

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Dasar Perencanaan Geometrik**

##### **2.1.1 Pengertian**

Perencanaan geometrik jalan merupakan suatu perencanaan rute dari suatu ruas jalan secara lengkap, menyangkut beberapa komponen jalan yang dirancang berdasarkan kelengkapan data dasar, yang didapatkan dari hasil survey lapangan, kemudian dianalisis berdasarkan acuan persyaratan perencanaan geometrik yang berlaku (Saodang, 2010).

Geometrik jalan bebas hambatan untuk jalan tol harus :

- a. Memenuhi aspek – aspek keselamatan, kenyamanan dan kelancaran lalu lintas yang diperlukan dan mempertimbangkan aspek – aspek lalu lintas yang akan digunakan sebagai jalan tol, tingkat pengembangan jalan, standar desain, pemeliharaan, kelas dan fungsi jalan, dan jalan masuk/jalan keluar.
- b. Memenuhi ketentuan standar geometrik yang khusus dirancang untuk jalan bebas hambatan dengan sistem pengumpul tol serta mempertimbangkan faktor teknis, ekonomis, *financial* dan lingkungan.
- c. Memenuhi kelas dan spesifikasi yang lebih tinggi dan harus terkendali penuh dari jalan umum yang ada.
- d. Direncanakan untuk dapat melayani arus lalu lintas jarak jauh dengan mobilitas tinggi yang dilakukan dengan teknik sedemikian rupa sehingga terbentuk kombinasi antara alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal dan mempertimbangkan ketersediaan saluran samping yang memadai.

Dasar perencanaan geometrik jalan adalah sifat gerakan dan ukuran kendaraan, sifat pengemudi dalam mengendalikan gerak kendaraannya, dan karakteristik arus lalu lintas. Hal tersebut haruslah menjadi bahan pertimbangan perencana sehingga dihasilkan bentuk dan ukuran jalan, serta ruang gerak kendaraan yang memenuhi tingkat kenyamanan dan keamanan yang diharapkan (Sukarman, 1999).

### **2.1.2 Data Peta Topografi**

Keadaan topografi dalam penetapan trase jalan memegang peranan yang sangat penting, karena akan mempengaruhi penetapan alinyemen, kelandaian jalan, jarak pandangan, penampang melintang, saluran tepi dan lain sebagainya.

Pengukuran peta topografi untuk mengumpulkan data topografi yang cukup yang akan digunakan dalam perencanaan geometrik. Data peta topografi menentukan kecepatan sesuai dengan daerahnya. Pengukuran peta topografi dilakukan pada sepanjang trase jalan rencana.

Pekerjaan pengukuran terdiri dari beberapa kegiatan berikut :

- a. Pekerjaan perintisan berupa merintis atau membuka Sebagian daerah yang akan diukur sehingga pengukuran dapat berjalan lancar.
- b. Kegiatan pengukuran yang meliputi :
  1. Penentuan titik – titik kontrol horizontal dan vertikal yang dipasang setiap interval 100 meter pada rencana as jalan.
  2. Pengukuran penampang melintang dan penampang memanjang.
  3. Pengukuran situasi pada bagian kiri dan kanan dari jalan dimaksud dan disebutkan tata guna tanah disekitar trase jalan.
  4. Perhitungan perencanaan desain jalan dan juga penggambaran peta topografi berdasarkan titik – titik koordinat kontrol diatas.

### **2.1.3 Data Lalu Lintas**

Data lalu lintas adalah data utama yang diperlukan dalam perencanaan Teknik jalan, karena kapasitas jalan yang akan direncanakan tergantung dari komposisi lalu lintas yang akan menggunakan pada suatu segmen jalan yang akan ditinjau. Besarnya volume atau arus lalu lintas diperlukan untuk menentukan jumlah dan lebar jalan, pada satu jalur dalam penentuan karakteristik geometrik, sedangkan jenis kendaraan akan menentukan kelas beban atau muatan sumbu terberat yang akan berpengaruh langsung pada perencanaan konstruksi perkerasan (Saodang, 2004).

Data arus lalu lintas merupakan informasi dasar bagi perencanaan dan desain suatu jalan. Data ini dapat mencakup suatu jaringan jalan atau hanya suatu daerah tertentu dengan batasan yang telah ditentukan. Data lalu lintas didapatkan dengan melakukan pendataan kendaraan atau survei kendaraan yang melintasi suatu arus jalan, sehingga dari hasil pendataan ini kita dapat mengetahui volume lalu lintas yang melintasi jalan tersebut. Data volume lalu lintas diperoleh dalam satuan kendaraan per jam (kend/jam).

Volume lalu lintas dinyatakan dalam Satuan Mobil Penumpang (SMP) yang didapat dengan mengalikan atau mengkonversikan angka Faktor Ekuivalensi (FE) setiap kendaraan yang melintasi jalan tersebut dengan jumlah kendaraan yang diperoleh dari hasil pendataan (kend/jam). Volume lalu lintas dalam SMP ini menunjukkan besarnya jumlah lalu lintas harian rata – rata (LHR) yang melintasi jalan tersebut. Dari lalu lintas rata – rata (LHR) yang didapatkan kita dapat merencanakan tebal perkerasan.

Untuk merencanakan teknik jalan baru, survei lalu lintas tidak dapat dilakukan karena belum ada jalan. Akan tetapi, untuk menentukan dimensi jalan tersebut diperlukan data jumlah kendaraan untuk itu hal yang harus dilakukan sebagai berikut :

- a. Survei perhitungan lalu lintas dilakukan pada jalan yang sudah ada, yang diperkirakan mempunyai bentuk, kondisi dan keadaan komposisi lalu lintas akan serupa dengan jalan yang direncanakan.
- b. Survei asal tujuan yang dilakukan pada lokasi yang dianggap tepat dengan cara melakukan wawancara kepada pengguna jalan untuk mendapatkan gambaran rencana jumlah dan komposisi pada jalan yang direncanakan (Hendarsin, 2000).

Untuk menghitung Lalu Lintas Harian Rata – Rata pada akhir umur rencana, maka diperlukan faktor laju pertumbuhan lalu lintas (i). Jika tidak tersedia data, maka dapat digunakan faktor laju pertumbuhan lalu lintas (i) menurut Manual Perkerasan Jalan 2017. Faktor laju pertumbuhan Lalu Lintas tahun 2015 – 2035 dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (i) (%)

	Jawa	Sumatera	Kalimantan	Rata – rata Indonesia
Arteri dan Perkotaan	4,80	4,83	5,14	4,75
Kolektor Rural	3,50	3,50	3,50	3,50
Jalan Desa	1,00	1,00	1,00	1,00

(Sumber : MKJI, 2017)

#### 2.1.4 Data Penyelidikan Tanah

Data penyelidikan tanah didapat dengan melakukan penyelidikan tanah di lapangan, meliputi pekerjaan :

- a. Penelitian data tanah yang terdiri dari sifat – sifat indeks, klasifikasi USCS dan AASHTO, pemadatan dan nilai CBR. Pengambilan data CBR dilapangan dilakukan sepanjang ruas jalan rencana, dengan interval 100 meter dengan menggunakan DCP.
- b. (*Dynamic Cone Penetrometer*). Hasil tes DCP ini dievaluasi melalui penampilan grafik yang ada, sehingga menampilkan hasil nilai CBR di setiap titik lokasi. Penentuan nilai CBR dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan cara analisis dan grafis.

##### 1) Cara Analisis

Adapun rumus yang digunakan pada CBR analisis adalah :

$$CBR_{\text{segmen}} = (CBR_{\text{rata-rata}} - (CBR_{\text{rata-rata}} - CBR_{\text{min}})/R) \dots\dots\dots(2.1)$$

Nilai R tergantung dari jumlah data yang terdapat dalam suatu segmen. Nilai R untuk perhitungan CBR segmen diberikan pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Nilai R untuk perhitungan CBR segmen

Jumlah Titik Pengamatan	Nilai R
2	1,41
3	1,91
4	2,24
5	2,48

Jumlah Titik Pengamatan	Nilai R
6	2,57
7	2,83
8	2,96
9	3,08
10	3,18

(Sumber : Sukarman, 1995)

## 2) Cara Grafis

Prosuder adalah sebagai berikut :

- a) Tentukan nilai CBR terendah.
- b) Tentukan berapa banyak nilai CBR yang sama atau lebih besar dari masing – masing nilai CBR kemudian disusun pada tabel, mulai dari CBR terkecil sampai yang terbesar.
- c) Angka terbanyak diberi nilai 100 %, angka yang lain merupakan persentase dari 100%.
- d) Dibuat grafik hubungan antara harga CBR dengan persentase nilai tadi.
- e) Nilai CBR segmen adalah nilai pada keadaan 90%.

## c. Analisa

Melakukan Analisa pada contoh tanah terganggu dan tidak terganggu juga terhadap bahan konstruksi, dengan menggunakan ketentuan ASTM dan AASTHO maupun standar yang berlaku di Indonesia.

## d. Pengujian Laboratorium

Uji bahan konstruksi untuk mendapatkan :

1. Sifat – sifat indeks (*indeks properties*) yaitu meliputi Gs (*specific gravity*), WN (*water natural conten*),  $\gamma$  (berat isi), e (angka pori), n (*porositas*), Sr (derajat kejenuhan).
2. Klasifikasi USCS dan AASTHO
  - a) Analisa ukuran butir (*Grain Size Analysis*)
    - Analisa saringan (*sieve analysis*)
    - Hidrometer (*hydrometer analysis*)

- b) Batas – batas atteberg (atteberg limits)
  - *Liquid limit* (LL) = batas cair
  - *Plastic limit* (PL) = batas plastis
  - *Indeks plastis* (IP) = LL – PL
- c) Pemadatan :  $\gamma_d$  maks dan  $W_{opt}$ 
  - Pemadatan standar
  - Pemadatan modifikasi
  - Dilapangan di cek dengan sandcone  $\pm 100\%$   $\gamma_d$  maks
- d) CBR laboratorium (CBR rencana), berdasarkan pemadatan  $\gamma_{dmaks}$  dan  $W_{opt}$ 
  - CBR lapangan : DCP  $\rightarrow$  CBR lapangan

### 2.1.5 Data Penyelidikan Material

Data penyelidikan material meliputi pekerjaan sebagai berikut :

- a. Mengadakan penelitian terhadap semua data material yang ada selanjutnya melakukan penyelidikan sepanjang proyek tersebut.
- b. Berdasarkan survey langsung dilapangan maupun dengan pemeriksaan laboratorium.
- c. Penyelidikan lokasi sumber material yang ada beserta perkiraan jumlahnya untuk pekerjaan – pekerjaan penimbunan pada jalan dan jembatan serta bangunan pelengkap.

Pengidentifikasi material secara virtual yang dilakukan oleh teknisi tanah dilapangan hanya berdasarkan gradasi butiran dan karakteristik keplastisannya saja yaitu :

- a. Tanah berbutir kasar
 

Tanah yang termasuk dalam kelompok butiran kasar contohnya adalah kerikil dan pasir.
- b. Tanah berbutir halus
 

Dilapangan tanah kelompok ini sudah dibedakan secara virtual antara lempung dan lanau, kecuali dengan cara perkiraan karakteristik plastisnya (Hendarsin, 2000) .

## **2.2 Pengelompokan Jalan**

Desain geometrik jalan harus ditetapkan klasifikasinya. Dalam PP No. 34 tahun 2006 tentang jalan dan UU No. 22 tahun 2009 tentang lalu lintas dan angkutan jalan, jalan dikelompokkan menurut :

1. Peruntukkan.
2. Sistem Jaringan Jalan (SJJ).
3. Status Jalan.
4. Fungsi Jalan; dan
5. Klasifikasi jalan yang terdiri dari Spesifikasi Penyediaan Prasarana Jalan (SPPJ) dan kelas penggunaan jalan.

### **2.2.1 Pengelompokan Berdasarkan Peruntukan Jalan**

Berdasarkan peruntukan jalan, jalan diperuntukkan sebagai jalan umum dan jalan khusus.

1. Jalan Umum, adalah jalan yang diperuntukkan bagi lalu lintas umum, termasuk JBH dan jalan tol, dikelola oleh pemerintah.
2. Jalan Khusus, adalah jalan yang tidak diperuntukkan untuk lalu lintas umum, hanya diperuntukkan bagi kepentingan dan/atau untuk manfaat langsung kepada perorangan, kelompok masyarakat tertentu, badan usaha, atau instansi tertentu. Penyelenggaraan jalan khusus sesuai pengaturan dilaksanakan oleh bukan pemerintah, sedangkan berkaitan dengan pembinaan, pengawasan, pengusaha, dan pengoperasiannya dapat dilakukan oleh instansi pemerintah atau pemerintah bersama – sama swasta atau swasta, perorangan, atau kelompok masyarakat tertentu. Kepemilikan jalan khusus dapat dimiliki oleh perorangan, kelompok masyarakat tertentu, badan usaha, dan atau instansi tertentu termasuk instansi pemerintah.

### **2.2.2 Pengelompokan Berdasarkan Sistem Jaringan Jalan**

Sistem Jaringan Jalan (SJJ) merupakan satu kesatuan jaringan jalan yang terdiri dari SJJ primer dan SJJ sekunder yang terjalin dalam hubungan hierarki fungsi jalan. Masing – masing SJJ diuraikan sebagai berikut :

- a. Sistem Jaringan Jalan (SJJ) primer disusun berdasarkan rencana tata ruang dan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk pengembangan semua wilayah di tingkat nasional, dengan menghubungkan semua simpul jasa distribusi yang berwujud pusat – pusat kegiatan yaitu pusat kegiatan nasional (PKN), pusat kegiatan wilayah (PKW), pusat kegiatan lokal (PKL) sampai ke pusat kegiatan lingkungan (PKLing) dan menghubungkan antar – PKN. Ruas – ruas jalan dalam SJJ primer yang berfungsi menghubungkan pusat – pusat kegiatan yang umumnya berwujud kota dan berlokasi di luar kota dikategorikan sebagai jalan Antarkota.
- b. Sistem Jaringan Jalan (SJJ) sekunder 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 kesatu, fungsi sekunder kedua, fungsi sekunder ketiga, dan seterusnya sampai ke persil. Ruas – ruas jalan dalam SJJ sekunder yang berfungsi menghubungkan pusat – pusat kegiatan yang umumnya berwujud kawasan di dalam kota dikategorikan sebagai jalan Perkotaan.

Untuk mewujudkan efisiensi dan kesinambungan pelayanan perjalanan, maka SJJ Primer tidak boleh terputus melayani dari origin ke destinasinya, sehingga ruas – ruas jalan dalam SJJ primer dapat memasuki wilayah SJJ sekunder (atau wilayah perkotaan).

### **2.2.3 Pengelompokan Berdasarkan Status Jalan**

Jalan umum menurut statusnya dikelompokkan menjadi 5, yaitu jalan nasional, jalan provinsi, jalan kabupaten, jalan kota dan jalan desa. Berdasarkan fungsi masing–masing kelompok tersebut mengelompokannya lagi, menjadi :

- a. Jalan nasional adalah jalan umum yang diselenggarakan oleh pemerintah pusat, terdiri atas ;
  - 1) jalan arteri primer;
  - 2) jalan kolektor primer yang menghubungkan antar ibukota provinsi;

- 3) jalan tol; dan
  - 4) jalan strategis nasional.
- b. Jalan provinsi adalah jalan umum yang diselenggarakan oleh pemerintah provinsi, terdiri atas :
- 1) jalan kolektor primer yang menghubungkan ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten atau kota;
  - 2) jalan kolektor primer yang menghubungkan antar ibukota kabupaten atau kota;
  - 3) jalan strategis provinsi; dan
  - 4) jalan di Daerah Khusus Ibukota Jakarta.
3. Jalan kabupaten adalah jalan umum yang diselenggarakan oleh pemerintah kabupaten, terdiri atas :
- 1) jalan kolektor primer yang tidak termasuk jalan nasional dan jalan provinsi;
  - 2) jalan lokal primer yang menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan, ibukota kabupaten dengan pusat desa, antar ibukota kecamatan, ibukota kecamatan dengan desa, dan antar desa;
  - 3) jalan sekunder yang tidak termasuk jalan provinsi dan jalan sekunder dalam kota; dan
  - 4) jalan strategis kabupaten.
- d. Jalan kota adalah jalan umum yang diselenggarakan oleh pemerintah kota dan berada dalam jaringan jalan didalam kota.
- e. Jalan desa adalah jalan umum yang diselenggarakan oleh pemerintah kabupaten, terdiri dari jalan lingkungan primer dan jalan lokal primer yang tidak termasuk jalan kabupaten, berada di dalam kawasan perdesaan, dan menghubungkan kawasan dan/atau antar permukiman di dalam desa.

#### 2.2.4 Pengelompokan Berdasarkan Fungsi Jalan

Sesuai dengan fungsinya, jalan dikelompokkan dan dibedakan keberadaannya dalam SJJ (PP No. 34/2006).

##### 1. Pengelompokan Jalan Berdasarkan Fungsinya dalam SJJ Primer

Jalan dalam SJJ primer terdiri dari :

- a. Jalan Arteri Primer, berfungsi menghubungkan antar – PKN atau antara PKN dengan PKW, melayani angkutan utama dengan ciri – ciri:
  - 1) Melayani perjalanan lalu lintas jarak jauh yang tidak boleh terganggu oleh lalu lintas ulang alik, lalu lintas lokal, dan kegiatan lokal.
  - 2) Kecepatan rata – rata tinggi dengan  $V_D$  paling rendah 60Km/jam.
  - 3) Mempunyai kapasitas yang lebih besar dari volume lalu lintas rata – ratanya.
  - 4) Mempunyai lebar badan jalan paling sedikit 11,0 m.
  - 5) Persimpangan sebidang diatur sedemikian sehingga sesuai dengan ketentuan pada butir a, b, dan c.
  - 6) Jumlah jalan masuk dibatasi.
  - 7) Jalan arteri primer yang memasuki kawasan perkotaan dan/atau kawasan pengembangan perkotaan tidak boleh terputus.
- b. Jalan kolektor primer, berfungsi menghubungkan antara PKN dengan PKL, antar – PKW, atau antara PKW dengan PKL, melayani angkutan pengumpulan/pembagian dengan ciri – ciri:
  - 1) Melayani perjalanan lalu lintas jarak sedang.
  - 2) Kecepatan rata – rata sedang dengan  $V_D$  paling rendah 40 Km/jam.
  - 3) Mempunyai kapasitas yang lebih besar dari volume lalu lintas rata – ratanya.
  - 4) Mempunyai lebar badan jalan paling sedikit 9,0 m.
  - 5) Persimpangan sebidang pada jalan arteri primer dengan pengaturan tertentu harus memenuhi ketentuan sebagaimana dimaksud pada butir a, b, dan c.

- 6) Jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.
  - 7) Jalan kolektor primer yang memasuki kawasan perkotaan dan/atau kawasan pengembangan perkotaan tidak boleh terputus.
- c. Jalan Lokal Primer, berfungsi menghubungkan PKN dengan PKL, PKW dengan PKLing, antar – PKL, atau PKL dengan PKLing, serta antar – PKLing, melayani angkutan setempat, dengan ciri – ciri:
- 1) Perjalanan jarak dekat;
  - 2) Kecepatan rata – rata rendah dengan  $V_D$  paling rendah 20 Km/jam.
  - 3) Mempunyai lebar badan jalan paling sedikit 7,5 m.
  - 4) Jumlah jalan masuk tidak dibatasi.
  - 5) Jalan lokal primer yang memasuki kawasan perdesaan tidak boleh terputus.
- d. Jalan Lingkungan Primer, berfungsi menghubungkan antarpusat kegiatan di dalam kawasan perdesaan dan jalan di dalam lingkungan kawasan perdesaan, melayani angkutan lingkungan dengan ciri – ciri:
- 1) Perjalanan menuju persil/ rumah;
  - 2) Kecepatan rata – rata rendah dengan  $V_D$  paling rendah 15 Km/Jam.
  - 3) Mempunyai lebar badan jalan paling sedikit 6,5 m untuk melayani kendaraan bermotor roda 3 atau lebih, atau lebar badan jalan paling sedikit 3,5 m untuk melayani kendaraan bermotor roda 2.
  - 4) Jumlah jalan masuk tidak dibatasi.
2. Pengelompokkan Jalan Berdasarkan Fungsinya dalam SJJ Sekunder
- Jalan dalam SJJ sekunder terdiri dari :
- a. Jalan Arteri Sekunder, berfungsi menghubungkan kawasan primer (KP) dengan kawasan sekunder kesatu (KS1), antar – KS1, atau KS1 dengan kawasan sekunder kedua (KS2), dengan ciri – ciri:
- 1)  $V_D$  paling rendah 30 Km/Jam;
  - 2) Lebar badan jalan paling sedikit 11,0 m;
  - 3) Mempunyai kapasitas yang lebih besar daripada volume lalu lintas rata – rata;
  - 4) Lalu lintas cepat tidak boleh terganggu oleh lalu lintas lambat; dan

- 5) Persimpangan sebidang diatur dengan pengaturan tertentu sesuai dengan ketentuan pada butir a, b, dan c.
- b. Jalan Kolektor Sekunder, berfungsi menghubungkan antar – KS2 atau KS2 dengan kawasan sekunder ketiga (KS3), dengan ciri – ciri:
- 1)  $V_D$  paling rendah 20 Km/Jam;
  - 2) Lebar badan jalan paling sedikit 9,0 m;
  - 3) Mempunyai kapasitas yang lebih besar daripada volume lalu lintas rata – rata;
  - 4) Lalu lintas cepat tidak boleh terganggu oleh lalu lintas lambat; dan
  - 5) Persimpangan sebidang pada jalan kolektor sekunder dengan pengaturan tertentu harus memenuhi ketentuan sebagaimana dimaksud pada butir a, b, dan c.
- c. Jalan Lokal Sekunder, berfungsi menghubungkan KS1 dengan perumahan, KS2 dengan perumahan, KS3 dan seterusnya sampai ke perumahan/persil, dengan ciri – ciri:
- 1)  $V_D$  paling rendah 10 Km/Jam; dan
  - 2) Lebar badan jalan paling sedikit 7,5 m.
- d. Jalan Lingkungan Sekunder atau juga dikenal sebagai jalan permukiman di lingkungan perkotaan berfungsi menghubungkan antar persil dalam kawasan perkotaan, dengan ciri – ciri:
- 1)  $V_D$  paling rendah 10 Km/Jam;
  - 2) Lebar badan jalan paling sedikit 6,5 m;
  - 3) Diperuntukkan bagi kendaraan bermotor beroda 3 atau lebih; dan
  - 4) Yang tidak diperuntukkan bagi kendaraan bermotor beroda 3 atau lebih harus mempunyai lebar badan jalan paling sedikit 3,5 m.

### 2.2.5 Kelas Jalan

Kelas jalan dikelompokkan berdasarkan penggunaan jalan dan kelancaran lalu lintas dan angkutan jalan (LLAJ), serta spesifikasi Penyediaan Prasarana Jalan (SPPJ).

Pembagian kelas jalan berdasarkan penggunaan jalan dan kelancaran LLAJ adalah jalan kelas I, jalan kelas II, jalan kelas III, dan jalan khusus. Pembagian kelas jalan berdasarkan SPPJ adalah JBH, JRY, JSD, dan JKC.

#### 1. Klasifikasi Jalan Berdasarkan Spesifikasi Penyediaan Prasarana Jalan (SPPJ)

SPPJ dikelompokkan berdasarkan pengendalian jalan masuk, keberadaan persimpangan sebidang, jumlah dan lebar lajur, ketersediaan median, serta pagar Rumija. SPPJ dikelompokkan menjadi empat, yaitu :

- a. JBH yaitu jalan dengan spesifikasi :
  - 1) Pengendalian jalan masuk; secara penuh,
  - 2) Persimpangan sebidang; tidak ada
  - 3) Jumlah lajur paling sedikit; 2 lajur untuk setiap arah
  - 4) Lebar lajur paling sedikit; 3,5 m
  - 5) Median; dilengkapi
  - 6) Pagar Rumija; dilengkapi
- b. JRY yaitu jalan umum untuk lalu lintas secara menerus dengan spesifikasi :
  - 1) Pengendalian jalan masuk; terbatas
  - 2) Persimpangan sebidang; ada
  - 3) Jumlah lajur paling sedikit; 2 lajur untuk setiap arah
  - 4) Lebar lajur paling sedikit; 3,5 m
  - 5) Median; dilengkapi
  - 6) Pagar Rumija; tidak dilengkapi
- c. JSD adalah jalan umum dengan lalu lintas jarak sedang dengan spesifikasi :
  - 1) Pengendalian jalan masuk; tidak dibatasi
  - 2) Persimpangan sebidang; ada

- 3) Jumlah lajur paling sedikit; 2 lajur untuk 2 arah
  - 4) Lebar jalur paling sedikit; 7,0 m
  - 5) Median; tidak dilengkapi
  - 6) Pagar Rumija; tidak dilengkapi
- d. JKC adalah jalan umum untuk melayani lalu lintas setempat dengan spesifikasi :
- 1) Pengendalian jalan masuk; tidak dibatasi
  - 2) Persimpangan sebidang; ada
  - 3) Jumlah lajur paling sedikit; 2 lajur untuk 2 arah
  - 4) Lebar jalur paling sedikit; 5,5 m
  - 5) Median; tidak dilengkapi
  - 6) Pagar Rumija; tidak dilengkapi
- e. Jalan lalu lintas rendah (JLR) adalah jalan umum yang belum diatur dalam peraturan yang berlaku, tetapi dirumuskan untuk melayani lalu lintas yang rendah ( $LHRTD < 2000$  SMP/hari, atau kurang lebih  $< 200$  SMP/jam) dengan spesifikasi:
- 1) Pengendalian jalan masuk; tidak dibatasi
  - 2) Persimpangan sebidang; ada
  - 3) Jumlah lajur paling sedikit; 1 lajur untuk 2 arah
  - 4) Lebar jalur paling sedikit; 4,0 m
  - 5) Median; tidak dilengkapi
  - 6) Pagar Rumija; tidak dilengkapi

## **2. Klasifikasi Jalan Berdasarkan Penggunaan Jalan**

Jalan, berdasarkan fungsi dan intensitas lalu lintas guna kepentingan pengaturan penggunaan jalan dan kelancaran LLAJ, diklasifikasikan menjadi 4 seperti diuraikan dalam Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Kelas jalan sesuai penggunaannya

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

(Sumber : Pedoman Desain Geometrik Jalan, Dirjen Bina Marga, 2021)

### 2.2.6 Klasifikasi Jalan Menurut Medan Jalan

Medan jalan dimana jalan dibangun diklasifikasikan. Masing – masing klasifikasi medan tersebut mempunyai ciri – ciri, baik secara bentuk fisik unsur geometrik maupun secara operasional dari Pengguna Jalan, dan ciri – ciri tersebut saling sinergi satu dengan lainnya. Dalam proses desain awal, potongan melintang topografi medan jalan mempunyai pengaruh terhadap penetapan alinemen horizontal dan vertikal jalan, serta kecepatan desain. Topografi medan jalan diklasifikasi menjadi tiga, yaitu: datar, bukit dan gunung. Masing – masing memiliki kriteria kemiringan medan yang diukur tegak lurus terhadap garis konturnya. Tabel 2.4 menunjukkan klasifikasi tersebut dan kriterianya.

Tabel 2.4 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

Golongan Medan	Notasi	Kemiringan Medan (%)
Datar	D	< 10,0 %
Bukit	B	10,0 % – 25,0 %
Gunung	G	> 25,0 %

(Sumber : Pedoman Desain Geometrik Jalan, Dirjen Bina Marga, 2021)

\*) nilai kemiringan medan rata – rata per 50 m dalam satu kolimeter

Jalan – jalan di wilayah Perkotaan (dalam SJJ sekunder) dianggap seluruhnya berada pada medan datar dan jalan – jalan di wilayah luar kota (dalam SJJ primer) termasuk jalan – jalan yang melayani Antarkota dan JBH dapat berada pada ketiga klasifikasi medan tersebut.

Pada medan datar, jarak pandang umumnya panjang dan dapat dibuat tanpa kesulitan konstruksi atau pun biaya besar. Pada medan bukit, lereng alam yang naik turun dan yang kadang – kadang berlereng curam membatasi bentuk alinyemen horizontal dan vertikal untuk memenuhi persyaratan teknis alinyemen jalan. Pada medan gunung, perubahan memanjang maupun melintang permukaan tanah yang besar dan mendadak, sering menyebabkan pembelokan alinyemen dan memerlukan penggalian tanah atau menimbunnya untuk mendapat alinyemen horizontal dan vertikal yang dapat memenuhi kriteria desain.

Secara umum, medan gunung, menghasilkan kelandaian alinyemen memanjang jalan yang lebih curam dibandingkan dengan alinyemen pada medan bukit dan pada medan bukit menghasilkan kelandaian memanjang yang lebih curam dibandingkan dengan medan datar, masing – masing menyebabkan truk – truk berat harus mengurangi kecepatannya yang umumnya jauh lebih rendah dari kecepatan mobil penumpang, sehingga medan gunung maupun bukit mempunyai efek yang lebih besar dari medan datar dalam penentuan alinyemen jalan.

