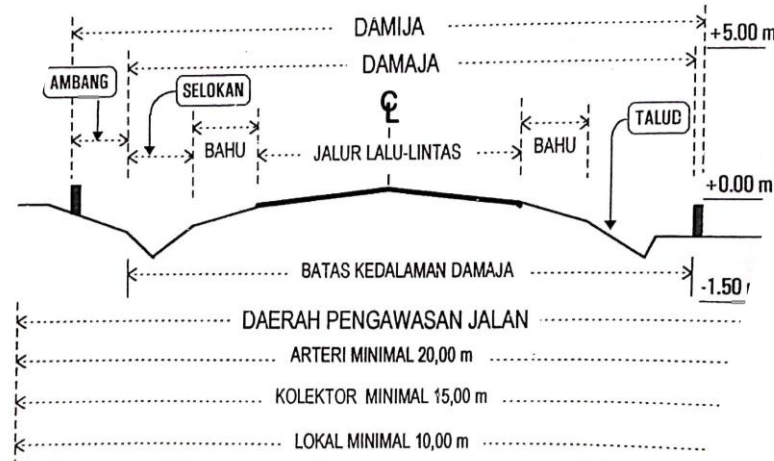
b) Ruang Milik Jalan (Rumija)

Merupakan ruang sepanjang jalan yang dibatasi oleh lebar yang sama dengan Damaja, tinggi, dan kedalaman tertentu. Rumija diperuntukkan bagi ruang manfaat

jalan, pelebaran jalan, dan penambahan jalur lalu lintas di masa yang akan datang, serta kebutuhan ruang untuk pengamanan jalan.

c) Ruang Pengawasan Jalan (Ruwasja)

Merupakan ruang sepanjang jalan di luar ruang milik jalan yang dibatasi oleh lebar dan tinggi tertentu diluar rumija, dan diperuntukkan bagi pandangan bebas pengemudi dan pengamanan konstruksi jalan serta pengamanan fungsi jalan.



Gambar 2.1 Damaja, Damija, dan Dawasja di Lingkungan Jalan Antar Kota

Sumber: TPGJAK NO.038/T/BM/1997

2.1.3 Klasifikasi Jalan

Jalan merupakan suatu lintasan yang digunakan untuk lalu-lintas baik kendaraan maupun pejalan kaki. Jalan dibagi kembali sesuai dengan peruntukannya dan fungsinya.

a. Klasifikasi Berdasarkan Peruntukannya

Berdasarkan peruntukannya jalan dibagi menjadi dua yaitu,

- 1) Jalan umum, dimana peruntukannya untuk lalu-lintas umum
- 2) Jalan khusus, dimana jalan khusus diperuntukkan untuk melayani lalu-lintas umum dalam rangka distribusi barang dan jasa yang dibutuhkan.

b. Klasifikasi Berdasarkan Fungsinya

Berdasarkan fungsinya jalan umum dikelompokkan kembali menjadi empat, diantaranya sebagai berikut:

- 1) Jalan Arteri, merupakan jalan yang memiliki fungsi untuk melayani angkutan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.

- 2) Jalan kolektor, merupakan jalan yang memiliki fungsi untuk melayani angkutan pengumpulan/pembagian dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi.
- 3) Jalan lokal, merupakan memiliki fungsi untuk jalan yang melayani angkutan setempat/lokal dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.
- 4) Jalan Lingkungan, merupakan jalan umum yang memiliki fungsi untuk melayani angkutan lingkungan dengan ciri jarak perjalanan dekat dan kecepatan rendah.

c. Klasifikasi Jalan Berdasarkan Penggunaan Jalan

Jalan, berdasarkan fungsi dan intensitas lalu lintas guna kepentingan pengaturan penggunaan jalan , diklasifikasikan menjadi 4 seperti diuraikan dalam

Tabel 2.1 Kelas Jalan Sesuai Penggunaannya

Kelas Jalan	Fungsi Jalan	Dimensi Kendaraan, m			Muatan Sumbu Terberat (MST) ton
		Lebar	Panjang	Tinggi	
Kelas I	Arteri, Kolektor	$\leq 2,55$	$\leq 18,0$	$\leq 4,2$	10
Kelas II	Arteri, Kolektor, Lokal, dan Lingkungan	$\leq 2,56$	$\leq 12,0$	$\leq 4,3$	8
Kelas III		$\leq 2,2$	$\leq 9,0$	$\leq 3,5$	8
Kelas Khusus	Arteri	$> 2,55$	$> 18,0$	$\leq 4,2$	> 10

Sumber : PDGJ NO.13/P/BM/2021

d. Klasifikasi Medan Jalan

Untuk setiap klasifikasi medan mempunyai ciri-ciri, baik secara bentuk fisik unsur geometrik maupun secara operasional dari pengguna jalan, dan ciri-ciri tersebut saling sinergi satu dengan lainnya. Tabel menunjukkan klasifikasi tersebut dan kriterianya.

Tabel 2.2 Klasifikasi Medan Jalan.

No	Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan*) %
1	Datar	D	< 10
2	Bukit	B	10 - 25
3	Gunung	G	> 25

Catatan: *) nilai kemiringan medan rata-rata per 50 m dalam satu kilometer

Sumber : PDGJ NO.13/P/BM/2021

Dimana cara menentukan medan yaitu dengan rumus :

$$i = \frac{h \text{ titik kanan} - h \text{ titik kiri}}{L} \times 100\% \quad (2.1)$$

Dimana :

- i = Kelandaian Melintang
- h titik kanan = Elevasi pada titik kanan
- h titik kiri = Elevasi pada titik kiri

2.1.4 Karakteristik lalu-lintas

Dalam perencanaan teknik jalan, data lalu lintas merupakan data utama yang diperlukan. Karena untuk merencanakan kapasitas jalan tergantung dari komposisi lalu-lintas yang akan menggunakan jalan yang akan ditinjau.

Pada penentuan karakteristik geometrik, besarnya volume atau arus lalu lintas ini diperlukan untuk menentukan jumlah dan lebar lajur pada satu jalur jalan. Dalam menentukan kelas beban atau MST (Muatan Sumbu Terberat) ditentukan oleh jenis kendaraan yang akan berpengaruh pada perencanaan konstruksi perkerasan.

a. Kendaraan Rencana

Kendaraan rencana merupakan suatu dimensi dan radius putar kendaraan yang digunakan untuk acuan dalam perencanaan geometrik. Kendaraan Rencana dibagi menjadi 3 (tiga) kelompok, diantaranya:

1. Kendaraan ringan/kecil (LV)

Kendaraan ini merupakan kendaraan bermotor yang memiliki 2 (dua) as dengan empat roda dan denan as berjarak 2,00 – 3,00 m. Kendaraan yang termasuk ke dalam kendaraan ringan/kecil (LV) yaitu, mobil penumpang, mikrobus, oplet, pick up, dan truk kecil sesuai dengan klasifikasi Bina Marga)

2. Kendaraan sedang (MHV)

Merupakan kendaraan bermotor bergandar dua, dengan jarak 3,5 – 5,0 m. kendaraan sedang ini meliputi, bus kecil, truk dua as dengan enam roda,sesuai dengan sistem klasifikasi Bina Marga

3. Kendaraan Berat/Besar (LB-LT)

Pada kendaraan berat/besar ini terdiri dari:

- a. Bus Besar (LB), yaitu bus dengan dua atau tiga gandar dengan jarak as 5,0-6,0 m

b. Truk Besar (LT), yaitu truk yang mempunyai tiga gandar dan truk kombinasi tiga, dengan jarak gandar (gandar pertama ke gandar kedua) < 3,50 m

4. Sepeda Motor

Sepeda motor merupakan kendaraan bermotor yang memiliki dua atau tiga roda. Kendaraan ini terdiri atas, sepeda motor, dan kendaraan roda tiga (sesuai dengan klasifikasi Bina Marga).

5. Kendaraan tak Bermotor (UM)

Kendaraan ini merupakan kendaraan dengan roda yang digerakkan oleh orang maupun hewan. Jenis kendaraan tak bermotor ini terdiri atas, sepeda, becak, kereta kuda, dan kereta dorong (sesuai dengan klasifikasi Bina Marga).

Berikut merupakan tabel untuk dimensi kendaraan rencana.

Tabel 2.3 Dimensi Kendaraan Rencana

Kategori kendaraan rencana	Dimensi kendaraan utama (ton)			Tonjolan(cm)		Radius putar (cm)		Radius tonjolan (cm)
	Tinggi	Lebar	Panjang	Depan	Belakang	Min	Maks	
Kecil	130	210	580	90	150	420	730	780
Sedang	410	260	1210	210	240	740	1280	1410
Besar	410	260	2100	120	90	290	1400	1370

Sumber: TPGJAK NO.038/T/BM/1997

b. Komposisi Lalu-lintas

Pada komposisi lalu-lintas adanya volume Lalu-lintas harian rata-rata (VLHR), yang merupakan suatu volume perkiraan pada lalu-lintas harian di akhir tahun rencana lalu-lintas yang dinyatakan dalam smp/hari.

1. Satuan Mobil Penumpang (SMP)

Satuan mobil penumpang atau biasa disebut smp, merupakan satuan arus lalu-lintas, dimana arus dari berbagai tipe kendaraan telah diubah menjadi kendaraan ringan (termasuk mobil penumpang dengan menggunakan emp).

2. Ekuivalen Mobil Penumpang (emp)

Merupakan faktor konversi berbagai jenis kendaraan dibandingkan dengan mobil penumpang atau kendaraan ringan lainnya sehubungan dengan dampaknya pada perilaku lalu-lintas (untuk mobil penumpang dan kendaraan ringan lainnya, emp = 1,0)

3. Faktor (F)

Faktor F merupakan variasi tingkat lalu-lintas per 15 menit dalam VLHR menjadi lalu-lintas jam sibuk.

4. Faktor VLHR (K)

Faktor untuk mengubah volume yang dinyatakan dalam VLHR menjadi lalu-lintas jam sibuk.

5. Volume Jam Rencana (VJR)

JR merupakan perkiraan volume lalu-lintas pada jam sibuk tahun rencana lalu-lintas, dinyatakan dalam smp/jam, dihitung dengan rumus :

$$VJR = VLHR \times K/F$$

VJR digunakan untuk menghitung jumlah lajur dan fasilitas lalu-lintas lainnya yang diperlukan.

Tabel 2.4 Penentuan Faktor-K dan Faktor-F berdasarkan Volume Lalu-lintas Harian Rata-rata

LHR	Faktor-K(%)	Faktor-F (%)
>50.000	4-6	0,9-1
30.000 – 50.000	6-8	0,8 – 1
10.000 – 30.000	6 – 8	0,8 – 1
5000 – 10.000	8 -10	0,6 – 0,8
1.000 – 5.000	10 – 12	0,6 – 0,8
< 1.000	12 – 16	< 0,6

Sumber : TPGJAK

6. Kapasitas (C)

Volume lalu-lintas maksimum (mantap) yang dapat dipertahankan (tetap) pada suatu bagian jalan dalam kondisi tertentu (misalnya : rencana geometrik, lingkungan, komposisi lalu-lintas dan sebagainya).

Catatan : (biasanya dinyatakan dalam kend/jam atau smp/jam).

Kapasitas harian sebaiknya tidak digunakan sebagai ukuran karena akan bervariasi sesuai dengan faktor-K.

7. Derajat Kejenuhan (DS)

Rasio volume lalu-lintas terhadap kapasitas (biasanya dihitung per jam)

2.1.5 Kecepatan Rencana (V_R)

Kecepatan rencana (V_R) merupakan suatu kecepatan yang dipilih, untuk digunakan sebagai dasar dalam perencanaan geometrik jalan, agar kendaraan-kendaraan dapat bergerak dengan aman dan nyaman, baik dalam keadaan cuaca yang cerah, lalu lintas yang lengang maupun pengaruh samping jalan yang tidak berarti. Berikut merupakan tabel untuk menentukan kecepatan rencana (V_R) dalam masing-masing fungsi jalan.

Tabel 2.5 Kecepatan Rencana (V_R)

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: TPGJAK NO.038/T/BM/1997

2.1.6 Karakteristik Geometrik

1. Tipe jalan

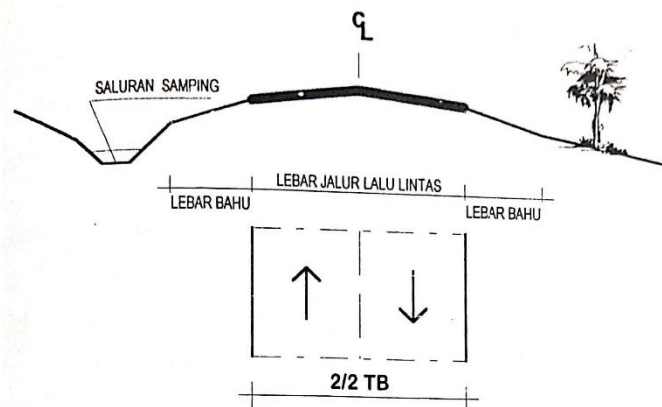
Dalam menentukan jumlah lajur dan arah pada suatu segmen tergantung terhadap tipe jalannya, untuk jalan-jalan luar kota sebagai berikut:

- 2 lajur 1 arah (2/1)
- 2 lajur 2 arah tak-terbagi (2/2 TB)
- 4 lajur 2 arah tak-terbagi (4/2 TB)
- 4 lajur 2 arah terbagi (4/2 B)
- 6 lajur 2 arah terbagi (6/2 B)

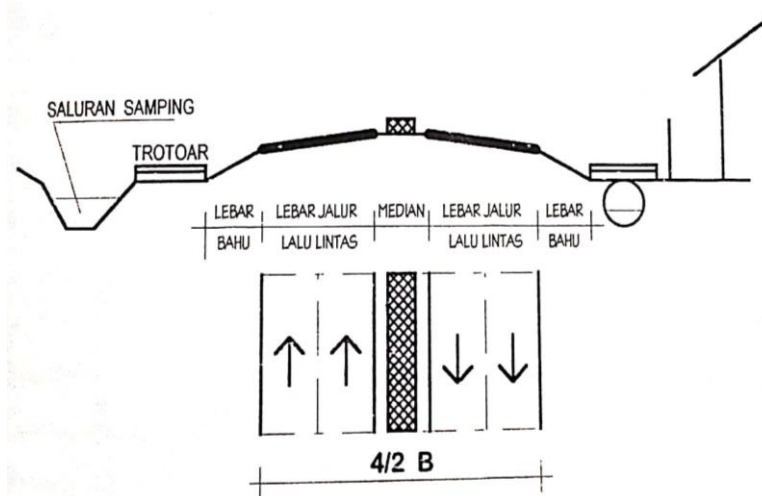
Bagian-bagian Jalan

Yang termasuk kedalam bagian-bagian jalan diantaranya:

- a) Lebar jalur (W_c), merupakan lebar (m) jalur jalan yang dilintasi dan tidak termasuk bahu jalan
- b) Lebar bahu (W_s), merupakan lebar bahu (m) disamping jalur jalan yang dilintasi. Bahu jalan ini direncanakan untuk ruang kendaraan yang berhenti sesekali, pejalan kaki, dan kendaraan lambat.
- c) Median (M), merupakan daerah yang memisahkan arah lalu-lintas pada suatu segmen jalan, yang terletak pada bagian tengah (direndahkan/ditinggikan).



Gambar 2.2 Tipikal Potongan Melintang Normal dan Denah Untuk 2/2 TB



Gambar 2.3 Tipikal Potongan Melintang Normal dan Denah Untuk 4/2 B

Tabel 2.6 Penentuan Lebar Jalur dan Bahu Jalan

VLHR Smp / hari	Arteri				Kolektor				Lokal			
	Ideal		Min		Ideal		Min		Ideal		Min	
	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu
<3000	6,0	1,5	4,5	1,0	6,0	1,5	4,5	1,0	6,0	1,0	4,5	1,0
3000 - 10000	7,0	2,0	6,0	1,5	7,0	1,5	6,0	1,5	7,0	1,5	6,0	1,0
10001 - 25000	7,0	2,0	7,0	2,0	7,0	2,0	Mengacu pada persyaratan ideal		Tidak ditentukan			
>25000	2n x 3,5	2,5	2 x 7,0	2,0	2n x 3,5	2,0						

Sumber : TPGJAK

2.1.7 Jarak pandang

Jarak pandang merupakan suatu jarak yang diperlukan oleh seorang pengemudi pada saat mengemudi sedemikian rupa, sehingga jika pengemudi melihat suatu halangan yang membahayakan, pengemudi dapat melakukan suatu antisipasi untuk menghindari bahaya tersebut dengan aman.

Untuk mendapatkan keamanan dan kenyamanan pengemudi kendaraan dalam melihat situasi pada saat mengemudi, tergantung pada jarak pandang yang dilihat dari tempat duduknya. Panjangnya jalan yang diukur dari tempat duduk mengemudi, disebut jarak pandangan.

Jarak pandangan ini sangat berguna diantaranya:

- Untuk menghindarkan terjadinya tarakan yang dapat membahayakan pengemudi, baik itu akibat adanya benda yang berukuran cukup besar, kendaraan yang sedang berhenti, pejalan kaki, ataupun hewan-hewan pada lajur jalannya.
- Untuk memberi sinyal mendahului kendaraan lain yang bergerak dengan kecepatan lebih rendah dengan mempergunakan lajur sebelahnya.
- Menambah efisiensi jalan tersebut, sehingga volume pelayanan dapat dicapai semaksimal mungkin.
- Sebagai pedoman untuk mengatur lalu-lintas dalam menempatkan rambu-rambu lalu-lintas yang diperlukan pada setiap segmen jalan.

Jarak pandang terdiri dari :

- Jarak pandang henti (J_h) dan
- Jarak pandang mendahului (J_d).
- Menurut ketentuan Bina Marga adalah sebagai berikut:

a. Jarak Pandang Henti (J_h)

1) Jarak Minimum

J_h merupakan jarak minimum yang diperlukan oleh setiap pengemudi untuk menghentikan kendaraannya dengan aman begitu melihat adanya halangan di depan. Setiap titik di sepanjang jalan harus memenuhi ketentuan J_h .

2) Asumsi Tinggi

J_h diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan 15 cm, yang diukur dari permukaan jalan.

3) Elemen – Jh

Jh terdiri atas dua elemen jarak, yaitu:

- a) Jarak Tanggap (Jht), merupakan jarak yang ditempuh oleh kendaraan sejak pengemudi melihat suatu halangan yang menyebabkan ia harus berhenti sampai saat pengemudi menginjak rem, dan
- b) Jarak Pengereman (Jhr), merupakan jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan sejak pengemudi menginjak rem sampai kendaraan berhenti.

