



TUGAS AKHIR

**PERENCANAAN GEOMETRIK DAN PERKERASAN LENTUR PADA
PROYEK PEMBANGUNAN JALAN BARU LOT 5 JERUKWUDEL-BARAN-
DUWET YOGYAKARTA STA 1+350 SAMPAI STA 2+500**

Oleh :

Rizki Desi Romadhoni

40030118060038

Disusun sebagai

Salah satu syarat dalam menyelesaikan studi pada Program Studi Diploma III
Teknik Sipil Universitas Diponegoro

PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK SIPIL

SEKOLAH VOKASI

UNIVERSITAS DIPONEGORO

SEMARANG

2021

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	2
DAFTAR GAMBAR	5
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Maksud dan Tujuan	2
1.3 Rumusan Masalah.....	3
1.4 Sistematika Penulisan	4
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Uraian Umum.....	5
2.2 Klasifikasi Jalan	5
2.2.1 Klasifikasi Menurut Fungsi Jalan (Bina Marga, 1997).....	5
2.2.2 Klasifikasi Menurut Medan Jalan (Bina Marga, 1997)	6
2.3 Bagian-Bagian Jalan (DAMAJA) (Bina Marga, 1997)	6
2.4 Parameter Perencanaan Geometrik Jalan Raya.....	7
2.4.1 Kecepatan Rencana	7
2.4.2 Jarak Pandang (Bina Marga, 1997).....	8
2.4.3 Daerah Bebas Sampung di Tikungan (Bina Marga, 1997)	12
2.4.4 Pelebaran Pada Tikungan (Bina Marga, 1997)	14
2.4.5 Kontrol <i>Overlapping</i> (Bina Marga, 1997).....	15
2.4.6 Perhitungan <i>Stationing</i> (Bina Marga, 1997)	17
2.5 Alinyemen Horizontal (Bina Marga, 1997).....	18
2.5.1 Ketentuan Panjang Bagian Lurus (Bina Marga, 1997).....	19
2.5.2 Ketentuan Tikungan (Bina Marga, 1997)	19
2.5.3 Diagram Superelevasi (Bina Marga, 1997).....	25
2.6 Alinyemen Vertikal	29
2.6.1 Lengkung Vertikal Cembung (Bina Marga, 1997).....	30
2.6.2 Lengkung Vertikal Cekung (Bina Marga, 1997)	31
2.6.3 Perencanaan Perkerasan Lentur (Departemen PU, 1987)	32

BAB III	47
METODE PENELITIAN.....	47
3.1 Diagram Alir.....	47
3.2 Metode Penyusunan Analisa.....	48
3.3 Sumber Data	48
3.4 Studi Literatur.....	49
3.5 Pengolahan Data	49
BAB IV	50
PERHITUNGAN DAN ANALISA	50
4.1 Perhitungan Awal	50
4.1.1 Penentuan Koordinat	50
4.1.2 Perhitungan Jarak Lurus (d)	51
4.1.3 Perhitungan Sudut Azimuth	52
4.1.4 Perhitungan Sudut Tikungan.....	53
4.2 Perhitungan Alinyemen Horizontal	55
4.2.1 Tikungan PI 1	56
4.2.2 Tikungan PI 2	59
4.2.3 Tikungan PI 3	63
4.2.4 Perhitungan <i>Stationing</i>	67
4.3 Perhitungan Alinyemen Vertikal	69
4.3.1 Perhitungan Kelandaian Memanjang	70
4.3.2 Perhitungan Lengkung Cembung.....	71
2.3.3 Perhitungan Lengkung Cekung.....	74
2.3.4 <i>Stationing</i> Alinyemen Vertikal.....	78
2.4 Perhitungan Tebal Perkerasan Lentur.....	78
4.4.1 Data Umum.....	78
4.4.2 Perhitungan Lalu Lintas Harian Rata-Rata	79
2.4.3 Perhitungan LEP, LEA, LET, LER.....	81
2.4.4 Menentukan Daya Dukung Tanag Dasar (DDT), Faktor Regional (FR), Indeks Permukaan Akhir (IPt), dan Indeks Tebal Perkerasan (ITP) 83	
2.4.5 Perhitungan Tebal Perkerasan.....	87
BAB V	89

PENUTUP.....	89
5.1 Kesimpulan	89
5.2 Saran	89
DAFTAR PUSTAKA	91

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Daerah Bebas Samping ($J_h < L_t$).....	12
Gambar 2. 2 Daerah Bebas Samping ($J_h > L_t$).....	13
Gambar 2. 3 Pelebaran Pada Tikungan	14
Gambar 2. 4 Kontrol Over Lapping	16
Gambar 2. 5 Stationing.....	17
Gambar 2. 6 Lengkung Full Circle.....	21
Gambar 2. 7 Lengkung Spiral-Circle-Spiral (S-C-S).....	23
Gambar 2. 8 Lengkung Spiral-Spiral	25
Gambar 2. 9 Superelevasi.....	26
Gambar 2. 10 Diagram Superelevasi Full-Circle	27
Gambar 2. 11 Diagram Superelevasi S-C-S	28
Gambar 2. 12 Diagram Superelevasi Spiral-Spiral	29
Gambar 2. 13 Lengkung Vertikal Cembung	31
Gambar 2. 14 Lengkung Vertikal Cekung	32
Gambar 2. 15 Lapis Perkerasan Lentur	35
Gambar 2. 16 Nomogram DDT dan CBR.....	39
Gambar 4. 1 Situasi Trase Jalan.....	50
Gambar 4. 2 Potongan Memanjang Alinyemen Vertikal	69
Gambar 4. 3 Nomogram DDT dan CBR.....	83
Gambar 4. 4 Nomogram 4 untuk $IP_t = 2$ dan $IP_o = 3,9 - 3,5$	86

DAFTAR BAGAN

Bagan 3. 1 Alur perencanaan	47
Bagan 4. 1 Alur Pemilihan Jenis Tikungan.....	56

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan ekonomi wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta yang semakin tinggi harus dibersamai dengan ketersediaan akses penunjang yang memadai. Untuk itu, Pemerintah membuat program Proyek Pembangunan Jalan Baru LOT 5 Jerukwudel-Baran-Duwet yang terletak di Kabupaten Gunung Kidul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Proyek ini, memiliki total panjang efektif 10,6 km.

Proyek Pembangunan Jalan Baru LOT 5 Jerukwudel-Baran-Duwet merupakan Proyek Strategis Nasional (PSN) yang berada di Kecamatan Girisubo, Kabupaten Gunung Kidul, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Proyek ini akan mendukung percepatan pembangunan di Wilayah Kabupaten Gunung Kidul, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Serta memperlancar distribusi barang dan jasa di kawasan potensial Daerah Istimewa Yogyakarta sebagai Pusat Kawasan Strategis Nasional (PKSN) dan Wilayah Pengembangan Strategis (WPS). Proyek ini dibiayai oleh *Islamic Development Bank LOAN Financing* No. IDN-1012.

Jalan menurut UU RI no.38 tahun 2004 adalah suatu prasarana transportasi yang meliputi segala bagian jalan termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas. Jalan dikatakan baik jika direncanakan sedemikian rupa sehingga unsur keselamatan dan kenyamanan

pemakai jalan dapat terjamin dengan baik. Setiap daerah memiliki kondisi wilayah dan karakteristik masing-masing yang dapat membedakan kebutuhan pembangunan jalan antara daerah yang satu dengan yang lain. Oleh sebab itu, setiap akan melakukan pembangunan jalan diperlukan terlebih dahulu studi yang berkaitan dengan rencana pembangunan jalan serta memperhatikan dasar-dasar pertimbangan yang mempengaruhi perencanaan jalan agar dapat mengantisipasi dampak yang timbul akibat adanya pembangunan jalan. Hal ini yang melandasi penulis membuat judul **“Perencanaan Geometrik dan Perkerasan Lentur Proyek Pembangunan Jalan Baru LOT 5 JERUKWUDEL-BARAN-DUWET Daerah Istimewa Yogyakarta STA 1+350 – STA 2+500.”**

1.2 Maksud dan Tujuan

Maksud penulisan tugas akhir ini adalah untuk menganalisa ulang perencanaan geometrik dan tebal perkerasan pada proyek Pembangunan Jalan Baru LOT 5 JERUKWUDEL-BARAN-DUWET. Kemudian diharapkan mahasiswa mampu merangkum dan mengaplikasikan semua pengalaman pendidikan untuk memecahkan masalah dalam bidang studi yang ditempuh secara sistematis, logis, kritis, dan kreatif, berdasarkan data yang akurat dan didukung dengan analitis yang tepat, dan menuangkannya dalam bentuk penulisan karya ilmiah.

Adapun tujuan penulisan Tugas Akhir ini adalah :

1. Meninjau ulang perencanaan alinyemen horizontal pada proyek Pembangunan Jalan Baru LOT 5 Jerukwudel-Baran-Duwet.

2. Meninjau ulang perencanaan alinyemen vertical pada proyek Pembangunan Jalan Baru LOT 5 Jerukwudel-Baran-Duwet.
3. Meninjau ulang perencanaan tebal perkerasan pada proyek Pembangunan Jalan Baru LOT 5 Jerukwudel-Baran-Duwet.

1.3 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam Tugas Akhir ini meliputi perencanaan ulang *Main Road* STA 1+350 sampai STA 2+500 pada Proyek Pembangunan Jalan Baru LOT 5 Jerukwudel-Baran-Duwet yaitu:

1. Bagaimana cara menghitung perencanaan Geometrik dan Tebal Perkerasan?
2. Jenis tikungan apa saja yang digunakan dalam proyek tersebut?
3. Jenis lengkung vertikal apa saja yang digunakan dalam proyek tersebut?
4. Berapa ketebalan material untuk jenis perkerasan tersebut?

1. Metode *Interview* (Wawancara Langsung)

Digunakan untuk mendapatkan rujukan yang sekiranya tidak terdapat dalam data.

2. Metode Bimbingan

Dilakukan dengan pembimbing mengenai masalah yang dibahas untuk mendapatkan petunjuk dalam pembuatan Tugas Akhir.

3. Analisa Data

Dilakukan menggunakan data yang dikumpulkan dan didapat dari lapangan.

1.4 Sistematika Penulisan

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis membagi menjadi 5 BAB, dengan sistematika penulisan sebagai berikut;

BAB I PENDAHULUAN

Meliputi latar belakang, maksud dan tujuan, rumusan masalah, metode penyusunan dan analisa data, serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Meliputi landasan teori yang menjadi dasar analisa dan perhitungan pada penulisan.

BAB III METODE PENULISAN

Meliputi subjek dan objek perhitungan, metode pengumpulan data, dan pengolahan data.

BAB IV PERHITUNGAN DAN ANALISA

Meliputi analisa dan perhitungan data-data yang terkumpul.

BAB V PENUTUP

Meliputi kesimpulan dan saran berdasarkan pembahasan yang telah dilakukan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Uraian Umum

Perencanaan geometrik secara umum terdiri dari atas dua bagian yaitu alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal, dimana menyangkut aspek-aspek perencanaan elemen jalan, tikungan, kelandaian jalan, dan jarak pandang serta kombinasi dari bagian-bagian tersebut, baik untuk suatu ruas jalan, maupun untuk perlintasan diantara dua atau lebih ruas-ruas jalan.

2.2 Klasifikasi Jalan

2.2.1 Klasifikasi Menurut Fungsi Jalan (Bina Marga, 1997)

Menurut fungsi jalan, terdiri atas :

1. Jalan Arteri : yaitu jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.
2. Jalan Kolektor : yaitu jalan yang melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.
3. Jalan Lokal : yaitu jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

2.2.2 Klasifikasi Menurut Medan Jalan (Bina Marga, 1997)

Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur. Klasifikasi menurut medan jalan untuk perencanaan geometrik dapat dilihat dalam table berikut :

Tabel 2. 1 Ketentuan Klasifikasi Fungsi, Kelas Beban, Medan

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

Sumber : Bina Marga, 1997

Keterangan : Datar (D), Perbukitan (B), dan Pegunungan (G)

2.3 Bagian-Bagian Jalan (DAMAJA) (Bina Marga, 1997)

1. Daerah Manfaat Jalan
 - a. Lebar antara batas ambang pengaman konstruksi jalan di kedua sisi jalan.
 - b. Tinggi 5 meter di atas permukaan perkerasan pada sumbu jalan.
 - c. Kedalaman ruang bebas 1,5 m di bawah muka jalan.

2. Daerah Milik Jalan (DAMIJA)

Ruang daerah milik jalan (DAMIJA) dibatasi oleh lebar yang sama dengan DAMAJA ditambah ambang pengaman konstruksi jalan dengan tinggi 5 m dan kedalaman 1,5 m.

3. Daerah Pengawasan Jalan (DAWASA)

Ruang sepanjang jalan di luar DAMIJA yang dibatasi oleh tinggi dan lebar tertentu, diukur dari sumbu sesuai dengan fungsi jalan :

- a. Jalan Arteri minimum 20 meter.
- b. Jalan Kolektor minimum 15 meter.
- c. Jalan Lokal minimum 10 meter.

2.4 Parameter Perencanaan Geometrik Jalan Raya

2.4.1 Kecepatan Rencana

Besarnya kecepatan rencana tergantung pada kelas jalan dan kondisi medan sebagaimana ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 2. 2 Kecepatan Rencana (V_r)

Fungsi	Kecepatan Rencana, V_r , km/jam		
	Datar	Bukit	Pegunungan
Arteri	70-120	60-80	40-70
Kolektor	60-90	50-60	30-50
Lokal	40-70	30-50	20-30

Sumber : Bina Marga, 1997

Tabel 2. 3 Kecepatan Rencana Jalan Perkotaan

Fungsi Jalan	Kecepatan Rencana, Vr (km/jam)
Arteri Primer	50 – 100
Kolektor Primer	40 – 80
Arteri Sekunder	50 – 80
Kolektor Sekunder	30 – 50
Lokal Sekunder	30 – 50

Sumber : RSNI T-14-2004

2.4.2 Jarak Pandang (Bina Marga, 1997)

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

Menurut Bina Marga jarak pandang terdiri dari sebagai berikut :

A. Jarak Pandang Henti (Jh)

Adalah jarak minimum yang diperlukan oleh pengemudi untuk menghentikan kendaraannya dengan aman, begitu melihat adanya halangan di depan. Jalan harus direncanakan sehingga dapat memberikan jarak pandang yang paling besar atau paling sedikit sama dengan jarak pandangan henti minimum tersebut. Jh diukur berdasarkan asumsi : tinggi mata pengemudi 105 cm dan tinggi

halangan 15 cm yang diukur dari permukaan jalan. Jh terdiri atas 2 (dua) elemen jarak, yaitu :

a. Jarak Tanggap (Jht)

Adalah jarak yang ditempuh oleh kendaraan sejak pengemudi melihat suatu halangan yang menyebabkannya harus berhenti sampai saat pengemudi menginjak rem.

b. Jarak Pengereman (Jhr)

Adalah jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan sejak pengemudi menginjak rem sampai kendaraan berhenti.

Rumus yang digunakan untuk Jh dalam satuan meter sebagai berikut :

$$J_h = J_{ht} + J_{hr}$$

$$J_h = \frac{V_r}{3,6} \times T + \frac{\left(\frac{V_r}{3,6}\right)^2}{2 \times g \times f_p}$$

Dimana :

V_r = Kecepatan rencana (km/jam)

T = Waktu tanggap, ditetapkan 2,5 detik.

g = Percepatan gravitasi, ditetapkan 9,8 m/detik²

f_p = Koefisien gesek memanjang antara kendaraan dengan perkerasan jalan aspal, ditetapkan 0,28 – 0,45 (menurut AASHTO).

f_p akan semakin kecil jika kecepatan (V_r) semakin tinggi dan sebaliknya. (Menurut Bina Marga, $f_p = 0,35 - 0,55$).

Rumus Jh dapat disederhanakan sebagai berikut :

- Untuk jalan datar :

$$J_h = 0,278 \times V_r \times T + \frac{V_r^2}{254 \times f_p}$$

- Untuk jalan dengan kelandaian tertentu :

$$J_h = 0,278 \times V_r \times T + \frac{V_r^2}{254 \times (f_p \pm L)}$$

Dimana, L = landau jalan dalam (%) dibagi 100.

Tabel 2. 4 Jh Minimum Untuk Jalan Antar Kota

V _r (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jh min (m)	250	175	120	75	55	40	30	20

Sumber : Bina Marga, 1997

Tabel 2. 5 Jh Minimum untuk Jalan Perkotaan

V _r (km/jam)	100	80	60	50	40	30	20
Jh min (m)	165	110	75	55	40	30	20

Sumber : Bina Marga, 1997

B. Jarak Pandang Mendahului (J_d)

J_d adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului kendaraan lain di depannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali ke lajur semula. J_d diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan adalah 105 cm.

