

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Jalan

Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori dan jalan kabel.

2.2 Klasifikasi Jalan

Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan dalam menerima beban lalu lintas yang dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan ton, dan kemampuan jalan tersebut dalam melayani lalu lintas kendaraan dalam dimensi tertentu. Klasifikasi kelas jalan, fungsi jalan dan dimensi kendaraan maksimum kendaraan yang diijinkan melalui jalan tersebut, menurut peraturan pemerintah RI No.43/1993, pasal 11, ditunjukkan dalam Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Klasifikasi jalan menurut kelas, fungsi, dimensi kendaraan dan muatan sumbu terberat (RSNI T-14-2004)

| Kelas jalan | Fungsi jalan | Dimensi kendaraan maksimum | | Muatan Sumbu Terberat, MST (ton) |
|-------------|--------------|----------------------------|-----------|----------------------------------|
| | | Panjang (m) | Lebar (m) | |
| I | Arteri | 18 | 2,5 | >10 |
| II | | 18 | 2,5 | 10 |
| IIIA | | 18 | 2,5 | 8 |
| IIIA | Kolektor | 18 | 2,5 | 8 |
| IIIB | | 12 | 2,5 | 8 |
| IIIC | | 9 | 2,1 | 8 |

(Sumber : RSNI T-14-2004)

2.1.2 Klasifikasi Jalan Menurut Fungsi Jalan

Klasifikasi Jalan menurut fungsinya terdiri atas :

1. Jalan Perkotaan

Jalan perkotaan adalah jalan di daerah perkotaan yang mempunyai perkembangan secara permanen dan menerus sepanjang seluruh atau hampir seluruh jalan, minimum pada satu sisi jalan, apakah berupa perkembangan lahan atau bukan. Jalan pada atau dekat pusat perkotaan dengan penduduk lebih dari 10.000 jiwa selalu digolongkan dalam kelompok ini. Jalan di daerah perkotaan dengan penduduk kurang dari 10.000 jiwa juga digolongkan dalam kelompok ini, jika mempunyai perkembangan samping jalan yang permanen dan menerus. (MKJI, tahun 1997).

2. Jalan Arteri

Jalan arteri adalah jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.

a. Jalan arteri primer

Jalan arteri primer adalah jalan yang menghubungkan secara efisien antara pusat kegiatan nasional atau antar pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan wilayah.

b. Jalan arteri sekunder

Jalan arteri sekunder adalah jalan yang menghubungkan kawasan primer dengan kawasan sekunder ke satu, atau menghubungkan kawasan sekunder ke satu dengan kawasan sekunder ke satu, atau menghubungkan kawasan sekunder ke satu dengan kawasan sekunder ke dua.

3. Jalan Kolektor

Jalan kolektor adalah jalan yang melayani angkutan pengumpulan/ pembagian dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata yang sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.

a. Jalan kolektor primer

Jalan kolektor primer adalah jalan yang menghubungkan secara efisien antar pusat kegiatan wilayah atau menghubungkan antar pusat kegiatan wilayah dengan pusat kegiatan lokal.

b. Jalan kolektor sekunder

Jalan kolektor sekunder adalah jalan yang menghubungkan kawasan sekunder pertama dengan kawasan sekunder kedua atau menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder ketiga.

4. Jalan Lokal

Jalan lokal adalah jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah dan jumlah jalan masuk tidak di batasi.

a. Jalan lokal sekunder

Jalan lokal sekunder adalah jalan yang menghubungkan kawasan sekunder satu dengan perumahan, menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan perumahan, kawasan sekunder ketiga dan seterusnya sampai ke perumahan.

2.1.3 Klasifikasi Jalan Menurut Kelas Jalan

Klasifikasi jalan menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas, dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan ton.

Tabel 2. 2 Klasifikasi jalan raya menurut kelas jalan

| Fungsi | Kelas | Muatan Sumbu Terberat/MST (ton) |
|----------|-------|---------------------------------|
| Arteri | I | > 10 |
| | II | 10 |
| | IIIA | 8 |
| Kolektor | IIIA | 8 |
| | IIIB | |

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

2.1.4 Klasifikasi Jalan Menurut Wewenang

Klasifikasi jalan menurut wewenang terdiri atas :

1. Jalan Nasional

Yang termasuk jalan nasional adalah jalan arteri primer, jalan kolektor primer, yang menghubungkan antar ibukota provinsi, dan jalan lainnya yang mempunyai nilai strategis terhadap kepentingan nasional. Penetapan status suatu jalan sebagai jalan nasional dilakukan dengan keputusan menteri.

2. Jalan Provinsi

Yang termasuk kelompok jalan provinsi adalah :

- a. Jalan kolektor primer yang menghubungkan ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten/ kotamadya.
- b. Jalan kolektor primer yang menghubungkan antar ibukota kabupaten/kotamadya.
- c. Jalan lain yang mempunyai kepentingan strategis terhadap kepentingan provinsi.
- d. Jalan dalam daerah khusus ibukota jakarta yang tidak termasuk jalan nasional.

Penetapan status suatu jalan sebagai jalan provinsi dilakukan dengan keputusan menteri dalam negeri atas usul pemerintah daerah tingkat 1 yang bersangkutan, dengan memperhatikan pendapat menteri.

3. Jalan Kabupaten

Yang termasuk kelompok jalan kabupaten adalah :

- a. Jalan kolektor primer yang tidak termasuk jalan nasional dan jalan provinsi.
- b. Jalan lokal primer.
- c. Jalan sekunder dan jalan lain yang tidak termasuk dalam kelompok jalan nasional, jalan provinsi dan jalan kotamadya.

Penetapan status jalan sebagai jalan kabupaten dilakukan dengan keputusan gubernur kepala daerah tingkat 1 atas usul pemerintah daerah tingkat II yang bersangkutan.

4. Jalan Kotamadya

Yang termasuk kelompok jalan kotamadya adalah jaringan jalan sekunder di dalam kotamadya. Penetapan suatu ruas jalan arteri sekunder dan atau ruas jalan kolektor sekunder sebagai jalan kotamadya dilakukan dengan keputusan gubernur kepala desa daerah tingkat 1 atas usul pemerintah daerah kotamadya yang bersangkutan. Penetapan status suatu ruas jalan lokal sekunder sebagai jalan kota madadya dilakukan dengan keputusan wali kota kotamadya daerah tingkat II yang bersangkutan.

5. Jalan khusus

Yang termasuk kelompok jalan khusus adalah jalan yang dibangun dan dipelihara oleh instansi/ badan hukum/ perseorangan untuk melayani kepentingan masing-masing.

Penetapan status suatu ruas jalan khusus dilakukan oleh instansi/ badan hukum/ perseorangan yang memiliki ruas jalan khusus tersebut dengan memperhatikan pedoman yang ditetapkan oleh menteri pekerjaan umum.