4) Rumus yang digunakan :

Jh dalam satuan meter, dapat dihitung dengan rumus :

$$Jh = Jht + Jhr \quad (2.1)$$

$$Jh = \frac{VR}{3,6} T + \frac{\left(\frac{VR}{3,6}\right)^2}{2gf} \quad (2.2)$$

Dimana :

VR = kecepatan rencana (km/jam)

T = waktu tanggap, ditetapkan 2,5 detik

g = percepatan gravitasi, ditetapkan 9,8 m/det²

f = koefisien gesek memanjang antara ban kendaraan dengan perkerasan jalan aspal, (fp = 0,35 – 0,55)

Persamaan (2.3) dapat disederhanakan menjadi :

Untuk jalan datar :

$$Jh = 0,278 VR T + \frac{VR^2}{254 Fp} \quad (2.3)$$

Untuk jalan dengan kelandaian tertentu :

$$Jh = 0,278 VR T + \frac{VR^2}{254 (Fp \pm L)} \quad (2.4)$$

Dimana:

L = landai jalan dalam (%) dibagi 100.

Berikut merupakan tabel yang menampilkan panjan Jh minimum yang dihitung berdasarkan persamaan (2.7) dengan pembulatan-pembulatan untuk berbagai VR.

Tabel 2.7 Jarak pandang henti (Jh) minimum

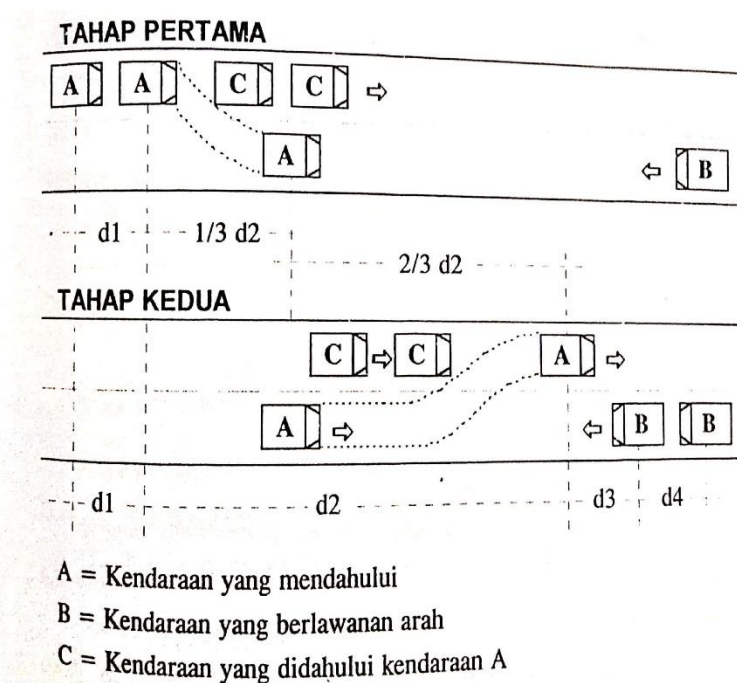
V_R (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jh minimum (m)	250	175	120	75	55	40	27	16

Sumber : TPGJAK

b. Jarak Pandang Mendahului (Jd)

1) Jarak

Jd adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului kendaraan lain di depannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali ke lajur semula (lihat gambar 2.4, di bawah).



Gambar 2.4 Proses gerakan mendahului (2/2 TB)

2) Asumsi Tinggi

Jd diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan adalah 105 cm.

3) Rumus yang digunakan

Jd, dalam satuan meter ditentukan sebagai berikut :

$$Jd = d1 + d2 + d3 + d4 \quad (2.5)$$

dimana :

$d1$ = jarak yang ditempuh selama waktu tanggap (m),

d_2 = jarak yang ditempuh selama mendahului sampai dengan kembali ke lajur semula (m),

d_3 = jarak antara kendaraan yang mendahului dengan kendaraan yang datang dari arah berlawanan setelah proses mendahului selesai (m),

d_4 = jarak yang ditempuh oleh kendaraan yang datang dari arah berlawanan.

Rumus yang digunakan

$$d_1 = 0,278 T_1 \left(T_1 - m + \frac{a \times T_1}{2} \right) \quad (2.6)$$

$$d_2 = 0,278 V_R T_2 \quad (2.7)$$

$$d_3 = \text{antara } 30 - 100 \text{ m} \quad (2.8)$$

Tabel 2.8 Panjang Jarak Antara Kendaraan

V_R km/jam	50-65	65-80	80-95	95-110
d_3 (m)	30	55	75	90

Sumber : Shirley L. Hendarsin, 2000

$$d_4 = \frac{2}{3} d_2 \quad (2.9)$$

Dimana:

T_1 = waktu dalam (detik), $\infty 212 + 0,026 V_R$

T_2 = waktu kendaraan berada di jalur lawan, (detik), $\infty 6,56 + 0,048 V_R$

a = percepatan rata-rata km/jam/detik, (km/jam/detik), $\infty 2,052 + 0,0036 V_R$

m = perbedaan kecepatan dari kendaraan yang menyiap dan kendaraan yang disiap, (biasanya diambil 10-15 km/jam)

Tabel 2.9 Panjang Jarak Pandang Mendahului

V_R km/jam	120	100	80	60	50	40	30	20
Jd minimum (m)	800	670	550	350	250	200	15	100

Sumber : TPGJAK No. 038/TBM/1997

2.1.8 Tipe Alinyemen

Tipe alinyemen adalah gambaran dari kemiringan yang rute jalan, serta ditentukan oleh banyaknya naik dan turun (m/km), dan juga banyaknya lengkung horizontal (rad/km) sepanjang segmen jalan.

Tabel 2.10 Ketentuan Tipe Alinyemen

Tipe Alinyemen	Lengkung Vertikal Naik + Turun (m/km)	Lengkung Horizontal (rad/km)
Datar (D)	<10	<1,0
Bukit (B)	10-30	1,0 - 2,5
Gunung (G)	>30	>2,5

Sumber : Shirley L. Hendarsin, 2000

Penggolongan tipe medan sehubungan dengan topografi daerah yang dilewati jalan, berdasarkan kemiringan melintang yang tegak lurus pada sumbu jalan.

2.1.8.1 Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal merupakan suatu proyeksi jalan yang berada pada sumbu horizontal. Alinyemen horizontal ini biasa disebut dengan “situasi jalan” atau “trase jalan”.

Dalam perencanaan alinyemen horizontal, biasanya ditemui bagian jenis jalan, yaitu: bagian lurus, bagian lengkung (tikungan) yang terdiri dari tiga jenis tikungan diantaranya yaitu:

- Lingkaran (Full Circle = FC)
- Spiral – Lingkaran – Spiral (Spiral – Circle – Spiral = S-C-S)
- Spiral - Spiral (SS)

a. Bagian Lurus

Pada bagian lurus panjang maksimum yang dapat ditempuh dalam waktu \leq 2,5 menit (sesuai V_R), dan harus memikirkan keselamatan pengemudi akibat dari kelelahan.

Tabel 2.11 Panjang bagian lurus maksimum

Fungsi	Panjang Bagian Lurus Maksimum (m)		
	Datar	Bukit	Gunung
Arteri	3.000	2.500	2.000
Kolektor	2.000	1.750	1.500

Sumber : TPGJAK

b. Tikungan

1) Jari-jari Minimum

Gaya sentrifugal akan ada ketika kendaraan melalui tikungan dengan kecepatan (V) yang menyebabkan kendaraan tidak stabil. Dalam menstabilkan gaya sentrifugal tersebut, maka pada tikungan harus dibuat kemiringan melintang yang biasa disebut dengan *superelevasi* (e).

Kendaraan yang melewati daerah superelevasi akan menimbulkan gesekan arah melintang jalan antara ban kendaraan dengan permukaan aspal sehingga akan mengakibatkan gaya gesekan melintang. Perbandingan antara gaya gesekan melintang dengan gaya normal disebut *koefisien gesekan melintang* (f).

Rumus umum untuk lengkung horizontal sebagai berikut :

$$R = \frac{V^2}{127 (e + f)} \quad (2.10)$$

$$D = \frac{25}{2\pi R} \times 360^\circ \quad (2.11)$$

Dimana :

R = jari-jari lengkung, (m)

D = derajat lengkung, ($^\circ$)

Agar menghindari kecelakaan, maka untuk kecepatan tertentu harus dihitung jari-jari minimum untuk jari-jari minimum untuk superelevasi maksimum dan koefisien gesekan maksimum.

$$R = \frac{V_R^2}{127 (e_{maks} + f_{maks})} \quad (2.12)$$

$$D = \frac{181913,53 (e_{maks} + f_{maks})}{V_R^2} \quad (2.13)$$

Dimana:

R_{min} = jari-jari tikungan minimum, (m)

V_R = kecepatan kendaraan rencana (km/jam)

E_{maks} = superelevasi maksimum, (%)

F_{maks} = koefisien gesekan melintang maksimum

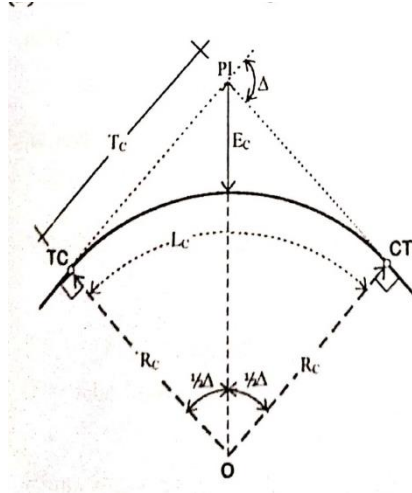
Untuk $V > 80$ km/jam $f = -0,00125.V + 0,24$

Untuk $V < 80$ km/jam $f = -0,00065.V + 0,192$

D = derajat lengkung

Dmaks = derajat maksimum

2) Bentuk Busur Lingkaran (FC)



Gambar 2.5 Komponen FC

Sumber : Shirley L. Hendarsin, "Penuntun Praktis Perencanaan Teknik Jalan Raya", 2000

Full Circle (FC), merupakan salah satu jenis tikungan yang terdiri dari suatu lingkaran. Tikungan FC hanya digunakan untuk R (jari-jari tikungan) yang besar agar tidak terjadi patahan, karena dengan R kecil maka diperlukan superelevasi yang besar.

Rumus-rumus yang digunakan:

$$T_c = R_c \tan \frac{1}{2} \Delta \quad (2.14)$$

$$E_c = T_c \tan \frac{1}{4} \Delta \quad (2.15)$$

$$L_c = \frac{\Delta 2 \pi R_c}{360^\circ} \quad (2.16)$$

Keterangan :

Δ = Sudut tikungan

O = Titik pusat lingkaran

T_c = Panjang tangen jarak dari TC ke PI atau P

R_c = Jari-jari lingkaran

L_c = Panjang busur lingkaran

E_c = Jarak luar dari PI ke busur lingkaran

3) Lengkung Peralihan / Spiral-Circle-Spiral (SCS)

Lengkung peralihan dibuat untuk menghindari terjadinya perubahan alinyemen yang tiba-tiba dari bentuk lurus ke bentuk lingkaran ($R = \infty \rightarrow R = R_c$), jadi lengkung peralihan ini diletakkan antara bagian lurus dan bagian lingkaran (circle), yaitu pada sebelum dan sesudah tikungan berbentuk busur lingkaran.

Lengkung peralihan dengan bentuk spiral (clothoid) banyak digunakan juga oleh Bina Marga. Dengan adanya lengkung peralihan, maka tikungan menggunakan S-C-S. Panjang lengkung peralihan (L_s), menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997, diambil nilai terbesar dari tiga persamaan dibawah ini, :

- a) Berdasarkan waktu tempuh maksimum (3 detik), untuk melintasi lengkung peralihan, maka panjang lengkung :

$$L_s = V_R / 3,6 T \quad (2.17)$$

- b) Berdasarkanantisipasi gaya sentrifugal, digunakan rumus Modifikasi Shortt, sebagai berikut :

$$L_s = 0,022 V_R^3 / R_c C - 2,727 V_R \cdot e / C \quad (2.18)$$

- c) Berdasarkan tingkat pencapaian

$$L_s = (e_m - e_s) / 3,6 T e V_R \quad (2.19)$$

Dimana:

T = waktu tempuh = 3 detik

R_c = jari-jari busur lingkaran (m)

C = perubahan percepatan, 0,3 – 1,0 disarankan 0,4 m/det³

e = superelevasi

e_m = superelevasi maksimum

e_n = superelevasi normal

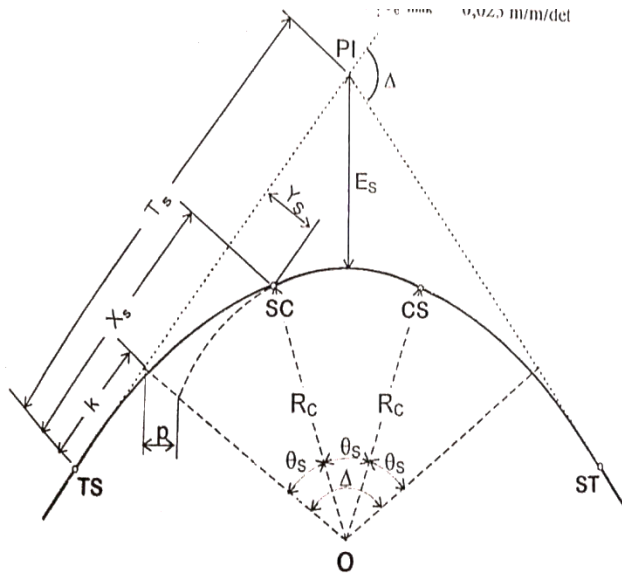
R_e = tingkat pencapaian perubahan kelandaian melintang jalan, sebagai berikut :

Untuk $V_R \leq 70$ km/jam

R_e maks = 0,035 m/m/det

Untuk $V_R \geq 80$ km/jam

R_e maks = 0,025 m/m/det



Gambar 2.6 Komponen S-C-S

Sumber : Shirley L. Hendarsin, "Penuntun Praktis Perencanaan Teknik Jalan Raya", 2000

Rumus yang dipergunakan:

$$\theta_s = \frac{L_s}{2 \cdot R_c} \times \frac{360}{2\pi} \quad (2.20)$$

$$\Delta_c = \Delta - (2\theta_s) \quad (2.21)$$

$$X_c = L_s - \left(\frac{L_s^2}{40 \times R_c^2} \right) \quad (2.22)$$

$$Y_c = \frac{L_s^2}{6 \cdot R_c} \quad (2.23)$$

$$P = Y_c - R_c(1 - \cos\theta_s) \quad (2.24)$$

$$K = X_c - R_c \sin\theta_s \quad (2.25)$$

$$E_s = \frac{R_c + p}{\cos \frac{1}{2} \Delta} - R_c \quad (2.26)$$

$$T_s = \frac{\Delta_c \times 2\pi \times R_c}{360^\circ} \quad (2.27)$$

$$L_c = \frac{\Delta \cdot 2\pi \cdot R_c}{360} \quad (2.28)$$

$$L_{tot} = L_c + (2L_s) T \quad (2.29)$$

Keterangan :

Xs = Absis titik SC pada garis tangen, jarak dari titik ST ke SC, (m)

Y_c = Jarak tegak lurus ke titik SC pada lengkung, (m)

L_s = Panjang dari titik TS ke SC atau CS ke ST, (m)

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

T_s = Panjang tangen dari titik PI ke titik TS atau ke titik ST, (m)

TS = Titik dari tangen ke spiral

SC = Titik dari spiral ke lingkaran

E_s = Jarak dari PI ke busur lingkaran, (m)

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

R_c = Jari-jari rencana, (m)

p = Pergeseran tangen terhadap spiral, (m)

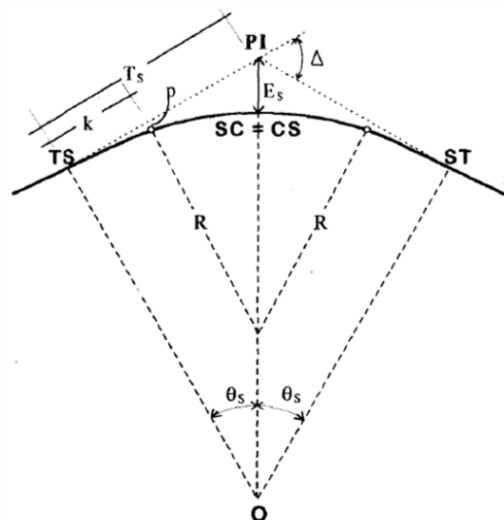
k = Absis dari p pada garis tangen spiral, (m)

Jika P yang dihitung dengan rumus di atas, maka ketentuan tikungan yang digunakan bentuk S-C-S.

$$P = \frac{L_s^2}{24 R_d} < 0,25m \quad (2.30)$$

4) Tikungan S-S (*Spiral Spiral*)

“Lengkung horizontal berbentuk f adalah lengkung tanpa busur lingkaran, sehingga titik SC berhimpitan dengan CS. Panjang busur lingkaran $L_c = 0$ dan $\theta_s = \frac{1}{2} \cdot \beta \cdot R_c$ yang dipilih harus sedemikian rupa sehingga relatif minimum yang disyaratkan”. (Ir.Hamirin Saodang, 2004:19).



Gambar 2.7 *Spiral-Spiral (S-S)*

Sumber : Shirley L. Hendarsin, “Penuntun Praktis Perencanaan Teknik Jalan Raya”, 2000

Rumus yang dipergunakan:

$$\theta_s = \frac{1}{2}\Delta \quad (2.31)$$

$$L_{tot} = 2L_s \quad (2.32)$$

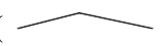

$$L_s = \frac{\theta_s \pi R d}{90^\circ} \quad (2.33)$$

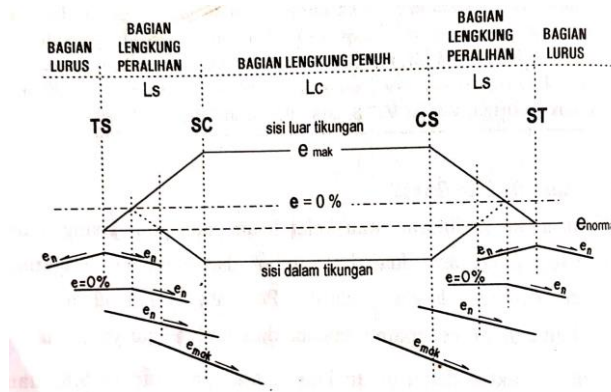
Y_c , X_c , p , k , T_s , dan E_s rumus sama dengan lengkung peralihan.

c. Pencapaian superelevasi

Superelevasi adalah suatu kemiringan melintang di tikungan yang berfungsi mengimbangi gaya sentrifugal yang diterima kendaraan pada saat berjalan melalui tikungan pada kecepatan VR. Nilai superelevasi maksimum ditetapkan 8% dan 10% menurut peraturan Bina Marga.