Rumus yang digunakan J_d dalam satuan meter adalah sebagai berikut:

$$J_d = d_1 + d_2 + d_3 + d_4$$

Dimana : d₁ = Jarak yang ditempuh selama waktu tanggap (m)

d₂ = Jarak yang ditempuh selama mendahului sampai dengan kembali ke lajur semula (m)

- d3 = Jarak antara kendaraan yang mendahului dengan kendaraan yang datang dari arah berlawanan setelah proses mendahului selesai (m)
- d4 = Jarak yang ditempuh oleh kendaraan yang datang dari arah berlawanan.

Rumus yang digunakan :

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

$$d_2 = 0,278 \times V_r \times T_2$$

$$d_3 = \text{antara } 30 - 100 \text{ m}$$

$$d_4 = \frac{2}{3} \times d_2$$

Tabel 2. 6 Jarak Pandang Mendahului

V _r (km/jam)	60 – 65	65 - 80	80 – 95	95 – 110
d ₃ (m)	30	55	75	90

Sumber : Bina Marga, 1997

Dimana :

$$T_1 = \text{Waktu dalam (detik), } \infty 2,12 + 0,026 \times V_r$$

$$T_2 = \text{Waktu kendaraan berada di jalur lawan, (detik) } \infty 6,56 + 0,048 \times V_r$$

$$a = \text{Percepatan rata-rata km/jam/detik, (km/jam/detik), } \infty 2,052 + 0,0036 \times V_r$$

$$m = \text{Perbedaan kecepatan dari kendaraan yang menyiap dan kendaraan yang disiap, (biasanya diambil } 10 - 15 \text{ km/jam)}$$

Tabel 2. 7 Panjang Jd Untuk Jalan Antar Kota

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

Sumber : Bina Marga, 1997

Tabel 2. 8 Panjang Jd Untuk Jalan Perkotaan

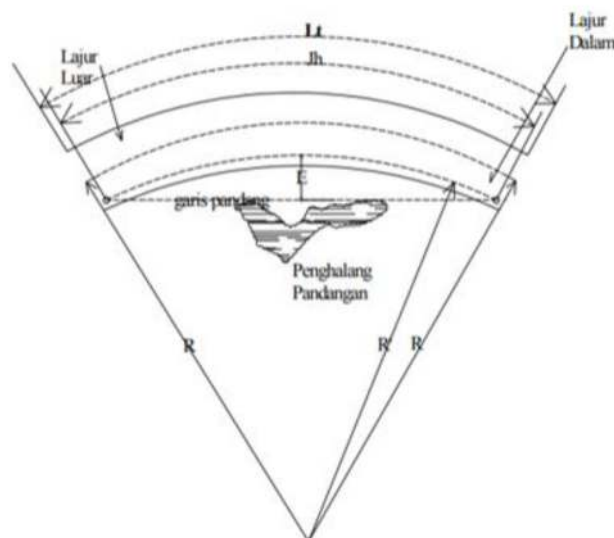
Vr (km/jam)	80	60	50	40	30	20
Jh min (m)	350	250	200	150	100	70

Sumber : Bina Marga, 1997

2.4.3 Daerah Bebas Samping di Tikungan (Bina Marga, 1997)

Jarak pandang pengemudi pada lengkung horizontal (di tikungan), adalah pandangan bebas pengemudi dari halangan benda-benda di sisi jalan. Daerah bebas samping di tikungan dihitung berdasarkan rumus-rumus sebagai berikut :

1. Jarak pandangan lebih kecil daripada panjang tikungan ($J_h < L_t$)



Gambar 2. 1 Daerah Bebas Samping ($J_h < L_t$)

Sumber : Bina Marga, 1997

Keterangan :

Jh = Jarak pandang henti (m)

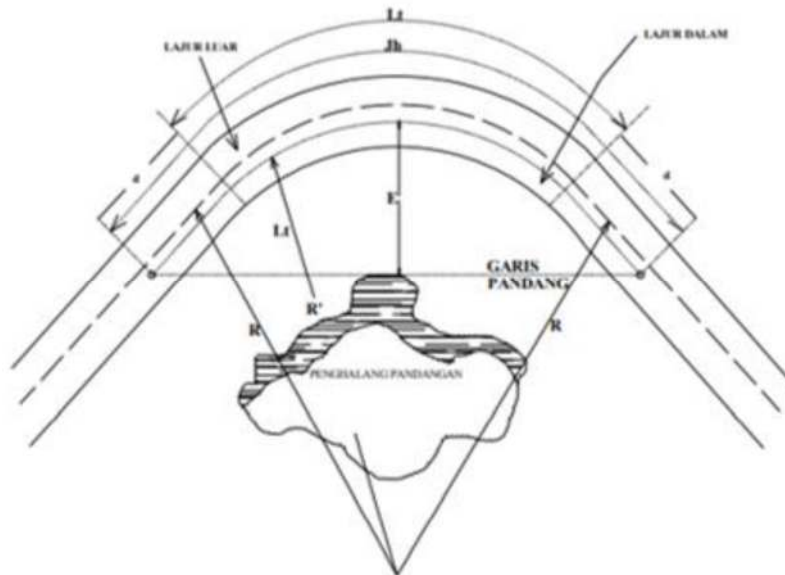
Lt = Panjang tikungan (m)

E = Daerah kebebasan samping (m)

R = Jari-jari lingkaran (m)

Maka : $E = R' \left(1 - \cos \frac{28,65 \times Jh}{R'} \right)$

2. Jarak pandangan lebih besar dari panjang tikungan ($Jh > Lt$)



Gambar 2. 2 Daerah Bebas Samping ($Jh > Lt$)

Sumber : Bina Marga. 1997

$$m = R' \left(1 - \cos \frac{28,65 \times Jh}{R'} \right) + \left(\frac{Jh - Lt}{2} \times \sin \frac{28,65 \times Jh}{R'} \right)$$

Keterangan :

Jh = Jarak pandang henti

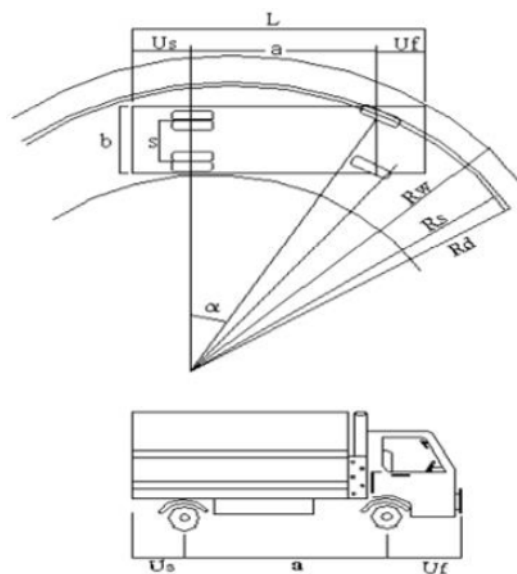
Lt = Panjang lengkung total

R = Jari-jari tikungan

R' = Jari-jari sumbu lajur

2.4.4 Pelebaran Pada Tikungan (Bina Marga, 1997)

Pada saat kendaraan melintasi tikungan roda belakang tidak dapat mengikuti jejak roda depan, lintasannya berada lebih ke dalam apabila dibandingkan dengan roda depan, sehingga akan terjadi alur lintasan yang lebih lebar, maka pada tikungan dibutuhkan pelebaran agar roda kendaraan tetap berada pada perkerasan. Besarnya nilai pelebaran atas pengelompokan jalan raya dan kendaraan, rencana yang digunakan yaitu semi *trailer* untuk jalan kelas I, truk unit tunggal untuk jalan kelas II, III, IV sedangkan kelas jalan V tidak diperlukan pelebaran. Pelebaran tikungan tergantung pada jari-jari tikungan R , sudut tikungan (Δ) dan kecepatan rencana (V_r).



Gambar 2. 3 Pelebaran Pada Tikungan

Sumber : Bina Marga, 1997

Rumus yang digunakan :

$$B = n (b' + c) + (n + 1) Td + Z$$

$$b' = b + b''$$

$$b'' = Rd^2 - \sqrt{Rd^2 + p^2}$$

$$Td = \sqrt{Rd^2 + A(2p + A)} - Rd$$

$$\varepsilon = B - W$$

Keterangan :

B = Lebar perkerasan pada tikungan

n = Jumlah jalur lalu lintas

b = Lebar lintasan truk pada jalur lurus

b' = Lebar lintasan truk pada tikungan

p = Jarak As roda depan dengan roda belakang truk

A = Tonjolan depan sampai bumper

W = Lebar perkerasan

Td = Lebar melintang akibat tonjolan depan

Z = Lebar tambahan akibat kelelahan pengemudi

c = Kebebasan samping

ε = Pelebaran perkerasan

Rd = Jari-jari rencana

2.4.5 Kontrol *Overlapping* (Bina Marga, 1997)

Pada setiap tikungan yang sudah direncanakan, maka jangan sampai terjadi *Over Lapping*. Karena kalau hal ini terjadi maka tikungan tersebut

tidak aman untuk digunakan sesuai kecepatan rencana. Syarat supaya

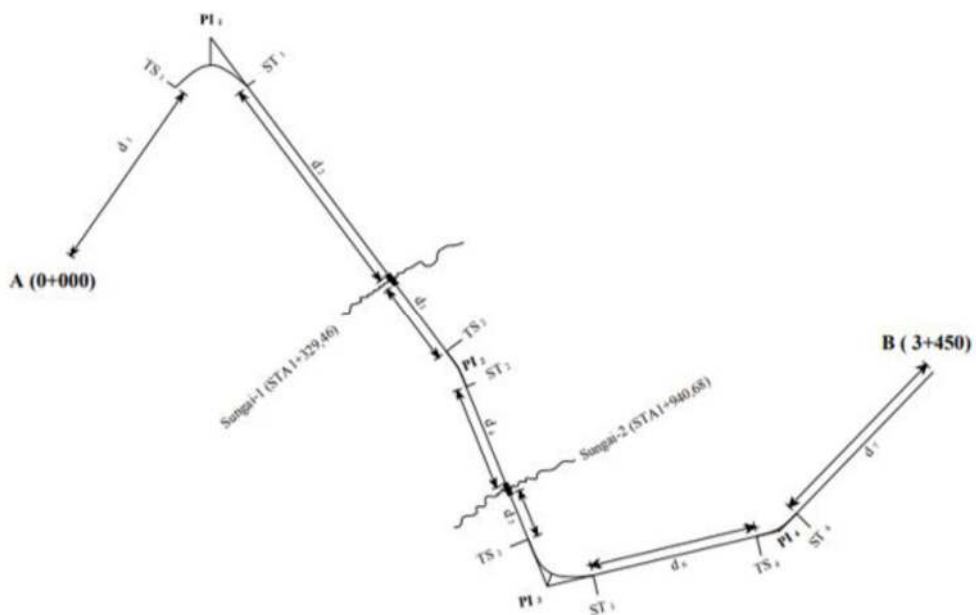
tidak terjadi *over lapping* adalah $\lambda n > 3 \text{ detik} \times V_r$

Dimana :

λn = Daerah tangen (meter)

V_r = Kecepatan rencana

Contoh :



Gambar 2. 4 Kontrol Over Lapping

Sumber : Bina Marga. 1997

$$V_r = 40 \text{ km/jam} = 11,11 \text{ m/detik}$$

Syarat over lapping $a' \geq a$,

dimana $a = 3 \times V$ detik

$$= 3 \times 11,11 = 33,33 \text{ m}$$

Bila : $d_1 = d_{A-1} - TS_1 \geq 33,33 \text{ m}$ (aman)

$d_2 = ST_1 - \text{Jembatan 1} \geq 33,33 \text{ m}$ (aman)

$d_3 = \text{Jembatan 1} - TS_2 \geq 33,33 \text{ m}$ (aman)

$$d4 = ST 2 - \text{Jembatan 2} \geq 33,33 \text{ m (aman)}$$

$$d5 = \text{Jembatan 2} - TS 3 \geq 33,33 \text{ m (aman)}$$

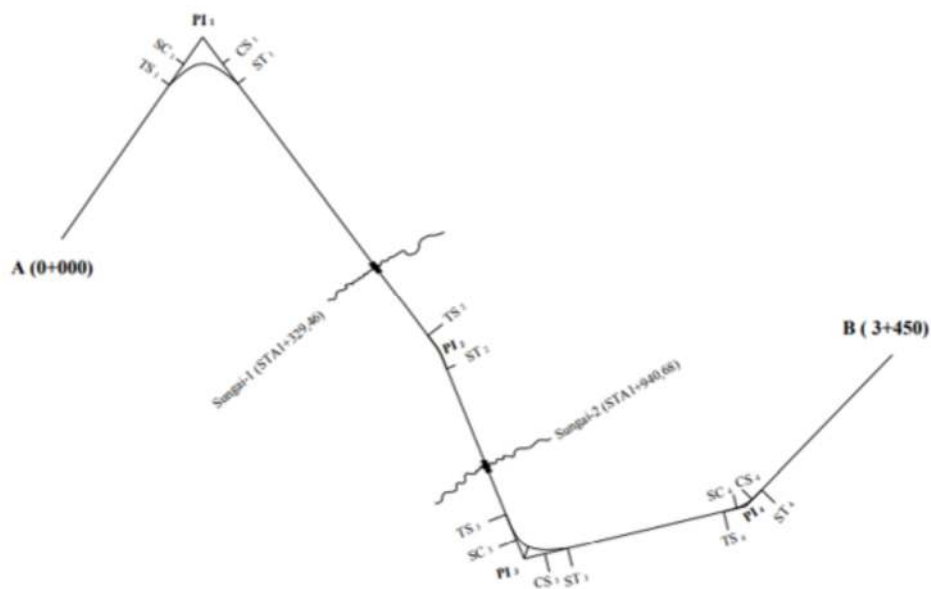
$$d6 = ST 3 - TS 4 \geq 33,33 \text{ m (aman)}$$

$$d7 = ST 4 - B \geq 33,33 \text{ m (aman)}$$

2.4.6 Perhitungan *Stationing* (Bina Marga, 1997)

Stationing adalah dimulai dari awal proyek dengan nomor station angka sebelah kiri tanda (+) menunjukkan (meter). Angka *stationing* bergerak ke kanan dari titik awal proyek menuju titik akhir proyek.

Contoh :



Gambar 2.5 *Stationing*
Sumber : Bina Marga, 1997

Contoh perhitungan *stationing* :

$$STA A = STA 1+350 \text{ m}$$

$$STA PI 1 = STA A + d A - 1$$

$$STA TS 1 = STA PI 1 - Tt 1$$

$$\begin{aligned}
\text{STA SC 1} &= \text{STA TS 1} + L_s 1 \\
\text{STA CS 1} &= \text{STA SC 1} + L_c 1 \\
\text{STA ST 1} &= \text{STA CS} + L_s 1 \\
\text{STA PI 2} &= \text{STA ST 1} + d_{1-2} - T_t 1 \\
\text{STA TS 2} &= \text{STA PI 2} - T_s 2 \\
\text{STA SS 2} &= \text{STA TS 2} + L_s 2 \\
\text{STA PI 3} &= \text{STA ST 2} + d_{2-3} - T_s 2 \\
\text{STA TS 3} &= \text{STA PI 3} - T_t 3 \\
\text{STA SC 3} &= \text{STA TS 3} + L_s 3 \\
\text{STA CS 3} &= \text{STA SC 3} + L_c 3 \\
\text{STA ST 3} &= \text{STA CS 3} + L_s 3 \\
\text{STA PI 4} &= \text{STA ST 3} + d_{3-4} - T_t 3 S \\
\text{STA TS 4} &= \text{STA PI 4} - T_t 4 \\
\text{STA SC 4} &= \text{STA TS 4} - L_s 4 \\
\text{STA CS 4} &= \text{STA SC 4} - L_c 4 \\
\text{STA ST 4} &= \text{STA CS 4} - L_s 4 \\
\text{STA B} &= \text{STA ST 4} - d_{4-B} - T_t 4
\end{aligned}$$

2.5 Alinyemen Horizontal (Bina Marga, 1997)

Pada perencanaan alinyemen horizontal akan ditemui dua bagian jalan yaitu bagian lurus dan bagian lengkung atau umum atau biasa disebut tikungan yang terdiri dari 3 jenis tikungan yang dapat digunakan yaitu :

- Lingkaran (*Full Circle* = F-C)
- Spiral – Lingkaran – Spiral (*Spiral – Circle – Spiral* = S-C-S)

- Spiral – Spiral (S-S)

2.5.1 Ketentuan Panjang Bagian Lurus (Bina Marga, 1997)

Pada berikut dicantumkan panjang maksimum bagian lurus pada alinyemen horizontal.