### **2.2.7 Klasifikasi Jalan Menurut Wewenang Pembinaan Jalan**

Jaringan jalan dikelompokkan menurut wewenang pembinaan, terdiri dari :

#### **a. Jalan Nasional**

- 1) Jalan Arteri Primer, yang menghubungkan pusat kegiatan nasional atau antar pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan wilayah.
- 2) Jalan Kolektor Primer, yang menghubungkan antar ibukota Provinsi.
- 3) Jalan selain dari yang termasuk arteri/kolektor primer, yang mempunyai nilai strategis terhadap kepentingan nasional, yakni jalan, yang tidak dominan terhadap pengembangan ekonomi, tapi mempunyai peranan menjamin kesatuan dan keutuhan nasional, melayani daerah – daerah yang rawan dan lain – lain.

b. Jalan Provinsi

- 1) Jalan Kolektor Primer, yang menghubungkan ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten atau kotamadya.
- 2) Jalan Kolektor Primer, yang menghubungkan antar ibukota kabupaten atau kotamadya.
- 3) Jalan selain dari yang disebut diatas, yang mempunyai nilai strategis terhadap kepentingan provinsi, yakni jalan yang biar pun tidak dominan terhadap perkembangan ekonomis, tapi mempunyai peranan tertentu dalam menjamin terselenggaranya pemerintahan yang baik dalam pemerintahan daerah tingkat I dan terpenuhinya kebutuhan – kebutuhan sosial lainnya.
- 4) Jalan dalam Daerah Khusus Ibukota Jakarta, kecuali jalan yang termasuk jalan nasional.

c. Jalan Kabupaten

- 1) Jalan Kolektor Primer, yang tidak termasuk dalam kelompok jalan nasional dan kelompok jalan provinsi.
- 2) Jalan Lokal Primer, jalan yang menghubungkan kota jenjang kesatu dengan persil atau menghubungkan kota jenjang kedua dengan persil atau menghubungkan kota jenjang ketiga dengan kota jenjang ketiga, kota jenjang ketiga dengan kota jenjang dibawahnya, kota jenjang ketiga dengan persil, atau kota dibawah jenjang ketiga sampai persil.
- 3) Jalan Sekunder lain, selain bagaimana dimaksud sebagai jalan Nasional, dan Jalan Provinsi.
- 4) Jalan selain dari yang disebutkan diatas, yang mempunyai nilai strategis terhadap kepentingan Kabupaten, yakni jalan yang walaupun tidak dominan terhadap pengembangan ekonomi, tapi mempunyai peranan tertentu dalam menjamin terselenggaranya pemerintahan dalam Pemerintah Daerah.

d. Jalan Kotamadya

Yang termasuk kedalam jalan kotamadya adalah jaringan jalan sekunder didalam kotamadya. Penetapan status suatu ruas jalan arteri sekunder dan atau ruas jalan kolektor sekunder sebagai jalan kotamadya dilakukan dengan keputusan Gubernur Kepala Daerah Tingkat I atas usul Pemerintah Daerah Kotamadya yang bersangkutan. Penetapan suatu ruas jalan lokal sekunder sebagai jalan kotamadya dilakukan dengan keputusan Walikota madya Daerah Tingkat II yang bersangkutan.

e. Jalan Khusus

Jalan Khusus adalah jalan yang dibangun dan dipelihara oleh instansi/badan hukum/perorangan untuk melayani kepentingan masing – masing. Penetapan status suatu ruas jalan khusus dilakukan oleh instansi/badan hukum/perorangan yang memiliki ruas jalan khusus tersebut dengan memperhatikan pedoman yang ditetapkan oleh Menteri Pekerjaan Umum.

## 2.3 Kriteria Desain

### 2.3.1 Elemen Kriteria Desain

Kriteria desain geometrik jalan adalah parameter – parameter geometrik yang nilainya ditetapkan pada awal desain dan menjadi dasar untuk menetapkan desain elemen – elemen geometrik lainnya. Kriteria desain dibedakan menjadi dua, yaitu kriteria desain utama, dan kriteria desain lainnya yang elemen – elemennya ditetapkan berdasarkan kriteria desain utama.

Elemen kriteria desain meliputi kriteria desain utama adalah  $V_D$ , dan Kelas penggunaan jalan

Kriteria desain lainnya adalah :

1. Tipe jalan, ukuran jalan, dan SPPJ
2. Jenis perkerasan
3. Ruang jalan; dan
4. Geometrik pada Bangkapja dan Perlengkapan jalan.

Pemilihan dan penetapan kriteria desain tersebut diuraikan sebagai berikut: Desain Geometrik jalan berprinsip bahwa alinemen jalan harus didesain sedemikian sehingga elemen – elemen geometriknya mengoptimalkan efektivitas dan efisiensi antara pemenuhan terhadap kuantitas dan kualitas kebutuhan pergerakan kendaraan yang akan melaluinya dengan ketersediaan sumber daya, lingkungan, dan sosial, serta mengacu kepada peraturan perundang – undangan yang berlaku. Mengacu kepada kriteria desain teknis jalan yang diatur dalam Permen PU No.19/2011, perwujudan prinsip tersebut menjadi keharusan bahwa suatu desain teknis jalan memiliki persyaratan teknis yang ditetapkan berdasarkan ketentuan:

1. Penggolongan jalan sesuai dengan peruntukan jalan, SJJ, status, fungsi jalan, kelas jalan berdasarkan penggunaannya, dan kelas jalan berdasarkan SPPJ.
2. Persyaratan geometrik jalan;
3. MST, volume lalu lintas, dan kapasitas jalan;
4. Dimensi jalan;
5. Ruang jalan; dan Bangkapja dan Perlengkapan jalan.

Dari aspek desain, korelasi tersebut menjelaskan bahwa pada awal desain, harus ditetapkan peran jalan dalam menghubungkan simpul – simpul jasa distribusi (contoh, menghubungkan IKP dengan IKK, baik keseluruhan segmen atau pun hanya sebagian dari peran menghubungkan tersebut). Dalam proses penetapan tersebut, seyogianya peran dan penggolongan jalan konsisten, yang berarti sesuai dengan peraturan yang berlaku, tetapi dalam kenyataannya dapat ditemukan ketidak – konsistenan seperti:

- a. Jalan daerah yang diserahkan pengelolaannya kepada pemerintah pusat, aslinya berperan menghubungkan pusat – pusat kegiatan di kawasan daerah, misalnya menghubungkan IKK dengan IKC dengan fungsi sebagai jalan lokal primer yang seharusnya dikelola pemerintah Kabupaten, pada saat diserahkan kepada pemerintah pusat, jalan tersebut akan memiliki peran yang tidak sesuai lagi dengan peran jalan yang

dikelola pemerintah pusat, yaitu jalan dengan peran menghubungkan paling tidak antar IKP.

- b. Jalan baru yang menghubungkan IKP dengan suatu Desa di perbatasan negara (seperti di Kalimantan Utara), pengelolanya pemerintah pusat melalui Balai Besar Pengelola Jalan Nasional dan jalan yang dibangun berfungsi sebagai jalan arteri primer, tetapi perannya hanya menghubungkan IKP dengan Desa.

Di sisi lain, untuk jalan yang akan dibangun berdasarkan kebijakan politik, kriteria desainnya ditetapkan tidak berdasarkan demand lalu lintas, tetapi berdasarkan kebijakan tersebut. Dalam hal ketidak – konsistenan seperti diuraikan di atas, penetapan kriteria desainnya wajib mendapat izin/persetujuan dari penyelenggara jalan sesuai dengan kewenangannya.

### 2.3.2 Kendaraan Rencana

Kendaraan rencana adalah kendaraan yang dimensi dan radius putarnya digunakan sebagai acuan dalam perencanaan geometrik. Dilihat dari bentuk, ukuran, dan daya dari kendaraan – kendaraan yang mempergunakan jalan, kendaraan – kendaraan tersebut dikelompokkan menjadi :

- a. Kendaraan Ringan/kecil (LV)

Kendaraan Ringan/kecil adalah kendaraan yang mempunyai dua as dengan jarak as 2–3 meter (meliputi: mobil penumpang, oplet, mikrobus, *pick up*, dan truk kecil sesuai dengan sistem klasifikasi Bina Marga.

Tabel 2.5 Dimensi Kendaraan Rencana (m)

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

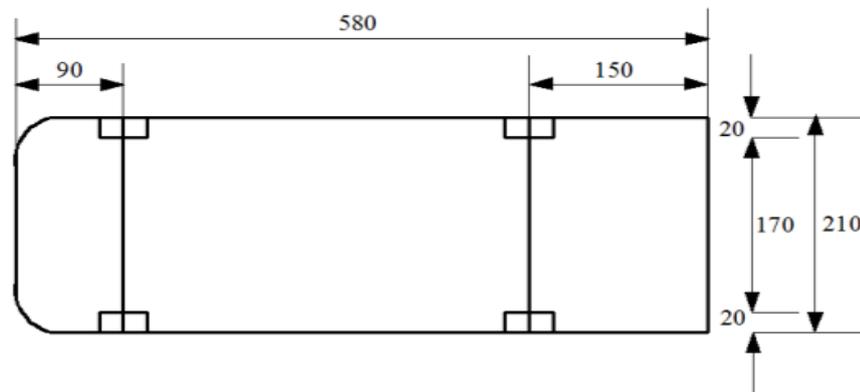
(Sumber : Dirjen Bina Marga, 1997)

1. Kendaraan Sedang (MHV)

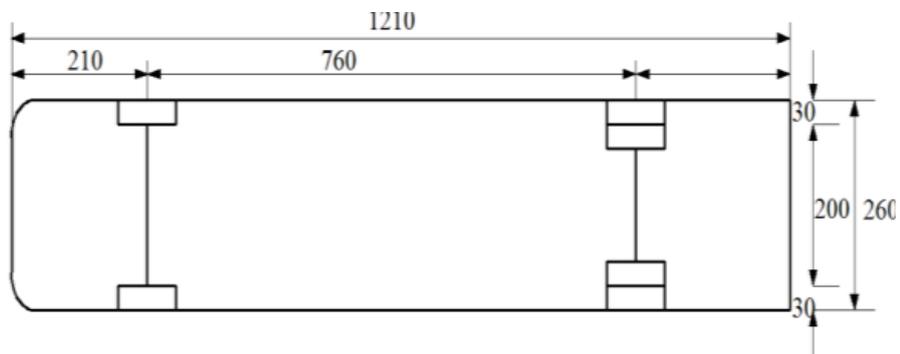
Kendaraan Sedang adalah kendaraan yang mempunyai dua as gandar, dengan jarak 3,5 – 5,0 meter (termasuk bus kecil, truk dua as dengan enam roda, sesuai dengan sistem klasifikasi Bina Marga.

2. Kendaraan Berat/Besar (LB – LT) Bus Besar (LB)

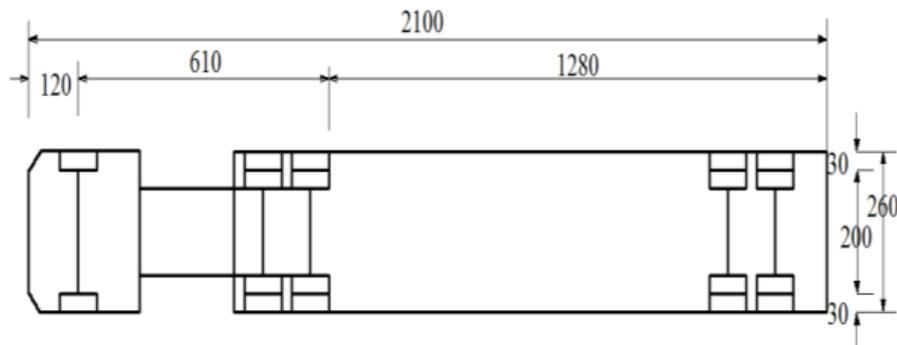
Bus dengan dua atau tiga gandar dengan jarak 5 – 6 meter.



Gambar 2.1 Dimensi Kendaraan Kecil



Gambar 2.2 Dimensi Kendaraan Sedang



Gambar 2.3 Dimensi Kendaraan Besar

### 2.3.3 Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana adalah kecepatan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan yang memungkinkan kendaraan – kendaraan bergerak dengan aman dan nyaman dalam kondisi cuaca yang cerah, lalu lintas yang lengang dan pengaruh samping jalan yang tidak berarti (Saodang, 2010). Adapun faktor – faktor yang mempengaruhi besarnya kecepatan rencana antara lain :

- a. Kondisi pengemudi dan kendaraan yang bersangkutan.
- b. Sifat fisik jalan dan keadaan medan sekitarnya.
- c. Sifat dan penggunaan daerah.
- d. Cuaca.
- e. Adanya gangguan dari kendaraan lain.
- f. Batasan kecepatan yang diizinkan

Kecepatan rencana inilah yang dipergunakan untuk dasar perencanaan geometrik (alinyemen). Kecepatan rencana dari masing – masing kendaraan dapat ditetapkan pada tabel 2.6.

Tabel 2.6 Kecepatan Rencana ( $V_r$ )

Fungsi	Kecepatan Rencana $V_r$ (km/jam)		
	Datar	Bukit	Pegunungan
Arteri	70 – 120	60 – 80	40 – 70
Kolektor	60 – 90	50 – 60	30 – 50
Lokal	40 – 70	30 – 50	20 – 30

(Sumber : Dirjen Bina Marga, 1997)

### 2.3.4 Jumlah Lajur

Standar minimal jumlah lajur adalah 2 (dua) lajur per arah atau 4/2 D dan ditentukan berdasarkan tipe alinyemen sebagaimana ditunjukkan pada tabel 2.7 dan prakiraan volume lalu lintas yang dinyatakan dalam kendaraan/jam sebagaimana ditunjukkan pada tabel 2.8 sebagai berikut :

Tabel 2.7 Tipe Alinyemen

Tipe Alinyemen	Naik + Turun (m/km)	Lengkung Horizontal (rad/km)
Datar	< 10	< 1,0
Perbukitan	10 – 30	1,0 – 2,5
Pegunungan	> 30	> 2,5

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Dirjen Bina Marga,2009)

Tabel 2.8 Jumlah Lajur Berdasarkan Arus Lalu Lintas

Tipe Alinyemen	Arus Lalu Lintas per Arah (kend/jam)	Jalur Lajur (Minimal)
Datar	$\leq 2.250$	4/2 D
	$\leq 3.400$	6/2 D
	$\leq 5.000$	8/2 D
Perbukitan	$\leq 1.700$	4/2 D
	$\leq 2.600$	6/2 D
Pegunungan	$\leq 1.450$	4/2 D
	$\leq 2.150$	6/2 D

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Dirjen Bina Marga,2009)

Keterangan : D artinya Pemisahan Lajur

Dalam menghitung LHR, karena pengaruh berbagai jenis kendaraan, digunakan faktor ekivalen mobil penumpang (emp). Nilai emp untuk jalan bebas hambatan untuk jalan tol dapat dilihat pada tabel 2.9 sebagai berikut :

Tabel 2.9 Ekivalensi Mobil Penumpang (emp)

Tipe Alinyemen	Arus Lalu Lintas per Arah (kend/jam)		emp		
	4/2 D	6/2 D	MHV	LB	LT
Datar	2.250	3.400	1,6	1,7	2,5
	$\geq 2.800$	$\geq 4.150$	1,3	1,5	2,0
Perbukitan	1.700	2.600	2,2	2,3	4,3
	$\geq 2.250$	$\geq 3.300$	1,8	1,9	3,5
Pegunungan	1.450	2.150	2,6	2,9	4,8
	$\geq 2.000$	$\geq 3.000$	2,0	2,4	3,8

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Dirjen Bina Marga,2009)

### 2.3.5 Volume Lalu Lintas Rencana

Volume lalu lintas harian rencana (VLHR) adalah taksiran atau prakiraan volume lalu lintas harian untuk masa yang akan datang pada bagian jalan tertentu. Perkiraan volume lalu lintas selama umur rencana jalan yang diperlukan disebut Volume Jam Rencana (VJR). Volume jam rencana dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut :

$$VJR = VLHR \times \frac{K}{100} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

VLHR = Prakiraan volume lalu lintas harian pada akhir tahun rencana lalu lintas (smp/hari)

K = Faktor volume lalu lintas jam sibuk (%), disebut factor K, untuk jalan bebas hambatan K = 11% (MKJI)

Volume lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melintasi satu titik pengamatan dalam satuan waktu (hari, jam atau menit). Volume lalu lintas yang ini membutuhkan lebar perkerasan jalan yang lebih besar, sehingga tercipta nyaman dan keamanan. Sebaliknya jalan yang terlalu lebar untuk volume lalu lintas yang rendah cenderung membahayakan, karena pengemudi cenderung mengemudikan 20 kendaraannya pada kecepatan tinggi. Satuan volume lalu lintas yang umum digunakan sehubungan dengan penentuan jumlah dan lebar jalur adalah :

a. Lalu Lintas Harian Rata – rata Tahunan (LHRT)

Adalah jumlah lalu lintas kendaraan rata – rata yang melewati satu jalur jalan selama 24 jam dan diperoleh dari data satu tahun penuh.

$$LHR = \frac{\text{Jumlah Lalu Lintas dalam 1 tahun}}{365} \dots\dots\dots(2.3)$$

b. Lalu Lintas Harian Rata – rata (LHR)

Adalah hasil bagi jumlah kendaraan yang diperoleh selama pengamatan dengan lamanya pengamatan.

$$LHR = \frac{\text{Jumlah Lalu Lintas Selama Pengamatan}}{\text{Lamanya Pengamatan}} \dots\dots\dots(2.4)$$

c. Volume Jam Rencana

Volume Jam Rencana (VJR) adalah prakiraan volume lalu lintas pada jam sibuk tahun rencana lalu lintas, dinyatakan dalam SMP/jam, dihitung dengan rumus :

$$VJR = \frac{LHR}{24} \dots\dots\dots(2.5)$$

### 2.3.6 Tingkat Pelayanan Jalan

Tingkat pelayanan jalan bebas hambatan untuk jalan tol didefinisikan sebagai kemampuan ruas jalan bebas hambatan untuk menampung lalu lintas pada keadaan tertentu. Tingkat pelayanan minimum untuk jalan bebas hambatan untuk jalan tol antarkota adalah B dan tingkat pelayanan minimum untuk jalan bebas hambatan untuk jalan tol perkotaan adalah C. Karakteristik operasi terkait untuk tingkat pelayanan di jalan tol dapat dilihat pada tabel 2.10 sebagai berikut :

Tabel 2.10 Standar Pelayanan dan Karakteristik Operasi

Tingkat Pelayanan	Karakteristik
A	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Arus Bebas</li> <li>- Volume pelayanan 1400 smp/jam pada 2 lajur 1 arah</li> </ul>
B	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Arus stabil dengan kecepatan tinggi</li> <li>- Volume pelayanan maksimal 2000 smp/jam pada lajur 1 arah</li> </ul>
C	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Arus masih stabil</li> <li>- Volume pelayanan pada 2 lajur 1 arah &lt; 75% kapasitas lajur, yaitu (1500 smp/jam/lajur atau 3000 smp/jam untuk 2 lajur)</li> </ul>

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Dirjen Bina Marga,2009)

### 2.3.7 Lebar Lajur dan Bahu Jalan

Lebar lajur dan bahu jalan ditentukan berdasarkan lokasi jalan tol dan kecepatan rencana. Lebar lajur dan bahu jalan dapat dilihat pada tabel 2.11 sebagai berikut :

Tabel 2.11 Lebar Lajur dan Bahu Jalan Tol

Lokasi Jalan Tol	$V_R$ (km/jam)	Lebar Lajur (m)		Lebar Bahu Luar Diperkeras		Lebar Bahu Dalam Diperkeras (m)
		Minimal	Ideal	Minimal	Ideal*)	
Antarkota	120	3,60	3,75	3,00	3,50	1,50
	100	3,60	3,60	3,00	3,50	1,50
	80	3,60	3,60	3,00	3,50	1,00
Perkotaan	100	3,50	3,60	3,00	3,50	1,00
	80	3,50	3,50	2,00	3,50	0,50
	60	3,50	3,50	2,00	3,50	0,50

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Dirjen Bina Marga, 2009)

\*) dibutuhkan pada saat kendaraan besar mengalami kerusakan

### 2.3.8 Bagian – bagian Jalan

#### 1. Ruang jalan pada permukaan tanah dasar

Suatu Ruang Jalan terdiri dari bagian – bagian jalan, dimana bagian – bagian jalan tersebut, dibedakan berdasarkan :

##### a. RUMAJA (Ruang Manfaat Jalan)

RUMAJA (Ruang Manfaat Jalan) merupakan ruang sepanjang jalan yang dibatasi oleh lebar, tinggi, dan kedalaman tertentu, saluran tepi jalan, ambang pengaman, serta Rubeja jika dibutuhkan. Rumaja dilengkapi ruang bebas dengan ukuran tinggi, dan kedalaman sebagai berikut :

- Lebar ruang bebas diukur diantara dua garis vertikal pada batas terluar ambang pengaman atas batas terluar Rumaja.
- Tinggi ruang bebas minimal 5,1 m diatas permukaan jalur lalu lintas.
- Kedalaman ruang bebas minimal 1,5 m dibawah permukaan jalur lalu lintas terendah.

##### b. RUMIJA (Ruang Milik Jalan)

RUMIJA (Ruang Milik Jalan) merupakan ruang sepanjang jalan yang dibatasi oleh lebar, kedalaman, dan tinggi tertentu. Ruang milik

jalan diperuntukkan bagi ruang manfaat jalan, pelebaran jalan, dan penambahan jalur lalu lintas di masa akan datang serta kebutuhan ruangan untuk pengamanan jalan. Rumija paling sedikit memiliki lebar sebagai berikut :

- Jalan Bebas Hambatan (JBH) = 30 m
- Jalan Raya (JRY) = 25 m
- Jalan Sedang (JSD) = 15 m; dan
- Jalan Kecil (JKC) = 11 m

c. RUWASJA (Ruang Pengawasan Jalan)

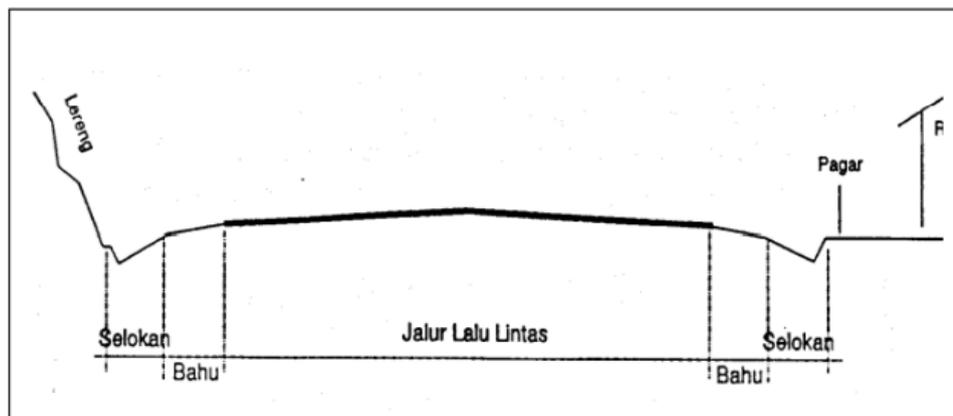
RUWASJA (Ruang Pengawasan Jalan) merupakan ruang sepanjang jalan yang dibatasi oleh lebar dan tinggi tertentu, meliputi ruang tertentu diluar Rumija. Ruwasja diperuntukkan bagi pandangan bebas pengemudi dan pengaman konstruksi jalan, serta pengamanan fungsi jalan. Ruwasja pada dasarnya adalah ruang lahan milik masyarakat umum yang mendapatkan pengawasan dari pembina jalan. Dalam hal Rumija tidak cukup luas, maka lebar Ruwasja ditentukan dari tepi badan jalan paling sedikit :

- Jalan arteri primer 15 (lima belas) meter;
- Jalan kolektor primer 10 (sepuluh) meter;
- Jalan lokal primer 7 (tujuh) meter;
- Jalan lingkungan primer 5 (lima) meter;
- Jalan arteri sekunder 15 (lima belas) meter;
- Jalan kolektor sekunder 5 (lima) meter;
- Jalan lokal sekunder 3 (tiga) meter;
- Jalan lingkungan sekunder 2 (dua) meter;, dan
- Jembatan 100 (seratus) meter ke arah hilir dan hulu.

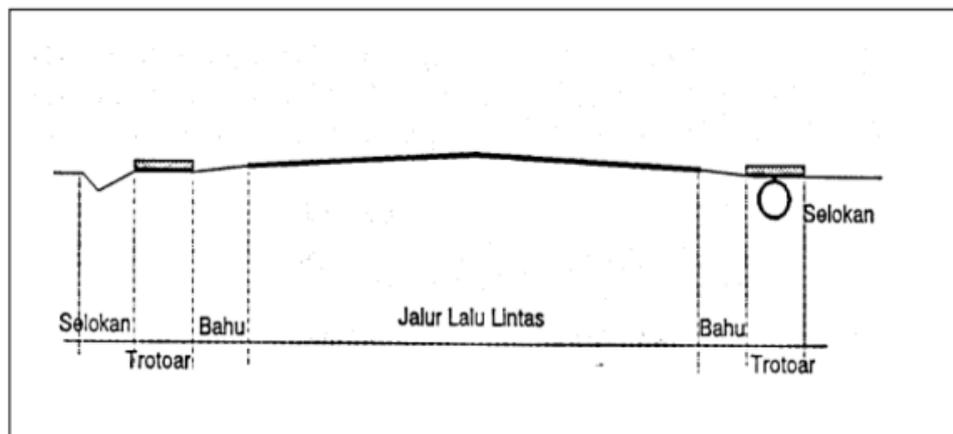
## 2.4 Penampang Melintang

Penampang melintang jalan terdiri atas bagian – bagian sebagai berikut terdiri dari :

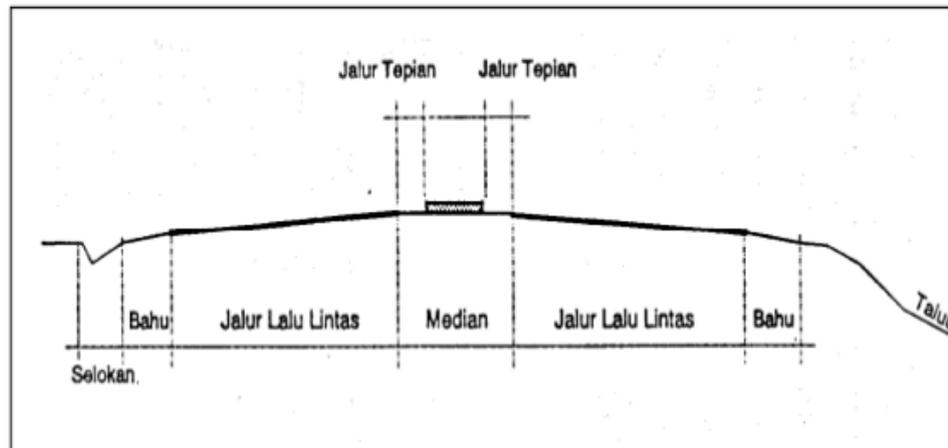
1. Jalur Lalu Lintas
2. Median
3. Bahu Jalan
4. Jalur Pejalan
5. Selokan
6. Lereng



Gambar 2.4 Penampang Melintang Jalan Tipikal



Gambar 2.5 Penampang Melintang Jalan Tipikal yang dilengkapi Trottoar



Gambar 2.6 Penampang Melintang Jalan Tipikal yang dilengkapi Median

#### 2.4.1 Jalur Lalu Lintas

a. Jalur lalu lintas adalah bagian jalan yang dipergunakan untuk lalu lintas kendaraan yang secara fisik berupa perkerasan jalan. Batas Jalur lalu lintas dapat berupa :

- 1) Median
- 2) Bahu
- 3) Trotoar
- 4) Pulau jalan, dan
- 5) Separator

b. Jalur lalu lintas dapat terdiri atas beberapa lajur.

c. Jalur lalu lintas dapat terdiri atas beberapa tipe

- 1) 1 jalur – 2 lajur – 2 arah (2/2 TB)
- 2) 1 jalur – 2 lajur – 1 arah (2/1 TB)
- 3) 2 jalur – 4 lajur – 2 arah (4/2 B)
- 4) 2 jalur – n lajur – 2 arah (n/2 B), di mana n = jumlah lajur

Keterangan : TB = tidak terbagi, B = terbagi

d. Lebar Jalur

- 1) Lebar jalur sangat ditentukan oleh jumlah dan lebar lajur permukaannya. Menunjukkan lebar jalur dan bahu jalan sesuai VLHR.

- 2) Lebar jalur minimum adalah 4,5 meter, memungkinkan 2 kendaraan kecil saling berpapasan. Papasan dua kendaraan besar yang terjadi sewaktu – waktu dapat menggunakan bahu jalan.