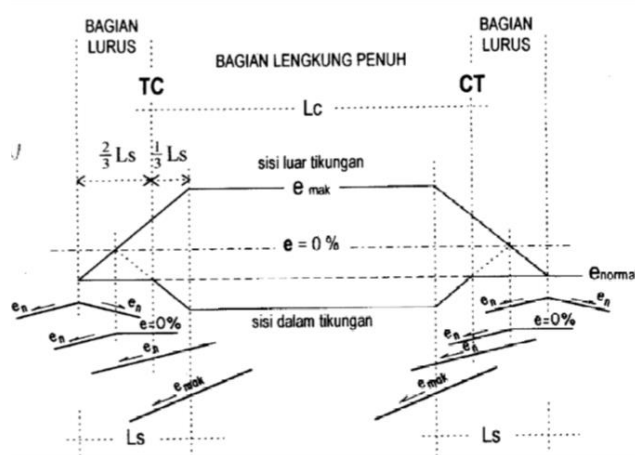
Superelevasi akan dicapai secara bertahap mulai dari kemiringan melintang normal pada jalan yang lurus sampai ke kemiringan penuh (superelevasi) pada bagian lengkung.

- Pada tikungan SCS, pencapaian superelevasi dilakukan secara linear. Diawali dari bentuk normal () sampai awal lengkung peralihan (TS) yang berbentuk () pada bagian lurus jalan, lalu dilanjutkan sampai superelevasi penuh pada akhir bagian lengkung peralihan (SC).
- Pada tikungan F-C, pencapaian superelevasi dilakukan secara linear, diawali dari bagian lurus sepanjang $2/3 L_s$ sampai dengan bagian lingkaran penuh sepanjang $1/3 L_s$.
- Pada tikungan S - S, pencapaian superelevasi seluruhnya dilakukan pada bagian spiral.
- Superelevasi tidak diperlukan jika radius (R) cukup besar, untuk itu cukup lereng luar diputar sebesar lereng normal (LP), atau bahkan tetap lereng normal (LN).



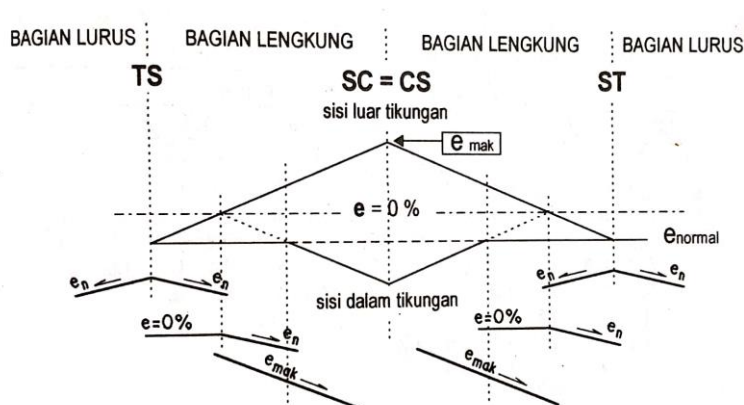
Gambar 2.8 Metoda pencapaian superelevasi pada tikungan tipe SCS

Sumber : Shirley L. Hendarsin, "Penuntun Praktis Perencanaan Teknik Jalan Raya", 2000



Gambar 2.9 Metoda pencapaian superelevasi pada tikungan tipe FC

Sumber : Shirley L. Hendarsin, "Penuntun Praktis Perencanaan Teknik Jalan Raya", 2000



Gambar 2.10 Metoda pencapaian superelevasi pada tikungan tipe SS)

Sumber : Shirley L. Hendarsin, "Penuntun Praktis Perencanaan Teknik Jalan Raya", 2000

Tabel 2.12 Hubungan Ls (run-off) dengan VD (=Vr), untuk en=3%, emax=8%, pada jalan dengan lebar lajur=2,75 m

R (m)	Vr = 20 km/j		Vr = 30 km/j		Vr = 40 km/j		Vr = 50 km/j		Vr = 60 km/j		Vr = 70 km/j				
	e(%)	Ls (m)		e(%)	Ls (m)		e(%)	Ls (m)		e(%)	Ls (m)				
		2	4		2	4		2	4		2	4		2	4
		Ls	Ls		Ls	Ls		Ls	Ls		Ls	Ls		Ls	Ls
5000	LN			LN			LN			LN			LN		
3000	LN			LN			LN			LN			LN		
2500	LN			LN			LN			LN			LN		
2000	LN			LN			LN			LN			LN		
1500	LN			LN			LN			RC	14,0	21,0	RC	15,0	23,0
1400	LN			LN			LN			RC	14,0	21,0	RC	15,0	23,0
1300	LN			LN			LN			RC	14,0	21,0	RC	15,0	23,0
1200	LN			LN			LN			RC	14,0	21,0	RC	15,0	23,0
1000	LN			LN			LN			RC	13,0	20,0	RC	14,0	21,0
900	LN			LN			LN			RC	13,0	20,0	RC	14,0	21,0
800	LN			LN			RC	12	18	RC	13,0	20,0	RC	14,0	21,0
700	LN			LN			RC	12	18	RC	13,0	20,0	3,0	14,0	21,0
600	LN			LN			RC	12	18	RC	13,0	20,0	3,4	16,0	24,0
500	LN			LN			RC	12	18	3,0	13,0	20,0	3,9	19,0	28,0
400	LN			RC	11	17	RC	12	18	3,6	16,0	23,0	4,7	22,0	33,0
300	LN			RC	11	17	3,4	14,0	21,0	4,5	19,0	29,0	5,6	26,0	39,0
250	LN			RC	11	17	3,9	16,0	24,0	5,1	22,0	33,0	6,2	29,0	43,0
200	RC	11,0	16,0	3,0	12,0	17,0	4,6	19,0	28,0	5,8	25,0	37,0	7,0	33,0	49,0

R (m)	Vr = 20 km/j			Vr = 30 km/j			Vr = 40 km/j			Vr = 50 km/j			Vr = 60 km/j			Vr = 70 km/j		
	e(%)	Ls (m)		e(%)	Ls (m)		e(%)	Ls (m)		e(%)	Ls (m)		e(%)	Ls (m)		e(%)	Ls (m)	
		2	4		2	4		2	4		2	4		2	4		2	4
		Ls	Ls		Ls	Ls		Ls	Ls		Ls	Ls		Ls	Ls		Ls	Ls
175	RC	11,0	16,0	3,4	13,0	19,0	5,0	20,0	30,0	6,2	27,0	40,0	7,4	34,0	51,0	8,0	40,0	60,0
150	RC	11,0	16,0	3,8	14,0	21,0	5,4	22,0	32,0	6,7	29,0	43,0	7,8	36,0	54,0			
140	RC	11,0	16,0	4,0	15,0	22,0	5,6	22,0	33,0	6,9	30,0	44,0	7,9	37,0	55,0			
130	RC	11,0	16,0	4,2	16,0	24,0	5,8	23,0	35,0	7,1	31,0	46,0	8,0	37,0	55,0			
120	RC	11,0	16,0	4,4	17,0	25,0	6,0	24,0	36,0	7,4	32,0	47,0						
110	RC	11,0	16,0	4,	18,0	26,0	6,3	25,0	37,0	7,6	33,0	49,0						
100	RC	11,0	16,0	4,9	19,0	28,0	6,5	26,0	39,0	7,8	33,0	50,0						
90	RC	11,0	16,0	5,2	20,0	29,0	6,8	27,0	41,0	7,9	34,0	51,0						
80	3,2	12,0	17,0	5,5	21,0	31,0	7,2	29,0	43,0									
70	3,6	13,0	19,0	5,9	2,0	33,0	7,5	30,0	45,0									
60	4,0	14,0	21,0	6,3	24,0	35,0	7,8	31,0	47,0									
50	4,6	16,0	24,0	6,9	26,0	38,0	8,0	32,0	48,0									
40	5,2	18,0	27,0	7,5	28,0	42,0												
30	5,9	21,0	31,0	8,0	30,0	44,0												
20	7,1	25,0	37,0															

Lebar lajur lintas 2,75m
 e_{max} : superelevasi maksimum 8%
R : jari-jari lengkung
VR : Asumsi kecepatan rencana
 e_{max} : tingkat superelevasi
Ls : Panjang minimum pencapaian superelevasi run off (tidak termasuk panjang pencapaian superelevasi run out)
LN : Lereng Normal
RC : Lereng luar diputar sehingga perkerasan mendapat kemiringan melintang sebesar lereng normal

d. Landai Relatif

Landai relatif merupakan kelandaian atau kemiringan melintang pada penampang jalan antara tepi perkerasan luar dan sumbu jalan sepanjang lengkung peralihan. Pada persentase kelandaian disesuaikan dengan kecepatan rencana dan jumlah lajur yang ada.

Untuk praktis, dapat digunakan besaran pada tabel atau dapat dihitung dengan rumus :

$$\frac{1}{m} = \frac{(e + en) B}{Ls} \quad (2.34)$$

Dimana :

$$\frac{1}{m} = \text{landai relatif, (\%)}$$

$$e = \text{superelevasi, (m/m')}$$

$$en = \text{kemiringan melintang normal, (m/m')}$$

$$B = \text{lebar lajur, (m)}$$

e. Pelebaran di Tikungan

Pelebaran perkerasan atau jalur lalu lintas di tikungan, dilakukan untuk mempertahankan kendaraan tetap pada lintasannya (lajurnya) sebagaimana pada bagian lurus. Hal ini terjadi karena pada kecepatan tertentu kendaraan pada bagian lurus. Hal ini terjadi karena pada kecepatan tertentu kendaraan pada tikungan cenderung untuk keluar lajur akibat posisi roda depan dan roda belakang yang tidak sama, yang tergantung dari ukuran kendaraan.

Penentuan lebar pelebaran jalur lalu-lintas di tikungan ditinjau dari elemen-elemen : keluar lajur (off tracking) dan kesukaran dalam mengemudi di tikungan.

$$R_i = \sqrt{(Rc^2 - (p + A)^2)} - \frac{1}{2} b \quad (2.35)$$

$$R_w = \sqrt{(R_i + b)^2 + (p + A)^2} \quad (2.36)$$

$$Rc^2 = (R_i + \frac{1}{2} b)^2 + (p + A)^2 \quad (2.37)$$

$$Z = \frac{0,105.Vr}{\sqrt{Rc}} \quad (2.38)$$

$$B = R_w + b - \sqrt{(R_w^2 - (p + A)^2)} \quad (2.39)$$

$$B_t = n (B + C) + Z \quad (2.40)$$

$$\Delta b = B_t - B_n \quad (2.41)$$

Keterangan :

B = lebar perkerasan pada tikungan (m)

n = Jumlah lajur lalu lintas

C = kebebasan samping (m)

Z = lebar tambahan akibat kesukaran pengemudi Lebar tambahan perkerasan untuk mengimbangi off tracking (m)

b = lebar kendaraan = 2,5 m

P = jarak antara gandar kendaraan = 6,5 m

A = panjang tonjolan depan kendaraan diukur dari as depan = 1,5 m

V = kecepatan rencana (km/jam)

R = jari-jari tikungan (m)

B_n = Lebar jalan bagian lurus

B_t = Lebar total perkerasan di tikungan

Δb = Tambahan lebar perkerasan di tikungan

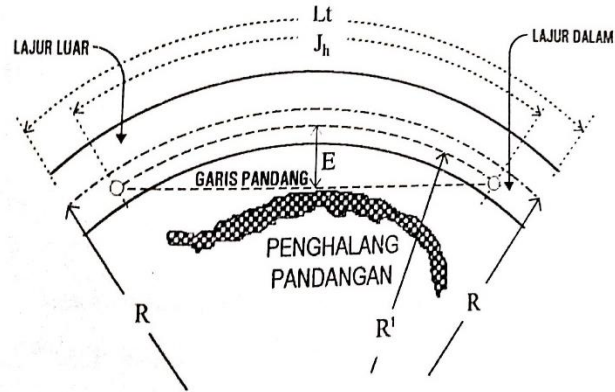
Jika hasil perhitungan pelebaran jalan kurang dari 0,5 m, maka pelebaran dapat diabaikan.

Kebebasan samping yang ada di kiri dan kanan jalan, tetap harus dipertahankan demi untuk keamanan dan tingkat pelayanan jalan. Kebebasan samping (C) sebesar 0,50 m; 1,00 m; 1,25 m; cukup memadai untuk jalan dengan lebar lajur 6,00 m; 7,0 m; dan 7,50 m.

f. Daerah Bebas Samping Di Tikungan

Jarak pandang pengemudi pada lengkung horizontal (di tikungan), adalah pandangan bebas pengemudi dari halangan benda-benda di sisi jalan (daerah bebas samping).

- Daerah bebas samping di tikungan adalah ruang untuk menjamin kebebasan pandang di tikungan sehingga J_h dipenuhi.
- Daerah bebas samping dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan di tikungan dengan membebaskan objek-objek penghalang sejauh E (m), diukur dari garis tengah lajur dalam sampai obyek penghalang pandangan sehingga persyaratan J_h dipenuhi.
- Daerah bebas samping di tikungan dihitung berdasarkan rumus-rumus berikut:



Gambar 2.11 Daerah bebas samping di tikungan, untuk $J_h < L_t$

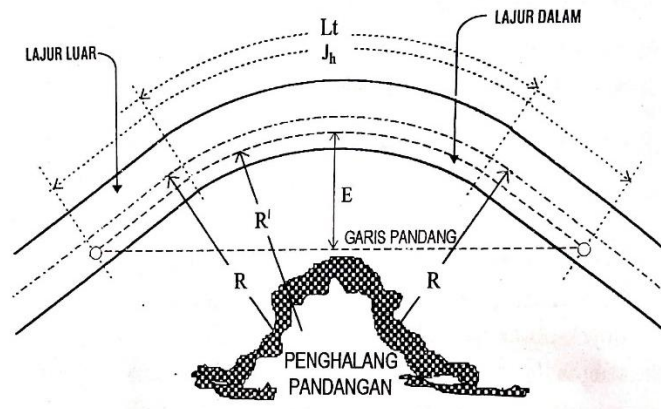
Sumber : TPGJAK No.038/TBM/1997

1) Jika $J_h < L_t$:

$$E = R' \left(1 - \cos \frac{28,65 J_h}{R'} \right) \quad (2.42)$$

2) Jika $J_h > L_t$:

$$E = R' \left(1 - \cos \frac{28,65 J_h}{R'} \right) + \left(\frac{J_h - L_t}{2} \sin \frac{28,65 J_h}{R'} \right) \quad (2.43)$$



Gambar 2.12 Daerah bebas samping di tikungan, untuk $J_h > L_t$

Sumber : TPGJAK No.038/TBM/1997

Dimana:

R = jari-jari tikungan (m)

R' = jari-jari sumbu lajur dalam (m)

J_h = jarak pandang henti (m)

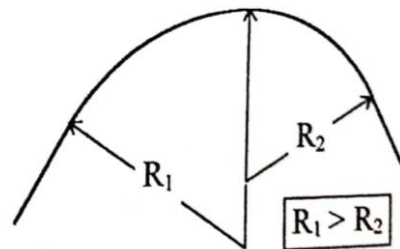
L_t = panjang tikungan (m)

g. Tikungan Gabungan

Pada perencanaan alinyemen horizontal, kemungkinan akan ada ditemui perencanaan tikungan gabungan karena kondisi topografi pada rute jalan yang akan direncanakan sedemikian rupa sehingga terpaksa (tidak dapat dihindari) harus dilakukan rencana tikungan gabungan, yang terdiri dari tikungan gabungan searah dan tikungan gabungan berbalik.

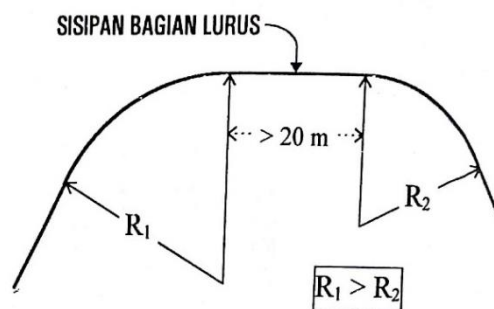
1) Tikungan Gabungan Searah

$R_1 > 1,5 R_2$ tikungan gabungan searah yang harus dihindari, jika terpaksa dibuat tikungan gabungan dari dua busur lingkaran (FC), disarankan seperti pada gambar di bawah.



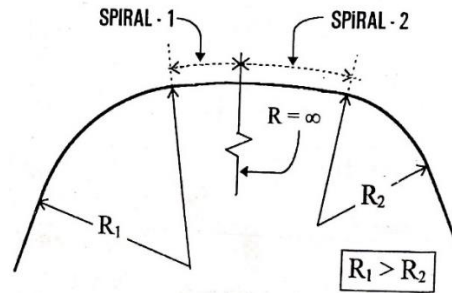
Gambar 2.13 Tikungan gabungan searah, $R_1 \leq 1,5 R_2$

Sumber : Shirley L. Hendarsin, "Penuntun Praktis Perencanaan Teknik Jalan Raya", 2000



Gambar 2.14 Tikungan gabungan searah dengan sisipan garis lurus

Sumber : Shirley L. Hendarsin, "Penuntun Praktis Perencanaan Teknik Jalan Raya", 2000

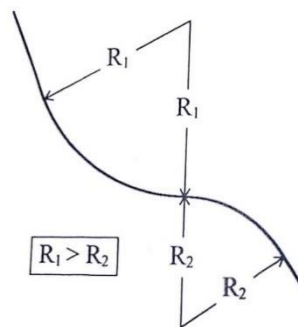


Gambar 2.15 Tikungan gabungan searah dengan sisipan spiral

Sumber : Shirley L. Hendarsin, "Penuntun Praktis Perencanaan Teknik Jalan Raya", 2000

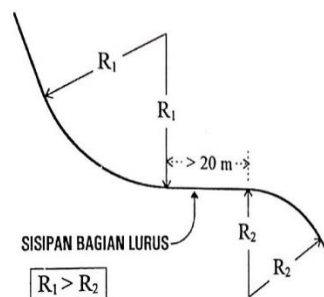
2) Tikungan Gabungan Berbalik

Tikungan gabungan yang berbalik secara tiba-tiba, harus dihindari, karena dalam kondisi ini pengemudi sangat sulit untuk mempertahankan kendaraan pada lajunya. Jika terpaksa dibuat tikungan gabungan dari dua busur lingkaran (FC), disarankan seperti pada gambar di bawah .



