

## BAB II

### PERENCANAAN GEOMETRIK DAN PERKERASAN JALAN

#### 2.1 Klasifikasi Jalan

Klasifikasi jalan adalah proses mengelompokkan jalan-jalan berdasarkan karakteristik tertentu. Tujuan dari klasifikasi jalan adalah untuk mengidentifikasi dan mengkategorikan jenis-jenis jalan berdasarkan berbagai faktor, seperti ukuran, fungsi, lalu lintas, material, dan sebagainya.

Penentuan kelas jalan yang dipakai :

1. Klasifikasi perancangan jalan menurut fungsi yang dipakai adalah Jalan Arteri Primer. Dengan rencana kecepatan 80 km/jam dan syarat untuk arteri primer yang dipenuhi adalah dengan rencana kecepatan paling rendah 60 km/jam. Rencana lebar jalan adalah 14 m dan syarat yang dipenuhi adalah lebar badan jalan tidak kurang dari 11 m.
2. Klasifikasi perancangan jalan menurut kelas jalan yang dipakai adalah kelas 1, dengan rencana perancangan adalah muatan sumbu terberat 11,2 dan syarat yang terpenuhi untuk syarat jalan kelas 1 adalah muatan sumbu terberat  $>10$ . Kemudian untuk kelas jalan 1 adalah jalan arteri sebagai mana yang tertera diatas dinyatakan benar.
3. Klasifikasi perancangan jalan menurut medan jalan yang dipakai adalah perbukitan, dengan rencana perancangan kemiringan medan yang didapat adalah 19, 04% dan syarat yang dipenuhi untk dinyatakan sebagai perbukitan adalah medan jalan yang dipakai 3-25%.
4. Klasifikasi perancangan jalan menurut wewenang pembinaan yang dipakai adalah Jalan Nasional, dengan rencana perancangan adalah jalan arteri primer sehingga syarat yang dipenuhi untuk klasifikasi

jalan menurut wewenang pembinaan adalah Jalan Nasional dikarenakan jalan arteri primer termasuk Jalan Nasional sehingga syarat sudah terpenuhi.

### **2.1.1 Klasifikasi Jalan menurut Fungsi**

Klasifikasi perancangan jalan menurut fungsi yang dipakai adalah Jalan Arteri Primer. Klasifikasi jalan berdasarkan fungsi terdiri dari:

#### **1. Sistem jaringan jalan primer**

Jalan yang menghubungkan simpul-simpul jasa distribusi dalam struktur pengembangan wilayah di tingkat nasional. Sistem jaringan jalan primer dibagi menjadi tiga yaitu:

##### **a. Jalan arteri primer**

Menghubungkan kota jenjang kesatu, yang terletak berdampingan, atau menghubungkan kota jenjang kesatu dengan kota jenjang kedua. Adapun ciri jalan arteri primer adalah sebagai berikut :

- 1) Didesain dengan rencana paling rendah kecepatan 60 km/jam
- 2) Lebar badan jalan tidak kurang dari 11 meter
- 3) Kapasitas lebih besar dari pada volume lalu lintas rata-rata.
- 4) Lalu lintas jarak jauh tidak boleh terganggu oleh lalu lintas ulang alik, lalu lintas lokal dan kegiatan lokal.
- 5) Jumlah jalan masuk ke jalan arteri primer dibatasi secara efisien sehingga kecepatan 60 km/jam dan kapasitas besar tetap terpenuhi.
- 6) Persimpangan pada jalan arteri primer harus dapat memenuhi ketentuan kecepatan dan volume lalu lintas.

##### **b. Jalan kolektor primer**

Menghubungkan kota jenjang kedua dengan kota jenjang kedua, atau menghubungkan kota jenjang kesatu dengan kota jenjang ketiga, atau menghubungkan kota jenjang kedua dengan kota jenjang ketiga. Adapun

ciri jalan kolektor primer adalah sebagai berikut :

- 1) Didesain untuk kecepatan rencana paling rendah 40 km/jam
- 2) Lebar badan jalan tidak kurang dari 9 meter.
- 3) Kapasitas sama atau lebih besar dari volume lalu lintas rata-rata.
- 4) Jumlah jalan masuk dibatasi, dan direncanakan sehingga dapat dipenuhi kecepatan paling rendah 40 km/jam.
- 5) Jalan kolektor primer tidak boleh terputus pada kawasan kota.

c. Jalan lokal primer

Menghubungkan kota jenjang pertama dengan kota jenjang ketiga, atau menghubungkan kota jenjang ketiga dengan persil. Adapun ciri jalan lokal primer adalah sebagai berikut:

- 1) Didesain berdasarkan kecepatan rencana paling rendah 20km/jam
- 2) Lebar badan jalan tidak kurang dari 7,5 meter.
- 3) Jalan lokal primer tidak boleh terputus pada kawasan desa.

## **2. Sistem jaringan jalan sekunder**

Sistem jaringan jalan sekunder adalah jalan yang menghubungkan kawasan- kawasan fungsi primer, sekunder kesatu, sekunder kedua, sekunder ketiga dan seterusnya sampai perumahan dalam satu wilayah perkotaan. Sistem jaringan jalan sekunder terbagi menjadi tiga bagian yaitu:

a. Jalan arteri sekunder

Menghubungkan kawasan primer dengan kawasan sekunder kesatu, atau menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan kawasan sekunder kedua. Adapun ciri jalan arteri sekunder adalah sebagai berikut :

- 1) Didesain berdasarkan kecepatan paling rendah 30 km/jam.
- 2) Kapasitas sama atau lebih besar dari volume lalu lintas rata-rata.
- 3) Lebar badan jalan tidak kurang dari 11 meter.
- 4) Pada jalan arteri sekunder, lalu lintas cepat tidak boleh

terganggu oleh lalu lintas lambat.

- 5) Persimpangan jalan dengan peraturan tertentu harus memenuhi kecepatan tidak kurang dari 30 km/jam.

b. Jalan kolektor sekunder

Menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder lainnya, atau menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder ketiga. Adapun ciri jalan kolektor sekunder adalah sebagai berikut :

- 1) Didesain berdasarkan kecepatan paling rendah 20 km/jam.
- 2) Lebar badan jalan tidak kurang dari 7 meter.

c. Jalan lokal sekunder

Menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan perumahan, atau menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan perumahan. Adapun ciri jalan lokal sekunder adalah sebagai berikut :

- 1) Didesain berdasarkan kecepatan paling rendah 10 km/jam.
- 2) Lebar badan jalan tidak kurang dari 5 meter.
- 3) Dengan kecepatan paling rendah 10 km/jam, bukan diperuntukkan untuk roda tiga atau lebih.
- 4) Yang tidak diperuntukkan kendaraan roda tiga atau lebih harus mempunyai lebar jalan tidak kurang dari 3,5 meter.

d. Jalan Lingkungan

Jalan Lingkungan adalah merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dengan ciri-ciri pada tabel 2.1 sebagai berikut :

Tabel 2.1 Ciri – Ciri Jalan Lingkungan

<b>Jalan</b>	<b>Ciri-ciri</b>
Lingkungan	Perjalan jarak dekat Kecepatan rata-rata rendah

(Sumber : UURI No.38 Tahun 2004 Tentang Jalan)

### **2.1.2 Klasifikasi Jalan Menurut Kelas Jalan**

Dalam penentuan kelas jalan sangat di perlukan adanya data Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR), baik itu data jalan sebelumnya bila jalan yang akan di rencanakan tersebut merupakan peningkatan atau merupakan data yang didapat dari jalan sekitar bila jalan akan dibuat merupakan jalan baru.

Salah satu penentuannya adalah dengan cara menghitung LHR akhir unsur rencana. LHR akhir umur rencana adalah jumlah perkiraan kendaraan dalam Satuan Mobil penumpang (SMP) yang akan dicapai pada akhir tahun rencana dengan mempertimbangkan perkembangan mulai dan saat merencanakan dan pelaksanaan jalan itu dikerjakan. Klasifikasi perancangan jalan menurut kelas jalan yang dipakai adalah Jalan antar kota kelas 1 dengan persyaratan muatan sumbu terberat  $>10$ .

Setelah mendapatkan nilai LHR rencana dan dikalikan dengan faktor ekuivalensi (FE), mendapatkan klasifikasi jalan tersebut. Nilai faktor ekuivalensi dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 2.2 Nilai faktor *Ekivalensi* Kendaraan

No	Jenis Kendaraan	Datar/Perbukitan	Pegunungan
1	Sedan, Jeep, <i>Station</i>	1,00	1,00
2	<i>Wagon Pick-up</i> , Bus	1,20-2,40	1,90
3	Kecil, Truk Kecil Bus dan Truk Besar	1,20-5,00	2,20- 6,00

Klasifikasi jalan menurut kelas jalan dikelompokkan menjadi 3 bagian, yaitu:

1. Klasifikasi jalan antar kota

Tabel 2.3 Klasifikasi Jalan Antar Kota

Fungsi	Kelas	Muatan Sumbu Terberat
Arteri	I	>10
	II	10
	III A	8
Kolektor	III A	8
	III B	
Lokal	III C	8

(Sumber : TPGJAK – No.038/T/BM/1997)

2. Klasifikasi jalan perkotaan

Tabel 2.4 Klasifikasi Jalan Perkotaan Tipe I

(Pengaturan jalan masuk: penuh)

Fungsi	Kelas
Primer : Arteri	I
Kolektor	II
Sekunder : Arteri	II

(Sumber : Standar perencanaan geometrik untuk Jalan perkotaan – 1998)

Tabel 2.5 Klasifikasi Jalan Perkotaan Tipe II (pengaturan jalan masuk :  
Sebagian atau tanpa pengaturan)

Fungsi	Volume Lalu lintas (SMP)	Kelas
Primer : Arteri Kolektor	-	I
	> 10.000	I
	< 10.000	I
		I
Sekunder : Arteri Kolektor Jalan Lokal	> 20.000	I
	< 20.000	II
	> 6.000	II
	< 6.000	II
	> 500	I
	< 500	II
	I	
	IV	

(Sumber : Standar Perencanaan Geometrik Untuk Jalan perkotaan – 1998)

### 3. Klasifikasi jalan kabupaten

Tabel 2.6 Klasifikasi Jalan Kabupaten

Fungsi	Volume Lalulintas (dalam SMP)	Kelas	Kecepatan ( km/jam)		
			Medan		
			D	B	G
Sekunder : Jalan Lokal	>500	III A	50	40	30
	201 – 500	III	40	30	30
	50 – 200	III	40	30	30
	<50	III C	30	30	20

(Sumber : Petunjuk Perencanaan teknik Jalan Kabupaten – 1992 DirjenBina

Marga)

#### 2.1.3 Klasifikasi jalan Menurut Medan Jalan

Klasifikasi berdasarkan kondisi Sebagian besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur. Klasifikasi medan jalan yang dipakai adalah perbukitan dengan persyaratan kemiringan 3-25% dan kemiringan medan yang didapat adalah 19,04% sehingga memenuhi syarat untuk medan jalan perbukitan. lasifikasi perhitungan rata-rata dari ketinggian muka tanah lokasi rencana, maka dapat diketahui lereng melintang yang digunakan untuk menentukan golongan medan klasifikasi jalan brdasarkan medan jalan dapat dilihat pada tabel 2.7.

Tabel 2.7 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

No.	Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan (%)
1	Datar	D	< 3
2	Perbukitan	B	3 – 25
3	Pegunungan	G	> 25

(Sumber : peraturan Perencanaan geometric Jalan Raya, 1970)

#### 2.4.4 Klasifikasi Jalan Menurut Wewenang Pembinaan

Klasifikasi perancangan jalan menurut wewenang pembinaan yang dipakai adalah Jalan Nasional, dikarenakan Jalan Arteri Primer termasuk didalam Jalan Nasional. Menurut wewenang pembinaan terdiri dari:

##### 1. Jalan Nasional

Jalan nasional dikelompokkan menjadi 3 bagian, yaitu:

- a. Jalan arteri primer
- b. Jalan kolektor primer : menghubungkan antar ibukota provinsi.
- c. Jalan selain dari yang termasuk arteri/kolektor primer, yang mempunyai nilai strategis terhadap kepentingan nasional, yaitu jalan yang tidak dominan terhadap pengembangan ekonomi, tetapi mempunyai peranan menjadimin kesatuan dan keutuhan nasional.

##### 2. Jalan Provinsi

Dibagi menjadi 4 bagian, diantaranya sebagai berikut:

- a. Jalan kolektor primer, menghubungkan ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten/kota madya.
- b. Jalan kolektor primer, menghubungkan antar ibukota kabupaten/kotamadya.
- c. Jalan selain yang disebutkan diatas, yang mempunyai nilai strategis terhadap kepentingan provinsi, yakni jalan yang tidak dominan terhadap perkembangan ekonomi.
- d. Jalan dalam daerah Khusus Ibukota Jakarta, kecuali jalan yang termasuk jalan nasional.

##### 3. Jalan Kabupaten

Dapat dikelompokkan menjadi 4 bagian, yaitu sebagai berikut:

- a. Jalan kolektor primer, yang tidak termasuk dalam kelompok jalan nasional dan kelompok jalan provinsi.



- b. Jalan lokal primer
- c. Jalan sekunder lain, selain jalan nasional dan jalan provinsi
- d. Jalan yang mempunyai nilai strategis terhadap kepentingan kabupaten, yakni jalan yang walaupun tidak dominan terhadap pengembangan ekonomi, tetapi mempunyai peranan tertentu dalam menjamin terselenggaranya pemerintahan dalam pemerintahan daerah.



#### **4. Jalan kotamadya**

Merupakan jalan sekunder yang berada di dalam kotamadya

#### **5. Jalan desa**

Jalan sekunder di dalam desa, yang merupakan hasil swadaya masyarakat, baik yang ada di desas maupun di kelurahan.

### **2.2 Bagian-bagian Jalan**

Terdiri dari 3 bagian, yaitu:

#### **1. Jalur Lalu Lintas**

- a. Jalur lalin/*travelled way/carriage way* adalah keseluruhan bagian perkerasan jalan untuk lalin kendaraan, terdiri dari beberapa lajur (*lane*) kendaraan.
- b. Lajur kendaraan merupakan bagian jalur lalin khusus untuk lewat 2 rangkaian kendaraan roda 4 atau lebih dalam 1 arah.
- c. Jumlah lajur tergantung volume lalin dan tingkat pelayanan yang diharapkan.
- d. Pada tikungan, kemiringan jalan dipakai untuk kebutuhan keseimbangan gaya *sentrifugal* dan *drainasi*.

#### **2. Bahu Jalan**

- a. Bahu jalan merupakan jalur yang terletak disamping jalur lalu lintas.
- b. Memiliki fungsi sebagai berikut:
  - 1) Tempat pemberhentian sementara
  - 2) Ruang untuk keperluan mendesak (*ambulan*)
  - 3) Kenyamanan pengemudi
  - 4) Untuk menghindari saat keadaan mendesak
- c. Jenis-jenis bahu jalan:
  - 1) **Bahu lunak**
    - a) Berasal dari material tanpa bahan pengikat
    - b) Ditanami rumput
    - c) Digunakan pada kelas jalan rendah
    - d) Kendaraan yang berhenti kecil
  - 2) **Bahu yang diperkuat**
    - a) Berasal dari material dengan bahan pengikat (kedap air)
    - b) Kendaraan yang berhenti cukup tinggi
- d. Lebar jalan minimal

- 1) Jalan kelas II C daerah pegunungan = 1 m
- 2) Jalan kelas I daerah pegunungan = 3 m
- 3) Jalan penghubung kelas I daerah pegunungan tergantung keadaan setempat = 1 m
- 4) Pengurangan lebar bahu jalan kelas I tidak dianjurkan -> harus adabahulunak minimal 2 m di luar tepi bahu

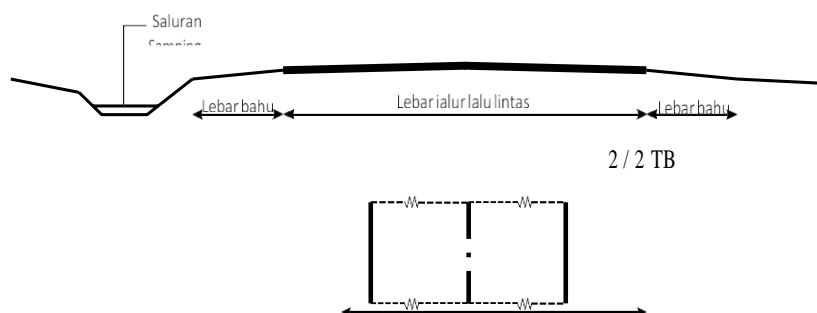
e. Kemiringan bahu

- 1) Besar kemiringan tergantung pada tipe atau jenis jalan
- 2) Kemiringan dibuat sebesar-besarnya (terutama untuk bahu lunak) tapi masih aman dan nyaman
- 3) Sebagai penyalur air dari permukaan jalan.

3. **Median**

- a. *Median* merupakan jalur yang memisahkan 2 jalur lalu lintas yang berlawanan.
- b. Untuk jalan 4 lajur/lebih pada lalin 2 arah memerlukan *median*
- c. *Median* berfungsi sebagai:
  - 1) Sebagai daerah netral untuk kendaraan dalam keadaan bahaya untuk mengontrol kendaraan
  - 2) Ruang sebagai pelindung jalan kaki
  - 3) Kenyamanan pengendara dalam hal kebebasan samping
  - 4) Mengurangi silaunya pengendara dalam hal kebebasan samping
  - 5) Ruang untuk berputar pada arah berlawanan

Dibawah berikut adalah tipikal potongan melintang normal (T-P-N) yaitu memberikan pandangan potongan secara tegak lurus pada objek, sementara denah memberikan pandangan dari atas yang menunjukkan tata letak ruangan pada suatu lantai atau area tertentu.



Gambar 2.1 Tipikal Potongan Melintang Normal dan Denah untuk 2/2TB

### 2.3 Parameter Perancangan Geometrik

Parameter Perancangan Geometrik adalah variabel-variabel yang digunakan dalam proses perancangan untuk menentukan dimensi, proporsi, dan bentuk suatu objek atau sistem. Parameter Perancangan Geometrik ini penting untuk dipertimbangkan secara hati-hati dalam proses perancangan, karena mereka memengaruhi bagaimana objek atau sistem akan terlihat, berfungsi, dan berinteraksi dengan lingkungannya.

Tabel 2.8 Parameter Perancangan Geometrik

KLASIFIKASI JALAN	Jalan Utama			Jalan Raya Sekunder						Jalan Penghubung					
	I			IIA			IIB			IIC			III		
KLASIFIKASI MEDIAN	D	B	G	D	B	G	D	B	G	D	B	G	D	B	G
Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR) Dalam SMP	>20.000			6000-20.000			1500-8.000			<2000			-		
Kecepatan Rencana (Km/Jam)	120	100	80	100	80	60	80	60	40	60	40	30	60	40	30
Lebar Daerah Penguasaan Minimum (M)	60	60	60	40	40	40	30	30	30	30	30	30	20	20	20
Lebar Perkerasan (M)	Minimum 2(2x3,75)			2x3,50 atau 2x(2x3,50)			2x3,50			2x3,0			3,50-6,00		
Lebar Median Minimum (M)	*10			150**			-			-			-		
Lebar Bahu (M)	3,50	3,00	3,00	3,00	2,50	2,50	3,00	2,50	2,50	2,50	1,50	1,00	1,50-2,50**		
Lereng Melintang Perkerasan	2%			2%			2%			3%			4%		
Lereng Melintang Bahu	4%			4%			6%			6%			6%		
Jenis Lapisan Permukaan Jalan	Aspal beton (hot mix)			Aspal beton			Penetrasi berganda atau setaraf			Paling tinggi penetrasi tunggal			Paling tinggi peleburan dengan aspal		
Miring Tikungan Maksimum	10%			10%			10%			10%			10%		
Jari-Jari Lengkung Minimum (m)	560	350	210	350	210	115	210	115	50	115	50	30	115	50	30
Landai Maksimum	3%	5%	6%	4%	6%	7%	5%	7%	8%	6%	8%	10%	6%	8%	12%

### 2.4 Alinemen Horizontal

Alinemen horizontal merupakan kumpulan titik-titik yang membentuk garis (lurus dan lengkung) sebagai proyeksi sumbu atau as jalan pada bidang horizontal. Rencana alinemen horizontal pada peta perencanaan juga dikenal sebagai trase jalan. Aspek-aspek penting mencakupi:

1. Gaya sentrifugal
2. Bentuk-bentuk busur peralihan
3. Bentuk-bentuk tikungan

4. Diagram Superelevasi
5. Pelebaran perkerasan pada tikungan
6. Jarak apndang pada tikungan

#### 2.4.1 Bagian Lurus

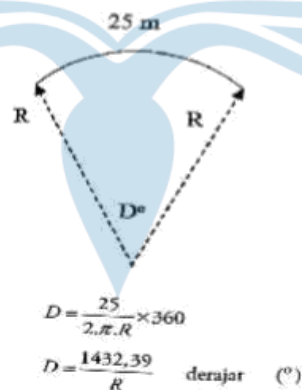
Panjang maksimum bagian lurus, dapat ditempuh dalam waktu  $\leq$  2,5 menit (sesuai  $V_R$ ), dengan pertimbangan keselamatan pengemudi akibat kelelahan.

Tabel 2.9 Panjang Bagian Lurus Maksimum (Sumber : TPGJAK No.038 / T / BM / 1997)

Fungsi	Panjang Bagian Lurus maksimum ( m )		
	Datar	Perbukitan	Pegunungan
Arteri	3.000	2.500	2.000
Kolektor	2.000	1.750	1.500

#### 2.4.2 Derajat Lengkung

Derajat lengkung ( $^\circ$ ) merupakan besarnya sudut lengkung yang menghasilkan panjang busur 25 . semakin besar nilai R maka semakin kecil nilai D dan semakin tumpul lengkung horizontal rencana. Sebaliknya, semakin kecil nilai R maka nilai D akan semakin besar dan semakin tajam lengkung horizontal yang direncanakan.