6. Perubahan Status Jalan

Suatu ruas jalan dapat ditingkatkan statusnya menjafi lebih tinggi apabila dipenuhi persyaratan sebagai berikut :

- a. Ruas jalan tersebut berperan penting dalam pelayanan terhadap wilayah/ kawasan yang lebih luas dari wilayah/ kawasan semula.
- b. Ruas jalan tersebut semakin dibutuhkan masyarakat dalam rangka pengembangan sistem transportasi.

Suatu ruas jalan dapat diturunkan statusnya menjadi lebih rendah apabila terjadi

hal-hal yang berlawanan dengan yang tersebut diatas. Peralihan status suatu jalan dapat diusulkan oleh pembina jalan dituju. Pembina jalan yang menerima usulan atau saran memberi pendapatnya kepada pejabat yang menetapkan status semula. Penetapan status ruas jalan dilaksanakan oleh pejabat yang berwenang menetapkan status baru dari ruas jalan yang bersangkutan, setelah mendengar pendapat pejabat yang menetapkan status semula.

2.1.5 Klasifikasi Jalan Menurut Medan Jalan

Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur. Keseragaman kondisi medan yang diproyeksikan harus mempertimbangkan keseragaman kondisi medan menurut rencana trase jalan dengan mengabaikan perubahan-perubahan pada bagian kecil dari segmen rencana jalan tersebut.

Tabel 2. 3 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

| No | Jenis Medan | Notasi | Kemiringan Medan (%) |
|----|-------------|--------|----------------------|
| 1 | Datar | D | < 3 |
| 2 | Berbukit | B | 3-25 |
| 3 | Pegunungan | G | > 25 |

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

2.3 Perencanaan Geometrik

Perencanaan geometrik 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 perancangan geometrik yang berlaku. Acuan perencanaan yang dimaksud adalah sesuai dengan standar perencanaan geometrik yang dianut di Indonesia. Standar perencanaan tersebut dibuat oleh Direktorat Jendral Bina Marga (sekarang dilebur dalam Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah Kimpraswil) yang disesuaikan dengan

klasifikasi jalan berdasarkan peruntukan jalan raya, yaitu :

1. Peraturan Perancangan Geometrik Jalan Raya No. 013/ 1990.
2. Standar Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan, 1992.
3. Peraturan Perencanaan Geometrik untuk Jalan antar Kota No. 038/ T/ BM/ 1997.

Dalam penentuan rute suatu ruas jalan, sebelum sampai pada suatu keputusan akhir perancangan, banyak faktor internal yang perlu ditinjau seperti :

1. Tata ruang dimana jalan akan dibangun.
2. Data perancangan sebelumnya pada lokasi atau disekitar lokasi tingkat kecelakaan yang pernah terjadi akibat permasalahan geometrik.
3. Tingkat perkembangan lalu lintas.
4. Alternatif rute selanjutnya dalam rangka pengembangan jaringan jalan.
5. Faktor lingkungan yang mendukung dan mengganggu faktor ketersediaan bahan tenaga dan peralatan.
6. Faktor pengembangan ekonomi.
7. Biaya pemeliharaan.

2.1.6 Data Perencanaan

1. Data Peta Topografi

Maksud survei topografi dalam perencanaan teknik jalan raya yaitu pengukuran rute yang dilakukan dengan tujuan memindahkan kondisi permukaan bumi dari lokasi yang diukur pada kertas yang berupa peta planimetri. Peta ini akan digunakan sebagai peta dasar untuk plotting (merencanakan) perencanaan geometrik jalan raya, dalam hal ini juga mencakup pengukuran penampang.

Pengukuran rute ini dilakukan sepanjang trase jalan rencana dengan menganggap sumbu jalan rencana pada trase ini sebagai garis kerangka poligon utama. Dengan demikian, sebaiknya yang melakukan pemasangan BM (Benc Mark) setiap 1 Km dan tanda P1 pada rute terpilih adalah regu survei pendahuluan pada saat survei rute. (P1 = *Point Of Intersection* titik belok, yaitu titik perpotongan antara dua tangen).

2. Data Lalu Lintas

Untuk perencanaan teknik jalan baru, survei lalu lintas tidak dapat dilakukan karena belum ada jalan, akan tetapi untuk menentukan dimensi jalan tersebut (yang direncanakan) diperlukan data jumlah kendaraan. Untuk itu dapat dilakukan sebagai berikut :

- a. Survei perhitungan lalu lintas (*Traffic Counting*) dilakukan pada jalan yang sudah ada (sudah dipakai) yang diperkirakan mempunyai bentuk, kondisi dan kendaraan komposisi lalu lintas akan serupa dengan jalan yang direncanakan.
- b. Survei asal tujuan (*Origin Destination Survey*) yang dilakukan pada lokasi yang dianggap tepay (dapat mewakili) dengan cara melakukan wawancara kepada pengguna jalan untuk mendapatkan gambaran rencana jumlah dan komposisi kendaraan pada jalan yang direncanakan.
- c. Pembuatan model dengan program komputer (misalnya KAJI, dan lain-lain)

2.1.7 Parameter Perencanaan Geometrik Jalan

Untuk menentukan baik atau tidaknya perencanaan geometrik yang akan dilakukan maka terdapat beberapa parameter yang harus dipahami karena menyangkut kenyamanan bagi pengendara.

1. Kendaraan Rencana

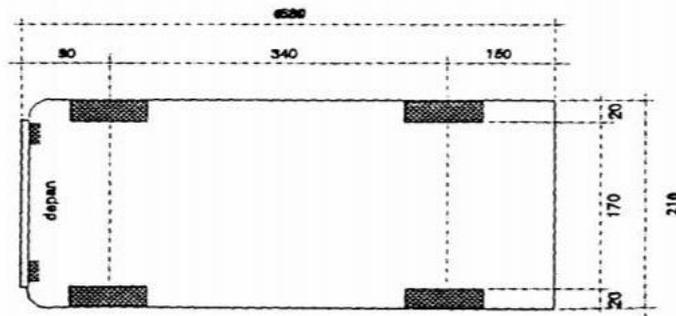
Kendaraan rencana adalah kendaraan yang mewakili dari kelompoknya yang digunakan untuk merencanakan bagian-bagian dari jalan, ukuran lebar kendaraan rencana akan mempengaruhi lebar jalur yang dibutuhkan. Sifat pembelok kendaraan akan mempengaruhi perencanaan tikungan dan lebar media dimana mobil diperkenankan memutar (*U-turn*).