Tabel 2. 9 Panjang Bagian Lurus Maksimum

Fungsi	Panjang Bagian Lurus Maksimum (m)		
	Datar	Bukit	Gunung
Arteri	3000	2500	2000
Kolektor	2000	1750	1500

Sumber : Bina Marga, 1997

2.5.2 Ketentuan Tikungan (Bina Marga, 1997)

1. Jari-Jari Tikungan Maksimum (Bina Marga, 1997)

Agar kendaraan stabil saat melalui tikungan, perlu dibuat suatu kemiringan melintang jalan pada tikungan yang disebut superelevasi (e). Pada saat kendaraan melalui daerah superelevasi, akan terjadi gesekan arah melintang jalan antara ban kendaraan dengan permukaan aspal yang menimbulkan gaya gesekan melintang. Perbandingan gaya gesekan melintang dengan gaya normal disebut koefisien gesekan melintang (f).

Tabel 2. 10 Jari-Jari Minimum, untuk $e_{maks} = 6\%$

V_r								
(km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
R_{min} (m)	600	370	210	110	80	50	30	15

Sumber: Bina Marga, 1997

Tabel 2. 11 Jari-Jari Minimum (dibulatkan) untuk $e_{maks} = 10\%$

Vr (km/jam)	100	90	80	70	60	50	40	30
fmax	0,12	0,13	0,14	0,14	0,15	0,16	0,17	0,17
Rmin (m)	435	445	250	195	135	90	55	30

Sumber : Bina Marga, 1997

2. Lengkung Peralihan, L_s (*Length of Spiral*) (Bina Marga, 1997)

Bina Marga menetapkan, panjang lengkung peralihan mulai dari penampang melintang berbentuk mahkota (*crow*n) sampai dengan kemiringan sebesar superelevasi. Dengan adanya lengkung peralihan, maka tikungan menggunakan jenis S-C-S. Panjang lengkung peralihan (L_s), menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997, diambil nilai yang terbesar dari tiga persamaan di bawah ini:

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

$$L_s = \frac{vr}{3,6} \times T$$

- b. Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal, digunakan rumus Modifikasi Shortt:

$$L_s = 0,022 \times \frac{Vr^2}{Rd \times c} - 2,727 \times \frac{Vr \times ed}{c}$$

c. Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian

$$L_s = \frac{(e_{maks} - e_n)}{3,6 \times r_e} \times V_r$$

Keterangan :

T = Waktu tempuh = 3 detik

Rd = Jari-jari busur lingkaran (m)

C = Perubahan percepatan 0,3-1,0 disarankan 0,4 m/detik³

r_e = Tingkat pencapaian perubahan kelandaian melintang jalan,

sebagai berikut:

Untuk $V_r < 80$ km/jam

$r_{e\ maks}$ = 0,035 m/m/det

Untuk $V_r \geq 80$ km/jam

$r_e\ maks$ = 0,025 m/m/det

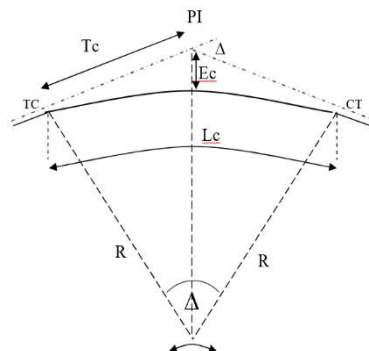
e = Superelevasi

e_{maks} = Superelevasi Maksimum

e_n = Superelevasi Normal

3. Jenis Tikungan dan Diagram Superelevasi (Bina Marga, 1997)

a. Tikungan busur lingkaran *Full Circle* (F-C)



Gambar 2. 6 Lengkung *Full Circle*
Sumber : Bina Marga, 1997

Keterangan :

Δ = Sudut Tikungan

TC = Tangen to *Circle*

CT = *Circle* to Tangen

R = Jari-jari busur lingkaran

Tc = Panjang Tangen (jarak dari TC ke PI atau PI ke TC)

Lc = Panjang Busur Lingkaran

Ec = Jarak Luar dari PI ke busur lingkaran

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

Tabel 2. 12 Jari-jari tikungan yang tidak memerlukan lengkung

Vr (km/h)	120	100	80	60	50	40	30	20
Rmin (m)	2500	1500	900	500	350	250	130	60

peralihan

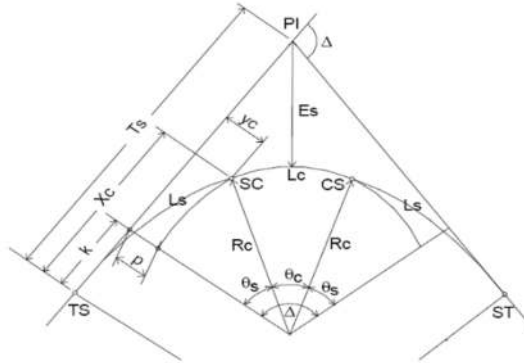
Sumber : Bina Marga, 1997

$$Tc = Rc \tan \left(\frac{1}{2}\Delta\right)$$

$$Ec = Tc \tan \left(\frac{1}{4}\Delta\right) \text{ atau } Ec = \frac{R}{\cos\left(\frac{1}{2}\Delta\right)} - R$$

$$Lc = \frac{\Delta\pi}{180^\circ} \times R$$

b. Tikungan Spiral-Circle-Spiral (S-C-S)



Gambar 2. 7 Lengkung Spiral-Circle-Spiral (S-C-S)
Sumber : Bina Marga, 1997

Keterangan gambar :

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

Y_c = Jarak tegak lurus ke titik SC pada lengkung

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

L_c = Panjang busur lingkungan (panjang dari SC ke CS)

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

TS = Titik dari tangen ke spiral

SC = Titik dari spiral ke lingkaran

E_s = Jarak dari PI ke busur lingkaran

θ_s = Sudut lengkung spiral

R_d = Jari-jari lingkaran

p = Pergeseran tangen terhadap spiral

k = Absis dari p pada garis tangen spiral

Rumus-rumus yang digunakan :

$$\theta_s = \frac{Ls \times 360}{2 \times Rd \times 2\pi}$$

$$\Delta c = \Delta PI - (2 \times \theta_s)$$

$$X_s = Ls \times \left(1 - \frac{Ls^2}{40 \times Rd^2}\right)$$

$$Y_s = \frac{Ls^2}{6 \times Rd}$$

$$P = Y_s - Rd \times (1 - \cos \theta_s)$$

$$K = X_s - Rd \times \sin \theta_s$$

$$Et = \frac{Rd + p}{\cos(\frac{1}{2}\Delta)} - Rr$$

$$Tt = (Rd + p) \times \tan(\frac{1}{2}\Delta PI) + K$$

$$Lc = \frac{\Delta c \times \pi \times Rd}{180}$$

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

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

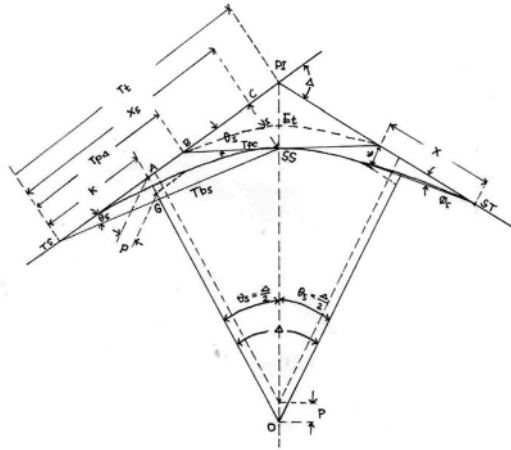
$$P = \frac{Ls^2}{24Rd} < 0,25 \text{ m}$$

Untuk $Ls = 1,0 \text{ m}$ maka $p = p'$ dan $k = k'$

Untuk $Ls = Ls$ maka $P = p' \times Ls$ dan $k = k' \times Ls$

c. Tikungan Spiral-Spiral

Tikungan yang disertai lengkung peralihan



Gambar 2. 8 Lengkung Spiral-Spiral
Sumber : Bina Marga, 1997

Untuk bentuk spiral-spiral berlaku rumus sebagai berikut:

$$L_c = 0 \text{ dan } \theta_s = \frac{1}{2}\Delta\pi$$

$$L_{tot} = 2 \times L_s$$

Untuk menentukan θ_s rumus sama dengan lengkung peralihan.

$$L_c = \frac{\Delta c \times \pi \times R d}{90}$$

P , K , T_s , dan E_s rumus sama dengan lengkung peralihan.

2.5.3 Diagram Superelevasi (Bina Marga, 1997)

Super elevasi adalah kemiringan melintang jalan pada daerah tikungan. Untuk bagian jalan lurus, jalan mempunyai kemiringan melintang yang biasa disebut lereng normal atau Normal Trawn yaitu diambil minimum 2% baik sebelah kiri maupun sebelah kanan AS jalan. Hal ini dipergunakan untuk sistem drainase aktif. Harga elevasi (e) yang menyebabkan kenaikan elevasi terhadap sumbu jalan di beri tanda positif

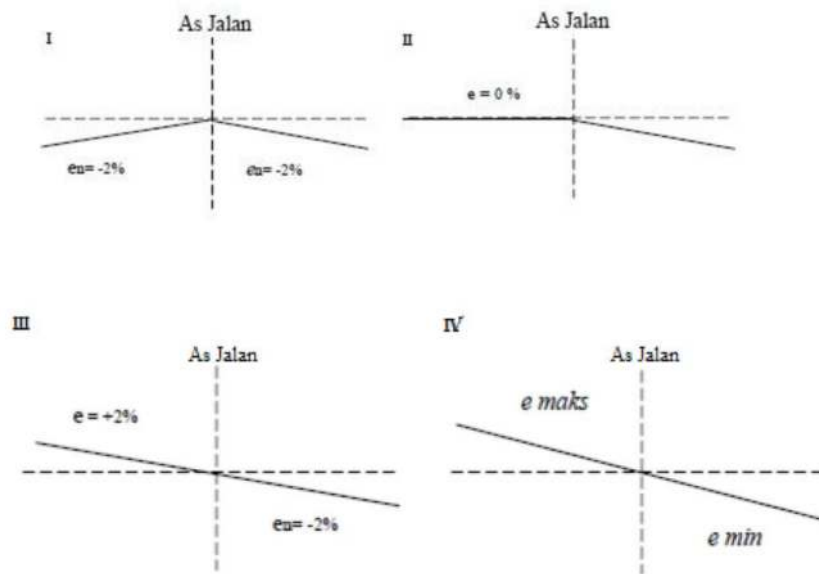
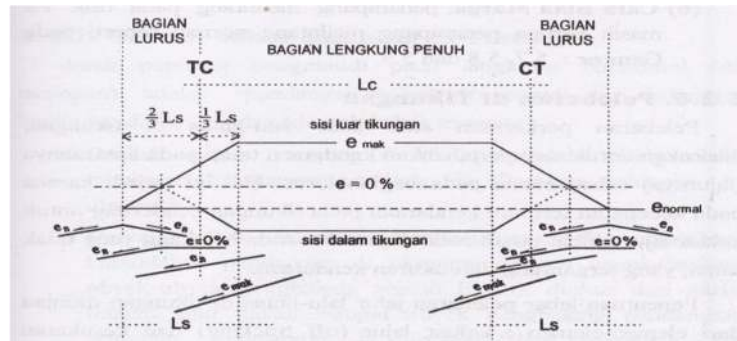
(+) dan yang menyebabkan penurunan elevasi terhadap sumbu jalan di beri tanda negatif (-).



Gambar 2. 9 Superelevasi
Sumber : Bina Marga, 1997

Sedangkam yang dimaksud diagram super elevasi adalah suatu cara untuk menggambarkan pencapaian super elevasi dan lereng normal ke kemiringan melintang (Super Elevasi). Diagram super elevasi pada ketinggian bentuknya tergantung dari bentuk lengkung yang bersangkutan.

a. Diagram Superelevasi Full-Circle (F-C)



Gambar 2. 10 Diagram Superelevasi Full-Circle
Sumber : Bina Marga, 1997

Ls pada tikungan Full-Circle ini sebagai Ls bayangan yaitu untuk perubahan kemiringan secara berangsur-angsur dari kemiringan normal ke maksimum atau minimum.

Rumus :

$$Ls = \frac{w}{2} \times m \times (e_n + e_d)$$

Keterangan : Ls = Lengkungan peralihan

W = Lebar perkerasan

e_n = Kemiringan normal

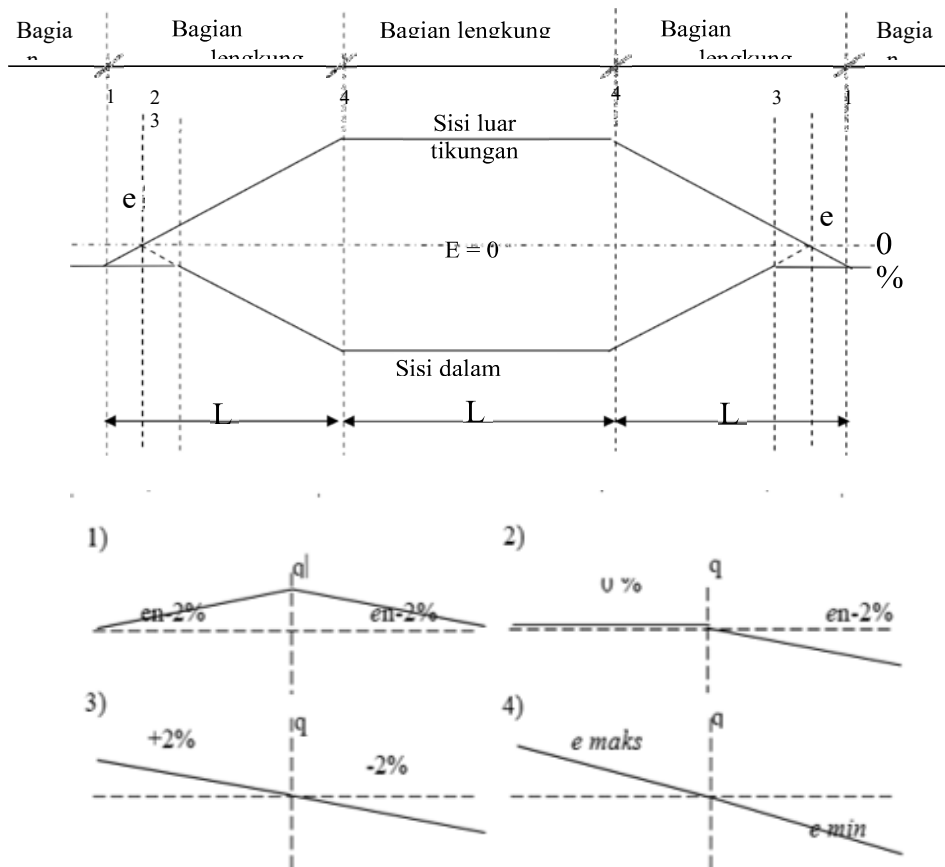
m = Jarak pandang

e_d = Kemiringan maksimum

kemiringan langsung di role, pada daerah tangen tidak mengalami kemiringan

- Jarak $\frac{TC}{CT}$ kemiringan $\frac{maks}{min} = 2/3 Ls$
- Jarak $\frac{TC}{CT}$ kemiringan awal perubahan = $1/3 Ls$

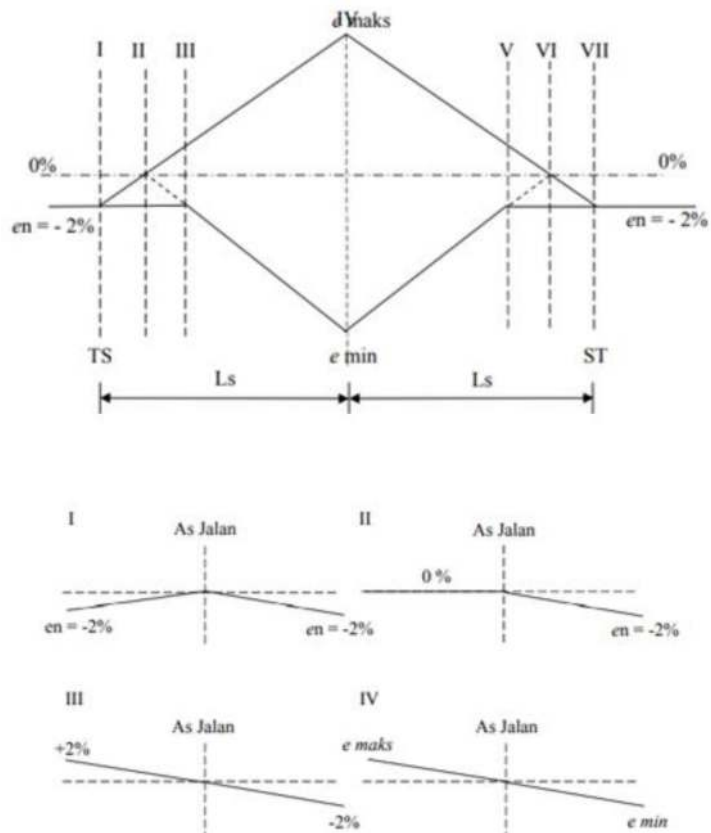
b. Diagram Superelevasi Spiral-Circle-Spiral (S-C-S)



Gambar 2. 11 Diagram Superelevasi S-C-S

Sumber : Bina Marga, 1997

c. Diagram Superelavasi Spiral-Spiral (S-S)



Gambar 2. 12 Diagram Superelevasi Spiral-Spiral
Sumber : Bina Marga, 1997

2.6 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah perencanaan elevasi sumbu jalan pada setiap titik yang ditinjau, berupa profil memanjang. Pada perencanaan alinyemen vertikal terdapat kelandaian positif (tanjakan) dan kelandaian negative (turunan), sehingga kombinasinya lengkung cembung dan lengkung cekung. Disamping kedua lengkung tersebut terdapat pula kelandaian = 0 (Datar).