Gambar 2.2 Derajat lengkung

Perencanaan alinemen horizontal radius tikungan dipengaruhi oleh nilai  $e$  dan  $f$  serta nilai kecepatan rencana yang ditetapkan. Artinya terdapat nilai radius minimum untuk nilai superlevasi maksimum dan koefisien gesekan melintang maksimum.

$$R_{\min} = \frac{V^2}{127 \cdot (e_{\max} + f_{\max})}$$

Keterangan:

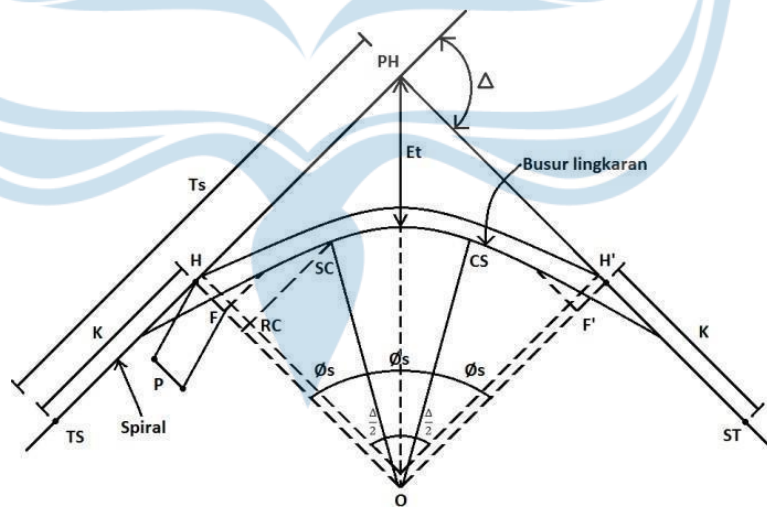
- $R_{\min}$  = jari-jari minimum (m)
- $V$  = kecepatan kendaraan (km/jam)
- $e_{\text{maks}}$  = superelevasi maksimum (%)
- $f$  = koefisien gesekan melintang

### 2.4.3 Lengkung Peralihan

Lengkung peralihan diperlukan agar pengemudi dapat menyesuaikan manuver kendaraan pada bagian-bagian geometric jalan yang bertransisi dan alinemen lurus ke lingkaran, atau dari lurus ke lurus atau juga dari alinemen lingkaran ke lingkaran. Lengkung peralihan yang digunakan pada desain alinemen jalan, antara lain yaitu:

#### 1. Spiral-Circle-Spiral (SCS)

- a. Merupakan lengkung peralihan dari bagian lurus (tg) berubah menjadi bentuk lingkaran (circle).
- b. Saat kendaraan melaju di daerah *spiral* terjadi perubahan gaya *sentrifugal* dari 0 ke  $f = \frac{m v^2}{R L_s}$ .



Gambar 2.3 bentuk *Circle Spiral*

Keterangan:

- $R$  = jari-jari lengkung
- $L_c$  = panjang busur lingkaran
- $\Delta_c$  = sudut luar p1
- $\Delta$  = sudut luar p1 =  $2Q_s + Q_c$
- $T_c$  = panjang total tangen

P = pergeseran lingkaran terhadap tangen

K = absis p pada garis tangen spiral

Et = jarak luar total

$\varnothing_s$  = sudut spiral

$$\underline{Lsmin} = 0,22 v^3 - 2,727 v c$$

Rc c

c = perubahan kecepatan ( $c = 0,4 \text{ m/s}^2$ )  
e = superelevasi

V = kecepatan rencana

R = jari-jari circle

Ls = panjang lengkung spiral

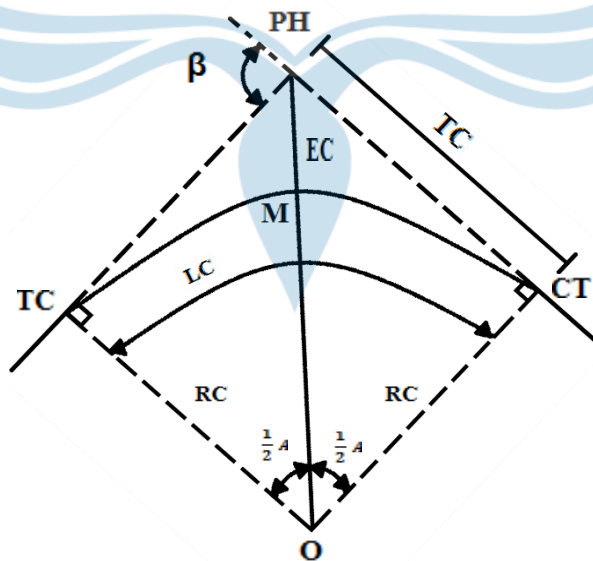
$$\underline{Rmin} = \frac{v^2}{127 (e+fm)}$$

Rmin = jari-jari lengkung minimal

Fm = koefisien gesekan melintang maksimal

## 2. Full Circle

- Digunakan dengan mempertimbangkan kondisi medan
- Dipergunakan bila R dan susut  $\Delta$



Keterangan:

$$T_c = R_c \cdot \tan \frac{\Delta}{2}$$
$$E_c = \frac{R_c (1 - \cos \frac{1}{2} \Delta)}{\cos \frac{1}{2} \Delta} = T_c \cdot \tan \frac{\Delta}{4}$$
$$L_c = \frac{\Delta}{360} \cdot 2\pi \cdot R_c$$
$$L_c = 0,01745 \cdot \Delta \cdot R_c$$

Gambar 2.4 Tikungan bentuk lingkaran penuh (*full circle*)

### 3. Spiral-spiral

- Lengkung tanpa busur lingkaran sehingga titik SC berimpit dengan titik Cs.
- Jari-jari  $R_c$  yang dipilih harus sedemikian rupa sehingga  $L_s$  yang dibutuhkan lebih besar dari  $L_s$  yang dihasilkan landau relatif yang diisyaratkan.
- Syarat lengkung peralihan :  $L_c < L_c \text{ min} < 20 \text{ m}$  (tikungan tajam)
- Rumus:

$$\theta_c = 0, \text{ sehingga } \Delta = 2 \theta_s$$

$$L_s = \frac{2\pi R_c}{360} \cdot 2 \cdot \theta_s$$

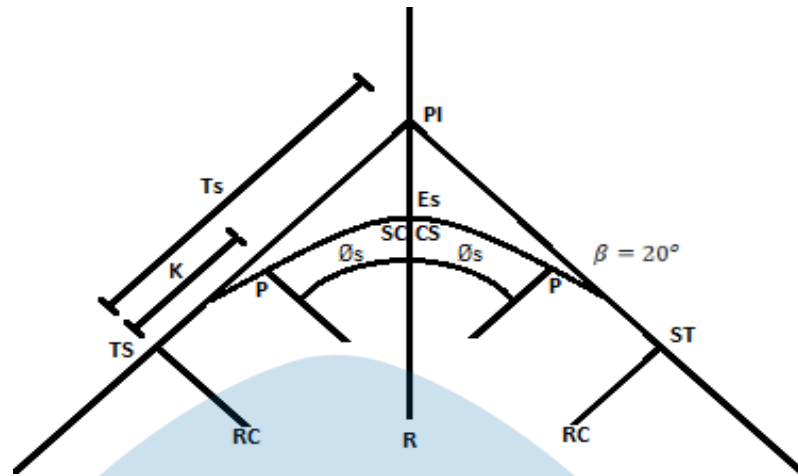
$$L_s = \frac{\theta_s \cdot R_c}{28,648}$$

Harga  $p = p^* \cdot L_s$  dan  $k = k^* \cdot L_s$

$P^*$  dan  $k^*$  dari tabel  $\theta_s$  untuk  $L_s = 1$  atau dengan rumus seperti pada SCS

$$T_s = (R + p) \tan \frac{\Delta}{2} + k$$
$$E_s = \frac{(R+P)}{\cos \frac{\Delta}{2}} - R = (R + P) \sec \frac{\Delta}{2} - k$$





Gambar 2.5 Bentuk *spiral – spiral*

Keterangan:

Rc= jari-jari lingkaran

Ls = panjang busur lingkaran tikungan = jarak TS-SCS/SCS-STXc  
 = absis titik SCS dari titik TS

SCS = spiral circle spiral

ST= spiral tangen

$\theta_s$  = sudut spiral

$\Delta$  = sudut luar p1

k = absis pada garis tangen spiral

p = pergeseran tg terhadap lingkaran

#### 2.4.4 *Superelevasi*

Menunjukkan besarnya perubahan kemiringan melintang jalan secara berangsur- angsur dari kemiringan normal menjadi max pada suatu tikungan horizontal yang direncanakan.

Elevasi tepi perkerasan dibuat tanda (+) atau (-) ditinjau dari ketinggian sumbu jalan.

(+) : untuk elevasi tepi perkerasan yang lebih tinggi dari sumbu jalan

(-) : untuk elevasi tepi perkerasan yang lebih rendah dari sumbu jalan



Gambar 2.6 Perubahan Kemiringan Melintang

Perubahan kemiringan melintang dapat terjadi dalam beberapa situasi, seperti ketika jalan melintasi daerah berkontur atau daerah dengan perbedaan tinggi yang signifikan. Pada saat ini, perlu dilakukan perubahan tingkat jalan untuk mengakomodasi perbedaan ketinggian tersebut.

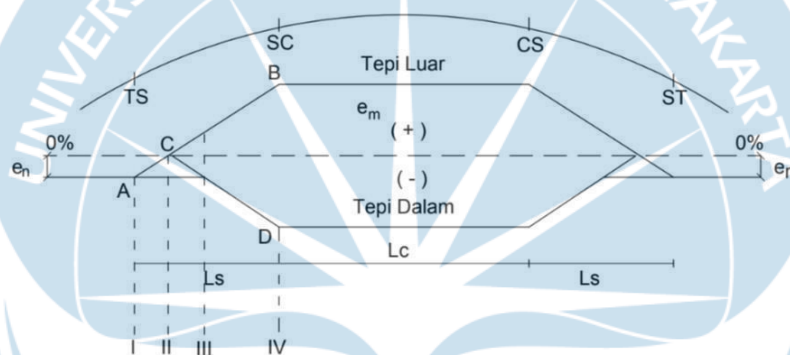
Perubahan kemiringan melintang harus dirancang dan dilakukan dengan hati-hati untuk memastikan keamanan dan kenyamanan pengguna jalan atau jembatan. Jika perubahan kemiringan melintang terlalu tajam atau tidak memadai, dapat menyebabkan masalah seperti ketidakstabilan kendaraan, gangguan lalu lintas, atau bahkan kecelakaan. Untuk itu perlu adanya tikungan yang sesuai, berikut ini adalah beberapa jenis tikungan yaitu :

### 1. Tikungan *Spiral-Circle-Spiral*

Tikungan *Spiral-Circle-Spiral* adalah suatu jenis tikungan yang terdiri dari tiga elemen utama: spiral, lingkaran, dan spiral. Pada awalnya, tikungan dimulai dengan spiral yang lambat meningkat, kemudian berlanjut ke bagian lingkaran, dan akhirnya di ikuti dengan spiral yang melambat. Konsep ini sering digunakan dalam desain jalan atau jalur di mana perubahan arah yang halus dan aliran yang lancar diinginkan. Tikungan *Spiral-Circle-Spiral* memungkinkan perubahan arah yang lebih lembut

dibandingkan dengan tikungan tajam atau sudut tajam, sehingga mengurangi potensi kecelakaan atau stres pada pengemudi atau pengguna jalan.

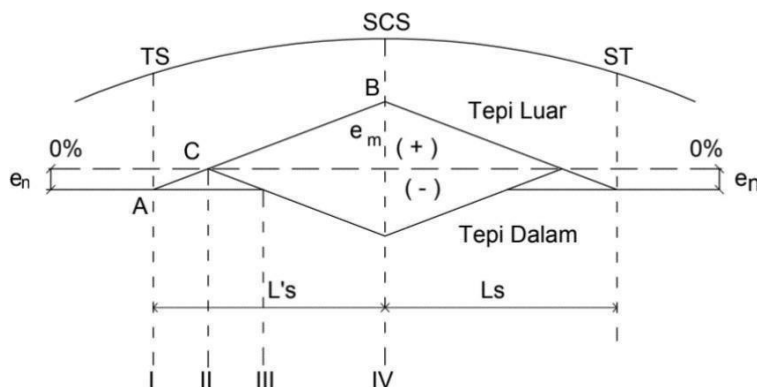
Tikungan *Spiral-Circle-Spiral* juga diterapkan dalam desain arsitektur, seperti tangga spiral yang menghubungkan lantai-lantai atau desain spiral pada elemen-elemen struktural bangunan. Selain itu, konsep ini dapat digunakan dalam desain produk atau elemen-elemen desain lainnya yang menginginkan perubahan arah yang lebih halus dan aliran yang estetik. Secara keseluruhan, Tikungan *Spiral-Circle-Spiral* adalah suatu pola tikungan yang menggabungkan spiral, lingkaran, dan spiral lagi, digunakan dalam desain jalan, arsitektur, dan produk untuk menciptakan perubahan arah yang lembut dan aliran yang estetik.



Gambar 2.7 Tikungan *Spiral Circle Spiral*

## 2. Tikungan *Spiral-Spiral*

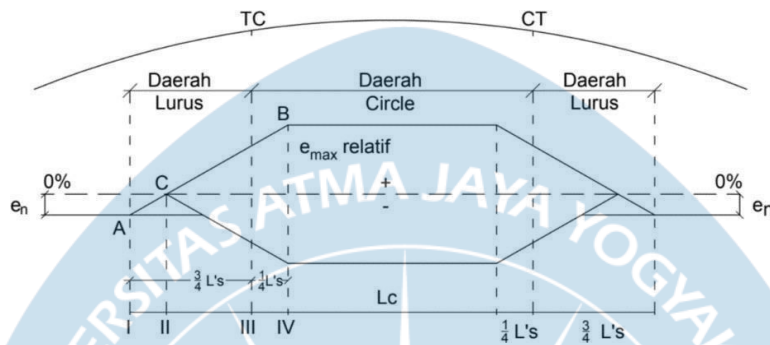
Tikungan *Spiral-Spiral* adalah pola tikungan yang terdiri dari dua elemen spiral yang berurutan. Pola ini digunakan dalam berbagai konteks desain untuk menciptakan perubahan arah yang halus, tampilan yang menarik secara visual, dan aliran yang estetik.



Gambar 2.8 Tikungan *Spiral-Spiral*

### 3. Tikungan *Full Circle*

Tikungan *Full Circle* adalah tikungan yang membentuk lengkungan melingkar dengan sudut 360 derajat. Tikungan ini diterapkan dalam berbagai konteks desain, seperti jalan, *arsitektur*, dan produk, untuk mempengaruhi arah, menciptakan tampilan estetik, dan memberikan bentuk melingkar penuh yang menarik.



Gambar 2.9 Tikungan *Full Circle*

Potongan:



Gambar 2.10 Potongan tikungan *Full Circle*

## 2.5 Alinemen Vertikal

Alinemen vertikal merupakan perencanaan elevasi sumbu jalan pada setiap titik yang di tinjau, berupa profil memanjang. Pada perencanaan alinyemen vertikal akan ditemui kelandaian positif (tanjakan) dan kelandaian negative (turunan), sehingga kombinasi berupa lengkung cembung dan lengkung cekung. Disamping kedua lengkung tersebut ditemui pula kelandaian datar. Kondisi tersebut dipengaruhi oleh keadaan topografi yang dilalui oleh rute jalan rencana.

### 1. Lengkung Vertikal Cembung

- Lengkung dimana titik PPV berada diatas permukaan jalan.
- Rumus yang dipakai:

$$S < L : \dots\dots\dots L = \frac{\Delta_s^2}{100 (\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2})^2}$$

$$S > L \dots\dots\dots L = 2S - \frac{200 (\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2})^2}{\Delta}$$

Keterangan:

$L$  = panjang lengkung vertikal (ft)

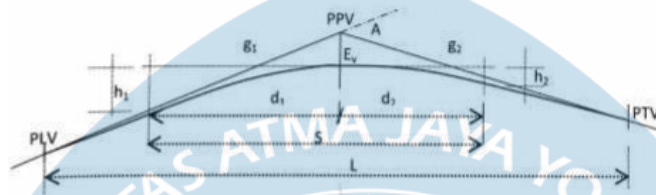
$S$  = jarak pandang (ft)

$\Delta$  = perbedaan aljabar kelandaian

$h_1$  = Tinggi mata pegemudi diatas muka jalan (m)

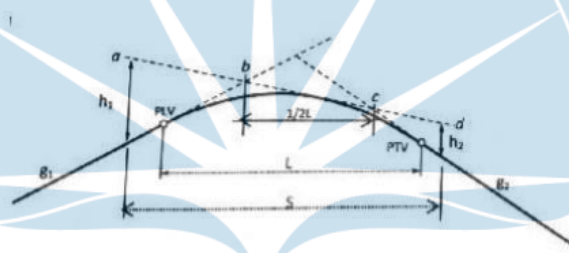
$h_2$  = Tinggi objek diatas muka jalan (m)

- c. Jarak pandang lebih pendek dari panjang lengkung dan berada seluruhnyadalam daerah lengkung ( $S < L$ )



Gambar 2.11 panjang lengkung vertikal cembung dengan  $S < L$

- d. Jarak pandang lebih panjang dari panjang lengkung dan berada di luar dandalam daerah lengkung ( $S > L$ )



Gambar 2.12 panjang lengkung vertikal cembung dengan  $S > L$

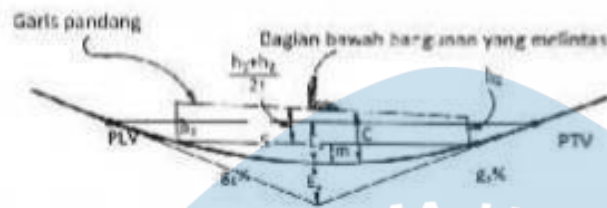
## 2. Lengkung vertikal cekung

- a. Jarak pandang  $S < L$

Dalam konteks transportasi atau rekayasa jalan, " $S < L$ " mengacu pada kondisi di mana jarak pandang pengemudi ( $S$ ) lebih pendek daripada jarak pengereman ( $L$ ). Ini berarti pengemudi tidak memiliki visibilitas yang cukup untuk melihat atau merespons situasi di depan mereka sebelum memulai proses pengereman kendaraan. Kondisi ini dapat menjadi berbahaya karena pengemudi mungkin tidak dapat menghentikan kendaraan tepat waktu untuk menghindari tabrakan atau kecelakaan.

Dalam kasus jarak pandang yang terbatas, tindakan perbaikan mungkin diperlukan untuk meningkatkan visibilitas dan keamanan. Ini bisa meliputi peningkatan pencahayaan jalan, penambahan tanda peringatan atau marka jalan yang lebih terlihat, atau bahkan perubahan desain jalan untuk mengurangi hambatan penglihatan. Penting untuk menjaga jarak pandang yang memadai dalam

perencanaan dan perancangan jalan, terutama pada tikungan tajam, daerah dengan vegetasi yang menghalangi pandangan, atau kondisi jalan yang berpotensi berbahaya. Dengan menjaga jarak pandang yang memadai, pengemudi dapat memiliki waktu reaksi yang cukup untuk menghindari situasi berbahaya dan menjaga keselamatan di jalan.

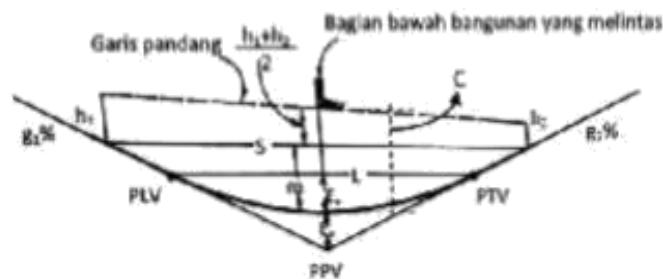


Gambar 2.13 jarak pandang bebas di bawah bangunan yang melintas dengan  $S < L$

b. Jarak pandang bebas  $S > L$

Dalam konteks transportasi atau rekayasa jalan, " $S > L$ " mengacu pada situasi di mana jarak pandang bebas dari pengemudi ( $S$ ) melebihi jarak pengereman ( $L$ ). Dalam hal ini, pengemudi memiliki visibilitas yang cukup untuk melihat dan bereaksi terhadap situasi di depan mereka sebelum memulai proses pengereman kendaraan. Ini penting karena memungkinkan waktu reaksi yang memadai dan dapat membantu mencegah kecelakaan.

Jarak pandang bebas yang memadai sangat penting dalam perencanaan dan perancangan jalan, terutama pada tikungan atau kondisi jalan dengan visibilitas terbatas. Jika jarak pandang bebas tidak mencukupi, tindakan perbaikan mungkin diperlukan, seperti pengurangan kecepatan, penambahan tanda peringatan, penerangan jalan yang memadai, atau perubahan desain jalan untuk memperbaiki visibilitas.



Gambar 2.14 jarak pandang bebas di bawah bangunan yang melintas dengan  $S > L$

## 2.6 Pekerjaan Tanah

Dalam perencanaan jalan raya diusahakan agar jumlah volume galian dan volumetimbunan sama. Dengan mengkombinasikan alinemen vertikal dan horizontal memungkinkan kita untuk menghitung jumlah volume galian dan timbunan.