Tabel 2.4 Dimensi Kendaraan Rencana

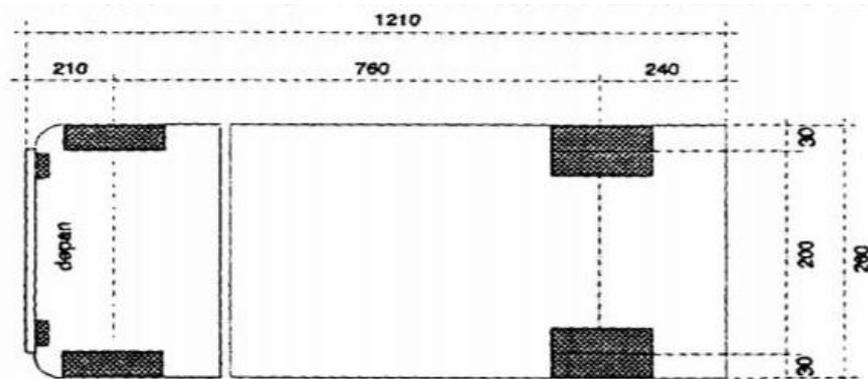
Tabel 2. 4Dimensi Kendaraan Rencana

| KATEGORI KENDARAAN RENCANA | DIMENSI KENDARAAN (cm) | | | TONJOLAN (cm) | | RADIUS PUTAR | | RADIUS TONJOLAN (cm) |
|----------------------------------|---------------------------|-------|---------|------------------|----------|--------------|----------|----------------------------|
| | Tinggi | Lebar | Panjang | Depan | Belakang | Minimum | Maksimum | |
| 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 |

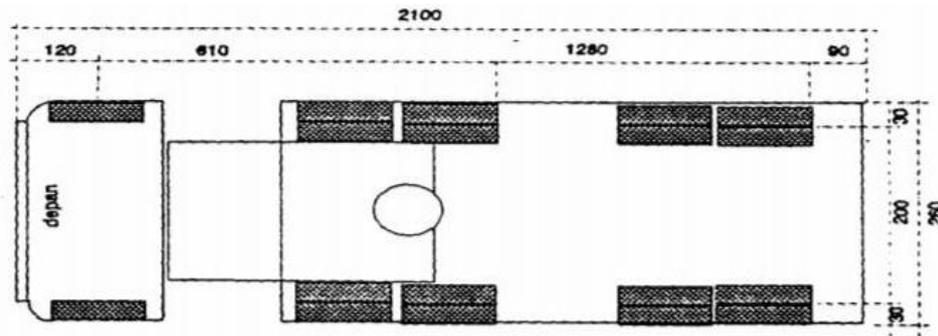
(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/BM/1997)



Gambar 2.1 Dimensi Kendaraan Kecil



Gambar 2.2 Dimensi Kendaraan Sedang



Gambar 2.3 Dimensi Kendaraan Besar

2. Kecepatan Rencana

Kecepatan Rencana adalah kecepatan yang dipilih untuk keperluan perencanaan setiap bagian jalan raya seperti tikungan, kemiringan jalan, jarak pandang dan lain-lain. Kecepatan yang dipilih tersebut adalah kecepatan tertinggi menerus dimana kendaraan dapat berjalan dengan aman dan keamanan itu sepenuhnya tergantung dari bentuk jalan. Kecepatan untuk masing-masing fungsi jalan dapat ditetapkan dari tabel 2.5.

Tabel 2. 5Kecepatan Rencana (VR) sesuai Klasifikasi Fungsi dan Medan Jalan

| Fungsi Jalan | Kecepatan Rencana (Km/jam) | | |
|--------------|----------------------------|-------|--------|
| | Datar | Bukit | Lereng |
| Arteri | 70-120 | 60-80 | 40-70 |
| Kolektor | 60-90 | 50-60 | 30-50 |
| Lokal | 40-70 | 30-50 | 20-30 |

(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

3. Volume dan Kapasitas Jalan

Volume lalu lintas menunjukkan jumlah kendaraan yang melintasi suatu titik pengamatan dalam satu satuan waktu (hari, jam, menit). Volume lalu lintas yang tinggi membutuhkan lebar perkerasan jalan yang lebih lebar sehingga tercipta kenyamanan dan keamanan.

a. Ekuivalensi Mobil Penumpang (EMP)

Ekivalensi mobil penumpang adalah unit untuk mengkonversikan satuan

arus lalu lintas dari kendaraan/jam menjadi satuan mobil penumpang SMP/jam.

Tabel 2. 6Ekivalensi Mobil Penumpang

| Jenis Kendaraan | Datar/Bukit | Gunung |
|-------------------------------|--------------------|---------------|
| Sedan, Jeep, Wagon | 1,0 | 1,0 |
| Pickup, Bus Kecil, Truk kecil | 1,2 – 2,4 | 1,9 – 3,5 |
| Bus dan Truk besar | 1,2 – 5,0 | 2,2 – 6,0 |

(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

b. Satuan Mobil Penumpang

Satuan mobil penumpang adalah satuan kendaraan didalam arus lalu lintas yang disetarakan dengan kendaraan ringan/mobil penumpang, dengan menggunakan ekivalensi mobil penumpang (EMP) atau faktor penggali berbagai jenis kendaraan menjadi satu satuan yaitu SMP, dimana besaran SMP dipengaruhi oleh tipe/jenis kendaraan, dimensi kendaraan, dan kemampuan olah gerak.

Tabel 2. 7Satuan Mobil Penumpang

| Jenis Kendaraan | Nilai SMP |
|--------------------------------|------------------|
| Sepeda | 0,5 |
| Mobil Penumpang / Sepeda Motor | 1 |
| Truk Ringan (<5 ton) | 2 |
| Truk Sedang (>5 ton) | 2,5 |
| Truk Berat (>10 ton) | 3 |
| Bus | 3 |
| Kendaraan tidak bermotor | 0,7 |

(Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997)

4. Jarak Pandang

Jarak pandang adalah jarak yang diperlukan oleh seorang pengemudi pada saat mengemudi, sehingga pengemudi melihat suatu halangan yang membahayakan dan dapat menghindari halangan tersebut. Jarak pandang juga merupakan panjang bagian jalan didepan pengemudi yang masih dapat dilihat dengan jelas, diukur dari titik kedudukan pengemudi tersebut.

Menurut Silvia Sukirman, jarak pandang berfungsi untuk :

- a. Menghindari terjadinya tabrakan yang dapat membahayakan kendaraan dan manusia akibat adanya benda yang berukuran cukup besar seperti : kendaraan berhenti, pejalan kaki, atau hewan pada lajur lainnya.
- b. Memberikan kemungkinan untuk menghindari kendaraan yang lain dengan menggunakan lajur disebelahnya.
- c. Menambahkan efisien jalan dan volume pelayanan dapat maksimal.
- d. Sebagai pedoman bagi pengatur lalu lintas dalam menempatkan rambu-rambu lalu lintas yang diperlukan pada segmen jalan.

