

## 2. DASAR TEORI

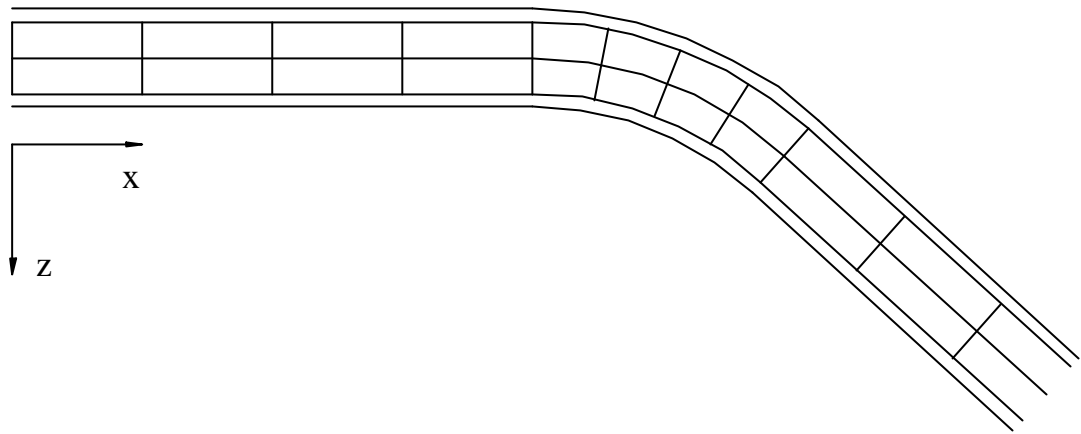
### 2.1. Pengertian Umum

Desain geometrik jalan raya mempunyai dua bagian penting yang harus diperhatikan dalam desain, yaitu desain alinyemen horisontal dan desain alinyemen vertikal (Gambar 2.1.). Alinyemen horisontal mendesain belokan pada jalan raya (Gambar 2.2.) sedangkan alinyemen vertikal mendesain bentuk dari tanjakan dan turunan jalan raya (Gambar 2.3.). Kedua alinyemen tersebut saling berhubungan satu dengan yang lain, sebab jalan yang didesain merupakan komponen tiga dimensi yang merupakan kombinasi dari komponen horisontal dan vertikal.

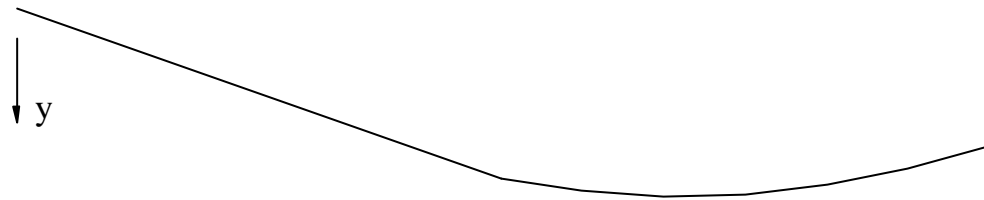


Gambar 2.1. Desain Geometrik Jalan Raya

Alinyemen horisontal adalah proyeksi sumbu jalan pada bidang horisontal (Gunadarma, 1997). Alinyemen horisontal sering disebut sebagai trase jalan, dimana terdiri dari garis lurus dan garis lengkung yang berupa bagian dari lingkaran dan lengkung peralihan.



Gambar 2.2. Desain Alinyemen Horisontal



Gambar 2.3. Desain Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah perpotongan antara bidang vertikal dengan sumbu jalan (Gunadarma, 1997).