Langkah-langkah dalam perhitungan galian dan timbunan, antara lain:

1. Penentuan *stasioning* (jarak patok) sehingga diperoleh panjang horizontal jalan dari alinemen horizontal (trase jalan). Ketentuan umum untuk pemasangan patok-patok tersebut adalah sebagai berikut:
  - a. Untuk daerah datar dan lurus, jarak antara patok 100 m.
  - b. Untuk daerah bukit, jarak antara patok 50 m
  - c. Untuk daerah gunung, jarak antara patok 25 m.
2. Menggambar profil memanjang (alinemen vertikal) yang memperlihatkan perbedaan beda tinggi muka tanah asli dengan muka tanah rencana.
3. Menggambar potongan melintang (*cross section*) pada titik *stasioning*, sehingga didapatkan luas galian dan timbunan.  $\frac{A+B}{2} \times L = C$
4. Hitung volume galian dan timbunan dengan mengalikan luas penampang rata-rata dari galian atau timbunan dengan jarak patok.

Rumus perhitungan galian dan timbunan:

Tabel 2.10 Rumus Perhitungan Galian dan Timbunan

STA	Luas (m <sup>2</sup> )		Jarak (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	
	Galian	Timbunan		Galian	Timbunan
0+000	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	L	—	—
0+100	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>		$\frac{A+B}{2} \times L = C$	$\frac{A+B}{2} \times L = C$
JUMLAH				$\Sigma C, \dots N$	$\Sigma C, \dots N$

## 2.7 Kriteria Perancangan

Kriteria ini berkaitan dengan kapasitas jalan untuk menangani jumlah lalu lintas yang ada atau yang diharapkan. Jalan harus dirancang agar mampu mengakomodasi volume lalu lintas dengan baik, termasuk menyediakan jumlah lajur yang sesuai, mempertimbangkan kecepatan rancangan, serta mengoptimalkan aliran lalu lintas untuk menghindari kemacetan atau penumpukan. Berikut ini beberapa kriteria perancangan perencanaan jalan :

1. Kelas Jalan: Kelas I
2. Koordinat titik A dan B (dalam meter) : A (5792.569 ; 3240.098)  
B (12249.124 ; 2815.552)
3. Elevasi rencana permukaan jalan di titik A pada timbunan setinggi 5 m
4. Perancangan Alinemen horizontal dengan minimal dua tikungan dengan Panjang trase dari titik A ke titik B minimal 5 km.

## 2.8 Alinemen Horizontal

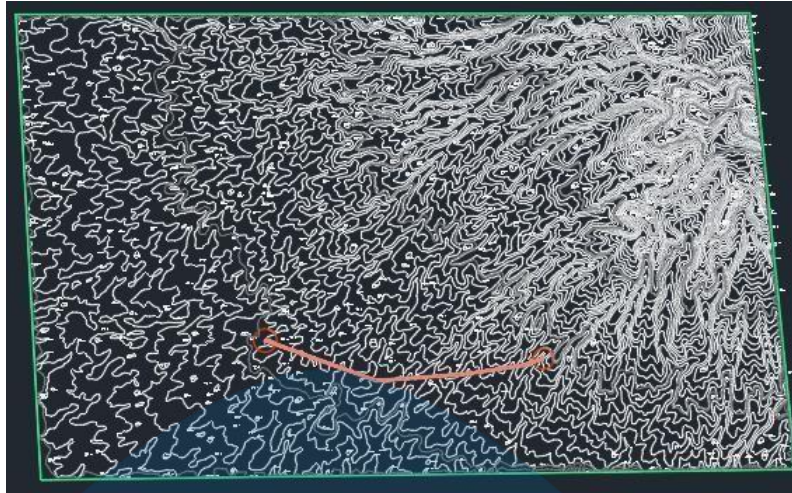
Alinemen horizontal merupakan kumpulan titik-titik yang membentuk garis (lurus dan lengkung) sebagai proyeksi sumbu atau as jalan pada bidang horizontal. Rencana alinemen horizontal pada peta perencanaan juga dikenal sebagai trase jalan.

### 2.7.1 Trase Jalan

Trase jalan yang tepat memungkinkan terciptanya konektivitas yang efisien antara dua atau lebih lokasi. Ini penting untuk menghubungkan pemukiman, pusat bisnis, pusat transportasi, dan area penting lainnya, sehingga memfasilitasi pergerakan orang dan barang dengan lancar. Proses menentukan trase jalan juga memperhatikan dampak lingkungan. Pengaruh pada ekosistem, perubahan lahan, dan aspek lingkungan lainnya dievaluasi dengan seksama untuk meminimalkan dampak negatif dan mempertimbangkan konservasi alam serta keberlanjutan. Berikut adalah beberapa trase jalan yang telah dibuat pada daerah tawangmangu :

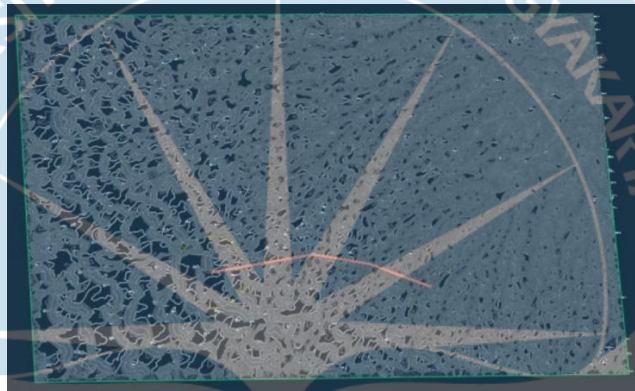
- a. *Trase 1*





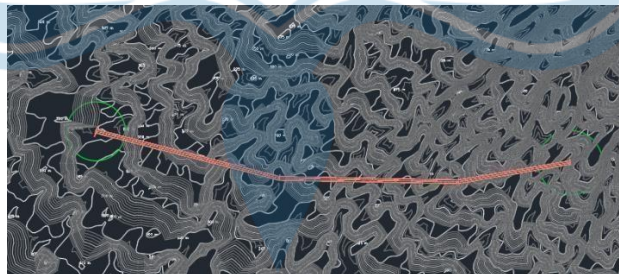
Gambar 2.15 Alternatif *Trase* Jalan 1

b. *Trase* 2



Gambar 2.16 Alternatif *Trase* Jalan 2

c. *Trase* 3

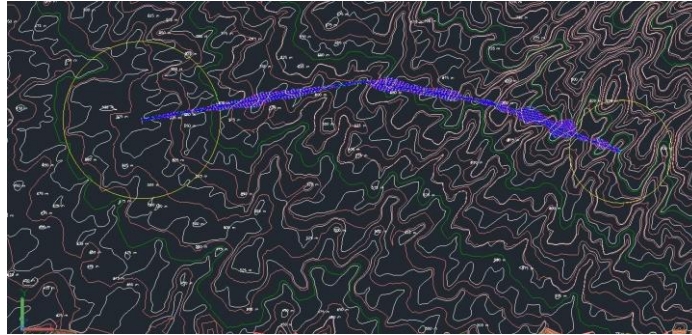


Gambar 2.17 Alternatif *Trase* Jalan 3

### 2.7.2 *Trase* terpilih

Karena telah mendiskusikan, melakukan analisis serta konsultasi dan memperhitungkan topografi, keberlanjutan jalan, kemiringan, dan persyaratan teknis lainnya untuk memastikan *trase* yang memenuhi persyaratan konstruksi dan keselamatan jalan, maka berikut ini adalah *trase* terpilih dari kelompok kami.

a. *Trase* Terpilih



Gambar 2.18 Alternatif *Trase* Jalan  
Terpilih

### 2.7.3 Penetapan Stasioning

Penetapan *stasioning* memberikan referensi posisi yang konsisten pada jalan. Stasioning digunakan sebagai sistem koordinat jalan yang memungkinkan pengukuran, pemetaan, dan identifikasi lokasi titik-titik penting seperti persimpangan, tikungan, marka jalan, penanda jarak, dan fasilitas lainnya.

Tabel 2.11 penetapan *stasioning*

Titik		<i>Stasioning</i>
A		0+000,00
Tikungan 1 (SCS)	TS	0+633,74
	SC	0+733,74
	CS	0+861,86
	ST	0+961,86
Tikungan 2 (SCS)	TS	1+734,47
	SC	1+853,47
	CS	2+246,58
	ST	2+356,58
Tikungan 3 (SCS)	TS	2+492,59
	SC	2+602,59
	CS	3+497,30
	ST	3+607,30
B		3+764,33

### 2.7.4 Perencanaan Tikungan

Merencanakan tikungan dalam perencanaan jalan sangat penting karena tikungan mempengaruhi keamanan, kelancaran, dan efisiensi lalu lintas. Tikungan

yang dirancang dengan baik membantu mengoptimalkan keamanan jalan. Dengan memperhatikan *radius* tikungan yang tepat, kemiringan, dan perawatan yang sesuai, risiko kecelakaan dapat dikurangi.

Tikungan yang terlalu tajam atau tidak sesuai dengan kecepatan yang diizinkan dapat meningkatkan kemungkinan terjadinya kecelakaan, terutama jika pengemudi tidak dapat mengendalikan kendaraannya dengan baik. Berikut adalah perhitungan dari beberapa tikungan yang kami buat yaitu sebagai berikut :

### Tikungan 1

Pemilihan Jenis Tikungan dan Perhitungan Komponennya  
Tikungan 1  
Diketahui :

$$V_r = 80 \text{ km/jam}$$

$$\Delta = 19,494^\circ$$

$$E_{maks} = 12 \%$$

$$R = \frac{V_R^2}{127(e + f_{maks})} \text{ Untuk } V_R < 80 \text{ km/jam,}$$

$$f_{maks} = -0,00065 \cdot V_R + 0,192$$

$$f_{maks} = -0,00065 \cdot 80 + 0,192 = 0,11$$

$$R_{min} = \frac{V_R^2}{127(e + f_{maks})} = \frac{80^2}{127(0,12 + 0,11)} = 219,103 \text{ m}$$

$$R_c = 572 \text{ m}$$

$$\text{Asumsi awal jenis tikungan} = \text{SS Ls} = 116 \text{ m}$$

$$D_{maks} = 8,41\%$$

$$D = 2,864788976 \% \quad D = 2,86 \%$$

$$e = 6 \%$$

Cek nilai e :

Syarat tikungan SS :

$$e > 4 \% \quad 5 \% > 4 \% \quad \text{OK!}$$

1. Menghitung sudut lengkung spiral ( $\theta_s$ )

$$2. \theta_s = L_s \times 360 / 4 \times \pi \times R_c$$

$$\theta_s = 116 \times 360 / 4 \times \pi \times 572$$

$$\theta_s = 5,810^\circ$$

3. Menghitung sudut lengkung circle ( $\theta_c$ )

$$\Delta_c = \Delta - 2 \times \theta_s$$

$$\Delta_c = 19,494^\circ - 2 \times 5,810^\circ$$

$$\Delta_c = 7,87^\circ$$

4. Menghitung panjang busur lingkaran ( $L_c$ )

$$L_c = \Delta \times 2 \times \pi \times R / 360$$

$$L_c = 19,494 \times 2 \times \pi \times R / 360$$

$$L_c = 78,616 \text{ m}$$

Cek nilai  $L_c$ :

Syarat tikungan SS :  $L_c > 20 \text{ m}$  OK!!

4. Menghitung pergeseran tangen terhadap spiral ( $p$ ) dan absis dari  $p$  pada garis tangenspiral ( $k$ )

Untuk  $\theta_s = 5,810^\circ$

Diperoleh:  $p^* = 0,983$

$$k^* = 57,980$$

Nilai  $p$  :

$$P = p^* \times L_s$$

$$P = 0,983 \times 116 P = 113,994 \text{ m}$$

Nilai  $k$  :

$$k = k^* \times L_s$$

$$k = 57,980 \times 116 k = 6725,688 \text{ m}$$

Cek nilai  $p$ :

Syarat tikungan SS :

$$p > \sqrt{0,2 \text{ m}} \quad 113,994 \text{ m} > 0,2 \text{ m} \quad \text{OK!!}$$

Kesimpulan: Karena syarat untuk SS terpenuhi, maka jenis tikungan yang dipilih yaitu tikungan SS.

Komponen tikungan 1 (SS) :

a. Menghitung jarak antara perpotongan bagian lurus ( $P_1$ ) dengan TS/STTs =

$$T_s = (57,980 + 0,983) \times \tan^{19,494^\circ} + 57,980$$

$$T_s = 156,406 \text{ m}$$

- b. Menghitung jarak antar perpotongan bagian lurus dengan busurlingkar

$$E_s = (R_c + p) \times \sec^\Delta - R_c / 2$$

$$E_s = (572 + 0,983) \times \sec^{19,494^\circ} - 572 / 2$$

$$E_s = 9,375 \text{ m}$$

- c. Menghitung panjang busur keseluruhan  $L = 2 \times L_s + L_c$

$$L = 2 \times 116 + 78,616$$

$$= 310,616 \text{ m}$$

- d. Menghitung  $X_c$  dan  $Y_c$

$$\frac{L_s - L_s^3}{40 \times R_c^2}$$

$$X_c = \frac{116 - 116^3}{40 \times 572^2}$$

$$X_c = 115,881 \text{ m}$$

$$Y_c = \frac{L_s^2}{6 \times R_c}$$

$$Y_c = \frac{116^2}{6 \times 572}$$

$$Y_c = 3,921$$

Dari hasil perhitungan, diperoleh:

$\theta_s$	= 5,810°	$T_s$	= 156,406 m
$\Delta_c$	= 7,875°	$E_s$	= 9,375 m
$L_c$	= 78,616 m	$L$	= 310,616 m
$p$	= 0,983 m	$X_c$	= 115,881 m

$$k = 57,980 \text{ m}$$

$$Y_c = 3,921 \text{ m}$$

Keterangan:

$\Delta$  = sudut tikungan atau sudut tangent (derajat)

$V_r$  = kecepatan rencana

$e_{\max}$  = elevasi maksimum

$R_{\min}$  = jari-jari minimum

$L_c$  = panjang tikungan (m)

$R_c$  = jari-jari

$X_s$  = absis titik SC pada garis tangen, jarak titik TS ke SC.

$Y_s$  = ordinat titik SC pada garis tegak lurus pada garis tangen

$\theta_s$  = sudut lengkung spiral

$E_s$  = sarak dari PI ke lingkaran

$T_s$  = jarak dari titik TS ke PI

$p$  = pergeseran tangen terhadap spiral

### **Tikungan 2**

Diketahui :

$$V_r = 80 \text{ km/jam}$$

$$\Delta = 19,494^\circ$$

$$e_{\max} = 12 \%$$

$$R = VR^2 / (127 (e + f_{\max}))$$

Untuk  $VR < 80 \text{ km/jam}$ ,

$$f_{\max} = - 0,00065 \cdot VR + 0,192$$

$$f_{\max} = - 0,00065 \cdot 80 + 0,192 = 0,11$$

$$\begin{aligned} R_{\min} &= VR^2 / (127 (e + f_{\max})) \\ &= 80^2 / (127 (0,12 + 0,11)) \\ &= 219,103 \text{ m} \end{aligned}$$

$$R_c = 618 \text{ m}$$

Asumsi awal jenis tikungan =

$$SSR_c = 618 \text{ m}$$

$$L_s = 120 \text{ m}$$

$$D_{\max} = 12,7\%$$

$$D = 2,387324146 \% \rightarrow D = 2,39 \%$$

$$e = 5,6 \%$$

Cek nilai e :

Syarat tikungan SS :

$$e > 4\% \quad 5,6\% > 4\% \quad \text{OK!!}$$

1. Menghitung Sudut Lengkung Spiral ( $\theta_s$ )

$$\theta_s = \frac{L_s \times 360}{4 \times \pi \times R_c}$$

$$\theta_s = \frac{120 \times 360}{4 \times \pi \times 618}$$

$$\theta_s = 5,563^\circ$$

Menghitung Sudut Lengkung Circle ( $\theta_c$ )

$$\Delta_c = \Delta - 2 \times \theta_s$$

$$\Delta_c = 19,494^\circ - 2 \times 5,563^\circ$$

$$\Delta_c = 8,369^\circ$$

Menghitung Panjang Busur Lingkaran ( $L_c$ )

$$L_c = \frac{\Delta_c \times 2 \times \pi \times R}{360}$$

$$L_c = \frac{8,369^\circ \times 2 \times \pi \times 618}{360}$$

$$L_c = 90,266 \text{ m}$$

Cek nilai  $L_c$ :

$$\text{Syarat tikungan SS : } L_c > 20 \text{ m}$$

OK!!

Menghitung Pergeseran tangen terhadap Spiral ( $p$ ) dan Absis dari pada

Garis Tangen Spiral ( $k$ )

Untuk  $\theta_s = 5,563^\circ$

Diperoleh:  $p^* = 0,973$

$$k^* = 59,981$$

Nilai  $p$  :

$$p = p^* \times L_s$$

$$p = 0,973 \times 120$$

$$p = 116,779 \text{ m}$$

Nilai  $k$  :

$$k = k^* \times L_s$$

$$k = 59,981 \times 120k$$

$$k = 7197,732 \text{ m}$$

Cek nilai p :

Syarat tikungan SS :

$$P > 0,2 \sqrt{116,779 \text{ m}} > 0,2 \text{ m} \quad \text{OK !!!}$$

Kesimpulan :

Karena syarat untuk SS terpenuhi, maka jenis tikungan yang dipilih yaitu tikungan SS.

Komponen Tikungan 1 (SS) :

e. Menghitung Jarak antara perpotongan bagian lurus (P1) dengan TS/ST

$$T_s = (R_c + p) \times \tan^{\Delta} + k^2$$

$$T_s = (618 + 0,973) \times \tan^{19,494^\circ} + 6,18$$

$$2$$

$$T_s = 116,308 \text{ m}$$

f. Menghitung jarak antar perpotongan bagian lurus dengan busur lingkaran

$$E_s = (R_c + p) \times \sec^{\Delta} - R_c / 2$$

$$E_s = (618 + 0,973) \times \sec 84,056^\circ - 618 / 2$$

$$E_s = 10,039 \text{ m}$$

g. Menghitung Panjang Busur Keseluruhan  $L = 2 \times L_s + L_c$

$$L = 2 \times 120 + 90,266L = 330,266 \text{ m}$$

h. Menghitung  $X_c$  dan  $Y_c$

$$\underline{X_c} = L_c - L_s^3$$

$$40 \times R_c^2$$

$$\underline{X_c} = 110 - 120^3$$

$$40 \times 618^2$$

$$X_c = 119,887 \text{ m}$$

$$\underline{Y_c} = L_s^2$$

$$6 \times R_c$$



$$\underline{Y_c} = 120^2$$

$$6 \times 618$$

$$Y_c = 3,883\text{m}$$

Dari hasil perhitungan, diperoleh:

$$\theta_s = 5,563^\circ$$

$$T_s = 166,308 \text{ m}$$

$$\Delta_c = 8,369^\circ$$

$$E_s = 10,039 \text{ m}$$

$$L_c = 90,266 \text{ m}$$

$$L = 330,226 \text{ m}$$

$$p = 0,973 \text{ m}$$

$$X_c = 119,887 \text{ m}$$

$$k = 59,981 \text{ m}$$

$$Y_c = 3,883 \text{ m}$$

Keterangan:

$\Delta$  = sudut tikungan atau sudut tangent (derajat)

$V_r$  = kecepatan rencana

$e_{max}$  = elevasi maksimum

$R_{min}$  = jari-jari minimum

$L_c$  = panjang tikungan (m)

$R_c$  = jari-jari

$X_s$  = absis titik SC pada garis tangen, jarak titik TS ke SC.

$Y_s$  = ordinat titik SC pada garis tegak lurus pada garis tangen

$\theta_s$  = sudut lengkung spiral

$E_s$  = sarak dari PI ke lingkaran

$T_s$  = jarak dari titik TS ke PI

$p$  = pergeseran tangen terhadap spiral

## 2.9 Alinemen Vertikal

Alinemen vertikal merupakan perencanaan elevasi sumbu jalan pada setiap titik yang ditinjau, berupa profil memanjang. Pada perencanaan alinyemen vertikal akan ditemui kelandaian positif (tanjakan) dan kelandaian negative (turunan), sehingga kombinasi berupa lengkung cembung dan lengkung cekung. Disamping kedua lengkung tersebut ditemui pula kelandaian datar. Kondisi tersebut dipengaruhi oleh keadaan topografi yang dilalui oleh rute jalan rencana.

### 2.9.1. Elevasi Stasioning

Data elevasi *stasioning* digunakan dalam perancangan geometri jalan, termasuk menentukan elevasi lintasan jalan, kemiringan jalan, dan perhitungan drainase. Data ini membantu dalam menghasilkan desain yang sesuai dengan kondisi topografi dan memastikan kualitas drainase yang memadai.