Rumus-rumus yang digunakan untuk alinyemen vertikal :

$$g = \frac{\text{elevasi akhir} - \text{elevasi awal}}{\text{STA akhir} - \text{STA awal}} \times 100\%$$

$$A = g_2 - g_1$$

$$E_v = \frac{A \times L_v}{800}$$

$$y = \frac{A \times x^2}{200 \times L_v}$$

Panjang Lengkung Vertikal (PLV)

1. Berdasarkan syarat keluwesan

$$L_v = 6,0 \times V_r$$

2. Berdasarkan syarat drainase

$$L_v = 40 \times A$$

3. Berdasarkan syarat kenyamanan

$$L_v = V_r \times t$$

4. Berdasarkan syarat guncangan

$$L_v = \left(\frac{V_r^2 \times A}{360} \right)$$

Keterangan :

L_v = panjang lengkung

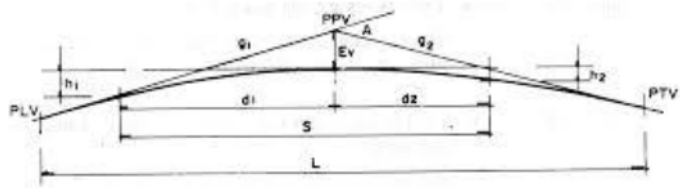
g = kelandaian

A = perbedaan kelandaian ($g_1 - g_2$) %

E_v = pergeseran vertikal titik tengah besar lengkungan (PV1 – m) meter

2.6.1 Lengkung Vertikal Cembung (Bina Marga, 1997)

Lengkung vertikal cembung adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di atas permukaan jalan.



Gambar 2. 13 Lengkung Vertikal Cembung
Sumber : Bina Marga,1997

Keterangan :

PLV = Titik awal lengkung parabola

PV1 = Titik perpotongan kelandaian g_1 dan g_2

PTV = Titik akhir lengkung parabola

g = Kelandaian

A = Perbedaan Kelandaian $(g_1 - g_2) \%$

EV = Pergeseran vertikal titik tengah besar lingkaran (PV1 –
 m) meter

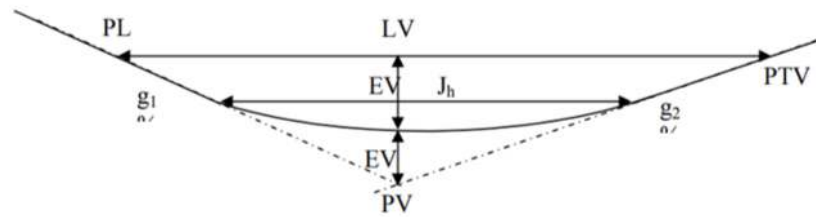
Jh = Jarak pandang

h_1 = Tinggi mata pengaruh

h_2 = Tinggi halangan

2.6.2 Lengkung Vertikal Cekung (Bina Marga, 1997)

Lengkung vertikal cekung adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di bawah permukaan jalan.



Gambar 2. 14 Lengkung Vertikal Cekung
Sumber : Bina Marga, 1997

2.6.3 Perencanaan Perkerasan Lentur (Departemen PU, 1987)

Perkerasan lentur (*flexible pavement*) atau perkerasan aspal merupakan perkerasan dengan aspal sebagai bahan pengikatnya. Menurut Sukirman (1999), perkerasan lentur tersusun dari empat lapisan utama, yaitu :

1) Lapisan Permukaan (*Surface Course*)

Lapis permukaan adalah lapisan yang bersentuhan langsung dengan beban roda lalu lintas. Lapisan permukaan ini berfungsi sebagai berikut :

- a. Lapisan yang menahan beban akibat beban roda lalu lintas.
- b. Lapisan yang langsung menahan gesekan akibat rem kendaraan (lapis aus).
- c. Sebagai lapis yang kedap air, karena air dapat merusak lapisan di bawah lapis permukaan, maka dari itu lapisan permukaan harus dibuat kedap air.
- d. Lapisan yang menyebarkan beban yang diterima langsung dari beban lalu lintas ke lapisan-lapisan di bawahnya.

2) Lapis Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapis pondasi atas adalah lapisan kedua setelah lapis permukaan. Lapisan ini berada di bawah lapis permukaan dan di atas lapis pondasi bawah (Sukirman, 1999). Kualitas material pada lapis pondasi atas ini lebih baik daripada lapis pondasi bawah. Fungsi lapis pondasi atas adalah sebagai berikut :

- a. Sebagai tempat meletakkan lapis permukaan.
- b. Lapisan yang menyebarkan gaya akibat beban lalu lintas dari lapis permukaan ke lapis pondasi bawah.
- c. Sebagai pencegah air masuk ke pondasi bawah, apabila air masuk meresap dari lapis permukaan atas dapat mengalirkan air keluar melalui retakan atau rongga dari pondasi atas ke drainase.

3) Lapis Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

Lapis pondasi bawah terletak di antara lapis pondasi atas dengan lapisan tanah dasar (Sukirman, 1999). Lapis pondasi bawah merupakan lapisan paling tebal dari lapisan lainnya. Namun, memiliki material yang kualitasnya lebih rendah daripada lapis pondasi atas, namun masih lebih tinggi dari kualitas material pada tanah dasar (Hardiyanto, 2015). Lapis pondasi bawah dipakai karena kondisi tanah dasar yang buruk kualitasnya.

Fungsi dari lapis pondasi bawah adalah sebagai berikut :

- a. Lapisan struktur perkerasan yang mendukung dan mendistribusikan beban.
- b. Lapisan yang mencegah material yang berasal dari tanah dasar masuk ke lapis pondasi atas.
- c. Untuk efisiensi material yang digunakan, karena material lapis pondasi bawah lebih murah, maka lapisan yang lain dapat dikurangi ketebalannya sebaliknya ketebalan lapis pondasi bawah yang ditambah.
- d. Sebagai penutup tanah dasar dari pengaruh cuaca sehingga tanah dasar dapat mempertahankan daya dukungnya.

Bahan yang sering digunakan untuk lapis pondasi bawah antara lain :

- Lapis aspal beton (Laston)
- Pasir dan batu (Sirtu) kelas A
- Pasir dan batu (Sirtu) kelas B
- Pasir dan batu (Sirtu) kelas C
- Tanah atau lempung kepasiran

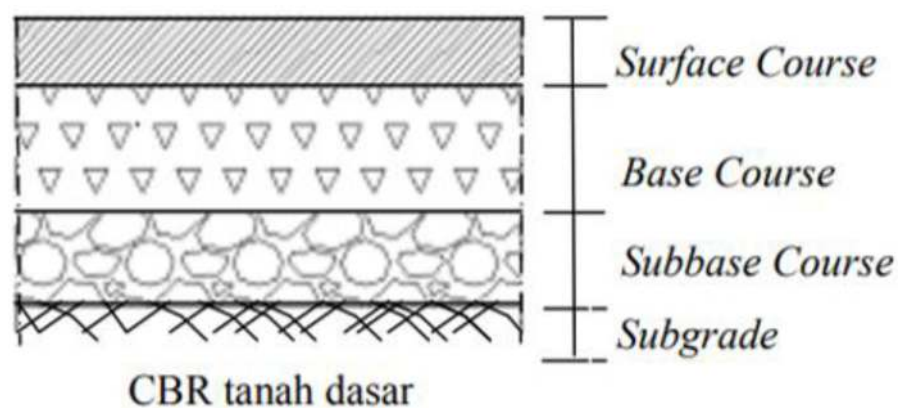
4) Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade*)

Tanah dasar merupakan lapisan paling bawah pada suatu perkerasan lentur. Tanah dasar yang digunakan dalam perkerasan dipadatkan terlebih dahulu sampai tingkat kepadatan tertentu agar mempunyai daya dukung tanah yang baik (Sukirman, 1999).

Tanpa dukungan dari tanah dasar, lapisan perkerasan akan mengalami kerusakan yang akan menimbulkan deformasi permanen, sehingga

lapisan permukaan akan bergelombang dan dapat mengalami kegagalan struktur perkerasan.

Perencanaan konstruksi lapisan perkerasan lentur disini untuk jalan baru dengan Metode Analisa Komponen, yaitu dengan metode analisa komponen SKBI – 2.3.26.1987



Gambar 2. 15 Lapis Perkerasan Lentur
Sumber : Departemen PUPR, 1997

Adapun untuk perhitungannya perlu pemahaman istilah-istilah sebagai berikut :

2.6.3.1 Lalu Lintas (Departemen Pekerjaan Umum, 1987)

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

- Lalu lintas harian rata-rata permulaan (LHRP)

$$\text{LHRp} = \text{LHRs} \times (1 + i)^n$$

- Lalu lintas harian rata-rata akhir (LHRA)

$$\text{LHRA} = \text{LHRp} \times (1 + i)^n$$

b) Rumus-rumus Lintas ekivalen

- Lintas Ekivalen Permulaan (LEP)

$$\text{LEP} = \sum_{j=1}^n \text{LHRpj} \times C \times E$$

- Lintas Ekivalen Akhir (LEA)

$$\text{LEA} = \sum_{j=1}^n \text{LHRaj} \times C \times E$$

- Lintas Ekivalen Tengah (LET)

$$\text{LET} = \frac{\text{LEP} + \text{LEA}}{2}$$

- Lintas Ekivalen Rencana (LER)

$$\text{LER} = \text{LET} \times \text{Fp}$$

$$\text{Fp} = \frac{n_2}{10}$$

Dimana:

i_1 = Pertumbuhan lalu lintas masa konstruksi

i_2 = Pertumbuhan lalu lintas masa layanan

J = jenis kendaraan

n_1 = masa konstruksi

n_2 = umur rencana

C = koefisien distribusi kendaraan

E = angka ekivalen beban sumbu kendaraan

2.6.3.2 Koefisien Distribusi Kendaraan (Departemen Pekerjaan Umum, 1987)

Koefisien distribusi kendaraan (C) untuk kendaraan ringan dan berat yang lewat pada jalur rencana ditentukan menurut daftar di bawah ini:

Tabel 2. 13 Koefisien Distribusi Kendaraan

Jumlah Lajur	Kendaraan Ringan *)		Kendaraan Berat **)	
	1 arah	2 arah	1 arah	2 arah
1 Lajur	1,00	1,00	1,00	1,00
2 Lajur	0,60	0,50	0,70	0,50
3 Lajur	0,40	0,40	0,50	0,475
4 Lajur	-	0,30	-	0,45
5 Lajur	-	0,25	-	0,425
6 Lajur	-	0,20	-	0,40

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 1987

*) Berat total < 5 ton, misalnya : Mobil Penumpang, Pick Up, Mobil Hantaran.

**) Berat total ≥ 5 ton, misalnya : Bus, Truk, Traktor, Semi Trailer, Trailer

2.6.3.3 Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan (Departemen PU)

Angka Ekivalen (E) masing-masing golongan beban umum (Setiap kendaraan) ditentukan menurut rumus daftar sebagai berikut:

$$E \text{ Sumbu Tunggal} = \left(\frac{\text{beban satu sumbu tunggal dlm kg}}{8160} \right)^4$$

$$E \text{ Sumbu Ganda} = \left(\frac{\text{beban satu sumbu ganda dlm kg}}{8160} \right)^4$$

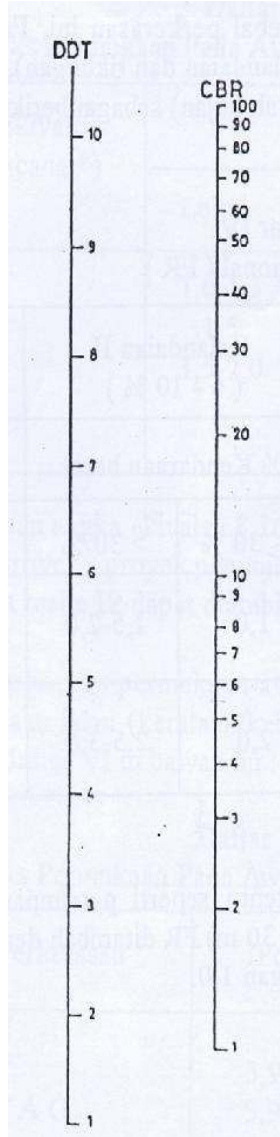
Tabel 2. 14 Angka Ekuivalen (E) Sumbu Kendaraan

Beban Sumbu		Angka Ekivalen	
Kg	Lb	Sumbu Tunggal	Sumbu Ganda
1000	2205	0.0002	-
2000	4409	0.0036	0.0003
3000	6614	0.0183	0.0016
4000	8818	0.0577	0.0050
5000	11023	0.1410	0.0121
6000	13228	0.2923	0.0251
7000	15432	0.5415	0.0466
8000	17637	0.9238	0.0794
8160	18000	1.0000	0.0860
9000	19841	1.4798	0.1273
10000	22046	2.2555	0.1940
11000	24251	3.3022	0.2840
12000	26455	4.6770	0.4022
13000	28660	6.4419	0.5540
14000	30864	8.6647	0.7452
15000	33069	11.4184	0.9820
16000	35276	14.7815	1.2712

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 1987

2.6.3.4 Data Dukung Tanah (DDT) dan CBR (Departemen PU)

Daya dukung tanah dasar (DDT) ditetapkan berdasarkan grafik korelasi DDT dan CBR.



Gambar 2. 16 Nomogram DDT dan CBR
Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 1987

2.6.3.5 Faktor Regional (FR) (Departemen PU)

Faktor regional bisa juga juga disebut faktor koreksi sehubungan dengan perbedaan kondisi tertentu. Kondisi-kondisi yang dimaksud

antara lain keadaan lapangan dan iklim yang dapat mempengaruhi keadaan pembebanan daya dukung tanah dan perkerasan. Dengan demikian dalam penentuan tebal perkerasan ini Faktor Regional hanya dipengaruhi bentuk alinemen (Kelandaian dan Tikungan).

Tabel 2. 15 Persentase Kendaraan Berat dan Pengaruh Iklim

	Kelandaian I (<6%)		Kelandaian II (6–10%)		Kelandaian III (>10%)	
	% kendaraan berat		% kendaraan berat		% kendaraan berat	
	≤ 30%	>30%	≤ 30%	>30%	≤ 30%	>30%
Iklim I < 900 mm/tahun	0,5	1,0 – 1,5	1,0	1,5 – 2,0	1,5	2,0 – 2,5
Iklim II ≥ 900 mm/tahun	1,5	2,0-2,5	2,0	2,5-3,0	2,5	3,0 – 3,5

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum,1987

2.6.3.6 Indeks Permukaan (IP) (Departemen PU)

Indeks Permukaan ini menyatakan nilai dari pada kerataan / kehalusan serta kekokohan permukaan yang bertalian dengan tingkat pelayanan bagi lalu – lintas yang lewat. Adapun beberapa nilai IP beserta artinya adalah sebagai berikut :

IP = 1,0 : adalah menyatakan permukaan jalan dalam keadaan rusak berat sehingga sangat mengganggu lalu lintas kendaraan.

