

BAB II

PERANCANGAN GEOMETRI DAN PERKERASAN JALAN

2.1 Penentuan Alternatif Trase

Penentuan alternatif trase adalah proses untuk mengevaluasi dan memilih rute atau jalur yang paling optimal untuk suatu proyek atau perencanaan infrastruktur, dengan mengidentifikasi kebutuhan perencanaan. Langkah awal yang perlu diketahui adalah penentuan klasifikasi jalan.

Klasifikasi jalan ialah aspek penting dalam mengidentifikasi pelaksanaan perancangan jalan. Kriteria desain suatu rencana jalan yang telah ditetapkan sesuai dengan standar desain dari klasifikasi jalan raya. Klasifikasi jalan raya terbagi dalam beberapa kelompok (TPGJAK No.038/T/BM/1997), yaitu:

2.1.1 Klasifikasi Jalan Raya

Jalan raya dapat diklasifikasikan berdasarkan beberapa faktor, seperti fungsi, peran dalam sistem jalan, kecepatan maksimum yang diizinkan, dan karakteristik fisiknya. Berikut adalah beberapa klasifikasi umum jalan raya:

1. Jalan Arteri

Jalan arteri adalah jalan raya utama yang menghubungkan pusat kota, kawasan perkantoran, pusat perbelanjaan, dan area penting lainnya. Jalan arteri memiliki lebar yang lebih besar, kecepatan maksimum yang lebih tinggi, dan melayani volume lalu lintas yang tinggi.

2. Jalan Kolektor

Jalan kolektor adalah jalan yang menghubungkan jalan lokal dengan jalan arteri utama. Jalan kolektor berfungsi untuk melayani lalu lintas dari jalan-jalan lokal dan membantu mengurangi kepadatan lalu lintas di kawasan tersebut.

3. Jalan Lokal

Jalan lokal adalah jalan yang terletak di dalam lingkungan perkotaan atau permukiman. Jalan lokal biasanya memiliki kecepatan yang lebih rendah dan digunakan untuk menghubungkan daerah perumahan, toko, sekolah, dan fasilitas lainnya di lingkungan tersebut.

2.1.2 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

Klasifikasi pada kelas jalan berkaitan dengan keahlian jalan guna menerima beban lalu lintas yang dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST), dalam Klasifikasi menurut fungsi, kelas beban, dan medan. Seperti pada Tabel 2.1 dan Tabel 2.2 berikut ini :

Tabel 2.1 Ketentuan Klasifikasi : Fungsi, Kelas Beban

Kelas Jalan	Fungsi Jalan	Dimensi Kendaraan Maksimum		Muatan Sumbu Terberat (ton)
		Panjang (m)	Lebar (m)	
I	Arteri	18	2,5	>10
II		18	2,5	10
III A		18	2,5	8
III A	Kolektor	18	2,5	8
III B		13	2,5	8
III C	Lokal	9	2,1	8

(Sumber : RSNI Geometrik Jalan Perkotaan No T/14/2004)

Tabel 2.2 Ketentuan Klasifikasi : Medan

Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan (%)
Datar	D	< 3
Perbukitan	B	3 - 25
Pegunungan	G	< 25

(Sumber: TPGJAK No 038/T/BM/1997)

Berdasarkan Tabel 2.1, klasifikasi jalan yang digunakan adalah kelas jalan Arteri 1 dengan dimensi kendaraan panjang 18 m dan lebar 2,5 m, dan muatan sumbu lebih besar dari 10 ton.

Tabel 2.3 Kriteria Desain Jalan

Data Diketahui		
Fungsi Jalan	Arteri Kelas I	
LHRT Tahun Rencana	50000	smp/hari
Kriteria Desain		
Klasifikasi Medan	Bukit	
Konfigurasi Jalan	4/2-T	
Kecepatan Rencana	80	km/h
Lebar Rumaja	24	m
Lebar Rumija	25	m
Lebar Ruwasja	15	m
Lebar Lajur	3,5	m
Lebar Bahu Dalam	0,5	m
Lebar Bahu Luar	1,5	m
Lebar Median	1,5	m
Superelevasi Normal	2	%
Superelevasi Bahu	6	%
Superelevasi Maksimum	8	%
Kelandaian Maksimum	6	%

2.1.3 Klasifikasi Jalan Menurut Volume Lalu Lintas

Kelas jalan sesuai dengan Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya (PPGJR 1997), klasifikasi jalan dikelompokkan menurut kapasitas lalu lintas harian rata-rata (LHR) yang dilayani dalam satuan mobil penumpang (SMP) dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Klasifikasi Kelas Jalan

No	Fungsi	Kelas	Lalu Lintas Harian Rata – rata (SMP)
1	Arteri	I	>20.000
2	Kolektor	II A	6.000 – 20.000
		II B	1500 – 8000
		II C	<2000
3	Lokal	III	-

(Sumber: Departemen PU, Ditjenn Bina Marga 1997)

Pada Tabel 2.4 dengan klasifikasi jalan arteri kelas 1 digunakan LHR lebih besar dari 20.000 SMP.

2.2 Studi Kelayakan Pembangunan Jalan

Studi kelayakan jalan adalah proses evaluasi yang dilakukan untuk menentukan kelayakan dari segi teknis, ekonomi, sosial, dan lingkungan. Studi ini bertujuan untuk memastikan bahwa pembangunan jalan tersebut memberikan manfaat yang signifikan dan meminimalisir resiko kecelakaan dan dampak kerusakan jalan. Berikut beberapa studi kelayakan dalam merencanakan pembangunan jalan.

2.2.1 Jalan

Jalan raya adalah jalur - jalur tanah di atas permukaan bumi yang dibuat oleh manusia dengan bentuk, ukuran - ukuran dan jenis konstruksinya sehingga dapat digunakan untuk menyalurkan lalu lintas orang, hewan dan kendaraan yang mengangkut barang dari suatu tempat ke tempat lainnya dengan mudah dan cepat (Oglesby,1999).

Menurut UU RI No. 38 Tahun 2004, jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah atau air, seta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, dan jalan kabel.

2.2.2 Jalan Perkotaan

Jalan perkotaan adalah jalan yang terdapat perkembangan secara permanen dan menerus di sepanjang atau hampir seluruh jalan, minimum pada satu sisi jalan, baik berupa perkembangan lahan atau bukan. Jalan di atau dekat pusat perkotaan dengan penduduk lebih dari 100.000 digolongkan dalam kelompok ini. Jalan di daerah perkotaan dengan jumlah penduduk yang kurang dari 100.000 juga digolongkan dalam kelompok ini jika perkembangan samping jalan tersebut bersifat permanen dan terus menerus (MKJI ,1997). Tipe jalan pada perkotaan adalah sebagai berikut:

1. Jalan empat lajur dua arah (4/2)

Tipe jalan ini meliputi semua jalan dua arah dengan lebar jalur lalu lintas lebih dari 10,5 m dan kurang dari 16 m. Untuk desa Nglanggeran menggunakan tipe jalan seperti berikut:

2. Jalan empat jalur dua arah terbagi (4/2 D)

Kondisi dasar tipe jalan ini didefinisikan sebagai berikut:

- a. lebar lajur 3,5 m (lebar jalur lalu lintas total 14,0 m),
- b. kereb (tanpa bahu),
- c. jarak antara kereb dan penghalang terdekat pada trotoar ≥ 2 m,
- d. ada median,
- e. hambatan samping rendah,
- f. ukuran kota 1,0 - 3,0 juta,
- g. tipe alinyemen datar.

2.2.3 Sistem Jaringan Jalan

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 34 Tahun 2006, fungsi dari sistem jaringan jalan adalah ruas jalan yang saling menghubungkan dan mengikat pusat pertumbuhan dengan wilayah yang berada dalam pengaruh pelayanannya. Sistem jaringan jalan di Desa Nglanggeran yaitu menggunakan sistem jaringan jalan sekunder yang merupakan sistem jaringan jalan yang disusun berdasarkan rencana tata ruang wilayah kabupaten/kota dan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk masyarakat di dalam kawasan perkotaan yang menghubungkan secara menerus kawasan yang mempunyai fungsi primer, fungsi sekunder pertama, fungsi sekunder kedua, fungsi sekunder ketiga, dan seterusnya sampai ke persil. Sistem jaringan sekunder ini terdiri dari :

1. jalan arteri sekunder adalah jenis jalan raya yang memiliki peran penting dalam sistem jaringan jalan, tetapi berada ditingkatan yang lebih rendah dari pada jalan arteri utama. Jalan arteri sekunder biasanya menghubungkan daerah-daerah penting dalam suatu kawasan atau wilayah dengan jalan arteri utama atau jalan tol,
2. jalan kolektor sekunder adalah jalan yang menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder kedua atau kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder ketiga,
3. jalan lokal sekunder adalah jenis jalan raya yang berada di tingkatan terendah dalam sistem jaringan jalan. Jalan ini biasanya terletak di dalam lingkungan permukiman atau daerah perkotaan dan berfungsi untuk menghubungkan area perumahan, fasilitas lokal, dan jalan-jalan kecil di dalam lingkungan tersebut,

4. jalan lingkungan sekunder adalah jalan yang menghubungkan antarpersil dalam kawasan perkotaan.

2.2.4 Karakteristik Geometrik Jalan

Karakteristik geometrik jalan mengacu pada elemen-elemen fisik dan desain jalan yang mempengaruhi penggunaan, keselamatan, dan efisiensi lalu lintas. Berikut adalah beberapa karakteristik geometrik jalan yang perlu diperhatikan:

1. Tipe jalan

Berbagai tipe jalan akan menunjukkan kinerja berbeda pada pembebanan lalu lintas tertentu. Tipe jalan ditunjukkan dengan potongan melintang jalan yang ditunjukkan oleh jalur dan arah pada setiap segmen jalan (MKJI, 1997).

2. Lebar jalur dan lajur lalu lintas

Jalur lalu lintas adalah setiap bagian dari perkerasan jalan yang diperuntukkan bagi lalu lintas kendaraan. Satu jalur terdiri dari beberapa jalur kendaraan. Jalur lalu lintas adalah bagian dari jalur lalu lintas yang didedikasikan untuk lewatnya serangkaian kendaraan dalam satu arah. Lebar lajur merupakan bagian jalan yang paling menentukan lebar melintang jalan (Sukirman, 1994).

3. Bahu jalan

Menurut Sukirman, 1994, bahu jalan adalah jalur yang terletak berdampingan dengan jalur lalu lintas dan berfungsi sebagai :

- a. ruangan untuk tempat berhenti sementara bagi kendaraan yang mogok atau sekedar berhenti karena pengemudi ingin berorientasi mengenai jurusan yang akan ditempuh atau untuk beristirahat,
- b. memberikan sokongan pada konstruksi perkerasan jalan dari samping,
- c. ruangan pembantu pada waktu mengerjakan pekerjaan perbaikan atau pemeliharaan jalan (tempat meletakkan alat dan material),
- d. ruangan untuk menghindarkan diri dari saat - saat darurat sehingga dapat mencegah terjadinya kecelakaan.

2.3 Alinyemen Horizontal

Alinyemen adalah proyeksi sumbu jalan ke bidang horizontal. Alinyemen horizontal terdiri dari bagian lurus dan bagian melengkung (juga dikenal sebagai belokan). Secara umum, pengaturan alinyemen horizontal harus menjamin keamanan dan kenyamanan pengguna jalan. Untuk itu perlu diperhatikan hal-hal berikut:

- a. hindari *broken back*, artinya tikungan satu arah yang hanya dipisahkan oleh garis singgung yang sangat pendek mengurangi keamanan dan kenyamanan pengguna jalan,
- b. pada sisi yang relatif lurus dan panjang terdapat tikungan tajam secara tiba-tiba yang dapat membahayakan keselamatan pengemudi,
- c. jangan gunakan radius minimum jika tidak perlu, karena jalan sulit mengikuti perkembangan di masa mendatang,
- d. jika terpaksa menghadapi tikungan ganda, maka dalam perencanaan harus diusahakan agar jari-jari (r_1) kurang atau sama dengan jari-jari tikungan kedua (r_2) x 1,5,
- e. sedapat mungkin hindari tikungan yang terbalik dengan mendadak,
- f. hindarkan tikungan yang tajam pada timbunan yang tinggi.

2.3.1 Penentuan Trase Jalan

Dalam perencanaan alinyemen horizontal, semua ruas jalan harus dapat memberikan pelayanan yang sepadan dengan fungsinya serta keselamatan dan kenyamanan pengguna jalan. Untuk membangun jalan yang ideal, harus memperhatikan kondisi berikut:

1. Syarat Ekonomis
 - a. Gambar alinyemen jalan tanpa memotong kontur terlalu banyak, sehingga menghemat biaya pekerjaan galian dan timbunan.
 - b. Menyediakan material dan tenaga kerja yang diperkirakan tidak jauh dari lokasi proyek untuk menekan biaya.

2. Syarat Teknis

Tujuannya adalah untuk menemukan jalan yang memberikan keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan. Oleh karena itu, harus memperhatikan medan lokasi jalan

tersebut. Sehingga dapat membuat perencanaan sesuai dengan kondisi setempat.

2.3.2 Bagian Lurus

Mempertimbangkan faktor keselamatan pengguna jalan dari segi kelelahan berkendara, panjang jalan maksimum ruas jalan lurus yang harus ditempuh dalam waktu 2,5menit yang terdapat pada Tabel 2.5 (sesuai VR pada Tabel 2.5).

Tabel 2.5 Panjang Bagian Lurus Maksimum

Fungsi Jalan	Panjang Bagian Lurus Maksimum		
	Datar	Perbukitan	Pegunungan
Arteri	3.000	2.500	2.000
Kolektor	2.000	1.750	1.500

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Antar Kota, Depertemen PU, Ditjen Bina Marga, 1997)

2.3.3 Bagian Tikungan

Dalam merencanakan sebuah tikungan perlu memenuhi beberapa kriteria, antara lain:

1. Jari-Jari minimum

Agar kendaraan stabil saat melalui tikungan, perlu dibuat suatu kemiringan melintang jalan pada tikungan yang disebut superelevsi (e). Pada saat kendaraan melalui daerah superelevasi, akan terjadi gesekan melintang jalan antara ban dengan permukaan aspal yang menimbulkan gaya gesekan melintang. Perbandingan gaya gesekan melintang dengan gaya normal disebut koefisien gesekan melintang (f). Untuk pertimbangan perencanaan panjang jari-jari minimum untuk berbagai variasi kecepatan dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Panjang Jari-Jari Minimum Untuk emaks = 10%

V_R (km/jam)	120	100	90	80	60	50	40	30	20
R_{min} (m)	600	370	280	210	115	80	50	30	15

(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Antar Kota, Depertemen PU, Ditjen Bina Marga, 1997)

Berdasarkan Tabel 2.6 nilai V_R yang digunakan adalah 80 km/jam dengan jari jari minimum R_{min} = 210 m.