Table 2.12 Elevasi *Stasioning*

Segmen	Tikungan	<i>Stasioning</i>	Elevasi
1		0+000,000	170
2	SS	0+220,000	164
3		1+000,000	158
4	SCS	1+060,000	156
			158
5		2+110,000	
			158
6	SCS	2+190,000	
			172
			180
		4+870,000	

### 2.9.2 Superelevasi Tikungan

Diketahui :

$V_r$  : 80 km/jam Jenis jalan : Arteri

#### Landai relative untuk tikungan 1

Diketahui :

$$e = 12\% = 0,12$$

$$e_n = 2\% = 0,02$$

$$B = 3,5 \text{ Ls} = 100 \text{ m}$$

Besar relative untuk tikungan 1

Cek :

$$\underline{l} = \frac{(e+e_n) \times Bm}{Ls}$$

$$\underline{l} = \frac{(0,12+0,02) \times 3,5}{m \cdot 100}$$

$$m = 285,7142857 \text{ m}$$

$$m \text{ desain} \leq m \text{ maks } 285,7142857 \text{ m} \geq 150 \text{ m}$$

#### Landai relative untuk tikungan 2

Diketahui :

$$e = 12\% = 0,12$$

$$e_n = 2\% = 0,02 \quad B = 3,5 \text{ m} \quad Ls = 110 \text{ m}$$

Besar landai relative untuk tikungan 2

Cek :

$$\underline{l} = \frac{(e+e_n) \times B}{m \cdot Ls}$$

$$\underline{l} = \frac{(0,08+0,02) \times 3,5}{m \cdot 110}$$

$$m = 314,2857143 \text{ m}$$

$$m \text{ desain} \leq m \text{ maks } 314,2857143 \text{ m} \geq 150 \text{ m}$$

#### Landai relatif untuk tikungan 3

Diketahui:

$$e = 8\% = 0,08$$

$$e_n = 2\% = 0,02$$

$$B = 3,5 \text{ m} \quad Ls = 110 \text{ m}$$

Besar landau relatif untuk tikungan 3

Cek : 
$$\underline{l} = \frac{(e+e_n) \times Bm}{Ls}$$

$$\underline{l} = \frac{(0,08+0,02) \times 3,5}{m \cdot 110}$$

$$m = 314,2857143 \text{ m}$$

$$m \text{ desain} \leq m \text{ maks } 314,2857143 \text{ m} \geq 150 \text{ m}$$

### 2.9.3 Jarak Pandang Henti

Rumus Umum Jarak Pandang Henti:

$$J_h = d_1 + d_2$$

Dimana:

$$d_1 = 0,278 \times V_r \times T \quad d_2 = \frac{V_r^2}{254 \times f_n}$$

Diketahui:

$$V_r = 70 \text{ km/jam}$$

$$T = 2,5 \text{ detik (waktu reaksi normal)}$$

L = Kelandaian memanjang (%)

$$f_m = \text{koefisien gesekan memanjang antara ban dan muka jalan } f_m = 0,313$$

Menghitung Jarak Pandang Henti

$$d_1 = 0,278 \times 70 \times 2,5 = 48,65 \text{ m}$$

$$d_2 = \frac{70^2}{254 \times 0,313} = 61,63366959 \text{ m}$$

$$J_h = d_1 + d_2 = 48,65 + 61,63366959 = 110,2836696 \text{ m}$$

Nilai jarak pandang henti ( $J_h$ ) berlaku di sepanjang jalan, yaitu dari stasiun A hingga stasiun B.

### 2.9.4 Perencanaan Tikungan

Perencanaan tikungan adalah proses merancang dan menentukan karakteristik tikungan pada jalan atau lintasan. Tujuan perencanaan tikungan adalah menciptakan tikungan yang aman, nyaman, dan sesuai dengan kebutuhan pengguna jalan.

#### 1. Sta 0+000 ke sta 0+700

##### Direncanakan cekung 1

Diketahui :

$$V_r = 70 \text{ km/jam}$$

$$S = 105 \text{ m}$$

$$K = 23$$

a. Menghitung kelandaian

$$g_1 = \frac{(146 - 167,505)}{700 - 0} \times 100$$

$$= -3,07\%$$

$$g_2 = \frac{(146 - 146)}{700 - 0} \times 100$$

$$/ 900-700$$

$$= 0\%$$

b. Menghitung perbedaan kelandaian  $A = |g_2 - g_1|$

$$= |0\% - (-3,07\%)|$$

$$= 3,07\%$$

c. Menghitung Panjang Lengkung Vertikal  $L = 2s - \frac{120}{3,07} + 3,5 \times S$

A

$$= 2 \times 105 - \frac{120}{3,07} + 3,5 \times 105$$

$$= 51,20521173 \text{ m}$$

$$\text{Cek : } 51,20521173 \text{ m} \geq 0 \text{ m} \rightarrow L = 51,20521173 \text{ m}$$

$$\text{Cek : } 51,20521173 \text{ m} \geq 0 \text{ m} \rightarrow L = 51,20521173 \text{ m}$$

d. Menghitung panjang lengkung vertikal berdasarkan kenyamanan penumpang

$$L_v = A \times V^2 \times 395$$

$$= 3,07 \times 702 \times 395$$

$$= 38,0835443 \text{ m}$$

e. Menghitung panjang lengkung vertikal desain control

$$L_v = A \times K$$

$$= 3,07 \times 23$$

$$= 70,61 \text{ m}$$

Panjang lengkung vertikal yang digunakan

$$L_v = 71 \text{ m}$$

**2. Sta 0+900 ke sta 1+755**

**Direncanakan cembung 1**

a. Menghitung kelandaian

$$g_1 = \frac{(155,35-146)}{1755-900} \times 100$$

$$= 1,09\%$$

$$= 1,09\%$$

$$g_2 = \frac{(155,3-155,35)}{2500-1755} \times 100$$

$$= -0,01\%$$

$$= -0,01\%$$

b. Menghitung perbedaan kelandaian

$$\begin{aligned}
 A &= |g_2 - g_1| \\
 &= |(-0,01\%) - 1,09\%| \\
 &= 1,1\%
 \end{aligned}$$

c. Menghitung Stop Sight Distance

Diketahui:

$$V_r = 70 \text{ km/jam}$$

$$S = 105 \text{ m}$$

$$K = 17$$

Panjang Lengkung Vertikal

$$\begin{aligned}
 L &= 2s - \frac{658}{A} \\
 &= 2 \times 105 - \frac{658}{1,1} \\
 &= -388,1818182 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Panjang Lengkung Vertikal desain control

$$\begin{aligned}
 L_v &= A \times K \\
 &= 1,1 \times 17 \\
 &= 18,7 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Desain panjang lengkung vertikal yang digunakan pada stop sight distance sebesar 18,7 m.

d. Menghitung Passing Sight Distance

Diketahui:

$$S = 210 \text{ m}$$

$$K = 51$$

Panjang Lengkung Vertikal

$$\begin{aligned}
 L &= 2s - \frac{864}{A} \\
 &= 2 \times 210 - \frac{864}{1,1} \\
 &= -365,4545455 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Panjang Lengkung Vertikal desain control

$$\begin{aligned}
 L_v &= A \times K \\
 &= 1,1 \times 51 \\
 &= 56,1 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Desain panjang lengkung yang digunakan pada passing sight distance sebesar 56,1 m

e. Panjang lengkung vertikal yang digunakan  $L_v$  desain = 57 m

## 2.10 Pekerjaan Tanah

Pekerjaan tanah dilakukan dengan mempertimbangkan perencanaan desain, lingkungan, dan aspek keselamatan. Pekerjaan ini dapat melibatkan alat berat seperti *ekskavator*, *buldoser*, truk, atau alat penggilas yang digerakkan oleh tenaga mekanis. Pekerjaan tanah yang baik dan terkoordinasi penting untuk menciptakan landasan yang kokoh dan memenuhi persyaratan teknis proyek. Untuk itu perlu adanya *Stasioning*, fungsi stasioning adalah untuk memberikan referensi dan pengukuran yang konsisten dalam proyek konstruksi atau survei.

Stasioning mengacu pada penomoran atau penandaan titik-titik tertentu di sepanjang proyek, seperti jalan, saluran, atau bangunan. *Stasioning* memberikan kerangka kerja yang jelas dalam perencanaan dan pengawasan proyek. Dengan menggunakan stasioning, pemetaan dan pemantauan progres fisik proyek dapat dilakukan secara sistematis, memastikan kesesuaian dengan rencana dan spesifikasi yang ada.

### *Stasioning Alinemen Vertikal*

Tabel 2.13 *Stasioning Alinemen Vertikal Left*

<b>LEFT</b>							
<b>PVI</b>	<b>Station</b>	<b>Easting</b>	<b>Northing</b>	<b>Elevation Existing</b>	<b>Elevation Design</b>	<b>Elevation Difference</b>	<b>Point Type</b>
0	0+000,00	5788,262	3264,724	524,644	524,644	0	Start
1	0+050,00	5837,514	3273,338	525,045	526,115	-1,07	Regular
2	0+100,00	5886,767	3281,952	525,1	527,586	-2,487	Regular
3	0+150,00	5936,019	3290,566	525,526	529,058	-3,532	Regular
4	0+200,00	5985,272	3299,181	525,771	530,529	-4,758	Regular
5	0+250,00	6034,524	3307,795	525,83	532	-6,17	Regular
6	0+300,00	6083,776	3316,409	526,181	533,472	-7,291	Regular
7	0+350,00	6133,029	3325,023	526,061	534,943	-8,882	Regular
8	0+400,00	6182,281	3333,637	526,259	536,414	-10,155	Regular
9	0+450,00	6231,534	3342,251	527,335	537,885	-10,55	Regular
10	0+500,00	6280,786	3350,865	534,105	539,357	-5,252	Regular
11	0+550,00	6330,038	3359,479	539,378	540,828	-1,45	Regular

12	0+600,00	6379,291	3368,093	542,644	542,299	0,344	Regular
13	0+650,00	6428,543	3376,707	545,784	543,77	2,014	Regular
14	0+700,00	6477,795	3385,321	549,88	545,242	4,638	Regular
15	0+750,00	6527,048	3393,935	550,317	546,713	3,604	Regular
16	0+800,00	6576,3	3402,549	551,041	548,184	2,857	Regular
17	0+850,00	6625,553	3411,163	551,357	549,656	1,701	Regular
18	0+900,00	6674,805	3419,777	553,674	551,127	2,548	Regular
19	0+950,00	6724,057	3428,392	560,841	552,598	8,243	Regular
20	1+000,00	6773,31	3437,006	568,008	554,069	13,939	Regular
21	1+050,00	6822,562	3445,62	573,84	555,541	18,3	Regular
22	1+100,00	6871,815	3454,234	573,675	557,012	16,663	Regular
23	1+150,00	6921,067	3462,848	570,985	558,483	12,502	Regular
24	1+200,00	6970,319	3471,462	572,235	559,954	12,281	Regular
25	1+250,00	7019,572	3480,076	572,769	561,426	11,343	Regular
26	1+300,00	7068,824	3488,69	573,859	562,897	10,962	Regular
27	1+350,00	7118,077	3497,304	574,587	564,368	10,219	Regular
28	1+400,00	7167,329	3505,918	577,947	565,84	12,107	Regular
29	1+450,00	7216,581	3514,532	583,675	567,311	16,364	Regular
30	1+500,00	7265,834	3523,146	589,717	568,782	20,935	Regular
31	1+550,00	7315,086	3531,76	596,238	570,253	25,985	Regular
32	1+600,00	7364,338	3540,374	599,837	571,725	28,112	Regular
33	1+650,00	7413,591	3548,988	601,117	573,196	27,921	Regular
34	1+700,00	7462,843	3557,602	600,688	574,667	26,02	Regular
35	1+750,00	7512,096	3566,217	598,151	576,138	22,012	Regular
36	1+800,00	7561,348	3574,831	595,021	577,61	17,411	Regular
37	1+850,00	7610,6	3583,445	595,774	579,081	16,693	Regular
38	1+900,00	7659,853	3592,059	597,69	580,552	17,138	Regular
39	1+950,00	7709,105	3600,673	599,549	582,024	17,526	Regular
40	2+000,00	7758,358	3609,287	600,388	583,495	16,893	Regular
41	2+050,00	7807,61	3617,901	600,693	584,966	15,727	Regular
42	2+100,00	7856,862	3626,515	601,356	586,437	14,919	Regular



43	2+150,00	7906,115	3635,129	600,508	587,909	12,599	Regular
44	2+200,00	7955,367	3643,743	599,875	589,38	10,495	Regular
45	2+250,00	8004,62	3652,357	599,591	590,851	8,74	Regular
46	2+300,00	8053,872	3660,971	599,353	592,322	7,03	Regular
47	2+350,00	8103,124	3669,585	599,022	593,794	5,228	Regular
48	2+400,00	8152,377	3678,199	598,707	595,265	3,442	Regular
49	2+450,00	8201,629	3686,813	599,312	596,736	2,575	Regular
50	2+500,00	8250,881	3695,428	600,557	598,208	2,349	Regular
51	2+550,00	8300,134	3704,042	600,833	599,679	1,154	Regular
52	2+600,00	8349,386	3712,656	599,661	601,15	-1,489	Regular
53	2+650,00	8398,639	3721,27	598,81	602,621	-3,811	Regular
54	2+700,00	8447,891	3729,884	599,221	604,093	-4,872	Regular
55	2+750,00	8497,143	3738,498	600,855	605,564	-4,709	Regular
56	2+800,00	8546,396	3747,112	603,471	607,035	-3,564	Regular
57	2+850,00	8595,648	3755,726	605,878	608,506	-2,628	Regular
58	2+900,00	8644,901	3764,34	604,592	609,978	-5,386	Regular
59	2+950,00	8694,153	3772,954	602,73	611,449	-8,719	Regular
60	3+000,00	8743,405	3781,568	599,799	612,92	-13,121	Regular
61	3+050,00	8792,664	3788,203	599,749	614,392	-14,642	Regular
62	3+100,00	8841,967	3779,887	600,592	615,863	-15,271	Regular
63	3+150,00	8891,271	3771,572	611,548	617,334	-5,786	Regular
64	3+200,00	8940,575	3763,256	619,679	618,805	0,873	Regular
65	3+250,00	8989,878	3754,94	627,78	620,277	7,504	Regular
66	3+300,00	9039,182	3746,624	640,394	621,748	18,646	Regular
67	3+350,00	9088,486	3738,309	650,1	623,219	26,881	Regular
68	3+400,00	9137,789	3729,993	650,342	624,69	25,652	Regular
69	3+450,00	9187,093	3721,677	650,001	626,162	23,84	Regular
70	3+500,00	9236,396	3713,361	645,04	627,633	17,407	Regular
71	3+550,00	9285,7	3705,046	641,394	629,104	12,29	Regular
72	3+600,00	9335,004	3696,73	639,589	630,576	9,013	Regular
73	3+650,00	9384,307	3688,414	640,071	632,047	8,024	Regular

74	3+700,00	9433,611	3680,098	642,322	633,518	8,804	Regular
75	3+750,00	9482,915	3671,782	647,255	634,989	12,265	Regular
76	3+800,00	9532,218	3663,467	648,644	636,461	12,184	Regular
77	3+850,00	9581,522	3655,151	649,585	637,932	11,653	Regular
78	3+900,00	9630,825	3646,835	650,69	639,403	11,286	Regular
79	3+950,00	9680,129	3638,519	651,855	640,874	10,981	Regular
80	4+000,00	9729,433	3630,204	654,536	642,346	12,19	Regular
81	4+050,00	9778,736	3621,888	659,53	643,817	15,713	Regular
82	4+100,00	9828,04	3613,572	662,187	645,288	16,899	Regular
83	4+150,00	9877,344	3605,256	667,192	646,759	20,432	Regular
84	4+200,00	9926,647	3596,94	673,342	648,231	25,111	Regular
85	4+250,00	9975,951	3588,625	675,286	649,702	25,584	Regular
86	4+300,00	10025,25	3580,309	675,365	651,173	24,192	Regular
87	4+350,00	10074,56	3571,993	670,01	652,645	17,366	Regular
88	4+400,00	10123,86	3563,677	657,168	654,116	3,053	Regular
89	4+450,00	10173,17	3555,362	648,871	655,587	-6,716	Regular
90	4+500,00	10222,47	3547,046	651,085	657,058	-5,973	Regular
91	4+550,00	10271,77	3538,73	660,246	658,53	1,716	Regular
92	4+600,00	10321,08	3530,414	666,607	660,001	6,606	Regular
93	4+650,00	10370,38	3522,098	656,487	661,472	-4,986	Regular
94	4+700,00	10419,68	3513,783	648,621	662,943	-14,322	Regular
95	4+750,00	10468,54	3503,789	646,822	664,415	-17,593	Regular
96	4+800,00	10515,41	3486,375	648,58	665,886	-17,306	Regular
97	4+850,00	10562,28	3468,961	659,359	667,357	-7,999	Regular
98	4+900,00	10609,15	3451,547	683,795	668,829	14,966	Regular
99	4+950,00	10656,02	3434,132	696,022	670,3	25,722	Regular
100	5+000,00	10702,89	3416,718	681,462	671,771	9,691	Regular
101	5+050,00	10749,76	3399,304	673,669	673,242	0,426	Regular
102	5+100,00	10796,62	3381,89	672,973	674,714	-1,74	Regular
103	5+150,00	10843,49	3364,476	676,578	676,185	0,393	Regular
104	5+200,00	10890,36	3347,062	694,094	677,656	16,438	Regular

105	5+250,00	10937,23	3329,648	704,85	679,127	25,723	Regular
106	5+300,00	10984,1	3312,234	711,259	680,599	30,661	Regular
107	5+350,00	11030,97	3294,82	711,849	682,07	29,779	Regular
108	5+400,00	11077,84	3277,406	707,386	683,541	23,844	Regular
109	5+450,00	11124,71	3259,991	705,738	685,013	20,726	Regular
110	5+500,00	11171,58	3242,577	702,321	686,484	15,837	Regular
111	5+550,00	11218,45	3225,163	695,769	687,955	7,814	Regular
112	5+600,00	11265,32	3207,749	694,347	689,426	4,921	Regular
113	5+650,00	11312,19	3190,335	698,276	690,898	7,378	Regular
114	5+700,00	11359,06	3172,921	704,067	692,369	11,698	Regular
115	5+750,00	11405,93	3155,507	720,223	693,84	26,382	Regular
116	5+800,00	11452,8	3138,093	726,24	695,311	30,928	Regular
117	5+850,00	11499,67	3120,679	727,328	696,783	30,545	Regular
118	5+900,00	11546,54	3103,264	725,998	698,254	27,744	Regular
119	5+950,00	11593,41	3085,85	720,606	699,725	20,881	Regular
120	6+000,00	11640,28	3068,436	702,008	701,197	0,812	Regular
121	6+050,00	11687,14	3051,022	685,328	702,668	-17,34	Regular
122	6+100,00	11734,01	3033,608	674,845	704,139	-29,294	Regular
123	6+150,00	11780,88	3016,194	680,136	705,61	-25,475	Regular
124	6+200,00	11827,75	2998,78	692,499	707,082	-14,583	Regular
125	6+250,00	11874,62	2981,366	706,781	708,553	-1,772	Regular
126	6+300,00	11921,49	2963,952	720,069	710,024	10,045	Regular
127	6+350,00	11968,36	2946,538	725,097	711,495	13,602	Regular
128	6+400,00	12015,23	2929,123	725,464	712,967	12,497	Regular
129	6+450,00	12062,1	2911,709	725,269	714,438	10,831	Regular
130	6+500,00	12108,97	2894,295	716,654	715,909	0,745	Regular
131	6+550,00	12155,84	2876,881	701,346	717,381	-16,035	Regular
132	6+600,00	12202,71	2859,467	699,413	718,852	-19,439	Regular
133	6+650,00	12249,58	2842,053	717,187	720,323	-3,136	Regular
134	6+658,80	12257,83	2838,987	720,582	720,582	0	End

Tabel 2.14 *Stasioning Alinemen Vertikal Right*

<b>RIGHT</b>							
<b>PVI</b>	<b>Station</b>	<b>Easting</b>	<b>Northing</b>	<b>Elevation Existing</b>	<b>Elevation Design</b>	<b>Elevation Difference</b>	<b>Point Type</b>
0	0+000,00	5796,876	3215,472	524,486	524,486	0	Start
1	0+050,00	5846,128	3224,086	524,593	526,014	-1,421	Regular
2	0+100,00	5895,381	3232,7	524,789	527,542	-2,753	Regular
3	0+150,00	5944,633	3241,314	525,116	529,071	-3,954	Regular
4	0+200,00	5993,886	3249,928	525,415	530,599	-5,184	Regular
5	0+250,00	6043,138	3258,542	525,612	532,127	-6,515	Regular
6	0+300,00	6092,39	3267,156	526,015	533,655	-7,64	Regular
7	0+350,00	6141,643	3275,77	525,498	535,183	-9,685	Regular
8	0+400,00	6190,895	3284,384	525,171	536,712	-11,541	Regular
9	0+450,00	6240,148	3292,998	531,509	538,24	-6,731	Regular
10	0+500,00	6289,4	3301,613	538,369	539,768	-1,399	Regular
11	0+550,00	6338,652	3310,227	545,229	541,296	3,933	Regular
12	0+600,00	6387,905	3318,841	549,716	542,825	6,892	Regular
13	0+650,00	6437,157	3327,455	549,061	544,353	4,709	Regular
14	0+700,00	6486,41	3336,069	550,097	545,881	4,216	Regular
15	0+750,00	6535,662	3344,683	550,334	547,409	2,924	Regular
16	0+800,00	6584,914	3353,297	550,34	548,937	1,403	Regular
17	0+850,00	6634,167	3361,911	550,379	550,466	-0,087	Regular
18	0+900,00	6683,419	3370,525	556,085	551,994	4,091	Regular
19	0+950,00	6732,671	3379,139	561,545	553,522	8,023	Regular
20	1+000,00	6781,924	3387,753	566,81	555,05	11,76	Regular
21	1+050,00	6831,176	3396,367	572,076	556,579	15,497	Regular
22	1+100,00	6880,429	3404,981	572,635	558,107	14,529	Regular
23	1+150,00	6929,681	3413,595	572,592	559,635	12,957	Regular
24	1+200,00	6978,933	3422,209	573,935	561,163	12,772	Regular
25	1+250,00	7028,186	3430,824	575,562	562,691	12,871	Regular
26	1+300,00	7077,438	3439,438	577,733	564,22	13,513	Regular
27	1+350,00	7126,691	3448,052	580,74	565,748	14,992	Regular
28	1+400,00	7175,943	3456,666	583,224	567,276	15,948	Regular