1) Jarak Pandang Henti

- a) Jarak pandang henti adalah jarak minimum yang diperlukan oleh setiap pengemudi untuk menghentikan kendaraannya dengan aman begitu melihat adanya halangan didepan. Setiap titik disepanjang jalan harus memenuhi J_h .
- b) J_h diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan 15 cm diukur dari permukaan jalan.
- c) J_h terdiri atas 2 elemen jarak, yaitu :
 - Jarak tangkap (J_{ht}) adalah jarak yang ditempuh oleh kendaraan sejak pengemudi melihat suatu halangan yang menyebabkan ia harus berhenti sampai saat pengemudi menginjak rem.
 - Jarak pengereman (J_h') adalah jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan sejak pengemudi menginjak rem

sampai kendaraan berhenti.

Tabel 2. 8 Jarak Pandang Henti

| | | | | | | | | |
|----------------------------------|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|
| V_R (km/jam) | 120 | 100 | 80 | 60 | 50 | 40 | 30 | 20 |
| J_h minimum (m) | 250 | 175 | 120 | 75 | 55 | 40 | 27 | 16 |

(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/BM/1997)

2) Jarak Pandang Mendahului

- a) J_d adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului kendaraan lain didepannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali kelajur semula.
- b) J_d diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan adalah 105 cm.

Tabel 2. 9 Jarak Pandang Mendahului

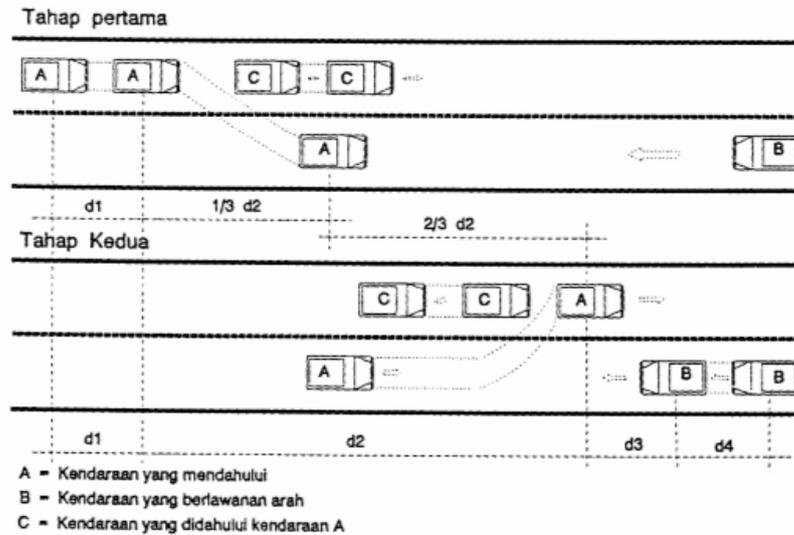
| | | | | | | | | |
|-------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| V_R (km/jam) | 120 | 100 | 80 | 60 | 50 | 40 | 30 | 20 |
| J_d (m) | 800 | 670 | 550 | 350 | 250 | 200 | 150 | 100 |

(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/BM/1997)

Tabel 2. 10 Jarak Kendaraan Mendahului dengan Kendaraan Datang

| | | | | |
|-------------------------------|-------|-------|-------|--------|
| V_R (km/jam) | 50-65 | 65-80 | 80-95 | 95-110 |
| J_d (m) | 30 | 55 | 75 | 90 |

(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/BM/1997)



Gambar 2.4 Jarak Pandang Mendahului

2.4 Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal adalah proyeksi sumbu jalan pada bidang horizontal dikenal juga dengan nama situasi jalan atau trase jalan.

Nilai panjang bagian lurus maksimum dapat dilihat pada Tabel 2.11

Tabel 2. 11 Panjang Bagian Lurus Maksimum

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

(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

Untuk menghindari terjadinya kecelakaan, maka untuk kecepatan tertentu ditentukan jari-jari minimum untuk superelavasi maksimum (kemiringan melintang jalan maksimum) dapat dilihat pada tabel 2.12.

Tabel 2.12 Panjang jari-jari Minimum untuk $e_{maks} = 10\%$

Tabel 2. 12 Panjang jari-jari Minimum untuk $e_{maks} = 10\%$

| V_R (km/jam) | 120 | 100 | 80 | 60 | 50 | 40 | 30 | 20 |
|----------------|-----|-----|----|----|----|----|----|----|
| | | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|----------|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|
| Rmin (m) | 600 | 370 | 210 | 110 | 80 | 50 | 30 | 15 |
|----------|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|

(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

Desain alinyemen horizontal sangat dipengaruhi oleh kecepatan rencana yang ditentukan berdasarkan tipe dan kelas jalan (Sukirman, 1999:120) ada 3 bentuk lengkung horizontal atau tikungan, yaitu :

1. Lengkung busur lingkaran sederhana *Full Circle (FC)*.
2. Lengkung busue lingkaran dengan lengkung peralihan *Spiral Circle Spiral (SCS)*.
3. Lengkung peralihan *Spiral Spiral (SS)*.

2.1.8 Tikungan Full Circle (FC)

Full Circle (FC) yaitu tikungan yang berbentuk busur lingkaran secara penuh. Tikungan ini memiliki satu titik pusat lingkaran dengan jari-jari yang seragam. Tikungan *Full Circle* hanya digunakan untuk jari-jari tikungan (R) yang besar agar tidak terjadi patahan, karena dengan jari-jari lingkaran yang kecil maka diperlukan superelevasi yang besar. Jari-jari tikungan jenis *Full Circle* ditunjukkan pada tabel 2.13.

Tabel 2.13 Jari-jari tikungan yang tidak memerlukan lengkung peralihan

Tabel 2. 13Jari-jari tikungan yang tidak memerlukan lengkung peralihan

| | | | | | | | | |
|-------------------------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| V _R (km/jam) | 120 | 100 | 80 | 60 | 50 | 40 | 30 | 20 |
| R min (m) | 2500 | 1500 | 900 | 500 | 350 | 250 | 130 | 60 |

(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

Rumus yang digunakan pada perencanaan tikungan Full Circle, yaitu :