2. Jenis-Jenis Tikungan

Dalam desain kurva perlu diketahui hubungan antara kecepatan desain dan kemiringan melintang jalan (superelevasi), karena kurva yang direncanakan harus mampu mereduksi gaya sentrifugal secara bertahap dari nol. Bentuk tikungan dalam perencanaan tersebut adalah :

1. Tikungan *Full Circle* (FC)

Bentuk tikungan ini digunakan untuk tikungan dengan jari-jari besar dan sudut tangen yang relatif kecil. Atas dasar itu maka perencanaan tikungan dapat memberikan keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan raya, dalam merencanakan tikungan perlu memperhatikan hal-hal sebagai berikut:

1) Lengkung Peralihan

Lengkung peralihan adalah suatu lengkung dengan jari-jari tetap R , yang disisipkan diantara bagian jalan yang lurus dan bagian jalan yang melengkung dan perannya adalah untuk memprediksikan perubahan jalan dari bentuk lurus (R tak terhingga) menjadi bentuk melengkung. Sebagian jalan memiliki jari-jari tetap R . Sehingga gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan saat mengemudi di tikungan berangsur-angsur berubah saat kendaraan mendekati dan meninggalkan tikungan.

Bentuk lengkung peralihan bisa berbentuk parabola atau spiral (*clothoid*). Bentuk spiral digunakan dalam proses ini. Panjang lengkung peralihan (L) ditentukan berdasarkan:

- a. waktu perjalanan di lengkungan peralihan perlu dibatasi untuk menghindari kesan perubahan alinyemen yang tiba-tiba, dan diatur ke 3 detik (pada kecepatan V_R),
- b. gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan diharapkan secara bertahap turun dengan aman dalam lengkung peralihan,
- c. kemiringan bentang (r_e) dari kemiringan normal ke kemiringan superelevasi penuh, tidak boleh bervariasi lebih dari r_{e-max} yang ditentukan sebagai berikut:

- a) untuk $V_R \leq 70$ km/jam, $r_{e-max} = 0,035$ m/detik,

- b) untuk $V_R \leq 80$ km/jam, $r_{e-max} = 0,025$ m/detik.
- d. L_s ditentukan dari 3 rumus di bawah ini dan diambil nilai yang terbesar:

- a) Berdasarkan waktu tempuh maksimum di lengkung peralihan

$$L_s = \frac{V_R}{3.6} T \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

T = waktu tempuh pada lengkung peralihan, ditetapkan 3 detik,

V_R = kecepatan rencana (km/jam).

- b) Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal

$$L_s = 0.022 \cdot \frac{V_R^3}{R \cdot C} - 2.727 \cdot V_R^e / C \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

R_c = jari-jari busur lingkaran,

C = perubahan kecepatan, $0.3 - 1.0$ m/dt³ (disarankan $0,4$ m/dt³).

- c) Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian,

$$L_s = \frac{(e_m - e_n) V_R}{3.6 r_e} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

V_R = kecepatan rencana (km/jam),

e_m = superelevasi maksimum,

e_n = superelevasi normal,

r_e = tingkat pencapaian perubahan kemiringan melintang.

2. Kemiringan melintang

Kemiringan melintang atau kemiringan bagaian jalan sepanjang lengkungan peralihan antara tepi luar permukaan jalan dan garis tengah disebut kemiringan relatif. Realisasi tikungan jenis *full circle* untuk dapat menggambarkan realisasi lereng dari kemiringan normal ke kemiringan penuh, pertama-tama harus menghitung lengkungan (L_s'). Adapun L_s' dihitung dari kemiringan relatif maksimum, dan L_s' dapat dihitung

menggunakan rumus berikut:

$$L_s' = (e + e_n) \cdot B \cdot 1/m \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana :

$1/m$ = landai relatif (%),

e = superelevasi (m/m'),

e_n = kemiringan melintang normal (m/m'),

B = lebar jalur (m).

3. Kebebasan Samping

Area bebas samping di tikungan adalah ruang untuk memberikan pandangan yang jelas kepada pengemudi terhadap rintangan di sisi jalan (*side clear area*). Daerah bebas samping dimaksudkan untuk memberikan visibilitas yang baik pada saat menikung dengan membebaskan obyek-obyek penghalang sejauh M (m), diukur dari garis tengah lajur dalam sampai obyek penghalang pandangan sehingga persyaratan J_h dipenuhi. Daerah bebas samping di tikungan dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut :

a) Berdasarkan jarak pandang henti

$$M = R(1 - \cos \theta) \dots \dots \dots (2.5)$$

b) Berdasarkan jarak pandang mendahului

$$M = R(1 - \cos \theta) + \frac{1}{2}(S - L) \sin \theta \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana :

M = jarak dari penghalang ke sumbu lajur sebelah dalam (m),

θ = setengah sudut pusat sepanjang L ($^\circ$),

R = radius sumbu lajur sebelah dalam (m),

S = jarak pandangan (m),

L = panjang tikungan (m).

2.3.4 Jenis Tikungan

1. Tikungan *Full Circle* (FC)

Jenis tikungan *full circle* ini adalah jenis tikungan yang paling ideal dalam keselamatan dan kenyamanan pengemudi dan kendaraan. Tetapi mengingat penggunaan lahan dan biaya konstruksi yang relatif terbatas, jenis tikungan ini merupakan pilihan yang sangat mahal. Batasan penggunaan *full circle* yang diizinkan adalah sebagai berikut sesuai Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Jari-Jari Minimum Yang Tidak Memerlukan Lengkung Peralihan

V (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jari-jari minimum (m)	2500	1500	900	500	350	250	130	60

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Antar Kota, Departemen PU, Ditjen Bina Marga, 1997)

Rumus-rumus yang digunakan pada tikungan *full circle*, yaitu :

$$R_{min} = \frac{v^2}{127(e_{max} + f_m)} \dots \dots \dots (2.7)$$

$$D_{max} = \frac{1432,4}{R_{min}} \quad D = \frac{1432,4}{R} \dots \dots \dots (2.8)$$

$$e = -\frac{e_{max}}{D_{max}^2} D^2 + \frac{2 \cdot e_{max}}{D_{max}} D \dots \dots \dots (2.9)$$

$$L_S' = (e + e_n) \cdot \frac{1}{2} \cdot B \cdot m \dots \dots \dots (2.10)$$

$$L'_s = 0,022 \cdot \frac{v^3}{R \cdot c} - 2,272 \cdot \frac{v \cdot e}{c} \dots \dots \dots (2.11)$$

$$T_c = R \tan \frac{1}{2} \Delta \dots \dots \dots (2.12)$$

$$E_c = R \tan^2 \frac{1}{4} \Delta \dots \dots \dots (2.13)$$

$$L_c = \frac{\pi}{180} \Delta R \dots \dots \dots (2.14)$$

Dimana :

Δ = sudut tikungan atau sudut tangen,

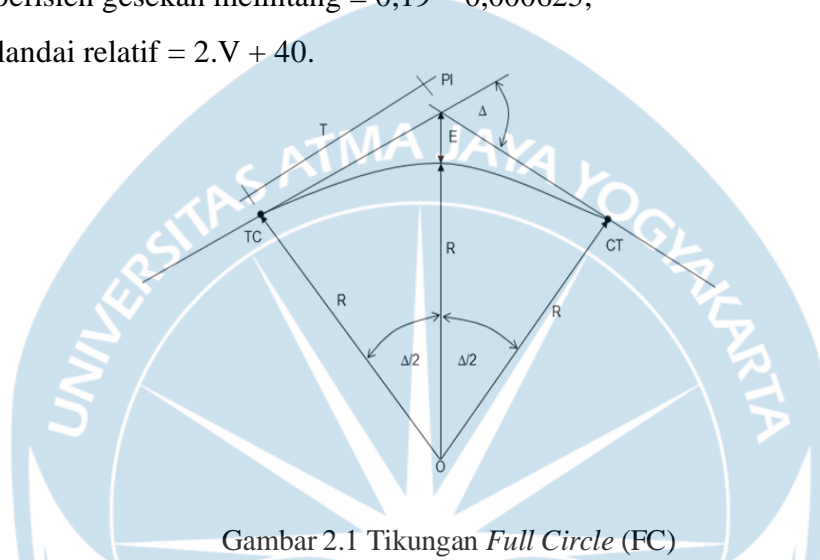
T_c = jarak T_c dan PI,

R = jari-jari,

E_c = jarak PI ke busur lingkaran,

L_c = panjang busur lingkaran,

- L_s = lengkung peralihan fiktif,
- D = derajat lengkung,
- V = kecepatan,
- B = lebar Jalan,
- C = perubahan percepatan,
- f_m = koefisien gesekan melintang = $0,19 - 0,000625V$,
- V_m = landai relatif = $2.V + 40$.



Gambar 2.1 Tikungan *Full Circle* (FC)

2. Tikungan *Spiral-Circle-Spiral* (SCS)

Jenis tikungan ini banyak digunakan di daerah perbukitan atau pegunungan, karena jenis tikungan ini memiliki lengkung peralihan yang dapat membuat perubahan menikung tidak mendadak dan tikungan aman.

Jari-jari tikungan *spiral-circle-spiral* ini harus konsisten dengan kecepatan dan tidak menyebabkan kemiringan tikungan melebihi nilai maksimum yang ditentukan, yaitu :

1. kemiringan maksimum antar jalan kota : 0,10,
2. kemiringan maksimum jalan dalam kota : 0,08.

Berikut rumus-rumus yang digunakan pada tikungan *spiral-circle-spiral*, yaitu :

$$R_{min} = \frac{v^2}{127 (e_{max} + f_m)} \dots\dots\dots(2.15)$$

$$D_{max} = \frac{1432,4}{R_{min}} \quad D = \frac{1432,4}{R} \dots\dots\dots(2.16)$$

$$e = -\frac{e_{max}}{D_{max}^2} D^2 + \frac{2 \cdot e_{max}}{D_{max}} D \dots\dots\dots(2.17)$$

$$L's = (e + e_t) \cdot \frac{1}{2} \cdot B \cdot m \dots \dots \dots (2.18)$$

$$L's = 0,022 \cdot \frac{v^3}{R \cdot c} - 2,272 \cdot \frac{v \cdot e}{c} \dots \dots \dots (2.19)$$

$$Ts = (R + P) \tan \frac{1}{2} \Delta + k \dots \dots \dots (2.20)$$

$$Es = \frac{(R+P)}{\cos \frac{1}{2} \Delta} - R \dots \dots \dots (2.21)$$

$$L = Lc + 2 Ls \dots \dots \dots (2.22)$$

$$\Delta = \Delta - 2 \cdot \theta s \dots \dots \dots (2.23)$$

Dimana :

Δ = sudut tikungan atau sudut tangen,

Ts = titik perubahan dari tangen ke spiral,

R = jari – jari,

Es = jarak PI ke busur lingkaran,

Lc = panjang lengkung lingkaran,

Ls = lengkung peralihan fiktif,

D = derajat lengkung,

V = kecepatan,

B = lebar jalan,

C = perubahan percepatan,

fm = koefisien gesekan melintang = 0,19 – 0,000625,

Vm = landai relatif = 2.V + 40,

Kontrol: Lc > 20m,

$$L > 2 Ts.$$

Jika L < 20 m, gunakan jenis tikungan *spiral-spiral*

E_s = jarak PI ke busur lingkaran

L_c = panjang lengkung lingkaran

L_s = lengkung peralihan fiktif

D = derajat lengkung

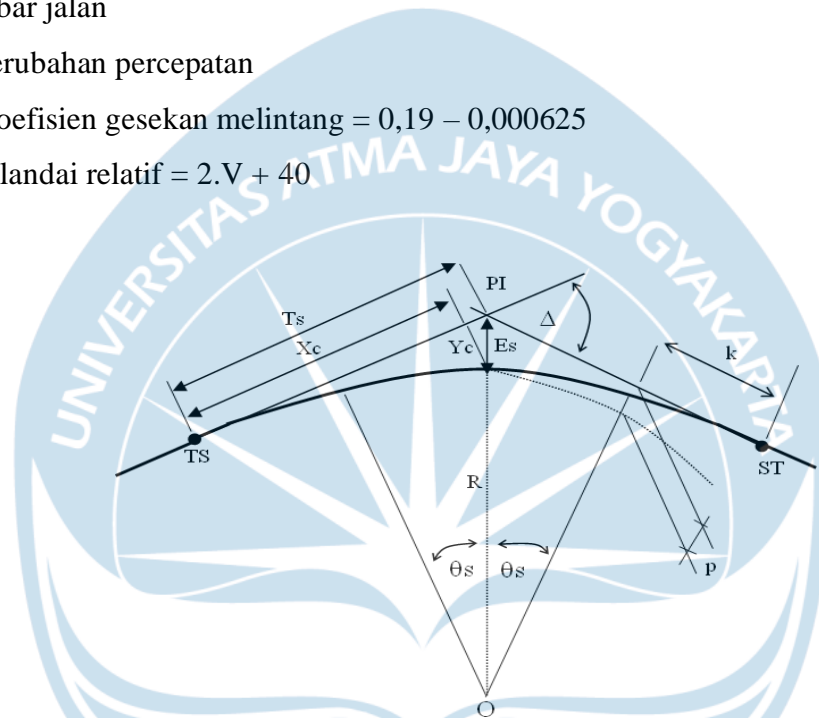
V = kecepatan

B = lebar jalan

C = perubahan percepatan

f_m = koefisien gesekan melintang = $0,19 - 0,000625V$

V_m = landai relatif = $2,0V + 40$



Gambar 2.3 Tikungan *Spiral-Spiral*

2.3.5 Superelevasi

Penggambaran superelevasi adalah untuk menentukan kemiringan bagian jalan tertentu untuk memfasilitasi konstruksi atau implementasi dilapangan.