29	1+450,00	7225,195	3465,28	589,61	568,804	20,805	Regular
30	1+500,00	7274,448	3473,894	594,66	570,333	24,328	Regular
31	1+550,00	7323,7	3482,508	599,422	571,861	27,561	Regular
32	1+600,00	7372,953	3491,122	600,082	573,389	26,693	Regular
33	1+650,00	7422,205	3499,736	600,39	574,917	25,473	Regular
34	1+700,00	7471,457	3508,35	597,515	576,445	21,069	Regular
35	1+750,00	7520,71	3516,964	592,406	577,974	14,432	Regular
36	1+800,00	7569,962	3525,578	588,144	579,502	8,642	Regular
37	1+850,00	7619,214	3534,192	589,344	581,03	8,314	Regular
38	1+900,00	7668,467	3542,806	591,628	582,558	9,07	Regular
39	1+950,00	7717,719	3551,42	595,005	584,087	10,918	Regular
40	2+000,00	7766,972	3560,034	599,543	585,615	13,928	Regular
41	2+050,00	7816,224	3568,649	599,763	587,143	12,62	Regular
42	2+100,00	7865,476	3577,263	600,788	588,671	12,116	Regular
43	2+150,00	7914,729	3585,877	600,3	590,199	10,101	Regular
44	2+200,00	7963,981	3594,491	599,589	591,728	7,861	Regular
45	2+250,00	8013,234	3603,105	599,266	593,256	6,01	Regular
46	2+300,00	8062,486	3611,719	598,166	594,784	3,382	Regular
47	2+350,00	8111,738	3620,333	599,127	596,312	2,815	Regular
48	2+400,00	8160,991	3628,947	598,562	597,841	0,721	Regular
49	2+450,00	8210,243	3637,561	596,306	599,369	-3,063	Regular
50	2+500,00	8259,496	3646,175	594,318	600,897	-6,579	Regular
51	2+550,00	8308,748	3654,789	595,622	602,425	-6,803	Regular
52	2+600,00	8358	3663,403	597,28	603,953	-6,673	Regular
53	2+650,00	8407,253	3672,017	598,777	605,482	-6,705	Regular
54	2+700,00	8456,505	3680,631	600,055	607,01	-6,955	Regular
55	2+750,00	8505,758	3689,245	601,6	608,538	-6,938	Regular
56	2+800,00	8555,01	3697,86	603,347	610,066	-6,719	Regular
57	2+850,00	8604,262	3706,474	603,019	611,595	-8,576	Regular
58	2+900,00	8653,515	3715,088	602,021	613,123	-11,102	Regular
59	2+950,00	8702,767	3723,702	600,253	614,651	-14,398	Regular
60	3+000,00	8752,019	3732,316	599,354	616,179	-16,825	Regular

61	3+050,00	8801,287	3736,043	599,657	617,707	-18,05	Regular
62	3+100,00	8850,59	3727,727	606,676	619,236	-12,56	Regular
63	3+150,00	8899,894	3719,411	621,138	620,764	0,374	Regular
64	3+200,00	8949,198	3711,095	630,229	622,292	7,937	Regular
65	3+250,00	8998,501	3702,78	638,276	623,82	14,455	Regular
66	3+300,00	9047,805	3694,464	644,78	625,349	19,432	Regular
67	3+350,00	9097,108	3686,148	649,922	626,877	23,045	Regular
68	3+400,00	9146,412	3677,832	650,003	628,405	21,598	Regular
69	3+450,00	9195,716	3669,516	644,106	629,933	14,173	Regular
70	3+500,00	9245,019	3661,201	638,447	631,461	6,985	Regular
71	3+550,00	9294,323	3652,885	634,808	632,99	1,819	Regular
72	3+600,00	9343,627	3644,569	634,187	634,518	-0,331	Regular
73	3+650,00	9392,93	3636,253	635,059	636,046	-0,987	Regular
74	3+700,00	9442,234	3627,938	639,509	637,574	1,935	Regular
75	3+750,00	9491,537	3619,622	645,713	639,102	6,611	Regular
76	3+800,00	9540,841	3611,306	649,415	640,631	8,784	Regular
77	3+850,00	9590,145	3602,99	650,145	642,159	7,986	Regular
78	3+900,00	9639,448	3594,675	651,149	643,687	7,462	Regular
79	3+950,00	9688,752	3586,359	650,994	645,215	5,778	Regular
80	4+000,00	9738,056	3578,043	650,898	646,744	4,154	Regular
81	4+050,00	9787,359	3569,727	654,853	648,272	6,582	Regular
82	4+100,00	9836,663	3561,411	659,804	649,8	10,004	Regular
83	4+150,00	9885,966	3553,096	667,574	651,328	16,246	Regular
84	4+200,00	9935,27	3544,78	675,095	652,856	22,239	Regular
85	4+250,00	9984,574	3536,464	675,161	654,385	20,776	Regular
86	4+300,00	10033,88	3528,148	671,647	655,913	15,734	Regular
87	4+350,00	10083,18	3519,833	662,939	657,441	5,498	Regular
88	4+400,00	10132,48	3511,517	652,034	658,969	-6,935	Regular
89	4+450,00	10181,79	3503,201	646,958	660,498	-13,54	Regular
90	4+500,00	10231,09	3494,885	649,746	662,026	-12,28	Regular
91	4+550,00	10280,4	3486,569	656,17	663,554	-7,384	Regular
92	4+600,00	10329,7	3478,254	653,262	665,082	-11,82	Regular

93	4+650,00	10379	3469,938	648,088	666,61	-18,523	Regular
94	4+700,00	10428,31	3461,622	645,975	668,139	-22,164	Regular
95	4+750,00	10476,09	3447,642	648,579	669,667	-21,088	Regular
96	4+800,00	10522,96	3430,228	657,929	671,195	-13,266	Regular
97	4+850,00	10569,83	3412,814	676,324	672,723	3,601	Regular
98	4+900,00	10616,7	3395,399	679,836	674,252	5,584	Regular
99	4+950,00	10663,57	3377,985	681,163	675,78	5,383	Regular
100	5+000,00	10710,44	3360,571	678,636	677,308	1,328	Regular
101	5+050,00	10757,31	3343,157	673,073	678,836	-5,763	Regular
102	5+100,00	10804,18	3325,743	672,057	680,364	-8,308	Regular
103	5+150,00	10851,05	3308,329	675,802	681,893	-6,091	Regular
104	5+200,00	10897,92	3290,915	691,369	683,421	7,948	Regular
105	5+250,00	10944,79	3273,501	702,14	684,949	17,191	Regular
106	5+300,00	10991,66	3256,087	704,033	686,477	17,556	Regular
107	5+350,00	11038,53	3238,673	703,316	688,006	15,31	Regular
108	5+400,00	11085,4	3221,258	695,093	689,534	5,56	Regular
109	5+450,00	11132,27	3203,844	692,149	691,062	1,087	Regular
110	5+500,00	11179,14	3186,43	685,545	692,59	-7,045	Regular
111	5+550,00	11226,01	3169,016	681,953	694,118	-12,165	Regular
112	5+600,00	11272,88	3151,602	691,078	695,647	-4,569	Regular
113	5+650,00	11319,75	3134,188	703,641	697,175	6,466	Regular
114	5+700,00	11366,61	3116,774	722,428	698,703	23,725	Regular
115	5+750,00	11413,48	3099,36	726,248	700,231	26,016	Regular
116	5+800,00	11460,35	3081,946	726,582	701,76	24,823	Regular
117	5+850,00	11507,22	3064,531	725,103	703,288	21,815	Regular
118	5+900,00	11554,09	3047,117	714,502	704,816	9,686	Regular
119	5+950,00	11600,96	3029,703	702,321	706,344	-4,023	Regular
120	6+000,00	11647,83	3012,289	684,551	707,872	-23,321	Regular
121	6+050,00	11694,7	2994,875	674,494	709,401	-34,907	Regular
122	6+100,00	11741,57	2977,461	674,593	710,929	-36,335	Regular
123	6+150,00	11788,44	2960,047	684,338	712,457	-28,119	Regular
124	6+200,00	11835,31	2942,633	696,984	713,985	-17,001	Regular

125	6+250,00	11882,18	2925,219	708,181	715,514	-7,332	Regular
126	6+300,00	11929,05	2907,805	718,116	717,042	1,074	Regular
127	6+350,00	11975,92	2890,39	725,15	718,57	6,58	Regular
128	6+400,00	12022,79	2872,976	725,27	720,098	5,172	Regular
129	6+450,00	12069,66	2855,562	716,513	721,626	-5,114	Regular
130	6+500,00	12116,53	2838,148	699,901	723,155	-23,254	Regular
131	6+550,00	12163,4	2820,734	698,693	724,683	-25,99	Regular
132	6+600,00	12210,27	2803,32	713,027	726,211	-13,184	Regular
133	6+632,17	12240,42	2792,117	727,194	727,194	0	End

Tabel 2.15 Medan Jalan

<i>Station</i>	<i>Elevation LEFT</i>	<i>Elevation RIGHT</i>	<i>Kemiringan Medan</i>
0+000.00	524,644	524,486	0,32%
0+050.00	525,045	524,593	0,90%
0+000.01	525,1	524,789	0,62%
0+050.01	525,526	525,116	0,82%
0+000.02	525,771	525,415	0,71%
0+050.02	525,83	525,612	0,44%
0+000.03	526,181	526,015	0,33%
0+050.03	526,061	525,498	1,13%
0+000.04	526,259	525,171	2,18%
0+050.04	527,335	531,509	8,35%
0+000.05	534,105	538,369	8,53%
0+050.05	539,378	545,229	11,70%
0+000.06	542,644	549,716	14,14%
0+050.06	545,784	549,061	6,55%
0+000.07	549,88	550,097	0,43%
0+050.07	550,317	550,334	0,03%
0+000.08	551,041	550,34	1,40%
0+050.08	551,357	550,379	1,96%
0+000.09	553,674	556,085	4,82%



0+050.09	560,841	561,545	1,41%
0+000.10	568,008	566,81	2,40%
0+050.10	573,84	572,076	3,53%
0+000.11	573,675	572,635	2,08%
0+050.11	570,985	572,592	3,21%
0+000.12	572,235	573,935	3,40%
0+050.12	572,769	575,562	5,59%
0+000.13	573,859	577,733	7,75%
0+050.13	574,587	580,74	12,31%
0+000.14	577,947	583,224	10,55%
0+050.14	583,675	589,61	11,87%
0+000.15	589,717	594,66	9,89%
0+050.15	596,238	599,422	6,37%
0+000.16	599,837	600,082	0,49%
0+050.16	601,117	600,39	1,45%
0+000.17	600,688	597,515	6,35%
0+050.17	598,151	592,406	11,49%
0+000.18	595,021	588,144	13,75%
0+050.18	595,774	589,344	12,86%
0+000.19	597,69	591,628	12,12%
0+050.19	599,549	595,005	9,09%
0+000.20	600,388	599,543	1,69%
0+050.20	600,693	599,763	1,86%
0+000.21	601,356	600,788	1,14%
0+050.21	600,508	600,3	0,42%
0+000.22	599,875	599,589	0,57%
0+050.22	599,591	599,266	0,65%
0+000.23	599,353	598,166	2,37%
0+050.23	599,022	599,127	0,21%
0+000.24	598,707	598,562	0,29%
0+050.24	599,312	596,306	6,01%

0+000.25	600,557	594,318	12,48%
0+050.25	600,833	595,622	10,42%
0+000.26	599,661	597,28	4,76%
0+050.26	598,81	598,777	0,07%
0+000.27	599,221	600,055	1,67%
0+050.27	600,855	601,6	1,49%
0+000.28	603,471	603,347	0,25%
0+050.28	605,878	603,019	5,72%
0+000.29	604,592	602,021	5,14%
0+050.29	602,73	600,253	4,95%
0+000.30	599,799	599,354	0,89%
0+050.30	599,749	599,657	0,18%
0+000.31	600,592	606,676	12,17%
0+050.31	611,548	621,138	19,18%
0+000.32	619,679	630,229	21,10%
0+050.32	627,78	638,276	20,99%
0+000.33	640,394	644,78	8,77%
0+050.33	650,1	649,922	0,36%
0+000.34	650,342	650,003	0,68%
0+050.34	650,001	644,106	11,79%
0+000.35	645,04	638,447	13,19%
0+050.35	641,394	634,808	13,17%
0+000.36	639,589	634,187	10,80%
0+050.36	640,071	635,059	10,02%
0+000.37	642,322	639,509	5,63%
0+050.37	647,255	645,713	3,08%
0+000.38	648,644	649,415	1,54%
0+050.38	649,585	650,145	1,12%
0+000.39	650,69	651,149	0,92%
0+050.39	651,855	650,994	1,72%
0+000.40	654,536	650,898	7,28%

0+050.40	659,53	654,853	9,35%
0+000.41	662,187	659,804	4,77%
0+050.41	667,192	667,574	0,76%
0+000.42	673,342	675,095	3,51%
0+050.42	675,286	675,161	0,25%
0+000.01	675,365	671,647	7,44%
0+000.02	670,01	662,939	14,14%
0+000.03	657,168	652,034	10,27%
0+000.04	648,871	646,958	3,83%
0+000.05	651,085	649,746	2,68%
0+000.06	660,246	656,17	8,15%
0+000.07	666,607	653,262	26,69%
0+000.08	656,487	648,088	16,80%
0+000.09	648,621	645,975	5,29%
0+000.10	646,822	648,579	3,51%
0+000.11	648,58	657,929	18,70%
0+000.12	659,359	676,324	33,93%
0+000.13	683,795	679,836	7,92%
0+000.14	696,022	681,163	29,72%
0+000.15	681,462	678,636	5,65%
0+000.16	673,669	673,073	1,19%
0+000.17	672,973	672,057	1,83%
0+000.18	676,578	675,802	1,55%
0+000.19	694,094	691,369	5,45%
0+000.20	704,85	702,14	5,42%
0+000.21	711,259	704,033	14,45%
0+000.22	711,849	703,316	17,07%
0+000.23	707,386	695,093	24,59%
0+000.24	705,738	692,149	27,18%
0+000.25	702,321	685,545	33,55%
0+000.26	695,769	681,953	27,63%

0+000.27	694,347	691,078	6,54%
0+000.28	698,276	703,641	10,73%
0+000.29	704,067	722,428	36,72%
0+000.30	720,223	726,248	12,05%
0+000.31	726,24	726,582	0,68%
0+000.32	727,328	725,103	4,45%
0+000.33	725,998	714,502	22,99%
0+000.34	720,606	702,321	36,57%
0+000.35	702,008	684,551	34,91%
0+000.36	685,328	674,494	21,67%
0+000.37	674,845	674,593	0,50%
0+000.38	680,136	684,338	8,40%
0+000.39	692,499	696,984	8,97%
0+000.40	706,781	708,181	2,80%
0+000.41	720,069	718,116	3,91%
0+000.42	725,097	725,15	0,11%
0+000.43	725,464	725,27	0,39%
0+000.44	725,269	716,513	17,51%
0+000.45	716,654	699,901	33,51%
0+000.46	701,346	698,693	5,31%
0+000.47	699,413	713,027	27,23%
0+000.48	717,187	727,194	20,01%
0+000.49	720,582	0	1441,16%
			19,04%

## 2.11 Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah lapisan-lapisan konstruksi yang ditempatkan di atas tanah dasar untuk memberikan struktur yang kuat dan permukaan yang halus untuk lalu lintas kendaraan. Perkerasan jalan bertujuan untuk menahan beban lalu lintas, mendistribusikannya secara merata ke tanah dasar, memberikan kenyamanan berkendara, dan memperpanjang umur jalan. Perkerasan jalan dapat dibedakan menjadi dua jenis utamanyaitu perkerasan kaku (beton) dan perkerasan lentur (aspal). Fungsi utama perkerasan jalan adalah memberikan struktur yang kuat dan permukaan yang halus untuk mendukung lalu lintas kendaraan.

Permukaan perkerasan jalan yang halus, rata, dan bebas dari hambatan seperti lubang atau retakan dapat meningkatkan keamanan berkendara. Permukaan yang baik memungkinkan pengemudi untuk memiliki kontrol yang lebih baik terhadap kendaraan mereka dan mengurangi risiko kecelakaan yang disebabkan oleh ketidakstabilan atau ketidaknyamanan saat berkendara. Perkerasan jalan yang dirancang dan dibangun dengan baik dapat memperpanjang umur jalan. Dengan mempertahankan kekuatan struktural yang baik, melakukan perawatan yang tepat, dan merespons perubahan lingkungan dengan tepat waktu, umur pakai perkerasan jalan dapat diperpanjang, mengurangi biaya perbaikan dan pemeliharaan jalan secara keseluruhan.

### 2.12 Perkerasan Kaku (Beton)

Perkerasan kaku merupakan salah satu jenis perkerasan jalan yang umum digunakan di berbagai infrastruktur jalan, seperti jalan raya, jalan tol, dan landasan pacu bandara. Perkerasan kaku didesain untuk memberikan kekuatan struktural yang tinggi serta daya tahan yang baik terhadap beban lalu lintas yang berat. Perkerasan kaku terdiri dari lapisan-lapisan beton yang ditempatkan di atas lapisan tanah dasar yang stabil. Beton yang digunakan dalam perkerasan kaku umumnya terdiri dari campuran semen, agregat kasar (misalnya kerikil atau batu pecah), agregat halus (pasir), dan air. Campuran beton ini kemudian dicurahkan dan dikompakkan untuk membentuk lapisan perkerasan yang keras dan kuat. Perkerasan kaku sendiri memiliki

keuntungan dan kelemahan yaitu sebagai berikut:

Keuntungan dari perkerasan kaku adalah sebagai berikut:

1. Kekuatan struktural yang tinggi: Perkerasan kaku mampu menahan beban lalu lintas yang berat, termasuk kendaraan berat seperti truk dan bus.
2. Daya tahan yang baik: Perkerasan kaku memiliki ketahanan yang tinggi terhadap deformasi dan retak. Hal ini membuatnya tahan terhadap perubahan suhu, pergerakan tanah, dan beban lalu lintas yang berulang.
3. Umur pakai yang panjang: Perkerasan kaku umumnya memiliki umur pakai yang lebih lama dibandingkan dengan jenis perkerasan lainnya, seperti perkerasan lentur (aspal).
4. Perawatan yang relatif mudah: Dalam hal perbaikan dan pemeliharaan, perkerasan kaku membutuhkan perawatan yang relatif sedikit dibandingkan dengan perkerasan lainnya. Retakan kecil dapat diperbaiki dengan metode pengisi retakan dan retakan besar dapat diatasi dengan penggantian panel beton yang rusak.

Namun, perkerasan kaku juga memiliki beberapa kelemahan, antara lain:

1. Biaya konstruksi yang lebih tinggi: perkerasan kaku umumnya membutuhkan investasi awal yang lebih besar daripada perkerasan lainnya karena biaya bahan, peralatan, dan waktu pelaksanaan yang lebih lama.
2. Ketidaknyamanan saat penggunaan: perkerasan kaku cenderung menghasilkan getaran dan suara yang lebih tinggi saat dilalui oleh kendaraan, yang dapat menjadi kurang nyaman bagi pengendara dan penduduk sekitar.

Perkerasan kaku terdiri dari lapisan-lapisan beton yang ditempatkan di atas lapisan tanah dasar yang stabil. Beton yang digunakan dalam perkerasan kaku umumnya terdiri dari campuran semen, agregat kasar, agregat halus, dan air. Berikut ini adalah lapisan-lapisan yang umum ditemukan dalam perkerasan kaku:

1. Tanah dasar: lapisan pertama dari perkerasan kaku adalah tanah dasar yang merupakan lapisan tanah yang diperkuat. Tujuannya adalah untuk mendistribusikan beban dari lalu lintas di bawah perkerasan kaku secara merata dan mengurangi pergerakan tanah akibat pemadatan dan perubahan suhu.
2. *Subbase*: lapisan *subbase* ditempatkan di atas tanah dasar dan bertujuan untuk menyediakan fondasi yang stabil untuk perkerasan kaku. Material yang

umum digunakan untuk subbase adalah batu pecah, kerikil, atau campuran bahan granular lainnya.

3. Lapisan beton: lapisan beton adalah lapisan utama perkerasan kaku. Beton yang digunakan biasanya terbuat dari campuran semen portland, agregat kasar (misalnya kerikil atau batu pecah), agregat halus (pasir), dan air. Campuran beton harus dirancang sedemikian rupa sehingga memiliki kekuatan yang memadai untuk menahan beban lalu lintas yang diterapkan.

4. *Joint dan reinforcement*: dalam perkerasan kaku, dilakukan pemisahan antara panel beton menggunakan joint untuk mengakomodasi pergerakan yang disebabkan oleh deformasi termal dan beban lalu lintas. Joint ini juga membantu mencegah retak yang merusak seluruh perkerasan. Reinforcement seperti tulangan baja sering digunakan untuk meningkatkan ketahanan terhadap gaya tarik.