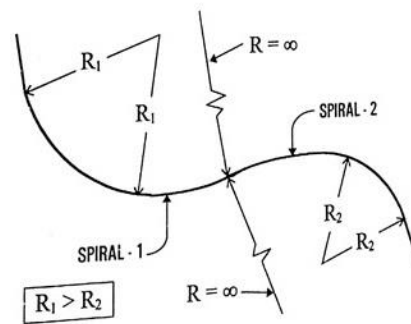
Gambar 2.16 Tikungan gabungan berbalik, $R_1 \leq 1,5 R_2$

Sumber : Shirley L. Hendarsin, "Penuntun Praktis Perencanaan Teknik Jalan Raya", 2000



Gambar 2.17 Tikungan gabungan berbalik dengan sisipan garis lurus

Sumber : Shirley L. Hendarsin, "Penuntun Praktis Perencanaan Teknik Jalan Raya", 2000



Gambar 2.18 Tikungan gabungan berbalik dengan sisipan spiral

Sumber : Shirley L. Hendarsin, "Penuntun Praktis Perencanaan Teknik Jalan Raya", 2000

2.1.8.2 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah perencanaan elevasi sumbu jalan pada setiap titik yang ditinjau, berupa profil memanjang. Pada perencanaan alinyemen vertikal akan ditemui kelandaian positif (tanjakan) dan kelandaian negatif (turunan), sehingga kombinasinya berupa lengkung cembung dan lengkung cekung.

Disamping kedua lengkung tersebut ditemui pula kelandaian = 0 (datar). Kondisi tersebut dipengaruhi oleh keadaan topografi yang dilalui oleh rute jalan rencana. Kondisi topografi tidak saja berpengaruh pada perencanaan alinyemen horizontal, tetapi juga memengaruhi perencanaan alinyemen vertikal.

$$g = \frac{\text{elevasiawal} - \text{elevasiakhir}}{\text{stasionawal} - \text{stasionakhir}} \times 100$$

Keterangan :

g = Kemiringan Jalan

Persamaan umum lengkung vertikal adalah :

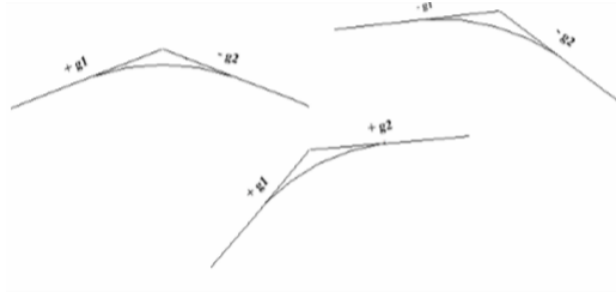
$$A = g_1 - g_2$$

Ev = Pergeseran vertikal dari titik PPV ke bagian lengkung

$$Ev = \frac{A.Lv}{800} \quad (2.2)$$

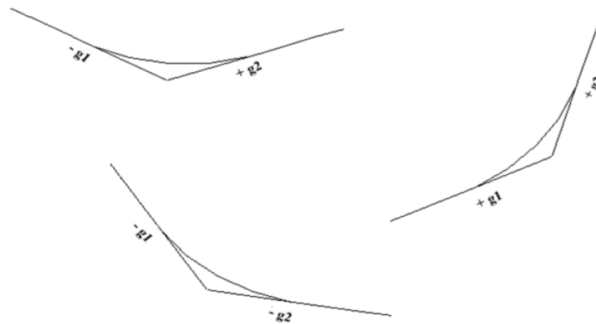
$$y = \frac{A}{200Lv} \cdot x^2 \quad (2.3)$$

a. Jenis lengkung Vertikal



Gambar 2.19 Alinyemen Vertikal Cembung

Sumber : Silvia Sukirman, “Dasar–Dasar Perencanaan Geometrik Jalan”, 1999



Gambar 2.20 Alinyemen Vertikal Cekung

Sumber : Silvia Sukirman, “Dasar–Dasar Perencanaan Geometrik Jalan”, 1999

b. Kelandaian

Untuk menghitung dan merencanakan lengkung vertikal, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu :

1) Karakteristik Kendaraan Pada Kelandaian

Hampir seluruh kendaraan penumpang dapat berjalan baik dengan kelandaian 7–8% tanpa ada perbedaan dibandingkan pada bagian datar. Pengamatan menunjukkan bahwa untuk mobil penumpang pada kelandaian 3% hanya sedikit sekali pengaruhnya dibandingkan dengan jalan datar, sedangkan untuk truk, kelandaian akan lebih besar pengaruhnya.

2) Kelandaian Maksimum

- Kelandaian maksimum dimaksudkan untuk memungkinkan kendaraan bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti.

- Kelandaian maksimum didasarkan pada kecepatan truk yang bermuatan penuh yang mampu bergerak dengan penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh kecepatan semula tanpa harus menggunakan gigi rendah.
- Kelandaian maksimum untuk berbagai V_R ditetapkan dapat dilihat dalam.

Tabel 2.13 Kelandaian Maksimum Yang Diijinkan

SPPJ	Kelandaian Maksimum (%)		
	Datar	Bukit	Gunung
JBH	4	5	6
JRY	5	6	10
JSD	6	7	10
JKC	6	8	12

Ket: SPPJ = Spesifikasi Penyediaan Prasarana Jalan

JBH = Jalan Bebas Hambatan

JRY = Jalan Raya

JSD = Jalan Sedang

JKC = Jalan Kecil

Sumber : PDGJ NO.13/P/BM/2021

3) Kelandaian Minimum

Pada jalan yang menggunakan kerb pada tepi perkerasannya, perlu dibuat kelandaian minimum 0,5% untuk keperluan kemiringan saluran samping, karena kemiringan melintang jalan dengan kerb hanya cukup untuk mengalirkan air ke samping.

4) Panjang Kritis suatu kelandaian

Panjang kritis ini diperlukan sebagai batasan panjang kelandaian maksimum agar pengurangan kecepatan kendaraan tidak lebih dari separuh V_R .

Lama perjalanan pada panjang kritis tidak lebih dari satu menit.

Tabel 2.14 Panjang Kritis (m)

Kecepatan Pada Awal Tanjakan (km/jam)	Kelandaian (%)						
	4	5	6	7	8	9	10
80	630	460	360	270	230	230	200
60	320	210	160	120	110	90	80

Sumber : TPGJAK No.038/TBM/1997

c. Lengkung vertikal

Lengkung vertikal direncanakan guna mengubah secara bertahap perubahan dari dua macam kelandaian arah memanjang jalan pada setiap lokasi yang dibutuhkan. Hal ini ditujukan guna menambah kenyamanan dan keamanan, dan juga guna mengurangi guncangan akibat perubahan kelandaian dan menyediakan jarak pandang henti yang cukup. Lengkung vertikal terdiri atas dua jenis yaitu, lengkung cembung dan lengkung cekung.

Berdasarkan syarat keluwesan bentuk:

$$L_v = 0,6 \times V \quad (2.44)$$

Berdasarkan syarat drainase:

$$L_v = 40 \times A \quad (2.45)$$

Berdasarkan syarat kenyamanan pengemudi:

$$L_v = V \times t \quad (2.46)$$

Berdasarkan pengurangan goncangan:

$$L_v = \frac{V^2 \times A}{360} \quad (2.47)$$

Keterangan :

L_v = Panjang lengkung vertikal, (m)

V = Kecepatan rencana, (km/jam)

A = Perbedaan grade/kelandaian, (%)

t = ditentukan 3 detik

$$g = \frac{\text{elevasiawal} - \text{elevasiakhir}}{\text{stasionawal} - \text{stasionakhir}} \times 100$$

Keterangan :

g = Kemiringan Jalan

1. Lengkung vertikal cembung

Jarak pandang henti pada lengkung vertikal cembung harus lebih besar dari panjang lengkung vertikal cembung, jika jarak pandang henti lebih kecil maka panjang lengkung vertikal cembung ditetapkan dengan rumus :

1. Panjang L, berdasarkan Jh

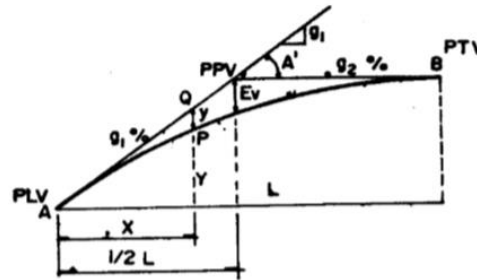
$$Jh < L, \text{ maka } L = \frac{A \cdot Jh^2}{399} \quad (2.48)$$

$$Jh > L, \text{ maka } L = 2 \cdot Jh - \frac{399}{A} \quad (2.49)$$

2. Panjang L, berdasarkan Jd

$$Jd < L, \text{ maka } L = \frac{A \cdot Jd^2}{840} \quad (2.50)$$

$$Jd > L, \text{ maka } L = 2 \cdot Jd - \frac{840}{A} \quad (2.51)$$



Gambar 2.21 Lengkung Vertikal Cembung

Sumber : Silvia Sukirman, "Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan", 1999

Pada lengkung vertikal cembung, pembatasan berdasarkan jarak pandangan dapat dibedakan atas 2 keadaan yaitu :

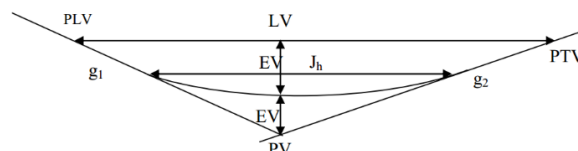
- Jarak pandangan berada seluruhnya dalam daerah lengkung ($Jh < L$).
- Jarak pandangan berada diluar dan didalam daerah lengkung ($Jh > L$).

2. Lengkung vertikal cekung

Jarak pandang henti pada lengkung vertikal cekung harus lebih kecil dari panjang lengkung vertikal cekung, jika jarak pandang henti lebih besar maka panjang lengkung vertikal cekung ditetapkan dengan rumus :

$$Jh < L, \text{ maka } L = \frac{A \cdot Jh^2}{120 + 3,5 Jh} \quad (2.52)$$

$$Jh > L, \text{ maka } L = 2 \cdot Jh - \frac{120 + 3,5 Jh}{A} \quad (2.53)$$



Gambar 2.22 Lengkung Vertikal Cekung

Sumber : Silvia Sukirman, "Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan", 1999

Persamaan umum lengkung vertikal adalah :

$$A = g_1 - g_2$$

E_v = Pergeseran vertikal dari titik PPV ke bagian lengkung

$$E_v = \frac{A \cdot Lv}{800} \quad (2.54)$$

$$y = \frac{A}{200Lv} \cdot x^2 \quad (2.55)$$

Tabel 2.15 Panjang Minimum Lengkung Vertikal

Kecepatan Rencana (km/jam)	Perbedaan Kelandaian Memanjang (%)	Panjang Lengkung (m)
<40	1	20 – 30
40 – 60	0,6	40 – 80
>60	0,4	80 – 150

Sumber: TPGJAK NO.038/T/BM/1997

2.1.9 Galian Timbunan

Cara menghitung volume galian maupun timbunan dari gambar potongan melintang. Dari gambar-gambar tersebut dapat dihitung luas galian dan timbunan, sedangkan masing-masing jarak antar profil dapat dilihat dari potongan memanjang.

- **Dinding Penahan Tanah**

Dinding penahan tanah merupakan sebuah konstruksi yang dibangun untuk menahan tanah lepas atau alami dan mencegah keruntuhan tanah yang miring atau lereng yang kemantapannya tidak dapat dijamin oleh lereng tanah itu tersebut. Dinding penahan tanah berfungsi untuk menyokong tanah serta mencegahnya dari bahaya kelongsoran, yang diakibatkan dari beban air hujan, berat tanah itu sendiri, maupun akibat beban yang bekerja di atasnya.

- Pada umumnya lebar plat lantai B diambil 0,5-0,7 H
- Lebar bagian puncak diambil lebih dari 0,3 – H/12
- Tebal kaki dan tumit (H/8) -H/6
- Lebar kaki pada tumit (0,5 – 1)d (d=tebal kaki)

Tabel 2.16 Contoh perhitungan galian dan timbunan

Titik	Stasion	Luas Penampang Melintang (m ²)				Jarak (m)	Volume (m ³)	
		Galian	Timbunan	Rata-rata			Galian	Timbunan
				Galian	Timbunan			
1	STA + jarak awal	AG1	AT1					
				$(AG1+AG2)/2$	$(AT1+AT2)/2$	J1	$((AG1+AG2)/2)*J1$	$((AT1+AT2)/2)*J1$
2	STA + jarak	AG2	AT2					
Total (Σ)						(Σ) Jarak	(Σ) Galian	(Σ) Timbunan

2.2 Perencanaan Tebal Perkerasan

Perkerasan jalan adalah konstruksi yang dibangun di atas lapisan tanah dasar (subgrade), yang berfungsi untuk menopang beban lalu-lintas dan menyebarkan ke lapisan dibawahnya.

2.2.1 Jenis Konstruksi Perkerasan

Berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan menjadi:

- 1 Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.
- 2 Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan semen (*portland cement*) sebagai bahan pengikat. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan di atas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton.
- 3 Konstruksi perkerasan komposit (*composite pavement*), yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku, atau perkerasan kaku diatas perkerasan lentur.

2.2.2 Kinerja Perkerasan Jalan (*Pavement Performance*)

Kinerja perkerasan jalan (*Pavement performance*) meliputi 3 hal yaitu:

1. Keamanan, yang ditentukan oleh besarnya gesekan akibat adanya kontak antara ban dan permukaan jalan. besarnya gaya gesek yang terjadi dipengaruhi oleh bentuk dan kondisi ban, tekstur permukaan jalan, kondisi cuaca dls.
2. Wujud perkerasan (*struktural perkerasan*), sehubungan dengan kondisi fisik dari jalan tersebut seperti adanya retak-retak, amblas, alur, gelombang dan lain sebagainya.
3. Fungsi pelayanan (*functional performance*), sehubungan dengan bagaimana perkerasan tersebut memberikan pelayanan kepada pemakai jalan. Wujud perkerasan dan fungsi pelayanan umumnya merupakan satu

kesatuan yang dapat digambarkan dengan “kenyamanan mengemudi (riding quality)”.

2.2.3 Umur rencana

Umur rencana perkerasan merupakan banyaknya waktu dalam tahun yang dihitung mulai dari dibukanya jalan tersebut sampai saat diperlukannya perbaikan berat atau dianggap perlu untuk diberi lapis permukaan yang baru. Dalam pemilihan umur rencana dapat dilihat pada tabel 2.17.

Tabel 2.17 Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru (UR)

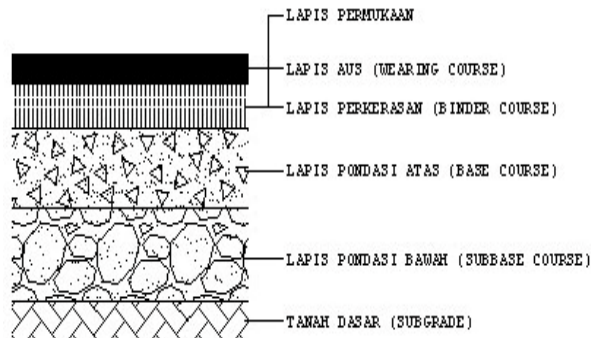
Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (tahun)
Perkerasan Lentur	Lapisan aspal dan lapisan berbutir	20
	Fondasi Jalan	40
	Semua Perkerasan untuk daerah yang tidak dimungkinkan pelapisan ulang (<i>overlay</i>), seperti: jalan perkotaan, <i>underpass</i> , jembatan, terowongan.	
	<i>Cement Treated Based (CTB)</i>	
Perkerasan Kaku	Lapis fondasi atas, lapis fondasi bawah, lapis beton semen, dan fondasi jalan	
Jalan Tanpa Penutup	Semua elemen (termasuk fondasi jalan)	Minimum 10

Sumber: MPJ No 04/SE/Db/2017

2.2.4 Struktur Perkerasan Lentur

Struktur perkerasan lentur terbentuk dari beberapa lapis, yang terdiri atas lapisan permukaan (*surface course*) yaitu lapisan aus dan lapisan antara. Lapisan dibawahnya ialah lapisan pondasi yang terdiri dari lapisan pondasi atas (*base course*) dan pondasi bawah (*subbase course*). Lapisan ini terletak diatas tanah dasar yang dipadatkan (*subgrade*).

Tiap-tiap lapisan termasuk tanah dasar diatas secara bersama-sama memikul beban lalu-lintas secara bersama-sama. Karena tebal struktur perkerasan sangat tergantung dengan kondisi atau daya dukung tanah dasar. Tebal struktur perkerasan dibuat sedemikian rupa hingga batas kemampuan tanah dasar memikul beban lalu lintas.



Gambar 2.23 Lapisan Perkerasan

Pemilihan jenis perkerasan akan bervariasi berdasarkan volume lalu lintas, umur rencana, dan kondisi fondasi jalan. Batsan pada tabel 2.21 tidak mutlak, perencanaan harus mempertimbangkan biaya terendah selama umur rencana

Tabel 2.18 Pemilihan Jenis Perkerasan

Struktur Perkerasan	Bagan Desain	ESA (juta) dalam 20 tahun (pangkat 4 kecuali ditentukan 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
Perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah (daerah pedesaan dan perkotaan)	4A	-	1,2	-	-	-
AC WC modifikasi atau SMA modifikasi	3	-	-	-	2	2

Struktur Perkerasan	Bagan Desain	ESA (juta) dalam 20 tahun (pangkat 4 kecuali ditentukan lain)				
		0 – 0,5	0,1 – 4	>4 – 10	>10 – 30	>30 – 200
dengan CTB (ESA pangkat 5)						
AC dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC tebal ≥ 100 mm dengan lapis fondasi berbutir (ESA pangkat 5)	3B	-	-	1,2	2	2
AC atau HRS tipis diatas lapis fondasi berbutir	3A	-	1,2	-	-	-
Burda atau Burtu dengan LPA Kelas A atau batuan asli	5	3	3	-	-	-
Lapis Fondasi <i>Soil Cement</i>	6	1	1	-	-	-
Perkerasan tanpa penutup (Japat, jalan kerikil)	7	1	-	-	-	-

Sumber: MPJ No 04/SE/Db/2017

Catatan:

Tingkat kesulitan:

1 – kontraktor kecil - medium

2 – Kontraktor besar dengan sumber daya yang memadai

3 – Membutuhkan keahlian dan tenaga ahli khusus – kontraktor spesialis Burtu / Burda

2.2.5 Lalu Lintas

Faktor lalu lintas sangat berpengaruh terhadap perencanaan perkerasan jalan, baik tebal, atau pun pemilihan jenis perkerasan yang akan digunakan.

a. Analisis Volume Lalu Lintas

Volume lalu-lintas merupakan banyaknya kendaraan yang melintasi suatu titik pengamatan dalam satu satuan waktu (hari, jam, atau menit). Maka untuk menentukan beban lalu lintas rencana yang dipikul oleh perkerasan selama umur rencana diperlukannya data lalu lintas. Beban dapat dihitung dari volume lalu-lintas pada tahun survei yang kemudian diproyeksikan ke depan sepanjang umur rencana. Dimana volume tahun pertama merupakan volume lalu-lintas sepanjang tahun pertama setelah perkerasan diperkirakan selesai dibangun atau direhabilitasi.