4. Pencapaian Superelevasi

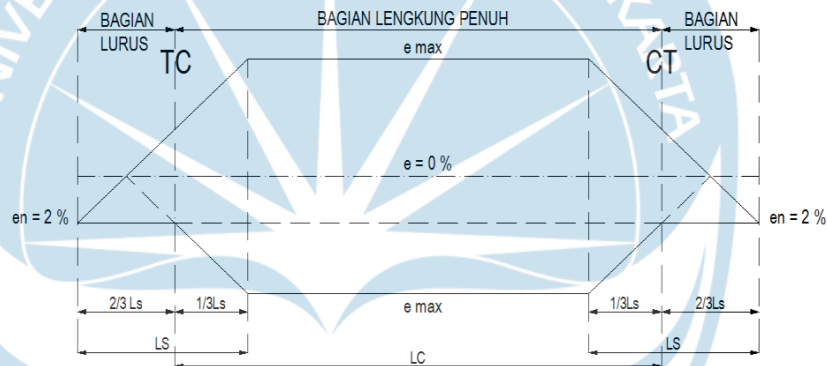
- a) Superelevasi dapat diwujudkan secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian lurus hingga kemiringan penuh (superelevasi) pada bagian melengkung.
- b) Pada tikungan *spiral-circle-spiral*, realisasi superelevasi berlangsung secara linier, mulai dari bentuk normal hingga lengkung peralihan (TS) yang terbentuk pada ruas jalan yang lurus, dan berlanjut hingga superelevasi penuh

pada akhir bagian lengkung peralihan.

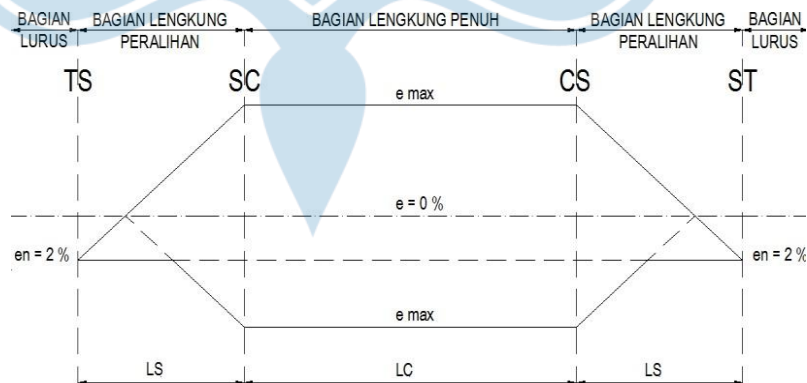
- c) Pada *full circle*, realisasi superelevasi dilakukan secara linier, dimulai dari penampang garis lurus sebesar $2/3 L_s$ hingga penampang lingkaran penuh sebesar $1/3 L_s$. Pada tikungan *spiral- spiral*, superelevasi diwujudkan seluruhnya pada bagian spiral. Jika radiusnya cukup besar, superelevasi tidak diperlukan karena cukup untuk memutar kemiringan luar menjadi sebesar lereng normal (LN) atau bahkan mempertahankan lereng normal (LN).

5. Diagram Superlevasi

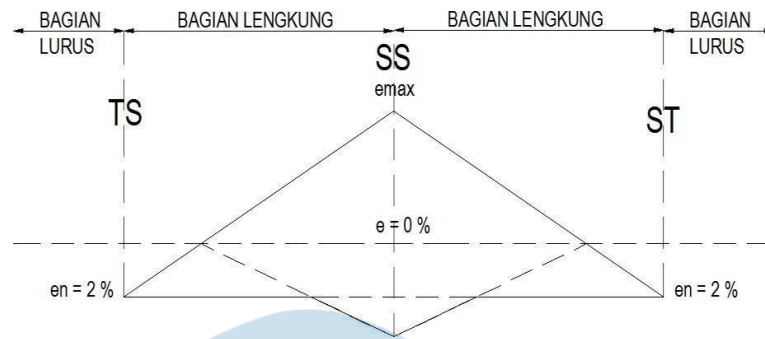
Diagram superelevasi terbagi menjadi tiga sesuai dengan jenis tikungan yang bertujuan untuk mempermudah dalam menghitung kemiringan jalan pada titik desain jalan yang akan dirancang seperti pada gambar berikut.



Gambar 2.4 Diagram Superelevasi *Full Circle*



Gambar 2.5 Diagram Superelevasi *Spiral-Circle-Spiral*



Gambar 2.6 Diagram Superelevasi *Spiral – Spiral*

2.3.6 Stationing

Penomoran (*stationing*) panjang jalan pada tahap perencanaan adalah memberikan nomor pada interval-interval tertentu dari awal pekerjaan. Nomor jalan (STA Jalan) dibutuhkan sebagai sarana komunikasi untuk dengan cepat mengenali lokasi yang sedang dibicarakan, selanjutnya menjadi panduan untuk lokasi suatu tempat. Nomor jalan ini sangat bermanfaat pada saat pelaksanaan dan perencanaan. Disamping itu dari penomoran jalan tersebut diperoleh informasi tentang panjang jalan secara keseluruhan. Setiap STA jalan dilengkapi dengan gambar potongan melintangnya.

Adapun interval untuk masing-masing penomoran jika tidak adanya perubahan arah tangen pada alinyemen horizontal maupun alinyemen vertikal adalah sebagai berikut :

6. setiap 100 m, untuk daerah datar,
7. setiap 50 m, untuk daerah bukit,
8. setiap 25 m, untuk daerah gunung.

Nomor jalan (STA Jalan) ini sama fungsinya dengan patok-patok kilometer (km) disepanjang jalan, namun juga terdapat perbedaannya antara lain :

1. patok kilometer merupakan petunjuk jarak yang diukur dari patok km 0, yang umumnya terletak di ibu kota provinsi atau kota, sedangkan patok STA merupakan petunjuk jarak yang diukur dari awal sampai akhir pekerjaan,
2. patok kilometer berupa patok permanen yang dipasang dengan ukuran standar yang berlaku, sedangkan patok STA merupakan patok sementara selama masa pelaksanaan proyek jalan tersebut.

2.3.7 Perhitungan Alinyemen Horizontal

Pada penentuan tikungan dengan Alinyemen horizontal digunakan tikungan tipe *Spiral-Circle-Spiral* karena perencanaan jalan desa Nglanggeran pada daerah perbukitan. Sehingga didapatkan hasil perhitungan Tabel 2.8 sebagai berikut:

Tabel 2.8 Perhitungan Alinyemen Horizontal Tikungan 1

Tikungan SCS													
Δ	87,944	87,944	87,944	87,944	87,944	87,944	87,944	87,944	87,944	87,944	87,944	87,944	87,944
R (m)	400	500	600	700	800	900	1000	1200	1300	1400	1500	2000	2500
ed tabel (%)	8	7,6	7	6,4	5,8	5,4	4,8	4,2	4	3,8	3,4	2,8	2,2
Ls 1 (MRG)	95,45	90,68	83,52	76,36	69,20	64,43	57,27	50,11	47,73	45,34	40,57	33,41	26,25
Ls 2 (Table)	96,00	93	86	79	71	66	59	52	49	47	42	34	27
Ls 3 (GALA)	44,58	35,67	29,72	25,48	22,29	19,81	17,83	14,86	13,72	12,74	11,89	8,92	7,13
Ls 4 (Min, DC)	43,82	48,99	53,67	57,97	61,97	65,73	69,28	75,89	78,99	81,98	84,85	97,98	109,54
Ls max	97,98	109,54	120,00	129,61	138,56	146,97	154,92	169,71	176,64	183,30	189,74	219,09	244,95
Ls desain	97,00	100,00	110,00	120,00	130,00	140,00	150,00	160,00	170,00	180,00	180,00	200,00	220,00
Cek Ls	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Ltr	24,250	26,316	31,429	37,500	44,828	51,852	62,500	76,190	85,000	94,737	105,882	142,857	200,000
Cek Ltr AB/BC	NOT OK	NOT OK	NOT OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Cek Ltr CE	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	NOT OK
Θ_s	6,947	5,730	5,252	4,911	4,655	4,456	4,297	3,820	3,746	3,683	3,438	2,865	2,521
Δ_c	74,050	76,485	77,440	78,122	78,634	79,032	79,350	80,305	80,452	80,578	81,069	82,215	82,902
Lc (m)	516,968	667,460	810,952	954,444	1097,936	1241,428	1384,920	1681,904	1825,396	1968,888	2122,380	2869,840	3617,299
Yc (m)	3,920	3,333	3,361	3,429	3,521	3,630	3,750	3,556	3,705	3,857	3,600	3,333	3,227
Xc (m)	96,857	99,900	109,908	119,912	129,914	139,915	149,916	159,929	169,927	179,926	179,935	199,950	219,957
k (m)	48,476	49,983	54,985	59,985	64,986	69,986	74,986	79,988	84,988	89,988	89,989	99,992	109,993
p (m)	0,984	0,835	0,842	0,859	0,882	0,909	0,939	0,890	0,927	0,965	0,901	0,834	0,807
CEK p	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Ts (m)	435,326	533,165	634,648	736,140	837,638	939,139	1040,644	1238,549	1340,060	1441,572	1537,986	2030,300	2522,651
Es (m)	157,172	195,917	234,878	273,852	312,835	351,824	390,817	468,652	507,655	546,659	585,521	780,185	974,904
L total	710,968	867,460	1030,952	1194,444	1357,936	1521,428	1684,920	2001,904	2165,396	2328,888	2482,380	3269,840	4057,299
A	196,9772	223,6068	256,9047	289,8275	322,4903	354,9648	387,2983	438,178	470,1064	501,996	519,6152	632,4555	741,6198
Cek A	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	NOT OK	NOT OK
d (A-PI1)	1270,81	1270,81	1270,81	1270,81	1270,81	1270,81	1270,81	1270,81	1270,81	1270,81	1270,81	1270,81	1270,81
CEK d	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	NOT OK	NOT OK	NOT OK	NOT OK	NOT OK

Berdasarkan Tabel 2.8 digunakan data pada kolom berwarna kuning dengan rencana desain sudut tikungan $\Delta = 87,944^\circ$, jari-jari $R = 700$ m, $e = 6,4\%$ dan $L_s = 120$. Sehingga data secara keseluruhan dinyatakan “ok” untuk digunakan sebagai nilai perencanaan tikungan pada *Civil 3D* agar tidak mengalami error. Berikut adalah langkah-langkah perhitungan tikungan *spiral-circle-spiral* berdasarkan persamaan (2.15) sampai (2.23).

1. Tikungan I

Klasifikasi Jalan : Arteri Jalan Kelas I

$$\Delta = 87,944^\circ$$

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

$$E_{\max} = 8\% = 0.08$$

Lebar jalur 3,5 meter

$$R_{\min} = \frac{Vr^2}{127(e_{\max} + f)} = \frac{80^2}{127(0,08 + 0,12)} = 251,9685 \text{ m}$$

Dari tabel : $R_{\text{desain}} = 700\text{m}$; $L_{\text{Sdesain}} = 120$; $e = 6,4$

$$L_s = 2\theta_s R_c \rightarrow \theta_s = \frac{L_s}{2R_c} = \frac{120}{2 \cdot 700} \times \frac{360}{2\pi} = 4,911^\circ$$

$$\Delta = 2\theta_s + \Delta_c \rightarrow \Delta_c = \Delta - 2\theta_s = 87,944^\circ - 2(4,919) = 78,122$$

$$L_c = \frac{\Delta_c}{360} 2\pi r = \frac{78,122}{360} 2\pi \times 700 = 954,440 \text{ m}$$

$$Y_s = \frac{L_s^3}{6R_c \cdot L_s} = \frac{120^3}{(6 \cdot 700) \cdot 120} = 3,429 \text{ m}$$

$$X_s = L - \frac{L_s^5}{40R_c^3 \cdot L^3} = 70 - \frac{120^5}{40 \cdot 6^3 \cdot 70^3} = 61,603$$

$$\theta_s = 4,911^\circ \rightarrow p = 0,859 \text{ m}$$

$$\theta_s = 4,911^\circ \rightarrow k = 59,985 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} E_s &= (R_c + P) \sec \frac{\Delta}{2} - R_c \\ &= (700 + 0,859) \sec \frac{78,122}{2} - 700 = 202,706 \text{ m} \end{aligned}$$

$$T_s = (R_c + P) \tan \frac{\Delta}{2} + k$$

$$= (700 + 0,859) \tan \frac{78,122}{2} + 59,985 = 962,691 \text{ m}$$

2. Tikungan II

Klasifikasi jalan: Arteri Jalan Kelas 1

$$\Delta = 87,944^\circ$$

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

$$E_{\max} = 8\% = 0.08$$

Lebar jalur 3,5 meter

$$R_{\min} = \frac{V_r^2}{127(e_{\max} + f)} = \frac{80^2}{127(0,08 + 0,12)} = 251,9685 \text{ m}$$

Dari tabel : $R_{\text{desain}} = 700 \text{ m}$; $L_{\text{sdesain}} = 120$; $e = 6,4$

$$L_s = 2\theta_s R_c \rightarrow \theta_s = \frac{L_s}{2R_c} = \frac{120}{2 \cdot 700} \times \frac{360}{2\pi} = 4,911^\circ$$

$$\Delta = 2\theta_s + \Delta_c \rightarrow \Delta_c = \Delta - 2\theta_s = 87,944^\circ - 2(4,919) = 78,122$$

$$L_c = \frac{\Delta_c}{360} 2\pi r = \frac{78,122}{360} 2\pi \times 700 = 954,440 \text{ m}$$

$$Y_s = \frac{L_s^3}{6R_c \cdot L_s} = \frac{120^3}{(6 \cdot 700) \cdot 120} = 3,429 \text{ m}$$

$$X_s = L - \frac{L_s^5}{40R_c^3 \cdot L^3} = 70 - \frac{120^5}{40 \cdot 6^3 \cdot 70^3} = 61,603$$

$$\theta_s = 4,911^\circ \rightarrow p = 0,859 \text{ m}$$

$$\theta_s = 4,911^\circ \rightarrow k = 59,985 \text{ m}$$

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

$$= (700 + 0,859) \sec \frac{87,944}{2} - 700 = 273,843 \text{ m}$$

$$T_s = (R_c + P) \tan \frac{\Delta}{2} + k$$

$$= (700 + 0,859) \tan \frac{87,944}{2} + 59,985 = 736,174 \text{ m}$$

2.4 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah garis potong yang dibentuk oleh bidang vertikal melalui

Sumbu jalan (proyeksi tegak lurus bidang gambar). Alinyemen vertikal disebut juga profil / penampang memanjang jalan yang terdiri dari landai (tanjakan/turunan) dan lengkung. Jenis lengkung vertikal dilihat dari letak titik perpotongan kedua bagian lurus (tangen), adalah :

1. Lengkung vertikal cekung, adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di bawah permukaan jalan.
2. Lengkung vertikal cembung, adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di atas permukaan jalan yang bersangkutan.