Dalam perkerasan kaku, prosedur yang digunakan yaitu berikut ini :

1. Tentukan umur rencana (Tabel 2-1. Umur Rencana Perkerasan).	Bab 2
2. Tentukan volume kelompok sumbu kendaraan niaga.	Bab 4 dan Lampiran D
3. Tentukan struktur fondasi jalan dari Bagan Desain - 2.	Bab 6
4. Tentukan daya dukung efektif tanah dasar menggunakan solusi tanah normal atau tanah lunak.	Bab 6
5. Tentukan struktur lapisan perkerasan sesuai Bagan Desain – 4 atau 4A.	Bab 7
6. Tentukan jenis sambungan (umumnya berupa sambungan dengan dowel).	Bab 7
7. Tentukan jenis bahu jalan (biasanya menggunakan bahu beton).	Lampiran F
8. Tentukan detail desain yang meliputi dimensi pelat beton, penulangan pelat, posisi dowel & tie bar, ketentuan sambungan dan sebagainya.	Pd T-14-2003
9. Tetapkan kebutuhan daya dukung tepi perkerasan	Bab 8

### 2.12.1 Umur rencana : 40 tahun

Untuk perkerasan kaku umur rencana perkerasan jalan baru tersedia pada tabel berikut, yang elemen perkerasan nya meliputi lapis fondasi atas, lapis fondasi bawah, lapis beton semen, dan fondasi jalan dengan umur rencana 40 tahun.

Tabel 2.16 Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru (UR)

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (tahun) <sup>(1)</sup>
Perkerasan lentur	Lapisan aspal dan lapisan berbutir <sup>(2)</sup> .	20
	Fondasi jalan	40
	Semua perkerasan untuk daerah yang tidak dimungkinkan pelapisan ulang ( <i>overlay</i> ), seperti: jalan perkotaan, <i>underpass</i> , jembatan, terowongan.	
Perkerasan kaku	Cement Treated Based (CTB) Lapis fondasi atas, lapis fondasi bawah, lapis beton semen, dan fondasi jalan.	
Jalan tanpa penutup	Semua elemen (termasuk fondasi jalan)	Minimum 10

### 2.12.2 Volume kelompok sumbu kendaraan niaga

Menentukan volume kelompok sumbu kendaraan niaga adalah penting dalam analisis perkerasan jalan dan perencanaan transportasi. Volume kelompok sumbu kendaraan niaga digunakan dalam analisis struktural perkerasan jalan untuk menentukan beban yang diterapkan pada perkerasan. Kendaraan niaga umumnya memiliki berat sumbu yang lebih besar dibandingkan kendaraan penumpang, sehingga perhitungan beban dari kendaraan niaga sangat penting untuk memastikan bahwa perkerasan jalan memiliki kekuatan struktural yang memadai untuk menahan beban tersebut.

Berikut Tabel nilai VDF masing masing kendaraan niaga :

Tabel 2.17 Nilai VDF masing-masing jenis kendaraan niaga

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

Menentukan faktor laju pertumbuhan lalu lintas adalah penting dalam perencanaan transportasi dan pengembangan infrastruktur jalan. Faktor laju



pertumbuhan lalu lintas digunakan dalam perencanaan kapasitas jalan untuk memprediksi kebutuhan kapasitas jalan di masa depan. Dengan menentukan laju pertumbuhan lalu lintas, dapat dihitung proyeksi volume lalu lintas di masa mendatang, sehingga memungkinkan perencanaan dan pengembangan jalan yang sesuai dengan kebutuhan lalu lintas yang diperkirakan. Informasi tentang laju pertumbuhan lalu lintas digunakan dalam perencanaan dan pengembangan infrastruktur jalan.

Dengan memperkirakan laju pertumbuhan lalu lintas, dapat dilakukan pemodelan lalu lintas dan analisis yang akurat untuk menentukan dimensi jalan yang sesuai, seperti jumlah lajur, rancangan simpang susun, dan fasilitas lainnya. Ini memungkinkan perencanaan jalan yang efisien dan dapat mengakomodasi pertumbuhan lalu lintas yang diharapkan. Dengan menentukan faktor laju pertumbuhan lalu lintas, perencana transportasi dapat membuat proyeksi yang lebih akurat terkait dengan kebutuhan kapasitas jalan, perencanaan infrastruktur, evaluasi kinerja jalan, dan perencanaan transportasi secara keseluruhan.

Hal ini penting dalam memastikan pengembangan infrastruktur jalan yang dapat mengakomodasi pertumbuhan lalu lintas serta menjaga mobilitas dan keberlanjutan sistem transportasi. Berikut tabel faktor laju pertumbuhan lalu lintas :

Tabel 2.18 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (*i*)(%)

	Jawa	Sumatera	Kalimantan	Rata-rata Indonesia
<b>Arteri dan perkotaan</b>	4,80	4,83	5,14	4,75
<b>Kolektor rural</b>	3,50	3,50	3,50	3,50
<b>Jalan desa</b>	1,00	1,00	1,00	1,00

Lalu Lintas Untuk tabel nilai VDF masing masing jenis kendaraan niaga yaitu :

Tabel 2.19 Nilai VDF masing-masing Jenis Kendaraan Niaga

Jenis Kendaraan		Uraian	Konfigurasi sumbu	Muatan <sup>2</sup> yang diangkut	Kelompok sumbu	Distribusi tipikal (%)		Faktor Ekuivalen Beban (VDF) (ESA / kendaraan)	
Klasifikasi Lama	Alternatif					Semua kendaraan bermotor	Semua kendaraan bermotor kecuali sepeda motor	VDF4 Pangkat 4	VDF5 Pangkat 5
1	1	Sepeda motor	1.1	Muatan <sup>2</sup> yang diangkut	2	30,4			
2, 3, 4	2, 3, 4	Sedan / Angkot / Pickup / Station wagon	1.1		2	51,7	74,3		
5a	5a	Bus kecil	1.2		2	3,5	5,00	0,3	
5b	5b	Bus besar	1.2		2	0,1	0,20	1,0	
6a.1	6.1	Truk 2 sumbu – cargo ringan	1.1	muatan umum	2			0,3	
6a.2	6.2	Truk 2 sumbu – ringan	1.2	tanah, pasir, besi, semen	2	4,6	6,60	0,8	
6b1.1	7.1	Truk 2 sumbu – cargo sedang	1.2	muatan umum	2			0,7	
6b1.2	7.2	Truk 2 sumbu – sedang	1.2	tanah, pasir, besi, semen	2	-	-	1,6	
6b2.1	8.1	Truk 2 sumbu – berat	1.2	muatan umum	2			0,9	
6b2.2	8.2	Truk 2 sumbu – berat	1.2	tanah, pasir, besi, semen	2	3,8	5,50	7,3	
7a1	9.1	Truk 3 sumbu – ringan	1.22	muatan umum	3			7,6	
7a2	9.2	Truk 3 sumbu – sedang	1.22	tanah, pasir, besi, semen	3	3,9	5,60	28,1	
7a3	9.3	Truk 3 sumbu – berat	1.1.2		3	0,1	0,10	28,9	
7b	10	Truk 2 sumbu dan trailer penarik 2 sumbu	1.2-2.2		4	0,5	0,70	36,9	
7c1	11	Truk 4 sumbu - trailer	1.2-22		4	0,3	0,50	13,6	
7c2.1	12	Truk 5 sumbu - trailer	1.2-222		5			19,0	
7c2.2	13	Truk 5 sumbu - trailer	1.2-222		5	0,7	1,00	30,3	
7c3	14	Truk 6 sumbu - trailer	1.22-222		6	0,3	0,50	41,6	

Catatan: Data didasarkan pada survei beban lalu lintas Arteri Pulau Jawa – 2011. Lihat survei WIM 2011 untuk informasi lebih lanjut.

Penting untuk diingat bahwa VDF dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor lain seperti kondisi jalan, lalu lintas, waktu perjalanan, dan pengendara yang berbeda. Maka untuk metode yang digunakan yaitu :

### 2.12.3 Struktur Fondasi Jalan Dari Bagan Desain

Struktur fondasi jalan berperan penting dalam menopang beban dari perkerasan jalan dan kendaraan yang melintasinya. Dengan menentukan struktur fondasi yang tepat melalui bagan desain, kita dapat memastikan bahwa fondasi memiliki kekuatan yang memadai untuk menahan beban yang diterapkan oleh perkerasan jalan dan lalu lintas kendaraan.

Hal ini penting agar jalan dapat bertahan dalam jangka waktu yang lama tanpa mengalami kerusakan struktural yang signifikan. Fondasi yang kokoh dan stabil sangat penting untuk menjaga keselamatan pengguna jalan. Jika fondasi tidak memadai, dapat timbul kondisi jalan yang berbahaya, seperti permukaan yang tidak rata, retakan, atau longsor. Dengan

menentukan struktur fondasi yang tepat melalui bagan desain, kita dapat memastikan keselamatan pengguna jalan dengan meminimalkan risiko terjadinya kecelakaan akibat kondisi jalan yang tidak aman.

Tabel 2.20 Bagan 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 ESAs)				Stabilisasi Semen <sup>(6)</sup>
			< 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, Devisi 3 – Pekerjaan Tanah) (pemadatan lapisan ≤ 200 mm 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 di atas tanah lunak <sup>(2)</sup>	SG1 <sup>(3)</sup>	Lapis penopang <sup>(4)(5)</sup> -atau- lapis penopang dan geogrid <sup>(4)</sup> <sup>(5)</sup>	1000	1100	1200		
Tanah gambut dengan HRS atau DBST untuk perkerasan untuk jalan raya minor (nilai minimum – ketentuan lain berlaku)			650	750	850		
			Lapis penopang berbutir <sup>(4) (5)</sup>	1000	1250	1500	

- (1) Desain harus memperimbangan semua hal yang kritikal; syarat tambahan mungkin berlaku.
- (2) Ditandai dengan kepadatan dan CBR lapangan yang rendah.
- (3) Menggunakan nilai CBR insitu, karena nilai CBR rendaman tidak relevan.
- (4) Permukaan lapis penopang di atas tanah SG1 dan gambut diasumsikan mempunyai daya dukung setara nilai CBR 2.5%, dengan demikian ketentuan perbaikan tanah SG2.5 berlaku. Contoh: untuk lalu lintas rencana > 4 jt ESA, tanah SG1 memerlukan lapis penopang setebal 1200 mm untuk mencapai daya dukung setara SG2.5 dan selanjutnya perlu ditambah lagi setebal 350 mm untuk meningkatkan menjadi setara SG6.
- (5) Tebal lapis penopang dapat dikurangi 300 mm jika tanah asal dipadatkan pada kondisi kering.

- (6) Untuk perkerasan kaku, material perbaikan tanah dasar berbutir halus (klasifikasi A4 sampai dengan A6) harus berupa stabilisasi semen.

### 2.12.4 Daya dukung efektif tanah dasar Menggunakan Solusi Tanah Normal Atau Tanah Lunak

Untuk CBR tanah dasar kelompok kami sebesar 7,834% sehingga data kami lebih dari 6% dan tidak diperlukan perbaikan. Untuk kelas kekuatan tanah dasar didapatkan SG6. Kemudian untuk perkerasan kaku Stabilisasi semen kita mendapatkan 300. Daya dukung efektif tanah dasar mengacu pada kemampuan tanah dasar untuk menopang beban dari struktur jalan dan beban lalu lintas yang melewatinya. Dalam menentukan daya dukung efektif tanah dasar, kita dapat menggunakan solusi untuk tanah normal atau tanah lunak, tergantung pada karakteristik tanah yang ada.

Berikut adalah penjelasan singkat tentang kedua solusi tersebut: Untuk solusi tanah normal digunakan ketika tanah dasar memiliki karakteristik yang relatif stabil dan memiliki daya dukung yang memadai untuk menopang struktur jalan. Solusi ini melibatkan perhitungan dan analisis terhadap parameter tanah, seperti kekuatan geser, kuat tekan, dan modul elastisitas. Dalam solusi tanah normal, tanah dasar dianggap memenuhi persyaratan teknis untuk menopang struktur jalan tanpa perlu perlakuan khusus.

Kemudian untuk Solusi tanah lunak digunakan ketika tanah dasar

memiliki karakteristik yang tidak memadai untuk menopang struktur jalan secara langsung. Tanah lunak cenderung memiliki daya dukung yang rendah, ketidakstabilan, atau deformabilitas yang signifikan. Dalam solusi tanah lunak, langkah-langkah khusus harus diambil untuk memperbaiki atau menguatkan tanah dasar sebelum membangun jalan di atasnya. Beberapa teknik yang mungkin digunakan termasuk penguatan dengan menggunakan geotekstil, penggunaan pondasi dalam, atau perbaikan tanah dengan teknik seperti penggantian, pemerataan, atau pemadatan.

### 2.11.5 Tabel Struktur Lapisan Perkerasan Sesuai Bagan Desain

Tabel 2.21 Struktur Lapisan Perkerasan Sesuai Bagan Desain

Struktur Perkerasan	R1	R2	R3	R4	R5
Kelompok sumbu kendaraan berat ( <i>overloaded</i> ) (10E6)	< 4.3	< 8.6	< 25.8	< 43	< 86
Dowel dan bahu beton	Ya				
STRUKTUR PERKERASAN (mm)					
Tebal pelat beton	265	275	285	295	305
Lapis Fondasi LMC	100				
Lapis Drainase (dapat mengalir dengan baik)	150				

Perencana harus menerapkan kelompok sumbu kendaraan niaga dengan beban yang aktual. Bagan beban di dalam Pd T-14-2003 tidak boleh digunakan untuk desain perkerasan karena didasarkan pada ketentuan berat kelompok kendaraan yang tidak realistis dengan kondisi Indonesia. Lampiran D memberikan pembebanan kelompok sumbu yang mewakili kondisi Indonesia.

Untuk R dari kelompok kami menggunakan R4 dikarenakan :

Faktor Pengalihan Pertumbuhan Lalu Lintas

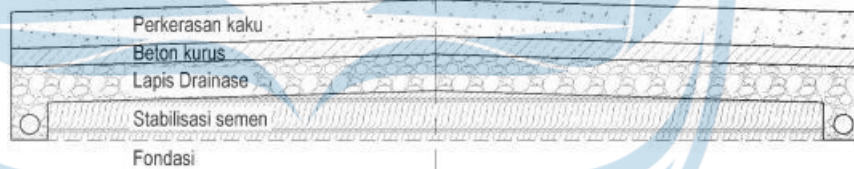
Tabel 2.22 Faktor Pengalihan Pertumbuhan Lalu Lintas

R2	2,00048
R28	28,18219706

Untuk struktur perkerasan tebal pelat beton 305 mm. Kemudian lapis fondasi LMC kita mendapat 100 mm. Selanjutnya untuk lapis drainase lapisan yang dapat mengalir dengan baik sebesar 150 mm. Struktur lapisan perkerasan yang baik juga berkontribusi pada peningkatan kinerja jalan secara keseluruhan. Dengan menentukan struktur lapisan yang tepat, kita dapat menciptakan permukaan jalan yang lebih halus, nyaman, dan aman bagi pengguna jalan. Hal ini penting untuk memastikan mobilitas yang lancar, mengurangi kemungkinan kecelakaan, dan meningkatkan pengalaman pengguna jalan.

Tabel 2.23 Bagan Desain -4A Perkerasan Kaku untuk Jalan dengan Beban Lalu Lintas Rendah

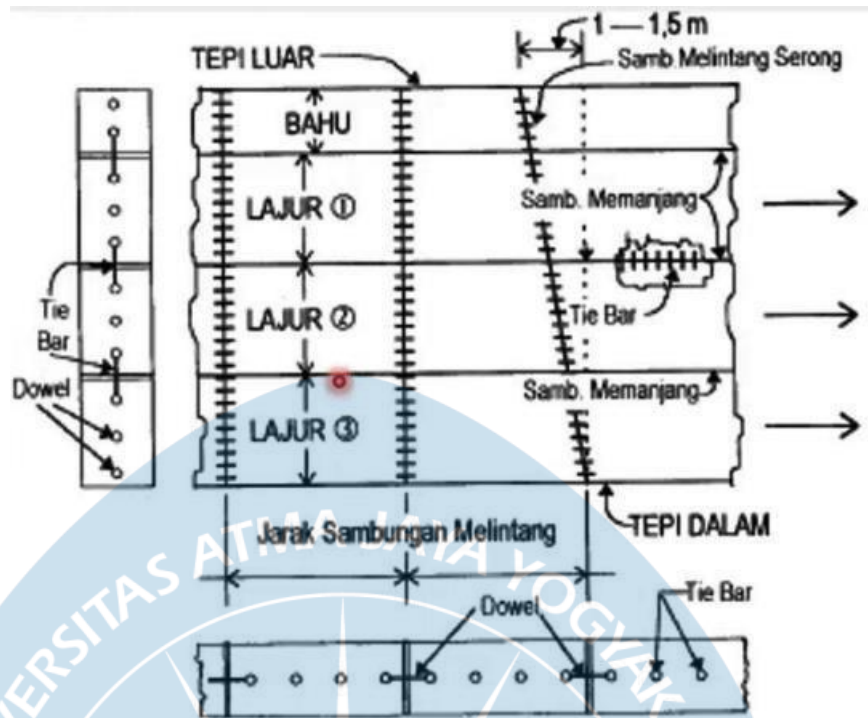
	Tanah dasar			
	Tanah Lunak dengan Lapis Penopang		Dipadatkan normal	
Bahu pelat beton ( <i>tied shoulder</i> )	Ya	Tidak	Ya	Tidak
	Tebal Pelat Beton (mm)			
Akses terbatas hanya mobil penumpang dan motor	160	175	135	150
Dapat diakses oleh truk	180	200	160	175
Tulangan distribusi retak	Ya		Ya jika daya dukung fondasi tidak seragam	
<b>Dowel</b>	<b>Tidak dibutuhkan</b>			
LMC	Tidak dibutuhkan			
Lapis Fondasi Kelas A (ukuran butir nominal maksimum 30 mm)	125 mm			
Jarak sambungan melintang	4 m			



Gambar 2.19 Tipikal potongan melintang perkerasan kaku (bagian desain 4)  
**2.12.6 Menentukan Jenis Sambungan**

Jumlah kelompok sumbu masing-masing jenis kendaraan diperlukan untuk keperluan desain perkerasan beton semen. Umur rencana 40 tahun dan beban lalu lintas dihitung berdasarkan jumlah kelompok sumbu kendaraan berat sebagai berikut:

$$R_{40} = \frac{(1 + 0,01 \times 4,83)^{40} - 1}{0,01 \times 4,83}$$



Gambar 2.20 Tata letak Sambungan

Tabel 2.24 Jumlah Kelompok Sumbu Kendaraan Berat

Jenis Kendaraan	Golongan	Sumbu	Konfigurasi Sumbu	LHR 2023	VDF 5	Jumlah Kelompok Sumbu
Sepeda Motor	1	2	1,1	1640	0	-
Mobil Pribadi	2	2	1,1	1350	0	-
Bus	5B	2	1,2	250	1	4.20.E+06
Truk 2 as Ringan	6A2	2	1,2	95	0,8	1.28.E+06
Truk 2 as Berat	6B2A	2	1,2	80	11,2	1.51.E+07
Truk 3 as Berat	7A3	3	11,2	68	62,2	7.11.E+07
				3483	CESA'5	9.16.E+07

### 2.12.7 Menentukan jenis bahu jalan

Bahu diperkeras untuk kebutuhan berikut:

1. Jika terdapat kerb (bahu harus ditutup sampai dengan garis kerb).
2. Gradien jalan lebih dari 4%.
3. Sisi yang lebih tinggi dari kurva superelevasi (superelevasi  $\geq 0\%$ ). Dalam kasus ini, bahu pada sisi superelevasi yang lebih tinggi harus sama dengan superelevasi badan jalan.
4. Jalan dengan LHRT lebih dari 10.000 kendaraan.
5. Jalan tol dan jalan bebas hambatan. Material bahu diperkeras dapat berupa:

1. Penetrasi makadam;
2. Burtu / Burda;
3. Beton aspal (AC);
4. Beton semen;
5. Kombinasi bahu beton 500 mm – 600 mm atau pelat beton dengan tied shoulder, atau bahudengan aspal.

Dari data kami diketahui/diperoleh:

Tabel 2.25 Umur Rencana dan Beban Rencana Bahu Jalan

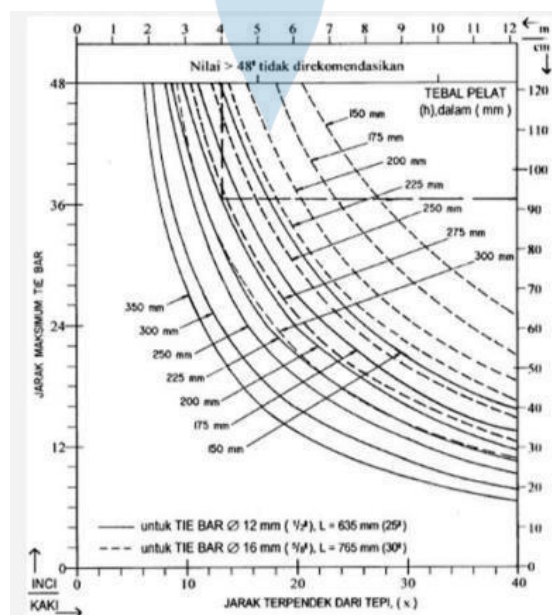
<b>Umur Rencana</b>	40	Tahun	
<b>R</b>	115,0637	%	
<b>Beban Rencana Bahu Jalan</b>			9,16,E+07 ESA

1. CBR tanah dasar 7,834%;
2. Beban gandar kumulatif 40 tahun: 9,16,E+07 ESA;
3. Struktur perkerasan lajur utama di atas 600 mm lapis penopang

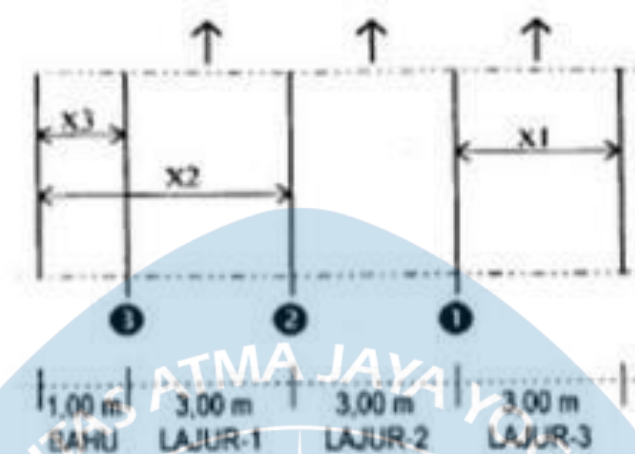
Tabel 2.26 Dengan Fondasi Agregat

Lapisan	Tebal (mm)
AC WC	40
AC BC	60
AC Base	145
LPA KELAS A	300

### 2.12.8 Menentukan detail desain yang meliputi dimensi pelat beton, penulangan pelat, posisi dowel & tie bar, ketentuan sambungan dan sebagainya.