Desain alinyemen vertikal sangat mempengaruhi volume pekerjaan tanah yang akan dilakukan, sebab dengan melakukan desain ini dapat diketahui berapa volume tanah yang akan digali dan berapa volume tanah yang akan ditimbun agar ketinggian tanah yang diperlukan dapat terpenuhi. Dalam melakukan desain alinyemen ini, terutama yang berhubungan dengan pekerjaan tanah, diharapkan volume galian dan timbunan pada jarak yang berdekatan berimbang. Apabila volumenya tidak berimbang maka akan menambah biaya dari proyek ini karena akan diperlukan biaya pengangkutan tambahan untuk menambah tanah pada timbunan apabila tanahnya kurang atau membuang tanah pada galian apabila tanahnya berlebihan.

Perancangan alinyemen vertikal juga harus memperhatikan elevasi dari genangan air pada tempat-tempat disekitarnya agar pada saat terjadi hujan, maka jalan tersebut tidak sampai tergenang air dimana hal ini dapat membahayakan keselamatan dan mengurangi kenyamanan dari pengguna jalan.

## 2.2. Tipe dan kelas jalan

Tipe jalan dibagi menjadi dua, yaitu jalan tipe I dan jalan tipe II. Jalan tipe I adalah jalan yang mempunyai pengaturan jalan masuk secara penuh (*fully access control*) sedangkan tipe II adalah jalan yang mempunyai pengaturan jalan masuk sebagian atau tanpa pengaturan (*partial access control*). Jalan tipe I mempunyai 2 kelas, yaitu :

- kelas I, merupakan jalan dengan kualitas atau standar terbaik dalam melayani lalu lintas cepat antar-regional atau antar-kota dimana akses masuk untuk jalan tersebut telah diatur secara penuh.
- Kelas II, merupakan jalan dengan kualitas atau standar terbaik dalam melayani lalu lintas cepat antar-regional atau di dalam kota-kota metropolitan dengan sebagian atau tanpa pengaturan jalan masuk.

Sedangkan untuk jalan tipe II ada 4 kelas, yaitu :

- Kelas I, merupakan jalan dengan kualitas atau standar terbaik dalam melayani angkutan cepat bagi angkutan antar-kota atau dalam kota, terdiri dari 4 buah lajur atau lebih, terutama untuk jalan dengan lampu lalu lintas.
- Kelas II, merupakan jalan dengan kualitas atau standar terbaik dalam melayani angkutan cepat bagi angkutan antar-kota atau dalam kota, terdiri dari 2 atau 4 buah lajur, terutama untuk persimpangan tanpa lampu lalu lintas.
- Kelas III, merupakan jalan dengan kualitas atau standar menengah dalam melayani angkutan dalam distrik dengan kecepatan sedang, terdiri dari 2 buah lajur, terutama untuk persimpangan tanpa lampu lalu lintas.
- Kelas IV, merupakan jalan dengan kualitas atau standar paling rendah bagi jalan satu arah.

## 2.3. Kecepatan Rencana (*Design speed*)

Adalah kecepatan maksimum bagi segala jenis kendaraan agar dapat melintasi suatu bagian jalan dengan aman dimana kondisi kendaraan adalah laik jalan.

Desain alinyemen horisontal dan alinyemen vertikal sangat dipengaruhi oleh kecepatan rencana dari jalan tersebut dimana kecepatan rencana dipengaruhi oleh tipe dan kelas dari jalan tersebut.

Kecepatan rencana yang diizinkan oleh SSGDUR 1992 adalah :

▪ Tipe I	Kelas I	100 atau 80 km/jam
	Kelas II	100 atau 60 km/jam
▪ Tipe II	Kelas I	60 km/jam
	Kelas II	60 atau 50 km/jam
	Kelas III	40 atau 30 km/jam
	Kelas IV	30 atau 20 km/jam

#### **2.4. Arah Lalu Lintas**

Adalah arah pergerakan kendaraan yang melalui jalan tersebut. Ada dua jenis, yaitu jalan satu arah dan jalan dua arah.

#### **2.5. Median**

Adalah pembatas jalan antar dua jalur yang berlawanan. Dalam desain alinyemen vertikal, median berpengaruh terhadap jenis jarak pandang (*sight distance*), yaitu *SSD* atau *PSD*.