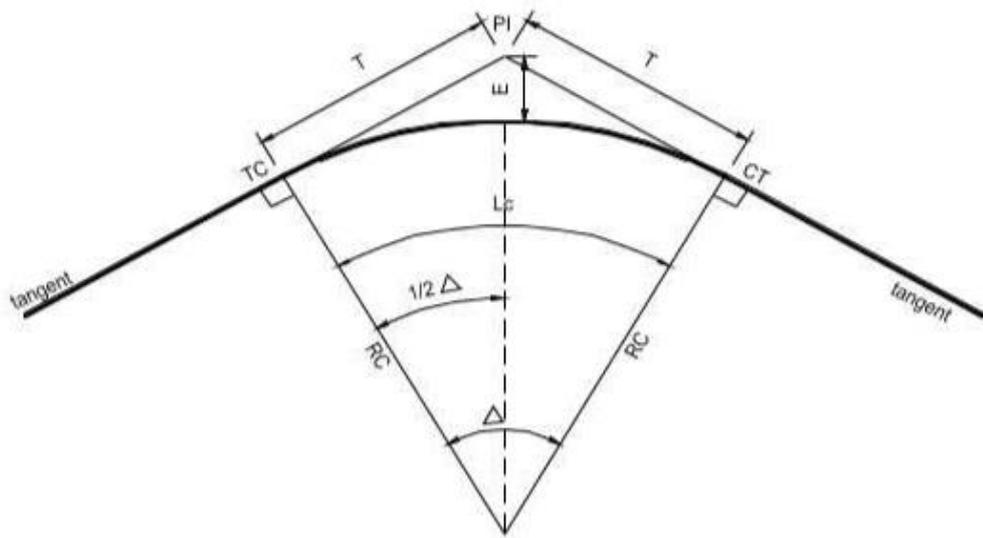
$$T_c = R \tan \frac{\Delta}{2} \dots\dots\dots (2.1)$$

$$E_c = T_c \tan \frac{\Delta}{4} \dots\dots\dots (2.2)$$

$$L_c = \frac{\Delta}{180} \pi R \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

- Δ = Sudut tangen ($^{\circ}$)
- T_c = Panjang tangen jarak TC ke PI ke CT (m)
- R_c =Jari-jari lingkaran (m)
- E_c = Panjang luar PI ke busur lingkaran (m)
- L_c = Panjang busur lingkaran (m)



Gambar 2.5 Tikungan *Full Circle*

2.1.9 Tikungan Spiral-Circle-Spiral (SCS)

Spiral – Circle - Spiral (SCS) yaitu tikungan yang terdiri atas 1 lengkung *circle* dan 2 lengkung *spiral*. Lengkung peralihan dibuat untuk menghindari terjadinya perubahan alinyemen yang tiba-tiba dari bentuk lurus ke bentuk lingkaran. Panjang lengkung peralihan (L_s), menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan antar Kota 1997, diambil nilai terbesar dari tiga persamaan berikut ini:

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

$$L_s = \frac{V_R}{3,6} \times T \dots\dots\dots (2.4)$$

2. Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal :

$$L_s = 0,022 \frac{V^3}{R_c \cdot C} - 2,727 \frac{V \cdot e}{C} \dots\dots\dots (2.5)$$

3. Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian :

$$L_s = \frac{(e_m - e_n)}{3,6 \cdot \Gamma_e} \times V \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana:

- T = Waktu tempuh = 3 detik
- V_R = Kecepatan rencana (km/jam)
- e = Superelevasi
- C = Perubahan percepatan, 0,3 – 1,0 (disarankan 0,4 m/det³)
- R_c = Jari-jari busur lingkaran (m)
- e_m = Superelevasi maksimum
- e_n = Superelevasi minimum
- Γ_e = Tingkat pencapaian perubahan kemiringan melintang jalan
 - Untuk V_R ≤ 70 km/jam, Γ_e = 0,035 m/m/det
 - Untuk V_R ≥ 80 km/jam, Γ_e = 0,025 m/m/det

Adapun ketentuan dan rumus yang digunakan untuk jenis tikungan *Spiral – Circle* - *Spiral (SCS)* adalah sebagai berikut :

$$\theta_s = \frac{90}{\pi} \times \frac{L_s}{R_c} \dots\dots\dots (2.7)$$

$$\Delta_c = \Delta - 2 \cdot \theta_s \dots\dots\dots (2.8)$$

$$p = \frac{L_s^2}{6 \cdot R_c} - R_c(1 - \cos \theta_s) \dots\dots\dots (2.9)$$

$$k = L_s - \frac{L_s^3}{40 \cdot R_c^2} - R \times \sin \theta_s \dots\dots\dots (2.10)$$

$$T_s = (R_c + P) \tan \frac{\Delta}{2} + K \dots\dots\dots (2.11)$$

$$E_s = \frac{(R+P)}{\cos 1/2 \Delta} - R \dots\dots\dots (2.12)$$

$$X_s = L_s \left(1 - \frac{L_s^2}{40 \cdot R_c^2} \right) \dots\dots\dots (2.13)$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6R_c} \dots\dots\dots (2.14)$$

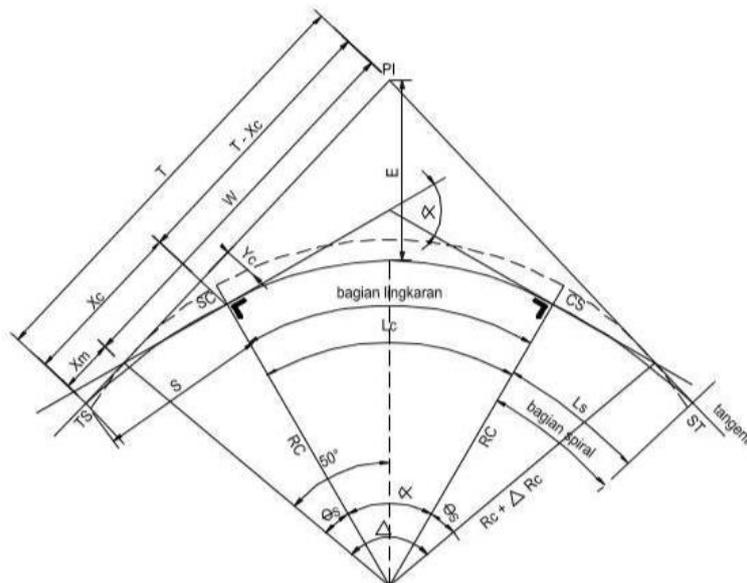
$$L = L_c + 2 \times L_s \dots\dots\dots (2.15)$$

Dimana:

- θ_S = Sudut lengkung *Spiral* ($^\circ$)
- Δ_c = Sudut lengkung *Circle* ($^\circ$)
- L_c = Panjang busur lingkaran (jarak SC – CS) (m)
- p = Pergeseran tangen terhadap *Spiral* (m)
- k = Absis p pada garis tangen *Spiral* (m)
- T_s = Jarak tangen dari PI ke TS atau ST (m)
- E_s = Jarak PI ke puncak busur lingkaran (m)
- X_s = Absis titik SC pada garis tangen, jarak dari titik TS – SC (jarak lurus lengkung peralihan), (m)
- Y_s = Ordinat titik SC pada garis tegak lurus garis tangen (m)

Dengan kontrol jika:

- a. $L_c < 25$ m, maka sebaiknya digunakan tikungan jenis S – S
- b. $p = \frac{L_s^2}{24.R_c} < 0,25$ m, maka digunakan tikungan jenis F – C



Gambar 2.5 Tikungan *Spiral - Circle - Spiral*

2.1.10 tikungan Spiral-Spiral (SS)