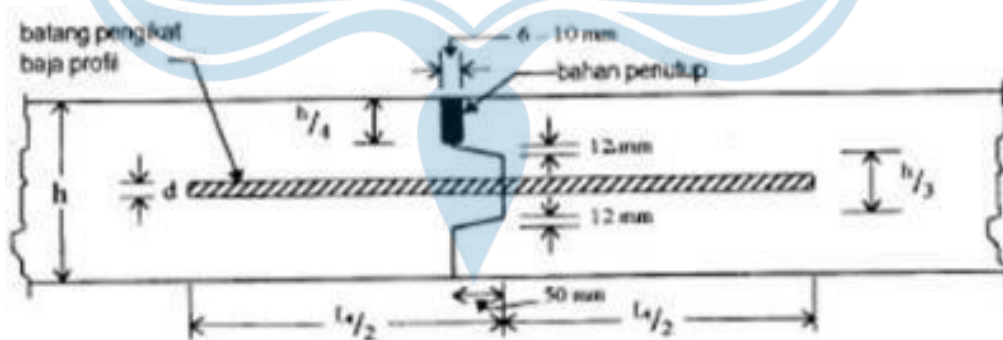
Gambar 2.21 Jarak tie bar maksimum menurut AASHTO1986 untuk tulangan baja grade 40 dan  $F=15$



Gambar 2.22 Contoh penggunaan grafik pada gambar 4.5

Nomor Sambungan	Jarak (X) meter	Jarak Maksimum Tie Bar (cm)	
		Ø 12 mm	Ø 16 mm
1	3,00	120	maks. = 120
2	4,00	93	maks. = 120
3	1,00	maks. = 120	maks. = 120

Gambar 2.23 Sketsa perhitungan tie bar



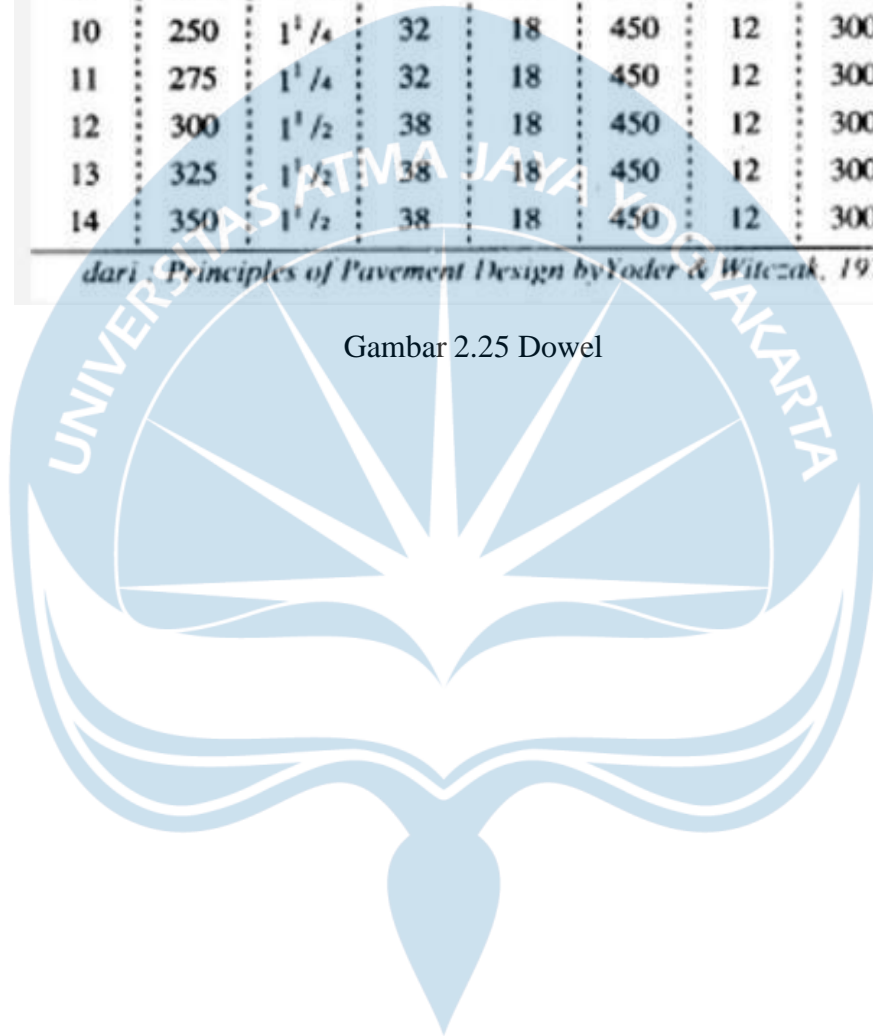
Gambar 2.24 Sambungan Pelaksanaan Memanjang Dengan Lidah Alur dan Tie Bar (batang pengikat)

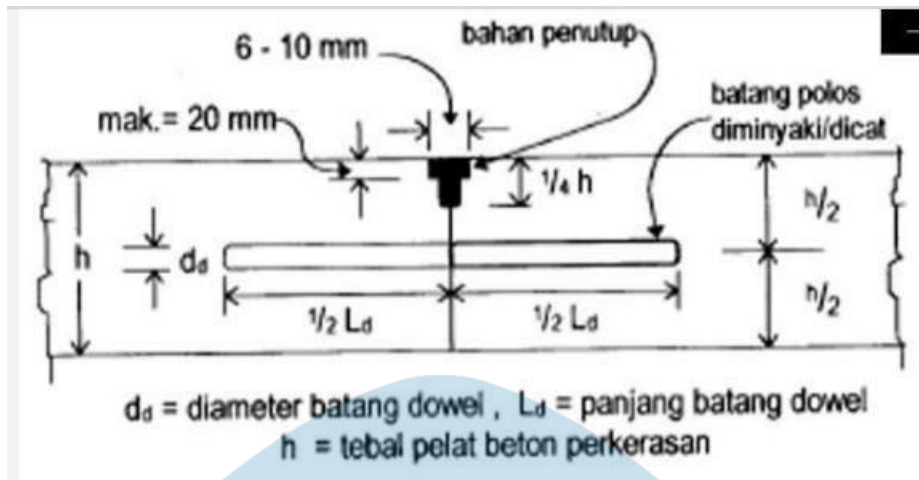


Tebal Pelat Perkerasan		Dowel					
		diameter		panjang		jarak	
inci	mm	inci	mm	inci	mm	inci	mm
6	150	$\frac{3}{4}$	19	18	450	12	300
7	175	1	25	18	450	12	300
8	200	1	25	18	450	12	300
9	225	$1\frac{1}{4}$	32	18	450	12	300
10	250	$1\frac{1}{4}$	32	18	450	12	300
11	275	$1\frac{1}{4}$	32	18	450	12	300
12	300	$1\frac{1}{2}$	38	18	450	12	300
13	325	$1\frac{1}{2}$	38	18	450	12	300
14	350	$1\frac{1}{2}$	38	18	450	12	300

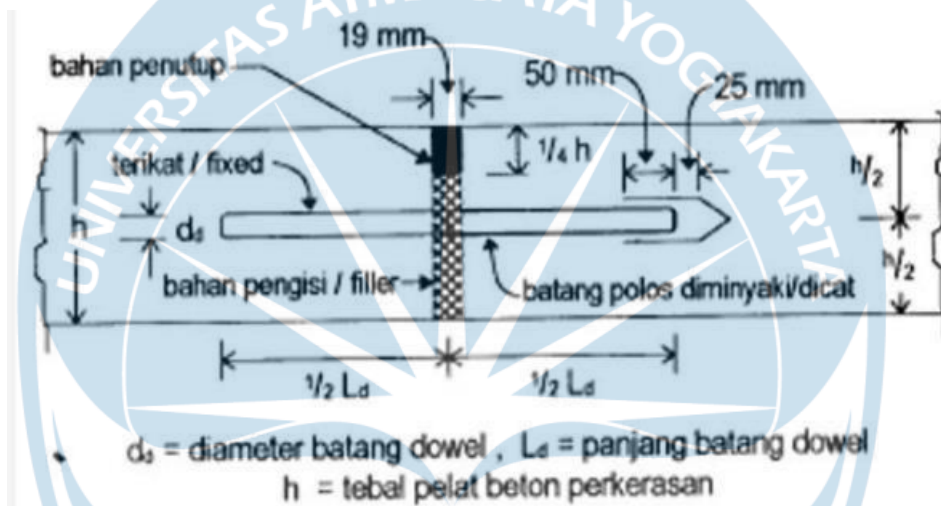
dari : *Principles of Pavement Design* by Yoder & Witczak, 1975

Gambar 2.25 Dowel





Gambar 2.26 Sambungan susut melintang dengan dowel



Gambar 2.27 Sambungan muai dengan dowel

Tabel 2.27 Rencana Penulangan Baja untuk Perkerasan Kaku

RP6	BBTT	$f_s = 230 \text{ MPa}$	Stabilisasi Semen dan Tanah	20
	BBDT			
	BMDT			

Tabel 2.28 Perhitungan Luas Tulangan

Jenis tulangan	Perhitungan luas tulangan		Hasil Perhitungan	Satuan
	F	=	1,800	(Stabilitas Semen dan tanah)
	L	=	20	(Jarak antar sambungan)
	h	=	295	(Bagan desain 4, tebal pelat beton, kita kelompok sumbu 9.16, satuan mm)
	Fy	=	230	Mpa
<b>Memanjang</b>	As	=	543,005	mm <sup>2</sup> /m lebar

	Luas min		0.14% dari luas penampang beton	
	As min		413	mm <sup>2</sup> /m lebar
	Digunakan Tulangan D12-250			
<b>Melintang</b>	As	=	380,104	(mm <sup>2</sup> /m pias)
	L	=	14	(Lebar Plat)
	Digunakan Tulangan D10-200			(mm <sup>2</sup> / m lebar)

Tabel 2.29 Perhitungan penulangan memanjang

Penulangan Memanjang		Hasil Perhitungan	Satuan	
Ft	=	0.5*Fr		
	=	1,650	Mpa	
Fr	=	3,300	Mpa	(krn Fc 32, Tabel)
Fy	=	230	Mpa	
n	=	8		(Tabel)
F	=	1,800		
Ps	=	0,715	%	

Tabel 2.30 Perhitungan penulangan melintang

Penulangan Melintang
Dihitung dengan persamaan yang sama seperti pada perhitungan penulangan perkerasan beton bersambung dengan penulangan

Tabel 2.31 Perhitungan persentase tulangan memanjang

Persentase Tulangan Memanjang		Hasil Perhitungan	Satuan	
Ps	=	0,715	%	(>0.6 %)
Luas Tul. min		0,60%		
As min	=	1770	mm <sup>2</sup> /m lebar	

Tabel 2.32 Perhitungan pemeriksaan jarak teoritis antara retakan tulangan memanjang

Pemeriksaan Jarak Teoritis antara retakan		Hasil Perhitungan	Satuan

Ft	=	0.5*Fr	
	=	1,650	Mpa
Fr	=	3,300	Mpa
Fb	=	0,140	
D19-100	=	32	Mpa
Ec	=	26587,21497	Mpa
p	=	0,009	
As min		2743,500	
u	=	125	
Lc	=	0,006	
S	=	0,0005	(asumsi)

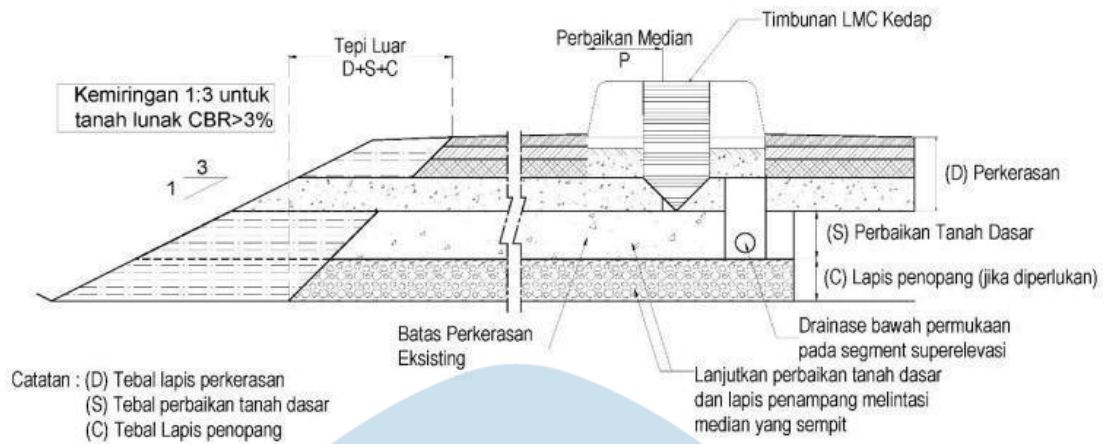
Tabel 2.33 Perhitungan pemeriksaan jarak teoritis antara retakan tulangan melintang

Tulangan Melintang		Hasil Perhitungan
As	=	380,104
Digunakan Tulangan D10-200		

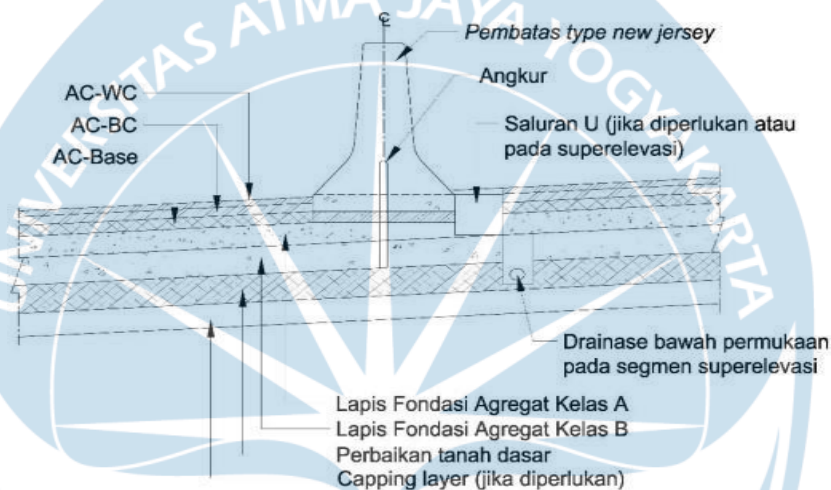
### 2.12.9 Menetapkan kebutuhan daya dukung tepi perkerasan

Tepi perkerasan yang stabil dan kuat sangat penting untuk menjaga keamanan pengguna jalan. Tepi perkerasan yang bergeser atau jatuh dapat menjadi bahaya bagi pengendara, terutama pada jalan dengan lereng atau di daerah yang rawan tanah longsor. Dengan menetapkan kebutuhan daya dukung tepi perkerasan yang memadai, kita dapat memastikan bahwa tepi perkerasan tetap dalam posisi yang stabil dan aman bagi pengguna jalan. Struktur perkerasan memerlukan daya dukung tepi yang cukup, terutama bila terletak pada tanah lunak atau tanah gambut.

Ketentuan daya dukung tepi harus dinyatakan secara detil dalam gambar-gambar kontrak (drawings). Setiap lapis pekerasan harus dipasang sampai lebar yang sama atau lebih dari nilai minimum yang dinyatakan pada Gambar 2.28. Dukungan Tepi Perkerasan. Timbunan tanpa penahan pada tanah lunak ( $CBR < 2.5\%$ ) atau tanah gambut harus dipasang pada kemiringan tidak lebih curam dari 1V : 3H.



Gambar 2.28 Dukungan tepi perkerasan



Gambar 2.29 Dukungan median perkerasan

Lapis penopang dan perbaikan tanah dasar harus diperlebar sampai ke bawah median seperti ditunjukkan pada Gambar 2.29 Dukungan Median Perkerasan. Area median harus dapat mengalirkan air dengan baik atau diisi dengan lean *mix concrete* atau dengan bahan pengisi yang kedap untuk menghindari pengumpulan air dan kerusakan tepi perkerasan.

### 2.13 Perkerasan Lentur (Aspal)

Perkerasan lentur atau sering disebut perkerasan aspal adalah lapisan permukaan jalan yang terbuat dari campuran aspal (bitumen) dan agregat (batu pecah, pasir, atau kerikil). Perkerasan lentur digunakan untuk memberikan struktur dan daya dukung yang memadai pada jalan, sehingga dapat menahan beban lalu lintas dan memberikan kenyamanan bagi pengguna jalan. Perkerasan lentur terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu:

#### a. Lapisan aspal (*Asphalt Concrete*)

Lapisan aspal atau lapisan permukaan perkerasan lentur terbuat dari campuran aspal panas (*hot mix asphalt*) yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, dan

aspal cair. Lapisan aspal memberikan kehalusan permukaan jalan dan menahan beban lalu lintas.

b. Lapisan pondasi (*Base Course*)

Lapisan pondasi terletak di bawah lapisan aspal dan berfungsi untuk mendistribusikan beban kendaraan ke tanah dasar. Lapisan ini biasanya terbuat dari agregat yang lebih kasar daripada lapisan aspal.

c. Lapisan *subgrade* (Tanah Dasar)

Lapisan subgrade merupakan tanah dasar di bawah lapisan pondasi. Tanah dasar harus memiliki daya dukung yang memadai untuk menopang struktur perkerasan lentur.

Salah satu karakteristik utama perkerasan lentur adalah *fleksibilitasnya*. Perkerasan ini mampu menyesuaikan diri dengan perubahan deformasi akibat beban kendaraan, perubahan suhu, dan pergerakan tanah. *Fleksibilitas* ini memberikan kemampuan perkerasan lentur untuk mengurangi kerusakan yang disebabkan oleh perubahan deformasi tersebut, seperti retakan atau deformasi permanen.

Perkerasan lentur memiliki keuntungan tertentu, seperti *fleksibilitas* yang memungkinkan penyerapan deformasi dan pergerakan tanah yang lebih baik. Namun, perkerasan lentur juga memiliki beberapa kelemahan, seperti biaya konstruksi yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan perkerasan kaku dan membutuhkan perawatan yang lebih sering.

Prosedur-prosedur ini harus diikuti sebagaimana diuraikan dalam setiap bab:

1. Tentukan umur rencana (Tabel 2.1 Umur Rencana Perkerasan)
2. Tentukan nilai-nilai ESA4 dan atau ESA5 sesuai umur rencana yang dipilih
3. Tentukan tipe perkerasan berdasarkan Tabel 3.1 atau pertimbangan biaya (analisis *discounted life-cycle cost*).
4. Tentukan segmen tanah dasar dengan daya dukung yang seragam.
5. Tentukan struktur fondasi perkerasan.
6. Tentukan struktur perkerasan yang memenuhi syarat dari Bagan Desain - 3 atau Bagan Desain lainnya yang sesuai.
7. Tentukan standar drainase bawah permukaan yang dibutuhkan
8. Tetapkan kebutuhan daya dukung tepi perkerasan
9. Tentukan kebutuhan pelapisan (*sealing*) bahu jalan
10. Ulangi langkah 5 sampai 9 untuk setiap segmen yang seragam.

### 2.12.1 Menentukan Umur Rencana

Mengetahui umur rencana membantu dalam perencanaan jangka panjang. Dengan menetapkan umur rencana yang *realistis*, kita dapat mempersiapkan pengembangan infrastruktur yang memadai dan mempertimbangkan perubahan yang mungkin terjadi di masa depan. Hal ini membantu mencegah pemborosan sumber daya dan mengoptimalkan penggunaan dana dalam jangka panjang.

Umur Rencana (UR) adalah jumlah waktu dalam tahun dihitung dari mulai dibukanya jalantersebut sampai saat diperlukan perbaikan berat atau dianggap perlu untuk diberi lapis permukaan yang baru. Umur rencana yang digunakan adalah 40 tahun. Selama umur rencana tersebut pemeliharaan perkerasan jalan tetap harus dilakukan, seperti pelapisan non struktural yang berfungsi sebagai lapisan aus dan kedap air. Umur rencana untuk perkerasan lentur diambil 40 tahun yang dihitung dari tahun 2023 sampai 2063.

Tabel 2.34 Struktur Perkerasan Lentur

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 dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC tebal $\geq$ 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 Soil Cement	6	1	1	-	-	-
Perkerasan tanpa penutup (Japat, jalan kerikil)	7	1	-	-	-	-

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.