Maka persamaan umum dari lengkung vertikal, yaitu :

$$y' = \pm \left[\frac{g_2 - g_1}{2 \cdot L} \right] \cdot x^2 \dots \dots \dots (2.33)$$

Lengkung vertikal terbagi atas :

- 1) Lengkung vertikal cembung
- 2) Lengkung vertikal cekung

$$EV = \frac{A \cdot L}{800} \dots \dots \dots (2.34)$$

Pada perencanaan alinyemen vertikal terdapat kelandaian positif (tanjakan) dan kelandaian negatif (turunan), sehingga kombinasinya berupa lengkung cembung dan lengkungcekung. Disamping kedua lengkung tersebut terdapat pula kelandaian = 0 (datar). (Hendarsin, 2000).

2.4.1 Landai Minimum dan Panjang Landai Maksimum

Landai minimum dan panjang landai maksimum adalah konsep yang terkait dengan perencanaan dan desain geometrik jalan raya. Hal ini mengacu pada batasan-batasan yang harus dipertimbangkan saat merancang jalan untuk memastikan keamanan dan kenyamanan pengguna jalan.

1. Landaian Minimum

Untuk jalan-jalan di atas tanah timbunan dengan medan datar dan menggunakan *kerb*, kelandaian yang dianjurkan adalah sebesar 0,15 % yang dapat membantu mengalirkan air dari atas badan jalan dan membuangnya ke saluran tepi

atau saluran pembuangan. Sedangkan untuk jalan-jalan di daerah galian atau jalan yang memakai *kerb*, kelandaian jalan minimum yang dianjurkan adalah 0,30 – 0,50 %.

2. Landaian Maksimum

Kelandaian maksimum dimaksudkan untuk memungkinkan kendaraan bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan berarti. Kelandaian maksimum didasarkan pada kecepatan truk yang bermuatan penuh yang mampu bergerak dengan penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh kecepatan semula tanpa harus menggunakan gigi rendah.

Tabel 2.9 Kelandaian Maksimum yang diijinkan

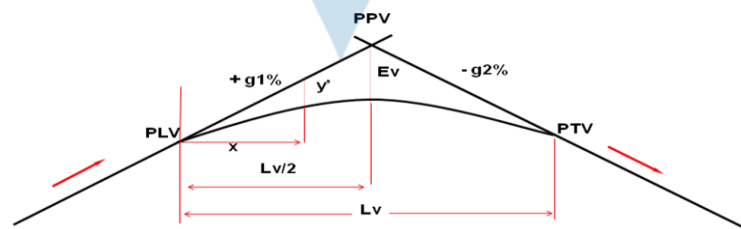
Kecepatan Rencana (km/jam)	100	80	60	50	40	30	20
Landai Maksimum (%)	3	4	5	6	7	8	9

(Sumber : Standar Perencanaan Geometrik Jalan Luar Kota, 1992)

Pada Tabel 2.9 digunakan kecepatan rencana 80 km/jam dengan kelandaian maksimum 6% yang digunakan dalam perencanaan sesuai dengan pedoman perencanaan geometrik jalan.

2.4.2 Lengkung Vertikal

Pada setiap pergantian landai harus dibuat lengkung vertikal yang memenuhi keamanan, kenyamanan dan drainase yang baik. Lengkung vertikal adalah lengkung yang dipakai untuk mengadakan peralihan secara berangsur-angsur dari suatu landai ke landai seperti pada Gambar 2.8 berikut.



Gambar 2.7 Lengkung Vertikal

1. Kelandaian menaik diberi tanda (+) dan kelandaian menurun diberi tanda (-).
Ketentuan pendakian atau penurunan ditinjau dari kiri ke kanan.

2. Dari gambar diatas, besarnya defleksi (y') antara garis kemiringan (tangen) dan garis lengkungan dapat dihitung dengan rumus :

$$v' = \frac{(g_2 - g_1)}{200 \cdot L_v} \cdot x^2 \dots \dots \dots (2.35)$$

Dimana :

X = jarak horizontal dari titik PLV ke titik yang ditinjau (m),

y' = besarnya penyimpangan (jarak vertical) antara garis kemiringan dengan lengkungan (m).

2.4.3 Perhitungan Alinyemen Vertikal

Perhitungan alinyemen vertikal dalam perencanaan geometrik jalan raya melibatkan penentuan ketinggian relatif antara titik-titik pada lintasan yang membentuk landai atau kemiringan jalan. Berikut merupakan hasil perhitungan panjang lengkung berbentuk cembung dan cekung secara vertikal dengan memperhatikan Tabel 2.10 dan Tabel 2.11.

Tabel 2.10 Desain kontrol pada lengkung cembung

Metric				U.S. Customary			
Design Speed (km/h)	Stopping Sight Distance (m)	Rate of Vertical Curvature, K^v		Design Speed (mph)	Stopping Sight Distance (ft)	Rate of Vertical Curvature, K^v	
		Calculated	Design			Calculated	Design
20	20	0.6	1	15	80	3.0	3
30	35	1.9	2	20	115	6.1	7
40	50	3.8	4	25	155	11.1	12
50	65	6.4	7	30	200	18.5	19
60	85	11.0	11	35	250	29.0	29
70	105	16.8	17	40	305	43.1	44
80	130	25.7	26	45	360	60.1	61
90	160	38.9	39	50	425	83.7	84
100	185	52.0	52	55	495	113.5	114
110	220	73.6	74	60	570	150.6	151
120	250	95.0	95	65	645	192.8	193
130	285	123.4	124	70	730	246.9	247
				75	820	311.6	312
				80	910	383.7	384

Tabel 2.11 Desain kontrol pada lengkung cekung

Metric				U.S. Customary			
Design Speed (km/h)	Stopping Sight Distance (m)	Rate of Vertical Curvature, K^a		Design Speed (mph)	Stopping Sight Distance (ft)	Rate of Vertical Curvature, K^a	
		Calculated	Design			Calculated	Design
20	20	2.1	3	15	80	9.4	10
30	35	5.1	6	20	115	16.5	17
40	50	8.5	9	25	155	25.5	26
50	65	12.2	13	30	200	36.4	37
60	85	17.3	18	35	250	49.0	49
70	105	22.6	23	40	305	63.4	64
80	130	29.4	30	45	360	78.1	79
90	160	37.6	38	50	425	95.7	96
100	185	44.6	45	55	495	114.9	115
110	220	54.4	55	60	570	135.7	136
120	250	62.8	63	65	645	156.5	157
130	285	72.7	73	70	730	180.3	181
				75	820	205.6	206
				80	910	231.0	231

- Cembung 1

Vrencana = 80 km/jam

Elevasi I = 4,24%

Elevasi II = 4,49%

$A\% = (4,24\% - 4,49\%) \times 100 = 0,250$

Stop Sight Distance :

$S = 130 \text{ m}$

$K = 26$

$$L = 2 \frac{s-658}{A} = 2 \frac{130-658}{0,25} = -4224 \text{ m}$$

$$Lv = A \cdot K = 0,25 \cdot 26 = 6,5 \text{ m}$$

Passing Sight Distance :

$S = 245 \text{ m}$

$K = 69$

$$L = 2 \frac{s-658}{A} = 2 \frac{245-658}{0,25} = -4952 \text{ m}$$

$$Lv = A \cdot K = 0,25 \cdot 69 = 17,25 \text{ m}$$

- Cembung 2

Vrencana = 80 km/jam

Elevasi I = 4,49%

Elevasi II = 2,47%

$A\% = (4,49\% - 2,47\%) \times 100 = 2,02$

Stop Sight Distance :

$S = 130 \text{ m}$

$K = 26$

$$L = 2 \frac{s-658}{A} = 2 \frac{130-658}{2,02} = -522,77 \text{ m}$$

$$Lv = A \cdot K = 2,02 \cdot 26 = 52,52 \text{ m}$$

Passing Sight Distance :

$S = 245 \text{ m}$

$K = 69$

$$L = 2 \frac{s-658}{A} = 2 \frac{245-658}{2,02} = -612,12 \text{ m}$$

$$Lv = A \cdot K = 2,02 \cdot 69 = 139,38 \text{ m}$$

Hasil perhitungan cembung 1 dan 2 ini disesuaikan dengan Tabel 2.11 yang merupakan syarat desain kontrol untuk lengkung cembung. Sehingga didapatkan nilai cembung 1 adalah L_v desain = 18 m dari hasil nilai pembulatan 17,25 m dan nilai cembung 2 adalah L_v desain 2 = 140 m dari hasil nilai pembulatan 139,38 m.

- Cekung 1

Vrencana = 80 km/jam

Elevasi I = 1,88%

Elevasi II = 3,14%

$A\% = (1,88\% - 3,14\%) \times 100 = 5,02$

Headlight Sight Distance :

$S = 130 \text{ m}$

$$L = 2 \cdot S - \frac{120+3,5S}{A} = 2 \cdot 130 - \frac{120+3,5 \cdot 130}{5,02} = 145,46 \text{ m}$$

Passenger Comfort :

$$Lv = \frac{A \cdot v^2}{395} = \frac{5,02 \cdot 80^2}{395} = 81,34 \text{ m}$$

Design Control :

$$K = 30$$

$$Lv = A \cdot K = 5,02 \cdot 30 = 150,6 \text{ m}$$

- **Cekung 2**

Vrencana = 80 km/jam

Elevasi I = 3,14%

Elevasi II = 0,77%

$$A\% = (3,14\% - 0,77\%) \times 100 = 2,37$$

Headlight Sight Distance :

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

$$L = 2 \cdot S - \frac{120 + 3,5 \cdot S}{A} = 2 \cdot 130 - \frac{120 + 3,5 \cdot 130}{2,37} = 17,38 \text{ m}$$

Passenger Comfort :

$$Lv = \frac{A \cdot v^2}{395} = \frac{2,37 \cdot 80^2}{395} = 38,4 \text{ m}$$

Design Control :

$$K = 30$$

$$Lv = A \cdot K = 2,37 \cdot 30 = 71,1 \text{ m}$$

Pada perhitungan cekung 1 dan 2 ini disesuaikan dengan Tabel 2.12 yang merupakan syarat desain kontrol untuk lengkung cekung. Sehingga didapatkan nilai cekung 1 untuk Lv desain = 151 m dan nilai cekung 2 untuk Lv desain = 72 m.

2.5 Perhitungan Volume Galian dan Timbunan

Perhitungan volume galian dan timbunan adalah proses untuk menentukan volume bahan yang harus digali maupun ditimbun selama konstruksi atau pemeliharaan proyek infrastruktur jalan. Perhitungan ini penting untuk mengestimasi biaya, pengadaan material dan perencanaan konstruksi yang efisien. Berikut adalah Tabel 2.12 yang

merupakan hasil perhitungan galian dan timbunan dari STA 0+000 – STA 6+932.

Tabel 2.12 Volume Galian dan Timbun

Station	Cut Vol (Cu,m.)	Fill Vol (Cu,m.)	Cum, Cut Vol, (Cu,m.)	Cum, Fill Vol, (Cu,m.)	Cum, Net Vol, (Cu,m.)
0+000.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0+100.00	1231,74	820,76	1231,74	820,76	410,98
0+200.00	37,42	2768,42	1269,16	3589,17	-2320,01
0+296.31	0,00	2334,20	1269,16	5923,37	-4654,21
0+300.00	6,66	18,93	1275,82	5942,31	-4666,48
0+323.07	1116,64	8,59	2392,46	5950,90	-3558,44
0+333.81	1084,68	0,00	3477,14	5950,90	-2473,76
0+350.00	1893,16	0,00	5370,30	5950,90	-580,60
0+360.57	1388,73	0,00	6759,03	5950,90	808,13
0+400.00	7098,55	0,00	13857,58	5950,90	7906,68
0+446.31	7545,43	0,00	21403,01	5950,90	15452,11
0+450.00	319,78	0,00	21722,79	5950,90	15771,89
0+453.81	212,62	0,00	21935,41	5950,90	15984,51
0+473.07	408,68	988,46	22344,09	6939,36	15404,73
0+480.57	3,41	1011,33	22347,49	7950,69	14396,80
0+500.00	0,00	5583,04	22347,49	13533,73	8813,76
0+550.00	0,00	19700,03	22347,49	33233,76	-10886,27
0+600.00	0,00	18200,83	22347,49	51434,60	-29087,10
0+650.00	0,00	14764,62	22347,49	66199,21	-43851,72
0+700.00	0,00	10517,00	22347,49	76716,21	-54368,72
0+732.84	0,00	5286,29	22347,49	82002,50	-59655,01
0+750.00	0,12	2473,99	22347,61	84476,50	-62128,88
0+800.00	0,35	8186,70	22347,96	92663,20	-70315,24
0+850.00	0,00	8364,90	22347,96	101028,09	-78680,13
0+900.00	1356,59	3812,40	23704,55	104840,49	-81135,94
0+950.00	8918,01	0,00	32622,56	104840,49	-72217,94
0+996.10	14763,27	0,00	47385,83	104840,49	-57454,67
0+998.45	791,18	0,00	48177,01	104840,49	-56663,48
1+000.00	574,19	0,00	48751,20	104840,49	-56089,29
1+011.86	4746,09	0,00	53497,29	104840,49	-51343,20
1+014.21	933,91	0,00	54431,21	104840,49	-50409,28
1+033.60	7098,53	0,00	61529,73	104840,49	-43310,76
1+049.36	5650,61	0,00	67180,35	104840,49	-37660,15
1+050.00	225,78	0,00	67406,13	104840,49	-37434,36
1+100.00	15971,75	0,00	83377,88	104840,49	-21462,61
1+131.86	9060,85	0,00	92438,73	104840,49	-12401,76
1+153.60	4960,94	0,00	97399,68	104840,49	-7440,82