Tikungan ini merupakan tikungan yang terdiri dari lengkung horizontal berbentuk *Spiral – Spiral* tanpa busur lingkaran, sehingga titik SC berhimpit dengan titik CS (Sukirman, 1999:134). Adapun ketentuan dan rumus yang digunakan untuk jenis tikungan *Spiral – Spiral* adalah sebagai berikut:

$$\theta_s = \frac{\Delta}{2} \dots\dots\dots (2.16)$$

$$T_s = (R_c + P) \tan \frac{\Delta}{2} + K \dots\dots\dots (2.17)$$

$$E_s = (R_c + P) \sec \frac{\Delta}{2} - R \dots\dots\dots (2.18)$$

$$L = 2.L_s \dots\dots\dots (2.19)$$

$$L_c = 0 \dots\dots\dots (2.20)$$

$$L_s = \frac{2.\pi.R}{360^\circ} . 2. \theta_s \dots\dots\dots (2.21)$$

$$k = k^* . L_s \dots\dots\dots (2.22)$$

$$p = p^* . L_s \dots\dots\dots (2.23)$$

Dimana:

- θ_s = Sudut lengkung *Spiral* (°)
- Δ = Sudut lengkung *Circle* (°)
- L_c = Panjang busur lingkaran (jarak SC – CS) (m)
- R = Jari-jari Lingkaran
- k = Absis dari P pada garis tangen *spiral*
- p = Pergesekan tangen terhadap *spiral*
- L = Panjang tikungan S-S (m)

Untuk menentukan nilai p^* dan k^* $L_s = 1$ bisa dilihat pada tabel 2.14

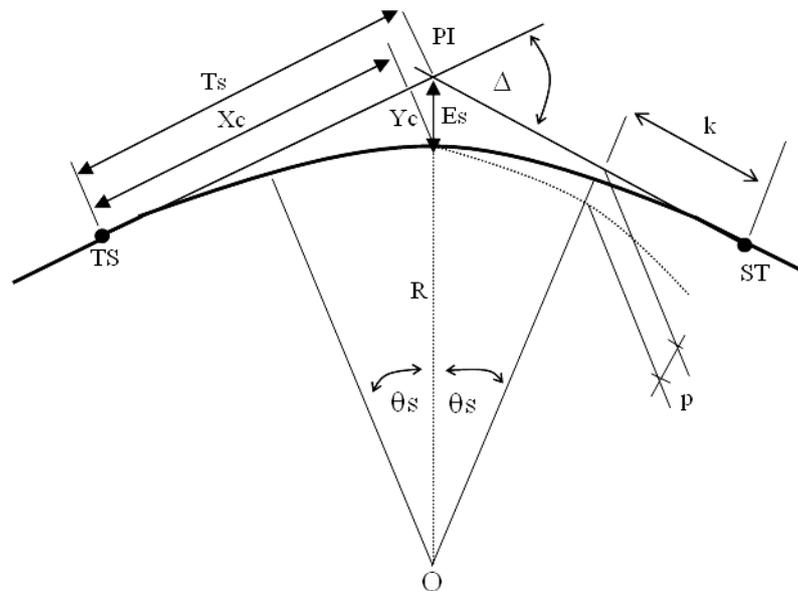
Tabel 2.13 Tabel p dan k untuk $L_s = 1$

Tabel 2. 14Tabel p dan k untuk $L_s = 1$

| qs (*) | p* | k* | qs(*) | p* | k* | qs(*) | p* | k* |
|-----------|-----------|-----------|-------|-----------|-----------|-------|------------|-----------|
| 0,5 | 0,0007272 | 0,4999987 | 14.0 | 0.0206655 | 0.4989901 | 27.5 | 0.0422830 | 0.4959406 |
| 1,0 | 0,0014546 | 0,4999949 | 14.5 | 0.0214263 | 0.4989155 | 28.0 | 0.0431365 | 0.4957834 |
| 1,5 | 0,0021820 | 0,4999886 | 15.0 | 0.0221896 | 0.4988381 | 28.5 | 0.0439946 | 0.4956227 |
| 2,0 | 0,0029098 | 0,4999797 | 15.5 | 0.0229553 | 0.4987580 | 29.0 | 0.0448572 | 0.4954585 |
| 2,5 | 0,0036378 | 0,4999683 | 16.0 | 0.0237236 | 0.4986750 | 29.5 | 0.0457245 | 0.4952908 |
| 3,0 | 0,0043663 | 0,4999543 | 16.5 | 0.0244945 | 0.4985892 | 30.0 | 0.0465966 | 0.4951196 |
| 3,5 | 0,0050953 | 0,4999377 | 17.0 | 0.0252681 | 0.4985005 | 30.5 | 0.0474735 | 0.4949448 |
| 4,0 | 0,0058249 | 0,4999187 | 17.5 | 0.0260445 | 0.4984090 | 31.0 | 0.0483550 | 0.4947665 |
| 4,5 | 0,0065551 | 0,4998970 | 18.0 | 0.0268238 | 0.4983146 | 31.5 | 0.0492422 | 0.4945845 |
| 5,0 | 0,0072860 | 0,4998728 | 18.5 | 0.0276060 | 0.4982172 | 32.0 | 0.0501340 | 0.4943988 |
| 5,5 | 0,0080178 | 0,4998461 | 19.0 | 0.0283913 | 0.4981170 | 32.5 | 0.0510310 | 0.4942094 |
| 6,0 | 0,0094843 | 0,4998167 | 19.5 | 0.0291797 | 0.4980137 | 33.0 | 0.0519333 | 0.4940163 |
| 6,5 | 0,0102191 | 0,4997848 | 20.0 | 0.0299713 | 0.4979075 | 33.5 | 0.0528408 | 0.4938194 |
| 7,0 | 0,0109550 | 0,4997503 | 20.5 | 0.0307662 | 0.4977983 | 34.0 | 0.0537536 | 0.4936187 |
| 7,5 | 0,0116922 | 0,4997132 | 21.0 | 0.0315644 | 0.4976861 | 34.5 | 0.0546719 | 0.4934141 |
| 8,0 | 0,0124307 | 0,4997350 | 21.5 | 0.0323661 | 0.4975708 | 35.0 | 0.05559557 | 0.4932057 |
| 8,5 | 0,0131706 | 0,4993120 | 22.0 | 0.0331713 | 0.4974525 | 35.5 | 0.0562500 | 0.4929933 |
| 9,0 | 0,0139121 | 0,4995862 | 22.5 | 0.0339801 | 0.4973311 | 36.0 | 0.0574601 | 0.4927769 |
| 9,5 | 0,0146551 | 0,4995387 | 23.0 | 0.0347926 | 0.4972065 | 36.5 | 0.0584008 | 0.4925566 |
| 10,0 | 0,0153997 | 0,4994884 | 23.5 | 0.0356088 | 0.497088 | 37.0 | 0.0593473 | 0.4923322 |
| 10,5 | 0,0161461 | 0,4994356 | 24.0 | 0.0364288 | 0.496979 | 37.5 | 0.0602997 | 0.4921037 |