#### **2.6. PVI (*Point of Vertical Intersection*)**

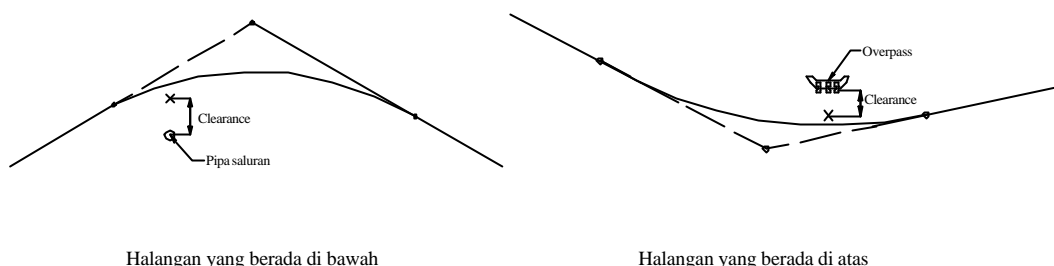
Adalah titik perpotongan antar garis muka jalan dari hasil *cut and fill* kontur tanah jalan tersebut. Dalam desain alinyemen vertikal model penomoran PVI adalah Titik awal-PVI<sub>1</sub>-PVI<sub>2</sub>-...PVI<sub>n</sub>- Titik akhir. Lengkung vertikal didesain pada PVI<sub>1</sub>, PVI<sub>2</sub>, dan seterusnya sampai PVI<sub>n</sub>. PVI minimum yang dibutuhkan untuk satu lengkung vertikal adalah satu PVI dengan titik awal dan akhir. Posisi suatu PVI ditunjukkan oleh *station* dan elevasinya.

*Station* adalah jarak mendatar PVI yang diukur dari titik awal jalan yang merupakan bagian dari panjang jalan secara keseluruhan. Elevasi adalah jarak vertikal atau ketinggian PVI terhadap suatu acuan tertentu, biasanya ketinggian muka air laut.

#### **2.7. Halangan (*Obstacle*)**

Pada desain alinyemen vertikal, harus diperhitungkan halangan – halangan yang ada dalam melakukan desain jalan. Halangan – halangan tersebut

dapat berada di bawah dan atas tanah. Halangan yang berada di bawah tanah dapat berupa saluran air, kabel - kabel, dan pipa gas. Halangan yang berada di atas tanah dapat berupa jalan layang (*over pass*) maupun jembatan yang melintas di daerah tersebut (Gambar 2.4.).



Gambar 2.4. Berbagai Kemungkinan Halangan

Pada halangan yang berada di bawah tanah seperti saluran air dan pipa gas membutuhkan jarak bebas (*clearance*) atau suatu jarak minimum dari permukaan jalan agar pipa – pipa yang ada tidak rusak dikarenakan tekanan dari kendaraan yang melintas di atasnya.

Pada *over pass*, juga dibutuhkan suatu *clearance* yang harus dipenuhi agar kendaraan yang lewat di jalan itu tidak sampai terbentur oleh bagian bawah bangunan *over pass*. *clearance* yang diperlukan disesuaikan dengan tinggi kendaraan yang direncanakan lewat pada jalan tersebut.