Lanjutan Tabel 2.12 Volume Galian dan Timbun

Station	Cut Vol	Fill Vol	Cum, Cut Vol,	Cum, Fill Vol,	Cum, Net Vol,
	(Cu,m,)	(Cu,m,)	(Cu,m,)	(Cu,m,)	(Cu,m,)
1+169.36	3101,76	0,00	100501,43	104840,49	-4339,06
1+200.00	5168,61	0,00	105670,05	104840,49	829,55
1+300.00	16843,22	0,00	122513,27	104840,49	17672,78
1+400.00	16976,77	0,00	139490,04	104840,49	34649,54
1+500.00	8597,31	85,44	148087,34	104925,93	43161,41
1+600.00	9824,73	85,44	157912,07	105011,36	52900,71
1+700.00	22693,59	0,00	180605,66	105011,36	75594,30
1+800.00	27867,58	0,00	208473,24	105011,36	103461,88
1+900.00	15610,04	36,90	224083,28	105048,26	119035,03
2+000.00	14954,07	36,90	239037,36	105085,15	133952,20
2+100.00	13120,07	3451,83	252157,43	108536,99	143620,44
2+200.00	1784,68	3451,83	253942,11	111988,82	141953,28
2+300.00	4851,44	0,00	258793,54	111988,82	146804,72
2+400.00	3595,86	0,00	262389,40	111988,82	150400,58
2+500.00	9774,42	0,00	272163,82	111988,82	160175,00
2+600.00	24987,76	0,00	297151,58	111988,82	185162,76
2+700.00	42059,84	0,00	339211,42	111988,82	227222,60
2+800.00	54734,46	0,00	393945,88	111988,82	281957,06
2+889.35	52701,52	0,00	446647,40	111988,82	334658,57
2+900.00	6499,68	0,00	453147,08	111988,82	341158,25
2+926.85	15941,52	0,00	469088,59	111988,82	357099,77
2+950.00	13012,11	0,00	482100,71	111988,82	370111,88
3+000.00	21900,64	0,00	504001,34	111988,82	392012,52
3+039.35	6617,88	367,46	510619,22	112356,28	398262,94
3+046.85	23,16	484,24	510642,38	112840,52	397801,87
3+050.00	0,00	415,86	510642,38	113256,37	397386,01
3+086.87	0,00	19614,93	510642,38	132871,30	377771,08
3+100.00	0,00	10788,23	510642,38	143659,53	366982,85
3+124.37	0,00	19441,93	510642,38	163101,46	347540,92
3+150.00	0,00	16920,35	510642,38	180021,81	330620,57
3+200.00	0,00	23584,75	510642,38	203606,57	307035,82
3+236.87	0,00	15066,72	510642,38	218673,28	291969,10
3+244.37	0,00	2432,89	510642,38	221106,18	289536,21
3+250.00	0,00	1718,27	510642,38	222824,45	287817,94
3+300.00	0,00	17729,60	510642,38	240554,05	270088,33
3+350.00	0,00	20590,24	510642,38	261144,29	249498,10
3+400.00	0,00	25038,25	510642,38	286182,53	224459,85
3+450.00	0,00	27387,39	510642,38	313569,93	197072,46
3+500.00	0,00	31378,09	510642,38	344948,02	165694,36

Lanjutan Tabel 2.12 Volume Galian dan Timbun

Station	Cut Vol	Fill Vol	Cum, Cut Vol,	Cum, Fill Vol,	Cum, Net Vol,
	(Cu,m,)	(Cu,m,)	(Cu,m,)	(Cu,m,)	(Cu,m,)
3+600.00	0,00	29395,48	510642,38	406611,27	104031,12
3+650.00	0,00	31382,48	510642,38	437993,75	72648,63
3+700.00	0,00	42092,19	510642,38	480085,93	30556,45
3+750.00	0,00	44349,94	510642,38	524435,87	-13793,49
3+779.12	0,00	27588,78	510642,38	552024,65	-41382,27
3+800.00	0,00	25133,60	510642,38	577158,25	-66515,87
3+844.17	0,00	43251,93	510642,38	620410,18	-109767,80
3+846.51	0,00	1734,67	510642,38	622144,85	-111502,46
3+850.00	0,00	2583,45	510642,38	624728,29	-114085,91
3+881.67	0,00	23519,61	510642,38	648247,90	-137605,52
3+900.00	0,00	18212,62	510642,38	666460,52	-155818,13
3+950.00	0,00	49614,26	510642,38	716074,78	-205432,40
4+000.00	0,00	47977,07	510642,38	764051,85	-253409,47
4+001.67	0,00	1584,38	510642,38	765636,24	-254993,85
4+050.00	0,00	34808,96	510642,38	800445,20	-289802,82
4+100.00	0,00	46236,82	510642,38	846682,02	-336039,63
4+150.00	0,00	46364,33	510642,38	893046,35	-382403,97
4+200.00	0,00	35090,55	510642,38	928136,90	-417494,52
4+243.49	0,00	21076,92	510642,38	949213,81	-438571,43
4+250.00	0,00	1745,47	510642,38	950959,28	-440316,90
4+280.99	0,00	6479,76	510642,38	957439,04	-446796,66
4+300.00	0,00	2501,68	510642,38	959940,73	-449298,34
4+313.86	0,00	1142,15	510642,38	961082,88	-450440,50
4+316.20	0,00	139,68	510642,38	961222,56	-450580,18
4+318.49	0,00	117,38	510642,38	961339,94	-450697,56
4+350.00	755,72	748,12	511398,10	962088,07	-450689,96
4+351.36	68,46	0,00	511466,56	962088,07	-450621,51
4+400.00	6899,13	0,00	518365,69	962088,07	-443722,38
4+400.99	225,55	0,00	518591,24	962088,07	-443496,83
4+433.86	10675,21	0,00	529266,45	962088,07	-432821,62
4+450.00	6859,36	0,00	536125,80	962088,07	-425962,26
4+471.36	12148,04	0,00	548273,84	962088,07	-413814,22
4+500.00	24171,97	0,00	572445,82	962088,07	-389642,25
4+550.00	45936,40	0,00	618382,21	962088,07	-343705,85
4+600.00	48542,17	0,00	666924,38	962088,07	-295163,68
4+650.00	59312,40	0,00	726236,78	962088,07	-235851,29
4+700.00	69043,48	0,00	795280,26	962088,07	-166807,80
4+750.00	70714,37	0,00	865994,63	962088,07	-96093,43

Lanjutan Tabel 2.12 Volume Galian dan Timbunan

Station	Cut Vol	Fill Vol	Cum, Cut Vol,	Cum, Fill Vol,	Cum, Net Vol,
	(Cu,m,)	(Cu,m,)	(Cu,m,)	(Cu,m,)	(Cu,m,)
4+800.00	63927,96	0,00	929922,59	962088,07	-32165,47
4+850.00	55867,03	0,00	985789,63	962088,07	23701,56
4+900.00	47810,26	0,00	1033599,89	962088,07	71511,82
4+950.00	39753,48	0,00	1073353,37	962088,07	111265,30
4+961.88	11180,52	0,00	1084533,89	962088,07	122445,82
4+999.38	38491,26	0,00	1123025,15	962088,07	160937,08
5+000.00	545,59	0,00	1123570,74	962088,07	161482,67
5+036.88	27804,47	0,00	1151375,21	962088,07	189287,14
5+050.00	6675,31	0,00	1158050,52	962088,07	195962,45
5+100.00	17705,91	0,00	1175756,42	962088,07	213668,36
5+119.38	5425,15	0,00	1181181,57	962088,07	219093,50
5+150.00	5740,66	0,00	1186922,23	962088,07	224834,17
5+200.00	4688,76	142,62	1191611,00	962230,68	229380,31
5+250.00	1376,45	3778,17	1192987,45	966008,85	226978,60
5+300.00	0,00	8908,29	1192987,45	974917,14	218070,31
5+350.00	0,00	6340,58	1192987,45	981257,72	211729,73
5+400.00	6740,76	1067,84	1199728,21	982325,55	217402,66
5+447.80	20521,11	0,00	1220249,32	982325,55	237923,77
5+450.00	1316,25	0,00	1221565,58	982325,55	239240,02
5+473.58	17508,30	0,00	1239073,87	982325,55	256748,32
5+485.30	10935,20	0,00	1250009,07	982325,55	267683,52
5+500.00	23702,45	0,00	1273711,52	982325,55	291385,97
5+576.56	24027,74	0,00	1375253,39	982325,55	392927,83
5+600.00	18990,59	0,00	1394243,98	982325,55	411918,42
5+605.30	3220,55	0,00	1397464,53	982325,55	415138,97
5+650.00	17117,51	0,00	1414582,04	982325,55	432256,49
5+700.00	5895,93	1897,60	1420477,97	984223,16	436254,82
5+750.00	0,00	12530,58	1420477,97	996753,74	423724,24
5+800.00	0,00	37258,97	1420477,97	1034012,71	386465,27
5+850.00	0,00	42596,00	1420477,97	1076608,71	343869,26
5+900.00	0,00	38534,27	1420477,97	1115142,98	305334,99
5+950.00	0,00	31261,89	1420477,97	1146404,87	274073,11
6+000.00	0,00	15121,50	1420477,97	1161526,37	258951,61
6+033.74	0,00	6922,00	1420477,97	1168448,36	252029,61
6+050.00	9,55	1834,66	1420487,52	1170283,02	250204,51
6+059.52	32,06	521,20	1420519,58	1170804,22	249715,36
6+071.24	161,29	289,04	1420680,88	1171093,26	249587,62
6+100.00	4276,53	169,82	1424957,40	1171263,07	253694,33
6+150.00	19448,34	0,06	1444405,74	1171263,13	273142,61

Lanjutan Tabel 2.12 Volume Galian dan Timbunan

Station	Cut Vol	Fill Vol	Cum, Cut Vol,	Cum, Fill Vol,	Cum, Net Vol,
	(Cu,m,)	(Cu,m,)	(Cu,m,)	(Cu,m,)	(Cu,m,)
6+153.74	3121,55	0,00	1447527,29	1171263,14	276264,15
6+191.24	50811,62	0,00	1498338,91	1171263,14	327075,77
6+200.00	9637,53	0,00	1507976,44	1171263,14	336713,30
6+300.00	81213,96	0,00	1589190,40	1171263,14	417927,26
6+400.00	109548,36	0,00	1698738,76	1171263,14	527475,62
6+500.00	240900,12	0,00	1939638,88	1171263,14	768375,74
6+600.00	263806,48	0,00	2203445,35	1171263,14	1032182,22
6+700.00	129507,35	0,00	2332952,70	1171263,14	1161689,57
6+800.00	73254,24	0,00	2406206,95	1171263,14	1234943,81
6+900.00	35397,80	0,00	2441604,75	1171263,14	1270341,61
6+932.10	126622,69	0,00	2568227,44	1171263,14	1396964,30

Berdasarkan Tabel 2.12 didapatkan hasil volume galian komulatif 2568227,44 m³ dan volume timbunan komulatif 1171263,14 m³ yang dapat mencukupi kebutuhan untuk timbunan dalam perencanaan.

2.6 Perhitungan Beban Lalu Lintas

Dalam perencanaan geomterik jalan ada sebagian parameter perencanaan yang wajib dimengerti seperti; kendaraan rencana, kecepatan rencana, volume kapasitas jalan, serta tingkata pelayanan yang diberikan oleh jalan tersebut. Parameter-parameter ini adalah penentuan tingkatan kenyamanan dan keamanan yang dihasilkan oleh suatu bentuk geometrik jalan.

2.6.1 Kendaraann Rencana

Kendaraan Rencana adalah perencanaan dan perancangan jalan yang merujuk pada jenis kendaraan yang dijadikan acuan dalam menghitung kapasitas jalan, geometrik jalan, dan analisis lalu lintas. Beberapa faktor yang dipertimbangkan dalam memilih kendaraan rencana meliputi:

1. dimensi kendaraan seperti panjang, lebar dan tinggi harus sesuai dengan karakteristik kendaraan yang sering melintasi jalan tersebut,
2. kapasitas kendaraan mengacu pada berat maksimum yang dapat diangkut oleh kendaraan,
3. kecepatan kendaraan yang diharapkan dalam perencanaan jalan akan

mempengaruhi kecepatan desain, panjang landai, dan perencanaan geometrik jalan,

- jenis kendaraan yang umumnya digunakan lalu lintas di jalan dapat mempengaruhi pemilihan kendaraan rencana.

2.6.2 Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana (V_r) pada suatu ruas jalan adalah kecepatan yang dipilih oleh rencana geometri jalan agar kendaraan dapat berjalan dengan aman dan nyaman dalam kondisi cuaca cerah dengan lalu lintas ringan dan tanpa efek samping jalan yang berarti. Seperti pada Tabel 2.13 yang menunjukkan kecepatan rencana yang digunakan adalah arteri dengan daerah perbukitan, sehingga didapatkan kecepatan rencana pada 60 – 80 km/jam.

Tabel 2.13 Kecepatan Rencana (V_r) sesuai klasifikasi fungsi dan klasifikasi medan.

Fungsi Jalan	Kecepatan Rencana (V_R - km/jam)		
	Datar	Bukit	Gunung
Arteri	70 – 120	60 – 80	40 – 70
Kolektor	60 – 90	50 – 60	30 – 50
Lokal	40 – 70	30 – 50	20 – 30

(Sumber : TPGJAK No -38/T/BM/1997)

Setelah mengetahui kecepatan rencana yang digunakan serta dimensi kendaraan, maka dapat dilanjutkan dengan penentuan lebar jalur jalan yang terdapat pada Tabel 2.14 berikut:

Tabel 2.14 Penentuan Lebar Jalur dan Bahu Jalan

VLHR (smp/hari)	ARTERI				KOLEKTOR				LOKAL			
	Ideal		Minimum		Ideal		Minimum		Ideal		Minimum	
	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)
<3.000	6,0	1,5	4,5	1,0	6,0	1,5	4,5	1,0	6,0	1,0	4,5	1,0
3.000-10.000	7,0	2,0	6,0	1,5	7,0	1,5	6,0	1,5	7,0	1,5	6,0	1,0
10.001-25.000	7,0	2,0	7,0	2,0	7,0	2,0	**	**	-	-	-	-
>25.000	2nx3,5 ^a	2,5	2nx7,0 ^b	2,0	2nx3,5 ^a	2,0	**	**	-	-	-	-

(Sumber : TPGJAK No 038/T/BM/1997)

Keterangan :

- **) = mengacu pada persyaratan ideal,
- *) = 2 jalur terbagi, masing-masing $n \times 3,5$ m; dimana n = Jumlah lajur per jalur,
- = tidak ditentukan.