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

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

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

Tabel 2. 16 Indeks Permukaan pada Akhir Rencana (IPt)

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

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 1987

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

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

Tabel 2. 17 Indeks Permukaan Pada Awal Umur Rencana (IPo)

Jenis Lapis Perkerasan	IPo	Rougness *) mm/km
LASTON	≥ 4	≤ 1000

	3,9-3,5	> 1000
LASBUTAG	3,9 – 3,5	≤ 2000
	3,4 – 3,0	> 2000
HRA	3,9 – 3,5	≤ 2000
	3,4 – 3,0	< 2000
BURDA	3,9 – 3,5	< 2000
BURTU	3,4 – 3,0	< 2000
LAPEN	3,4 – 3,0	≤ 3000
	2,9 – 2,5	> 3000
LATASBUM	2,9 – 2,5	
BURAS	2,9 – 2,5	
LATASIR	2,9 – 2,5	
JALAN TANAH	≤ 2,4	
JALAN KERIKIL	2,4	

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 1987

2.6.3.7 Koefisien Kekuatan Relatif (a) (Departemen PU)

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

Tabel 2. 18 Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
A1	A2	A3	Ms (kg)	Kt kg/cm ²	CBR %	
0,4	-	-	744	-	-	LASTON
0,35	-	-	590	-	-	
0,32	-	-	454	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	
0,35	-	-	744	-	-	LASBUTAG
0,31	-	-	590	-	-	
0,28	-	-	454	-	-	
0,26	-	-	340	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	HRA
0,26 -	-	-	340	-	-	Aspal Macadam
0,25	-	-	-	-	-	LAPEN (mekanis)
0,20	-	-	-	-	-	LAPEN (manual)
-	0,28	-	590	-	-	LASTON ATAS
-	0,26	-	454	-	-	
-	0,24	-	340	-	-	
-	0,23	-	-	-	-	LAPEN (mekanis)

-	0,19	-	-	-	-	LAPEN (manual)
-	0,15	-	-	22	-	Stab. Tanah
-	0,13	-	-	18	-	dengan semen
-	0,15	-	-	22	-	Stab. Tanah
-	0,13	-	-	18	-	dengan kapur
-	0,14	-	-	-	100	Pondasi Macadam (basah)
-	0,12	-	-	-	60	Pondasi Macadam
-	0,14	-	-	-	100	Batu pecah (A)
-	0,13	-	-	-	80	Batu pecah (B)
-	0,12	-	-	-	60	Batu pecah (C)
-	-	0,13	-	-	70	Sirtu/pitrun (A)
-	-	0,12	-	-	50	Sirtu/pitrun (B)
-	-	0,11	-	-	30	Sirtu/pitrun (C)
-	-	0,10	-	-	20	Tanah / lempung kepasiran

Sumber : Departmen Pekerjaan Umum, 1987

2.6.3.8 Batas Minimum Tebal Perkerasan (Departemen PU)

1. Lapis Permukaan

Tabel 2. 19 Batas Lapis Permukaan

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
< 3,00	5	Lapis pelindung : (Buras/Burtu/Burda)
3,00 – 6,70	5	Lapen /Aspal Macadam, HRA, Lasbutag, Laston
6,71 – 7,49	7,5	Lapen / Aspal Macadam, HRA, Lasbutag, Laston
7,50 – 9,99	7,5	Lasbutag, Laston
≥ 10,00	10	Laston

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 1987

2. Lapis Pondasi Atas

Tabel 2. 20 Batas Lapis Pondasi Atas

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

3,00 – 6,70	5	Lapen /Aspal Macadam, HRA, Lasbutag, Laston
6,71 – 7,49	7,5	Lapen / Aspal Macadam, HRA, Lasbutag, Laston
7,50 – 9,99	7,5	Lasbutag, Laston
≥ 10,00	10	Laston

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 1987

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

3. Lapis Pondasi Bawah

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

2.6.3.9 Analisa Komponen Perkerasan (Departemen PU)

Perhitungan ini didistribusikan pada kekuatan relatif masing-masing lapisan perkerasan jangka tertentu (umur rencana) dimana penentuan tebal perkerasan dinyatakan oleh Indeks Tebal Perkerasan (ITP)

Rumus:

$$ITP = a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3$$

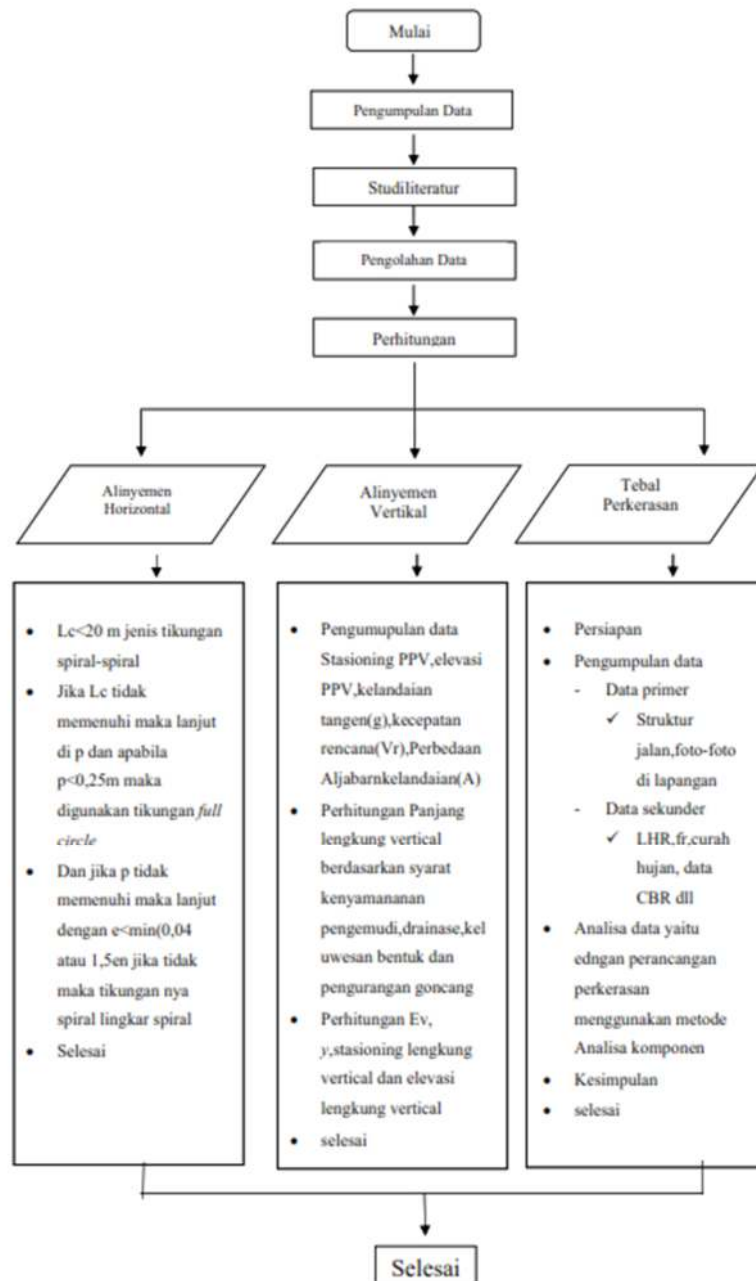
D1,D2,D3 = Tebal masing-masing lapis perkerasan (cm)

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

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir



Bagan 3. 1 Alur perencanaan

Sumber : Analisa

3.2 Metode Penyusunan Analisa

Dalam pengerjaan tugas akhir ini, metode penyusunan data meliputi :

1. Metode Observasi (Pengamatan)

Dalam metode ini dilakukan pengamatan secara langsung pada objek yang akan dibahas.

2. Metode Deskriptif (Literatur)

Metode dengan mengutip dari buku-bulu yang mempelajari tentang contoh analisa yang digunakan dalam perhitungan struktur.

3. Metode Interview (Wawancara)

Dilakukan dengan melakukan wawancara secara langsung dengan narasumber mengenai data dan informasi yang diperlukan dalam penyusunan.

4. Metode Bimbingan

Dilakukan dengan dosen mengenai pokok masalah yang dibahas dalam untuk mendapatkan petunjuk dalam penyusunan tugas akhir.

5. Analisa Data

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis menggunakan analisa konstruksi pada jembatan beton dan analisa perhitungan struktur maupun pembebanan.

3.3 Sumber Data

Sumber data yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini antara lain:

1. Data Primer

Data yang diperoleh berdasarkan hasil pengamatan langsung pada lapangan dimana kegiatan ini dilakukan pada saat magang berlangsung.

2. Data Sekunder

Pengumpulan data yang dilakukan secara tidak langsung yang dapat diperoleh dari buku, literatur, pustaka dan data lainnya yang berdasarkan pelaksanaan proyek, antarlain :

1. Gambar Kerja/*Shop drawing*
2. Spesifikasi Jalan
3. Dokumentasi Proyek

3.4 Studi Literatur

Dalam penyusunan tugas akhir ini, pedoman perhitungan menggunakan referensi sebagai berikut :

1. Martakim, S. (1997). *Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota*.
2. RSNI-T-14-2004 (2004). *Pedoman Perencanaan Geometrik Jalan Raya*
3. SKBI – 2.3.26. 1987 UDC : 625.73 (02) (1987).
4. Shop Drawing LOT 5 Jalan Baru Jerukwudel-Baran-Duwet

3.5 Pengolahan Data

Pada tugas akhir ini penulis menganalisa perencanaan geometric dan tebal perkerasan. Peninjauan pada proyek pembangunan jalan baru Jerukwudel-baran-Duwet. Peninjauan yang digunakan antara lain :

1. Perencanaan tentang alinyemen horizontal
2. Perencanaan tentang alinyemen vertical
3. Perencanaan tentang tebal perkerasan jalan

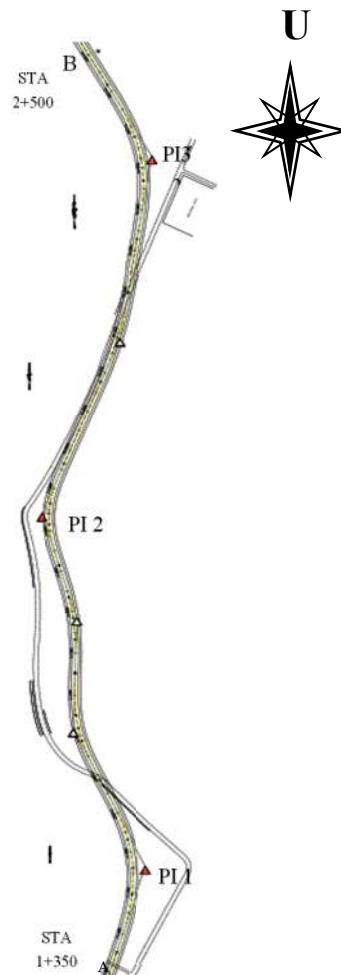
BAB IV

PERHITUNGAN DAN ANALISA

4.1 Perhitungan Awal

4.1.1 Penentuan Koordinat

Berdasarkan trase yang telah dibuat sesuai keadaan medan atau topografi lapangan, kemudian dibuat koordinat.



Gambar 4. 1 Situasi Trase Jalan

Sumber : PT. Brantas Abipraya

Titik	Koordinat	
	X	Y
A	474718,692	9098335,985
PI 1	474760,116	9098464,931
PI 2	474645,189	9098887,775
PI 3	474766,986	9099314,539
B	474696,502	9099437,191

Tabel 4. 1 Koordinat Trase Jalan
Sumber : PT. Brantas Abipraya

4.1.2 Perhitungan Jarak Lurus (d)

$$d = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2}$$

- Titik A – PI 1

$$\begin{aligned}
 d_{A-1} &= \sqrt{(X_1 - X_A)^2 + (Y_1 - Y_A)^2} \\
 &= \sqrt{(474760,116 - 474718,692)^2 + (9098464,931 - 9098335,985)^2} \\
 &= \sqrt{(41,424)^2 + (128,946)^2} \\
 &= \sqrt{18343,02} \\
 &= 135,436 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Titik PI 1 – PI 2

$$\begin{aligned}
 d_{1-2} &= \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2} \\
 &= \sqrt{(474645,189 - 474760,116)^2 + (9098887,775 - 9098464,931)^2} \\
 &= \sqrt{(-114,927)^2 + (422,844)^2} \\
 &= \sqrt{192005,3} \\
 &= 438,184 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Titik PI 2 – PI 3

$$\begin{aligned}
 d_{2-3} &= \sqrt{(X_3 - X_2)^2 + (Y_3 - Y_2)^2} \\
 &= \sqrt{(474766,986 - 474645,189)^2 + (9099314,539 - 9098887,775)^2} \\
 &= \sqrt{(121,797)^2 + (426,764)^2} \\
 &= \sqrt{196962} \\
 &= 443,804 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Titik PI 3 – B

$$\begin{aligned}
 d_{3-B} &= \sqrt{(X_B - X_3)^2 + (Y_B - Y_3)^2} \\
 &= \sqrt{(474696,502 - 474766,986)^2 + (9099437,191 - 9099314,539)^2} \\
 &= \sqrt{(-70,484)^2 + (122,652)^2} \\
 &= \sqrt{20011,51} \\
 &= 141,462 \text{ m}
 \end{aligned}$$

4.1.3 Perhitungan Sudut Azimuth

Sudut azimuth dihitung berdasarkan arah utara

$$\alpha_{12} = 360^\circ + \text{ArcTg} \left(\frac{X_2 - X_1}{Y_2 - Y_1} \right)$$

- $\alpha_{A1} = 360^\circ + \text{ArcTg} \left(\frac{X_1 - X_A}{Y_1 - Y_A} \right)$

$$\begin{aligned}
 &= 360^\circ + \text{ArcTg} \left(\frac{474760,116 - 474718,692}{9098464,931 - 9098335,985} \right) \\
 &= 360^\circ + \text{ArcTg} \left(\frac{41,424}{128,946} \right) \\
 &= 377,80965^\circ \\
 &= 377^\circ 48' 34,76''
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\bullet \alpha_{12} &= 360^\circ + \text{ArcTg} \left(\frac{X_2 - X_1}{Y_2 - Y_1} \right) \\
&= 360^\circ + \text{ArcTg} \left(\frac{474645,189 - 474760,116}{9098887,775 - 9098464,931} \right) \\
&= 360^\circ + \text{ArcTg} \left(\frac{-144,927}{422,844} \right) \\
&= 344,794^\circ \\
&= 344^\circ 47' 39,64''
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\bullet \alpha_{23} &= 360^\circ + \text{ArcTg} \left(\frac{X_3 - X_2}{Y_3 - Y_2} \right) \\
&= 360^\circ + \text{ArcTg} \left(\frac{474766,986 - 474645,189}{9099314,539 - 9098887,775} \right) \\
&= 360^\circ + \text{ArcTg} \left(\frac{121,797}{426,764} \right) \\
&= 375,92858^\circ \\
&= 375^\circ 55' 42,89''
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\bullet \alpha_{3B} &= 360^\circ + \text{ArcTg} \left(\frac{X_B - X_3}{Y_B - Y_3} \right) \\
&= 360^\circ + \text{ArcTg} \left(\frac{474696,502 - 474766,986}{9099437,191 - 9099314,539} \right) \\
&= 360^\circ + \text{ArcTg} \left(\frac{-70,484}{122,652} \right) \\
&= 330,115^\circ \\
&= 330^\circ 6' 55,65''
\end{aligned}$$

4.1.4 Perhitungan Sudut Tikungan

Sudut tikungan adalah selisih antara sudut azimuth dari titik sebelum dan sudut azimuth titik sesudahnya.

$$\Delta 1 = | \alpha_{A1} - \alpha_{12} |$$

$$\begin{aligned}\Delta 1 &= |\alpha_{A1} - \alpha_{12}| \\ &= 377^\circ 48' 34,76'' - 344^\circ 47' 39,64'' \\ &= 33^\circ 0' 55,12''\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta 2 &= \alpha_{12} - \alpha_{23} \\ &= 344^\circ 47' 39,64'' - 15^\circ 55' 42,88'' \\ &= 328^\circ 51' 56,76'' \rightarrow \text{sudut} > 180^\circ \text{ maka,} \\ &= 360^\circ - 328^\circ 51' 56,76'' \\ &= 31^\circ 8' 3,24''\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta 3 &= |\alpha_{23} - \alpha_{3B}| \\ &= 375^\circ 55' 42,89'' - 330^\circ 6' 55,65'' \\ &= 45^\circ 48' 47,24''\end{aligned}$$

Tabel 4. 2 Rekapitulasi Hitungan

Jarak (m)		Azimuth		Sudut Tikungan (Δ)	
d_{A-1}	135,436	α_{A1}	377°48'34,76"	$\Delta 1 =$	
d_{1-2}	438,184	α_{12}	344°47'39,64"	33°0'55,12"	$\Delta 2 =$
d_{2-3}	443,804	α_{23}	15°55'42,88"	$\Delta 3 =$	31°8'3,24"
d_{3-B}	141,462	α_{3B}	358°50'44,32"	45°48'47,24"	

Sumber : Perhitungan

4.2 Perhitungan Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal adalah proyeksi sumbu jalan pada bidang horizontal. Alinyemen horizontal dikenal juga dengan “situasi jalan” atau “trase jalan”. Alinyemen horizontal terdiri dari garis-garis lurus yang dihubungkan dengan garis-garis lengkung. Garis lengkung tersebut dapat terdiri dari busur lingkaran ditambah busur peralihan atau busur peralihan saja.