| | | | | | | | | |
|------|-----------|-----------|------|-----------|-----------|------|-----------|-----------|
| 11,0 | 0,0161461 | 0,4993800 | 24.5 | 0.0372528 | 0.4968139 | 38.0 | 0.0612581 | 0.4918711 |
| 11,5 | 0,0168943 | 0,4993218 | 25.0 | 0.0380807 | 0.4966766 | 38.5 | 0.0622224 | 0.4916343 |
| 12,0 | 0,0176444 | 0,4992609 | 25.5 | 0.0389128 | 0.495360 | 39.0 | 0.0631929 | 0.4913933 |
| 12,5 | 0,0183965 | 0,4991973 | 26.0 | 0.0397489 | 0.4963922 | 39.5 | 0.0641694 | 0.4911480 |
| 13,0 | 0,0191507 | 0,4991310 | 26.5 | 0.0405893 | 0.4962450 | 40.0 | 0.0651522 | 0.4908985 |
| 13,5 | 0,0199070 | 0,4990619 | 27.0 | 0.0414340 | 0.4960945 | | | |

(sumber : Hendarsin,2000:100)

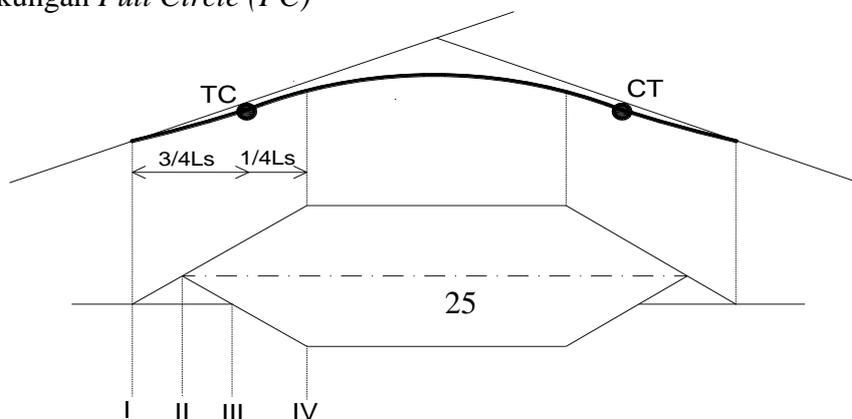


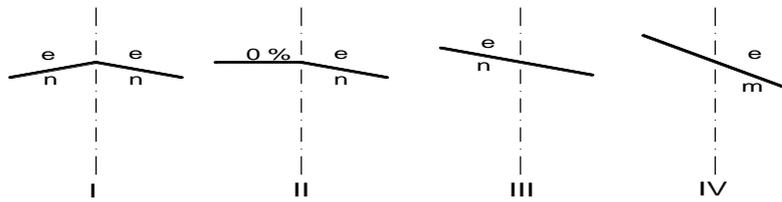
Gambar 2.6 Tikungan *Spiral – Spiral*

2.1.11 Diagram Superelavasi

Diagram superelavasi menggambarkan pencapaian superelavasi dari lereng normal ke superelavasi penuh sehingga dengan mempergunakan diagram superelavasi dapat ditentukan bentuk penampang melintang pada setiap titik disuatu lengkung horizontal yang direncanakan.

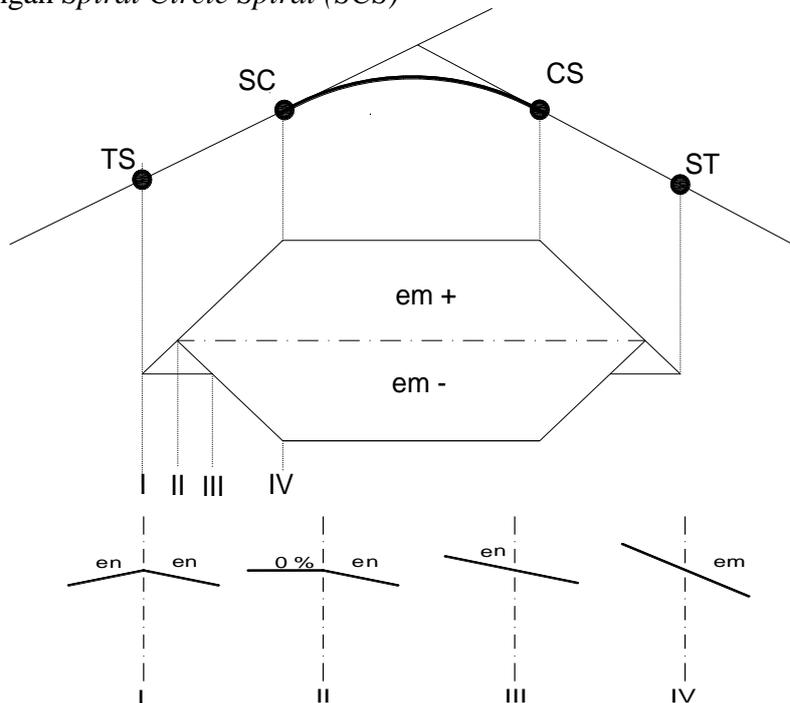
1. Tikungan *Full Circle (FC)*





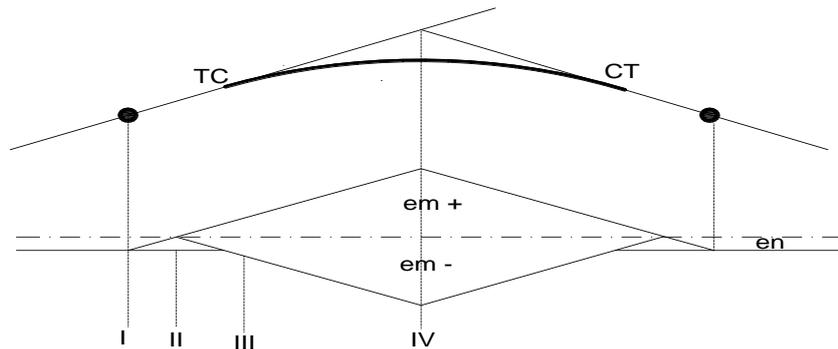
Gambar 2.7 Pencapaian Superelevasi Tikungan *Full Circle*

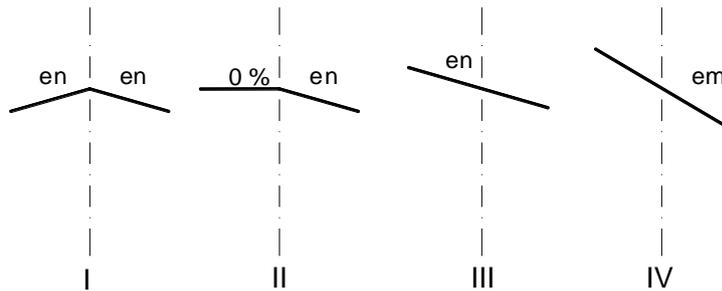
2. Tikungan *Spiral Circle Spiral (SCS)*