2.7 Pekerjaan Tanah

Dalam perencanaan jalan raya diusahakan agar volume galian sama dengan volume timbunan. Dengan mengkombinasikan alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal memungkinkan kita untuk menghitung banyaknya volume galian dan timbunan. Langkah- langkah dalam perhitungan galian dan timbunan, antar lain :

1. penentuan stationing (jarak patok) sehingga diperoleh panjang horizontal jalan dari alinyemen horizontal (trase jalan),
2. gambarkan profil memanjang (alinyemen vertikal) yang memperlihatkan perbedaan beda tinggi muka tanah asli dengan muka tanah rencana,
3. gambar potongan melintang (cross section) pada titik stationing, sehingga didapatkan luas galian dan timbunan,
4. hitung volume galian dan timbunan dengan mengalikan luas penampang rata-rata dari galian atau timbunan dengan jarak patok.

2.8 Perancangan Perkerasan Jalan

Perancangan perkerasan jalan melibatkan penentuan jenis, ketebalan dan struktur lapisan-lapisan perkerasan yang akan digunakan untuk memastikan kekuatan, keawetan dan kenyamanan pengguna jalan. Tahap dalam perancangan perkerasan jalan terbagi menjadi dua yaitu perkerasan lentur dan perkerasan kaku yang akan dibahas lebih menyeluruh dibawah ini.

2.8.1 Perkerasan Lentur

Pada perancangan ini digunakan umur rencana 25 tahun dengan jumlah waktu dan tahun dihitung sejak jalan tersebut mulai beroperasi hingga perlu penanganan bila terjadi kerusakan pada lapisan jalan. Umur rencana untuk perkerasan lentur ini dihitung dari tahun 2022 sampai 2047. Sesuai dengan umur rencana yang telah ditentukan, maka tahap selanjutnya adalah menghitung nilai dari ESA dan VDF regional pada masing-

masing jenis kendaraan niaga seperti pada Tabel 2.15 dan Tabel 2.16 berikut.

Tabel 2.15 Nilai ESA4 dan ESA5 sesuai umur rencana

Jenis Kendaraan		Sumbu	LHR	LHR	LHR	VDF5	VDF5	ESA5	ESA5
			2022	2025	2010	faktual	normal	("22-24")	("25-47")
Sepeda Motor	1	2	1325	1469.051	1744.772			0.00E+00	0.00E+00
Mobil Pribadi	2	2	860	953.4974	1132.456			0.00E+00	0.00E+00
Bus	5B	2	150	166.3077	197.5214	1	1	6.41E+05	8.35E+05
Truk 2 as ringan	6A2	2	88	97.56717	115.8792	0.5	0.5	1.88E+05	2.45E+05
Truk 2 as berat	6B2A	2	54	59.87077	71.10769	9.2	5.1	2.12E+06	1.53E+06
Truk 3 as berat	7A3	3	50	55.43589	65.84045	19	5.6	4.06E+06	1.56E+06
Truk 5 as	7C2B	5	25	27.71795	32.92023	24.2	8.5	2.59E+06	1.18E+06
								9.60E+06	5.35E+06
								1.50E+07	

Berdasarkan Tabel 2.15 dalam menentukan nilai ESA perlu dilakukan klasifikasi pada tiap kategori kendaraan dengan beban lalu lintas di tahun 2022, 2025 dan 2010 yang kemudian di dukung oleh Tabel 2.16 dalam menentukan nilai VDF, sehingga didapatkan hasil ESA total = 15.000.000.

Tabel 2.16 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	0.5
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	-	-	-	-	

Selain menggunakan nilai VDF, perhitungan kumulatif beban (ESA5) di dukung juga oleh angka pertumbuhan lalu lintas regional seperti pada Tabel 2.16 berikut.

Tabel 2.17 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas

	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

Berdasarkan Tabel 2.17 menggunakan jalan arteri dan perkotaan dengan berdasarkan letak perencanaan di desa Nglanggeran sehingga faktor laju pertumbuhan lalu lintas menggunakan data Jawa.

1. Tipe Perkerasan Berdasarkan Pertimbangan Biaya (Analisis *Discounted life-cycle cost*) Pemilihan tipe jalan perkerasan berdasarkan volume lalu lintas, umur rencana, dan kondisi fondasi jalan. Pada Tabel 2.18 dapat membantu dalam memberi gambaran dalam pemilihan jenis perkerasan seperti dibawah ini.

2.18 Pemilihan Jenis Perkerasan

Struktur Perkerasan	Bagan desain	ESA (juta) dalam 20 tahun (pangkat 4 kecuali ditentukan lain)				
		0 – 0,5	0,1 – 4	>4 - 10	>10 – 30	>30 - 200
Perkerasan kaku dengan lalu lintas berat (di atas tanah dengan CBR \geq 2,5%)	4	-	-	2	2	2
Perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah (daerah pedesaan dan perkotaan)	4A	-	1, 2	-	-	-
AC WC modifikasi atau SMA modifikasi 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.

Tabel 2.18 digunakan pemilihan jenis perkerasan dengan nilai ESA >30-200 dengan AC WC modifikasi atau SMA modifikasi dengan CBT (ESA pangkat 5) dan AC tebal $\geq 100\text{mm}$ dengan lapis pondasi berbutir, maka menggunakan kontraktor besar dengan sumber daya memadai.

2. Segmen Tanah Dasar Dengan Daya Dukung Yang Seragam

Kekuatan tanah dasar/daya dukung tanah dasar sangat mempengaruhi kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan. Kekuatan tanah dasar besarnya dinilai dalam CBR tanah dasar dan ini sangat tergantung pada jenis tanah dasar, kadar air dan kerapatan (density) tanah dasar tersebut. Maka untuk mendapatkan nilai CBR karakteristik dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{CBR Karakteristik} &= \text{CBR Rata-Rata} - f \times \text{Deviasi Standar} \\ &= 5 - 1,282 \times 0,90 \\ &= 3,8462\% \end{aligned}$$

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 seperti pada Tabel 2.19.

Tabel 2.19 Faktor Penyesuaian Modulus Tanah Dasar Akibat Variasi Musiman

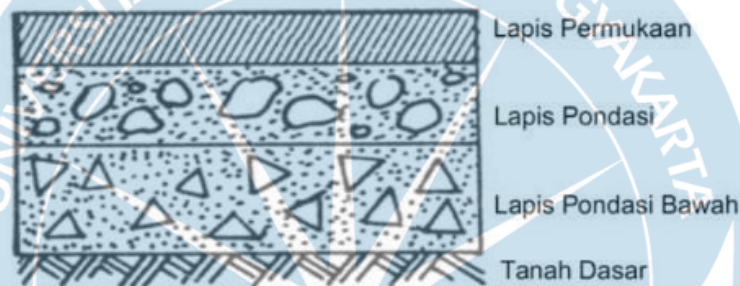
Musim	Faktor Penyesuaian Minimum untuk CBR dari pengujian DCP
Musim Hujan dan Tanah Jenuh	0.90
Peralihan	0.80
Musim Kering	0.70

Sumber : Tabel 9.1, Manual Desain Perkerasan Jalan 2013

3. Struktur Fondasi Perkerasan

Tabel 2.20 Bagan Desain – 2 : Desain Fondasi Jalan Minimum ⁽¹⁾

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



Gambar 2.8 Struktur Fondasi Perkerasan

4. Struktur Perkerasan Yang Memenuhi Syarat dari Bagan Desain-3

Tabel 2.21 Bagan Desain-3

Bagan Desain - 3. Desain Perkerasan Lentur Opsi Biaya Minimum Dengan CTB¹⁾

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

Pada bagan desain 3 menggunakan data dari F4 sebagai peninjauan CBT yang ekonomis untuk jalan dengan beban lalu lintas. Nilai repitisi sumbu kumulatif 25 tahun maka digunakan > 100-200 mm.

Dimana : AC WC = Campuran beraspal hangat (Laston) Lapis Aus

AC BC = Campuran beraspal hangat (Laston) Lapis Antara

AC Base = Campuran beraspal hangat (Laston) Lapis Pondasi

Tabel 2.22 Bagan Desain - 3A

Bagan Desain - 3A. Desain Perkerasan Lentur dengan HRS¹

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

Pada bagan desain 3A merupakan alternatif untuk daerah yang *Hot Rolled Sheed* (HRS) menunjukkan riwayat kinerja yang baik dan daerah yang dapat menyediakan material yang sesuai (*gap graded mix*). *Hot Rolled Sheed* atau lapis tipis aspal beton merupakan semua campuran bergradasi senjang yang menggunakan agregat kasar dan agregat halus.

Tabel 2.23 Bagan Desain – 3B

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 (10^6 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		

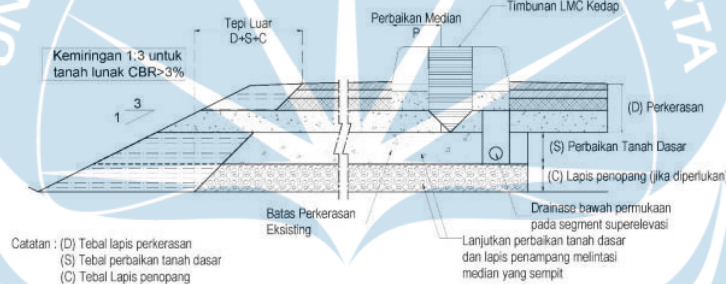
Pada bagan desain 3B ditemukan bahwa nilai kumulatif beban sumbu ESA5

100-200mm dengan struktur perkerasan FFF9 merupakan kondisi perkerasan kaku dan CBT bias menjadi tidak praktis. Maka untuk perkerasan lentur dianjurkan menggunakan desain bagan 3 dan 3A.

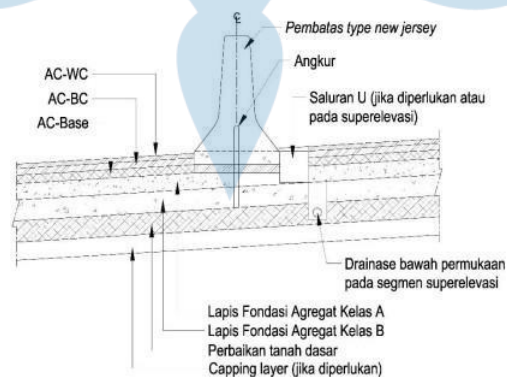
5. Kebutuhan Daya Dukung Tepi Perkerasan

Struktur perkerasan memerlukan daya dukung tepi yang cukup, terutama bila terletak padatanah lunak. Ketentuan minimum adalah:

- setiap lapis pekerasan harus dipasang sampai lebar yang sama atau lebih dari nilaiminimum yang dinyatakan pada Gambar 3.5 Dukungan Tepi Perkerasan,
- timbunan tanpa penahan pada tanah lunak ($CBR < 2.5\%$) atau tanah gambut harus dipasang pada kemiringan tidak lebih curam dari 1V : 5H.



Gambar 2.9 Dukungan Tepi Perkerasan



Gambar 2.10 Dukungan Median Perkerasan

Pada gambar diatas, area median harus terdrainase dengan baik atau diisi dengan lean mix concrete atau dengan bahan pengisi kedap untuk menghindari pengumpulan air dan merusak tepi perkerasan.

6. 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 125 mm.

7. Bahu Diperkeras

- a. Jika terdapat kerb (bahu harus ditutup sampai dengan garis kerb).
- b. Gradien jalan lebih dari 4%.
- c. 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.
- d. Jalan dengan LHRT lebih dari 10.000 kendaraan.
- e. Jalan tol dan jalan bebas hambatan.

Material bahu diperkeras dapat berupa:

- a. Penetrasi macadam,
- 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 bahu dengan aspal.

8. Lalu Lintas untuk desain bahu

Beban lalu lintas desain pada bahu jalan tidak boleh kurang dari 10% lalu lintas lajur rencana, atau sama dengan lalu lintas yang diperkirakan akan menggunakan bahu jalan (diambil yang terbesar). Untuk bahu diperkeras dengan lapis penutup, pada umumnya, hal ini dapat dipenuhi dengan Burda atau penetrasi

makadam yang dilaksanakan dengan baik.