Data dan klasifikasi desain jalan :

Jenis jalan = Kolektor

Lebar jalur = 7 m

Lebar lajur = 3,5 m

Jumlah lajur = 2

Tipe Jalan = 2/2 UD

Klasifikasi Medan = Datar

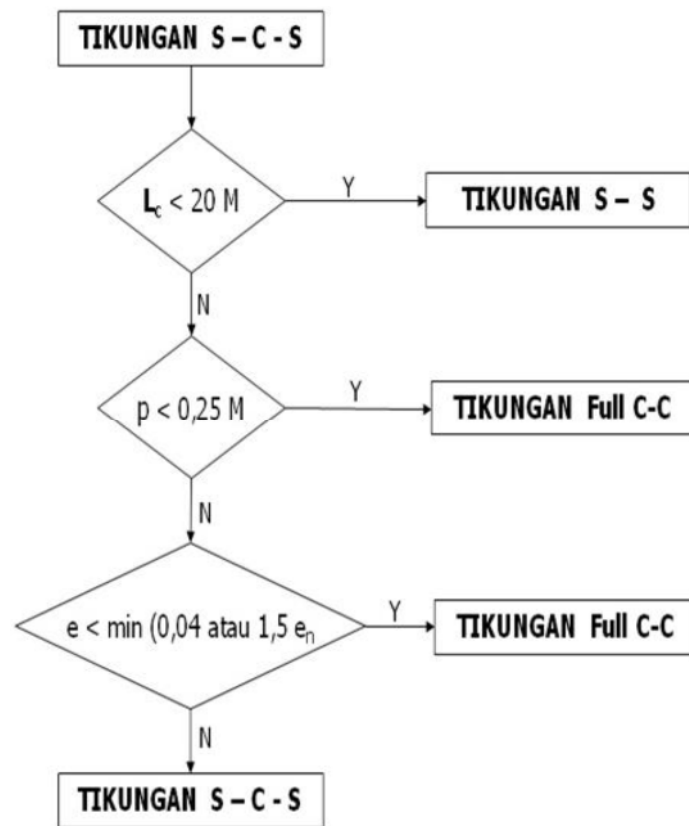
Kriteria Desain Geometrik Jalan

V_r = 60 km/jam (Bina Marga, 1997)

e_{maks} = 10% (Bina Marga, 1997)

e_n = 3% (Bina Marga, 1997)

untuk $e_{maks} = 10\%$, maka $f_{maks} = 0,153$ dari rumus $f_{maks} = -0,00065V_r + 0,192$



Bagan 4. 1 Alur Pemilihan Jenis Tikungan

Sumber : Bina Marga, 1997

$$\begin{aligned}
 R_{\min} &= \frac{vr^2}{127(em+fm)} \\
 &= \frac{60^2}{127(0,1+0,153)} \\
 &= 112,041 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D_{\min} &= \frac{181913,53 (emaks+fmaks)}{vr^2} \\
 &= \frac{181913,53 (0,1+0,153)}{60^2} \\
 &= 12,79^\circ
 \end{aligned}$$

4.2.1 Tikungan PI 1

Diketahui $\Delta 1 = 33^\circ 0' 55,12''$

$$V_r = 60 \text{ km/jam}$$

$$e_{maks} = 10\%$$

$$e_n = 3\%$$

Direncanakan $R = 130 \text{ m}$ dikarenakan syarat $R > R_{min}$.

Menghitung lengkung peralihan (L_s)

Tabel 4.3 Tabel Panjang Lengkung Peralihan dan Superlevasi

Tabel 4.7. Tabel panjang lengkung peralihan minimum dan superelevasi yang dibutuhkan
(e maksimum = 10%, metoda Bina Marga)

D (o)	R (m)	V = 50 km/jam		V = 60 km/jam		V = 70 km/jam		V = 80 km/jam		V = 90 km/jam	
		e	Ls	e	Ls	e	Ls	e	Ls	e	Ls
0,250	5730	LN	45	LN	50	LN	60	LN	70	LN	75
0,500	2865	LN	45	LN	50	LP	60	LP	70	LP	75
0,750	1910	LN	45	LP	50	LP	60	0,020	70	0,025	75
1,000	1432	LP	45	LP	50	0,021	60	0,027	70	0,033	75
1,250	1146	LP	45	LP	50	0,025	60	0,033	70	0,040	75
1,500	955	LP	45	0,023	50	0,030	60	0,038	70	0,047	75
1,750	819	LP	45	0,026	50	0,035	60	0,044	70	0,054	75
2,000	716	LP	45	0,029	50	0,039	60	0,049	70	0,060	75
2,500	573	0,026	45	0,036	50	0,047	60	0,059	70	0,072	75
3,000	477	0,030	45	0,042	50	0,055	60	0,068	70	0,081	75
3,500	409	0,035	45	0,048	50	0,062	60	0,076	70	0,089	75
4,000	358	0,039	45	0,054	50	0,068	60	0,082	70	0,095	75
4,500	318	0,043	45	0,059	50	0,074	60	0,088	70	0,099	75
5,000	286	0,048	45	0,064	50	0,079	60	0,093	70	0,100	75
6,000	239	0,055	45	0,073	50	0,088	60	0,098	70	Dmaks = 5.12	
7,000	205	0,062	45	0,080	50	0,094	60			Dmaks = 6.82	
8,000	179	0,068	45	0,086	50	0,098	60				
9,000	159	0,074	45	0,091	60	0,099	60				
10,000	143	0,079	45	0,095	60			Dmaks = 9.12			
11,000	130	0,083	45	0,098	60						
12,000	119	0,087	45	0,100	60						
13,000	110	0,091	50			Dmaks = 12.79					
14,000	102	0,093	50								
15,000	95	0,096	50								
16,000	90	0,097	50								
17,000	84	0,099	60								
18,000	80	0,099	60								
19,000	75			Dmaks = 18.83							

Sumber : Bina Marga, 1997

1. Berdasarkan waktu perjalanan maksimum (2 detik) atau T melintasi lengkung peralihan :

$$L_s 1 = \frac{Vr}{3,6} T$$

$$= \frac{60}{3,6} \times 2$$

$$= 33,34 \text{ m}$$

2. Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal dengan perubahan percepatan arah radial (C) sebesar 0,4 m/detik :

$$\begin{aligned} Ls 2 &= 0,022 \frac{Vr^3}{RC} - 2,727 \times \frac{Vr \times e}{c} \\ &= 0,022 \frac{60^3}{130 \times 0,4} - 2,727 \times \frac{60 \times 0,098}{0,4} \\ &= 51,29 \text{ m} \end{aligned}$$

3. Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian untuk $Vr \leq 70\text{km/jam}$, maka ($r_e = 0,035 \text{ m/detik}$) (Bina Marga, 1997) :

$$\begin{aligned} Ls 3 &= \frac{\left(\frac{e_m - e_n}{100}\right) \times V_R}{3,6 r_e} \\ &= \frac{\left(\frac{10-3}{100}\right) \times 60}{3,6 \times 0,035} \\ &= 33,34 \text{ m} \end{aligned}$$

$$Ls' > Ls 1, Ls 2, Ls 3$$

Maka Ls yang digunakan adalah $Ls' = 60 \text{ m}$

$$\begin{aligned} Tc &= R \tan \left(\frac{1}{2}\Delta\right) \\ &= 130 \times \tan \left(\frac{1}{2} \times 33^\circ 0' 55,12''\right) \\ &= 38,53 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Lc &= \Delta/180 \times \pi \times R \\ &= \frac{33,02}{180} \times 3,14 \times 130 \\ &= 74,882 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ec &= Tc \tan \left(\frac{1}{4}\Delta\right) \\ &= 38,53 \times \tan \left(\frac{1}{4} \times 33^\circ 0' 55,12''\right) \end{aligned}$$

$$= 5,59 \text{ m}$$

Hasil Perhitungan :

Tipe tikungan = *Full Circle*

$$\Delta 1 = 33^{\circ}0'55,12''$$

$$R = 130 \text{ m}$$

$$V_R = 60 \text{ km/jam}$$

$$e_{\max} = 10\%$$

$$e_n = 3\%$$

$$T_c = 38,53 \text{ m}$$

$$L_c = 74,882 \text{ m}$$

$$E_c = 5,59 \text{ m}$$

4.2.2 Tikungan PI 2

Diketahui $\Delta 2 = 31^{\circ}8'3,24''$. Direncanakan radius tikungan (R) sepanjang 205 m dengan melihat syarat $R > R_{\min}$.

Dari tabel superelevasi emaks 10% diperoleh $e = 0,08$ dan $L_s' = 50 \text{ m}$

Karena $e = 8,0\% \geq 4,5\%$, maka digunakan *Spiral-Circle-Spiral*.

a. Perhitungan lengkung peralihan (L_s)

1. Perhitungan lengkung peralihan (L_s) Berdasarkan waktu perjalanan maksimum (2 detik) atau T melintasi lengkung peralihan :

$$\begin{aligned} L_s 1 &= \frac{Vr}{3,6} T \\ &= \frac{60}{3,6} \times 2 \\ &= 33,34 \text{ m} \end{aligned}$$

2. Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal dengan perubahan percepatan arah radial (C) sebesar 0,4 m/detik :

$$\begin{aligned} Ls\ 2 &= 0,022 \frac{Vr^3}{RC} - 2,727 \times \frac{Vr \times e}{c} \\ &= 0,022 \frac{60^3}{205 \times 0,4} - 2,727 \times \frac{60 \times 0,080}{0,4} \\ &= 25,227\ m \end{aligned}$$

3. Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian $Vr \leq 70$ km/jam maka ($r_e = 0,035$ m/detik) (Bina Marga) :

$$\begin{aligned} Ls\ 3 &= \frac{\left(\frac{e_m - e_n}{100}\right) \times V_R}{3,6 r_e} \\ &= \frac{\left(\frac{10 - 3}{100}\right) \times 60}{3,6 \times 0,035} \\ &= 33,34\ m \end{aligned}$$

$$Ls' > Ls\ 1, Ls\ 2, Ls\ 3$$

Maka Ls yang digunakan adalah $Ls' = 50$ m

- b. Perhitungan Tikungan

$$\begin{aligned} \theta_s &= \frac{Ls}{R} \times \frac{90}{\pi} \\ &= \frac{50}{205} \times \frac{90}{\pi} \\ &= 6,987 = 6^\circ 59' 14,24'' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \theta_c &= \Delta - 2\theta_s \\ &= 31^\circ 8' 3,24'' - 2(6^\circ 59' 14,24'') \\ &= 17^\circ 9' 34,75'' = 17,160 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Lc &= \frac{\theta_c}{360^\circ} \times 2\pi R \\ &= \frac{17^\circ 9' 34,75''}{360^\circ} \times 2\pi \times 205 \end{aligned}$$

$$= 61,395 \text{ m}$$

Karena besar L_c tidak memenuhi syarat $L_c < 15 \text{ m}$ maka tikungan *Spiral-Spiral* tidak dapat digunakan dan perhitungan dilanjutkan dengan rumus tikungan *Spiral-Circle-Spiral*. Sehingga model tikungan S-C-S dapat digunakan.

$$\begin{aligned} Y_c &= \frac{L_s^2}{6R} \\ &= \frac{50^2}{6 \times 205} \\ &= 2,03 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_c &= L_s - \left(1 - \frac{L_s^2}{40 \times R^2}\right) \\ &= 50 - \left(1 - \frac{50^2}{40 \times 205^2}\right) \\ &= 49 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k &= L_s - \frac{L_s^2}{40 \times R^2} - R \sin \theta_s \\ &= 50 - \frac{50^2}{40 \times 205^2} - (205 \sin 6^\circ 59' 14,24'') \\ &= 25,92 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} p &= Y_c - R (1 - \cos \theta_s) \\ &= 2,03 - 205 (1 - \cos 6^\circ 59' 14,24'') \\ &= 0,507 \text{ m} \end{aligned}$$

Karena p tidak memenuhi syarat tikungan *Full Circle* ($p < 0,2 \text{ m}$) maka, tikungan *full circle* tidak dapat digunakan.

$$T_s = (R + p) \tan \Delta/2 + k$$

$$= (205 + 0,507) \tan \frac{31^{\circ}8'3,24''}{2} + 25,92$$

$$= 83,17 \text{ m}$$

$$E_s = (R_c + p) \sec \frac{\Delta}{2} - R$$

$$= (205 + 0,507) \sec \frac{31^{\circ}8'3,24''}{2} - 205$$

$$= 8,33 \text{ m}$$

$$L_{\text{total}} = L_c + 2 L_s$$

$$= 61,395 + 2 (50)$$

$$= 161,395 \text{ m}$$

Hasil Perhitungan :

Tipe Tikungan = *Spiral-Circle-Spiral*

$$\Delta_2 = 31^{\circ}8'3,24''$$

$$R = 205 \text{ m}$$

$$V_R = 60 \text{ km/jam}$$

$$e_{\text{max}} = 10\%$$

$$e_n = 3\%$$

$$e = 8,0\%$$

$$L_s = 50 \text{ m}$$

$$\theta_s = 6^{\circ}59'14,24''$$

$$\theta_c = 17^{\circ}9'34,75''$$

$$L_c = 61,395 \text{ m}$$

$$Y_c = 2,03 \text{ m}$$

$$X_c = 49,99 \text{ m}$$

$$k = 25,05 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
p &= 0,507 \text{ m} \\
T_s &= 83,17 \text{ m} \\
E_s &= 8,33 \text{ m} \\
L_{\text{tot}} &= 161,395 \text{ m}
\end{aligned}$$

4.2.3 Tikungan PI 3

Diketahui $\Delta 3 = 45^\circ 48' 47,24''$. Direncanakan radius tikungan (R) sepanjang 159m dengan melihat syarat $R > R_{\text{min}}$.

Dari tabel superelevasi emaks 10% diperoleh $e = 0,095$ dan $L_s' = 60 \text{ m}$

Karena $e = 9,5\% \geq 4,5\%$ maka digunakan *Spiral-Circle-Spiral*.

c. Perhitungan lengkung peralihan (L_s)

1. Berdasarkan waktu perjalanan maksimum (2 detik) atau T melintasi lengkung peralihan :

$$\begin{aligned}
L_s 1 &= \frac{Vr}{3,6} T \\
&= \frac{60}{3,6} \times 2 \\
&= 33,34 \text{ m}
\end{aligned}$$

2. Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal dengan perubahan percepatan arah radial (C) sebesar 0,4 m/detik :

$$\begin{aligned}
L_s 2 &= 0,022 \frac{Vr^3}{RC} - 2,727 \times \frac{Vr \times e}{c} \\
&= 0,022 \frac{60^3}{239 \times 0,4} - 2,727 \times \frac{60 \times 0,073}{0,4} \\
&= 19,864 \text{ m}
\end{aligned}$$

3. Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian untuk $V_r \leq 70$ km/jam, maka ($r_e = 0,035$ m/detik) (Bina Marga, 1997) :

$$L_{s3} = \frac{\left(\frac{e_m - e_n}{100}\right) \times V_R}{3,6 r_e}$$

$$= \frac{\left(\frac{10-3}{100}\right) \times 60}{3,6 \times 0,035}$$

$$= 33,34 \text{ m}$$

$$L_{s'} > L_{s1}, L_{s2}, L_{s3}$$

Maka L_s yang digunakan adalah $L_{s'} = 50$ m

d. Perhitungan Tikungan

$$\theta_s = \frac{L_s}{R} \times \frac{90}{\pi}$$

$$= \frac{50}{239} \times \frac{90}{\pi}$$

$$= 5,993 \quad = 5^\circ 59' 35,82''$$

$$\theta_c = \Delta - 2 \theta_s$$

$$= 45^\circ 48' 47,24'' - 2 (5^\circ 59' 35,82'')$$

$$= 33^\circ 49' 35,6''$$

$$L_c = \frac{\theta_c}{360^\circ} \times 2\pi R$$

$$= \frac{33^\circ 49' 35,6''}{360^\circ} \times 2\pi \times 239$$

$$= 141,030 \text{ m}$$

Karena besar L_c tidak memenuhi syarat $L_c < 15$ m maka tikungan *Spiral-Spiral* tidak dapat digunakan, maka perhitungan dilanjutkan dengan *fill circle*.

$$Y_c = \frac{L_s^2}{6R}$$

$$= \frac{50^2}{6 \times 239}$$

$$= 1,74 \text{ m}$$

$$X_c = L_s - \left(1 - \frac{L_s^2}{40 \times R^2}\right)$$

$$= 50 - \left(1 - \frac{50^2}{40 \times 239^2}\right)$$

$$= 49 \text{ m}$$

$$k = L_s - \frac{L_s^2}{40 \times R^2} - R \sin \theta_s$$

$$= 50 - \frac{50^2}{40 \times 239^2} - (239 \sin 5^\circ 59' 35,82'')$$

$$= 25,044 \text{ m}$$

$$p = Y_c - R (1 - \cos \theta_s)$$

$$= 1,74 - 239 (1 - \cos 5^\circ 59' 35,82'')$$

$$= 0,43 \text{ m}$$

Karena p tidak memenuhi syarat tikungan *Full Circle* ($p < 0,2 \text{ m}$) maka, tikungan *full circle* tidak dapat digunakan.