## 2.8. Perhitungan Desain Alinyemen Vertikal

### 2.8.1. Jarak Antar PVI (*distance*)

adalah selisih antar *station* dari dua PVI berurutan, atau secara matematis :

$$Distance = PVISta (n) - PVISta (n-1) \quad (2.1.)$$

### 2.8.2. *Grade (g)*

adalah kemiringan jalan yang merupakan perbandingan antara selisih elevasi dan selisih *station*, atau secara matematis :

$$Grade = (PVIEl(n) - PVIEl(n-1)) / (PVISta(n) - PVISta(n-1)) \quad (2.2.)$$

Kemiringan jalan sangat menentukan pada desain alinyemen vertikal, karena jalan yang turun atau turunan akan menambah laju dari kendaraan dimana

ada kemungkinan kecepatan rencana jalan akan terlampaui. Turunan akan menjadi sangat berbahaya apabila pada daerah tersebut juga terdapat belokan, sehingga dalam merencanakan desain geometriknya harus diperhatikan aspek vertikal dan horisontalnya secara baik sehingga jalan tersebut aman untuk digunakan.

Untuk menunjukkan jalan tersebut tanjakan atau turunan, maka dipergunakan simbol :

+ : untuk tanjakan

- : untuk turunan.

Jalan yang mempunyai *grade* 0 % berarti jalan yang datar, namun akan timbul masalah drainase sebab air tidak dapat mengalir apabila jalan tersebut sangat datar dan akan tergenang.

SSGDUR 1992 menetapkan bahwa *grade* maksimum dari suatu jalan dipengaruhi oleh kecepatan rencana dari jalan tersebut. Besar dari *grade* maksimum dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. *Grade* Maksimum.

Design Speed ( km/jam )	Grade Maksimum ( % )
100	3
80	4
60	5
50	6
40	7
30	8
20	9

Sumber : SSGDUR (1992)

### 2.8.3. Panjang Kritis (*Critical Length of Grade*)

*Grade* dapat diperbesar lebih dari yang disyaratkan pada Tabel 2.1. asalkan panjang dari kemiringan jalan tersebut juga harus dibatasi, panjang ini disebut panjang kritis. Selain itu, juga harus ada jalur khusus yang terletak di jalur paling kiri jalan selebar 3 m yang disebut jalur pendakian untuk digunakan oleh kendaraan berat seperti truk pada waktu menanjak. Apabila jalur pendakian tidak

tersedia, maka laju truk yang lambat pada waktu menanjak akan menghalangi laju kendaraan dibelakangnya. Panjang kritis yang disyaratkan dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Panjang Kritis.

Design Speed (km/jam)	Grade ( % )	Panjang Kritis ( m )
100	4	700
	5	500
	6	400
80	5	600
	6	500
	7	400
60	6	500
	7	400
	8	300
50	7	500
	8	400
	9	300
40	8	400
	9	300
	10	200

Sumber : SSGDUR (1992)

Catatan : bila nilai *grade* berada diantaranya, maka dilakukan interpolasi linier untuk mendapatkan panjang kritis.

#### 2.8.4. Lengkung Vertikal

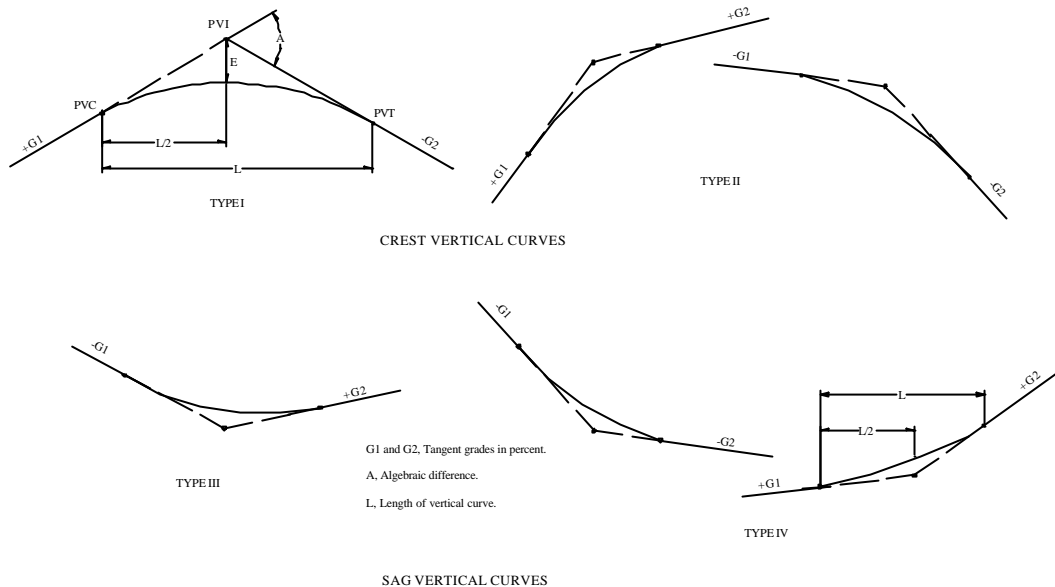
Ada dua jenis lengkung vertikal, yaitu cembung dan cekung (Gambar 2.5.). Jenis lengkung ini dipengaruhi oleh *grade*. Untuk  $g_1 > g_2$ , jenis lengkung vertikalnya cembung (*crest*), dan untuk  $g_1 < g_2$ , jenis lengkungnya cekung (*sag*).