9. Hitung desain perkerasan bahu jalan

- CBR tanah dasar 5%
- Beban gandar kumulatif 25 tahun : $1.50E+07$ ESA5
- Struktur perkerasan lajur utama di atas 600mm lapisan penopang

Tabel 2.24 Desain tebal lapisan

Lapisan	Tebal (mm)
AC WC	50
AC BC	60
AC Base	125
CTB	150
LFA kelas A	150

- Beban rencana bahu jalan : $10\% \times 1.50E+07$ ESA5 = $1.50E+06$ ESA5 $\approx 2E+06$ ESA.
- Dengan menyiapkan fondasi yang sama dengan lajur utama diperoleh daya dukung fondasi perkerasan bahu jalan ekuivalen CBR 5%.
- Berdasarkan bagan desain 7 (Gambar G.1) untuk beban $2E+06$ ESA dan CBR 5% diperlukan penutup setebal 350 mm.
- Tebal total perkerasan lajur utama = 535 mm > 350 mm (tebal minimum perlu perkerasan bahu jalan).
- Tebal lapis beraspal pada lajur utama 235 mm² gunakan permukaan bahu jalan berupa lapis fondasi agregat kelas S setebal 200 mm.
- Untuk memastikan air permukaan yang meresap ke perkerasan dapat dialirkan, pasang LFA kelas A di bawah LFA kelas S dengan tebal 335 mm (535 mm – 200 mm) di bawah lapis permukaan LFA kelas S.
- Struktur perkerasan bahu jalan alternatif 1 :

Tabel 2.25 Lapisan Perkerasan Alternatif 1

Lapisan	Tebal (mm)
LFA kelas S	120
LFA kelas B	415
Lapisan Penopang	600

- Seperti alternatif 1, tetapi tebal lapis 2 dikurangi 150 mm menjadi 265mm.
- Lapis penopang ditambah 150 mm.
- Penambahan tebal lapis penopang berpotensi menghalangi aliran keluar bagi air yang meresap ke perkerasan. Untuk mengatasinyadisediakan subdrain.
- Struktur perkerasan bahu jalan alternative 2 seperti ditunjukkan di bawah ini

Tabel 2.26 Lapisan Perkerasan Alternatif 2

Lapisan	Tebal (mm)
LFA kelas S	120
LFA kelas B	265
Lapisan Penongs	750

10. Bandingan biaya alternative 1 dan 2 Diagram struktur perkerasan masing-masing alternatif adalah :

Tabel 2.27 Alternatif 1

Perkerasan Bahu Jalan		Perkerasan Lajur Utama			
Lapisan	Tebal (mm)	Lapisan	Tebal (mm)	Tebal (m)	y (kN/m ³)
LFA Kelas S	120	AC - WC	50	0,05	22
		AC - BC	60	0,06	20
LFA Kelas B	415	AC - Base	125	0,122	20
		CBT	150	0,15	1,77
		LFA Kelas A	150	0,15	17,65
Lapisan Penopang	600	Lapisan Penopang	600	0,6	2,9

Tabel 2.28 Alternatif 2

Perkerasan Bahu Jalan		Perkerasan Lajur Utama			
Lapisan	Tebal (mm)	Lapisan	Tebal (mm)	Tebal (m)	y (kN/m ³)
LFA Kelas S	120	AC - WC	50	0,05	22
		AC - BC	60	0,06	20
LFA Kelas B	265	AC - Base	125	0,122	20
		CBT	150	0,15	1,77
		LFA Kelas A	150	0,15	17,65
Lapisan Penopang	750	Lapisan Penopang	600	0,6	2,9

Maka, dapat disimpulkan bahwa alternatif 1 lebih efektif untuk digunakan karena terlihat dari Tabel 2.28 lapisan penopang bahu jalan lebih tinggi dibandingkan lajur utama. Sehingga tidak memenuhi toleransi lereng melintang

dengan variasi kemiringan $\leq 1\%$ dari lereng melintang rencana.

2.8.2 Perkerasan Kaku

Perkerasan kaku (*rigid pavement*) adalah jenis perkerasan jalan yang menggunakan beton sebagai material utamanya. Perkerasan kaku terdiri dari lapisan beton yang diperkuat dengan tulangan baja untuk meningkatkan kekuatan dan ketahanan terhadap beban lalu lintas. Tahap pengerjaan perkerasan kaku berurutan sama seperti pada tahap pengerjaan perkerasan lentur. Namun dalam pembahasan perkerasan kaku memerlukan sambungan *Dowel* dan *Tie Bar* sebagai berikut:

1. Jenis Sambungan (Sambungan Dengan *Dowel*)

Pada perkerasan kaku jenis sambungan *Dowel* terbuat dari besi baja dan ditempatkan pada posisi yang ditentukan pada panel beton. Ukuran, jenis, dan jumlah *dowel* yang digunakan ditentukan berdasarkan desain perkerasan yang spesifik dan beban lalu lintas yang diharapkan seperti pada Tabel. 2.29 berdasarkan ketentuan dari Kementrian Pekerjaan Umum No. SPL.KS21.224.00 berikut:

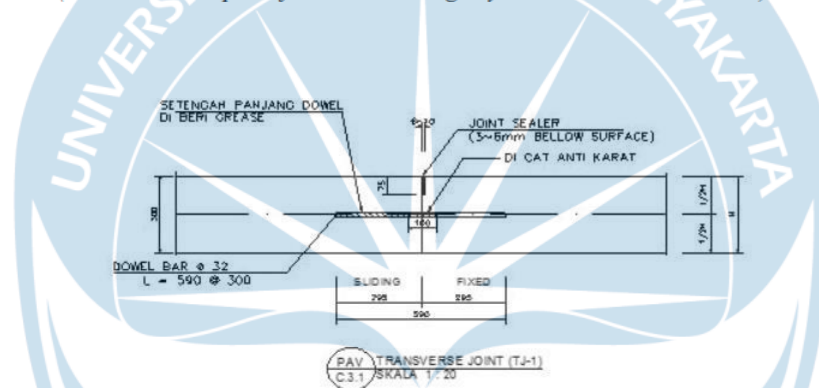
Tabel 2.29 Ukuran, Panjang, dan Jarak *Dowel* dan *Tie Bar*

	<i>Dowel</i>	<i>Tie Bar</i>
Diameter yang disarankan	1/8 tebal plat	tergantung tebal plat
Dimeter minimum *)	32 mm (1% in.)	13- 16 mm, tergantung tebal plat
Panjang tipikal disarankan	455 mm (18 in.)	tergantung tebal plat
Jarak	305 mm (12 in.)	tergantung tebal plat

Tabel 2.30 Ukuran dan jarak batang dowel

Tebal Plat Perkerasan		Diameter		Dowel Panjang		Jarak	
Inch	Mm	Inch	Mm	inch	Mm	Inch	Mm
6	150	¾	19	18	450	12	300
7	175	1	25	18	450	12	300
8	200	1	25	18	450	12	300
9	225	1 ¼	32	18	450	12	300
10	250	1 ¼	32	18	450	12	300
11	275	1 ¼	32	18	450	12	300
12	300	1 ½	38	18	450	12	300
13	325	1 ½	38	18	450	12	300
14	350	1 ½	38	18	450	12	300

(Sumber: *Principles of Pavement Design* by Yoder and Witczak, 1975)



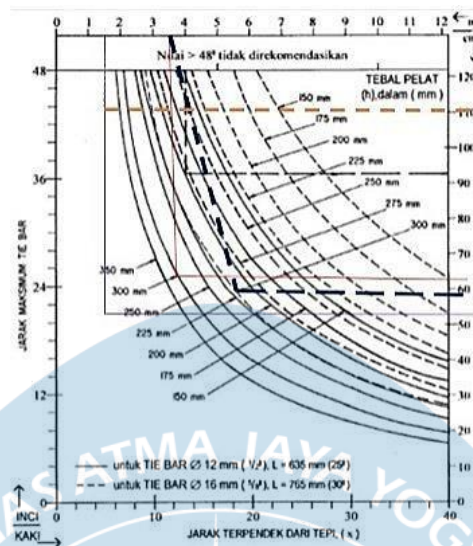
Gambar 2.11 Dowel

2.8.3 Batang Pengikat (*Tie Bar*)

Tabel pelat yang didapat 295mm, dari tepi ke sambungan pelat berjarak 10 m dengan menggunakan batang pengikat diameter 16 mm dan jarak antar batang pengikat yaitu 75 cm, Panjang dihitung:

$$\begin{aligned}
 I &= (36.87 \times d) + 75 \\
 &= (36.87 \times 16) + 75 \\
 664.92 &= 665 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

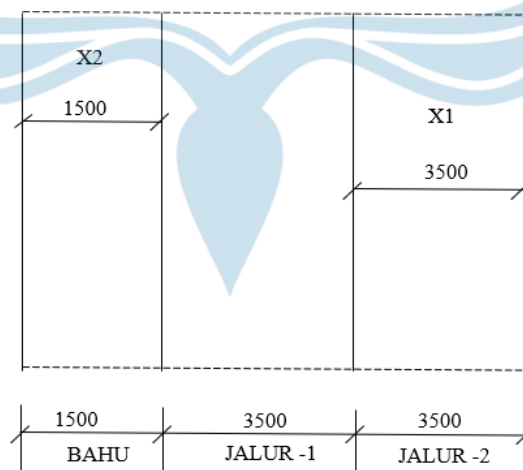
Sehingga didapatkan diameter *Tie Bar* = 16 mm, dengan jarak 750 mm dan panjang *Tie Bar* 665 mm.

Gambar 2.12 *Tie Bar*

Berdasarkan grafik diperoleh nilai *Tie Bar* seperti pada Tabel 2.31 Berikut dari hasil desain gambar 2.

Tabel 2.31 Jarak *Tie Bar* maksimum ukuran dan jarak ruji

Nomor Sambungan	Jarak X (meter)	Jarak Maksimum <i>Tie Bar</i> (cm)	
		Ø 12 mm	Ø 16 mm
1	3,5	62	59
2	1,5	55	111



(dalam millimeter)

Gambar 2.13 Desain rencana ukuran jalan

2.8.4 Jenis Bahu Jalan (Bahu Beton)

Perkerasan beton semen dengan sambungan tulang (*Jointed Reinforced Concrete Pavement*). Perkerasan beton semen yang terbuat dari tulangan baja dengan pelat berdimensi persegi panjang, dimana panjang pelat dibatasi oleh adanya sambungan melintang seperti berikut:

1. Tulangan Memanjang

Diketahui:

$$F = 1,2$$

$$L = 10 \text{ m}$$

$$H = 295 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar plat} = 2 \times 3,5 = 7 \text{ m}$$

$$F_s = 240 \text{ MPa}$$

Penyelesaian:

$$A_s = \frac{11,76 \cdot 1,2 \cdot 10 \cdot 295}{230} = 181,0017 \text{ mm}^2 / \text{m lebar}$$

$$\text{Luas tulangan minimum } A_s = 0,14\% \text{ mm}^2 / \text{m lebar}$$

$$A_s \text{ min} = 0,0014 \times 295 \times 1000 = 413$$

$$\text{Luas tulangan terpakai } \varnothing 12 \text{ mm} - 250 \text{ mm}$$

$$= \pi \times 62 \times 4 = 452 \text{ mm} > A_s \text{ min}$$

Maka telah memenuhi syarat

2. Tulang Melintang

$$A_s = \frac{11,76 \cdot 1,2 \cdot 7 \cdot 295}{230} = 126,7017 \text{ mm}^2 / \text{m lebar}$$

$$\text{Luas tulangan minimum } A_s = 0,14\% \text{ mm}^2 / \text{m lebar}$$

$$A_s \text{ min} = 0,0014 \times 295 \times 1000 = 413$$

$$\text{Luas tulangan terpakai } \varnothing 12 \text{ mm} - 250 \text{ mm}$$

$$= \pi \times 82 \times 2,5 = 503 \text{ mm} > A_s \text{ min}$$

Maka telah memenuhi syarat

Perkerasan beton semen meneruskan (tanpa sambungan) dengan tulangan (*Continuously Reinforced Concrete Pavement*) jenis perkerasan beton semen yang dibuat dengan tulangan ukuran pelatnya berbentuk empat persegi panjang, dimana panjang dari pelatnya tidak menggunakan sambungan-sambungan melintang seperti berikut:

1. Tulangan Memanjang

$$f_c = 21 \text{ Mpa}$$

$$f_r = 3,1 \text{ Mpa}$$

$$f_t = 0,5 \times 3,1 = 1,55 \text{ MPa}$$

$$f_y = 280 \text{ MPa}$$

$$n = 6$$

$$F = 1,2$$

$$P_s = \frac{100(1,55)}{(280 - 6 \cdot 1,55)} (1,3 - 0,2 \cdot 1,2) = 0,5\% < 0,6\%$$

Luas tulangan minimum $A_s = 0,6\% \text{ mm}^2 / \text{m lebar}$

$$A_{s \text{ min}} = 0,0014 \times 295 \times 1000 = 413$$

Luas tulangan terpakai $\emptyset 19 \text{ mm} - 200 \text{ mm}$

$$= \pi \times 9,5^2 \times 5 = 1417,6437 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ min}}$$

2. Pemeriksaan Jarak Teoritis

$$p = \frac{1417,64}{200 \cdot 100} = 0,0071$$

$$u = \frac{210}{0,019} = 210$$

$$f_b = \frac{0,79}{1,9} \sqrt{21} = 1,81 \text{ Mpa}$$

$$S = 0,0006$$

$$E_c = 4700 \sqrt{21} = 21,538 \text{ MPa}$$

$$L_{cr} = \frac{1,55^2}{6 \cdot 0,0071^2 \cdot 210 \cdot 1,81 + (0,0006 \cdot 21538,11) - 1,55} = 1,8 < 2 \text{ m}$$

3. Tulangan Melintang

$$A_s = \frac{11,76 \cdot 1,2 \cdot 10 \cdot 295}{230} = 181,0017 \text{ mm}^2 / \text{m lebar}$$

Luas tulangan minimum $A_s = 0,14\% \text{ mm}^2 / \text{m lebar}$

$$A_{s \text{ min}} = 0,0014 \times 295 \times 1000 = 413$$

Luas tulangan terpakai $\emptyset 16 \text{ mm} - 600 \text{ mm}$

$$= \pi \times 8^2 \times 2,5 = 503 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ min}}$$

Maka telah memenuhi syarat

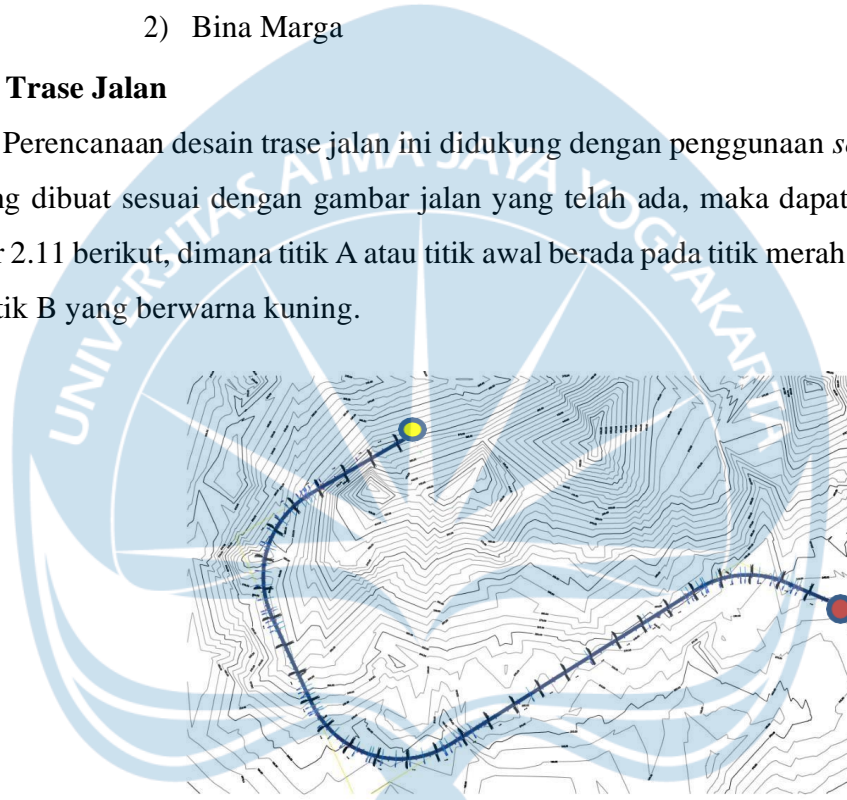
2.9 Perencanaan Jalan

2.9.1 Data Perencanaan Jalan

- a. Lokasi : Desa Nglanggeran, Gunung Kidul
- b. Titik Koodinat : A(458758.37–9120570.72)– B(455671.02– 9131796.48)
- c. Menggunakan peraturan-peraturan yang digunakan:
 - 1) AASHTO
 - 2) Bina Marga