### 2.12.2 Nilai-Nilai ESA4 Dan Atau ESA5 Sesuai Umur Rencana

Tabel 2.35 Nilai VDF masing-masing Jenis Kendaraan Niaga

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

Tabel 2.36 Angka Pertumbuhan Lalu Lintas Regional

Jenis kendaraan	Sumbu	LHR 2023	LHR 2026	LHR 2029	VDF5 faktual	VDF5 normal	ESAS ('26-'28)	ESAS ('29-'66)
Sepeda Motor	1	2	1450	1669	1921	-	-	-
Mobil Pribadi	2	2	1100	1266	1457	-	-	-
Bus	5B	2	265	305	351	1	1	9,90E+04
Truk 2 as ringan	6A2	2	125	144	166	0,5	0,5	2,34E+04
Truk 2 as berat	6B2A	2	85	98	113	9,2	5,1	2,92E+05
Truk 3 as berat	7A3	3	78	90	103	-	-	-
Jumlah ESAS							4,15E+05	1,95E+06
CESAS ('26-'66)							2,37E+06	

Perhitungan komulatif beban (ESA5) selain menggunakan VDF berdasarkan tabel diatas didukung juga oleh angka pertumbuhan lalu lintas regional seperti pada tabel diatas.

Tabel 2.37 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (i) (%)

	Jawa	Sumatera	Kalimantan	Rata-rata Indonesia
Arteri dan perkotaan	4,80	4,83	5,14	4,75
Kolektor rural	3,50	3,50	3,50	3,50
Jalan desa	1,00	1,00	1,00	1,00

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

$$R = \frac{(1+0,01 i)^{UR}-1}{0,01 i} \quad (4.1)$$

Dengan R = faktor pengali pertumbuhan lalu lintas komulatif  
i = laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)  
UR = umur rencana (tahun)

Digunakan arteri dan perkotaan karena berfungsi melayani angkutan umum dengan ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara berdaya guna pada jumlah masuk, hal ini juga didukung oleh data perkerasan.



### 2.12.3 Tipe Perkerasan Berdasar Pertimbangan Biaya (Analisis Discounted life-cycle cost)

Dalam proyek konstruksi, termasuk pembangunan jalan, terdapat keterbatasan dana yang tersedia. Dengan mempertimbangkan biaya, kita dapat mengoptimalkan penggunaan dana tersebut untuk mencapai hasil yang terbaik. Memilih tipe perkerasan yang efisien secara biaya membantu meminimalkan pengeluaran dan memastikan bahwa dana yang tersedia digunakan secara efektif.

Dalam menentukan tipe perkerasan, terdapat berbagai alternatif yang dapat dipertimbangkan. Setiap tipe perkerasan memiliki karakteristik dan biaya yang berbeda-beda. Dengan mempertimbangkan biaya, kita dapat melakukan perbandingan antara berbagai alternatif perkerasan dan memilih yang paling ekonomis dalam konteks anggaran yang ada. Berikut adalah tabel pemilihan tipe jalan perkerasan berdasarkan volume lalu lintas, umur rencana, dan kondisi fondasi jalan:

Tabel 2.38 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 dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC tebal $\geq$ 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 Soil Cement	6	1	1	-	-	-
Perkerasan tanpa penutup (Japat, jalan kerikil)	7	1	-	-	-	-

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.

Digunakan pemilihan jenis perkerasan dengan nilai ESA >30-200 dengan AC WC modifikasi atau SMA modifikasi dengan CBT (ESA pangkat 5) dan AC tebal  $\geq$  100mm dengan lapis pondasi berbutir, maka menggunakan

kontraktor besar dengan sumber daya memadai. Tingkat kesulitan 2 yaitu kontraktor besar dengan sumber daya yang memadai.

#### 2.12. 4 Segmen Tanah Dasar Dengan Daya Dukung Yang Seragam

Segmen tanah dasar yang memiliki daya dukung yang seragam memberikan stabilitas struktural yang diperlukan bagi perkerasan jalan. Jika ada perbedaan daya dukung yang signifikan antara segmen tanah dasar, hal itu dapat mengakibatkan penurunan atau pergeseran yang tidak

merata pada perkerasan jalan. Ini dapat menyebabkan retakan atau deformasi pada perkerasan, yang pada akhirnya dapat mengurangi masa pakai perkerasan dan mengganggu kenyamanan pengguna jalan. Dengan memastikan daya dukung yang seragam, kita dapat menjaga stabilitas struktural jalanan meningkatkan umur pakai perkerasan. Berikut tabel faktor penyesuaian modulus tanah dasar terhadap kondisi musim :

Tabel 2.39 Faktor Penyesuaian Modulus Tanah Dasar Terhadap Kondisi Musim

Musim	Faktor penyesuaian minimum nilai CBR berdasarkan pengujian DCP
Musim hujan dan tanah jenuh	0.90
Masa transisi	0.80
Musim kemarau	0.70

Nilai CBR desain = (CBR hasil pengujian DCP) x faktor penyesuaian.

$$\text{CBR karakteristik} = \text{CBR rata-rata} - f \times \text{deviasi standar} \quad (6.1)$$

- $f = 1,645$  (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.

$$\begin{aligned} \text{CBR Karakteristik} &= \text{CBR}_{\text{Rata-Rata}} - f \times \text{Deviasi Standar} \\ &= 4 - 1,282 \times 0,90 \\ &= 2,8462 \end{aligned}$$

Berdasarkan data CBR daya dukung tanah ini koefisien variasi maksimum suatu segmen tidak melebihi 25% dengan pertimbangan faktor penyesuaian modulus tanah dasar dengan musim hujan dan tanah jenuh sesuai dengan table yang tertera.

Tabel 2.40 California Bearing Ratio

	Stasiun n	Stasiun n	Stasiun n	Stasiun n	Stasiun n	Stasiun n	Stasiun n	Stasiun n	Stasiun n	Stasiun n
	0+000- 0+700	0+750- 1+450	1+450- 2+150	2+200- 2+850	2+883- 3+250	3+300- 4+000	4+000- 4+600	4+625- 5+100	5+150- 5+850	5+850- 6+642
95% MDD (gr/cm <sup>3</sup> )	1.540	1.630	1.650	1.680	1.710	1.760	1.650	1.640	1.650	1.540
CBR Value (%)	5.160	7.400	8.160	8.750	9.320	10.290	8.160	7.780	8.160	5.160

Tabel 2.41 CBR Rata-rata beserta gambar rumus hitungan

CBR Rata-Rata	7,834
Jumlah CBR	78,340
SD	1,629
CBR Desain	6,205
CBR Karakteristik	6,680

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.

SD = Standar Deviasi = simpangan baku

$$SD = \sqrt{\frac{n \left( \sum_{i=1}^n CBR^2 \right) - \left( \sum_{i=1}^n CBR \right)^2}{n(n-1)}}$$

$$CBR \text{ desain} = CBR \text{ rata-rata} - (1 \times SD)$$

Keterangan :

CBR desain = nilai CBR rencana yang dicari

CBR rata-rata = nilai CBR rata-rata yang diperoleh dari data yang ada

$$= \frac{\sum_{i=1}^n CBR}{n}, n = \text{jumlah data}$$

### 2.12. 5 Struktur Fondasi Perkerasan

Fondasi perkerasan yang baik membantu menjaga stabilitas keseluruhan jalan. Tanah dasar mungkin memiliki karakteristik yang tidak cukup stabil untuk menopang perkerasan jalan secara langsung. Oleh karena itu, dengan menentukan struktur fondasi yang memadai, kita dapat menciptakan lapisan yang lebih stabil di bawah perkerasan untuk mencegah penurunan atau pergeseran yang berlebihan.

Dengan menentukan struktur fondasi perkerasan yang tepat, kita dapat meningkatkan umur pakai perkerasan jalan. Fondasi yang kokoh dan stabil membantu mengurangi kerusakan atau deformasi yang disebabkan oleh beban kendaraan dan kondisi lingkungan. Dengan demikian, perkerasan jalan dapat bertahan lebih lama tanpa memerlukan perbaikan atau penggantian yang sering. Di bawah ini adalah tabel struktur dan bagan fondasi jalan minimum :

Tabel 2.42 Struktur Fondasi Perkerasan Jalan

CBR TANAH DASAR	4,5
KELAS Kekuatan Tanah Dasar	SG5
Perkerasan Lentur	100
Perkerasan Kaku	300

Tabel 2.43 Bagan 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 <sup>(6)</sup>
			< 2	2 - 4	> 4	
			Tebal minimum perbaikan tanah dasar			
≥ 6	SG6	Perbaiki tanah dasar dapat berupa stabilisasi semen atau material timbunan pilihan (sesuai persyaratan Spesifikasi Umum, Devisi 3 – Pekerjaan Tanah) (pemadatan lapisan ≤ 200 mm 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 di atas tanah lunak <sup>(2)</sup>	SG1 <sup>(3)</sup>	Lapis penopang <sup>(4)(5)</sup>	1000	1100	1200	
		-atau- lapis penopang dan geogrid <sup>(4)(5)</sup>	650	750	850	
Tanah gambut dengan HRS atau DBST untuk perkerasan untuk jalan raya minor (nilai minimum – ketentuan lain berlaku)		Lapis penopang berbutir <sup>(4)(5)</sup>	1000	1250	1500	

(1) Desain harus mempertimbangkan semua hal yang kritis; syarat tambahan mungkin berlaku.

(2) Ditandai dengan kepadatan dan CBR lapangan yang rendah.

(3) Menggunakan nilai CBR insitu, karena nilai CBR rendaman tidak relevan.

(4) Permukaan lapis penopang di atas tanah SG1 dan gambut diasumsikan mempunyai daya dukung setara nilai CBR 2.5%, dengan demikian ketentuan perbaikan tanah SG2.5 berlaku. Contoh: untuk lalu lintas rencana > 4 jt ESA, tanah SG1 memerlukan lapis penopang setebal 1200 mm untuk mencapai daya dukung setara SG2.5 dan selanjutnya perlu ditambah lagi setebal 350 mm untuk meningkatkan menjadi setara SG6.

(5) Tebal lapis penopang dapat dikurangi 300 mm jika tanah asal dipadatkan pada kondisi kering.

(6) Untuk perkerasan kaku, material perbaikan tanah dasar berbutir halus (klasifikasi A4 sampai dengan A6) harus berupa stabilisasi semen.

### 2.12.6 Struktur Perkerasan Yang Memenuhi Syarat dari Bagan Desain-3

Berikut adalah hasil dari perhitungan struktur jadi bagan desain.

Tabel 2.44 Bagan Desain-3 F2 (dengan CTB)

Struktur Perkerasan Jadi Bagan Desain	18122388.43
---------------------------------------	-------------

Lapisan	Tebal (mm)
AC WC	40
AC BC	60
AC Base	75
Fondasi Agregat A	150
CTB	150

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

Pada bagan desain 3 menggunakan data dari F5 sebagai peninjauan CBT yang ekonomis untuk jalan dengan beban lalu lintas. Nilai repetisi sumbu kumulatif 40 tahun maka digunakan > 200-500 mm.

Tabel 2.45 Bagan Desain-3A Desain Perkerasan Lentur dengan HRS

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

Pada bagan desain 3A menjadi alternatif untuk daerah yang Hot Rolled Sheed (HRS) menunjukkan riwayat kinerja yang baik dan daerah yang dapat menyediakan material yang sesuai (gap graded mix).

Tabel 2.46 Bagan Desain-3B Desain Perkerasan Lentur-Aspal dengan Lapis Fondasi Berbutir

(Sebagai Alternatif dari Bagan Desain- 3 dan 3A)

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

Tabel 2.47 Bagan Desain-3B (dengan Fondasi Agregat)

Lapisan	Tebal (mm)
AC WC	40
AC BC	60
AC Base	145
LPA KELAS A	300

Pada bagan desain 3B ditemukan bahwa nilai kumulatif bban sumbu ESA5 100-200mm dengan struktur perkerasan FFF9 merupakan kondisi perkerasan kaku dan CBT bisa menjadi tidak praktis. Maka untuk perkerasan lentur dianjurkan menggunakan desain bagan 3 dan 3A. Dimana :

AC WC = Campuran beraspal hangat (Laston) Lapis Aus  
 AC BC = Campuran beraspal hangat (Laston) Lapis Antara

AC Base = Campuran beraspal hangat (Laston) Lapisan Pondasi

### 2.13.7 Standar Drainase Bawah Permukaan Yang Dibutuhkan

Drainase merupakan prasarana yang berfungsi mengalirkan air dari permukaan perkerasan ke saluran samping jalan dan selanjutnya ke bangunan resapan buatan atau badan air. Drainase yang efektif juga membantu mempertahankan kekuatan tanah dasar. Jika air terperangkap di bawah perkerasan, tekanan air yang meningkat dapat mengurangi daya dukung dan stabilitas tanah.

Dalam jangka panjang, ini dapat menyebabkan penurunan dan pergeseran pada tanah dasar, yang berdampak negatif pada keseluruhan struktur jalan. Dengan memenuhi standar drainase bawah permukaan, kita dapat menjaga kekuatan tanah dasar yang optimal dan menghindari masalah yang mungkin timbul.

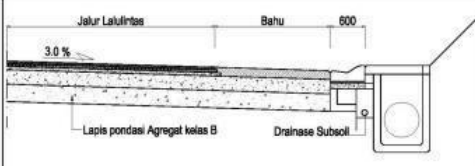
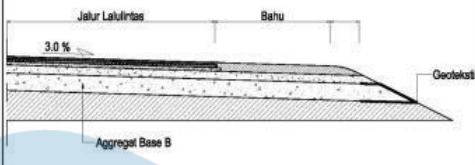
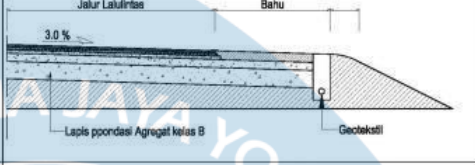


Tabel 2.48 Tinggi Minimum Tanah Dasar diatas Muka Air Tanah dan Muka Air Banjir

Kelas Jalan (berdasarkan spesifikasi penyediaan prasarana jalan)	Tinggi tanah dasar diatas muka air tanah (mm)	Tinggi tanah dasar diatas muka air banjir (mm)
Jalan Bebas Hambatan	1200 (jika ada drainase bawah permukaan di median)	500 (banjir 50 tahunan)
	1700 (tanpa drainase bawah permukaan di median)	
Jalan Raya	1200 (tanah lunak jenuh atau gambut tanpa lapis drainase) 800 (tanah lunak jenuh atau gambut dengan lapis drainase) 600 (tanah dasar normal)	500 (banjir 50 tahunan)
Jalan Sedang	600	500 (banjir 10 tahunan)
Jalan Kecil	400	NA

Apabila timbunan terletak di atas tanah jenuh air sedangkan ketentuan tersebut di atas tidak dapat dipenuhi maka harus disediakan lapis drainase (drainage blanket layer). Lapisan tersebut berfungsi untuk mencegah terjadinya perembesan material halus tanah lunak ke dalam lapis fondasi (subbase). Kontribusi daya dukung lapis drainase terhadap daya dukung struktur perkerasan tidak diperhitungkan.

Tabel 2.49 Koefisien Drainase 'm' untuk Tebal Lapis Berbutir



Kondisi lapangan (digunakan untuk pemilihan nilai m yang sesuai)	nilai 'm' untuk design	Detail Tipikal
1. Galian dengan drainase bawah permukaan yang ideal (outlet drainase bawah permukaan selalu di atas muka air banjir)	1.0	
2. Timbunan dengan lapis pondasi bawah menerus sampai bahu jalan (day-lighting) (tidak terkena banjir)	1.0	
3. Timbunan dengan tepi permeabilitas rendah dan lapis pondasi bawah berbentuk kotak.	1.0	
4. Galian pada permukaan tanah atau timbunan tanpa drainase bawah permukaan dan permeabilitas rendah pada pada pinggir > 500 mm. Gunakan 0,9 jika ≤ 500 mm	0.7	
5. Tanah dasar jenuh air secara permanen selama musim hujan dan tidak teralirakan. Tidak ada sistim outlet. Kententuan lapisan penopang (capping layer) dapat digunakan.	0.4	

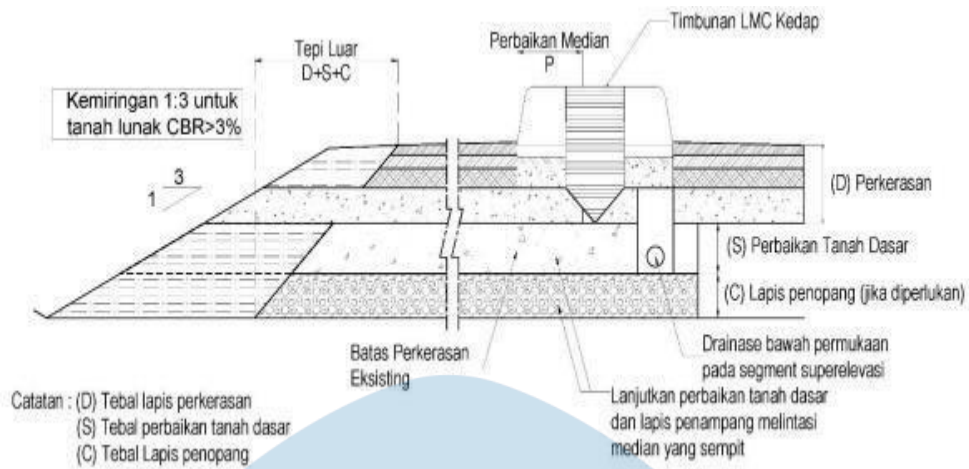
Sumber : RTA

### 2.13.8 Kebutuhan Daya Dukung Tepi Perkerasan

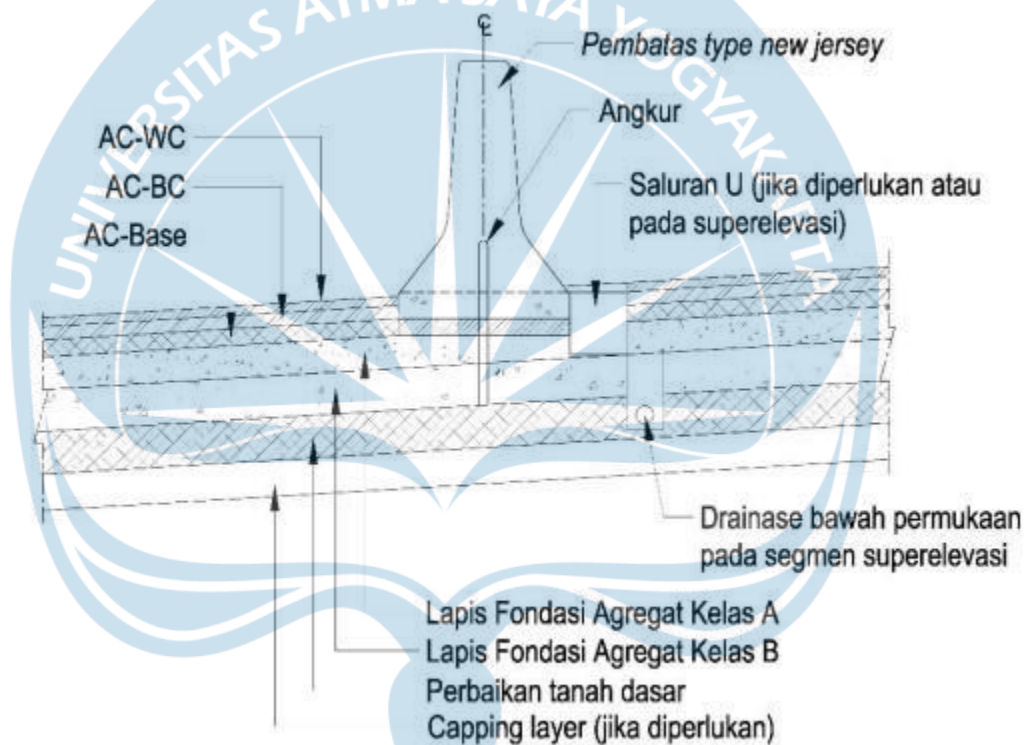
Struktur perkerasan memerlukan daya dukung tepi yang cukup, terutama bila terletak pada tanah lunak atau tanah gambut. Ketentuan daya dukung tepi harus dinyatakan secara detil dalam gambar-gambar kontrak (drawings). Ketentuan minimum adalah:

1. Setiap lapis pekerasan harus dipasang sampai lebar yang sama atau lebih dari nilai minimum yang dinyatakan pada Gambar Dukungan Tepi Perkerasan.

2. Timbunan tanpa penahan pada tanah lunak ( $CBR < 2.5\%$ ) atau tanah gambut harus dipasang pada kemiringan tidak lebih curam dari 1V : 3H.



Gambar 2.30 Dukungan tepi perkerasan



Gambar 2.31 Dukungan median perkerasan

### 2.13.9 Tentukan kebutuhan pelapisan (Sealing) bahu jalan

Lapis permukaan harus berupa lapis fondasi agregat kelas S, atau kerikil alam yang memenuhi ketentuan dengan Indeks Plastisitas (IP) antara 4% - 12%. Tebal lapis permukaan bahu LFA kelas S sama dengan tebal lapis beraspal tapi tidak lebih tebal dari 200 mm. Jika tebal lapis beraspal kurang dari 125 mm maka tebal minimum LFA kelas S 5 mm.

Bahu Diperkeras Bahu diperkeras untuk kebutuhan berikut:

- Jika terdapat kerb (bahu harus ditutup sampai dengan garis kerb).
- Gradien jalan lebih dari 4%.

- c. Sisi yang lebih tinggi dari kurva superelevasi (superelevasi  $\geq 0\%$ ). Dalam kasus ini, bahu padasisi superelevasi yang lebih tinggi harus sama dengan superelevasi badan jalan.
- d. Jalan dengan LHRT lebih dari 10.000 kendaraan.
- e. Jalan tol dan jalan bebas hambatan. Material bahu diperkeras dapat berupa:
  - a. Penetrasi makadam;
  - b. Burtu / Burda;
  - c. Beton aspal (AC);
  - d. Beton semen;
  - e. Kombinasi bahu beton 500 mm – 600 mm atau pelat beton dengan tied shoulder, atau bahudengan aspal.