Tabel 2.12 Penentuan Lebar Jalur

VLHR (smp/hari)	Arteri		Kolektor		Lokal	
	Ideal	Minimum	Ideal	Minimum	Ideal	Minimum
	Lebar Jalur (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Jalur (m)
< 3.000	6	4.5	6	4.5	6	4.5
3.000 – 10000	7	6	7	6	7	6
10000 – 25000	7	7	7	**)	–	–
>25000	$2n \times 3.5^*$	$2 \times 7^*$	$2n \times 3.5^*$	**)	–	–

(Sumber : Ditjen Bina Marga, 1997)

Keterangan :

\*\* ) = Mengacu pada persyaratan ideal

\*) = 2 Jalur terbagi, masing – masing  $n \times 3.5$  m, dimana n = jumlah lajur perjalur

– = Tidak ditentukan

#### 2.4.2 Lajur dan Kemiringan Melintang Jalan

Lajur adalah bagian jalur lalu lintas yang memanjang, dibatasi oleh marka lajur jalan, memiliki lebar yang cukup untuk dilewati suatu kendaraan bermotor sesuai kendaraan rencana. Lebar lajur tergantung pada kecepatan dan kendaraan rencana, yang dalam hal ini dinyatakan dengan fungsi dan kelas jalan.

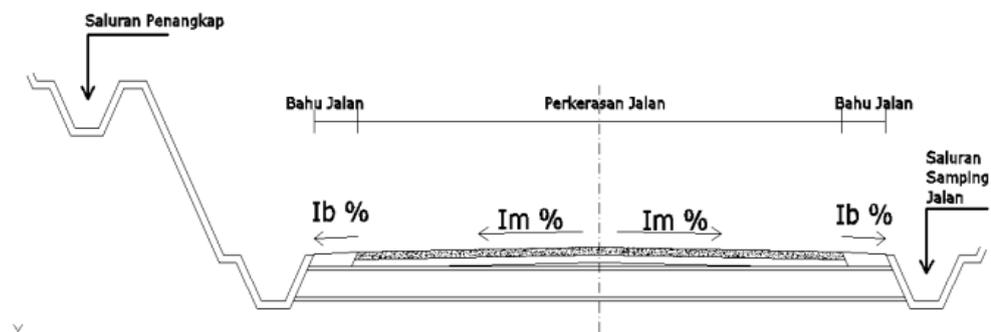
Jumlah lajur ditetapkan dengan mengacu kepada MKJI berdasarkan tingkat kinerja yang direncanakan, dimana untuk suatu ruas jalan dinyatakan oleh nilai rasio antara volume terhadap kapasitas yang nilainya tidak lebih dari 0.80. Untuk kelancaran drainase permukaan, lajur lalu lintas pada alinemen lurus memerlukan kemiringan melintang normal sebagai berikut :

- 2 – 3% untuk perkerasan aspal dan perkerasan beton;
- 4 – 5% untuk perkerasan krikil

Tabel 2.13 Lebar Jalur Jalan Ideal

Fungsi	Kelas	Lebar Lajur Ideal (m)
Arteri	I	3,75
	II, III A	3,50
Kolektor	III A, III B	3.00
Lokal	III C	3.00

(Sumber : Ditjen Bina Marga, 1997)



Gambar 2.7 Kemiringan Melintang Jalan Normal

### 2.4.3 Bahu Jalan

Bahu jalan berada di kedua sisi jalur lalu lintas. Untuk jalan yang dilengkapi median, lebar bahu dalam dan bahu luar bisa sama bisa juga berbeda. Bahu jalan segaris dengan perkerasan dan mulai dari tepian jalur lalu lintas hingga tepian badan jalan. Kecuali jika bahu jalan diberi lapisan berpenutup (aspal atau beton), maka bahu jalan harus miring ke arah menjauhi jalur lalu lintas. Bahu jalan disediakan untuk melakukan dua fungsi, yaitu struktural dan lalu lintas. Fungsi struktural bahu jalan adalah untuk memberikan dukungan lateral bagi lapisan perkerasan jalan. Fungsi bahu jalan adalah sebagai berikut :

- 1) Memberikan ruang bagi kendaraan kehilangan kendali untuk kembali terkendali.
- 2) Ruang bagi kendaraan untuk berhenti di atas permukaan keras pada jarak aman dari lajur lalu lintas.
- 3) Daerah yang bisa dilalui untuk penggunaan kendaraan darurat.
- 4) Ruang bebas terhadap halangan lateral seperti rambu – rambu.

- 5) Ketika bahu jalan diberi lapis aspal, akan memberi lebar tambahan untuk lintasan roda kendaraan besar (sub – bab 0).
- 6) Jarak pandang ditingkatkan sehingga meningkatkan keselamatan jalan.
- 7) Kapasitas jalan meningkat karena kecepatan seragam dimungkinkan.
- 8) Keterbukaan ruang yang dibuat oleh bahu jalan lebar, membuat mengemudi lebih mudah mengendarai kendaraan dengan ketegangan (stress) yang lebih kecil, dan
- 9) Dalam keadaan tertentu, bisa menjadi ruang bagi pengendara sepeda.
- 10) Lebar bahu jalan dapat dilihat dalam tabel 2.14.

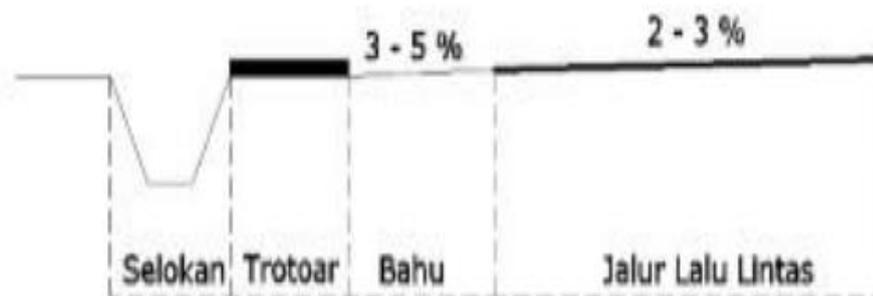
Tabel 2.14 Penentuan Lebar Bahu Jalan

VLHR (smp/hari)	Arteri		Kolektor		Lokal	
	Ideal	Minimum	Ideal	Minimum	Ideal	Minimum
	Lebar Jalur (m)					
< 3.000	1.5	1	1.5	1	1	1
3.000 – 10000	2	1.5	1.5	1.5	1.5	1
10000 – 25000	2	2	2	**)	–	–
>25000	2.5	2	2	**)	–	–

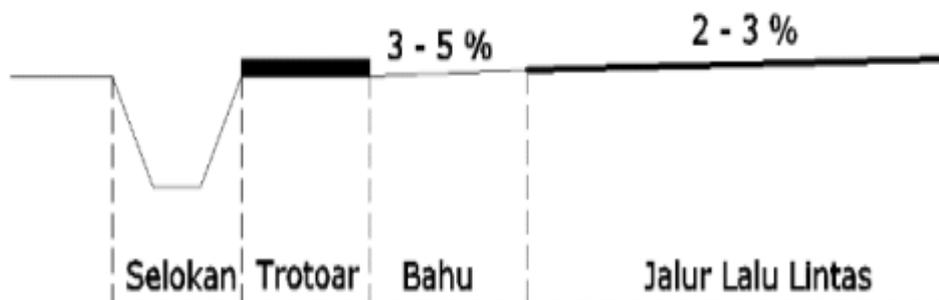
(Sumber : Ditjen Bina Marga, 1997)

Keterangan:

- \*\*)
  - \*)
  -
- = Mengacu pada persyaratan ideal
- = 2 Jalur terbagi, masing – masing  $n \times 3.5$  m, dimana n = jumlah lajur Perjalur
- = Tidak ditentukan



Gambar 2.8 Bahu Jalan



Gambar 2.9 Bahu Jalan dengan Trottoar

#### 2.4.4 Median Jalan

Median adalah bagian bangunan jalan yang secara fisik memisahkan dua jalur lalu lintas yang berlawanan arah. Fungsi median adalah untuk :

- a. Memisahkan/mengurangi konflik antara arus lalu lintas yang berlawanan.
- b. Mencegah pergerakan menyeberang dan membelok yang tidak diperbolehkan.
- c. Melindungi kendaraan yang berbelok ke kanan dan menyeberang.
- d. Tempat untuk meletakkan perlengkapan jalan dan peralatan pengatur lalu lintas, seperti rambu – rambu, lampu pengatur lalu lintas, dan penerangan jalan.
- e. Memberikan tempat perlindungan bagi pejalan kaki sehingga bisa menyeberangi dua jalur sekaligus.
- f. Mengurangi efek silau sorotan lampu dan turbulensi udara dari arus lalu lintas berlawanan.
- g. Menyediakan ruang untuk landsekap.
- h. Mengakomodasi perbedaan ketinggian di antara dua jalur lalu lintas.
- i. Menjadi dinding pengaman (*safety barrier*).
- j. Untuk menjadi daerah henti darurat pada jalan yang memiliki tiga atau lebih lajur lalu lintas di setiap jalurnya.
- k. Memberikan area mengendalikan kembali terhadap kendaraan yang tak terkendali.
- l. Mencadangkan ruang jalan untuk peningkatan (penambahan lajur) di masa yang akan datang.

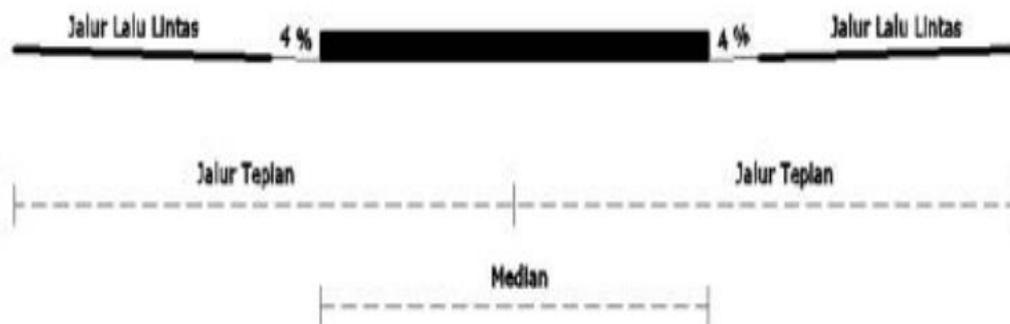
Jalan 2 arah dengan 4 lajur atau lebih perlu dilengkapi median. Median dapat dibedakan atas :

1. Median direndahkan, terdiri atas jalur tepian dan bangunan pemisah jalur yang direndahkan.
2. Median ditinggikan, terdiri atas jalur tepian dan bangunan pemisah jalur yang ditinggikan lebar minimum median terdiri atas jalur tepian selebar 0,25 – 0,50 meter dan bangunan pemisah jalur, ditetapkan dapat dilihat dalam tabel 2.15.

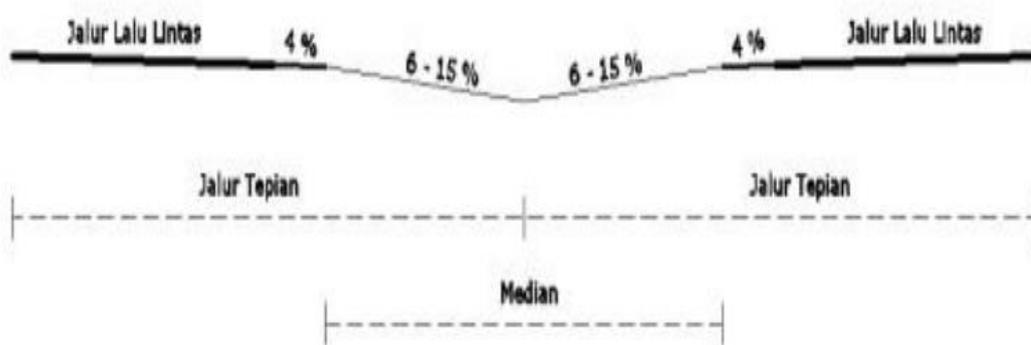
Tabel 2.15 Lebar Minimum Median

Bentuk Median	Lebar Minimum (m)
Median ditinggikan	2,0
Media direndahkan	7,0

(Sumber : Ditjen Bina Marga, 1997)



Gambar 2.10 Median jalan yang ditinggikan



Gambar 2.11 Median Jalan yang direndahkan

### **2.4.5 Penentuan Trase Jalan**

Dalam penentuan jalan harus ditentukan trase jalan yang harus ditetapkan sedemikian rupa, agar dapat memberikan pelayanan yang baik sesuai dengan fungsinya, serta mendapatkan keamanan dan kenyamanan bagi pemakainya. Perencanaan trase jalan sangat dipengaruhi oleh keadaan fisik dan topografi, serta peruntukan lahan yang dilaluinya.

Dalam kondisi normal, penentuan trase jalan sekaligus pemetaannya dilapangan, tidak terlalu banyak memerlukan perbaikan tanah, sehingga hanya terbatas pada pekerjaan galian dan timbunan.

Untuk membuat trase jalan yang baik dan ideal, maka harus memperhatikan syarat – syarat sebagai berikut :

#### **a. Syarat Ekonomis**

1. Penarikan trase jalan yang tidak terlalu banyak memotong kontur, sehingga dapat menghemat biaya dalam pelaksanaan pekerjaan galian dan timbunan nantinya.
2. Penyediaan material dan tenaga kerja yang diharapkan tidak terlalujauh dari lokasi proyek sehingga dapat menekan biaya.

#### **b. Syarat Teknis**

Syarat Teknis adalah untuk mendapatkan jalan yang dapat memberikan rasa keamanan dan kenyamanan bagi pemakai jalan. Oleh karena itu, perlu diperhatikan keadaan topografi tersebut, sehingga dapat dicapai perencanaan yang baik sesuai dengan keadaan daerah tersebut.

### **2.6 Alinyemen Horizontal**

Alinyemen horizontal adalah proyeksi sumbu jalan pada bidang horizontal. Alinyemen horizontal juga dikenal dengan nama "situasi jalan". Alinyemen horizontal terdiri dari garis – garis lurus yang dihubungkan dengan garis – garis lengkung. Garis lengkung tersebut dapat terdiri dari busur lingkaran ditambah busur peralihan, busur peralihan saja atau busur lingkaran saja (Saodang, 2010).

Ditinjau secara umum penempatan alinyemen horizontal harus dapat menjamin keselamatan dan kenyamanan bagi pengguna jalan. Untuk itu perlu diperhatikan hal – hal berikut :

- a. Sedapat mungkin menghindari broken back, artinya tikungan searah yang hanya dipisahkan oleh tangen yang sangat pendek yang dapat mengurangi keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan.
- b. Pada bagian yang relatif lurus dan panjang jangan tiba – tiba terdapat tikungan yang tajam yang dapat membahayakan pengemudi.
- c. Kalau tidak terpaksa jangan menggunakan radius minimum sebab jalan tersebut akan sulit mengikuti perkembangan yang akan terjadi dimasa yang akan datang.
- d. Apabila terpaksa menghadapi tikungan ganda maka dalam perencanaan harus diusahakan agar jari – jari ( $R_1$ ) lebih kecil atau sama dengan jari – jari lengkung kedua ( $R_2$ )  $\times 1,5$ .
- e. Hindari sedapat mungkin lengkung yang terbalik dengan mendadak.
- f. Hindarkan lengkung yang tajam pada timbunan yang tinggi.

### **2.6.1 Bagian Jalan Lurus Maksimum**

Jalan lurus dan panjang dalam waktu berkendara yang lama dengan kecepatan tinggi dan tingkat konsentrasi yang tinggi, cenderung menyebabkan kelelahan dan mengantuk. Berdasarkan hal ini dan beberapa faktor lain, desain panjang alinemen jalan yang lurus perlu mempertimbangkan hal – hal sebagai berikut.

- a. Silau sorotan lampu di malam hari dari kendaraan yang berlawanan arah menjadi mengganggu pada jarak lebih dekat dari 3.000 m.
- b. Pada jarak lebih dari 2.500 m, pengemudi akan sulit memperkirakan kecepatan kendaraan yang datang dari arah berlawanan, tanpa komponen visual dari samping seperti saat kendaraan berada di tikungan; dan
- c. Silau sinar matahari pagi dan sore pada jalan dengan sumbu alinemen arah timur – barat yang bisa menyilaukan mata pengemudi.

Desainer agar memperhatikan hal – hal di atas dan mendesain suatu alinyemen yang mengurangi konsekuensi – konsekuensi tersebut dan memberikan alinyemen tikungan yang datar dengan mengikuti kontur medan sedapat mungkin. Memberi kesempatan mendahului jika memungkinkan, panjang bagian lurus setidaknya setara dengan jarak pandang yang diperlukan untuk mendahului. Panjang maksimum bagian jalan yang lurus harus ditempuh dalam waktu tidak lebih dari 2,5 menit (sesuai  $V_r$ ) ditetapkan menurut tabel 2.16 sebagai berikut :

Tabel 2.16 Panjang Bagian Lurus Maksimum

$V_R$ (km/jam)	Panjang Bagian Lurus Maksimum (m)	
	Perhitungan	Pembulatan
140	5833,3	5850
120	5000,0	5000
100	4166,7	4200
80	3333,3	3350
60	2500,0	2500

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Dirjen Bina Marga, 2009)

### 2.6.2 Jari – Jari Tikungan

Jari – jari tikungan minimum ( $R_{min}$ ) ditetapkan sebagai berikut :

$$R_{min} = \frac{V_r^2}{127(e_{max} + f_{max})} \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan :

$R_{min}$  = Jari – jari tikungan minimum (m)

$V_r$  = Kecepatan rencana (km/jam)

$e_{max}$  = Superelevasi maksimum (%)

$f_{max}$  = Koefisien gesek maksimum

Besaran nilai superelevasi maksimum, ditentukan menggunakan tabel 2.17 sebagai berikut :

Tabel 2.17 Superelevasi maksimum berdasarkan tata guna lahan dan iklim

Superelevasi Maksimum	Kondisi yang digunakan
10%	Maksimum untuk jalan tol antarkota
8%	Maksimum untuk jalan tol antarkota dengan curah hujan tinggi
6%	Maksimum untuk jalan tol perkotaan
4%	Maksimum untuk jalan tol perkotaan dengan kepadatan tinggi

(Sumber : *Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Dirjen Bina Marga, 2009*)

Besaran nilai koefisien gesek maksimum, ditentukan menggunakan tabel 2.18 sebagai berikut :

Tabel 2.18 Koefisien gesek maksimum berdasarkan  $V_R$ 

$V_R$ (km/jam)	Koefisien Gesek Maksimum ( $f_{max}$ )
120	0,092
100	0,116
80	0,140
60	0,152

(Sumber : *Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Dirjen Bina Marga, 2009*)

Atau berdasarkan buku dasar – dasar perencanaan geometrik jalan (Silvia Sukirman, 1999) nilai  $f_{max}$  dapat juga dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

– Untuk  $V_r < 80$  km/jam,  $f_{max} = - 0,00065 \times V_R + 0,192$

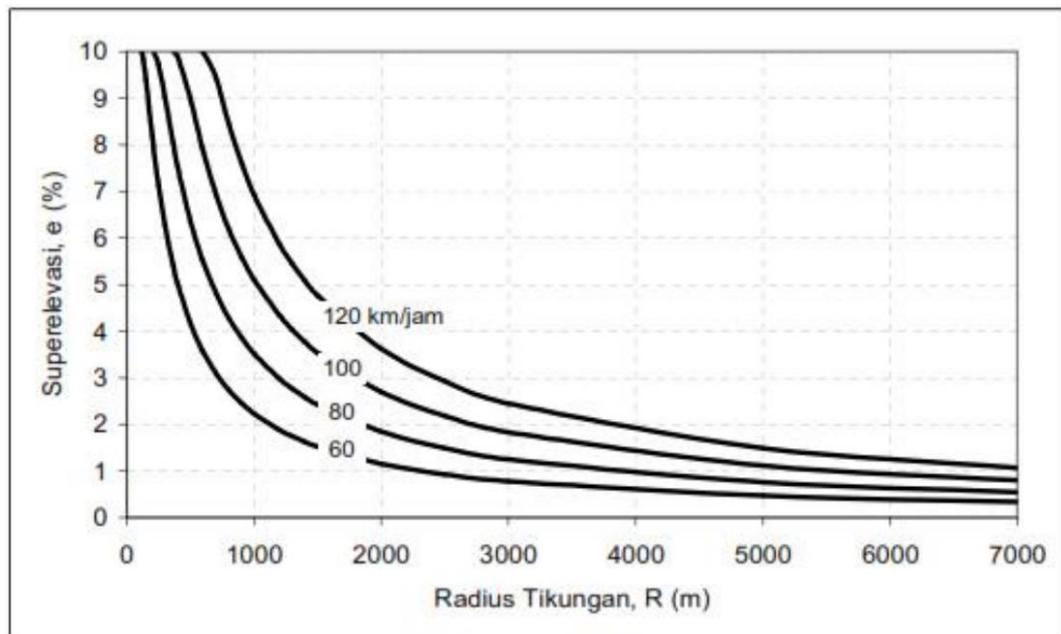
– Untuk  $V_r 80 - 112$  km/jam,  $f_{max} = - 0,00125 \times V_R + 0,24$

Hasil perhitungan  $R_{min}$  ditampilkan pada tabel 2.19 serta distribusi besaran superelevasi berdasarkan nilai  $R$  ditambahkan pada gambar 2.12 hingga gambar 2.15 sebagai berikut :

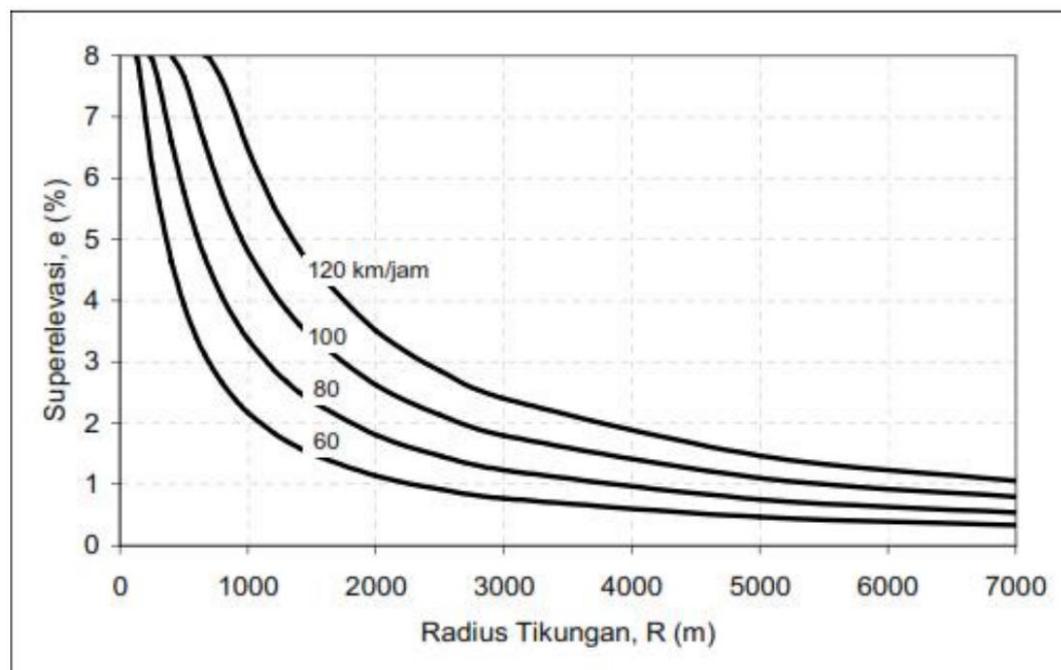
Tabel 2.19 Panjang Jari – jari minimum (dibulatkan)

$e_{\max}$ (%)	$V_R$ (km/jam)	$f_{\max}$	$(e/100+f)$	$R_{\min}$ (m)	
				Perhitungan	Pembulatan
10,0	120	0,092	0,192	590,6	590
10,0	100	0,116	0,216	364,5	365
10,0	80	0,140	0,240	210,0	210
10,0	60	0,152	0,252	112,5	110
8,0	120	0,092	0,172	659,2	660
8,0	100	0,116	0,196	401,7	400
8,0	80	0,140	0,220	229,1	230
8,0	60	0,152	0,232	122,2	120
6,0	120	0,092	0,152	746,0	745
6,0	100	0,116	0,176	447,4	445
6,0	80	0,140	0,200	252,0	250
6,0	60	0,152	0,212	133,7	135
4,0	120	0,092	0,132	859,0	860
4,0	100	0,116	0,156	504,7	505
4,0	80	0,140	0,180	280,0	280
4,0	60	0,152	0,192	147,6	150

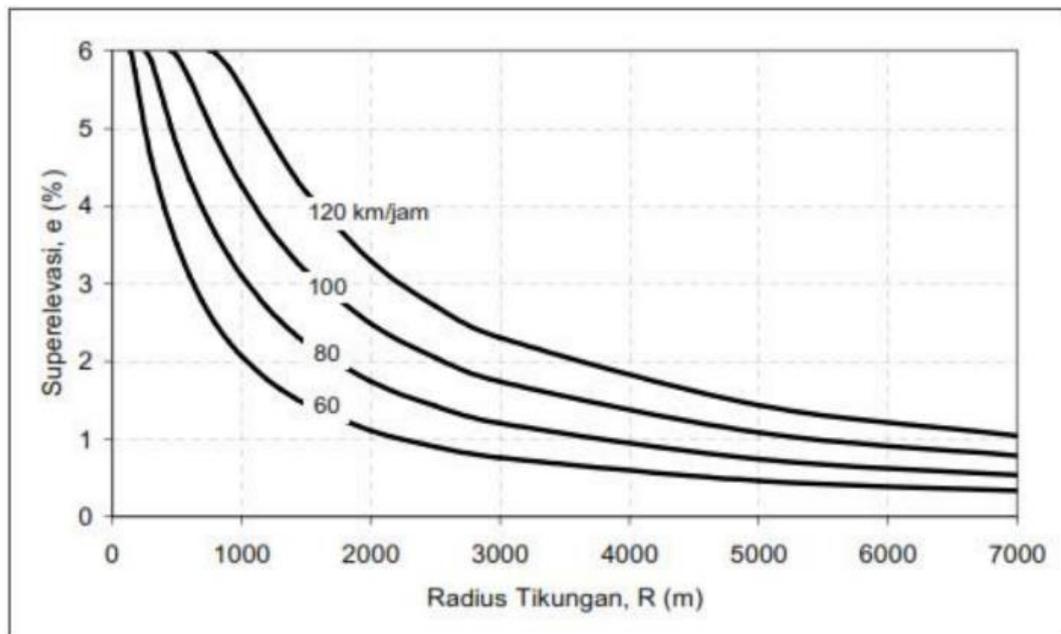
(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Dirjen Bina Marga,2009)



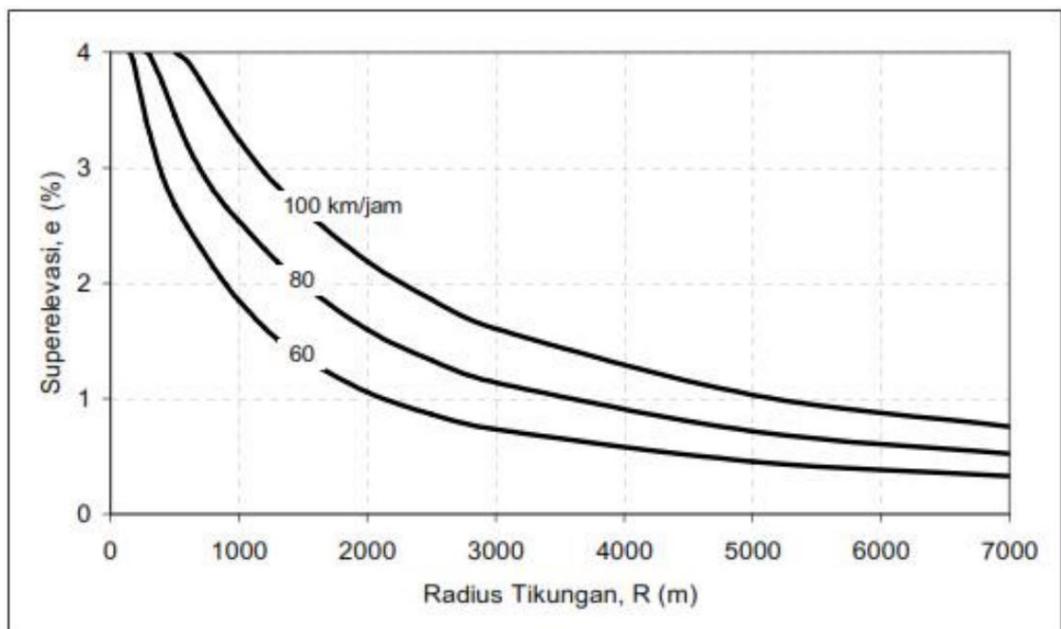
Gambar 2.12 Distribusi Besaran Superelevasi untuk Superelevasi Maksimum 10%



Gambar 2.13 Distribusi Besaran Superelevasi untuk Superelevasi Maksimum 8%



Gambar 2.14 Distribusi Besaran Superelevasi untuk Superelevasi Maksimum 6%



Gambar 2.15 Distribusi Besaran Superelevasi untuk Superelevasi Maksimum 4%

Pemilihan  $R_{\min}$  atau tikungan dengan  $e_{\max}$  untuk suatu tikungan adalah tidak memberikan kenyamanan pada pengguna jalan. Disamping itu, kecepatan kendaraan yang menikung bervariasi, dengan demikian penggunaan  $R_{\min}$  hanya untuk kondisi medan jalan yang sulit dan hanya di daerah perkotaan, maka diharuskan menggunakan  $R$  yang lebih besar dari pada  $R_{\min}$ .