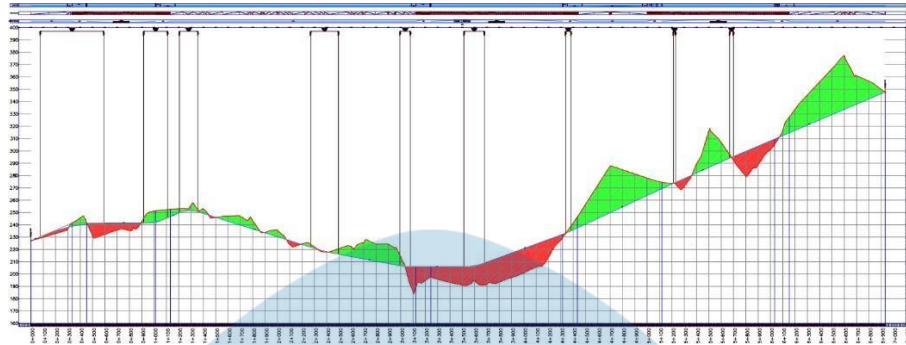
2.9.2 Trase Jalan

Perencanaan desain trase jalan ini didukung dengan penggunaan *software Civil 3D* yang dibuat sesuai dengan gambar jalan yang telah ada, maka dapat dilihat pada gambar 2.11 berikut, dimana titik A atau titik awal berada pada titik merah dan berakhir pada titik B yang berwarna kuning.



Gambar 2.14 Trase Jalan Yang Terpilih dengan Civil 3D

Setelah membuat trase jalan maka dapat dilihat hasil penampang melintang sesuai dengan bentuk perencanaan dan menyesuaikan dengan elevasi yang telah ditentukan seperti pada gambar 2.15 berikut.



Gambar 2.15 Penampang Melintang

Hasil dari penentuan trase dan tikungan jalan ini, maka didapatkan hasil titik koordinat pada tabel 2.34, Namun untuk menghitung nilai *azimuth* dan sudut tikungan menggunakan acuan dari tabel 2.32.

Tabel 2.32 Sudut Tikungan

α dihitung	Penentuan Kuadran			ϕ dihitung
α	$x_2 - x_1$	$y_2 - y_1$	Kuadran	Azimuth (ϕ)
$\alpha = \tan^{-1} \frac{x_2 - x_1}{y_2 - y_1}$	+	+	I	$\phi = \alpha$
	+	-	II	$\phi = 180^\circ - \alpha $
	-	+	III	$\phi = 180^\circ + \alpha $
	-	-	IV	$\phi = 360^\circ - \alpha $

Tabel 2.33 Titik Koordinat

TITIK	KOORDINAT		JARAK			Azimuth	Sudut Tikungan
	X	Y	ΔX (m)	ΔY (m)	d (m)	α	Δ
A	458758,37	9130570,72	-699,963	302,496	762,53002	113,372069	52,019
PI1	458058,41	9130873,22					
PI2	455591,24	9129525,46	-2467,16	-1347,76	2811,29027	61,353117	75,096
PI3	454535,18	9130636,34	-1056,06	1110,882	1532,75242	136,449123	87,944
B	455671,02	9131796,48	1135,84	1160,143	1623,5961	224,393546	

Dari tabel 2.34 didapatkan hasil sudut tikungan dimana $T1 = 52,019$, $T2 = 75,096$, dan $T3 = 87,944$ yang kemudian digunakan sebagai acuan dalam menentukan lengkungan pada sudut tikungan. Selanjutnya dari penentuan trase dan penampang maka didapatkan hasil elevasi dari STA 0+000 sampai STA 5+302 yang terdapat pada tabel 2.34.

Tabel 2.34 Ketinggian Setiap STA

LEFT							
PVI	Station	Easting	Northing	Elevation Existing	Elevation Design	Elevation Difference	Point Type
0	0+000.00	458743	9130551	225,752	225,752	0	Start
1	0+050.00	458703,5	9130582	227,908	226,822	1,086	Regular
2	0+100.00	458664	9130612	230,064	227,893	2,171	Regular
3	0+150.00	458624,6	9130643	232,219	228,963	3,257	Regular
4	0+200.00	458585,1	9130674	234,375	230,033	4,342	Regular
5	0+250.00	458545,6	9130704	236,531	231,103	5,428	Regular
6	0+300.00	458506,1	9130735	238,686	232,173	6,513	Regular
7	0+350.00	458466,6	9130766	244,087	233,243	10,844	Regular
8	0+400.00	458427,1	9130796	248,962	234,313	14,649	Regular
9	0+450.00	458387,6	9130827	252,959	235,383	17,576	Regular
10	0+500.00	458348,1	9130858	251,033	236,453	14,58	Regular
11	0+550.00	458308,6	9130888	243,018	237,524	5,495	Regular
12	0+600.00	458269,1	9130919	234,936	238,594	-3,657	Regular
13	0+650.00	458229,6	9130950	235,991	239,664	-3,673	Regular
14	0+700.00	458190,1	9130980	238,669	240,734	-2,065	Regular
15	0+750.00	458150,6	9131011	251,715	241,804	9,911	Regular
16	0+800.00	458111,1	9131042	266,408	242,874	23,534	Regular
17	0+850.00	458071,6	9131072	279,715	243,944	35,771	Regular
18	0+900.00	458032,2	9131066	289,675	245,014	44,661	Regular
19	0+950.00	457974,1	9131056	293,955	246,084	47,871	Regular
20	1+000.00	457925	9131047	294,461	247,155	47,307	Regular
21	1+050.00	457875,8	9131037	295,621	248,225	47,397	Regular
22	1+100.00	457826,7	9131028	296,102	249,295	46,808	Regular
23	1+150.00	457777,6	9131019	295,991	250,365	45,626	Regular
24	1+200.00	457728,5	9131009	293,471	251,435	42,036	Regular
25	1+250.00	457679,4	9131000	286,523	252,505	34,018	Regular

Lanjutan Tabel 2.34 Ketinggian Setiap STA

LEFT							
PVI	Station	Easting	Northing	Elevation Existing	Elevation Design	Elevation Difference	Point Type
26	1+300.00	457630,3	9130990	289,103	253,575	35,527	Regular
27	1+350.00	457581,2	9130981	291,039	254,645	36,394	Regular
28	1+400.00	457532,1	9130972	301,424	255,716	45,708	Regular
29	1+450.00	457483	9130962	309,118	256,786	52,332	Regular
30	1+500.00	457433,9	9130953	314,452	257,856	56,596	Regular
31	1+550.00	457384,8	9130943	311,348	258,926	52,422	Regular
32	1+600.00	457335,7	9130934	306,465	259,996	46,469	Regular
33	1+650.00	457286,6	9130924	300,312	261,066	39,246	Regular
34	1+700.00	457237,5	9130915	301,451	262,136	39,314	Regular
35	1+750.00	457188,3	9130906	305,472	263,206	42,266	Regular
36	1+800.00	457139,2	9130896	312,78	264,276	48,503	Regular
37	1+850.00	457090,1	9130887	318,43	265,347	53,083	Regular
38	1+900.00	457041	9130877	321,309	266,417	54,892	Regular
39	1+950.00	456991,9	9130868	320,644	267,487	53,157	Regular
40	2+000.00	456942,8	9130859	317,469	268,557	48,912	Regular
41	2+050.00	456893,7	9130849	314,339	269,627	44,712	Regular
42	2+100.00	456844,6	9130840	306,827	270,697	36,13	Regular
43	2+150.00	456795,5	9130830	306,566	271,767	34,799	Regular
44	2+200.00	456746,4	9130821	305,187	272,837	32,349	Regular
45	2+250.00	456697,3	9130812	302,638	273,907	28,73	Regular
46	2+300.00	456648,2	9130802	299,798	274,978	24,82	Regular
47	2+350.00	456599,1	9130793	296,958	276,048	20,911	Regular
48	2+400.00	456550	9130783	294,119	277,118	17,001	Regular
49	2+450.00	456500,8	9130774	291,578	278,188	13,39	Regular
50	2+500.00	456451,7	9130765	289,366	279,258	10,108	Regular
51	2+550.00	456402,6	9130755	294,993	280,328	14,664	Regular
52	2+600.00	456353,5	9130746	295,398	281,398	14	Regular
53	2+650.00	456304,4	9130736	296,785	282,468	14,317	Regular
54	2+700.00	456255,3	9130727	294,348	283,539	10,809	Regular
55	2+750.00	456206,2	9130718	294,973	284,609	10,364	Regular
56	2+800.00	456157,1	9130708	300,728	285,679	15,049	Regular
57	2+850.00	456108	9130699	304,937	286,749	18,188	Regular
58	2+900.00	456058,9	9130689	305,093	287,819	17,274	Regular
59	2+950.00	456009,8	9130680	305,248	288,889	16,359	Regular
60	3+000.00	455960,7	9130671	305,514	289,959	15,554	Regular
61	3+050.00	455911,6	9130661	309,336	291,029	18,307	Regular
62	3+100.00	455862,5	9130652	309,703	292,099	17,604	Regular
63	3+150.00	455813,3	9130642	313,008	293,17	19,838	Regular
64	3+200.00	455764,2	9130633	316,055	294,24	21,815	Regular
65	3+250.00	455715,1	9130623	310,945	295,31	15,635	Regular

Lanjutan Tabel 2.34 Ketinggian Setiap STA

LEFT							
PVI	Station	Easting	Northing	Elevation Existing	Elevation Design	Elevation Difference	Point Type
66	3+300.00	455666	9130614	305,835	296,38	9,455	Regular
67	3+350.00	455624,8	9130634	306,431	297,45	8,981	Regular
68	3+400.00	455586,9	9130667	308,226	298,52	9,705	Regular
69	3+450.00	455549,1	9130699	308,342	299,59	8,752	Regular
70	3+500.00	455511,2	9130732	308,398	300,66	7,737	Regular
71	3+550.00	455473,3	9130765	318,614	301,731	16,884	Regular
72	3+600.00	455435,4	9130797	329,95	302,801	27,149	Regular
73	3+650.00	455397,6	9130830	349,382	303,871	45,511	Regular
74	3+700.00	455359,7	9130863	368,991	304,941	64,05	Regular
75	3+750.00	455321,8	9130895	377,628	306,011	71,617	Regular
76	3+800.00	455284	9130928	385,463	307,081	78,382	Regular
77	3+850.00	455246,1	9130961	385,809	308,151	77,658	Regular
78	3+900.00	455208,2	9130993	392,916	309,221	83,695	Regular
79	3+950.00	455170,4	9131026	391,555	310,291	81,264	Regular
80	4+000.00	455132,5	9131059	390,027	311,362	78,665	Regular
81	4+050.00	455094,6	9131091	387,231	312,432	74,799	Regular
82	4+100.00	455056,8	9131124	367,878	313,502	54,376	Regular
83	4+150.00	455018,9	9131156	354,903	314,572	40,331	Regular
84	4+200.00	454981	9131189	340,92	315,642	25,278	Regular
85	4+250.00	454943,2	9131222	324,377	316,712	7,665	Regular
86	4+300.00	454905,3	9131254	310,434	317,782	-7,348	Regular
87	4+350.00	454867,4	9131287	302,315	318,852	-16,538	Regular
88	4+400.00	454907,6	9131315	308,713	319,922	-11,209	Regular
89	4+450.00	454949,2	9131343	318,324	320,993	-2,669	Regular
90	4+500.00	454990,7	9131371	335,006	322,063	12,943	Regular
91	4+550.00	455032,3	9131399	343,851	323,133	20,718	Regular
92	4+600.00	455073,8	9131426	347,703	324,203	23,501	Regular
93	4+650.00	455115,3	9131454	351,515	325,273	26,242	Regular
94	4+700.00	455156,9	9131482	355,296	326,343	28,952	Regular
95	4+750.00	455198,4	9131510	359,076	327,413	31,663	Regular
96	4+800.00	455239,9	9131538	362,857	328,483	34,373	Regular
97	4+850.00	455281,5	9131566	366,638	329,554	37,084	Regular
98	4+900.00	455323	9131593	370,625	330,624	40,001	Regular
99	4+950.00	455364,5	9131621	374,64	331,694	42,946	Regular
100	5+000.00	455406,1	9131649	369,516	332,764	36,753	Regular
101	5+050.00	455447,6	9131677	358,965	333,834	25,131	Regular
102	5+100.00	455489,2	9131705	357,072	334,904	22,168	Regular
103	5+150.00	455530,7	9131733	354,187	335,974	18,213	Regular
104	5+200.00	455572,2	9131760	350,129	337,044	13,085	Regular
105	5+250.00	455613,8	9131788	345,557	338,114	7,443	Regular
106	5+300.00	455655,3	9131816	339,528	339,185	0,344	Regular
107	5+302.18	455657,1	9131817	339,231	339,231	0	End

Berdasarkan Tabel 2.34 yang didapatkan dari STA 0+000 – STA 5+302 terlihat nilai elevasi masing-masing STA dalam Tabel 2.34 digunakan elevasi pada bagian kiri dikarenakan jumlah STA yang lebih mendakiti dengan desain perencanaan trase jalan Desa Nglanggeran. Dimana data ini didapatkan setelah melakukan perencanaan melalui *Civil 3D*.