Elemen utama beban lalu lintas dalam desain adalah:

- a. Beban gandar kendaraan komersial,
- b. Volume lalu lintas yang dinyatakan dalam beban sumbu standar.

Analisis volume lalu lintas didasarkan pada survei yang diperoleh dari:

- Survei lalu lintas, dengan durasi minimal 7 x 24 jam. Survei dapat dilakukan secara manual mengacu pada Pedoman Survei Perencanaan Lalu Lintas (Pd T-19-2004-B) atau menggunakan peralatan dengan pendekatan yang sama,
- Hasil-hasil lalu lintas sebelumnya.














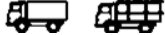





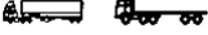


b. Data Lalu Lintas

Untuk mendapatkan hasil desain perkerasan yang efektif maka diperlukannya akurasi data lalu-lintas. Data mencakup semua jenis kendaraan komersial. Jika data diduga ada kesalahan maka harus dilakukan perhitungan lalu-lintas khusus sebelum perencanaan akhir dilakukan.

c. Jenis Kendaraan

Sistem klasifikasi kendaraan dinyatakan dalam Pedoman Survei Pencacahan Lalu Lintas (Pd T-19-2004-B). Kendaraan penumpang dan kendaraan ringan sampai sedang memiliki beban gandar yang cukup kecil sehingga tidak berpotensi menimbulkan kerusakan struktural pada perkerasan. Dalam analisis hanya kendaraan niaga dengan jumlah roda enam atau lebih yang perlu diperhitungkan.

Tabel 2.19 Golongan dan Kelompok Kendaraan

Golongan	Kelompok Kendaraan	Jenis Kendaraan	Konfigurasi	Kode
1	Sepeda motor, kendaraan roda-3			
2	Sedan, jeep, station wagon			1.1
3	Angkutan penumpang sedang			1.1
4	<i>Pick-up</i> , <i>micro</i> truk dan mobil hantaran			1.1
5a	Bus kecil			1.1
5b	Bus besar			1.2
6a	Truk ringan 2 sumbu			1.1
6b	Truk sedang 2 sumbu			1.2
7a	Truk 3 sumbu			1.2.2
7b	Truk gandeng			1.2.2-2.2
7c	Truk semi trailer			1.2.2-2.2
8	Kendaraan tidak bermotor			

Sumber: Pd T-19-2004-B

d. Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Faktor pertumbuhan lalu lintas berdasarkan data–data pertumbuhan series (historical growth data) atau formulasi korelasi dengan faktor pertumbuhan lain yang berlaku. Jika tidak tersedia data maka Tabel 4.1. dapat digunakan (2015 – 2035).

Tabel 2.20 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (i), (%)

Jenis	Jawa	Sumatera	Kalimantan	\bar{i}
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: MPJ Nomor 04/SE/Db/2017

Pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dihitung dengan faktor pertumbuhan kumulatif (*Cumulative Growth Factor*):

$$R = \frac{(1 + 0,1 i)^{UR} - 1}{0,01 i} \quad \text{RUMUS2.56)}$$

Dimana:

R = faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

i_1 = laju pertumbuhan tahunan lalu lintas periode 1(%)

i_2 = laju pertumbuhan tahunan lalu lintas periode 2 (%)

UR = total umur rencana (tahun)

UR1 = umur rencana periode 1 (tahun)

Rumus diatas digunakan pada periode rasio volume kapasitas (RVK) yang belum mencapai tingkat kejenuhan ($RVK \leq 0,85$)

Jika kapasitas lalu-lintas diperkirakan mencapai pada tahun ke (Q) dari umur rencana (UR), faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif dihitung sebagai berikut:

$$R = \frac{(1 + 0,1 i)^Q}{0,01 i} + (UR - Q) (1 + 0,01i)^{(Q-1)} \quad \text{RUMUS2.57)}$$

e. Lalu Lintas Pada Lajur Rencana

Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas dari ruas jalan yang menampung lalu lintas kendaraan niaga (truk dan bus) paling besar. Beban lalu lintas pada lajur rencana dinyatakan dalam kumulatif beban gandar standar (ESA)

dengan mempertimbangkan faktor distribusi arah (DD) dan faktor distribusi lajur kendaraan niaga (DL).

Untuk jalan dua arah, faktor distribusi arah (DD) umumnya diambil 0,50 kecuali pada lokasi-lokasi yang jumlah kendaraan niaga cenderung lebih tinggi pada satu arah tertentu. Tabel dibawah menunjukkan nilai faktor distribusi lajur (DL).

Tabel 2.21 Faktor Distribusi Lajur (DL)

Jumlah Lajur Setiap Arah	Kendaraan Niaga pada Lajur Desain (% terhadap populasi kendaraan niaga)
1	100
2	80-100
3	60-80
4	50-75

Sumber: MPJ Nomor 04/SE/Db/2017

f. Faktor Ekuivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*)

Dalam desain perkerasan, beban lalu lintas dikonversi ke beban standar (ESA) dengan menggunakan Faktor Ekuivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*). Analisis struktur perkerasan dilakukan berdasarkan jumlah kumulatif ESA pada lajur rencana sepanjang umur rencana.

Desain yang akurat membutuhkan perhitungan beban lalu lintas yang akurat pula. Studi atau survei beban gandar yang dirancang dan dilakukan dengan baik merupakan dasar perhitungan ESA yang andal. Oleh sebab itu, survei beban gandar harus dilakukan apabila dimungkinkan. Ketentuan pengumpulan data beban gandar ditunjukkan pada tabel

Tabel 2.22 Pengumpulan Data Gandar

Spesifikasi Penyediaan Prasarana Jalan	Sumber Data Beban Gandar*
Jalan Bebas Hambatan	1 atau 2
Jalan Raya	1 atau 2 atau 3
Jalan Sedang	2 atau 3
Jalan Kecil	2 atau 3

Sumber: MPJ Nomor 04/SE/Db/2017

Data beban gandar dapat diperoleh dari:

- Jembatan timbang, timbangan statis atau WIM (survei langsung).

- Survei beban gandar pada jembatan timbang atau WIM yang pernah dilakukan dan dianggap cukup representatif.
- Data WIM regional yang dikeluarkan oleh Dirjen Bina Marga.

Tabel 2.23 Nilai VDF Masing-masing Jenis Kendaraan Niaga

Jenis Kendaraan	Uraian	Konfigurasi Sumbu	Faktor Ekuivalen Beban (VDF) (ESA / kendaraan)	
			VDF 4 Pangkat 4	VDF 5 Pangkat 5
1	Sepeda motor	1.1		
2,3,4	sedan / angkot / pick up / station wagon	1.1		
5a	Bus kecil	1.2	0,3	0,2
5b	Bus besar	1.2	1,0	1,0
6a.1 / 6.1	Truk 2 sumbu - cargo ringan	1.1	0,3	0,2
6a.2 / 6.2	Truk 2 sumbu - ringan	1.2	0,8	0,8
6b1.1 / 7.1	Truk 2 sumbu - cargo sedang	1.2	0,7	0,7
6b1.2 / 7.2	Truk 2 sumbu - sedang	1.2	1,6	1,7
6b2.1 / 8.1	Truk 2 sumbu – berat	1.2	0,9	0,8
6b2.2 / 8.2	Truk 2 sumbu – berat	1.2	7,3	11,2
7a1 / 9.1	Truk 2 sumbu – berat	1.22	7,6	11,2
7a2 / 9.2	Truk 3 sumbu – sedang	1.22	28,1	64,4
7a3 / 9.3	Truk 3 sumbu – berat	1.22	28,9	62,2
7b / 10	Truk 2 sumbu dan trailer penarik 2 sumbu	1.2-2.2	36,9	90,4
7c1 / 11	Truk 2 sumbu dan trailer penarik 2 sumbu	1.2-22	13,6	24,0
7c2.1 / 12	Truk 5 sumbu - trailer	1.2-22	19,0	33,2
7c2.2 / 13	Truk 5 sumbu - trailer	1.2-222	30,3	69,7
7c3 / 14	Truk 6 sumbu - trailer	1.2-222	41,6	93,7

Sumber: MPJ Nomor 04/SE/Db/2017

g. Beban Sumbu Standar Kumulatif

Beban sumbu standar kumulatif atau Cumulative Equivalent Single Axle Load (CESAL) adalah banyaknya kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana yang ditentukan sebagai berikut:

$$ESA_{TH-1} = (\sum LHR_{JK} \times VDF_{JK}) \times 365 \times DD \times DL \times R \quad (2.58)$$

Dimana:

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

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

VDF_{JK} : Faktor Ekivalen Beban (Vehicle Damage Factor) tiap jenis kendaraan niaga

DD : Faktor distribusi arah.

DL : Faktor distribusi lajur .

$CESAL$: Kumulatif beban sumbu standar ekivalen selama umur rencana.

R : Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif.

2.2.6 CBR Desain Tanah Dasar

a. Metode Distribusi Normal Standar

Jika tersedia cukup data yang valid (minimum 10 titik data uji per segmen yang seragam) rumus berikut ini dapat digunakan:

CBR karakteristik = CBR rata-rata – f x deviasi standar (6.1)

- $f = 1,645$ (probabilitas 95%), untuk jalan tol atau jalan bebas hambatan.
- $f = 1,282$ (probabilitas 90%) untuk jalan kolektor dan arteri.
- $f = 0.842$ (probabilitas 80%), untuk jalan lokal dan jalan kecil.
- Koefisien variasi (CV) maksimum dari data CBR untuk suatu segmen tidak lebih besar dari 25%. Koefisien variasi sampai dengan 30% masih boleh digunakan

Apabila jumlah data per segmen kurang dari 10 maka nilai CBR terkecil dapat mewakili sebagai CBR segmen.

b. Metode Persentil

Metode persentil menggunakan distribusi data nilai CBR pada segmen seragam yang dianggap terdistribusi secara normal. Nilai persentil ke “x” dari suatu kumpulan data membagi kumpulan data tersebut dalam dua bagian, yaitu bagian yang mengandung “x” persen data dan bagian yang mengandung $(100 - x)$ persen data.

Prosedur perhitungan untuk persentil ke – 10 adalah sebagai berikut:

- Susun data CBR secara berurutan dari nilai terkecil hingga terbesar.
- Hitung jumlah total data nilai CBR (n).
- Hitung 10% dari (n), nilai yang diperoleh disebut sebagai indeks. iv. Jika indeks yang diperoleh dari langkah (iii) merupakan bilangan pecahan, lakukan pembulatan ke bilangan terdekat dan lanjutkan ke langkah v(a).
- Jika indeks yang dihasilkan berupa bilangan bulat, lanjutkan ke langkah v(b).
- Dari kumpulan data yang sudah diurutkan (langkah 1), hitung mulai dari data terkecil hingga mencapai data di urutan yang diperoleh dari langkah 3. Nilai CBR pada urutan tersebut adalah nilai CBR persentil ke – 10.
- Dari kumpulan data yang sudah diurutkan (langkah 1), hitung mulai dari data terkecil hingga mencapai data di urutan yang diperoleh dari langkah 3. Nilai CBR persentil ke – 10 adalah nilai rata-rata dari dua nilai CBR yaitu CBR pada urutan tersebut dan urutan berikutnya.

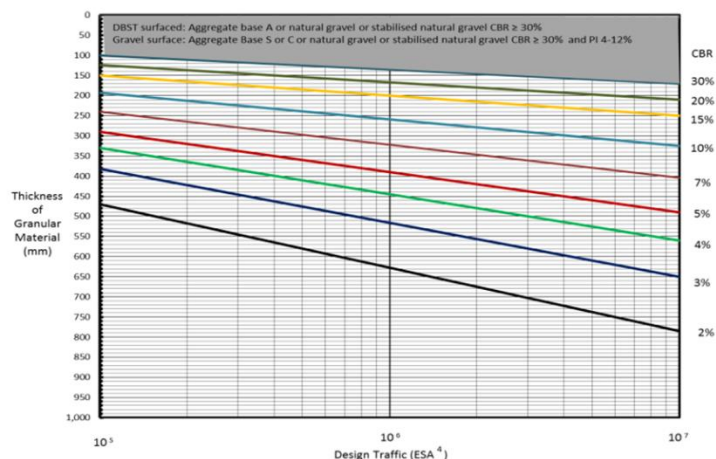
Tabel 2.24 Desain fondasi jalan minimum

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)			Stabilisasi Semen
			< 2	2-4	> 4	
			Tebal minimum perbaikan tanah dasar			
> 6	SG6	Perbaikan tanah dasar dapat berupa stabilisasi semen atau material timbunan pilihan (sesuai persyaratan spesifikasi umum, divisi 3 - pekerjaan tanah) (pemadatan lapisan ≤ 200mm tebal gembur)	Tidak diperlukan perbaikan			300
5	SG5		-	-	100	
4	SG4		100	150	200	
3	SG3		150	200	300	
2,5	SG2,5		175	250	350	
Tanah ekspansif (potensi pemuaian > 5%)			400	500	600	Berlaku ketentuan yang sama dengan fondasi jalan perkerasan lentur
Perkerasan diatas tanah lunak	SG1	Lapis penopang	1000	1100	1200	
		atau lapis penopang dan geogrid	650	750	850	
Tanah gambut dengan HRS atau DBST untuk jalan raya minor (nilai minimum - ketentuan lain berlaku)		Lapis penopang berbutir	1000	1250	1500	

Sumber : Manual Perkerasan 2017

2.2.7 Desain Perkerasan

Desain perkerasan berdasarkan beban lalu lintas rencana dan pertimbangan biaya terendah ditunjukkan pada Tabel 2.25, 2.26, 2.27, 2.28, 2.29, dan 2.30. Kebutuhan pelapisan tanpa aspal jalan dapat dilihat pada Gambar 2.33.



Gambar 2.24 Bagan desain-7 Perkerasan tanpa penutup beraspal dan lapis beraspal tipis

Sumber : Manual Perkerasan 2017

2.2.8 Ketebalan Lapis Perkerasan

Keterbatasan pelaksanaan pemadatan dan segregasi menentukan tebal struktur perkerasan. Perencana harus melihat batasan-batasan tersebut, termasuk ketebalan lapisan yang diizinkan. Jika pada bagan desain ditentukan bahwa suatu bahan dihamparkan lebih tebal dari yang diizinkan, maka bahan tersebut harus dihamparkan dan dipadatkan dalam beberapa lapisan. Ketebalan lapisan yang diizinkan terdapat pada Tabel 2.27.

Tabel 2.25 Ketebalan lapisan yang diizinkan dan penghamparan

Bahan	Tebal minimum (mm)	Tebal Yang Diperlukan (mm)	Diizinkan penghamparan dalam beberapa lapis
HRS WC	30	30 – 50	tidak
HRS Base	35	35 – 50	ya
AC WC	40	40 – 50	tidak
AC BC	60	60 – 80	ya
AC – Base	75	80 – 120	ya
Lapis Fondasi Agregat Kelas A (gradasi)			

Bahan	Tebal minimum (mm)	Tebal Yang Diperlukan (mm)	Diizinkan penghambaran dalam beberapa lapis
dengan ukuran maksimum 37.5 mm)	120	150 -200	ya
Lapis Fondasi Agregat Kelas B (gradasi dengan ukuran maksimum 50 mm)	150	150 – 200	ya
Lapis Fondasi Agregat Kelas S (gradasi dengan ukuran maksimum 37,5 mm)	120	125 – 200	ya
CTB (gradasi dengan ukuran maksimum 30 mm) atau LMC	100	150 – 200	tidak
Stabilisasi tanah atau kerikil alam	100	150 – 200	tidak
Kerikil alam	100	100 – 200	ya

Sumber : Manual Perkerasan 2017

Tabel 2.26 Bagan desain-3 Desain perkerasan lentur opsi biaya minimum dengan CTB

Kriteria	F1	F2	F3	F4	F5
	Untuk lalu lintas dibawah 10 juta ESA5 lihat bagian desain 3A-3B dan 3C	Lihat bagan desain 4 untuk alternatif kaku			
Reptisi beban sumbu kumulatif 20 tahun pada lajur (10ESA)	> 10 - 30	> 30 -35	> 54 -100	> 100 - 200	> 200 -500
Jenis permukaan berpangkat	AC	AC			
Jenis lapis fondasi	Cement Treated Base (CTB)				
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 : Manual Perkerasan 2017

Kriteria	STRUKTUR PERKERASAN								
	FFF1	FFF2	FFF3	FFF4	FFF5	FFF6	FFF7	FFF8	FFF9
Solusi yang dipilih					Lihat catatan 2				
AC BC	60	60	60	60	60	60	60	60	60
AC Base	0	70	80	105	145	160	180	210	245
LFA Kelas A	400	300	300	300	300	300	300	300	300
Catatan	1		2		3				

Sumber : Manual Perkerasan 2017

Tabel 2.29 Bagan desain-3C Penyesuaian tebal lapis fondasi agregat A untuk tanah dasar $CBR \geq 7\%$ (hanya untuk bagan desain-3B)

Kriteria	STRUKTUR PERKERASAN								
	FFF1	FFF2	FFF3	FFF4	FFF5	FFF6	FFF7	FFF8	FFF9
Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10 ESA5)	> 2	> 2 - 4	> 4 - 7	> 7 - 10	>10 - 20	> 20 - 30	> 30 - 50	> 50 - 100	> 100 - 200
KETEBALAN LFA A (mm) PENYESUAIAN TERHADAP BAGAN DESAIN 3B									
Subgrade $CBR \geq 5,5 - 7$	400	300	300	300	300	300	300	300	300
Subgrade $CBR \geq 7 - 10$	330	220	215	210	205	200	200	200	200
Subgrade $CBR \geq 10$	260	150	150	150	150	150	150	150	150
Subgrade $CBR \geq 15$	200	150	150	150	150	150	150	150	150

Sumber : Manual Perkerasan 2017

Tabel 2.30 Bagan desain-5 Perkerasan berbutir dengan laburan

Jenis Lapisan Perkerasan	STRUKTUR PERKERASAN				
	SD1	SD2	SD3	SD4	SD5
	Beban sumbu 20 tahun pada lajur desain (ESA4x10)				
	< 0,1	0,1 - 0,5	> 0,5 - 4	> 4 - 10	> 10 - 30
	Ketebalan lapis perkerasan (mm)				
Burda	Ukuran agregat nominal 20 mm				
Lapis Fondasi Agregat Kelas A	200	250	300	320	340
Lapis Fondasi Agregat Kelas A, atau kelas B, atau kerikil alam, atau stabilisasi dengan CBR > 10%, pada subgrade dengan CBR \geq 5%	100	101	102	103	104