$$T_s = (R + p) \tan \frac{\Delta}{2} + k$$

$$= (239 + 0,43) \tan \frac{45^\circ 48' 47,24''}{2} + 25,035$$

$$= 126,206 \text{ m}$$

$$E_s = (R_c + p) \sec \frac{\Delta}{2} - R$$

$$= (239 + 0,43) \sec \frac{45^\circ 48' 47,24''}{2} - 239$$

$$= 20,93 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
L_{\text{total}} &= L_c + 2 L_s \\
&= 141,030 + 2 (50) \\
&= 241,03 \text{ m}
\end{aligned}$$

Hasil Perhitungan :

Tipe Tikungan = *Spiral-Circle-Spiral*

$$\Delta 3 = 45^\circ 48' 47,24''$$

$$R = 239 \text{ m}$$

$$V_R = 60 \text{ km/jam}$$

$$e_{\text{max}} = 10\%$$

$$e_n = 3\%$$

$$e = 9,5\%$$

$$L_s = 50 \text{ m}$$

$$\theta_s = 5^\circ 59' 35,82''$$

$$\theta_c = 33^\circ 49' 35,6''$$

$$L_c = 21,25 \text{ m}$$

$$Y_c = 1,74 \text{ m}$$

$$X_c = 49 \text{ m}$$

$$k = 25,044 \text{ m}$$

$$p = 0,43 \text{ m}$$

$$T_s = 126,206 \text{ m}$$

$$E_s = 20,93 \text{ m}$$

$$L_{\text{tot}} = 241,03 \text{ m}$$

4.2.4 Perhitungan *Stationing*

Data :

$$d_{A-1} = 135,436 \text{ m}$$

$$d_{1-2} = 438,184 \text{ m}$$

$$d_{2-3} = 443,804 \text{ m}$$

$$d_{3-B} = 141,462 \text{ m}$$

$$\text{STA A} = 1+350$$

$$\begin{aligned} \text{STA PI 1} &= \text{STA A} + d_{A-1} \\ &= 1+350 + 135,436 \text{ m} \\ &= 1+485,436 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{STA TC}_1 &= \text{STA PI 1} - \text{TC}_1 \\ &= 1+485,436 - 53,34 \\ &= 1+432,096 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{STA CT}_1 &= \text{STA TC}_1 + \text{Lc}_1 \\ &= 1+432,096 + 74,882 \\ &= 1+506,978 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{STA PI 2} &= \text{STA CT}_1 + d_{1-2} - \text{Ts}_2 \\ &= 1+506,978 + 438,184 - 83,17 \\ &= 1+861,992 \text{ m} \end{aligned}$$

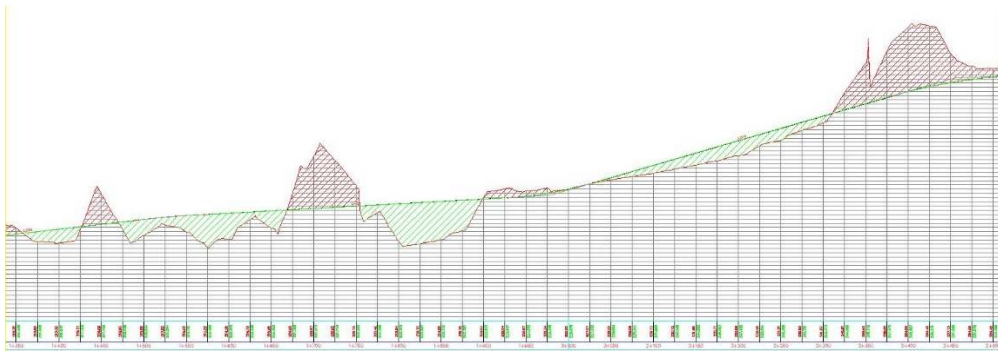
$$\begin{aligned} \text{STA TS}_2 &= \text{STA PI 2} - \text{TS}_2 \\ &= 1+861,992 - 83,17 \\ &= 1+778,822 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{STA SC}_2 &= \text{STA TS}_1 + \text{LS}_2 \\
&= 1+808,652 + 50 \\
&= 1+858,652 \text{ m} \\
\text{STA CS}_2 &= \text{STA SC}_2 + \text{Lc}_2 \\
&= 1+808,652 + 61,395 \\
&= 1+870,047 \text{ m} \\
\text{STA ST}_2 &= \text{STA CS}_2 + \text{LS}_2 \\
&= 1+870,047 + 50 \\
&= 1+920,047 \text{ m} \\
\text{STA PI 3} &= \text{STA ST}_2 + d_{2-3} - \text{Ts}_3 \\
&= 1+920,047 + 443,804 - 126,206 \\
&= 2+237,645 \text{ m} \\
\text{STA TS}_3 &= \text{STA PI 3} - \text{TS}_3 \\
&= 2+237,645 - 126,206 \\
&= 2+111,439 \text{ m} \\
\text{STA SC}_3 &= \text{STA TS}_3 + \text{LS}_3 \\
&= 2+111,439 + 50 \\
&= 2+161,439 \text{ m} \\
\text{STA CS}_3 &= \text{STA SC}_3 + \text{Lc}_3 \\
&= 2+161,439 + 21,25 \\
&= 2+182,689 \text{ m} \\
\text{STA ST}_3 &= \text{STA CS}_3 + \text{LS}_3 \\
&= 2+182,689 + 50 \\
&= 2+232,689 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$= 2+308,895 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{STA B} &= \text{STA ST}_3 + d_{3-B} - \text{TS}_3 \\ &= 2+308,895 + 141,462 - 126,206 \\ &= 2+324,151 \text{ m} \end{aligned}$$

4.3 Perhitungan Alinyemen Vertikal



Gambar 4. 2 Potongan Memanjang Alinyemen Vertikal

Sumber : Analisis 2021

Tabel 4. 4 Elevasi Rencana

STA	Elevasi Jalan Rencana (m)	Elevasi Tanah Asli (m)
1+350	215,485	216,750
1+400	216,056	213,30
1+450	218,339	224,980
1+500	218,904	215,08
1+550	219,791	216,020
1+600	220,373	214,26
1+650	220,923	216,860
1+700	221,473	233,67
1+750	226,420	226,780
1+800	222,572	213,84
1+850	223,122	214,080
1+900	223,672	224,03

1+950	224,332	225,570
2+000	225,978	225,95
2+050	228,691	228,250
2+100	231,596	229,730
2+150	234,500	231,660
2+200	237,405	233,89
2+250	240,309	237,510
2+300	243,213	241,67
2+350	246,118	255,650
2+400	248,957	264,20
2+450	251,839	257,950
2+500	252,368	254,420

Sumber : PT. Brantas Abipraya

4.3.1 Perhitungan Kelandaian Memanjang

Dengan menggunakan rumus :

$$g = \frac{\text{Elevasi PV}_1 - \text{Elevasi A}}{\text{Jarak}} \times 100$$

Tabel 4. 5 Kelandaian Rencana

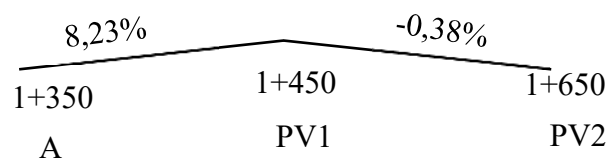
Titik	STA	Elevasi	Jarak (m)	Kelandaian	Tipe Lengkung
A	1+350	216,750			
			100	gA= 8,23%	
PV1	1+450	224,980			Cembung
			200	g1= -0,38%	
PV2	1+650	216,860			Cekung
			100	g2= 10,03%	
PV3	1+750	226,780			Cembung
			100	g3= -2,67%	
PV4	1+850	214,080			Cekung

			650	$g_B = 5,79\%$	
B	2+500	254,420			

Sumber : Perhitungan

4.3.2 Perhitungan Lengkung Cembung

1. Lengkung Cembung 1



Perhitungan nilai perbedaan kelandaian (A)

$$\begin{aligned}
 A1 &= g1 - gA \\
 &= -0,38 - (8,23) \\
 &= -8,61\%
 \end{aligned}$$

Perhitungan panjang lengkung (L_v)

$$\begin{aligned}
 L_v &= 0,6 \times V_r \\
 &= 0,6 \times 60 \\
 &= 36 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Perhitungan E_v , x , dan y lengkung PV1

$$\begin{aligned}
 E_v &= \frac{A \times L_v}{800} \\
 &= \frac{8,61 \times 36}{800} \\
 &= -0,387 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X &= L_v/4 \\
 &= 36/4
 \end{aligned}$$

$$= 9 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} Y &= A/200 \times Lv \\ &= 8,61/200 \times 36 \\ &= 1,549 \text{ m} \end{aligned}$$

Stationing lengkung cembung PV1

$$\begin{aligned} \text{a. STA PLV1} &= \text{STA PV1} - (0,5 \times Lv) \\ &= 1+450 - (0,5 \times 36) \\ &= 1+432 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Elevasi PLV1} &= \text{Elevasi PV1} - (0,5 \times gA \times Lv) \\ &= 224,980 - (0,5 \times 8,23 \times 36) \\ &= 76,84 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{b. STA PPV1} = 1+450 \text{ m}$$

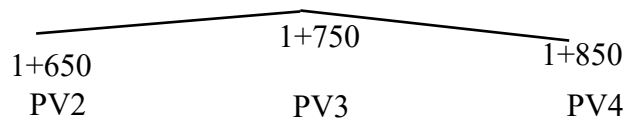
$$\begin{aligned} \text{Elevasi PPV1} &= \text{Elevasi PV1} + Ev \\ &= 224,980 + 0,387 \\ &= 225,367 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c. STA PTV1} &= \text{STA PV1} + (0,5 \times Lv) \\ &= 1+450 + (0,5 \times 36) \\ &= 1+468 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Elevasi PTV1} &= \text{Elevasi PV1} + (0,5 \times Lv \times g1) \\ &= 224,980 + (0,5 \times 36 \times -0,38) \\ &= 218,14 \text{ m} \end{aligned}$$

2. Lengkung Cembung 2

$$10,03\% \qquad -2,67\%$$



Perhitungan nilai perbedaan kelandaian (A)

$$\begin{aligned}
 A3 &= g3 - g2 \\
 &= -2,67 - (10,03) \\
 &= -12,7\%
 \end{aligned}$$

Perhitungan panjang lengkung (Lv)

$$\begin{aligned}
 L_v &= 0,6 \times V_r \\
 &= 0,6 \times 60 \\
 &= 36 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Ev, x, dan y lengkung PV3

$$\begin{aligned}
 E_v &= \frac{A \times L_v}{800} \\
 &= \frac{-12,7 \times 36}{800} \\
 &= -0,57 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X &= L_v/4 \\
 &= 36/4 \\
 &= 9 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Y &= A/200 \times L_v \\
 &= -12,7/200 \times 36 \\
 &= -2,286 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Stationing lengkung cembung PV3

$$\text{a. STA PLV3} = \text{STA PV3} - (0,5 \times L_v)$$

$$= 1+750 - (0,5 \times 36)$$

$$= 1+732$$

$$\text{Elevasi PLV3} = \text{Elevasi PV3} - (0,5 \times g_2 \times Lv)$$

$$= 226,780 - (0,5 \times 10,03 \times 36)$$

$$= 46,24 \text{ m}$$

$$\text{b. STA PPV3} = 1+750 \text{ m}$$

$$\text{Elevasi PPV3} = \text{Elevasi PV3} + Ev$$

$$= 226,780 + (-0,57)$$

$$= 226,21 \text{ m}$$

$$\text{c. STA PTV3} = \text{STA PV3} + (0,5 \times Lv)$$

$$= 1+750 + (0,5 \times 36)$$

$$= 1+768$$

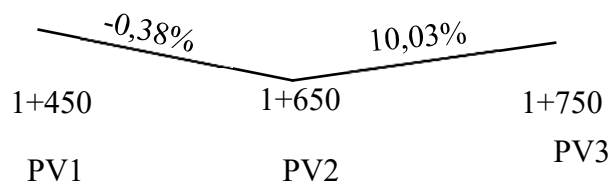
$$\text{Elevasi PTV3} = \text{Elevasi PV3} + (0,5 \times Lv \times g_3)$$

$$= 226,780 + (0,5 \times 36 \times -2,67)$$

$$= 178,72 \text{ m}$$

2.3.3 Perhitungan Lengkung Cekung

1. Lengkung Cekung 1



Perhitungan nilai perbedaan kelandaian (A)

$$A_2 = |g_2 - g_1|$$

$$= |10,03 - -0,38|$$

$$= 10,41\%$$

Perhitungan panjang lengkung (L_v)

$$L_v = 0,6 \times V_r$$

$$= 0,6 \times 60$$

$$= 36 \text{ m}$$

Perhitungan E_v , x , dan y lengkung PV2

$$E_v = \frac{A \times L_v}{800}$$

$$= \frac{10,41 \times 36}{800}$$

$$= 0,468 \text{ m}$$

$$X = L_v/4$$

$$= 36/4$$

$$= 9 \text{ m}$$

$$Y = A/200 \times L_v$$

$$= 10,41/200 \times 36$$

$$= 1,873 \text{ m}$$

Stationing lengkung cekung PV2

$$\text{a. STA PLV2} = \text{STA PV2} - (0,5 \times L_v)$$

$$= 1+650 - (0,5 \times 36)$$

$$= 1+632$$

$$\text{Elevasi PLV2} = \text{Elevasi PV2} - (0,5 \times g_1 \times L_v)$$

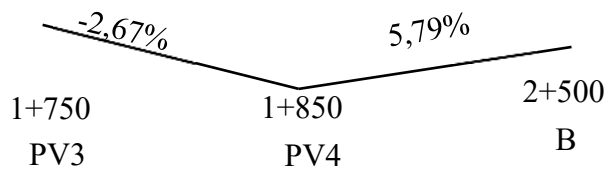
$$= 216,860 - (0,5 \times -0,38 \times 36)$$

$$= 222,84 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b. STA PPV2} &= 1+650 \text{ m} \\
 \text{Elevasi PPV2} &= \text{Elevasi PV2} + E_v \\
 &= 216,860 + 1,539 \\
 &= 218,399 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{c. STA PTV2} &= \text{STA PV2} + (0,5 \times L_v) \\
 &= 1+650 + (0,5 \times 36) \\
 &= 1+668 \\
 \text{Elevasi PTV2} &= \text{Elevasi PV2} + (0,5 \times L_v \times g_2) \\
 &= 216,860 + (0,5 \times 36 \times 10,03) \\
 &= 397,4 \text{ m}
 \end{aligned}$$

2. Lengkung Cekung 2



Perhitungan nilai perbedaan kelandaian (A)

$$\begin{aligned}
 A_4 &= |g_B - g_3| \\
 &= |5,79 - (-2,67)| \\
 &= 8,46 \%
 \end{aligned}$$

Perhitungan panjang lengkung (L_v)

$$\begin{aligned}
 L_v &= 0,6 \times V_r \\
 &= 0,6 \times 60 \\
 &= 36 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Perhitungan E_v , x , dan y lengkung PV4

$$\begin{aligned} E_v &= \frac{A \times Lv}{800} \\ &= \frac{8,46 \times 36}{800} \\ &= 0,38 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X &= Lv/4 \\ &= 36/4 \\ &= 9 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y &= A/200 \times Lv \\ &= 8,46/200 \times 36 \\ &= 1,523 \text{ m} \end{aligned}$$

Stationing lengkung cekung PV4

$$\begin{aligned} \text{a. STA PLV4} &= \text{STA PV4} - (0,5 \times Lv) \\ &= 1+850 - (0,5 \times 36) \\ &= 1+832 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Elevasi PLV4} &= \text{Elevasi PV4} - (0,5 \times g_3 \times Lv) \\ &= 214,080 - (0,5 \times -2,67 \times 36) \\ &= 262,14 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{b. STA PPV4} = 1+850 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Elevasi PPV4} &= \text{Elevasi PV4} + E_v \\ &= 214,080 + 0,38 \\ &= 213,7 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c. STA PTV4} &= \text{STA PV4} + (0,5 \times Lv) \\ &= 1+850 + (0,5 \times 36) \end{aligned}$$

$$= 1+868$$

$$\text{Elevasi PTV4} = \text{Elevasi PV4} + (0,5 \times L_v \times gB)$$

$$= 214,080 + (0,5 \times 36 \times 5,79)$$

$$= 318,3 \text{ m}$$

2.3.4 Stationing Alinyemen Vertikal

Tabel 4. 6 Rekap Perhitungan Alinyemen Vertikal

	PLV	PPV	PTV
PV1	1+432	1+450	1+468
PV2	1+632	1+650	1+668
PV3	1+732	1+750	1+768
PV4	1+832	1+850	1+868

Sumber : Perhitungan

2.4 Perhitungan Tebal Perkerasan Lentur

Perkerasan yang akan direncanakan menggunakan perkerasan lentur atau *flexible pavement*.