### 2.6.3 Lengkung Peralihan

Lengkung peralihan ( $L_s$ ) merupakan suatu lengkung yang disisipkan di antara bagian lurus jalan dan bagian lengkung jalan berjari – jari tetap  $R$ . Lengkung peralihan berfungsi mencegah perubahan alinyemen jalan dari bentuk lurus ( $R$  tak terhingga) sampai bagian lengkung jalan berjari – jari  $R$  tetap, dengan demikian gaya sentrifugal yang ada pada kendaraan saat berjalan di tikungan berubah secara berangsur – angsur, baik ketika kendaraan mendekati tikungan maupun meninggalkan tikungan. Dengan adanya lengkung peralihan, maka tikungan menggunakan jenis SCS (Shirley, 2000).

Ketentuan lengkung peralihan adalah sebagai berikut :

- a. Bentuk lengkung peralihan yang digunakan adalah bentuk *spiral (clothoide)*.
- b. Panjang lengkung peralihan ditetapkan atas pertimbangan – pertimbangan sebagai berikut :
  1. Waktu perjalanan melintasi lengkung peralihan
  2. Tingkat perubahan kelandaian melintang jalan
  3. Gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan
  4. Tingkat perubahan kelandaian relatif
- c.  $L_s$  ditentukan yang memenuhi ke empat kriteria tersebut di atas, sehingga dipilih nilai  $L_s$  yang terpanjang.

- 1) Waktu perjalanan melintasi lengkung peralihan

$$L_s = \frac{V_r}{3,6} \times T \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan :

$V_r$  = kecepatan rencana (km/jam)

$T$  = waktu tempuh pada lengkung peralihan (detik), ditetapkan

2 detik Atau digunakan tabel 2.20 sebagai berikut :

Tabel 2.20  $L_S$  min berdasarkan waktu perjalanan

$V_R$ (km/jam)	$L_S$ min (m)
120	67
100	56
80	45
60	34

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Dirjen Bina Marga, 2009)

## 2) Tingkat perubahan kelandaian melintang jalan

Tingkat perubahan kelandaian melintang jalan ( $r_e$ ) dari bentuk kelandaian normal ke kelandaian superelevasi penuh tidak boleh melampaui  $r_e - \text{maks}$  yang ditetapkan sebagai berikut :

- Untuk  $V_r \leq 70$  km/jam  $r_e - \text{maks} = 0,035$  m/m/detik
- Untuk  $V_r \geq 80$  km/jam  $r_e - \text{maks} = 0,025$  m/m/detik

Kriteria ini dihitung dengan rumus :

$$L_S = \frac{(e_m - e_n)}{3,6 \cdot r_e} \times V_r \dots \dots \dots (2.8)$$

Keterangan :

$e_m$  = Superelevasi maksimum (%)

$e_n$  = Superelevasi normal (%)

$V_r$  = Kecepatan rencana (km/jam)

$r_e$  = Tingkat perubahan kelandaian melintang jalan (m/m/det)

atau digunakan tabel 2.21 sebagai berikut :

Tabel 2.21  $L_S$  min berdasarkan tingkat perubahan kelandaian melintang jalan

$e_m$ (%)	$L_S$ min (m)			
	$V_r = 120$ Km/jam	$V_r = 100$ Km/jam	$V_r = 80$ Km/jam	$V_r = 60$ Km/jam
10,0	107	89	71	38
9,5	100	83	67	36
9,0	93	78	62	33
8,5	87	72	58	31
8,0	80	67	53	29
7,5	73	61	49	26

e <sub>m</sub> (%)	L <sub>s</sub> min (m)			
	V <sub>r</sub> = 120 Km/jam	V <sub>r</sub> = 100 Km/jam	V <sub>r</sub> = 80 Km/jam	V <sub>r</sub> = 60 Km/jam
7,0	67	56	44	24
6,5	60	50	40	21
6,0	53	44	36	19
5,5	47	39	31	17
5,0	40	33	27	14
4,5	33	28	22	12
4,0	27	22	18	10
3,5	20	17	13	7
3,0	13	11	9	5
2,5	7	6	4	2
2,0	0	0	0	0

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Dirjen Bina Marga,2009)

### 3. Gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan

Gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan dapat diantisipasi berangsur – angsur pada lengkung peralihan dengan aman. Kriteria ini dihitung dengan rumus :

$$L_s = 0,022 \frac{V_r^3}{R \times C} \dots \dots \dots (2.9)$$

Keterangan :

V<sub>r</sub> = Kecepatan rencana (km/jam)

R = Radius tikungan (m)

C = Perubahan maksimum percepatan arah radial (m/det<sup>3</sup>) digunakan

1,2 m/det<sup>3</sup> atau dapat digunakan tabel 2.22 sebagai berikut :

Tabel 2.22 L<sub>s</sub> min berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal

R (m)	L <sub>s</sub> min (m)			
	V <sub>r</sub> = 120 Km/jam	V <sub>r</sub> = 100 km/jam	V <sub>r</sub> = 80 km/jam	V <sub>r</sub> = 60 km/jam
2500	12	7		
2000	15	9	5	
1500	21	12	6	3
1400	22	13	7	3
1300	24	14	7	3

R (m)	L <sub>s</sub> min (m)			
	V <sub>r</sub> = 120 Km/jam	V <sub>r</sub> = 100 km/jam	V <sub>r</sub> = 80 km/jam	V <sub>r</sub> = 60 km/jam
1200	26	15	8	3
1000	31	18	9	4
900	34	20	10	4
800	39	22	11	5
700	44	26	13	6
600	51	30	15	6
500		36	18	8
400		45	23	10
300			30	13
250			37	15
200				19
175				22
150				26
140				28
130				30
120				32
110				35

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Dirjen Bina Marga,2009)

#### 4. Tingkat perubahan kelandaian relatif

Tingkat perubahan kelandaian relatif ( $\Delta$ ) dari bentuk kemiringan normal ke bentuk kemiringan superelevasi penuh tidak boleh melampaui  $\Delta$  maksimum yang ditetapkan seperti pada tabel 2.23 sebagai berikut :

Tabel 2.23 Tingkat perubahan kelandaian melintang maksimum

V <sub>r</sub> (km/jam)	$\Delta$ (m/m)
120	1/263
100	1/227
80	1/200
60	1/167

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Dirjen Bina Marga,2009)

Panjang pencapaian perubahan kelandaian dari kemiringan normal sampai ke kemiringan superelevasi penuh (L<sub>s</sub>) dihitung dengan

menggunakan rumus :

$$L_s = \frac{wn_1 e_d}{\Delta} (b_w) \dots \dots \dots (2.10)$$

Keterangan :

$L_s$  = panjang minimum superelevasi lengkung peralihan

$w$  = Lebar satu lajur lalu lintas (m)

$e_d$  = Superelevasi rencana (%)

$n_1$  = Jumlah lajur yang diputar

$b_w$  = Faktor penyesuaian untuk jumlah lajur yang diputar

$n_1$	1	1,5	2
$b_w$	1,00	0,83	0,75

$\Delta$  = tingkat perubahan kelandaian relatif (m/m)

Tikungan yang memiliki R dengan nilai  $e = LN$  tidak memerlukan lengkung peralihan dan tikungan yang memiliki R dengan nilai  $e = RC$  tidak memerlukan superelevasi.

Tabel 2.24 Hubungan parameter perencanaan lengkung horizontal dengan  $V_r$

( $e_n = 2\%$ ;  $e_{max} = 8\%$ )

R (m)	Vr = 20 km/jam		Vr = 30 km/jam		Vr = 40 km/jam		Vr = 50 km/jam		Vr = 60 km/jam		Vr = 70 km/jam		Vr = 80 km/jam		Vr = 90 km/jam		Vr = 100 km/jam		Vr = 110 km/jam		Vr = 120 km/jam												
	e (%)	Ls (m)		e (%)	Ls (m)		e (%)	Ls (m)		e (%)	Ls (m)		e (%)	Ls (m)		e (%)	Ls (m)		e (%)	Ls (m)		e (%)	Ls (m)										
		2	4		2	4		2	4		2	4		2	4		2	4		2	4		2	4	2	4	2	4	2	4			
7000	LN			LN			LN			LN			LN			LN			LN			LN											
5000	LN			LN			LN			LN			LN			LN			LN			LN											
3000	LN			LN			LN			LN			LN			RC	15	23	RC	16	24	2,1	18	27	2,4	23	34						
2500	LN			LN			LN			LN			LN			RC	14	21	RC	15	23	2,1	17	26	2,4	21	32	2,9	27	40			
2000	LN			LN			LN			LN			LN			RC	13	20	RC	14	21	2,2	17	25	2,6	21	32	3,0	26	39	3,5	33	49
1500	LN			LN			LN			RC	12	18	RC	13	20	2,4	17	25	2,8	22	32	3,4	27	41	3,9	34	50	4,6	43	64			
1400	LN			LN			LN			RC	12	18	2,1	14	20	2,5	18	27	3,0	23	34	3,6	29	43	4,1	36	53	4,9	45	68			
1300	LN			LN			LN			RC	12	18	2,2	15	22	2,7	19	29	3,2	24	36	3,8	31	46	4,4	38	57	5,2	48	72			
1200	LN			LN			LN			RC	12	18	2,4	16	23	2,9	21	31	3,4	26	39	4,1	33	50	4,7	41	61	5,6	52	77			
1000	LN			LN			RC	11	17	2,2	13	20	2,8	18	27	3,4	24	36	4,0	30	45	4,8	39	58	5,5	47	71	6,5	60	90			
900	LN			LN			RC	11	17	2,4	14	21	3,1	20	30	3,7	26	39	4,4	33	49	5,2	42	63	6,0	52	77	7,1	66	98			
800	LN			LN			RC	10	15	2,7	16	24	3,4	22	33	4,1	29	43	4,8	36	54	5,7	46	69	6,5	56	84	7,6	71	106			
700	LN			LN			RC	10	15	2,2	13	19	3,0	18	27	3,8	25	37	4,5	32	48	5,3	40	60	6,3	50	75	7,2	62	92	8,0	74	111
600	LN			LN			RC	10	15	2,6	14	21	3,4	20	30	4,3	28	41	5,1	36	54	6,0	45	67	6,9	56	83	7,7	66	99			
500	LN			LN			2,2	12	17	3,0	17	25	3,9	23	35	4,9	32	47	5,8	41	61	6,7	51	76	7,6	61	91						
400	LN			RC	10	14	2,7	14	21	3,6	20	30	4,7	28	41	5,7	37	55	6,6	47	70	7,5	56	84	8,0	64	96						
300	LN			2,1	10	15	3,4	18	26	4,5	25	37	5,6	33	50	6,7	43	65	7,6	54	80												
250	LN			2,5	12	18	3,9	20	30	5,1	28	41	6,2	37	55	7,3	47	71	7,9	56	84												
200	RC	9	14	3,0	15	22	4,6	24	35	5,8	32	47	7,0	41	62	7,9	51	76															
175	RC	9	14	3,4	16	24	5,0	25	38	6,2	34	50	7,4	44	65	8,0	51	77															
150	RC	9	14	3,8	18	27	5,4	27	41	6,7	36	54	7,8	46	69																		
140	2,0	9	14	4,0	19	28	5,6	28	42	6,9	38	56	7,9	47	70																		
130	2,2	10	15	4,2	20	30	5,8	29	44	7,1	39	58	8,0	47	70																		
120	2,3	11	16	4,4	21	31	6,0	31	46	7,4	40	60																					
110	2,5	11	17	4,7	22	33	6,3	32	47	7,6	41	62																					
100	2,7	12	18	4,9	24	35	6,5	33	49	7,8	42	63																					
90	2,9	13	20	5,2	25	37	6,8	35	52	7,9	43	63																					
80	3,2	15	22	5,5	26	39	7,2	36	54																								
70	3,6	16	24	5,9	28	42	7,5	38	57																								
60	4,0	18	27	6,3	30	45	7,8	40	59																								
50	4,6	20	30	6,9	33	49	8,0	40	60																								
40	5,2	23	34	7,5	35	53																											
30	5,9	26	39	8,0																													
20	7,1	31	47																														

$e_{max}$  : Superelevasi maksimum 8%

R : Jari – jari Lengkung

$V_R$  : Asumsi Kecepatan rencana

e : Tingkat Superelevasi

Ls : Panjang minimum pencapaian superelevasi run off  
(Tidak termasuk panjang pencapaian superelevasi run out)

LN : Lereng Normal

RC : Lereng luar diputar sehingga perkerasan mendapatkan kemiringan melintang sebesar lereng normal

(Sumber : Pedoman Desain Geometri Jalan, Dirjen Bina Marga, 2021)

Tabel 2.25 Hubungan parameter perencanaan lengkung horizontal dengan  $V_r$

( $e_n = 2\%$ ;  $e_{max} = 6\%$ )

R (m)	Vr = 20 km/jam			Vr = 30 km/jam			Vr = 40 km/jam			Vr = 50 km/jam			Vr = 60 km/jam			Vr = 70 km/jam			Vr = 80 km/jam			Vr = 90 km/jam			Vr = 100 km/jam			Vr = 110 km/jam			Vr = 120 km/jam		
	e (%)	Ls (m)		e (%)	Ls (m)		e (%)	Ls (m)		e (%)	Ls (m)		e (%)	Ls (m)		e (%)	Ls (m)		e (%)	Ls (m)		e (%)	Ls (m)		e (%)	Ls (m)		e (%)	Ls (m)				
		2	4		2	4		2	4		2	4		2	4		2	4		2	4		2	4		2	4		2	4	2	4	2
7000	LN			LN			LN			LN																							
5000	LN			LN			LN			LN																							
3000	LN			RC	16	24	2,0	18	26	2,3	22	32																					
2500	LN			RC	15	23	2,0	17	25	2,3	20	30																					
2000	LN			RC	14	21	2,1	16	24	2,5	20	30	2,8	25	37	3,3	31	46															
1500	LN			RC	13	20	2,2	16	24	2,7	20	30	3,1	26	38	3,6	31	46	4,2	39	58												
1400	LN			LN			LN			RC	12	18	2,0	13	20	2,4	17	25	2,8	21	32	3,3	27	40	3,8	33	49	4,4	41	62			
1300	LN			LN			LN			RC	12	18	2,2	14	21	2,5	18	27	3,0	23	34	3,5	28	42	4,0	35	52	4,7	44	65			
1200	LN			LN			LN			RC	12	18	2,1	15	22	2,7	19	29	3,2	24	36	3,7	30	45	4,2	37	55	5,0	46	69			
1000	LN			LN			LN			RC	11	17	2,1	13	19	2,6	17	25	3,1	22	33	3,6	28	41	4,2	34	51	4,8	41	62	5,6	52	77
900	LN			LN			LN			RC	11	17	2,3	14	20	2,8	19	28	3,4	24	36	3,9	30	44	4,5	37	55	5,1	44	66	5,8	54	81
800	LN			LN			LN			RC	11	17	2,5	15	22	3,1	20	30	3,6	26	39	4,2	32	48	4,9	39	58	5,4	47	70	6,0	56	83
700	LN			LN			RC	10	15	2,1	12	18	2,8	17	25	3,4	22	33	4,0	28	42	4,6	35	52	5,2	42	63	5,8	50	74			
600	LN			LN			RC	10	15	2,4	13	20	3,1	19	28	3,8	25	37	4,3	31	46	5,0	38	56	5,6	45	67	6,0	51	77			
500	LN			LN			2,1	11	16	2,8	15	23	3,5	21	31	4,2	27	41	4,8	34	51	5,4	41	61	5,9	48	71						
400	LN			RC	10	14	2,5	13	20	3,3	18	27	4,0	24	36	4,7	31	46	5,3	38	56	5,9	44	66									
300	LN			2,0	10	15	3,1	16	24	3,9	21	32	4,6	27	41	5,4	35	52	5,9	42	62												
250	LN			2,3	11	17	3,5	18	27	4,2	23	34	5,0	30	45	5,8	37	55															
200	LN			2,8	13	20	3,9	20	29	4,7	26	38	5,5	33	49	6,0	39	58															
175	RC	9	14	3,0	15	22	4,1	21	31	5,0	27	41	5,8	34	51																		
150	RC	9	14	3,4	16	24	4,4	22	33	5,3	29	43	6,0	35	53																		
140	RC	9	14	3,5	17	25	4,5	23	34	5,4	30	44	6,0	35	53																		
130	2,0	9	14	3,6	17	26	4,6	24	35	5,6	30	45																					
120	2,2	10	15	3,8	18	27	4,8	25	37	5,7	31	47																					
110	2,3	11	16	3,9	19	28	5,0	25	38	5,8	32	48																					
100	2,5	11	17	4,1	19	29	5,2	26	39	5,9	33	49																					
90	2,7	12	18	4,3	20	30	5,4	27	41	6,0	33	49																					
80	2,9	13	20	4,5	21	32	5,6	29	43																								
70	3,2	15	22	4,7	23	34	5,8	30	44																								
60	3,5	16	24	5,0	24	36	6,0	30	45																								
50	3,8	17	26	5,4	26	38																											
40	4,2	19	28	5,8	28	41																											
30	4,7	21	31																														
20	5,5	25	37																														

$e_{max}$  : Superelevasi maksimum 6%  
R : Jari – jari Lengkung  
 $V_R$  : Asumsi Kecepatan rencana  
e : Tingkat Superelevasi  
Ls : Panjang minimum pencapaian superelevasi run off  
(Tidak termasuk panjang pencapaian superelevasi run out)  
LN : Lereng Normal  
RC : Lereng luar diputar sehingga perkerasan mendapatkan kemiringan melintang sebesar lereng normal

(Sumber : Pedoman Desain Geometri Jalan, Dirjen Bina Marga, 2021)

Tabel 2.26 Hubungan parameter perencanaan lengkung horizontal dengan  $V_r$

( $e_n = 2\%$ ;  $e_{max} = 4\%$ )

R (m)	Vr = 20 km/jam		Vr = 30 km/jam		Vr = 40 km/jam		Vr = 50 km/jam		Vr = 60 km/jam		Vr = 70 km/jam		Vr = 80 km/jam		Vr = 90 km/jam		Vr = 100 km/jam		Vr = 110 km/jam		Vr = 120 km/jam						
	e (%)	Ls (m)		e (%)	Ls (m)		e (%)	Ls (m)		e (%)	Ls (m)		e (%)	Ls (m)		e (%)	Ls (m)		e (%)	Ls (m)		e (%)	Ls (m)				
		2	4		2	4		2	4		2	4		2	4		2	4		2	4		2	4	2	4	2
7000	LN			LN			LN			LN			LN			LN			LN			LN					
5000	LN			LN			LN			LN			LN			LN			LN			LN					
3000	LN			LN			LN			LN			LN			LN			RC	16	24	RC	18	26	2,1	20	29
2500	LN			LN			LN			LN			LN			RC	15	23	RC	16	24	RC	18	27	2,4	23	34
2000	LN			LN			LN			LN			LN			RC	14	21	RC	15	23	2,2	18	27	2,4	21	32
1500	LN			LN			LN			LN			RC	13	20	2,0	14	21	2,3	18	26	2,6	21	32	2,9	25	38
1400	LN			LN			LN			LN			RC	13	20	2,1	15	22	2,4	18	27	2,7	22	33	3,0	26	39
1300	LN			LN			LN			RC	12	18	RC	13	20	2,2	16	23	2,5	19	28	2,8	23	34	3,1	27	41
1200	LN			LN			LN			RC	12	18	2,0	13	20	2,3	17	25	2,6	20	30	2,9	24	36	3,3	28	42
1000	LN			LN			LN			RC	12	18	2,2	15	22	2,5	18	27	2,8	22	32	3,2	26	39	3,6	31	46
900	LN			LN			RC	11	17	2,0	12	18	2,4	16	23	2,7	19	28	3,0	23	34	3,4	27	41	3,7	32	48
800	LN			LN			RC	11	17	2,1	13	19	2,5	17	25	2,8	20	30	3,2	24	36	3,5	29	43	3,9	33	50
700	LN			LN			RC	10	15	RC	11	17	2,3	14	21	2,7	18	26	3,0	21	32	3,4	26	38	3,7	30	45
600	LN			LN			RC	10	15	2,1	12	17	2,5	15	22	2,9	19	28	3,2	23	34	3,6	27	41	3,9	32	47
500	LN			LN			RC	10	15	2,3	13	19	2,7	16	24	3,1	20	30	3,5	25	37	3,8	29	43	4,0	32	48
400	LN			RC	10	14	2,1	11	17	2,5	14	21	2,9	18	26	3,4	22	33	3,7	27	40	4,0	30	45			
300	LN			RC	10	14	2,4	13	19	2,8	16	23	3,3	20	30	3,8	25	37	4,0	28	42						
250	LN			2,0	10	15	2,6	13	20	3,0	17	25	3,6	21	32	3,9	26	38									
200	LN			2,3	11	16	2,8	14	21	3,3	18	27	3,8	23	34												
175	RC	9	14	2,4	12	17	2,9	15	22	3,5	19	29	3,9	23	35												
150	RC	9	14	2,5	12	18	3,1	16	24	3,7	20	30	4,0	24	35												
140	RC	9	14	2,6	13	19	3,2	16	24	3,8	21	31															
130	RC	9	14	2,7	13	19	3,3	17	25	3,8	21	32															
120	RC	9	14	2,7	13	20	3,4	17	26	3,9	22	32															
110	2,0	9	14	2,8	14	2	3,5	18	27	4,0	22	33															
100	2,1	10	14	2,9	14	21	3,6	19	28	4,0	22	33															
90	2,2	10	15	3,0	15	22	3,7	19	28																		
80	2,3	11	16	3,2	15	23	3,8	20	29																		
70	2,4	11	17	3,3	16	24	3,9	20	30																		
60	2,6	12	17	3,5	17	25	4,0	20	30																		
50	2,7	12	18	3,7	18	27																					
40	3,0	14	20	3,9	19	28																					
30	3,3	15	22																								
20	3,8	17	25																								

$e_{max}$  : Superelevasi maksimum 4%

R : Jari – jari Lengkung

$V_R$  : Asumsi Kecepatan rencana

e : Tingkat Superelevasi

Ls : Panjang minimum pencapaian superelevasi run off  
(Tidak termasuk panjang pencapaian superelevasi run out)

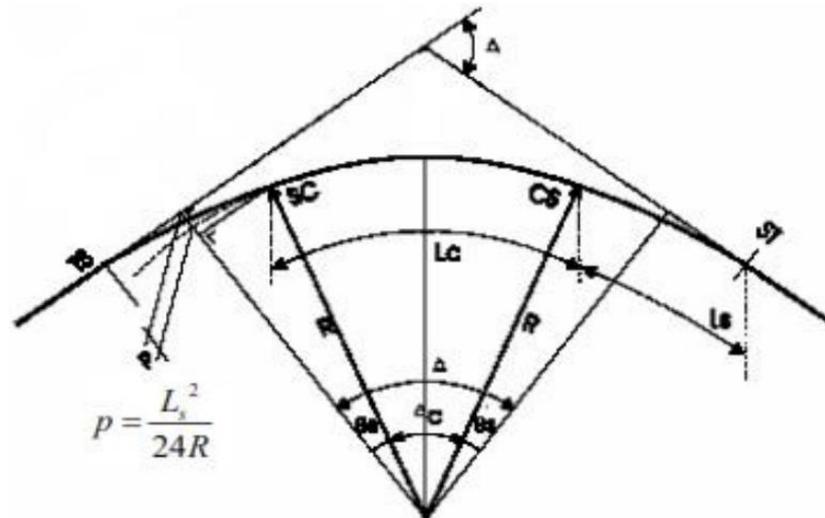
LN : Lereng Normal

RC : Lereng luar diputar sehingga perkerasan mendapatkan kemiringan melintang sebesar lereng normal

(Sumber : Pedoman Desain Geometri Jalan, Dirjen Bina Marga, 2021)

### 5. Persyaratan $L_S$ min dan $L_S$ max

Jika lengkung peralihan digunakan, maka posisi lintasan tikungan bergeser dari bagian jalan yang lurus ke arah sebelah dalam sejauh  $p$ .



Gambar 2.16 Pergeseran lintasan pada tikungan menggunakan lengkung peralihan

Apabila nilai  $p$  kurang dari 0,20 m, maka lengkung peralihan tidak diperlukan. Sehingga tipe tikungan menjadi *Full Circle*.

$$L_S \text{ min} = \sqrt{24(p_{\text{min}})R} \dots \dots \dots (2.11)$$

Lengkung peralihan juga dibatasi oleh besarnya nilai  $p$  yang diperbolehkan jika menggunakan lengkung peralihan yaitu 1,0 m. sehingga persamaan untuk panjang lengkung peralihan  $L_S$  max

$$= \sqrt{24(p_{\text{max}})R}.$$

Tabel 2.27  $L_s$  min dan  $L_s$  max berdasarkan pergeseran lintasan (p)

R (m)	$L_s$ min (m)	$L_s$ max (m)		R(m)	$L_s$ min (m)	$L_s$ max (m)		R(m)	$L_s$ min (m)	$L_s$ max (m)
5000	155	346		1000	69	155		250	35	77
3000	120	268		900	66	147		200	31	69
2500	110	245		800	62	139		175	29	65
2000	98	219		700	58	130		150	27	60
1500	85	190		600	54	120		140	26	58
1400	82	183		500	49	110		130	25	56
1300	79	177		400	44	98		120	24	54
1200	76	170		300	38	85		110	23	51

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Dirjen Bina Marga, 2009)

#### 2.6.4 Menghitung Panjang Garis Tangen

Perencanaan geometrik jalan raya merupakan perencanaan bentuk fisik jalan dalam tiga dimensi. Untuk mempermudah dalam penggambaran bagian – bagian perencanaan, maka bentuk fisik jalan digambarkan dalam bentuk alinyemen horizontal atau trase jalan, alinyemen vertikal atau penampang memanjang jalan dan potongan melintang jalan (Saodang, 2004).

Adapun perhitungan jarak titik – titik penting yang diperoleh dari pemilihan rencana alinyemen horizontal dapat menggunakan rumus berikut ini.

$$dA - P1 = \sqrt{(XP1 - XA)^2 + (YP1 - YA)^2} \dots \dots \dots (2.12)$$

Keterangan :

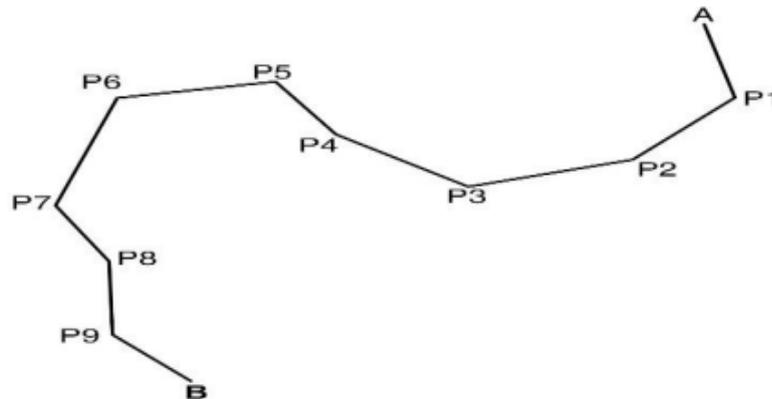
$dA - P1$  = Koordinat antara titik A dengan P1

$XP1$  = Koordinat titik P1 pada sumbu X

$XA$  = Koordinat titik A pada sumbu X

$YP1$  = Koordinat titik P1 pada sumbu Y

$YA$  = Koordinat titik A pada sumbu Y



Gambar 2.17 Panjang Trase dari Titik A ke Titik B

**2.6.5 Menghitung Sudut Azimuth dan Sudut Antara Dua Tangen (Δ)**

Setelah menentukan koordinat dan menghitung panjang garis tangen maka selanjutnya menghitung sudut azimuth dan sudut antara dua tangen dengan rumus berikut ini :

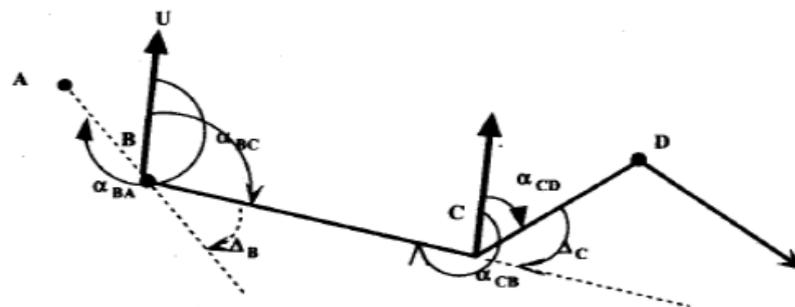
$$\alpha_A = \arctan \left( \frac{XP_1 - X_A}{YP_1 - Y_A} \right) \dots \dots \dots (2.13)$$

$$\alpha_A = 360^\circ - \alpha_A \dots \dots \dots (2.14)$$

$$\alpha_{P1} = \arctan \left( \frac{XP_2 - XP_1}{YP_2 - YP_1} \right) \dots \dots \dots (2.15)$$

$$\alpha_{P1} = 360^\circ - \alpha_{P1} \dots \dots \dots (2.16)$$

$$\text{Azimuth } \alpha_A \text{ (terbesar)} - \text{Azimuth } \alpha_{P1} \text{ (terkecil)} \dots \dots \dots (2.17)$$



Gambar 2.18 Sudut Azimuth dan Sudut Tangen

**2.6.6 Bagian Lurus**

Dengan mempertimbangkan faktor keselamatan pengguna jalan, ditinjau dari segi kelelahan pengemudi, maka maksimum bagian jalanyang lurus harus ditempuh tidak lebih dari 2,5 menit (sesuai Vr). Nilai panjang bagian lurus maksimum dapat dilihat pada tabel 2.28.