Sumber : Manual Perkerasan 2017

2.2.9 Kapasitas Jalan

Penentuan kapasitas jalan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$C = C_0 \times F_{CW} \times F_{CSP} \times F_{CSF} \quad (2.59)$$

Keterangan:

C = Kapasitas

C_0 = Kapasitas dasar (Tabel 2.31)

F_{CW} = Faktor penyesuaian lajur lalu lintas (Tabel 2.32)

F_{CSP} = Faktor penyesuaian arah lalu lintas (Tabel 2.33)

F_{CSF} = Faktor penyesuaian gesekan samping (Tabel 2.34)

Tabel 2.31 Kapasitas Dasar untuk Jalan antar Kota Dengan 2 Lajur 2 Arah (2/2 UD)

Jenis dan alinyemen jalan (empat lajur terbagi)	Kapasitas dasar total dua arah (SMP/Jam/Lajur)
Datar	3100
Bukit	3000
Gunung	2900

Sumber: MPJ Nomor 04/SE/Db/2017

Tabel 2.32 Faktor Penyesuaian Pengaruh Lebar Lajur Lalu Lintas (F_{CW}) Terhadap Kapasitas

Jenis jalan	Lebar efektif lajur lalu lintas (W_c) (m)	F_{CW}
Empat lajur terbagi Enam lajur terbagi	Per lajur	
	3,00	0,91
	3,25	0,96
	3,50	1,00
	3,75	1,03
Empat lajur tak terbagi	Per lajur	
	3,00	0,91
	3,25	0,96

Jenis jalan	Lebar efektif lajur lalu lintas (Wc) (m)		FC _w	
		3,50		1,00
		3,75		1,03
Dua lajur tak terbagi	Total dua arah			
		5,00	0,69	
		6,00	0,91	
		7,00	1,00	
		8,00	1,08	
		9,00	1,15	
		10,00	1,21	
		11,00	1,27	

Sumber: MPJ Nomor 04/SE/Db/2017

Tabel 2.33 Faktor Penyesuaian Kapasitas Karena Pemisahan Arah (FC_{SP})

Pemisahan arah SP %-%		50-50	55-45	60-40	65-35	70-30
FCSP	Dua lajur 2/2	1,000	0,970	0,940	0,910	0,880
	Empat lajur 4/2	1,000	0,975	0,950	0,925	0,900

Sumber: MPJ Nomor 04/SE/Db/2017

Tabel 2.34 Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Pengaruh Hambatan Samping (FC_{SF})

Jenis jalan	Kelas hambatan	Faktor Penyesuaian Akibat Pengaruh Gesekan Samping (FC _{SF})			
		≤ 0,5	1	1,5	≥ 2
4/2 D	VL	0,99	1,00	1,01	1,03
	L	0,96	0,97	0,99	1,01
	M	0,93	0,95	0,96	0,99
	H	0,90	0,92	0,95	0,97
	VH	0,88	0,90	0,95	1,01
2/2 D 4/2 D	VL	0,97	0,99	1,00	1,02
	L	0,93	0,95	0,97	1,00
	M	0,88	0,91	0,64	0,98
	H	0,84	0,87	0,91	0,95
	VH	0,80	0,83	0,88	0,93

Sumber: MPJ Nomor 04/SE/Db/2017

2.3 Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Dengan Menggunakan Metode Analisa Komponen

2.3.1 Lalu Lintas

a. Jumlah Jalur dan koefisien distribusi kendaraan (C)

Jalan yang tidak memiliki tanda batas jalur, maka jumlah jalur ditentukan dari lebar perkerasan menurut daftar seperti pada tabel dibawah ini:

Tabel 2.35 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan

Lebar Perkerasan (L)	Jumlah Lajur (n)
$L < 5,50 \text{ m}$	1 jalur
$5,50 \text{ m} \leq L < 8,25 \text{ m}$	2 jalur
$8,25 \leq L < 11,25 \text{ m}$	3 jalur
$11,25 \text{ m} \leq L < 15,00 \text{ m}$	4 jalur
$15,00 \text{ m} \leq L < 18,75 \text{ m}$	5 jalur
$18,75 \text{ m} \leq L < 22,00 \text{ m}$	6 jalur

Sumber: (SKBI 2.3.26.1987)

Koefisien distribusi kendaraan (C) untuk kendaraan ringan dan berat yang lewat pada jalur rencana ditentukan tabel dibawah ini:

Tabel 2.36 Koefisien Distribusi Kendaraan

Jumlah Lajur	Kendaraan Ringan *)		Kendaraan Berat **)	
	1 arah	2 arah	1 arah	2 arah
1 jalur	1,00	1,00	1,00	1,000
2 jalur	0,60	0,50	0,70	0,500
3 jalur	0,40	0,40	0,50	0,475
4 jalur	-	0,30	-	0,450
5 jalur	-	0,25	-	0,425
6 jalur	-	0,20	-	0,400

Sumber: (SKBI 2.3.26.1987)

*) berat total < 5 ton, misalnya mobil penumpang, pick up, mobil hantaran

***) berat total > 5 ton, misalnya bus, truk, traktor, semi trailer, trailer.

1. Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Angka ekuivalen (E) masing-masing golongan beban sumbu (setiap kendaraan) ditentukan menurut rumus daftar dibawah ini:

Tabel 2.37 Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Beban Sumbu		Angka Ekuivalen	
Kg	Lb	Sumbu Tunggal	Sumbu Ganda
1000	2205	0,0002	-
2000	4409	0,0036	0,0003
3000	6614	0,0183	0,0016

Beban Sumbu		Angka Ekuivalen	
Kg	Lb	Sumbu Tunggal	Sumbu Ganda
4000	8818	0,0577	0,0050
5000	11023	0,1410	0,0121
6000	13228	0,2923	0,0251
7000	15432	0,5415	0,0466
8000	17637	0,9238	0,0794
8160	18000	1,0000	0,0860
9000	19841	1,4798	0,1273
10000	22046	2,2555	0,1940
11000	24251	3,3022	0,2840
12000	26455	4,6770	0,4022
13000	28660	6,4419	0,5540
14000	30864	8,6647	0,7452
15000	33069	11,4184	0,9820
16000	35276	14,7815	1,2712

Sumber: (SKBI 2.3.26.1987)

b. Lalu lintas harian rata – rata dan rumus – rumus lintas ekuivalen

1. Lalu lintas harian rata – rata (LHR)

Lalu lintas harian rata-rata (LHR) setiap jenis kendaraan ditentukan pada awal umur rencana, yang dihitung untuk dua arah pada jalan tanpa median atau masing-masing arah pada jalan dengan median.

Lalu lintas harian rata – rata permulaan (LHR):

$$LHR_p = LHR_s \times (1 + i_1)^n \quad (2.60)$$

Lalu lintas harian rata – rata akhir (LHRA)

$$LHR_A = LHR_p \times (1 + i_2)^n \quad (2.61)$$

Rumus – rumus lintas ekuivalen:

1) Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP)

$$LEP = \sum_{j=mp}^n (LHR_{pj}) \times C \times E \quad (2.62)$$

2) Lintas Ekuivalen Akhir (LEA)

$$LEA = \sum_{j=mp}^n (LHR_{pj}) \times C \times E \quad (2.63)$$

3) Lintas Ekuivalen Tengah (LET)

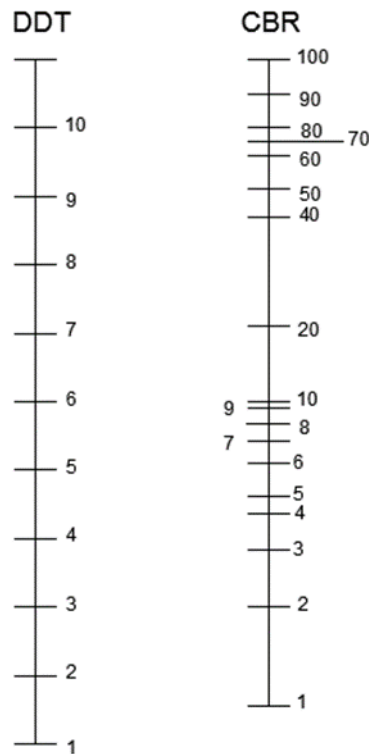
$$LET = \frac{LEP + LEA}{2} = \quad (2.64)$$

4) Lintas Ekuivalen Rencana (LER)

$$\text{LER} = \text{LET} \times \text{Fp} \quad (2.65)$$

2.3.2 Daya Dukung Tanah Dasar (DDT) dan CBR

Daya Dukung Tanah Dasar (DDT) ditetapkan berdasarkan grafik korelasi DDT dan CBR. CBR diperoleh dari hasil pemeriksaan contoh tanah yang telah disiapkan di laboratorium atau langsung dilapangan, nilai CBR yang digunakan disebut CBR rencana atau CBR desain.



Gambar 2.25 Korelasi DDT dan CBR (Sumber : SKBI 2.3.26.1987)

Catatan: Hubungan nilai CBR dengan garis mendatar ke sebelah kiri diperoleh nilai DDT.

Korelasi antara Daya dukung Tanah (DDT) dengan CBR diberikan dalam bentuk nomogram seperti pada gambar diatas, dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{DDT} = 4,9 \log (\text{CBR}) + 1,7 \quad (2.66)$$

2.3.3 Faktor Regional

Faktor regional bisa juga juga disebut faktor koreksi sehubungan dengan perbedaan kondisi tertentu. Kondisi tertentu yang dimaksud adalah keadaan lapangan dan keadaan iklim. Keadaan lapangan mencakup permeabilitas tanah, perlengkapan drainase, bentuk alinyemen serta persentase kendaraan dengan berat

13 ton. Sedangkan keadaan iklim mencakup curah hujan rata-rata per tahun. Berikut merupakan tabel dari faktor regional.

Tabel 2.38 Faktor Regional (FR)

Curah Hujan	Kelandaian I ($< 6\%$)		Kelandaian I ($6 - 10\%$)		Kelandaian II ($> 10\%$)	
	% Kendaraan Berat		% Kendaraan Berat		% Kendaraan Berat	
	$\leq 30\%$	$> 30\%$	$\leq 30\%$	$> 30\%$	$\leq 30\%$	$> 30\%$
Iklim I < 900 mm/tahun	0,5	1,0 – 1,5	1	1,5 – 2,0	1,5	2,0 – 2,5
Iklim II ≥ 900 mm/tahun	1,5	2,0 – 2,5	2	2,0 – 3,0	2,5	3,0 – 3,5

Sumber: SKBI 2.3.26.1987

2.3.4 Indeks Permukaan (IP)

Pada Indeks Permukaan menyatakan nilai dari pada kerataan / kehalusan serta kekokohan permukaan yang bertalian dengan tingkat pelayanan bagi lalu – lintas yang lewat.

Adapun beberapa nilai IP beserta artinya adalah sebagai berikut:

IP = 1,5 : adalah tingkat pelayanan rendah yang masih mungkin (jalan tidak terputus).

IP = 2,0 : adalah tingkat pelayanan rendah bagi jalan yang mantap

IP = 2,5 : adalah menyatakan permukaan jalan masih cukup stabil dan baik.

Tabel 2.39 Indeks Permukaan pada Akhir Umur Rencana (IP)

LER = Lintas Ekuivalen Rencana *)	Klasifikasi Jalan			
	Lokal	Kolektor	Alteri	Tol
< 10	1,0 – 1,5	1,5	1,5 – 2,0	-
10 – 100	1,5	1,5 – 2,0	2	-
100 – 1000	1,5 – 2,0	2	2,0 – 2,5	-
> 1000	-	2,0 – 2,5	2,5	2,5

Sumber: SKBI 2.3.26.1987

*) LER dalam satuan angka ekuivalen 8,16 ton beban sumbu tunggal

Untuk menentukan indeks permukaan pada awal umur rencana (IPo) perlu diperhatikan jenis lapis permukaan jalan (kerataan / kehalusan serta kekokohan) pada awal umur rencana menurut daftar di bawah ini:

Tabel 2.40 Indeks Permukaan pada Awal Umur Rencana (Ip0)

Jenis Permukaan	I _{P0}	Roughness *) (mm/km)
LASTON	≥ 4	≤ 1000
	3,9 – 3,5	> 1000
LASBUTAG	3,9 – 3,5	≤ 2000
	3,4 – 3,0	> 2000
HRA	3,9 – 3,5	≤ 2000
	3,4 – 3,0	> 2000
BURDA	3,9 – 3,5	< 2000
BURTU	3,4 – 3,0	< 2000
LAPEN	3,4 – 3,0	≤ 3000
	2,9 – 2,5	> 3000
LATASBUM	2,9 – 2,5	
BURAS	2,9 – 2,5	
LATASIR	2,9 – 2,5	
JALAN TANAH	≤ 2,4	
JALAN KERIKIL	≤ 2,4	

Sumber: SKBI 2.3.26.1987

2.3.5 Koefisien Kekuatan Relatif

Masing-masing bahan dan kegunaan sebagai lapis permukaan pondasi bawah memiliki koefisien kekuatan relatif (a), yang ditentukan secara korelasi sesuai nilai Marshall Test (untuk bahan dengan aspal), kuat tekan untuk (bahan yang distabilisasikan dengan semen atau kapur) atau CBR (untuk bahan lapis pondasi atau pondasi bawah).

Tabel 2.41 Koefisien Kekuatan Relatif

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
A1	A2	A3	MS (Kg)	Kt (Kg/cm)	CBR (%)	
0,40	-	-	744	-	-	laston
0,35	-	-	590	-	-	
0,35	-	-	454	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	lasbutag
0,35	-	-	744	-	-	
0,31	-	-	590	-	-	
0,28	-	-	454	-	-	HRA
0,26	-	-	340	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	
0,26	-	-	340	-	-	Aspal macadam

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
A1	A2	A3	MS (Kg)	Kt (Kg/cm)	CBR (%)	
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	-	Stab. Tanah dengan kapur
-	0,13	-	-	18	-	
-	0,15	-	-	22	-	Stab. Tanah dengan kapur
-	0,13	-	-	18	-	
-	0,14	-	-	-	100	Batu pecah (Kelas A)
-	0,13	-	-	-	80	Batu pecah (Kelas B)
-	0,12	-	-	-	60	Batu pecah (Kelas 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: SKBI 2.3.26.1987

2.3.6 Batas – batas Minimum Tebal Perkerasan

1. Lapis Permukaan

Pada permukaan memiliki batas minimum permukaan, yang dinyatakan pada tabel berikut:

Tabel 2.42 Lapis Permukaan

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
< 3,00	5	Lapis pelindung : (Buras/Burtu,Burda)

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
3,00 – 6,70	5	Lapan/Aspal Macadam, HRA, Lasbutag, Laston
6,71 – 7,49	7,5	Lapan/Aspal Macadam, HRA, Lasbutag, Laston
7,50 – 9,99	7,5	Lasbutag, Laston
$\geq 10,00$	10	Laston

Sumber: *SKBI 2.3.26.1987*

2. Lapis Pondasi Atas

Pada atas memiliki batas minimum permukaan, yang dinyatakan pada tabel berikut:

Tabel 2.43 Lapis Pondasi Atas

ITP	Tebal Minimum	Bahan
< 3,00	15	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur
3,00 – 7,49	20	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur
	10	Laston atas
7,50 – 9,99	20	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadam
	15	Laston atas
10 – 12,14	20	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadam, Lapan, Laston atas
$\geq 12,25$	25	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadam, Lapan, Laston atas

Sumber: *SKBI 2.3.26.1987*

*) batas 20 cm tersebut dapat diturunkan menjadi 15 cm bila untuk pondasi bawah digunakan material berbutir kasar.

3. Lapis Pondasi Bawah

Untuk setiap nilai ITP bila digunakan pondasi bawah, tebal minimum adalah 10 cm.

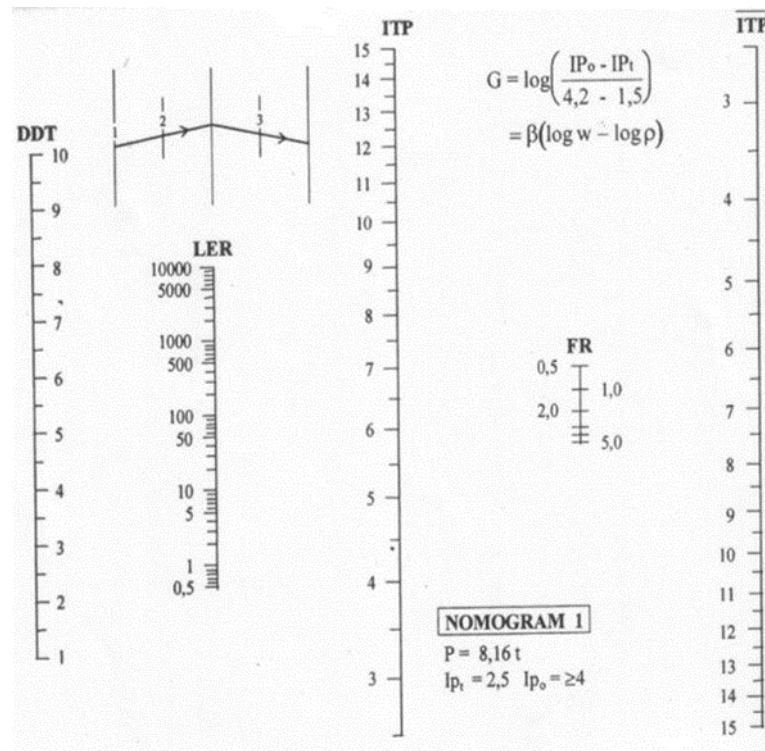
2.3.7 Analisis Komponen Perkerasan

Indeks Tebal Perkerasan (ITP) merupakan penentu untuk tebal perkerasan. Dimana perhitungan perkerasan ini didasarkan pada kekuatan relatif masing-masing. ITP memiliki rumus sebagai berikut:

$$ITP = \alpha_1 D_1 + \alpha_2 D_2 + \alpha_3 D_3 \quad (2.67)$$

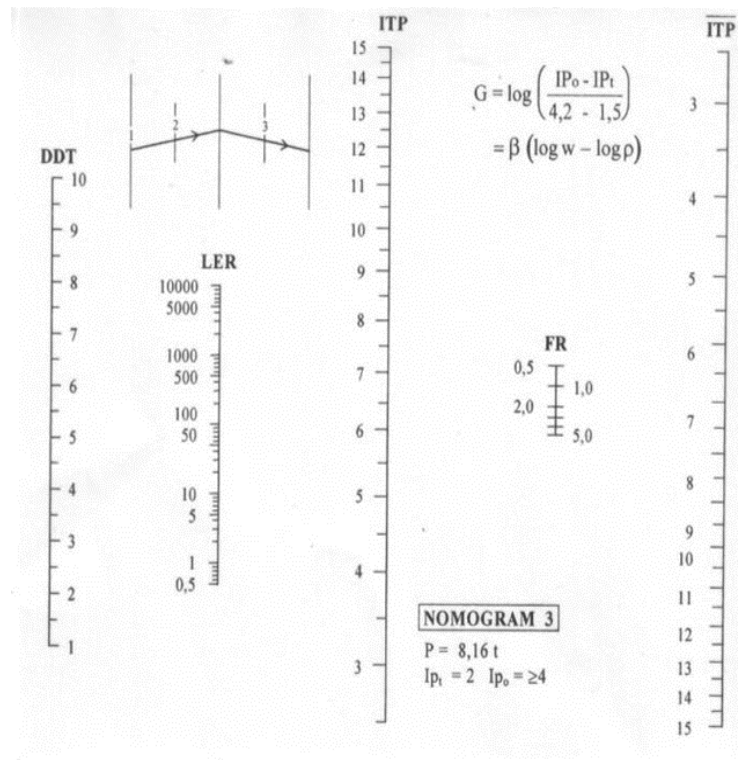
D_1, D_2, D_3 = Tebal masing-masing lapis perkerasan (cm)

Angka 1,2,3 masing-masing lapis permukaan, lapis pondasi atas dan pondasi bawah.