Lengkung vertikal mempunyai beberapa macam bentuk, yaitu :

- Lingkaran
- Parabola sederhana

- Parabola tingkat tiga
- Spiral (*Clothoide*)

Bentuk lengkung vertikal yang dipergunakan pada SSGDUR 1992 adalah bentuk parabola sederhana.



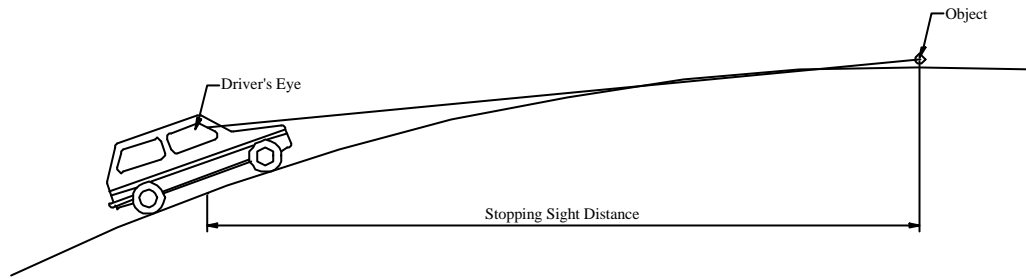
Gambar 2.5. Jenis Lengkung Vertikal

### 2.8.5. Jarak Pandang (*Sight Distance*)

Adalah jarak bebas yang diperlukan pengemudi untuk mendahului kendaraan di depannya dengan aman. Jarak pandang ada 2 jenis, yaitu *Stopping Sight Distance (SSD)* dan *Passing Sight Distance (PSD)*.

#### 2.8.5.1. *Stopping Sight Distance (SSD)*

adalah jarak minimum yang diperlukan oleh pengemudi kendaraan yang melaju dengan kecepatan rencana jalan untuk bereaksi dan menghentikan kendaraannya sebelum menabrak suatu benda yang berada diatas jalan (Gambar 2.6.). Jarak minimum ini harus cukup tersedia di semua lokasi pada jalan yang direncanakan itu. SSD digunakan untuk mendesain jalan satu arah maupun jalan dua arah yang mempunyai median jalan.



Gambar 2.6. SSD

Rumus umum yang digunakan :

$$S = 0,694 \cdot V + \frac{V^2}{254 (f \pm 0,01 g)} \quad (2.3.)$$

dimana:  $S$  = *Stopping Sight Distance* (m)

$V$  = *Running Speed* (km/jam) (Tabel 2.3.)

$F$  = *Longitudinal Friction* (Tabel 2.3.)