Tabel 2.28 Panjang Bagian Lurus Maksimum

Fungsi Jalan	Panjang Bagian Lurus Maksimum		
	Datar	Bukit	Gunung
Arteri	3000	2500	2000
Kolektor	2000	1750	1500

(Sumber : Ditjen Bina Marga, 1997)

### 2.6.7 Bagian Tikungan

Bagian yang sangat kritis pada alinyemen horizontal adalah bagian tikungan, dimana terdapat gaya sentrifugal ini mendorong kendaraan secara radial keluar jalur. Atas dasar ini maka perencanaan tikungan yang aman dan nyaman memperhatikan hal – hal berikut:

#### a. Jari – jari minimum

Agar kendaraan stabil pada saat melalui tikungan, perlu dibuat suatu kemiringan melintang jalan pada tikungan yang disebut superelevasi. Pada saat kendaraan melalui daerah superelevasi, akan terjadi gesekan arah melintang jalan antara ban kendaraan dengan permukaan aspal yang menimbulkan gaya gesekan melintang dengan gaya normal disebut koefisien gesekan melintang. Untuk menghindari terjadinya kecelakaan, maka untuk kecepatan tertentu ditentukan jari – jari minimum untuk superelevasi maksimum dapat dilihat pada tabel 2.29.

Tabel 2.29 Panjang Jari – jari Minimum untuk  $e_{maks} = 10\%$ 

VR (km/h)	120	100	80	60	50	40	30	20
Rmin (m)	600	370	280	110	80	50	30	15

(Sumber : Ditjen Bina Marga No. 038/T/BM1997)

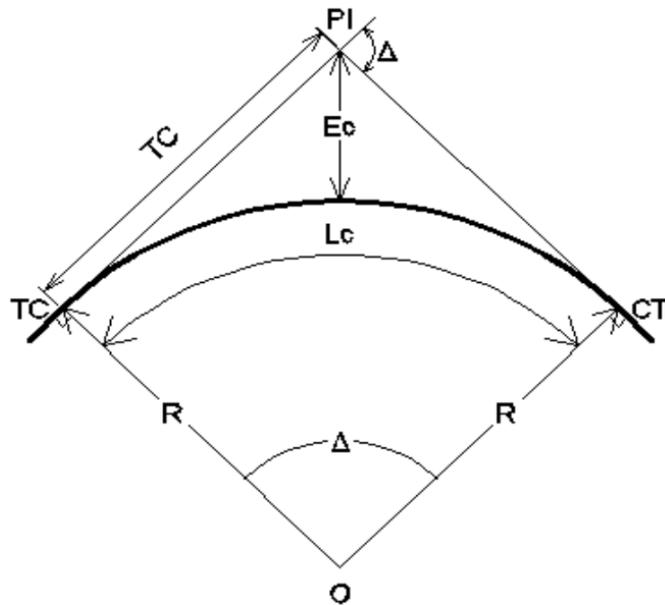
#### b. Jenis – jenis Tikungan

Di dalam suatu perencanaan garis lengkung maka perlu diketahui hubungan kecepatan rencana dengan kemiringan melintang jalan (superelevasi) karena garis lengkung yang direncanakan garis dapat mengurangi gaya sentrifugal secara berangsur – angsur mulai dari nol sampai nol kembali. Bentuk tikungan dalam perencanaan tersebut adalah:

### 1. Tikungan *Full Circle* (FC)

Jenis tikungan *full circle* ini merupakan jenis tikungan yang paling ideal di tinjau dari segi keamanan dan kenyamanan pengemudi dan kendaraannya, namun apabila ditinjau dari penggunaan lahan dan biaya pembangunan yang relatif terbatas, jenis tikungan ini merupakan pilihan yang sangat mahal.

Untuk tikungan yang jari – jarinya lebih kecil dari angka diatas maka bentuk tikungan yang dipakai adalah *Spiral – Circle – Spiral*. Adapun rumus – rumus yang digunakan pada tikungan *full circle*, yaitu :



Gambar 2.19 Tikungan *Full Circle*

$$L_c = \frac{\Delta}{180^\circ} \pi R \dots \dots \dots (2.18)$$

$$E_c = \frac{R}{\cos \frac{\Delta}{2}} - R \dots \dots \dots (2.19)$$

$$E_c = T_c \tan \frac{\Delta}{4} \dots \dots \dots (2.20)$$

$$T_c = R \tan \frac{\Delta}{2} \dots \dots \dots (2.21)$$

Dimana:

- $\Delta$  = Sudut tikungan atau sudut tangen ( $^{\circ}$ )  
 $T_c$  = Jarak tangen dari  $T_c$  ke PI atau PI ke CT (m)  
 $E_c$  = Jari – Jari lingkaran (m)  
 $E_c$  = Jarak PI ke busur lingkaran (m)  
 $L_c$  = Panjang busur lingkaran (m)

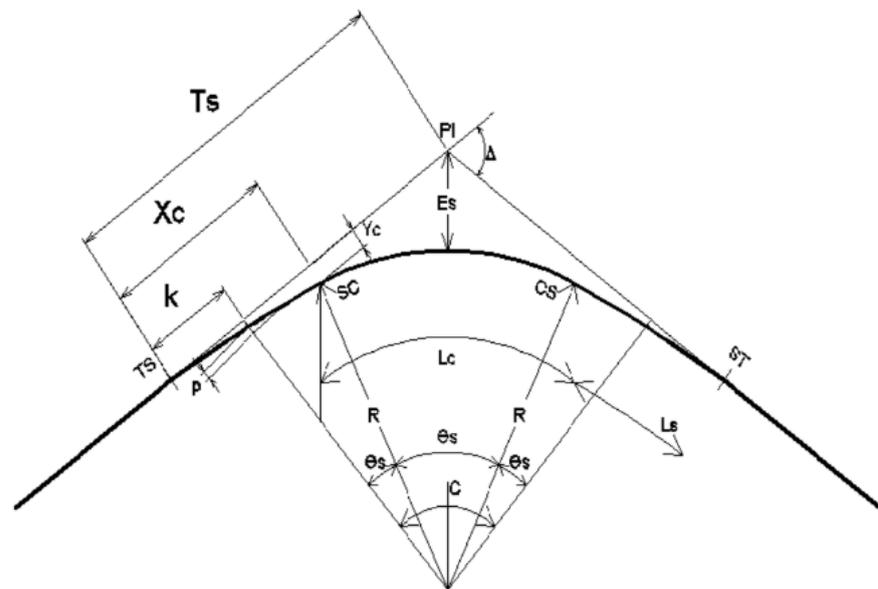
Keterangan :

- $\Delta$  = Sudut tikungan atau sudut tangen ( $^{\circ}$ )  
 $E_c$  = Jari – jari lingkaran (m)  
 $O$  = Titik pusat lingkaran  
 $T$  = Jarak TC – PI atau PI – CT  
 $E_c$  = Jarak PI ke puncak busur lingkaran (m)  
 $L_c$  = Panjang lengkung (CT – TC) (m)  
 $PI$  = Titik potong antara 2 garis tangen

## 2. Tikungan *Spiral – Circle – Spiral* (SCS)

Bentuk tikungan ini digunakan pada daerah – daerah perbukitan atau pegunungan, karena tikungan seperti ini memiliki lengkung peralihanyang memungkinkan perubahan menikung tidak secara mendadak dan tikungan tersebut menjadi aman. Adapun jari – jari yang diambil untuk tikungan *spiral – circle – spiral* ini haruslah sesuai dengan kecepatan dan tidak mengakibatkan adanya kemiringan tikungan yang melebihi harga maksimum yang ditentukan, yaitu:

- a. Kemiringan maksimum antar jalan kota : 0,10
- b. Kemiringan maksimum jalan dalam kota : 0,08



Gambar 2.20 Tikungan *Spiral – Circle – Spiral*

– Lengkung Peralihan

Panjang lengkung peralihan,  $L_s$  menurut TPGJAK, 1997 diambil nilai yang terbesar dari tiga persamaan dibawah ini :

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

$$L_s = \frac{V_r}{3.6} \times T \dots \dots \dots (2.22)$$

- 2) Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal :

$$L_s = 0,222 \frac{V_r^3}{R.C} - 2,727 \frac{V_r \times e}{C} \dots \dots \dots (2.23)$$

- 3) Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian :

$$L_s = \frac{(e_m - e_n)}{3.6 \times \Gamma e} \times V_r \dots \dots \dots (2.24)$$

Dimana:

$T$  = Waktu tempuh (3 det)

$R_c$  = Jari – jari busur lingkaran (m)

$C$  = Perubahan kecepatan 0,3 – 1,0 m/det

$\Gamma e$  = Tingkat pencapaian perubahan kelandaian melintang jalan

Untuk  $V \leq 70$  km/jam,  $\Gamma e = 0,035$  m/m/det

Untuk  $V \geq 80$  km/jam,  $\Gamma e = 0,025$  m/m/det

– *Circle*

Radius *circle* diambil berdasarkan kecepatan rencana dan tidak mengakibatkan kemiringan tikungan yang melebihi harga maksimum. Besar jari – jari minimum ditentukan berdasarkan rumus :

$$R = \frac{V^2}{127 (e_{\max} + f_{\max})} \dots\dots\dots(2.25)$$

Dimana:

R = Jari – jari lengkung minimum

$e_{\max}$  = Kemiringan tikungan (%)

$f_{\max}$  = Koefisien gesek melintang maksimum

V = Kecepatan rencana (km/jam)

Rumus – rumus yang digunakan untuk menghitung perencanaan tikungan *spiral – circle – spiral* :

$$T_s = (R + p) \tan \frac{\Delta}{2} + K \dots\dots\dots(2.26)$$

$$E_s = \frac{(R+p)}{\cos \frac{\Delta}{2}} - R \dots\dots\dots(2.27)$$

$$L_{\text{tot}} = L_C + 2L_S \dots\dots\dots(2.28)$$

$$L_C = \frac{\Delta - 2\theta_S}{180} \pi R_c \dots\dots\dots(2.29)$$

$$\theta_S = \frac{90}{\pi} \times \frac{L_S}{R} \dots\dots\dots(2.30)$$

$$\Delta_c = \Delta - 2\theta_S \dots\dots\dots(2.31)$$

$$P = \frac{L_S^2}{6 \times R_c} - R (1 - \cos \theta_S) \dots\dots\dots(2.32)$$

$$K = L_S - \frac{L_S^2}{40 \times R^2} - R \sin \theta_S \dots\dots\dots(2.33)$$

$$Y_S = \frac{L_S^2}{6 \times R} \dots\dots\dots(2.34)$$

$$X_S = L_S \times \left( 1 - \frac{L_S^2}{40 \times R^2} \right) \dots\dots\dots(2.35)$$

Dimana :

$X_C$  = Absis titik SC pada garis tangen, jarak dari TS – SC (m)

$Y_C$  = Ordinat titik SC pada titik tegak lurus pada titik tangen (m)

$L_s$  = Panjang lengkung peralihan (m)

$L_C$  = Panjang busur lingkaran (dari titik SC ke CS), (m)

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

$E_s$  = Jarak dari PI ke lingkaran (m)

$R$  = Jari – jari lingkaran (m)

$p$  = Pergeseran tangen terhadap spiral (m)

$K$  = Absis dari  $p$  pada garis tangen spiral (m)

$\Delta$  = Sudut tikungan atau sudut tangen ( ° )

$\theta_s$  = Sudut lengkung spiral ( ° )

Jika diperoleh  $L_c < 25$  m, maka sebaiknya tidak digunakan untuk SCS, tetapi digunakan lengkung SS yaitu lengkung yang terdiri dari 2 lengkung peralihan. Jika  $p$  yang dihitung dengan rumus :

$p = L_s^2 / 24 \cdot R < 0.25$  maka digunakan tikungan jenis FC

## 2.6.8 Superelevasi

### A. Metode Pencapaian Superelevasi

Metode pencapaian superlevasi didasarkan kepada hubungan curvilinear antara superelevasi dan kekesatan samping jalan dengan kebalikan radius lengkung. Metode ini mempunyai bentuk parabola asimetris dan mewakili sebaran praktis superelevasi terhadap suatu rentang kelengkungan. Metode ini menerapkan “kecepatan tempuh rata –

rata” yang lebih rendah dari kecepatan desain untuk mencapai superelevasi melebihi nilai untuk lengkung pertengahan pada metode hubungan garis lurus. Metode ini berasumsi bahwa tidak semua pengendara berkendara berjalan dengan kecepatan yang sama dengan kecepatan desain. Tabel 2.30 menunjukkan hubungan antara  $V_r$  dengan kecepatan tempuh rata – rata kendaraan ( $V_{Tempuh\ Rata - rata}$ ).

Tabel 2.30 Hubungan  $V_r$  dengan  $V_{kecepatan\ tempuh\ rata - rata}$

$V_D$ (Km/jam)	$V_{Tempuh\ Rata - rata}^{1)}$ (Km/jam)
20	20
30	30
40	40
50	47
60	55
70	63
80	70
90	77
100	85
110	91
120	98

(Sumber : Pedoman Desain Geometrik Jalan, Dirjen Bina Marga, 2021)

## B. Nilai Superelevasi Maksimum

Superelevasi adalah kemiringan melintang permukaan jalan khusus di tikungan yang berfungsi untuk mengimbangi gaya sentrifugal. Superelevasi maksimum yang diterapkan adalah 8% untuk jalan Antarkota, Jalan Perkotaan, dan JBH (Permen PU No.19/PRT/M/2011).

Superelevasi harus dibuat pada semua tikungan, kecuali tikungan yang memiliki radius yang lebih besar dari  $R_{min}$  tanpa superelevasi. Besarnya superelevasi harus direncanakan sesuai dengan  $V_r$ . Superelevasi berlaku pada jalur lalu lintas dan bahu jalan. Harus diperhatikan masalah drainase pada pencapaian kemiringan.

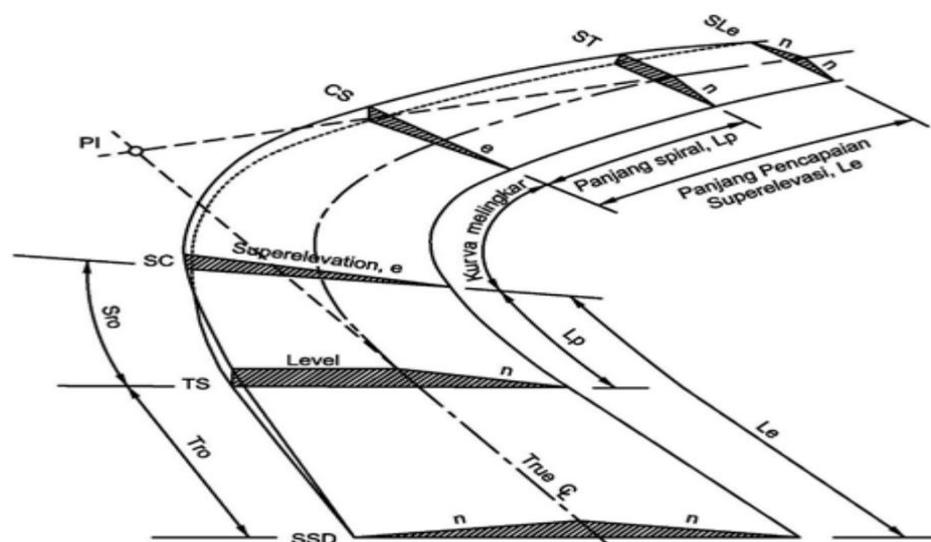
### C. Nilai Superelevasi Minimum

Pada kecepatan menengah dan rendah, lebih dikehendaki agar semua tikungan memiliki nilai superelevasi setidaknya sama dengan kemiringan melintang normal jalan pada bagian lurus (3% pada daerah dengan curah hujan yang tinggi). Pada tikungan besar, kemiringan melintang jalan yang normal (adverse) hendaknya dipertimbangkan Tabel 2.35.

### D. Pencapaian Superelevasi

Panjang pencapaian superelevasi adalah transisi kemiringan melintang jalan dari kemiringan badan jalan normal pada bagian jalan lurus hingga kemiringan melintang jalan superelevasi penuh pada busur lingkaran. Panjang total yang diperlukan untuk pencapaian superelevasi disebut panjang pencapaian superelevasi ( $L_s$ ) Panjang ini terdiri dari dua elemen utama:

1. panjang superelevation *run off* ( $S_{ro}$ ) adalah panjang jalan yang diperlukan untuk mencapai perubahan kemiringan melintang jalan dari yang datar (dalam gambar disebut level) menjadi superelevasi penuh.
2. panjang tangen *run out* ( $T_{ro}$ ) adalah panjang jalan yang diperlukan untuk mencapai perubahan kemiringan melintang jalan dari kemiringan normal menjadi datar.



Gambar 2.21 Metode Pencapaian Superelevasi pada Tikungan

1. Pada tikungan *Spiral – Circle – Spiral* (SCS) pencapaian superelevasi dilakukan secara linier, diawali dari bentuk normal sampai lengkung peralihan (TS) yang berbentuk pada bagian lurus jalan, lalu dilanjutkan sampai superelevasi penuh pada akhir bagian lengkung peralihan.
2. Pada bagian *Full Circle* (FC), pencapaian superelevasi dilakukan secara linier, diawali dari bagian lurus sepanjang  $2/3 L_s$  sampai dengan bagian lingkaran penuh sepanjang  $1/3 L_s$ .

(Sumber : Pedoman Desain Geometrik Jalan, Dirjen Bina Marga, 2021)

### **E. Kelandaian Relatif**

Untuk penampilan dan kenyamanan, panjang *run off* superelevasi hendaknya didasarkan atas perbedaan maksimum yang dapat diterima antara kelandaian memanjang sumbu rotasi dan tepi perkerasan. Sumbu rotasi biasanya adalah garis tengah jalan yang tanpa pemisah jalan, tetapi bisa tepi dalam atau tepi luar perkerasan pada jalan yang dilengkapi median. Kelandaian relatif maksimum bervariasi dengan kecepatan desain untuk memberikan panjang *run off* yang lebih panjang pada kecepatan lebih tinggi dan lebih pendek pada kecepatan lebih rendah. Interpolasi kelandaian relatif yang diterima antara 0,80% dan 0,35% masing – masing untuk kecepatan desain 20 dan 130 km/Jam memberikan kelandaian relatif maksimum untuk rentang kecepatan desain (lihat Tabel 2.31).

Tabel 2.31 Kelandaian Relatif Maksimum

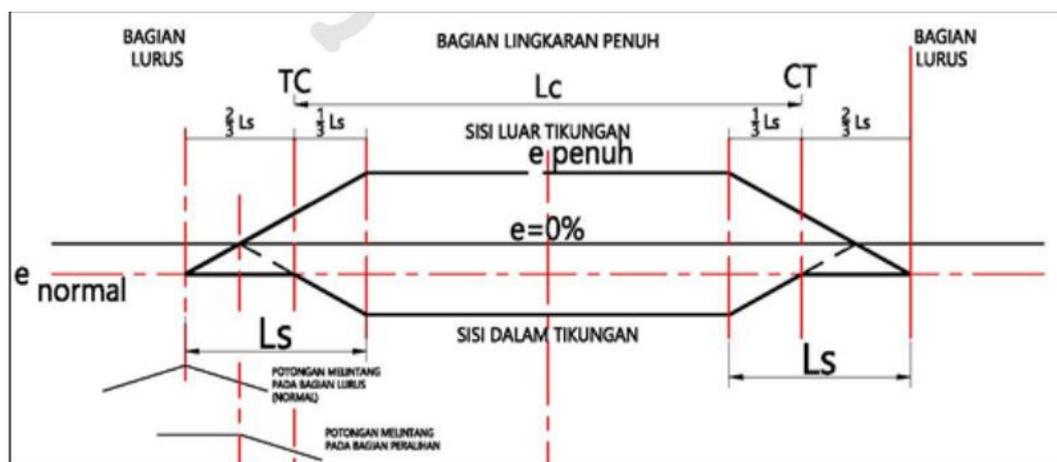
$V_r$ (Km/jam)	Kelandaian Relatif Maksimum (%)	Kemiringan Relatif Ekivalen Maksimum
20	0,80	1:125
30	0,75	1:133
40	0,70	1:143
50	0,65	1:154
60	0,60	1:167
70	0,55	1:182
80	0,50	1:200
90	0,47	1:213
100	0,44	1:227
110	0,41	1:244
120	0,38	1:263
130	0,35	1:286

(Sumber : Pedoman Desain Geometrik Jalan, Dirjen Bina Marga, 2021)

### 2.6.9 Desain Tikungan

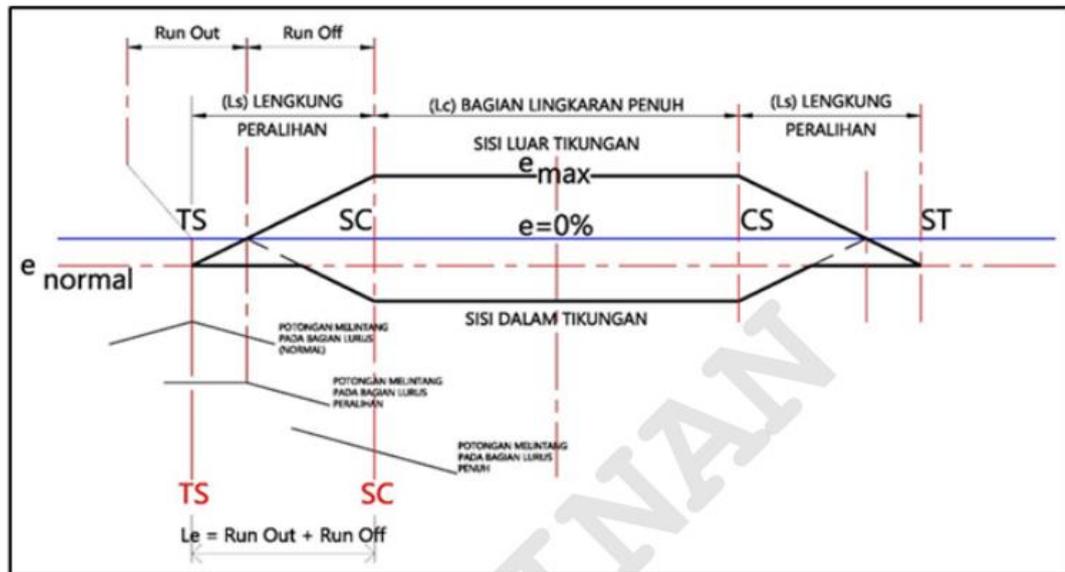
Ada dua bentuk tikungan yang sering digunakan, yaitu *Full Circle* (FC); dan *Spiral – Circle – Spiral* (SCS).

#### 1. Tikungan *Full Circle* (FC)

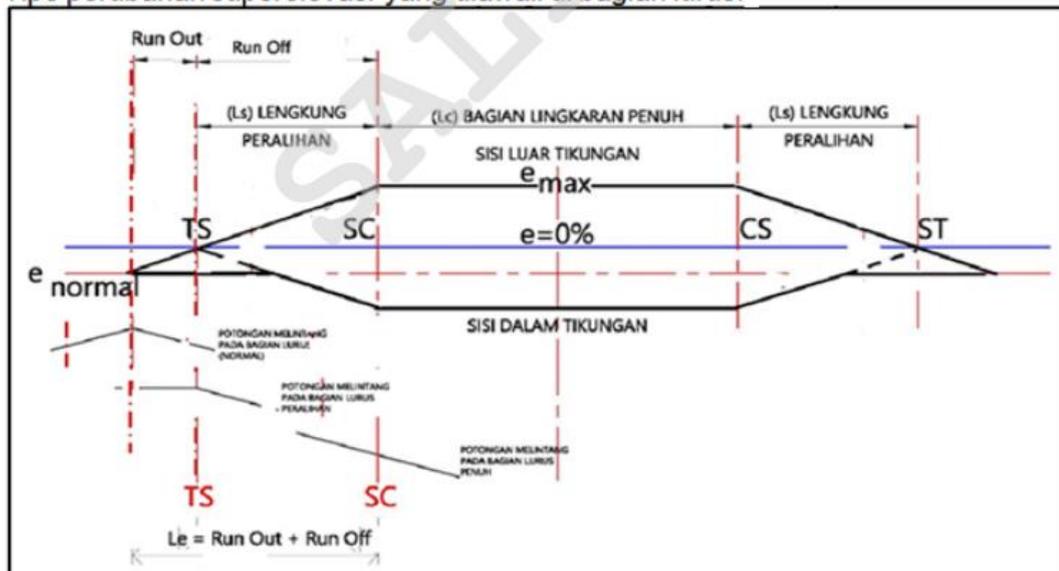


Gambar 2.22 Pencapaian Superelevasi pada Tikungan Tipe *Full Circle* (FC)

## 2. Tikungan *Spiral – Circle – Spiral*



Tipe perubahan superelevasi yang diawali di bagian lurus:



Gambar 2.23 Pencapaian Superelevasi pada Tikungan Tipe *Spiral – Circle – Spiral* (SCS)

### 2.6.10 Jarak Pandang

Jarak pandang adalah jarak yang diperlukan oleh seorang pengemudi pada saat mengemudikan kendaraan sehingga jika pengemudi melihat suatu halangan yang membahayakan pengemudi dapat melakukan sesuatu untuk menghindari bahaya tersebut dengan aman.

Panjang jalan didepan yang masih dapat dilihat dengan jelas diukur dari titik kedudukan pengemudi, disebut dengan jarak pandang. Jarak pandang berguna untuk:

- a. Menghindari terjadinya tabrakan yang dapat membahayakan kendaraan dan manusia akibat adanya benda yang berukuran cukup besar, kendaraan yang sedang berhenti, pejalan kaki, atau hewan – hewan yang berada di jalur jalan.
- b. Memberi kemungkinan untuk mendahului kendaraan lain yang bergerak dengan kecepatan lebih rendah dengan mempergunakan lajur sebelahnya.
- c. Menambah efisiensi jalan tersebut, sehingga volume pelayanan dapat dicapai semaksimal mungkin.
- d. Sebagai pedoman pengatur lalu lintas yang diperlukan pada setiap segmen jalan

Syarat jarak pandang yang diperlukan dalam suatu perencanaan jalan raya untuk mendapatkan keamanan setinggi – tingginya bagi lalu lintas adalah sebagai berikut :

#### 1. Jarak Pandang Henti ( $J_{PH}$ )

Jarak pandang henti adalah jarak pandang minimum yang diperlukan pengemudi untuk menghentikan kendaraan yang sedang berjalan setelah melihat adanya rintangan pada jalur yang dilaluinya. Jarak ini merupakan dua jarak yang ditempuh sewaktu melihat benda hingga menginjak rem dan jarak untuk berhenti setelah menginjak rem. Jarak Pandang Henti diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan 15 cm diukur dari

permukaan jalan Adapun jarak panjang henti terdiri atas 2 elemen jarak, yaitu:

- a. Jarak tanggap adalah jarak yang ditempuh kendaraan sejak pengemudi melihat suatu halangan yang menyebabkan ia harus berhenti sampai saat pengemudi menginjak rem.

$$d1 = V \times t \dots\dots\dots(2.36)$$

Dimana:

$d1$  = jarak saat melihat rintangan sampai menginjak pedal rem (m)

$V$  = kecepatan (km/jam)

$t$  = waktu reaksi = 2,5 detik

maka :

$$d1 = 0,278 V \times t \dots\dots\dots(2.37)$$

- b. Jarak Pengereman

Jarak pengereman adalah jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan sejak pengemudi menginjak rem sampai kendaraan berhenti. Jarak pengereman ini dipengaruhi oleh faktor ban, sistem pengereman itu sendiri, kondisi muka jalan, dan kondisi perkerasan jalan.

$$Gfm.d^2 = \frac{GV^2}{2g} \dots\dots\dots(2.38)$$

$$d^2 = \frac{V^2}{2g.fm} \dots\dots\dots(2.39)$$

Dimana :

$Fm$  = Koefisien gesekan antar ban & muka jalan dalam memanjang jalan

$d2$  = Jarak mengerem (m)

$V$  = kecepatan kendaraan (km/jam)  $g = 9,81 \text{ m/det}^2$

$G$  = berat kendaraan (ton)

Jarak minimum yang diperlukan dilihat pada tabel 2.32.