Gambar 2.26 Nomogram 1 untuk $I_{pt} = 2,5$ dan $I_{po} = > 4$

(Sumber: SKBI 2.3.26.1987)



Gambar 2.27 Nomogram 3 untuk $I_{pt} = 2$ dan $I_{po} = > 4$

(Sumber: SKBI 2.3.26.1987)

2.4 Perencanaan Drainase

Drainase jalan merupakan prasarana yang bersifat alami atau pun buatan, yang digunakan untuk memutuskan dan menyalurkan air permukaan maupun bawah tanah. pada prosesnya biasanya menggunakan bantuan gaya gravitasi, yang mencakup saluran samping dan gorong-gorong ke badan air penerima atau tempat resapan buatan. Dalam perencanaan sistem drainase untuk jalan raya perlu memperimbangkan, drainase permukaan dan drainase bawah permukaan.

Adapun penyebab terjadinya kerusakan konstruksi jalan raya, baik secara langsung maupun baik tidak langsung yang disebabkan oleh air yang sangat berkaitan dengan hidrologi dan sistem drainase jalan. Ada dua pokok yang perlu diperhatikan dalam perencanaan sistem drainase untuk jalan raya yaitu, drainase permukaan dan drainase bawah permukaan.

Pada drainase permukaan sangat berkaitan dengan analisis hidrologi. Dalam analisis hidrologi dilaksanakan berdasarkan data curah hujan, topografi daerah, karakteristik daerah pengaliran serta frekuensi banjir rencana.

Sedangkan drainase bawah permukaan berkaitan dengan adanya air tanah akibat proses infiltrasi dan kapilaritas yang mempengaruhi kondisi subgrade, stabilitas lereng, dan tembok penahan tanah.

Fungsi drainase jalan dengan demikian ada 2 (dua) cakupan yaitu :

- a. Memperkecil kemungkinan menurunnya daya dukung *subgrade* karena kadar airnya naik melebihi kadar air optimum sebagai akibat dari merembesnya air hujan ke dalam *subgrade* melalui pori-pori perkerasan jalan atau yang berasal dari air tanah yang naik ke permukaan.
- b. Memperkecil kemungkinan rusaknya perkerasan jalan sebagai akibat terendamnya perkerasan jalan oleh genangan air hujan.

2.4.1 Analisa Hidrologi

Dalam perhitungan analisa hidrologi ada beberapa metode yang dapat digunakan, diantaranya:

- a. Metode Rata-rata Aljabar

Metode rata-rata aljabar merupakan metode dengan memperhitungkan rata-rata secara aljabar curah hujan yang ada didalam dan di sekitar daerah yang dianalisis. Berikut merupakan rumus yang digunakan dalam metode rata-rata aljabar.

$$R = \frac{1}{n} (R_1 + R_2 + \dots + R_n) \quad (2.68)$$

Keterangan:

R = Curah hujan daerah

n = Jumlah titik atau pos pengamatan

R_1, R_2, \dots, R_n = Curah hujan di setiap titik pengamatan

- b. Metode Polygon Thiessen

Metode *Polygon Thiessen* merupakan perhitungan curah hujan dilakukan dengan memperhitungkan daerah yang memengaruhi tiap titik pengamatan, jika titik-titik di dalam daerah pengamatan tidak tersebar merata. Berikut merupakan rumus yang digunakan dalam metode ini.

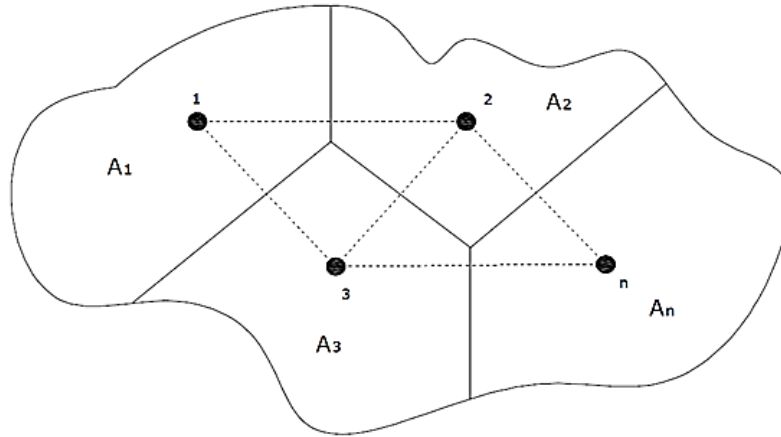
$$P = \frac{P_1 A_1 + P_2 A_2 + P_3 A_3 + \dots + P_n A_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (2.69)$$

Keterangan:

P = Curah hujan kawasan, (mm)

P_1, P_2, \dots, P_n = Curah hujan masing-masing stasiun, (mm)

A_1, A_2, \dots, A_n = Luasan area polygon, (km^2)



Gambar 2.28 Metode Polygon Thiessen

c. Metode Isohyet

Metode Isohyet merupakan metode rasional yang terbaik jika garis-garis isohyet dapat digambarkan dengan teliti. Berikut merupakan rumus yang digunakan dalam metode Isohyet.

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \frac{I_i + I_{i+1} + 2}{2}}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (2.70)$$

atau

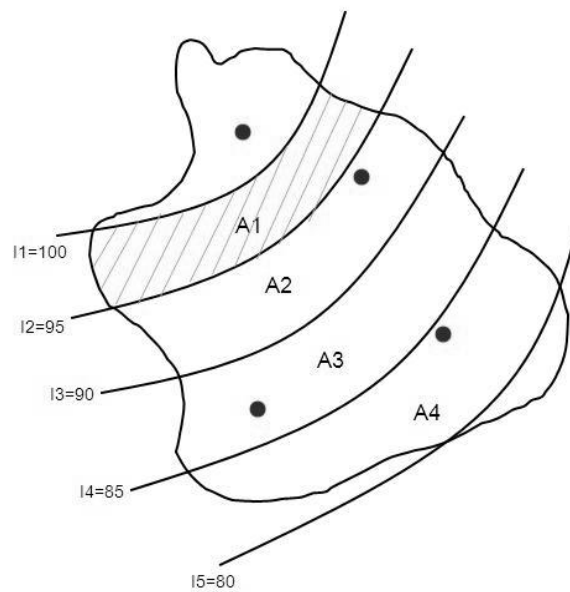
$$\bar{R} = \frac{A_1 \frac{I_1 + I_2}{2} + A_2 \frac{I_2 + I_3}{2} + \dots + A_n \frac{I_n + I_{n+1}}{2}}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (2.71)$$

Keterangan:

\bar{R} = Hujan rata-rata suatu DAS

I = garis isohyet

A = Luas area dibatasi poligon, (km^2)



Gambar 2.29 Metode Ishoyet

2.4.2 Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi merupakan analisis yang mempelajari mengenai pengulangan suatu kejadian. Dalam arti probabilitas analisis frekuensi berfungsi sebagai dasar perhitungan perencanaan hidrologi agar mengantisipasi setiap kemungkinan yang akan terjadi.

Dalam perhitungan analisis frekuensi dapat menggunakan distribusi sesuai dengan parameter yang telah ditentukan. Pemilihan parameter jenis distribusi dapat dilihat pada tabel 2.44.

Tabel 2.44 Parameter Pemilihan Jenis Distribusi

Jenis Sebaran	Kriteria
Log Normal	$Cs = 3 Cv + Cv^2$
	$Cv = 0,06$
Log Pearson Tipe III	$Cs \neq 0$
	$Cv = 0,3$
Gumbel	$Cs \leq 1,1396$
	$Ck \leq 5,4002$
Normal	$Cs = 0$
	$Ck = 3$

Sumber: Suripin, 2004

a. Distribusi Normal

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot S_X \quad (2.72)$$

Keterangan:

X_T = CH/intensitas hujan pada periode T_r

\bar{X} = Nilai rata-rata hitung varian

S_X = Deviasi standar nilai varian

K_T = Variabel reduksi gauss. Nilai K_T dapat dilihat pada lampiran

b. Distribusi Log Pearson Tipe III

Tiga parameter penting dalam LP.III ini adalah (1) harga rata-rata; (2) simpangan baku; dan (3) koefisien kemencengan. Jika koefisien kemencengan sama dengan nol, maka distribusi kembali ke distribusi Log Normal.

Mencari harga rata-rata:

$$\text{Log } \bar{X} = \sum_{i=1}^n \frac{\log X_i}{n}$$

$$\log(X_T) = \log(\bar{X}) + K.S_X \quad (2.73)$$

$$X_T = 10^{(\log(\bar{X}) + K.STDEV)} \quad (2.74)$$

Keterangan:

X_T = CH/intensitas hujan pada T_r

K = Variabel standar bergantung C_s dan G , terdapat pada lampiran

S_X = Deviasi standar nilai varian

T_r = Tahun ulangan (2 tahun, 5 tahun, dst)

c. Distribusi Gumbel

$$X_T = \bar{X} + \left[\frac{Y_{Tr} - Y_n}{S_n} \right] . S_X \quad (2.75)$$

$$X_T = \bar{X} + K.S_X \quad (2.76)$$

$$Y_T = -\ln \left[-\ln \frac{T_r - 1}{T_r} \right] \quad (2.77)$$

Keterangan:

X_T = CH/intensitas hujan pada periode T_r

Y_{Tr} = Factor ln dari T_r

Y_n = Reduce mean factor. Nilai Y_n dapat dilihat pada lampiran

S_n = Reduce standard deviation. Nilai S_n dapat dilihat pada lampiran

T_r = Tahun ulangan (2 tahun, 5 tahun, dst)

X = Nilai rata-rata hitung varian

S_x = Deviasi standar nilai varian

K = Faktor probabilitas, nilai $K = Y_{Tr} - Y_n / S_n$

d. Distribusi Log Normal

$$\log(X_T) = \log(\bar{X}) + K.S_x \quad (2.78)$$

$$X_T = 10^{(\log(\bar{X}) + K.S_x)} \quad (2.79)$$

Keterangan:

X_T = CH/intensitas hujan pada T_r

K = Variabel reduksi gauss

Tabel 2.45 variabel reduksi Gauss

No	Periode Ulang, T (tahun)	Peluang	KT
1	1,001	0,999	-3,05
2	1,005	0,995	-2,58
3	1,01	0,990	-2,33
4	1,05	0,952	-1,64
5	1,11	0,901	-1,28
6	1,25	0,800	-0,84
7	1,33	0,752	-0,67
8	1,43	0,699	-0,52
9	1,67	0,599	-0,25
10	2,0	0,500	0
11	2,5	0,400	0,25
12	3,33	0,300	0,52
13	4,0	0,250	0,67
14	5,0	0,200	0,84
15	10,0	0,100	1,28
16	20,0	0,050	1,64
17	50,0	0,020	2,05
18	100,0	0,010	2,33
19	200,0	0,005	2,58
20	500,0	0,002	2,88
21	1.000,0	0,001	3,09

Sumber : Suripin, 2004

2.4.3 Pengujian Keselarasan Distribusi

a. Uji Chi-Square

Maksud dari Uji Chi-Square adalah untuk menentukan apakah persamaan sebaran peluang yang telah dipilih sudah dapat mewakili distribusi statistik sampel yang dianalisis didasarkan dengan jumlah pengamatan yang diharapkan pada pembagian kelas dan ditentukan oleh jumlah data pengamatan yang terbaca di dalam kelas tersebut. Berikut merupakan rumus yang dapat digunakan.

$$Chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_f - E_f)^2}{E_f} \quad (2.80)$$

$$K = 1 + 2,322 \cdot \log(n) \quad (2.81)$$

$$D_k = K - (p + 1) \quad (2.82)$$

Keterangan:

Chi^2 = Parameter chi-kuadrat terhitung

E_f = Frekuensi yang diharapkan sesuai dengan pembagian kelasnya

O_f = Frekuensi yang diamati pada kelas yang sama

n = Jumlah sub-kelompok

D_k = Derajat kebebasan

p = Banyaknya parameter, untuk uji Chi-Kuadrat adalah 2

K = Jumlah kelas distribusi

Jika Chi^2 terhitung $<$ Chi^2 kritis, maka metode distribusi dapat diterima.

Harga kritis Chi-square terdapat pada lampiran.

b. Smirnov-Kolmogorov

Uji Smirnov-Kolmogorov digunakan dengan membandingkan probabilitas untuk setiap variabel dari distribusi empiris dan teoritis yang didapat berbeda (D). perbedaan maksimum yang dihitung (D_{maks}) dibandingkan dengan perbedaan kritis (D_{cr}) untuk satu derajat nyata dan banyaknya varian tertentu. Berikut merupakan rumus yang dapat digunakan.

$$P = \frac{m}{n+1} 100\% \quad (2.83)$$

Keterangan:

P = Probabilitas, (%)

m = Nomor urut data dari seri data yang telah disusun

n = banyaknya data

Jika $(D_{maks}) < (D_{cr})$ maka sebaran sesuai dan dapat diterima. Harga kritis Smirnov-Kolmogorov terdapat pada lampiran.

2.4.4 Intensitas Hujan

Intensitas curah hujan merupakan tingginya curah hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu dimana air tersebut berkonsentrasi. Pada umumnya hujan memiliki sifat, yang semakin pendek rentang berlangsungnya hujan maka intensitasnya akan semakin tinggi dan jika periode ulangnya semakin tinggi maka semakin tinggi pula intensitasnya.

Dalam hubungan antara intensitas, lama hujan, dan frekuensi hujan sering dinyatakan dengan lengkung Intensitas – Durasi - Frekuensi ($IDF = Intensity - Duration - Frequency Curve$). Untuk membentuk lengkung IDF dibutuhkan data hujan jangka pendek, misalnya 5 menit, 10 menit, 30 menit, 60 menit, dan jam-jam untuk membentuk lengkung IDF.

Dalam menentukan intensitas hujan dapat menggunakan metode mononobe. Rumus ini dipakai jika data hujan pendek tidak tersedia, dan yang ada hanya data hujan harian, maka intensitas hujan dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (2.84)$$

Keterangan:

I = Intensitas hujan, (mm/jam)

t = Lamanya hujan, (jam)

R_{24} = Tinggi hujan maksimum dalam 24 jam, (mm)

2.4.5 Menentukan Debit Aliran

Metode rasional praktis dapat dipakai untuk menghitung debit puncak aliran. Metode ini dapat menggambarkan antara hubungan debit limpasan dan besar curah hujan secara praktis, berlaku untuk luas DAS kurang dari 300 hektar.

$$Q = \frac{1}{3,6} C \times I \times A \quad (2.85)$$

Keterangan:

Q = Debit rencana, (m^3/det)

C = Koefisien pengaliran rata-rata dari C_1, C_2, C_3

I = Intensitas hujan, (mm/jam)

A = Luas daerah layanan (km^2), terdiri atas A_1, A_2, A_3

2.4.6 Menentukan Waktu Konsentrasi (T_c)

Waktu konsentrasi (T_c) dihitung pada saat air hujan yang jatuh pada suatu daerah aliran, dan menyentuh permukaan daerah aliran (DAS) yang paling jauh dengan lokasi dari muara. Berikut merupakan rumus yang dapat digunakan.

$$t_c = t_1 + t_2 \quad (2.86)$$

$$t_1 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times L_o \frac{nd}{\sqrt{S}} \right)^{0,167} \quad (2.87)$$

$$t_2 = \frac{L}{60V} \quad (2.88)$$

Keterangan:

T_c = Waktu konsentrasi, (menit)

t_1 = Waktu untuk mencapai awal saluran dari titik terjauh, (menit)

t_2 = Waktu aliran dalam saluran sepanjang L dari ujung saluran, (menit)

L_o = Jarak dari titik terjauh ke fasilitas drainase, (m)

S = Kemiringan daerah pengaliran, dapat dilihat pada lampiran

L = Panjang saluran, (m)

V = Kecepatan air rata-rata di selokan, (m/dt)

nd = Koefisien hambatan, dapat dilihat pada lampiran

Tabel 2.46 Kemiringan Satuan Memanjang (i_s) Berdasarkan Jenis Material

No	Jenis Material	Kemiringan saluran (i_s %)
1	Tanah Asli	0 - 5
2	Kerikil	5 - 7,5
3	Pasangan	7,5

Sumber : Pd. T-02-2006-B

Tabel 2.47 Kemiringan Rata-rata Saluran Terhadap Kecepatan Rata-rata

Kemiringan rata-rata saluran (%)	Kecepatan rata-rata (m/det)
< 1	0,4
1 sampai < 2	0,6
2 sampai < 4	0,9
4 sampai < 6	1,2
6 sampai < 10	1,5

Kemiringan rata-rata saluran (%)	Kecepatan rata-rata (m/det)
10 sampai < 15	2,4

Sumber : Pd. T-02-2006-B

Tabel 2.48 Koefisien Hambatan (nd) Berdasarkan Kondisi Permukaan

No.	Kondisi Lapis Permukaan	nd
1	Lapisan semen dan aspal beton	0,013
2	Permukaan licin dan kedap air	0,020
3	Permukaan licin dan kokoh	0,100
4	Tanah dengan rumput tipis dan gundul dengan permukaan sedikit kasar	0,200
5	Padang rumput dan rerumputan	0,400
6	Hutan gundul	0,600
7	Hutan rimbun dan hutan gundul rapat dengan hamparan rumput jarang sampai rapat	0,800