$g$  = *Grade* (%)

Tabel 2.3. *Running Speed dan Longitudinal Friction.*

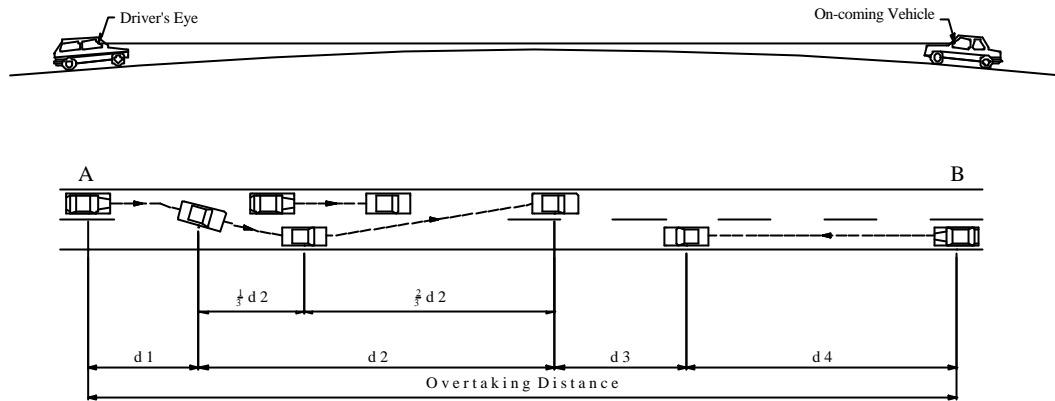
<b>Design Speed</b> (km/jam)	<b>Running Speed</b> (km/jam)	<b>f</b>
100	85	0.3
80	68	0.31
60	54	0.33
50	45	0.35
40	36	0.38
30	30	0.44
20	20	0.44

Sumber : SSGDUR (1992)

#### 2.8.5.2. *Passing Sight Distance* (PSD)

adalah suatu jarak yang diperlukan pengemudi untuk mendahului kendaraan di depannya dengan selamat tanpa harus bertabrakan dengan kendaraan yang datang dari arah berlawanan (Gambar 2.7.). Kondisi jalan yang dilalui adalah jalan dua arah tanpa median sehingga memungkinkan kendaraan untuk

melintasi jalur dari arah yang berlawanan untuk mendahului kendaraan yang berada di depannya.



Gambar 2.7. PSD

Rumus umum yang digunakan untuk mencari  $d$ , jarak total yang diperlukan untuk mendahului, adalah :

- *Initial manuver distance* ( $d_1$ )

$$d_1 = 0,278 \cdot t_1 \left( V - m + \frac{at_1}{2} \right) \quad (2.4.)$$

$d_1$  = jarak yang ditempuh selama persiapan untuk mendahului kendaraan lain (m)

$t_1$  = waktu reaksi (det)

$m$  = perbedaan kecepatan antara kendaraan A dan B (m/det)

$V$  = kecepatan rata-rata kendaraan A sama dengan *design speed* (m/det)

$a$  = percepatan rata-rata (m/det<sup>2</sup>)

- *Distance while passing vehicle occupied right lane* ( $d_2$ )

$$d_2 = 0,278 \cdot V t_2 \quad (2.5.)$$

$d_2$  = jarak yang ditempuh selama kendaraan A berada di jalur kanan (m)

$t_2$  = waktu selama kendaraan A berada di jalur kanan (det)

- *Clearance length* ( $d_3$ )

$d_3$  = jarak bebas antara kendaraan A dan C (m) (Tabel 2.4.)

- Distance transversed by an oppposing vehicle ( $d_4$ )

$$d_4 = \frac{2}{3}d_2 \quad (2.6.)$$

$d_4$  = jarak yang ditempuh oleh kendaraan dari arah berlawanan (m)

- Total overtaking distance (DE)

$$Dp = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \quad (2.7.)$$

- Minimum overtaking distance (DM)

$$Dp = 2/3 d_2 + d_3 + d_4 \quad (2.8.)$$

Perhitungan untuk PSD dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4. Calculation of Passing Sight Distance (Japan).