Tabel 2.32 Jarak Pandang Henti Minimum

VR (km/h)	100	80	60	50	40	30	20
Ss minimum (m)	165	110	75	55	40	30	20

(Sumber : Ditjen Bina Marga, 1997)

Jarak pandang henti ( $J_h$ ) dalam satuan meter, dihitung dengan rumus:

$$J_h = 0,694 V_r + 0,004 \frac{V_r^2}{f_p} \dots\dots\dots(2.40)$$

Dimana:

$V_r$  = kecepatan rencana (km/jam)

$f_p$  = koefisien gesek memanjang perkerasan jalan aspal (0,35 – 0,55)

Rumus untuk menghitung jalan dengan kelandaian tertentu adalah :

$$J_h = 0,694 V_r + 0,004 \frac{V_r^2}{f_p \pm L} \dots\dots\dots(2.41)$$

Dimana:

$V_r$  = kecepatan rencana (km/jam)

$F_p$  = koefisien gesek memanjang perkerasan jalan aspal (0,35 – 0,55)

$J_h$  = jarak pandang henti, (m)

$L$  = landai jalan dalam (%) dibagi 100

## 2. Jarak Pandang Mendahului ( $J_d$ )

Pada jalan 2 lajur 2 arah tak terbagi (2/2 TT), kendaraan dengan kecepatan tinggi sering mendahului kendaraan lain dengan kecepatan yang lebih rendah sehingga pengemudi tetap dapat mempertahankan kecepatan sesuai dengan yang diinginkannya. Gerakan mendahului dilakukan dengan mengambil lajur jalan yang diperuntukkan untuk kendaraan dari arah yang berlawanan. Jarak yang dibutuhkan pengemudi sehingga dapat melakukan gerakan mendahului dengan aman dan dapat melihat kendaraan dari arah depan dengan bebas dinamakan jarak pandangan mendahului.

Jarak pandang mendahului ( $J_d$ ) standar dihitung berdasarkan panjang jalan yang diperlukan untuk dapat melakukan gerakan mendahului suatu kendaraan dengan sempurna dan aman berdasarkan

asumsi yang diambil. Apabila dalam suatu kesempatan dapat mendahului dua kendaraan sekaligus, hal itu tidaklah merupakan dasar dari perencanaan suatu jarak pandangan mendahului total. Jarak pandangan mendahului ( $J_d$ ) standar pada jalan dua lajur dua arah dihitung berdasarkan beberapa asumsi terhadap sifat arus lalu lintas yaitu:

- a. Sebelum melakukan gerakan mendahului, kendaraan harus mengurangi kecepatannya, mengikuti kendaraan yang akan disiap dengan kecepatan yang sama dan kendaraan yang akan didahului harus mempunyai kecepatan yang tetap.
- b. Apabila kendaraan sudah berada pada lajur untuk mendahului, maka pengemudi harus mempunyai waktu untuk menentukan apakah gerakan mendahului dapat diteruskan atau tidak.
- c. Kecepatan kendaraan yang mendahului mempunyai perbedaan sekitar 15 km/jam dengan kecepatan kendaraan yang didahului pada waktu melakukan gerakan mendahului.
- d. Pada saat kendaraan yang mendahului telah berada kembali pada lajur jalannya, maka harus tersedia cukup jarak dengan kendaraan yang bergerak dari arah yang berlawanan.
- e. Tinggi mata pengemudi diukur dari permukaan perkerasan menurut Bina Marga (TPGJAK, 1997) sama dengan tinggi objek yaitu 105 cm.
- f. Kendaraan yang bergerak dari arah yang berlawanan mempunyai kecepatan yang sama dengan kendaraan yang mendahului.

Adapun estimasi jarak pandangan mendahului diformulasikan dengan persamaan sebagai berikut:

$$J_d = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \dots \dots \dots (2.42)$$

Dimana:

$d_1$  = jarak yang ditempuh selama aktu tanggap (m)

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

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

$d$  = jarak ditempuh kendaraan yang datang dari arah berlawanan (m)

Adapun rumusan estimasi  $d_1$ ,  $d_2$ ,  $d_3$  dan  $d_4$  adalah :

$$d_1 = 0,278 T_1 \left\{ V_r - m + \frac{aT_2}{2} \right\} \dots\dots\dots(2.43)$$

$$d_2 = 0,278 V_r.T_2 \dots\dots\dots(2,44)$$

$$d_3 = \text{antara } 30 - 100 \text{ m} \dots\dots\dots(2.45)$$

$$d_4 = 2/3 d_2 \dots\dots\dots(2.46)$$

Dimana:

$T_1$  = waktu dalam (detik), =  $2,12 + 0,026 V_R$

$T_2$  = waktu kendaraan berada di jalur lawan,

(detik), =  $6,56 + 0,048 V_R$

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

$m$  = perbedaan kecepatan dari kendaraan yang mendahului dan kendaraan yang didahului, (biasanya diambil 10 – 15 km/jam)

Nilai jarak pandang mendahului untuk jalan antar kota menurut kecepatan rencana yang dipilih, disajikan pada tabel 2.33. sedangkan untuk jalan perkotaan disajikan pada tabel 2.34.

Tabel 2.33 Panjang Jarak Pandang Mendahului

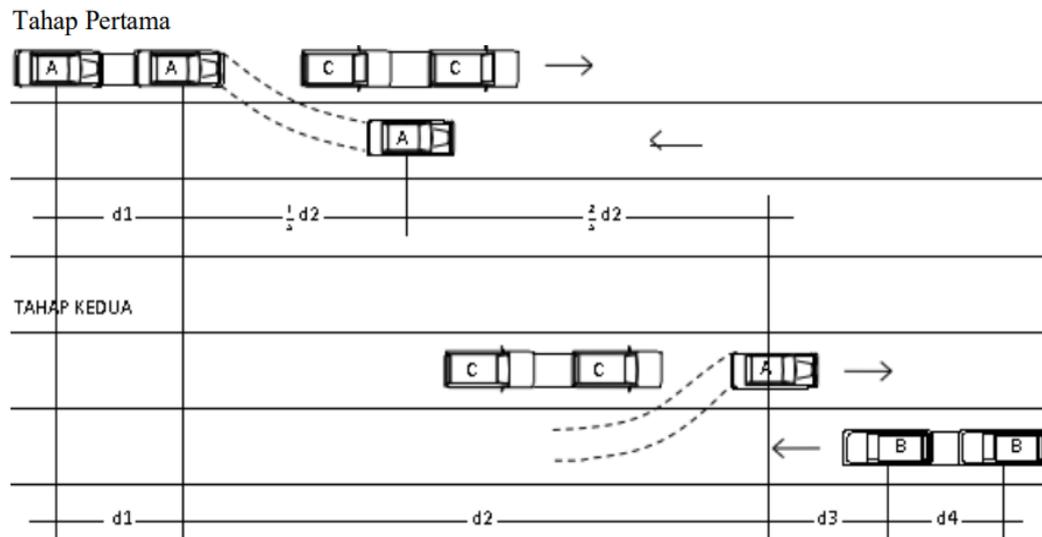
VR (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jd (m)	800	670	550	350	250	200	150	100

(Sumber : Ditjen Bina Marga, 1997)

Tabel 2.34 Jarak Pandang Mendahului Untuk Jalan Kota

Kecepatan (km/jam)	Jarak Pandang Mendahului standar (m)	Jarak Pandang Mendahului minimum (m)
80	550	350
60	350	250
50	250	200
40	200	150
30	150	100
20	100	70

(Sumber : Ditjen Bina Marga, 1997)



Gambar 2.24 Jarak Pandang Mendahului

### 2.6.11 Pelebaran Perkerasan Jalan pada Tikungan

Kendaraan yang bergerak dari jalan lurus menuju tikungan, seringkali tidak dapat mempertahankan lintasannya pada lajur yang disediakan. Hal ini disebabkan karena:

- Pada waktu berbelok pertama kali hanya roda depan, sehingga lintasan roda belakang agak keluar lajur (*off tracking*).
- Jarak lintasan kendaraan tidak lagi berimpit, karena bumper depan dan belakang kendaraan akan mempunyai lintasan yang berbeda dengan lintasan roda depan dan roda belakang kendaraan.
- Pengemudi akan mengalami kesulitan dalam mempertahankan lintasannya tetap pada lajur jalannya terutama pada tikungan – tikungan yang tajam atau pada kecepatan – kecepatan tinggi.

Untuk menghindari hal – hal tersebut maka pada tikungan yang tajam perlu perlu perkerasan jalan yang diperlebar. Pelebaran perkerasan ini merupakan faktor dari jari – jari lengkung, kecepatan kendaraan, jenis dan ukuran kendaraan rencana yang akan dipergunakan sebagai jalan perencanaan.

Pada umumnya truk tunggal sebagai dasar penentuan tambahan lebar perkerasan yang dibutuhkan. Tetapi di jalan – jalan dimana banyak dilewati kendaraan berat, jenis kendaraan semi trailer merupakan

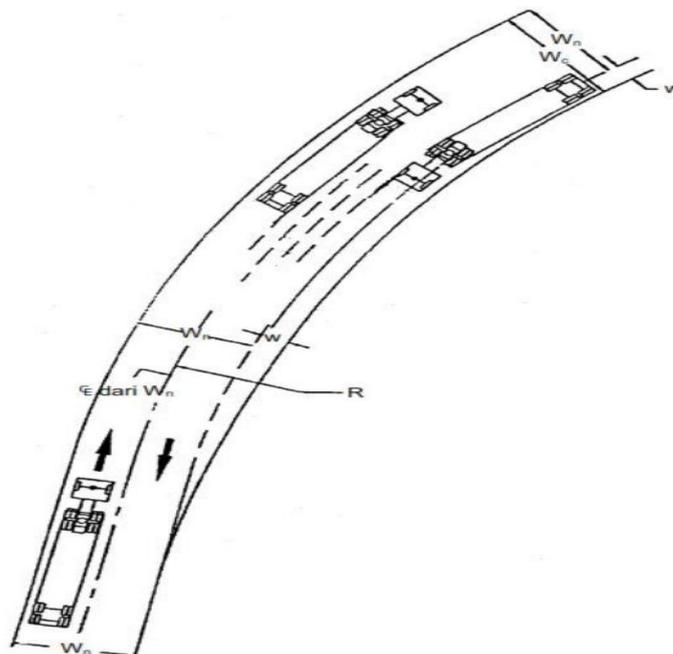
kendaraan yang cocok dipilih untuk kendaraan rencana.

Tentu saja pemilihan jenis kendaraan rencana ini sangat mempengaruhi kebutuhan akan pelebaran perkerasan dan biaya pelaksanaan jalan tersebut. Pelebaran perkerasan pada tikungan, sudut tikungan dan kecepatan rencana. Dalam peraturan perencanaan geometrik jalan raya, mengenai hal ini dirumuskan:

$$B = n (b'' + c) + (n - 1) \cdot T_d + Z \dots \dots \dots (2.47)$$

Dimana :

- B = Lebar Perkerasan pada Tikungan
- N = Jumlah Jalur Lalu lintas
- b'' = Lebar Lintasan Truk pada Tikungan
- T<sub>d</sub> = Lebar Melintang Akibat Tonjolan Depan
- C = Kebebasan Samping

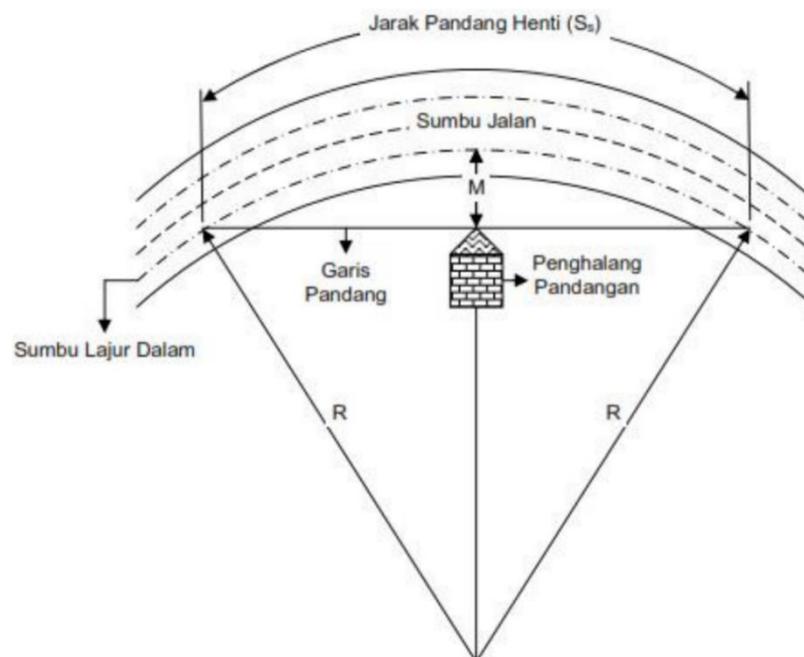


Gambar 2.25 Pelebaran pada Tikungan untuk Kendaraan Semi Trailer

Kendaraan rencana yang akan digunakan dalam perencanaan pelebaran jalan di tikungan adalah kendaraan golongan V truk semi trailer kombinasi besar dengan 5 sumbu. Pelebaran yang nilainya lebih kecil dari 0,60 m dapat diabaikan. Untuk jalan 6/2 D, nilai pelebaran dikali 1,5, sedangkan untuk jalan 8/2 D nilai pelebaran dikali 2,0.

### 2.6.12 Daerah Bebas Samping di Tikungan

Daerah bebas samping di tikungan dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan di tikungan dengan membebaskan obyek – obyek penghalang sejauh M (meter), diukur dari garis tengah lajur dalam sampai obyek penghalang pandangan sehingga persyaratan jarak pandang henti dipenuhi. Ilustrasi dari daerah bebas samping di tikungan dapat dilihat pada gambar 2.25 sebagai berikut :



Gambar 2.26 Diagram Ilustrasi Komponen untuk Menentukan Daerah Bebas Samping

Daerah bebas samping di tikungan pada kondisi tertentu dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut :

- a. Jika jarak pandang lebih kecil dari panjang tikungan ( $S_s < L_c$ ) seperti pada gambar 2.27

$$M = R \left[ 1 - \cos \frac{90 S_s}{\pi R} \right] \dots \dots \dots (2.48)$$

- b. Jika jarak pandang lebih besar dari panjang tikungan ( $S_s > L_c$ ) seperti pada gambar 2.28

$$M = R \left[ 1 - \cos \frac{90 L_c}{\pi R} \right] + 0,5 (S_s - L_c) \sin \frac{90 L_c}{\pi R} \dots \dots \dots (2.49)$$

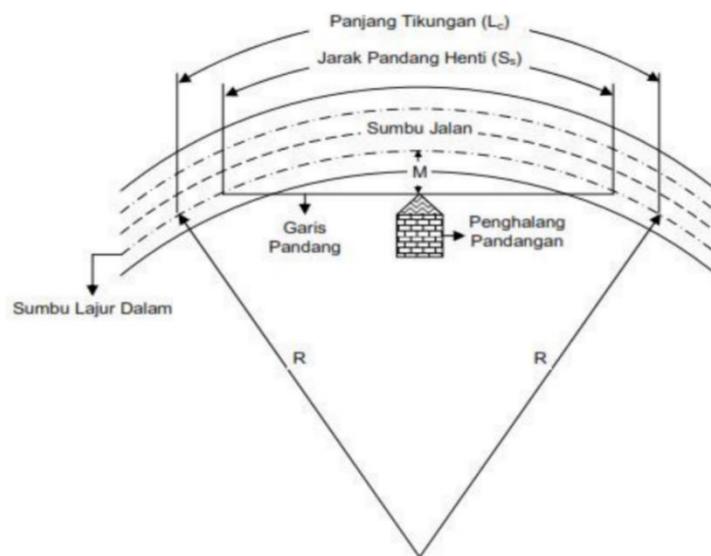
Keterangan :

M : jarak yang diukur dari sumbu lajur dalam sampai obyek penghalang pandangan (m)

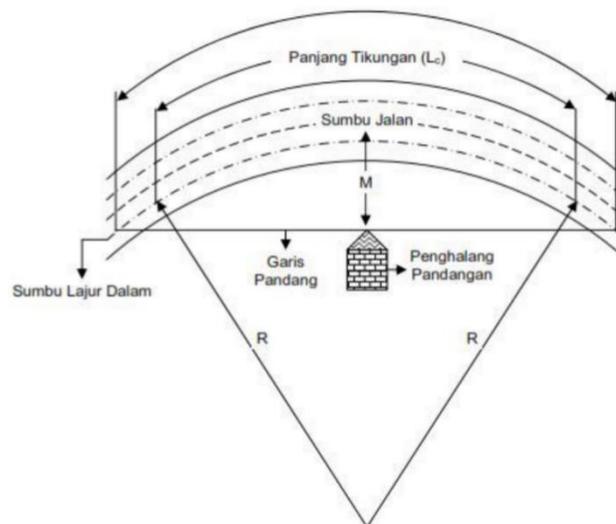
R : Jari – jari sumbu lajur dalam (m)

$S_s$  : Jarak pandang henti (m)

$L_c$  : Panjang tikungan (m)



Gambar 2.27 Diagram Ilustrasi Daerah Bebas Samping di Tikungan untuk  $S_s < L_c$



Gambar 2.28 Diagram Ilustrasi Daerah Bebas Samping di Tikungan untuk  $S_s > L_c$

## 2.7 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah perpotongan bidang vertikal dengan bidang permukaan perkerasan jalan melalui sumbu jalan yang umumnya biasa disebut profil/penampang memanjang jalan (Saodang, 2010).

Alinemen vertikal merupakan profil memanjang sepanjang garis tengah jalan, yang terbentuk dari serangkaian segmen dengan kelandaian memanjang dan lengkung vertikal. Profilnya tergantung topografi, desain alinemen horizontal, kriteria desain, geologi, pekerjaan tanah, dan aspek ekonomi lainnya. Untuk membedakan topografi, medan dibagi menjadi tiga kategori, yaitu: datar, bukit, dan gunung. Pada medan datar biasanya jarak pandang lebih mudah dipenuhi tanpa kesulitan mengkonstruksinya atau tidak berbiaya besar.

Pada medan bukit, lereng alami naik dan turun secara konsisten terhadap jalan. Kadang kala, lereng curam membatasi desain alinemen horizontal dan vertikal yang normal. Pada medan gunung, perubahan elevasi permukaan tanah baik memanjang maupun melintang sepanjang alinemen jalan muncul secara mendadak, sehingga sering menyebabkan dibutuhkan penggalian yang terjal dan pembuatan lereng bertangga (*benching*) untuk memperoleh alinemen horizontal dan vertikal yang dapat diterima.

Pergantian dari satu kelandaian ke kelandaian berikutnya dilakukan dengan menggunakan lengkung vertikal. Lengkung vertikal direncanakan sedemikian rupa sehingga dapat memenuhi keamanan, kenyamanan dan drainase. Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam kelandaian alinyemen vertikal, yaitu :

### 2.7.1 Landai maksimum dan panjang landai maksimum

#### a. Kelandaian minimum

Jalan dengan kelandaian datar dan tanpa kerb biasanya bisa memberikan drainase permukaan yang baik dimana kemiringan melintangnya mencukupi untuk membuang air secara lateral melalui bahu dan kemudian ke saluran samping. Kelandaian minimum yang pantas biasanya 0,3 persen (Tabel 2.35). Akan tetapi, drainase tepi jalan

dan median mungkin memerlukan kelandaian lebih curam daripada kelandaian jalan agar bisa mengalirkan air dengan baik.

Tabel 2.35 Kelandaian memanjang minimum

Lokasi	Kelandaian Minimum
Jalan dengan kerb dan saluran	1,0% (ideal) 0,5% (minimum)
Jalan pada daerah galian :	
Saluran tanah	0,5%
Saluran pemasangan	0,3%
Jalan tanpa kerb dan saluran, bukan daerah galian	

(Sumber : *Pedoman Desain Geometrik Jalan, Dirjen Bina Marga, 2021*)

b. Kelandaian maksimum

Pembatasan kelandaian maksimum dimaksudkan untuk memungkinkan kendaraan bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti. Semua jalan didesain dengan kecepatan operasi yang seragam di sepanjang ruas jalan tersebut. Kendaraan penumpang (katagori Kendaraan Kecil) umumnya dapat mengatasi kelandaian antara 4 – 5%, tetapi, tidak pada truk. Umumnya kecepatan Truk pada turunan akan bertambah sampai dengan 5% dan pada tanjakan akan menurun sampai dengan 7% atau bahkan lebih dibandingkan kecepatannya di daerah datar. Mengacu pada Permen PU No.19/PRT/M/2011, kelandaian maksimum yang diterapkan menurut spesifikasi penyediaan prasarana jalan dengan jenis medan yang berbeda ditampilkan dalam Tabel 2.36. Perlu diperhatikan pada menetapkan kriteria desain kelandaian maksimum, agar memperhatikan kendaraan desainnya terkait dengan kemampuannya dalam melintasi tanjakan dengan kelandaian maksimum. Pada jalan kelas I dengan kendaraan desain kendaraan besar (Truk berat semi trailer), kemampuannya melintasi tanjakan dengan kecepatan 40 km/jam paling tinggi kira – kira 5,5% sehingga kelandaian maksimum perlu dibatasi sesuai kemampuan tersebut. Jika kelandaian maksimum lebih besar dari 5,5% sangat dimungkinkan akan ditemui kendaraan besar dengan kecepatan  $\leq 40$  km/jam.

Tabel 2.36 Kelandaian Maksimum

SPPJ	Kelandaian Maksimum (%)		
	Datar	Perbukitan	Pegunungan
Jalan Bebas Hambatan	4	5	6
Jalan Raya	5	6	10
Jalan Sedang	6	7	10
Jalan Kecil	6	8	12

(Sumber : Pedoman Desain Geometrik Jalan, Dirjen Bina Marga, 2021)

### c. Panjang Kelandai Kritis

Kelandaian maksimum yang ditentukan di atas bukan untuk kontrol sepenuhnya karena harus dipertimbangkan terhadap pengoperasian kendaraan. Istilah ‘Panjang Kelandaian Kritis’ digunakan untuk mengindikasikan panjang maksimum tanjakan dimana truk bermuatan bisa beroperasi tanpa adanya pengurangan kecepatan berlebihan. Dalam menentukan panjang kelandaian kritis, direkomendasikan agar pengurangan kecepatan truk sebesar 15 s.d. 25 km/jam. Panjang kelandaian kritis ditetapkan dari tabel 2.37 sebagai berikut :

Tabel 2.37 Panjang Kelandaian Kritis

Kelandaian memanjang (%)	Panjang kelandaian kritis (m)
4	600
5	450
6	350
7	300
8	250
9	230
≥ 10	200

(Sumber : Pedoman Desain Geometrik Jalan, Dirjen Bina Marga, 2021)

Jika operating speed turun hingga 2 kali *Level of service*, maka menggunakan bordes.

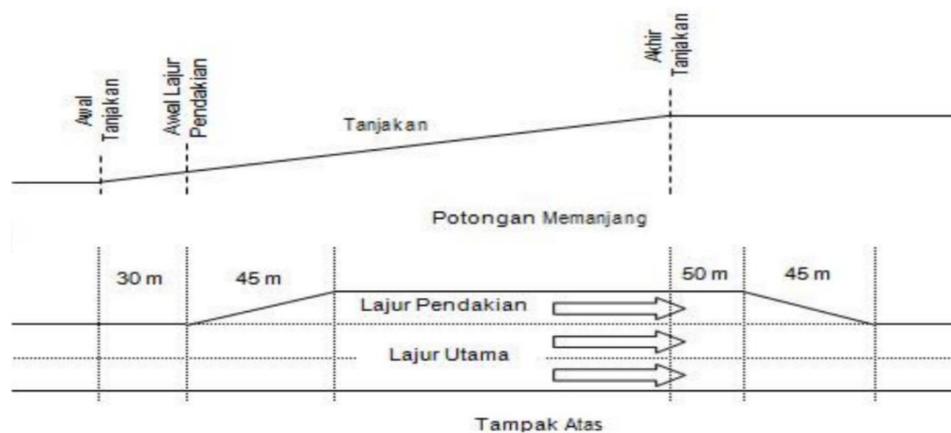
- Jika operating speed berbeda (turun) 15 km/jam dari kecepatan desain maka menggunakan *climbing line*, Atau dengan menggunakan multi grade.
- Jika kecepatan turun lebih rendah dari 15 km/jam dari kecepatan arus

maka kecepatan arus di asumsikan sama dengan kecepatan desain.

d. Lajur Pendakian

Menambahkan lajur pendakian pada jalan dua lajur dua arah dapat mengimbangi penurunan kecepatan operasi lalu lintas yang disebabkan oleh efek kelandaian, peningkatan arus lalu lintas, dan keberadaan kendaraan berat (truk), serta menyediakan cara yang relatif murah untuk menunda rekonstruksi dalam waktu lama.

1. Lajur pendakian dimaksudkan untuk menampung truk – truk yang bermuatan berat atau kendaraan lain yang lebih lambat dari kendaraan – kendaraan lain pada umumnya, agar kendaraan – kendaraan lain dapat mendahului kendaraan lambat tersebut tanpa harus berpindah lajur menggunakan lajur arah berlawanan.
2. Lajur pendakian harus disediakan pada ruas jalan yang mempunyai kelandaian yang besar, menerus, dan volume lalu lintasnya relatif padat.
3. Penambahan lajur pendakian dilakukan dengan ketentuan:
  - a) Pada jalan arteri atau kolektor, dan
  - b) Apabila panjang tanjakan melampaui panjang kritis; memiliki  $LHRTD \geq 3.750$  SMP/hari (ekivalen dengan Ratio Volume per Kapasitas,  $RVK \geq 0,3$ ), dan persentase truk  $> 15\%$ .
4. Lebar lajur pendakian sama dengan lebar lajur desain.
5. Lajur pendakian dimulai 30 m dari awal perubahan kelandaian dengan serongan sepanjang 45 m dan berakhir 50 m sesudah puncak kelandaian dengan serongan sepanjang 45 m (lihat Gambar 2.29).
6. Jarak minimum antara 2 lajur pendakian adalah 1,5 km.
7. Ketika panjang kelandaian kritis maximum tercapai, harus disediakan Bordes dengan panjang tertentu sebelum tanjakan berikutnya berlanjut.



Gambar 2.29 Lajur Pendakian Tipikal

### 2.7.2 Landai Minimum

Lereng melintang jalan hanya cukup untuk mengalirkan air hujan yang jatuh dibadan jalan, dan untuk membuat kemiringan dasar saluran samping, yang berfungsi membuang air permukaan sepanjang diperlukan suatu kelandaian minimum. Dalam menentukan landai minimum ini terdapat 2 tinjauan, yaitu :

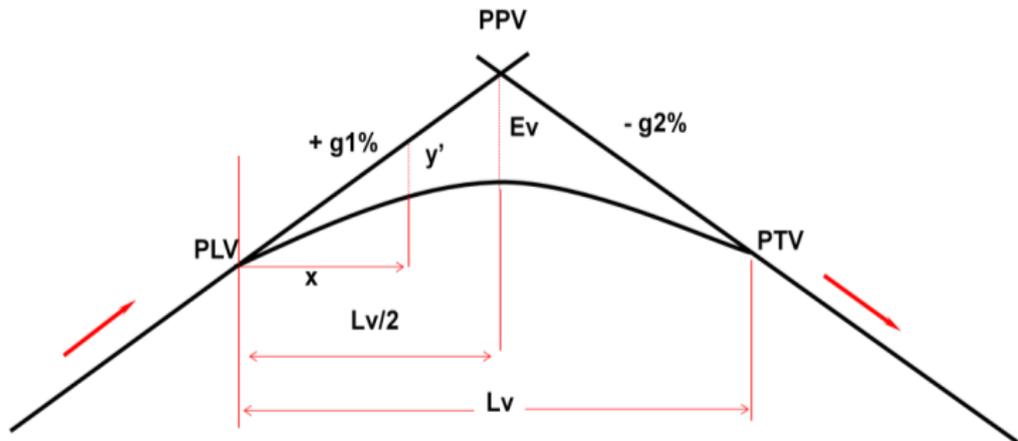
1. Kepentingan lalu lintas, yang ideal 0%.
2. Kepentingan drainase, yang ideal jalan berlandai

Dengan tinjauan tersebut, maka dalam perencanaan alinyemen vertikal sangat dianjurkan :

- Landai datar, untuk jalan diatas timbunan tanpa kerb.
- Landai 0,15%, untuk jalan diatas timbunan, medan datar dengan kerb.
- Landai min. 0,3 – 0,5%, untuk jalan pada daerah galian yang kerb.

### 2.7.3 Lengkung Vertikal

Pada setiap penggantian 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 berikutnya.



Gambar 2.30 Lengkung Vertikal

Kelandaian menaik diberi tanda (+) dan kelandaian menurun tanda (-). Ketentuan pendakian atau penurunan ditinjau dari kiri ke kanan. Dari gambar diatas, besarnya defleksi ( $y'$ ) antara garis kemiringan (tangen) dan garis lengkung dapat dihitung dengan rumus:

$$y' = \frac{(g_2 - g_1)}{200L_v} \times x^2 \dots \dots \dots (2.50)$$

Dimana :

$x$  = jarak horizontal dari titik PLV ke titik yang ditinjau (m)

$y'$  = besarnya penyimpangan (jarak vertikal) antara garis kemiringan dengan lengkung (m).

$g_1, g_2$  = besar kelandaian (kenaikan/penurunan) (%)

$L_v$  = panjang lengkung vertikal (m).