Sumber : Pd. T-02-2006-B

2.4.7 Menentukan Koefisien Pengaliran (C)

Koefisien pengaliran (C) menggambarkan keadaan daerah aliran. Koefisien pengaliran (C) merupakan perbandingan antara komponen air, yang dapat dilihat sebagai berikut:

$$C = \frac{\text{Volume air yang berhasil mencapai muara DAS}}{\text{Volume air hujan yang jauh diatas DAS}} \quad (2.89)$$

Dalam kenyataannya terdapat berbagai tipe tata guna lahan bercampur baur dalam sebuah daerah aliran. Maka, untuk memperoleh koefisien pengaliran gabungan Cw dapat menggunakan rumus komposit sebagai berikut:

$$C = \frac{C_1A_1 + C_2A_2 + C_3A_3}{A_1 + A_2 + A_3} \quad (2.90)$$

Keterangan:

A_1, A_2, A_3 = Luas daerah pengaliran yang diperhitungkan sesuai dengan kondisi permukaan, (km^2)

C_1, C_2, C_3 = Koefisien pengaliran yang sesuai dengan tipe kondisi permukaan

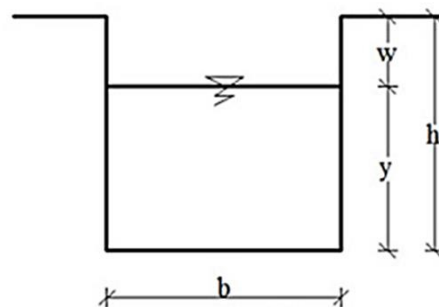
Tabel 2.49 Harga koefisien pengaliran (C) dan harga faktor limpasan (fk)

No	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien pengaliran (C)*	Faktor Limpasan (fk)
1	Jalan beton dan jalan aspal	0,70 – 0,95	-
2	Jalan kerikil dan jalan tanah	0,40 – 0,70	-
3	Bahu jalan:		-
	- Tanah berbutir halus	0,40 – 0,65	-
	- Tanah berbutir kasar	0,10 – 0,20	-
	- Batuan masif keras	0,70 – 0,85	-
	- Batuan masif lunak	0,60 – 0,75	-
4	Daerah perkotaan	0,70 – 0,95	2
5	Daerah pinggiran kota	0,60 – 0,70	1,5
6	Daerah industri	0,60 – 0,90	1,2
7	Pemukiman padat	0,40 – 0,60	2
8	Pemukiman tidak padat	0,40 – 0,60	1,5
9	Taman dan kebun	0,20 – 0,40	0,2
10	Persawahan	0,45 – 0,60	0,5
11	Perbukitan	0,70 – 0,80	0,4
12	Pegunungan	0,75 – 0,90	0,3

Sumber : Pd. T-02-2006-B

2.4.8 Dimensi Saluran Drainase

Dalam menentukan dimensi saluran harus sesuai dengan kebutuhan, maka biaya yang dikeluarkan akan menjadi ekonomis. Umumnya bentuk saluran drainase yang digunakan adalah bentuk saluran persegi.



Gambar 2.30 Potongan Melintang Model Persegi

Berikut merupakan langkah-langkah untuk menentukan dimensi saluran berbentuk persegi, diantaranya:

- a. Tentukan bahan saluran, koefisien manning (n), kecepatan (V), bentuk saluran dan kemiringan saluran yang diijinkan pada saluran. Harga koefisien manning (n) dapat dilihat pada tabel 2.41.
- b. Dalam menentukan kecepatan saluran harus lebih kecil daripada kecepatan saluran yang diijinkan. (kecepatan saluran < kecepatan saluran yang diijinkan).

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}} \quad (2.91)$$

- c. Tentukan tinggi jagaan (W) dan lebar saluran (b), lalu hitung jari-jari hidrolis (R), tinggi muka air (h), dan debit saluran (Qs).

$$A = b \cdot h \quad (2.92)$$

$$P = b + 2h \quad (2.93)$$

$$R = \frac{A}{P} \quad (2.94)$$

$$W = \sqrt{0,5h} \quad (2.95)$$

Keterangan:

A = Luas penampang basah, (m³)

P = Keliling basah, (m)

R = Jari-jari hidrolis, (m)

V = Kecepatan aliran, (m/dt)

n = Koefisien kekasaran manning, bisa dilihat pada Tabel 2.41

I = Kemiringan saluran yang diijinkan

W = Tinggi jagaan, (m)

- d. Nilai Qs harus lebih kecil dari Qr (Qs < Qr), maka dimensi saluran bisa diterima, jika tidak maka perhitungan dimensi saluran harus diulang.

Tabel 2.50 Angka Kekasaran Manning (n)

No	Tipe Saluran	Baik sekali	Baik	Sedang	Jelek
	SALURAN BUATAN				

No	Tipe Saluran	Baik sekali	Baik	Sedang	Jelek
1	Saluran tanah, lurus teratur	0,017	0,02	0,023	0,025
2	Saluran tanah yang dibuat dengan excavator	0,023	0,028	0,03	0,04
3	Saluran pada dinding bantuan, lurus, teratur	0,02	0,03	0,033	0,035
4	Saluran pada dinding bantuan, tidak lurus, tidak teratur	0,035	0,04	0,045	0,045
5	Saluran batuan yang dibedakan ada tumbuh-tumbuhan	0,025	0,03	0,035	0,04
6	Dasar saluran dari tanah, sisi saluran berbatu	0,028	0,03	0,033	0,035
7	Saluran lengkung, dengan kecepatan aliran rendah	0,02	0,025	0,028	0,03
	SALURAN ALAM				
8	Bersih, lurus, tidak berpasir, tidak berlubang	0,025	0,028	0,03	0,033
9	Seperti no.8, tetapi ada timbunan atau kerikil	0,03	0,033	0,035	0,04
10	Melengkung, bersih, berlubang dan berdinding pasir	0,03	0,035	0,04	0,045
11	Seperti no.10, dangkal, tidak teratur	0,04	0,045	0,05	0,055
12	Seperti no.10, berbatu dan ada tumbuh-tumbuhan	0,035	0,04	0,045	0,05
13	Seperti no.10, sebagian berbatu	0,045	0,05	0,055	0,06
14	Aliran pelan, banyak tumbuh-tumbuhan dan berlubang	0,05	0,06	0,07	0,08
15	Banyak tumbuh-tumbuhan	0,075	0,1	0,125	0,15

No	Tipe Saluran	Baik sekali	Baik	Sedang	Jelek
	SALURAN BUATAN, BETON, ATAU BATU KALI				
16	Saluran pasangan batu, tanpa penyelesaian	0,025	0,03	0,033	0,035
17	Seperti no.10, tapi dengan penyelesaian	0,017	0,02	0,025	0,03
18	Saluran beton	0,014	0,016	0,019	0,021
19	Saluran beton halus dan rata	0,01	0,011	0,012	0,013
20	Saluran beton pra cetak dengan acuan baja	0,013	0,014	0,014	0,015
21	Saluran beton pra cetak dengan acuan kayu	0,015	0,016	0,016	0,018

Sumber : Pd. T-02-2006-B

2.5 Perencanaan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana anggaran biaya (RAB) merupakan perhitungan jumlah biaya yang dibutuhkan untuk bahan, alat, dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan pekerjaan atau proyek tersebut.

Dalam menentukan besarnya biaya yang dibutuhkan sebelumnya harus diketahui volume dari pekerjaan yang direncanakan. Dalam membuat jalan umumnya tidak lepas dari masalah galian maupun timbunan. Selain mencari volume galian dan timbunan, volume dari pekerjaan lainnya pun juga dibutuhkan, diantaranya, volume pekerjaan umum, pekerjaan tanah, pekerjaan drainase, pekerjaan perkerasan, dan pekerjaan pelengkap.

Dalam pembuatan Rencana Anggaran Biaya (RAB), pengumpulan data, memisahkan dan mengolahnya sangatlah penting. Data tersebut berisi tentang harga-harga, bahan-bahan, dan volumenya, keadaan buruh setempat, tempat bekerja, dan biaya-biaya extra yang harus dikeluarkan berdasarkan keadaan tempat tersebut.

Dalam Rencana Anggaran Biaya ini menetapkan langkah-langkah dalam menghitung harga satuan dasar (HSD) upah tenaga kerja, HSD alat dan bahan, kemudian menghitung harga satuan pekerjaan (HSP)

2.5.1 Analisa Harga Satuan

Dalam menentukan analisa harga satuan di setiap satuan pengukuran berkaitan erat pada metoda pelaksanaan pekerjaan atau cara kerja yang dipakai. Sehingga rumusan analisa harga satuan yang didapat menggambarkan harga asli di lapangan.

Dalam penerapannya, perhitungan harga satuan disesuaikan dengan Spesifikasi Teknis yang dipakai, peraturan-peraturan dan ketentuan-ketentuan yang berlaku, dan juga pertimbangan teknis terhadap situasi dan kondisi di lapangan.

Iuran (output) merupakan harga satuan setiap mata pembayaran yang didapat melalui proses perhitungan dan masukan. Dalam hal ini, masukan yang dimaksud merupakan harga satuan dasar untuk bahan, alat, upah tenaga kerja dan serta biaya umum. Analisa harga satuan dapat diambil dari Harga Satuan Dasar Upah Dan Harga Satuan Bahan serta Biaya Operasional Peralatan Departemen Pekerjaan Umum Kabupaten Tasikmalaya. Dalam menyusun harga satuan (HSP) memerlukan HSD tenaga kerja, HSD alat, dan HSD bahan.

a. Harga Satuan Dasar Tenaga kerja

Faktor yang mempengaruhi harga satuan dasar tenaga kerja adalah jumlah tenaga kerja dan tingkat keahlian tenaga kerja. Penempatan keahlian tenaga kerja mengikuti produktivitas peralatan utama. Komponen tenaga kerja berupa upah yang digunakan dalam mata pembayaran tergantung pada jenis pekerjaannya.

Umumnya produksi jenis pekerjaan menggunakan tenaga manusia yang dilaksanakan oleh perorangan atau kelompok kerja dilengkapi dengan peralatan yang diperlukan berdasarkan metode kerja yang ditetapkan yang disebut alat bantu (contoh: sekop, palu, gergaji, dan sebagainya) serta bahan yang diolah.

Dalam pembayarannya tenaga kerja dapat dibayar dalam sistem hari orang standar (OH) atau jam orang standar, yaitu sama dengan upah orang pekerjaan dalam 1 hari kerja (8 jam kerja dan termasuk 1 jam istirahat atau disesuaikan dengan kondisi setempat. Secara lebih rinci faktor tersebut dipengaruhi antara lain oleh :

- keahlian tenaga kerja,

- jumlah tenaga kerja,
- faktor kesulitan pekerjaan,
- ketersediaan peralatan,
- pengaruh lamanya kerja, dan
- pengaruh tingkat persaingan tenaga kerja.

Apabila perhitungan upah dinyatakan dengan upah orang per jam (OJ) maka upah orang per jam dihitung sebagai berikut:

$$\text{Upah orang per jam (OJ)} = \frac{\text{upah orang per bulan}}{25 \text{ hari} \times 7 \text{ jam kerja}} \quad (2.96)$$

1) Kualifikasi tenaga kerja

Dalam pelaksanaan pekerjaan umum diperlukan keterampilan yang memadai untuk dapat melaksanakan suatu jenis pekerjaan. Tenaga kerja yang terlibat dalam suatu jenis pekerjaan dapat dilihat pada Tabel 2.45.

Tabel 2.51 Kodefikasi tenaga kerja

No	Tenaga Kerja	Kode
1	Pekerja	L.01
2	Tukang	L.02
	Tukang gali	
	Tukang batu/tembok	
	Tukang kayu	
	Tukang besi/ besi beton	
	Tukang cat / pelitur	
	Tukang pipa / operator pompa	
	Tukang penganyam bronjong	
	Tukang tebas	
	Tukang las	
3	Kepala tukang	L.03
4	Mandor	L.04
5	Juru ukur	L.05
6	Pembantu juru ukur	L.06
7	Mekanik alat berat	L.07
8	Operator alat berat	L.08

No	Tenaga Kerja	Kode
9	Pembantu operator	L.09
10	Supir truk	L.10
11	Kenek truk	L.11
12	Juru gambar (drafter)	L.12
13	Operator printer/plotter	L.13
14	Tenaga ahli utama	L.14a
	Tenaga ahli madya	L.14b
	Tenaga ahli muda	L.14c
	Tenaga ahli pratama	L.14d
15	Narasumber pejabat eselon	L.15a
	Narasumber praktisi	L.15b
16	Lainnya	L.16

Sumber : Permen No. 1/PRT/M/2022

2) Koefisien Dan Jumlah Tenaga Kerja

Jumlah jam merupakan suatu koefisien tenaga kerja atau kuantitas jam kerja per satuan pengukuran. Koefisien ini menunjukkan lamanya pelaksanaan dari tenaga kerja yang diperlukan untuk menyelesaikan satu satuan volume pekerjaan. Koefisien ini dipengaruhi faktor jumlah tenaga kerja dan tingkat keahlian tenaga kerja.

b. Harga Satuan Dasar Alat

Komponen alat digunakan dalam mata pembayaran tergantung pada jenis pekerjaannya. Faktor yang mempengaruhi harga satuan dasar alat antara lain: jenis peralatan, efisiensi kerja, kondisi cuaca, kondisi medan, dan jenis material/bahan yang dikerjakan.

Dalam pekerjaan tertentu, yaitu kebutuhan alat yang sudah dimiliki para pekerja yang dilakukan secara manual, misalnya cangkul, sendok tembok, roskam dll.). sedangkan pekerjaan yang membutuhkan alat berat dilakukan secara sistem sewa. Jenis peralatan yang dipergunakan misalnya *Wheel Loader*, *Backhoe-Excavator*, *Asphalt Mixing Plant (AMP)* dan sebagainya. Jenis alat yang diperlukan dalam suatu mata pembayaran disesuaikan dengan ketentuan yang tercantum dalam spesifikasi teknis.

1) Jam Kerja Alat Per Tahun

Pada peralatan bermesin, jam kerja peralatan akan dihitung dan dicatat sejak mesin dihidupkan sampai mesin dimatikan. Selama waktu (jam) pelaksanaan kegiatan pekerjaan maka peralatan tetap dihidupkan, kecuali *generating set* (genset) yang selalu tetap dihidupkan. Untuk peralatan tidak bermesin jam pemakaiannya sama seperti jam pelaksanaan kegiatan pekerjaan.

2) Waktu Siklus

Waktu siklus adalah waktu yang diperlukan alat untuk beroperasi pada pekerjaan yang sama secara berulang. Waktu siklus akan berpengaruh pada koefisien alat dan kapasitas produksi.

Berikut merupakan rumus dari waktu siklus,

$$T_s = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 \quad (2.97)$$

c. Harga Satuan Dasar Bahan

Untuk pekerjaan manual umumnya menggunakan bahan jadi (siap rakit atau siap pasang). Faktor yang mempengaruhi harga satuan dasar bahan antara lain adalah kualitas, kuantitas, dan lokasi asal bahan. Faktor-faktor yang berkaitan dengan kuantitas dan kualitas bahan harus ditetapkan dengan mengacu pada spesifikasi yang berlaku. Data harga satuan dasar bahan dalam perhitungan analisis ini adalah *franco* setempat.

d. Harga Satuan Pekerjaan (HSP)

Harga satuan pekerjaan (HSP) setiap mata pembayaran merupakan luaran (output) dalam pedoman ini, yang diperoleh melalui suatu proses perhitungan dan masukan-masukan. Dalam hal ini, masukan yang dimaksud antara lain berupa asumsi, urutan pekerjaan, serta penggunaan upah, bahan dan alat. Harga satuan dasar upah, bahan, dan alat akan menentukan harga satuan pekerjaan. Berdasarkan masukan tersebut dilakukan perhitungan untuk menentukan koefisien bahan, koefisien alat dan koefisien upah tenaga kerja.

Untuk pekerjaan konstruksi pada umumnya memerlukan *basecamp* untuk menyimpan bahan, memproduksi campuran bahan dengan aspal atau dengan semen, dan kantor lapangan. Lokasi pekerjaan adalah sepanjang jalan, termasuk pekerjaan jembatan. Bila pekerjaan hanya jembatan saja, base camp dapat diusahakan yang berdekatan dengan lokasi jembatan yang akan dibangun. Hampir

semua pekerjaan dilakukan menggunakan alat berat (secara mekanis) dan sebagian kecil secara manual.

2.5.2 Jadwal Pelaksana (*Time Schedule*)

Perencanaan waktu pelaksanaan konstruksi (*time schedule*) adalah rencana waktu penyelesaian masing-masing pekerjaan konstruksi secara rinci dan berurutan. Pembuatan *time schedule* ini memiliki manfaat diantaranya :

- Acuan dalam pengadaan tenaga kerja yang dibutuhkan.
- Acuan dalam pengadaan material bangunan.
- Acuan dalam pengadaan peralatan kerja.
- Acuan dalam proses pengawasan pelaksanaan konstruksi.
- Acuan untuk menentukan jangka waktu pelaksanaan untuk kontrak kerja konstruksi.

Dalam menyusun jadwal pelaksanaan haruslah memperhatikan beberapa hal diantaranya, dalam penjadwalan pekerjaan harus sesuai dengan sumber daya yang ada, yang dimaksud dengan sumber daya ini adalah tenaga kerja dan peralatan. Pekerjaan konstruksi harus sesuai dengan urutan. Pekerjaan yang berpengaruh terhadap pekerjaan lainnya harus diprioritaskan. Umumnya ada tiga bentuk dalam mempresentasikan *time schedule* yaitu, diagram batang (*bar chart*), diagram jaringan / *network planning*, dan kurva S.

2.5.3 Kurva S

Kurva S merupakan salah satu metode perencanaan waktu pelaksanaan proyek konstruksi berbentuk grafik yang dibentuk dari sumbu x dan sumbu y. Sumbu x menyatakan durasi pekerjaan sedangkan sumbu y menyatakan nilai persen kumulatif biaya pelaksanaan proyek.

Kurva S sendiri dikerjakan dengan cara membagi masing-masing bobot pekerjaan dalam (Rp) dengan jumlah bobot pekerjaan keseluruhan dikali dengan 100% sehingga hasilnya dalam (%). Selanjutnya bobot pekerjaan (%) tersebut dibagi dengan lamanya waktu pelaksanaan tiap jenis pekerjaan setelah itu hasil perhitungan dimasukkan ke dalam tabel *Time Schedule*. Dari tabel tersebut dapat diketahui jumlah (%) dan % kumulatif tiap minggunya, yang setelah itu dapat diperoleh Kurva S.