Passing Speed (km/h) : $V_A$	100	80	60	50	40	30	20
Running Speed of Passed Vehicle (km/h) : $V_B$	80	65	45	37.5	30	20	15
Initial Maneuver :							
a = average acceleration (m/sec <sup>2</sup> )	0.66	0.65	0.63	0.62	0.61	0.6	0.6
$t_1$ = time (sec)	4.5	4.2	3.7	3.4	3.1	2.9	2.7
$d_1$ = distance traveled (m)	113	82	51	34	28	19	10
Occupation of left Lane :							
$t_2$ = time (sec)	11.4	10.4	9.5	9	8.5	8	7.6
$d_2$ = distance traveled (m)	317	231	159	125	95	67	42
Clearance Length :							
$d_3$ = distance traveled (m)	80	60	40	30	25	20	15
Opposing Vehicle :							
$d_4$ = distance traveled (m)	211	154	106	81	63	45	28
Total Distance : DE							
$d_1 + d_2 + d_3 + d_4$ (m)	700	550	350	250	200	150	100
Minimum Distance : DM							
$(2/3) d_2 + d_3 + d_4$ (m)	500	350	250	200	150	100	70

Sumber : SSGDUR (1992)

### 2.8.6. Jari-Jari Lengkung Vertikal

Jari-jari lengkung vertikal ditentukan oleh besarnya kecepatan rencana dan jenis lengkung jalan, seperti yang telah disyaratkan pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5. Jari-Jari Lengkung Vertikal

Design Speed (km/jam)	Crest or Sag Curve	Standard Minimum Radius of Vertical Curvature (m)	Desirable Minimum Radius of Vertical Curvature (m)
100	Crest	6500	10000
	Sag	3000	4500
80	Crest	3000	4500
	Sag	2000	3000
60	Crest	1400	2000
	Sag	100	1500
50	Crest	800	1200
	Sag	700	1000
40	Crest	450	700
	Sag	450	700
30	Crest	250	400
	Sag	250	400
20	Crest	100	200
	Sag	100	200

Sumber : SSGDUR (1992)

#### 2.8.7. Panjang Lengkung Vertikal (*Length of Vertical Curvature*)

Dalam desain alinyemen vertikal, panjang lengkung vertikal (LV) merupakan bagian desain yang utama, karena akan mempengaruhi bentuk dari lengkung vertikal itu sendiri.

LV yang semakin kecil akan membuat lengkung menjadi semakin tinggi sehingga pengguna akan merasakan guncangan saat melintasinya sedangkan LV yang semakin besar akan membuat lengkung menjadi semakin landai dimana pengguna akan merasakan guncangan kecil saja saat melintasinya.

Panjang lengkung vertikal yang digunakan sebagai desain harus memenuhi LV izin, terutama batas minimumnya. LV izin ada 4 macam, dapat dicari dengan menggunakan rumus:

- LV Shock ( $LV_1$ )

$$LV = \frac{AV^2}{360} \quad (2.9.)$$

- LV Sight Distance ( $LV_2$ )

$$\text{Untuk lengkung cembung (crest) : } LV = \frac{AS^2}{398} \quad (2.10.)$$

Untuk lengkung cekung (*sag*):  $LV = \frac{AS^2}{3546}$  (2.11.)