4.4.1 Data Umum

1. Data lalu lintas harian rata-rata (LHR) tahun 2020 :

Tabel 4. 7 Data Lalu Lintas Harian (LHR) 2020

Jenis Kendaraan	Konfigurasi Sumbu	Jumlah Kendaraan
Kendaraan ringan (2 ton)	1.1	9765
Bus (8 ton)	1.2	121

Truk 2 as (13 ton)	1.2	79
Truk 3 as (20 ton)	1.22	55

Sumber : Mahasiswa UMY

2. Tipe Jalan : 2/2 UD
3. Fungsi Jalan : Kolektor
4. Masa Konstruksi : 1 Tahun
5. Umur Rencana : 10 Tahun
6. Angka Pertumbuhan Lalu Lintas (i1) : 5%
selama rencana
7. Angka Pertumbuhan Lalu Lintas (i2) : 7%
akhir umur rencana
8. Data Curah Hujan : ≥ 900 mm/tahun
9. Kelandaian : $< 6\%$
10. CBR Desain Tanah Dasar : 10%

4.4.2 Perhitungan Lalu Lintas Harian Rata-Rata

LHR_s = Lalu lintas harian rata-ra setiap jenis kendaraan

LHR_p = Lalu lintas harian rata-rata permulaan (tahun 2021)

LHR_A = Lalu lintas harian rata-rata akhir (tahun 2030)

Rumus :

$$LHR_p = LHR_s \times (1+i_1)^{n1}$$

$$LHR_A = LHR_p \times (1+i_2)^{n2}$$

- a. LHRp pada tahun 2021

- Kendaraan ringan (2 ton) = $9765 \times (1+0,05)^1 = 10253$
- Bus (8 ton) = $121 \times (1+0,05)^1 = 127$
- Truk 2 as (13 ton) = $79 \times (1+0,05)^1 = 83$
- Truk 3 as (20 ton) = $55 \times (1+0,05)^1 = 58$

b. LHR_A pada tahun 2031

- Kendaraan ringan 2 ton = $9765 \times (1+0,07)^{10} = 15906$
- Bus 8 ton = $121 \times (1+0,07)^{10} = 197$
- Truk 2 as = $79 \times (1+0,07)^{10} = 128$
- Truk 3 as = $55 \times (1+0,07)^{10} = 89$

Tabel 4. 8 Rekapitulasi Perhitungan LHR

Jenis Kendaraan	LHR_s	LHR_p	LHR_A
Kendaraan Ringan (2 ton)	9765	10253	15906
Bus (8 ton)	121	127	197
Truk 2 as (13 ton)	79	83	128
Truk 3 as (20 ton)	55	58	89

Sumber : Perhitungan

2.4.3 Perhitungan LEP, LEA, LET, LER

Tabel 4. 9 Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

Jenis Kendaraan	Beban sumbu	Angka Ekuivalen
Kendaraan ringan (2 ton)	2 (1+1)	0,002 + 0,002 = 0,004
Bus (8 ton)	8 (3+5)	0,0183 + 0,1410 = 0,1593
Truk 2 as (13 ton)	13 (5+8)	0,1410 + 0,9238 = 1,0648
Truk 3 as (20 ton)	20 (6+14)	0,2923 + 0,7452 = 1,0375

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum

Tabel 4. 10 Angka Ekuivalen Kendaraan

Jumlah Lajur	Kendaraan ringan *)		Kendaraan berat **)	
	1 arah	2 arah	1 arah	2 arah
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	1,00	1,00	1,00	1,00
2	0,60	0,50	0,70	0,50
3	0,40	0,40	0,50	0,475
4	-	0,30	-	0,45
5	-	0,25	-	0,425
6	-	0,20	-	0,4

Sumber Bina Marga, 1987

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

**) Berat total ≥ 5 ton , misalnya : bus , truk, traktor, semi trailer, trailer

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum

Keterangan :

$$\text{Ekivalen sumbu tunggal} = \left(\frac{\text{beban satu sumbu}}{8160} \right)^4$$

$$\text{Ekivalen sumbu ganda} = 0,86 \left(\frac{\text{beban satu sumbu}}{8160} \right)^4$$

Rumus :

$$\text{LEP} = \sum_{j=1}^n \text{LHR}_P \times C_j \times E_j$$

$$\text{LEA} = \sum \text{LEP} \times (1+i)^{UR}$$

$$\text{LET} = \frac{1}{2} \times (\sum \text{LEP} + \sum \text{LEA})$$

$$\text{LER} = \text{LET} \times \frac{UR}{10}$$

a. Kendaraan ringan (2 ton) $\text{LEP} = 9765 \times 0,5 \times 0,004 = 19,53$

b. Bus (8 ton) $\text{LEP} = 121 \times 0,5 \times 0,1593 = 9,64$

c. Truk (13 ton) $\text{LEP} = 79 \times 0,5 \times 1,0648 = 40,46$

d. Truk (20 ton) $\text{LEP} = 55 \times 0,5 \times 1,0375 = 28,53$

$$\sum \text{LEP} = 98,16$$

- $\text{LEA} = \sum \text{LEP} \times (1+i)^{UR}$
 $= 98,16 \times (1+0,07)^{10}$
 $= 193,09$

- $\text{LET} = \frac{1}{2} \times (\sum \text{LEP} + \sum \text{LEA})$
 $= \frac{1}{2} \times (98,16 + 193,09)$
 $= 145,63$

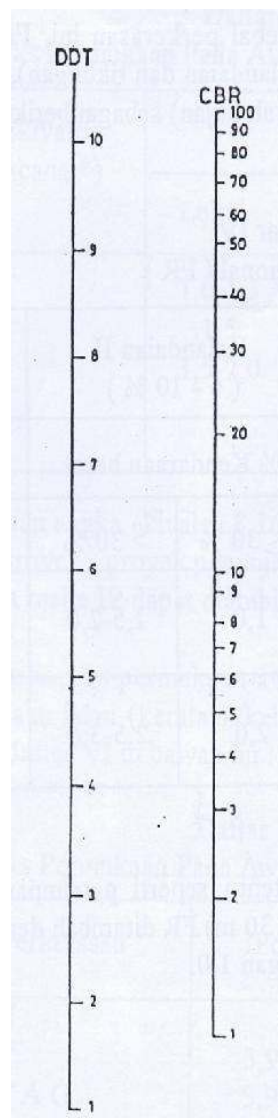
- $\text{LER} = \text{LET} \times \frac{UR}{10}$
 $= 145,63 \times \frac{10}{10}$
 $= 145,63$

2.4.4 Menentukan Daya Dukung Tanag Dasar (DDT), Faktor Regional (FR), Indeks Permukaan Akhir (IPt), dan Indeks Tebal Perkerasan (ITP)

1. Daya Dukung Tanah (DDT)

Harga CBR diambil dari tanah timbunan pilihan.

CBR desain = 10%



Gambar 4. 3 Nomogram DDT dan CBR

Berdasarkan nomogram tersebut didapat nilai DDT = 5,9

Tabel 4. 11 Nilai Faktor Regional

	Kelandaian I (<6%)		Kelandaian II (6–10%)		Kelandaian III (>10%)	
	% kendaraan berat		% kendaraan berat		% kendaraan berat	
	≤ 30%	>30%	≤ 30%	>30%	≤ 30%	>30%
Iklim I < 900 mm/tahun	0,5	1,0 – 1,5	1,0	1,5 – 2,0	1,5	2,0 – 2,5
Iklim II ≥ 900 mm/tahun	1,5	2,0-2,5	2,0	2,5-3,0	2,5	3,0 – 3,5

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 1987

2. Faktor Regional (FR)

Faktor Regional dibentuk oleh alinyemen (kelandaian dan tikungan), persentase kendaraan berat dan yang berhenti serta iklim (curah hujan).

- $$\begin{aligned} \bullet \text{ \% Kendaraan Berat} &= \frac{\text{Jumlah kendaraan berat}}{LHR_p} \times 100\% \\ &= \frac{127+83+58}{10253} \times 100\% \\ &= 2,61\% \leq 30\% \end{aligned}$$
- $$\begin{aligned} \bullet \text{ Kelandaian} &= \frac{\text{Elevasi titik B} - \text{Elevasi titik A}}{\text{Jarak A-B}} \times 100\% \\ &= \frac{333,209 - 329,829}{1500} \times 100\% \\ &= 0,23\% < 6\% \end{aligned}$$
- $$\bullet \text{ Iklim } \geq 900 \text{ mm/tahun}$$

Maka nilai FR = 1,5

3. Indeks Permukaan (IP)

a. Indeks Permukaan Awal (IPo)

Direncanakan Lapisan Permukaan LASTON dengan *Roughness* > 1000 mm/km diperoleh $IPo = 3,9 - 3,5$

Tabel 4. 12 Indeks Permukaan Awal (IPo)

Jenis Lapis perkerasan	IPo	Roughness *) (mm' km)
LASTON	≥ 4	≤ 1000
	3,9 – 3,5	> 1000
LASBUTAG	3,9 – 3,5	≤ 2000
	3,4 – 3,0	> 2000
HRA	3,9 – 3,5	≤ 2000
	3,4 – 3,0	> 2000
BURDA	3,9 – 3,5	< 2000
BURTU	3,4 – 3,0	< 2000
LAPEN	3,4 – 3,0	≤ 3000
	2,9 – 2,5	> 3000
LATASBUM	2,9 – 2,5	
BURAS	2,9 – 2,5	

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum

b. Indeks Permukaan Akhir (IPt)

Dalam menentukan indeks permukaan pada akhir umur rencana (IPt), perlu dipertimbangkan faktor-faktor klasifikasi fungsional jalan dan jumlah lalu lintas ekuivalen rencana (LER) = 145,63 dan klasifikasi jalan termasuk Kolektor, maka $IPt = 2$

Tabel 4. 13 Indeks Permukaan Akhir (IPt)

LER	Klasifikasi Jalan			
	Lokal	Kolektor	Arteri	Tol
< 10	1,0 – 1,5	1,5	1,5 – 2,0	-
10 – 100	1,5	1,5 – 2,0	2,0	-
100 – 1000	1,5 – 2,0	2,0	2,0 – 2,5	-
> 1000	-	2,0 – 2,5	2,5	2,5

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum

c. Indeks Tebal Perkerasan

Dari perhitungan sebelumnya sudah didapat harga:

$$\text{DDT} = 5,9$$

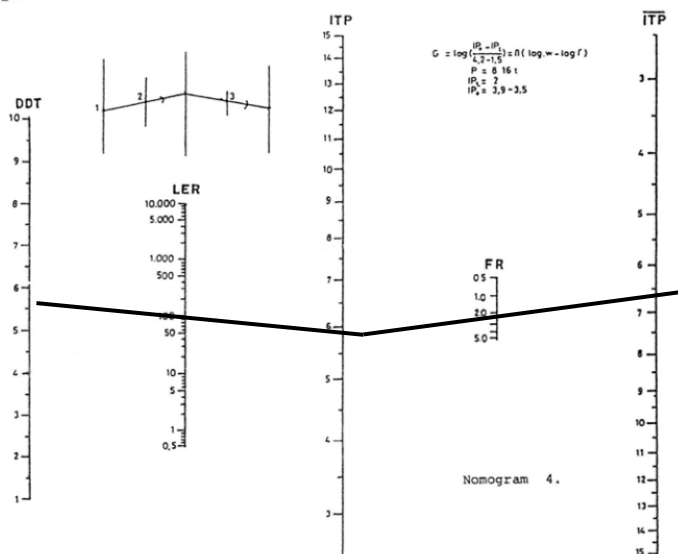
$$\text{FR} = 1,5$$

$$\text{IPt} = 2$$

$$\text{IPo} = 3,9 - 3,5$$

$$\text{LER} = 145,63$$

Nilai untuk Indeks Tebal Perkerasan didapat dari pembacaan nomogram sesuai dengan LER, DDT, IPt, dan FR. Cara pembacaannya ditarik garis sesuai nilai DDT, LER, IPt, dan FR dari nomogram. Dengan melihat Nomogram 4 diperoleh :



Gambar 4. 4 Nomogram 4 untuk IPt = 2 dan IPo = 3,9 – 3,5

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum

Nilai ITP = 6,2

2.4.5 Perhitungan Tebal Perkerasan

1. Menentukan Koefisien Kekuatan Relatif

Koefisien kekuatan relative bahan-bahan yang digunakan sebagai lapis permukaan, lapis pondasi, dan lapis pondasi bawah disajikan dalam tabel berikut :

Tabel 4. 14 Koefisien Kekuatan Relatif

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a1	a2	a3	MS (Kg)	Kt (kg/cm2)	CBR (%)	
0,40			744			LASTON
0,35			590			
0,32			454			
0,30			340			
0,35			744			LABUSTAG
0,31			590			
0,28			454			
0,26			340			
0,30			340			HRA Aspal Makadam LAPEN mekanis LAPEN manual
0,26			340			
0,25						
0,20						
	0,28		590			LASTON ATAS
	0,26		454			
	0,24		340			
	0,23					LAPEN mekanis LAPEN manual
	0,19					
	0,15			22		Stabilitas Tanah dengan semen
	0,13			18		
	0,15			22		Stabilitas tanah dengan kapur
	0,13			18		
	0,14				100	Batu Pecah kelas A
	0,13				80	Batu pecah kelas B
	0,12				60	Batu pecah kelas C
		0,13			70	Sirtu Kelas A
		0,12			50	Sirtu Kelas B
		0,11			30	Sirtu Kelas C
		0,10			20	Tanah Lempung / Kepasiran

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum

- Lapis Permukaan = AC-WC ($a_1=0,3$)
AC-BC ($a_1'=0,3$)
- Lapis Pondasi Atas = Batu Pecah Kelas A ($a_2 = 0,14$)
- Lapis Pondasi Bawah = Batu Pecah Kelas B ($a_3 = 0,13$)

2. Menentukan Tebal Perkerasan

Tabel 4. 15 Tebal Minimum Lapis Permukaan

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
< 3,00	5	Lapis pelindung (Buras/ Burtu/ Burda)
3,00 - 6,70	5	Laston / Aspal Macadam / HRA / Lasbutag / Laston
6,71 - 7,49	7,5	Lapen / Aspal Macadam / HRA / Lasbutag / Laston
7,50 - 9,99	7,5	Lasbutag / laston
> 10,00	10	Laston

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum

Tabel 4. 16 Tebal Minimum Lapis Pondasi

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
< 3,00	15	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur
3,00 - 7,49	20	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur
7,50 - 9,99	20	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadam,
10,00 -12,14	20	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadam, lapen, laston atas
> 12,25	25	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadam, lapen, laston atas

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum

Diperoleh :

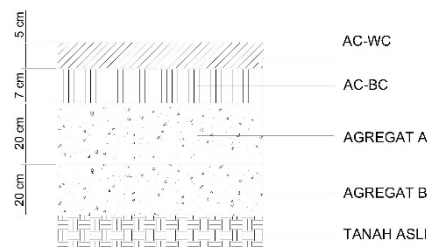
D1 (AC-WC) = 5 cm

D1 (AC-BC) = 7 cm

D2 (LPA) = 20 cm

D3 (LPB) = 20 cm

D1, D2, D3 = Tebal masing-masing lapis permukaan



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Jadi, kesimpulan dari perhitungan Perencanaan Geometrik dan Perkerasan Lentur Jalan Baru LOT 5 Jerukwudel-Baran-Duwet Daerah Istimewa Yogyakarta STA 1+350 – STA 2+500 sebagai berikut :

1. Perhitungan geometrik menggunakan pedoman dari Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, Bina Marga (1997).
2. Perhitungan tebal perkerasan menggunakan pedoman dari Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen (1987).
3. Geometrik jalan terdiri dari tiga jenis tikungan dengan jenis *Full Circle* dan *Spiral-Circle-Spiral* dan terdapat 2 lengkung vertikal cekung dan 2 lengkung vertikal cembung.
4. Tipe perkerasan menggunakan tipe perkerasan lentur dengan 3 jenis lapis perkerasan.

5.2 Saran

Dalam penyusunan Tugas Akhir saya ini, penulis masih banyak kekurangan maka dari itu perlu adanya perhatian beberapa hal dalam menyusun Tugas Akhir seperti:

1. Diperlukan referensi yang lebih luas lagi sebagai pembanding antar metode perencanaan.

2. Data Lalu Lintas Harian Rata-Rata sebaiknya menggunakan data yang spesifikasi pada ruas jalan yang lebih detail lagi.

DAFTAR PUSTAKA

Martakim, S. (1997). *Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota*.

Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga.

RSNI-T-14-2004 (2004). *Pedoman Perencanaan Geometrik Jalan Raya*

Perkotaan. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga.

SKBI – 2.3.26. 1987 UDC : 625.73 (02) (1987). *Petunjuk Perencanaan Tebal*

Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen. Jakarta:

Yayasan Badan Penerbit PU.