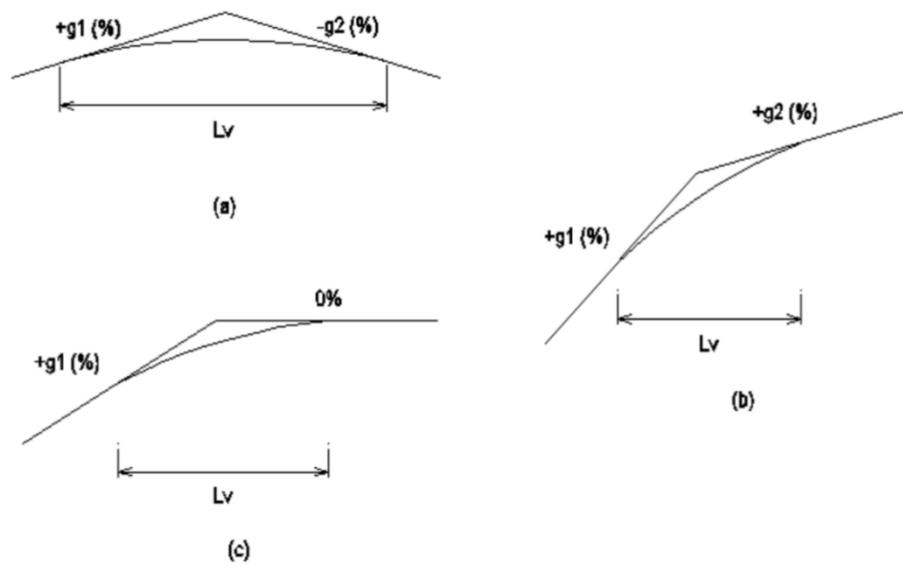
Untuk  $x = \frac{1}{2} L_v$ , maka  $y' = E_v$  dirumuskan :

$$E_v = \frac{(g_2 - g_1)L_v}{800} \dots \dots \dots (2.51)$$

Lengkung vertikal dibagi dua macam, yaitu :

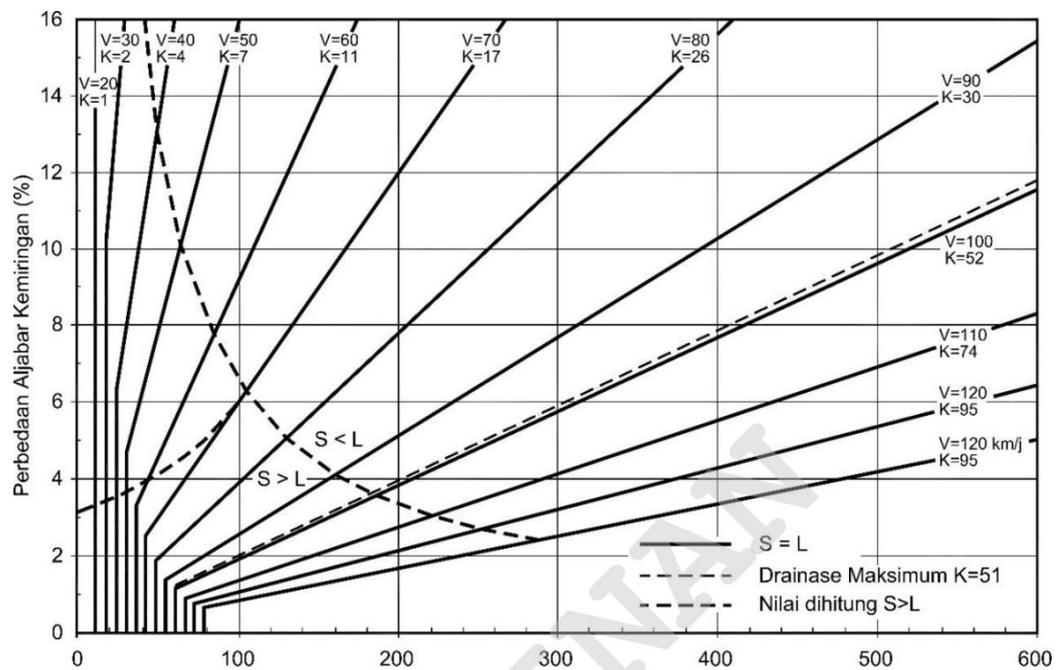
a. Lengkung vertikal cembung.

Titik perpotongan antara ke 2 tangen berada di atas permukaan jalan.



Gambar 2.31 Lengkung Vertikal Cembung

Untuk menentukan Panjang lengkung vertikal cembung ( $L_v$ ) dapat juga ditentukan berdasarkan Grafik pada Gambar 2.32 (untuk jarak pandang henti) di bawah ini :



Gambar 2.32 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung (m)

Panjang lengkung vertikal cembung berdasarkan jarak pandangan henti ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

- a. jika jarak pandang henti lebih kecil dari panjang lengkung vertikal cembung ( $S < L$ ), seperti pada gambar 2.33

$$L = \frac{AS^2}{658} \dots \dots \dots (2.52)$$

- b. jika jarak pandang henti lebih besar dari panjang lengkung vertikal cembung ( $S > L$ ), seperti pada gambar 2.34

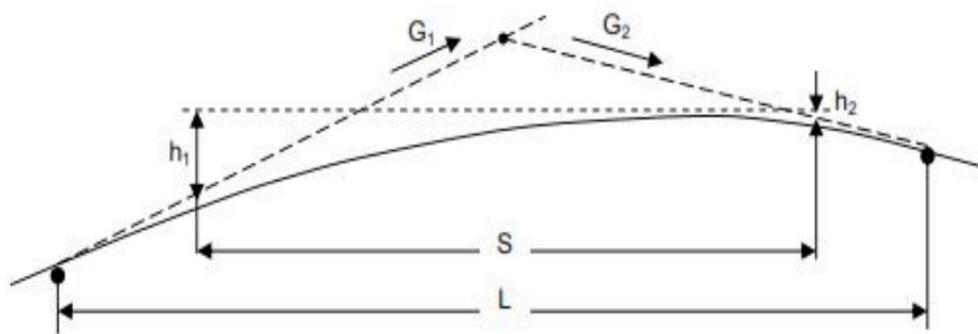
$$L = 2S - \frac{658}{A} \dots \dots \dots (2.53)$$

Keterangan :

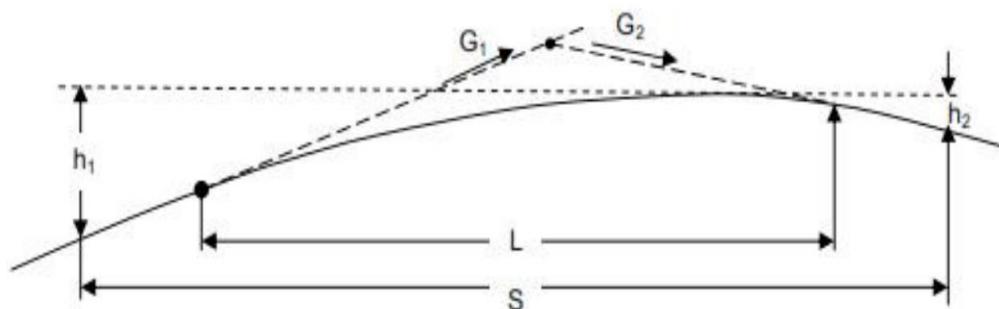
L = Panjang Lengkung Vertikal (m)

A = Perbedaan Aljabar Landai (%)

S = Jarak Pandang Henti (m)



Gambar 2.33 Jarak pandang henti lebih kecil dari Panjang lengkung vertikal cembung



Gambar 2.34 Jarak pandang henti lebih besar dari Panjang lengkung vertikal cembung

Nilai minimum untuk panjang lengkung vertikal pada kondisi jarak pandang henti lebih besar dari panjang lengkung vertikal, yaitu  $L_{\min} = 0,6 V_r$  dalam km/jam dan  $L_{\min}$  dalam meter. Panjang minimum lengkung vertikal

cebung berdasarkan jarak pandang henti, untuk setiap kecepatan rencana ( $V_R$ ) menggunakan tabel 2.38 berikut ini:

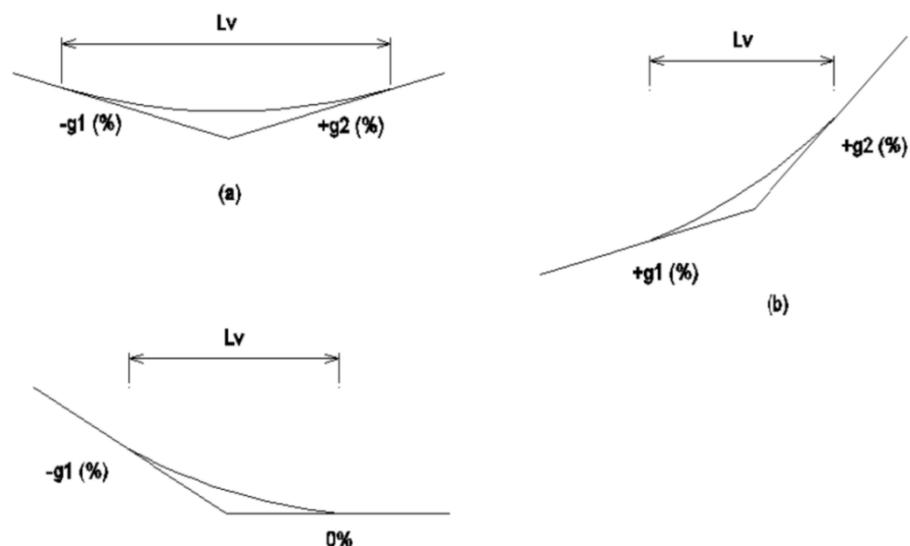
Tabel 2.38 Panjang lengkung vertikal cembung berdasarkan jarak pandang henti

Perbedaan Aljabar Landai (%)	Panjang Lengkung Vertikal Cembung (m)			
	$V_R = 120$ km/jam	$V_R = 100$ km/jam	$V_R = 80$ km/jam	$V_R = 60$ km/jam
12,0		625	309	132
11,0		573	283	121
10,0		521	257	110
9,0		469	232	99
8,0	760	417	206	88
7,0	665	365	180	76
6,0	570	313	155	61
5,0	475	261	129	39
4,0	380	209	96	36
3,0	285	151	48	36
2,0	171	60	48	36
1,0	72	60	48	36

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Dirjen Bina Marga, 2009)

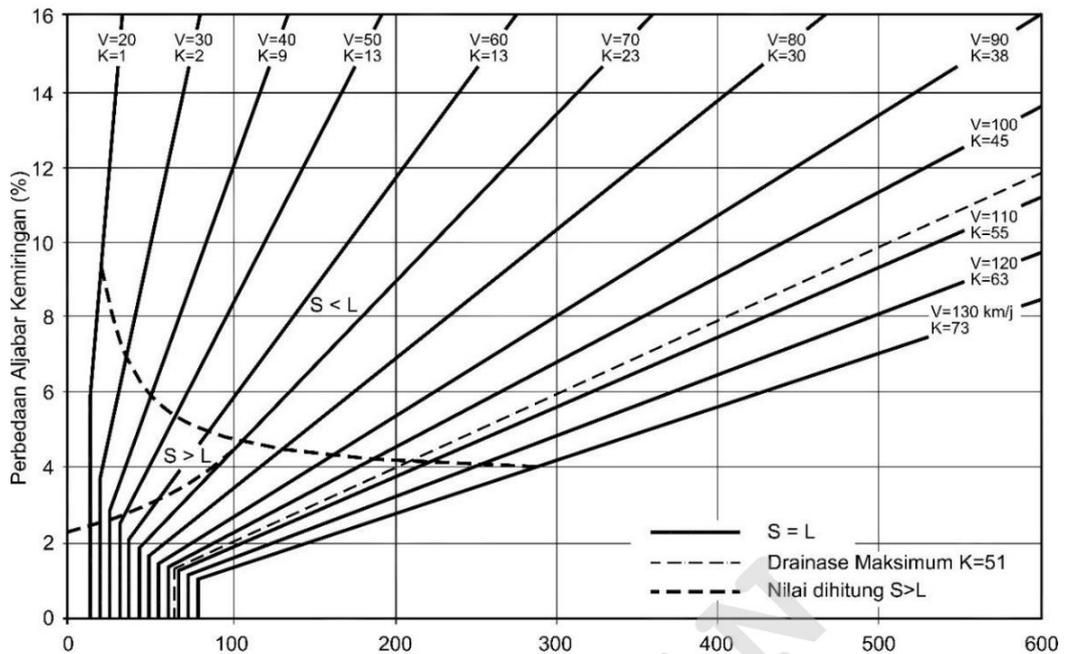
### c. Lengkung Vertikal Cekung

Titik perpotongan antara ke 2 tangen berada di bawah permukaan jalan. Gambar Alinyemen Vertikal Cekung dapat dilihat pada gambar 2.35.



Gambar 2.35 Lengkung Vertikal Cekung

Panjang lengkung vertikal cekung ditentukan berdasarkan jarak pandang pada waktu malam hari dan syarat drainase sebagaimana tercantum dalam grafik pada gambar 2.36.



Gambar 2.36 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cekung

Panjang lengkung vertikal cekung berdasarkan jarak pandangan henti ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

- a. jika jarak pandang henti lebih kecil dari panjang lengkung vertikal cembung (S < L)

$$L = \frac{AS^2}{120+3,5 S} \dots\dots\dots(2.54)$$

- b. jika jarak pandang henti lebih besar dari panjang lengkung vertikal cembung (S > L)

$$L = 2S - \frac{120+3,5 S}{A} \dots\dots\dots(2.55)$$

Keterangan :

L = Panjang Lengkung Vertikal (m)

A = Perbedaan Aljabar Landai (%)

S = Jarak Pandang Henti (m)

Nilai minimum untuk panjang lengkung vertikal pada kondisi jarak pandang lebih besar panjang lengkung vertikal, yaitu  $L_{\min} = 0,6 V_r$  dalam km/jam dan  $L_{\min}$  dalam meter.

Panjang minimum lengkung vertikal cekung berdasarkan jarak pandang henti, untuk setiap kecepatan rencana ( $V_r$ ) menggunakan tabel 2.39 berikut ini :

Tabel 2.39 Panjang Lengkung Vertikal Cekung Berdasarkan Jarak Pandang Henti

Perbedaan Aljabar Landai (%)	Panjang Lengkung Vertikal Cekung (m)			
	$V_R = 120$ km/jam	$V_R = 100$ km/jam	$V_R = 80$ km/jam	$V_R = 60$ km/jam
12,0		536	353	208
11,0		491	324	191
10,0		446	294	174
9,0		402	265	156
8,0	503	357	236	139
7,0	440	313	206	122
6,0	377	268	177	104
5,0	315	223	147	87
4,0	252	179	117	66
3,0	169	115	69	36
2,0	72	60	48	36
1,0	72	60	48	36

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Dirjen Bina Marga, 2009)

## 2.8 Perencanaan Galian dan Timbunan

Dalam suatu perencanaan jalan, diusahakan volume galian sama dengan volume timbunan. Hal tersebut dilakukan agar pada saat mengkombinasikan antara alinyemen vertikal dan alinyemen horizontal, dapat memungkinkan kita untuk menghitung banyaknya volume galian dan timbunan. Langkah – Langkah dalam perhitungan galian dan timbunan, antara lain :

- a. Penentuan *stationing* (jarak patok) sehingga diperoleh panjang horizontal jalan dari alinyemen horizontal (trase jalan).

- b. Gambarkan profil memanjang (alinyemen vertikal) yang memperlihatkan perbedaan beda tinggi muka tanah asli dengan muka tanah rencana.
- c. Gambar potongan melintang (*cross section*) pada titik stationing, sehingga didapatkan luas galian dan timbunan.
- d. Hitung volume galian dan timbunan dengan mengalikan luas penampang rata – rata dari galian atau timbunan dengan jarak patok.

### 2.8.1 Stationing

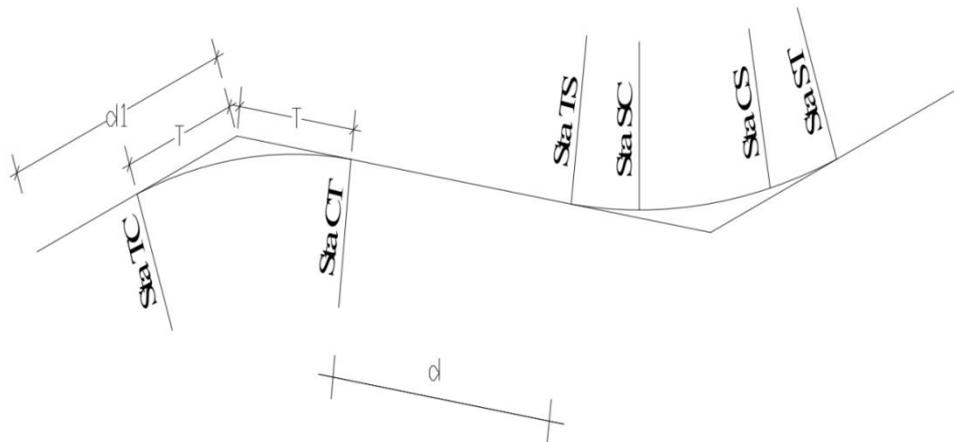
Penomoran (*stationing*) panjang jalan pada tahap perencanaan adalah memberikan nomor pada interval – interval tertentu dari awal pekerjaan. Nomor jalan (STA jalan) dibutuhkan sebagai sarana komunikasi untuk dengan cepat mengenal lokasi yang sedang dibicarakan, selanjutnya menjadi panduan untuk lokasi suatu tempat. Nomor jalan ini sangat bermanfaat pada saat pelaksanaan dan perencanaan. Di samping itu dari penomoran jalan tersebut diperoleh informasi tentang panjang jalan secara keseluruhan. Setiap STA jalan dilengkapi dengan gambar potongan melintangnya (Sukirman, 1999).

Jika tidak terjadi perubahan arah tangen pada alinyemen horizontal maupun alinyemen vertikal, maka penomoran selanjutnya dilakukan :

- a. Setiap 100 m pada medan datar.
- b. Setiap 50 m pada medan berbukit.
- c. Setiap 25 m pada medan pegunungan.

Nomor jalan (STA jalan) ini sama fungsinya dengan patok km disepanjang jalan. Perbedaannya adalah :

- a. Patok km merupakan petunjuk jarak yang diukur dari patok km 0, yang umumnya terletak di ibukota provinsi atau kotamadya, sedangkan patok STA merupakan petunjuk jarak yang diukur dari awal pekerjaan (proyek) sampai dengan akhir pekerjaan.
- b. Patok km berupa patok permanen yang dipasang dengan ukuran standar yang berlaku, sedangkan patok STA merupakan patok sementara selama masa pelaksanaan ruas jalan tersebut. Sistem penomoran jalan pada tikungan dapat dilihat pada gambar 2.37.



Gambar 2.37 Sistem Penomoran Jalan

## 2.9 Perencanaan Tebal Perkerasan

Perkerasan jalan adalah bagian dari jalur lalu lintas, yang bila kita perhatikan secara struktural pada penampang melintang jalan, merupakan penampang struktur dalam kedudukan yang paling sentral dalam suatu badan jalan. Perkerasan jalan dalam kondisi baik maka arus lalu lintas akan berjalan dengan lancar, demikian sebaliknya kalau perkerasan jalan rusak, lalu lintas akan sangat terganggu (Saodang, 2005).

Secara umum perkerasan jalan harus cukup kuat terhadap tiga tinjauan kekuatan, yaitu :

- a. Secara keseluruhan harus kuat terhadap beban lalu lintas yang melaluinya.
- b. Permukaan jalan harus tahan terhadap keausan akibat ban kendaraan, air, dan hujan.
- c. Permukaan jalan harus cukup tahan terhadap cuaca dan temperatur, dimana jalan itu berada.

Berdasarkan suatu bahan ikat, lapisan perkerasan jalan dibagi menjadi tiga kategori, yaitu :

### 1. Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Yaitu suatu perkerasan yang menggunakan bahan campuran beton bertulang, atau bahan – bahan yang bersifat kaku.

### 2. Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Yaitu suatu perkerasan yang menggunakan bahan campuran aspal dan

agregat atau bahan – bahan yang bersifat tidak kaku/lentur.

### 3. Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

Yaitu perkerasan dengan memakai dua bahan, dengan maksud menggabungkan dua bahan yang berbeda yaitu aspal dan beton.

#### 2.9.1 Jenis dan Fungsi Konstruksi Perkerasan Lentur

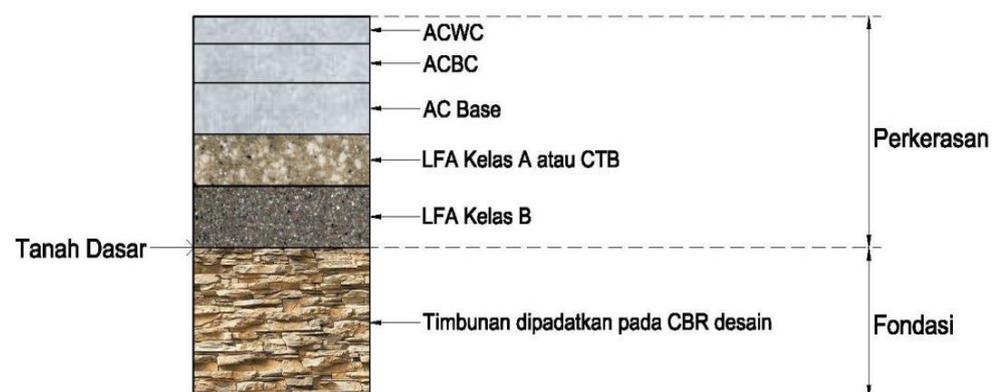
Konstruksi perkerasan terdiri dari lapisan – lapisan yang diletakkan diatas permukaan tanah yang telah dipadatkan. Ada beberapa tipikal struktur perkerasan lentur dapat dilihat sebagai berikut :

1. Mengawasi proyek dengan lebih efisien, sebab hanya jalur – jalur kritis (*critical path*) saja yang perlu konsentrasi pengawasan ketat. Perkerasan lentur pada permukaan tanah asli



Gambar 2.38 Perkerasan Lentur pada Permukaan Tanah Asli

2. Perkerasan Lentur pada Timbunan



Gambar 2.39 Perkerasan Lentur pada Timbunan

### 3. Perkerasan Lentur pada Galian



Gambar 2.40 Perkerasan Lentur pada Galian

#### 1) Lapis Permukaan (*Surface Course*)

Lapis permukaan merupakan lapis paling atas dari struktur perkerasan jalan. Lapis permukaan perkerasan lentur menggunakan bahan pengikat aspal, sehingga menghasilkan lapis yang kedap air, stabilitas tinggi dan memiliki daya tahan selama masa pelayanan.

Fungsi dari lapisan permukaan ini adalah sebagai berikut :

- a. Lapis penahan beban vertikal dari kendaraan, oleh karena itu lapisan harus memiliki stabilitas tinggi selama masa pelayanan.
- b. Lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh tidak meresap kelapisan dibawahnya dan melemahkan lapisan – lapisan tersebut.
- c. Lapis aus (*wearing course*), yaitu lapisan yang langsung mengalami gesekan akibat rem kendaraan, sehingga mudah aus.
- d. Lapisan yang menyebarkan beban kelapisan bawah

#### 2) Lapisan pondasi (*Base Course*)

Lapis pondasi adalah lapis perkerasan yang terletak diantara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan. Jika tidak digunakan lapis pondasi bawah, maka lapis pondasi diletakkan langsung diatas permukaan tanah dasar. Adapun fungsi dari lapisan pondasi yaitu sebagai berikut:

- a. Bagian struktur perkerasan yang menahan gaya vertikal dari beban kendaraan dan disebarkan ke lapis dibawahnya.

- b. Lapis peresap untuk lapis pondasi bawah.
- c. Bantalan atau perletakan lapis permukaan.

Material yang digunakan untuk lapis pondasi adalah material yang cukup kuat dan awet sesuai syarat teknik dalam spesifikasi pekerjaan. Lapis pondasi dapat dipilih lapis berbutir tanpa pengikat atau lapis dengan aspal sebagai pengikat.

### 3) Lapisan pondasi bawah (*Sub Base Course*)

Lapis pondasi bawah adalah lapis perkerasan yang terletak di antara lapis pondasi dan tanah dasar. Fungsi dari lapisan pondasi bawah adalah :

- a. Sebagai bagian dari konstruksi perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban kendaraan ke lapis tanah dasar
- b. Mencapai efisiensi penggunaan material yang relatif mudah agar lapisan – lapisan di atasnya dapat dikurangi tebalnya (penghematan biaya konstruksi).
- c. Untuk mencegah tanah dasar masuk kedalam lapisan pondasi.
- d. Sebagai lapisan pertama agar pelaksanaan dapat berjalan dengan lancar.

### 4) Lapisan tanah dasar (*Subgrade*)

Lapisan tanah (*subgrade*) merupakan dasar untuk perletakan bagian – bagian perkerasan lainnya. Kekuatan dan keawetan maupun tebal dari lapisan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat – sifat dan daya dukung tanah dasar.

Mutu persiapan lapis tanah dasar sebagai perletakan struktur perkerasan jalan sangat menentukan ketahanan struktur dalam menerima beban lalu lintas selama masa pelayanan. Masalah – masalah yang sering ditemui terkait dengan lapis tanah dasar adalah :

- a. Perubahan bentuk tetap dan rusaknya struktur perkerasan jalan secara menyeluruh.

- b. Kondisi geologi yang dapat berakibat terjadinya patahan, geseran dari lempeng bumi perlu diteliti dengan seksama terutama pada tahap penentuan trase jalan.
- c. Perbedaan daya dukung tanah akibat perbedaan jenis tanah.
- d. Sifat mengembang dan menyusut pada jenis tanah yang memiliki sifat plastisitas tinggi.
- e. Perbedaan penurunan (*differential settlement*) akibat terdapatnya lapis tanah lunak di bawah lapisan tanah dasar.
- f. Kondisi geologi di sekitar trase pada lapisan tanah dasar di atas tanah galian perlu diteliti dengan seksama, termasuk kestabilan lereng dan rembesan air yang mungkin terjadi akibat dilakukannya galian.

### **2.9.2 Keuntungan dan Kerugian Konstruksi Perkerasan Lentur**

Keuntungan menggunakan perkerasan lentur adalah :

- Dapat digunakan pada daerah dengan perbedaan penurunan (*differential settlement*) terbatas;
- Mudah diperbaiki;
- Tambahan lapisan perkerasan dapat dilakukan kapan saja;
- Memiliki tahanan geser yang baik;
- Warna perkerasan memberikan kesan tidak silau bagi pemakai jalan;
- Dapat dilaksanakan bertahap, terutama pada kondisi biaya pembangunan terbatas atau kurangnya data untuk perencanaan.

Kerugian menggunakan perkerasan lentur adalah :

- Tebal total struktur perkerasan lebih tebal daripada perkerasan kaku;
- Tidak baik digunakan jika sering digenangi air;
- Membutuhkan agregat lebih banyak;
- Kelenturan dan sifat kohesi berkurang selama masa pelayanan;
- Frekuensi pemeliharaan lebih sering daripada menggunakan perkerasan kaku.

### 2.9.3 Metode Perencanaan Tebal Perkerasan

Metode perencanaan yang diambil untuk menentukan tebal lapisan perkerasan didasarkan perkiraan sebagai berikut :

- a. Kekuatan lapisan tanah dasar yang dinamakan nilai CBR atau Modulus Reaksi Tanah Dasar (k).
- b. Kekuatan Beton yang digunakan untuk lapisan perkerasan.
- c. Prediksi volume dan komposisi lalu lintas selama usia rencana.
- d. Ketebalan dan kondisi lapisan pondasi bawah (*sub base*) yang diperlukan untuk menopang konstruksi, lalu lintas, penurunan akibat air dan perubahan *volume* lapisan tanah dasar serta sarana perlengkapan daya dukung permukaan yang seragam di bawah dasar beton.

Terdapat banyak metode yang telah dikembangkan dan dipergunakan di berbagai negara untuk merencanakan tebal perkerasan. Metode tersebut kemudian secara spesifik diakui sebagai standar perencanaan tebal perkerasan yang dilakukan oleh negara yang bersangkutan. Beberapa standar yang telah dikenal adalah :

#### 1. Metode AASHTO, Amerika Serikat

Yang secara terus menerus mengalami perubahan sesuai dengan penelitian yang telah diperoleh. Perubahan terakhir dilakukan pada edisi 1986 yang dapat dibaca pada buku “AASHTO – *Guide For Design of Pavement Structure*, 1986”.

#### 2. Metode NAASRA, Australia

Yang dapat dibaca “*Interin Guide to Pavement Thicknexe Design*”.

#### 3. Metode Road Note 29 dan Road Note 21

*Road Note 29* diperuntukan bagi perencanaan tebal perkerasan di Inggris, sedangkan *Road Note 31* diperuntukan bagi perencanaan tebal perkerasan di negara – negara beriklim subtropis dan tropis.

#### 4. Metode Asphalt Institute

Yang dapat dibaca pada *Thickness Design Asphalt Pavement for Highways and streets, MS – 1*.

## 5. Metode Bina Marga, Indonesia

Yang merupakan modifikasi dari metode AASHTO 1972 revisi 1981. Metode ini dapat dilihat pada buku petunjuk perencanaan tebal perkerasan jalan raya dengan metode analisa komponen, SKBI – 2.3.26.1987 UDC : 625.73(02) (Sukirman, 1999).