- LV Radius ( $LV_3$ )

$$LV = \frac{AR}{100} \quad (2.12.)$$

- LV *Running* ( $LV_4$ )

$$LV = \frac{3V}{3,6} \quad (\text{Tabel 2.6}) \quad (2.13.)$$

dimana:  $A = |g_2 - g_1|$

$V = \text{Design Speed (km/jam)}$

$S = \text{Sight distance (m)}$

$R = \text{Jari-jari Lengkung Vertikal (m) (Tabel 2.5.)}$

Tabel 2.6. *Standard Minimum Length of Vertical Curvature*

Design Speed (km/h)	Standard Minimum Length of Vertical Curve (m)
100	85
80	70
60	50
50	40
40	35
30	25
20	20

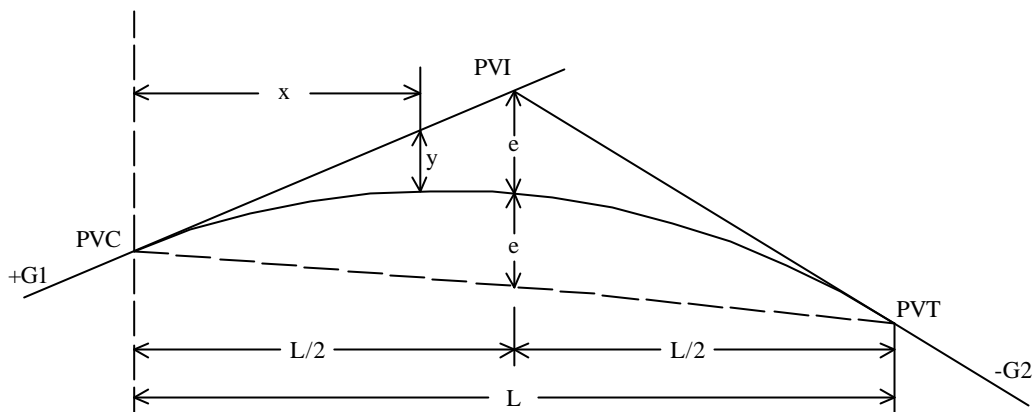
Sumber: SSGDUR 1992

#### 2.8.8. Persamaan Lengkung Vertikal

Bentuk lengkung vertikal yang dipergunakan pada SSGDUR 1992 adalah bentuk parabola sederhana. Bentuk lengkung dan variabelnya dapat dilihat pada Gambar 2.8.

Untuk *External distance* dari lengkung :

$$e = \frac{AL}{800} \quad (2.14.)$$



Gambar 2.8. Lengkung Vertikal

Untuk titik awal dan akhir lengkung :

$$PVCSta = PVISta - \frac{L}{2} \quad (2.15.)$$

$$PVTSta = PVISta + \frac{L}{2} \quad (2.16.)$$

$$PVCEl = PVIEl - \frac{g_1 L}{200} \quad (2.17.)$$

$$PVTEl = PVIEl + \frac{g_2 L}{200} \quad (2.18.)$$

Untuk *high low point* dari lengkung :

$$x_m = \frac{g_1 L}{g_2 - g_1} = \frac{g_1 L}{A} \quad (2.19.)$$

*high low point* adalah titik tertinggi atau terendah dari suatu lengkung vertikal.

Untuk setiap titik pada lengkung :

$$y = \frac{Ax^2}{200L} \quad (2.20.)$$

$$E_x = PVCEl + \frac{g_1 x}{100} + \frac{Ax^2}{200L} \quad (2.21.)$$

Dimana :

PVI = *Point of Vertical Intersection*

PVC = *Point of Vertical Curvature* (permulaan dari lengkung vertikal)

PVT = *Point of Vertical Tangency* (akhir dari lengkung vertikal)

Sta = *Station*

$E_l$  = Elevasi

$g_1$  = kemiringan jalan (%)

$g_2$  = kemiringan jalan (%)

$L$  = panjang lengkung vertikal (m)

$A$  = beda kemiringan antara  $g_1$  dengan  $g_2$  (%)

$x$  = jarak dari PVC ke suatu titik pada lengkung vertikal (m)

$E_x$  = elevasi suatu titik sejarak  $x$  dari PVC pada lengkung vertikal

$x_m$  = lokasi dari titik terendah atau tertinggi pada lengkung vertikal (m)

$e$  = *external distance* (m)

$y$  = *offset of curve from initial grade line* (m)