### 2.9.4 Langkah – Langkah Perencanaan Tebal Perkerasan

#### a. Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru

Tabel 2.40 Umur Rencana

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

(Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan, Bina Marga, 2017)

Catatan :

- 1) Jika dianggap sulit untuk menggunakan umur rencana diatas, maka digunakan umur rencana yang berbeda, namun sebelumnya harus dilakukan analisis dengan *discounted lifecycle cost* yang dapat menunjukkan bahwa umur rencana tersebut dapat memberikan *discounted lifecycle cost* terendah. Nilai bunga diambil dari nilai bunga rata – rata dari Bank Indonesia.

2) Umur rencana harus memperhitungkan kapasitas jalan.

b. Pemilihan Jenis Perkerasan

Pemilihan tipe perkerasan ditentukan berdasarkan perhitungan nilai ESA5, dan untuk jenis perkerasan dapat dilihat pada tabel 2.41. Dan untuk tingkat kesulitannya sebagai berikut :

- 1) – kontraktor kecil – medium
- 2) – kontraktor besar dengan sumber daya yang memadai;
- 3) – membutuhkan keahlian dan tenaga ahli khusus – kontraktor spesialis burtu/burda.

Tabel 2.41 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 (diatas tanah dengan CBR $\geq$ 2,5%)	4	–	–	2	2	2
Perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah (daerah perdesaan 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 pondasi berbutir (ESA pangkat 5)	3B	–	1,2	1,2	2	2
AC atau HRS tipis diatas lapis pondasi berbutir	3A	–	1,2	–	–	–
Burda atau burtu dengan LPA Kelas A atau batuan asli	5	3	3	–	–	–
Lapis pondasi <i>Soil Cement</i>	6	1	1	–	–	–
Perkerasaan tanpa penutup (Japat, jalan kerikil)	7	1	–	–	–	–

(Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan, Bina Marga, 2017)

c. Jenis Kendaraan

Mengelompokkan jenis kendaraan sesuai dengan golongan dan sumbunya, dapat dilihat pada tabel 2.42.

Tabel 2.42 Jenis Kendaraan

Golongan	Kelompok Jenis Kendaraan	Kode
1	Sepeda motor, kendaraan roda 3	1.1
2	Sedan, <i>jeep</i> , <i>station wagon</i>	1.1
3	Angkutan penumpang sedang	1.1
4	<i>Pick – up</i> , <i>micro</i> truk, dan mobil hantaran	1.1
5a	Bus kecil	1.1
5b	Bus besar	1.1
6a	Truk ringan 2 sumbu	1.1
6b	Truk sedang 2 sumbu	1.2
7a	Truk 3 sumbu	1.2.2
7b	Truk gandengan	1.2.2 – 2.2
7c	Truk semitrailer	1.2.2.2.2
8	Kendaraan tidak bermotor	–

(Sumber : *Manual Desain Perkerasan Jalan, Bina Marga, 2017*)

d. Analisis Volume dan Data Lalu Lintas

Parameter yang penting dalam analisis struktur perkerasan adalah data lalu lalu lintas yang diperlukan untuk menghitung beban lalu lintas rencana yang dipikul oleh perkerasan selama umur rencana. Beban dihitung dari volume lalu lintas pada tahun survey yang selanjutnya di proyeksikan ke depan sepanjang tahun perkerasan diperkirakan selesai dibangun atau direhabilitasi. Elemen utama beban lalu lintas dalam desain adalah:

- a. Beban gandar kendaraan komersial.
- b. Volume lalu lintas yang dinyatakan dalam beban sumbu standar. Dalam analisis lalu lintas, penentuan volume lalu lintas pada jam sibuk dan lalu lintas harian rata rata (LHRT) mengacu pada Manual

Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 2017). Penentuan nilai LHRT didasarkan pada data survey volume lalu lintas dengan mempertimbangkan faktor k.

e. Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas (i)

Faktor pertumbuhan lalu lintas (i) berdasarkan data – data pertumbuhan series (*historical growth data*) atau formulasi korelasi dengan faktor pertumbuhan lain yang berlaku. Jika tidak tersedia data maka tabel 2.43 dapat digunakan (2015 – 2035).

Tabel 2.43 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas (i)

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

(Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan, Bina Marga, 2017)

Pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dihitung dengan faktor pertumbuhan kumulatif (*cumulative growth factor*) :

$$R = \frac{(1+0,01)^{UR} - 1}{0,01 \cdot i} \dots\dots\dots(2.56)$$

Dengan :

R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif.

i = Laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)

UR= umur rencana (tahun)

Apabila diperkirakan akan terjadi perbedaan laju pertumbuhan tahunan sepanjang total umur rencana (UR), dengan 1% selama periode awal (UR1 tahun) dan 12% selama sisa periode berikutnya (UR – UR1). Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif dapat dihitung dari formula berikut:

$$R = \frac{(1+0,01)^{UR} - 1}{0,01 i_1} + (1+0,01 i_1)^{(UR1 - 1)} (1+0,01 i_2) \left( \frac{(1+0,01 i_2)^{(U - UR1)} - 1}{0,01 i_2} \right) \dots\dots\dots(2.57)$$

Dengan :

R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif.

$i_1$  = Laju pertumbuhan lalu lintas tahunan periode 1 (%)

$i_2$  = Laju pertumbuhan lalu lintas tahunan periode 2 (%)

UR = Total umur rencana (tahun)

UR<sub>1</sub> = Umur rencana periode 1 (tahun)

Formula di atas digunakan untuk periode rasio volume kapasitas (RVK) yang belum mencapai tingkat kejenuhan ( $RVK \leq 0.85$ ).

Apabila kapasitas lalu lintas diperkirakan tercapai pada tahun ke (Q) dari umur rencana (UR) faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif dihitung sebagai berikut:

$$R = \frac{(1+0,0 i)^Q - 1}{0,01 \cdot i} + (UR - Q) (1 + 0,01 i)^{(Q-1)} \dots\dots\dots(2.58)$$

f. Faktor Distribusi lajur

Faktor distribusi lajur digunakan untuk menyesuaikan beban kumulatif (ESA) pada jalan dengan dua lajur atau lebih dalam satu arah. Pada jalan yang demikian, walaupun sebagian besar kendaraan niaga akan menggunakan lajur luar, sebagian lainnya akan menggunakan lajur – lajur dalam.

Tabel 2.44 Faktor Distribusi Lajur (DL)

Jumlah lajur setiap arah	Kendaraan niaga pada lajur desain (% terhadap populasi kendaraan niaga)
1	100
2	80
3	60
4	50

(Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan, Bina Marga, 2017)

Untuk jalan dua arah, faktor distribusi arah (DD) umumnya diambil 0,50 kecuali pada lokasi – lokasi yang jumlah kendaraan niaga cenderung lebih tinggi pada suatu arah tertentu.

g. Faktor ekivale Beban (*Vehicle Damage Factor*)

Dalam desain perkerasan, beban lalu lintas dikonversi ke beban standar (ESA) dengan menggunakan faktor ekivalen beban (*Vehicle Damage Factor*). Analisis struktur perkerasan dilakukan berdasarkan jumlah kumulatif ESA pada lajur rencana sepanjang umur rencana. Desain akurat memerlukan perhitungan beban lalu lintas yang akurat pula. Studi/survei beban gandar yang dirancang dan dilaksanakan dengan baik merupakan dasar perhitungan ESA yang andal. Oleh karena itu, survey beban gandar harus dilakukan apabila dimungkinkan.

Tabel 2.45 Pengumpulan Data Beban Gandar

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

(Sumber : *Manual Desain Perkerasan Jalan, Bina Marga, 2017*)

Jika survei beban gandar tidak mungkin dilakukan oleh perencana dan data survei beban gandar sebelumnya tidak tersedia, maka nilai VDF pada tabel 2.46 dapat digunakan untuk menghitung ESA.

Tabel 2.46 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												
5B	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
6A	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5
6B	4,5	7,4	3,4	4,6	5,3	9,2	4,0	5,1	4,8	8,5	3,4	4,7	4,9	9,0	2,9	4,0	3,0	4,0	2,5	3,0
7A1	10,1	18,4	5,4	7,4	8,2	14,4	4,7	6,4	9,9	18,3	4,1	5,3	7,2	11,4	4,9	6,7	–	–	–	–
7A2	10,5	20,0	4,3	5,6	10,2	19,0	4,3	5,6	9,6	17,7	4,2	5,4	9,4	19,1	3,8	4,8	4,9	9,7	3,9	6,0
7B1	–	–	–	–	11,8	18,2	9,4	13,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
7B2	–	–	–	–	13,7	21,8	12,6	17,8	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
7C1	15,9	29,5	7,0	9,6	11,0	19,8	7,4	9,7	11,7	20,4	7,0	10,2	13,2	25,5	6,5	8,8	14,0	11,9	10,2	8,0
7C2A	19,8	39,0	6,1	8,1	17,7	33,0	7,6	10,2	8,2	14,7	4,0	5,2	20,2	42,0	6,6	8,5	–	–	–	–
7C2B	20,7	42,8	6,1	8,0	13,4	24,2	6,5	8,5	–	–	–	–	17,0	28,8	9,3	13,5	–	–	–	–
7C3	24,5	51,7	6,4	8,0	18,1	34,4	6,1	7,7	13,5	22,9	9,8	15,0	28,7	59,6	6,9	8,8	–	–	–	–

(Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan, Bina Marga, 2017)

#### h. Beban Sumbu Standar Kumulatif

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

Menggunakan VDF masing masing kendaraan Niaga

$$ESA_{TH-1} = \left( \sum LHR_{JK} \times VDF_{JK} \right) \times 365 \times DD \times DL \times R \dots \dots \dots (2.59)$$

Dengan :

$ESA_{TH-1}$  = Kumulatif lintasan sumbu standar ekivalen pada tahun pertama.

$LHR_{JK}$  = Lintasan harian rata – rata tiap jenis kendaraan.

$VDF_{JK}$  = Faktor ekivalen beban tiap jenis kendaraan niaga.

$DD$  = Faktor distribusi arah.

$R$  = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif.

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

#### i. Menentukan Segmen Tanah Dasar

Setelah penyesuaian harus diingat bahwa akurasi nilai DCP pada musim kemarau adalah rendah. Dengan pertimbangan tersebut, untuk mengurangi ketidakpastian nilai DCP akibat pengaruh musim kemarau, disarankan untuk mengadakan pengujian DCP pada musim hujan.

Tabel 2.47 Faktor penyesuaian modulus tanah dasar terhadap kondisi musim

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

(Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan, Bina Marga, 2017)

Nilai CBR desain = (CBR hasil pengujian DCP) × faktor penyesuaian

a. Metode Distribusi Normal Standar

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

$\text{CBR karakteristik} = \text{CBR rata - rata} - f \times \text{deviasi standar}$

- $f = 1,645$  (probabilitas 95%), untuk jalan tol tau jalan bebas hambatan.
- $f = 1,282$  (probabilitas 90%), untuk jalan kolektor atau arteri.
- $f = 0,842$  (probabilitas 80%), untuk jalan lokal dan jalan kecil.
- Koefisien variasi (CV) maksimum dari data CBR untuk suatu segmen tidak lebih besar dari 25%. Koefisien variasi sampai dengan 30% masih boleh digunakan.

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

b. Metode Persentil

Metode persentil menggunakan distribusi data nilai CBR pada segmen seragam yang dianggap terdistribusi secara normal. Nilai persentil ke “x” dari suatu kumpulan data membagi kumpulan data tersebut dalam dua bagian, yaitu bagian yang mengandung “x” persen data dan bagian yang mengandung  $(100 - x)$  persen data. Nilai CBR yang dipilih adalah nilai persentil ke 10, yang berarti 10% data segmen yang bersangkutan lebih kecil atau sama dengan nilai CBR pada persentil tersebut. Atau 90% dari data CBR pada segmen seragam tersebut lebih besar atau sama dengan nilai CBR pada persentil tersebut.

j. Menentukan Struktur Pondasi Perkerasan

Struktur pondasi perkerasan dilihat dari nilai CBR design yang didapat, apakah tanah dasar memerlukan perbaikan atau tidak. Agar lebih jelas bisa dilihat pada tabel 2.49.

k. Menentukan Struktur Perkerasan

Pemilihan struktur perkerasan dilihat dari hasil dari perhitungan ESA5 dan pada pemilihan tipe perkerasan terdapat beberapa bagan desain yang

menjadi acuannya, diantaranya bagan desain – 3 pada tabel 2.49, bagan desain – 3A pada tabel 2.50, bagan desain – 3B pada tabel 2.51, dan bagan desain – 3C pada tabel 2.52.

Tabel 2.48 Desain Pondasi Jalan Minimum

CBR Tanah Dasar (%)	Kelas kekuatan tanah dasar	Uraian struktur pondasi	Perkerasan Lentur			Perkerasan kaku
			Beban lalu lintas pada lajur rencana dengan umur rencana 4 tahun (juta ESA5)			Stabilitas semen
			< 2	2 – 4	> 4	
			Tebal minimum perbaikan tanah dasar			
$\geq 6$	SG6	Perbaikan tanah dasar dapat berupa stabilitas semen atau material timbunan pilihan	Tidak diperlukan perbaikan			300
5	SG5		–	–	100	Berlaku ketentuan yang sama dengan pondasi jalan perkerasan lentur
4	SG4		100	150	200	
3	SG3		150	200	300	
2,5	SG2,5		175	250	350	
Tanah ekspansif (potensi pemuai > 5%)			400	500	600	
Perkerasan diatas tanah lunak	SG1	Lapis penopang	1000	1100	1200	Berlaku ketentuan yang sama dengan pondasi jalan perkerasan lentur
		Lapis penopang dan geogrid	650	750	850	
Tanah gambut dengan HRS untuk perkerasan jalan raya minor (nilai minimum ketentuan lain berlaku)		Lapis penopang berbutir	1000	1250	1500	

(Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan, Bina Marga, 2017)

Tabel 2.49 Bagan Desain – 3 Desain Perkerasan Lentur Opsi Biaya Minimum

	F1	F2	F3	F4	F5
	Untuk lalu lintas dibawah 10 juta ESA5 lihat bagan desain 3A – 3B dan 3C				
Repitisi beban sumbu kumulatif 20 tahun pada lajur rencana	> 10 – 30	>30-50	>50-100	>100-200	>200-500
Jenis permukaan berpangkat	AC	AC			
Jenis lapis pondasi	<i>Cement Treated Base (CTB)</i>				

(Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan, Bina Marga, 2017)

Tabel 2.50 Bagan Desain – 3A Desain Perkerasan Lentur dengan HRS

Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana ( $10^6 \text{CESA}_6$ )	$\text{FF1} < 0,5$	$0,5 \leq \text{FF2} \leq 4,0$
Jenis permukaan	HRS atau penetrasi makadem	HRS
Struktur perkerasan	Tebal lapisan (mm)	
HRS WC	50	30
HRS BASE	–	35
LFA Kelas A	150	250
LFA Kelas A atau Kelas B atau kerikil alam atau lapis distabilisasi dengan $\text{CBR} > 10\% ^5$	150	125

(Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan, Bina Marga, 2017)

Tabel 2.51 Bagan Desain – 3B Desain Perkerasan Lentur – Aspal dengan Lapis Pondasi Berbutir

Struktur Perkerasan									
	FFF1	FFF2	FFF3	FFF4	FFF5	FFF6	FFF7	FFF8	FFF9
Solusi yang dipilih	Perkerasan dengan CTB (bagan desain 3) dan pilihan perkerasan kaku dapat lebih efektif biaya tapi tidak praktis jika sumber daya yang dibutuhkan tidak tersedia								
Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (ESA5)	< 2	≥ 2-4	> 4-7	> 7-10	> 10-12	> 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

(Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan, Bina Marga, 2017)

Tabel 2.52 Bagan Desain – 3C Penyesuaian Tebal Lapis Pondasi Agregat A untuk Tanah Dasar CBR ≥ 7% (Hanya untuk bagan desain 3B)

Struktur Perkerasan									
	FFF1	FFF2	FFF3	FFF4	FFF5	FFF6	FFF7	FFF8	FFF9
Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (ESA5)	< 2	≥ 2-4	> 4-7	> 7-10	> 10-12	> 20-30	> 30-50	> 50-100	> 100-200
TEBAL LPA A (mm) PENYESUAIAN TERHADAP BAGAN DESAIN 3B									
Subgrade CBR ≥ 5,5 – 7	400	300	300	300	300	300	300	300	300
Subgrade CBR > 7 – 10	330	220	215	210	205	200	200	200	200
Subgrade CBR ≥ 10	260	150	150	150	150	150	150	150	150
Subgrade CBR ≥ 15	200	150	150	150	150	150	150	150	150

(Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan, Bina Marga, 2017)

1. Menentukan standar drainase bawah permukaan

a. Tinggi minimum timbunan untuk drainase

Tinggi minimum permukaan tanah dasar diatas muka air tanah dan level muka air banjir adalah seperti ditunjukkan pada tabel 2.53.

Tabel 2.53 Tinggi Minimum Tanah Dasar diatas  
Muka Air Tanah dan Muka Air Banjir

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

(Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan, Bina Marga, 2017)

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

### b. Koreksi Tebal Lapis Agregat

Menentukan tebal desain lapis agregat menggunakan rumus dibawah ini:

$$= \frac{\text{Tebal berdasarkan perhitungan atau bagan desain}}{m} \dots \dots \dots (2.60)$$

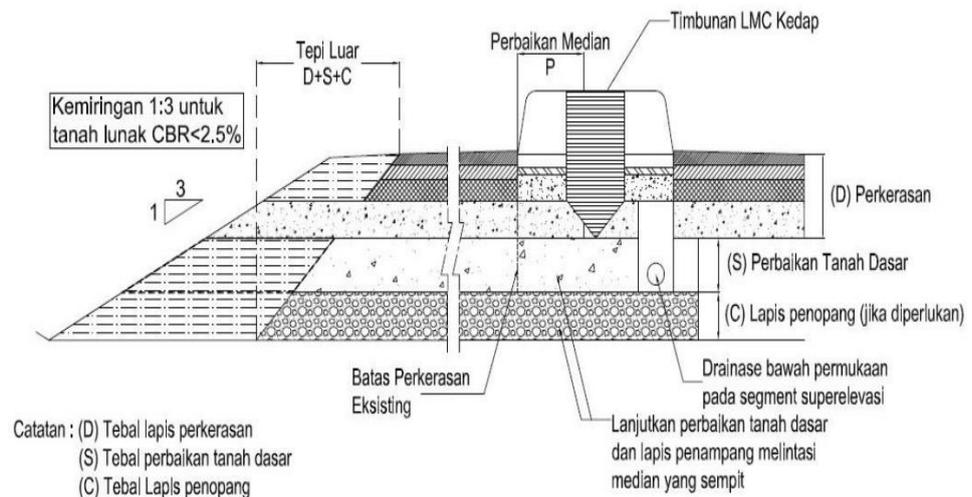
Dimana :

m = koefisien drainase

#### 1. Daya Dukung Tepi Perkerasan

Struktur perkerasan memerlukan daya dukung tepi yang cukup, terutama bila terletak pada tanah lunak atau gambut. Ketentuan daya dukung tepi dinyatakan secara detail dalam gambar – gambar kontrak. Ketentuan minimum adalah :

- a) Setiap lapisan perkerasan harus dipasang sampai lebar yang sama atau lebih dari nilai minimum yang dinyatakan pada gambar 2.41 dukungan tepi perkerasan.
- b) Timbunan tanpa penahan pada tanah lunak (CBR < 2,5%) atau tanah gambut harus dipasang pada kemiringan tidak lebih curam dari 1V : 3H



Gambar 2.41 Dukungan Tepi Perkerasan

## 2. Kebutuhan Pelapisan (*Sealing*) Bahu Jalan

### a) Tebal Lapis Berbutir

Elevasi tanah dasar untuk bahu harus sama dengan elevasi tanah dasar perkerasan atau setidaknya pelaksanaan tanah dasar badan jalan harus dapat mengalirkan air dengan baik. Untuk memudahkan pelaksanaan, pada umumnya tebal lapis berbutir bahu dibuat sama dengan tebal lapis berbutir perkerasan.

### b) Bahu tanpa Pengikat – Lapis Berbutir kelas S

Lapis permukaan harus berupa lapis pondasi agregat kelas S, atau kerikil alam yang memenuhi ketentuan dengan Indeks Plastisitas (IP) antara – 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.

#### – Bahu diperkeras

Bahu diperkeras untuk kebutuhan berikut :

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

#### – Material Bahu diperkeras dapat berupa :

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

– Lalu lintas untuk Desain Bahu

Beban lalu lintas desain pada bahu 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.

## **2.10 Manajemen Proyek**

Manajemen proyek adalah semua perencanaan, pelaksanaan, pengendalian dan koordinasi suatu proyek dari awal (gagasan) hingga berakhirnya proyek untuk menjamin pelaksanaan proyek secara tepat waktu, tepat biaya, dan tepat mutu (Erviyanto, 2005).

Ada banyak faktor yang mempengaruhi lancarnya pelaksanaan suatu proyek konstruksi. Salah satunya adalah ketersediaan dana untuk membiayai pelaksanaan proyek konstruksi. Sebagai dasar untuk membuat sistem pembiayaan dalam sebuah proyek, kegiatan estimasi juga digunakan untuk merencanakan jadwal pelaksanaan konstruksi. Kegiatan estimasi dalam proyek konstruksi dilakukan dengan tujuan tertentu tergantung dari pihak yang membuatnya.

### **2.10.1 Rencana Kerja dan Syarat – syarat**

Rencana kerja dan syarat – syarat adalah segala ketentuan dan formasi yang diperlukan terutama hal – hal yang tidak dapat dijelaskan dengan gambar – gambar yang harus dipenuhi oleh para kontraktor pada saat mengikuti pelelangan maupun pada saat melaksanakan pekerjaan yang akan dilakukan olehnya. Rencana kerja dan syarat – syarat terdiri :

1. Syarat umum
2. Syarat administrasi
3. Syarat Teknis
4. Syarat Teknik Khusus

### **2.10.2 Daftar Harga Satuan Alat dan Bahan**

Daftar satuan bahan dan upah adalah harga yang dikeluarkan oleh Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga tempat proyek berada karena tidak setiap daerah memiliki standart yang sama. Penggunaan daftar upah ini juga merupakan pedoman untuk menghitung perancangan anggaran biaya pekerjaan dan upah yang dipakai kontraktor. Adapun harga satuan dan upah adalah harga yang termasuk pajak – pajak.

### **2.10.3 Analisa Satuan Harga Pekerjaan**

Harga satuan pekerjaan ialah jumlah harga bahan dan upah tenaga kerja berdasarkan perhitungan analisis. Harga bahan didapat dipasaran, dikumpulkan dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan bahan. Upah tenaga kerja didapat dilokasi, dikumpulkan dan dicatat dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan upah.

Analisa bahan suatu pekerjaan ialah menghitung banyaknya volume masing – masing bahan serta besarnya biaya yang dibutuhkan untuk pekerjaan tersebut.

### **2.10.4 Perhitungan Volume Pekerjaan**

Volume pekerjaan adalah jumlah keseluruhan dari banyaknya (kapasitas) suatu pekerjaan yang ada. Volume pekerjaan berguna untuk menunjukkan banyaknya suatu kuantitas dari suatu pekerjaan agar didapat harga satuan dari pekerjaan – pekerjaan yang ada didalam suatu proyek tersebut.

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

1. Penentuan stationing (jarak patok) sehingga diperoleh panjang 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. Gambarkan 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.

#### **2.10.5 Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB)**

Rencana anggaran biaya adalah merencanakan banyaknya biaya yang akan digunakan serta susunan pelaksanaannya dalam perencanaan anggaran biaya perlu dilampirkan analisa harga satuan bahan dari setiap pekerjaan agar jelas jenis – jenis pekerjaan dan bahan yang digunakan.

#### **2.10.6 Rekapitulasi Biaya**

Rekapitulasi biaya adalah biaya total yang diperlukan setelah menghitung dan mengalikannya dengan harga satuan yang ada. Dalam rekapitulasi terlampir pokok – pokok pekerjaan beserta biayanya dan waktu pelaksanaannya. Disamping itu juga dapat menunjukkan lamanyapemakaian alat dan bahan – bahan yang diperlukan serta pengaturan hal – hal tersebut tidak saling mengganggu pelaksanaan pekerjaan (Ervianto, 2005).

#### **2.10.7 Rencana Kerja (*Time Schedule*)**

Rencana Kerja (*Time Schedule*) Adalah pengaturan waktu rencana kerjasecara terperinci terhadap suatu item pekerjaan yang berpengaruh terhadap selesainya secara keseluruhan suatu proyek konstruksi. Adapun jenis – jenis *time schedule* atau rencana kerja :

##### 1. Bagan Balok (*Barchart*)

*Barchart* adalah sekumpulan daftar kegiatan yang disusun dalam kolom arah vertikal dan kolom arah horizontal yang menunjukkan skala waktu.

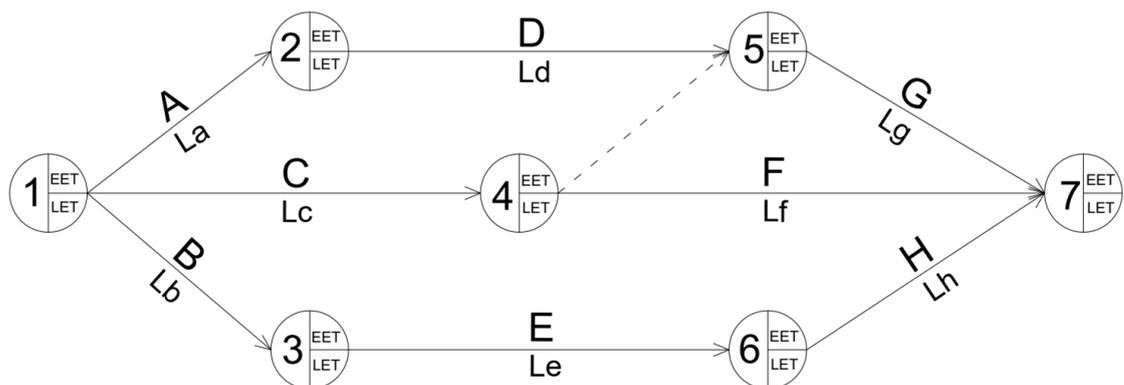
##### 2. Kurva S

Kurva S adalah kurva yang menggambarkan kumulatif *progress* pada setiap waktu dalam pekerjaan. Bertambah atau tidaknya persentase pembangunan konstruksi dapat dilihat pada kurva s dan dapat dibandingkan dengan keadaan dilapangan.

### 3. Jaringan Kerja/Network Planning (NWP)

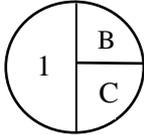
NWP adalah salah satu cara baru dalam perencanaan dan pengawasan suatu proyek. Di dalam NWP dapat diketahui adanya hubungan ketergantungan antara bagian – bagian pekerjaan satu dengan yang lain. Hubungan ini digambarkan dalam suatu diagram network, sehingga kita akan dapat mengetahui bagian – bagian pekerjaan mana yang harus didahulukan dan pekerjaan mana yang dapat menunggu. Adapun kegunaan dari NWP ini adalah :

- Merencanakan, *scheduling* dan mengawasi proyek secara logis.
- Memikirkan secara menyeluruh, tetapi juga secara mendetail dari proyek.
- Mendokumentasikan dan mengkomunikasikan secara *scheduling* (waktu) dan alternatif – alternatif lain penyelesaiannya proyek dengan tambahan waktu.
- Mengawasi proyek dengan lebih efisien, sebab hanya jalur- jalur kritis (critical path) saja yang perlu konsentrasi pengawasan ketat.



Gambar 2.42 Sketsa *Network Planning*

(Wulfram I. Ervianto, Manajemen Proyek Konstruksi, 2002)

- a.  (*Arrow*), bentuk ini merupakan anak panah yang artinya aktifitas atau kegiatan. Simbol ini merupakan pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan jangka waktu tertentu dan *resources* tertentu. Anak panah selalu menghubungkan dua buah nodes, arah dari anak – anak panah menunjukkan urutan – urutan waktu.
- b.  (*Node/event*), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian. Simbol ini adalah permulaan atau akhir dari suatu kegiatan.
- c.  (*Double arrow*), anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasan *kritis (critikacal path)*
- d.  (*Dummy*), bentuknya merupakan anak panah terputus-putus yang artinya kegiatan semu atau aktifitas semu. Yang dimaksud dengan aktifitas semu adalah aktifitas yang tidak menekan waktu.
- e.  1 = Nomor Kejadian  
 B = EET (Earliest Event Time) = Waktu yang paling cepat yaitu menjumlahkan durasi dari kejadian yang dimulai dari kejadian awal dilanjutkan kegiatan berikutnya dengan mengambil angka yang terbesar.  
 C = LET (Latest Event Time) = Waktu yang paling lambat, yaitu mengurangi durasi dari kejadian yang dimulai dari kegiatan paling akhir dilanjutkan kegiatan sebelumnya dengan mengambil angka terkecil.
- f. A,B,C,D,E,F,G,H Merupakan kegiatan, sedangkan La, Lb, Lc, Ld, Le, Lf, Lg dan Lh merupakan durasi dari kegiatan tersebut (Ervianto, 2005).