Gambar 2.8 Pencapaian Superelevasi Tikungan *Spiral-Circle-Spiral*

3. Tikungan *Spiral Spiral (SS)*





Gambar 2.9 Pencapaian Superelevasi Tikungan *Spiral-Spiral*

Tabel 2.14 Panjang Lengkung Peralihan Minimum dan Superelevasi yang dibutuhkan (emaks = 10%, metode Bina Marga)

Tabel 2. 15 Panjang Lengkung Peralihan Minimum dan Superelevasi yang dibutuhkan (emaks = 10%, metode Bina Marga)

| D | R | V=50 km/jam | | V=60 km/jam | | V=70 km/jam | | V=80 km/jam | | V= 90 km/jam | |
|-------|------|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|--------------|----|
| | | Ls | Ls | Ls | Ls | Ls | Ls | Ls | Ls | Ls | Ls |
| 0.250 | 5730 | Ln | 45 | LN | 50 | LN | 60 | LN | 70 | LN | 75 |
| 0.500 | 2865 | Ln | 45 | LN | 50 | LP | 60 | LP | 70 | LP | 75 |
| 0.750 | 1910 | Ln | 45 | LP | 50 | LP | 60 | 0.020 | 70 | 0.025 | 75 |
| 1.000 | 1432 | Lp | 45 | LP | 50 | 0.021 | 60 | 0.027 | 70 | 0.033 | 75 |
| 1.250 | 1146 | Lp | 45 | LP | 50 | 0.025 | 60 | 0.033 | 70 | 0.040 | 75 |
| 1.500 | 955 | Lp | 45 | 0.023 | 50 | 0.030 | 60 | 0.038 | 70 | 0.047 | 75 |
| 1.750 | 955 | Lp | 45 | 0.026 | 50 | 0.035 | 60 | 0.044 | 70 | 0.054 | 75 |
| 2.000 | 819 | Lp | 45 | 0.029 | 50 | 0.039 | 60 | 0.049 | 70 | 0.060 | 75 |
| 2.500 | 716 | 0.026 | 45 | 0.036 | 50 | 0.047 | 60 | 0.059 | 70 | 0.072 | 75 |
| 3.000 | 573 | 0.030 | 45 | 0.042 | 50 | 0.055 | 60 | 0.068 | 70 | 0.081 | 75 |
| 3.500 | 477 | 0.035 | 45 | 0.048 | 50 | 0.062 | 60 | 0.076 | 70 | 0.089 | 75 |

| | | | | | | | | | | | |
|--------|-----|---------------|----|----------------|----|---------------|----|---------------|----|-------------|----|
| 4.000 | 409 | 0.039 | 45 | 0.054 | 50 | 0.068 | 60 | 0.082 | 70 | 0.095 | 75 |
| 4.500 | 358 | 0.043 | 45 | 0.059 | 50 | 0.074 | 60 | 0.088 | 70 | 0.099 | 75 |
| 5.000 | 318 | 0.048 | 45 | 0.064 | 50 | 0.079 | 60 | 0.093 | 70 | 0.100 | 75 |
| 6.000 | 286 | 0.055 | 45 | 0.073 | 50 | 0.088 | 60 | 0.098 | 70 | Dmaks =5,12 | |
| 7.000 | 239 | 0.062 | 45 | 0.080 | 60 | 0.094 | 60 | D maks = 6,82 | | | |
| 8.000 | 205 | 0.068 | 45 | 0.086 | 60 | 0.098 | 60 | | | | |
| 9.000 | 179 | 0.074 | 45 | 0.091 | 60 | 0.099 | 60 | | | | |
| 10.000 | 143 | 0.079 | 45 | 0.095 | 60 | D maks = 9,12 | | | | | |
| 11.000 | 130 | 0.083 | 45 | 0.098 | 60 | | | | | | |
| 12.000 | 119 | 0.087 | 45 | 0.100 | 60 | | | | | | |
| 13.000 | 110 | 0.091 | 45 | D maks = 12,79 | | | | | | | |
| 14.000 | 102 | 0.093 | 45 | | | | | | | | |
| 15.000 | 96 | 0.096 | 45 | | | | | | | | |
| 16.000 | 90 | 0.097 | 45 | | | | | | | | |
| 17.000 | 84 | 0.099 | 45 | | | | | | | | |
| 18.000 | 80 | 0.099 | 45 | | | | | | | | |
| 19.000 | 75 | D maks = 18,8 | | | | | | | | | |

(Sumber :Sukirman,1999: 112)

2.1.12 Kebebasan Samping Pada Tikungan

Kebebasan samping di kiri dan di kanan jalan tetap harus dipertahankan demi keamanan dan tingkat pelayanan jalan. Kebebasan samping (C) sebesar 0,5 m, 1 m, dan 1,25 m cukup memadai untuk jalan dengan lebar jalur 6 m, 7 m, 7,5 m.

Daerah bebas samping ditikungan dihitung berdasarkan jarak pandang henti menggunakan rumus-rumus sebagai berikut :

1. Jika $J_h < L_t$

$$E = R' \left(1 - \cos \frac{28,65 J_h}{R'} \right) \dots\dots\dots (2.24)$$

Dimana :

E = jarak bebas samping (m)

R = jari-jari tikungan (m)

R' = jari-jari sumbu jalur dalam (m)

J_h = jarak pandang henti (m)

L_t = panjang Tikungan (m)

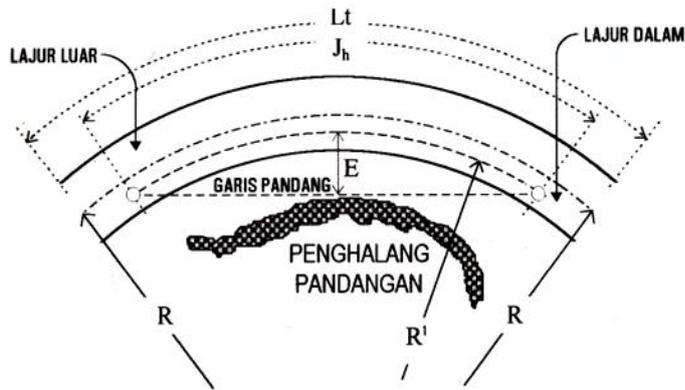
Tabel 2.15 Nilai E untuk $J_h < L_t$

Tabel 2. 16 Nilai E untuk $J_h < L_t$

| R (m) | $V_R =$ | 30 | 40 | 50 | 60 | 80 | 100 | 120 |
|----------|---------|----|----|-----|-----|-----------------|-----------------|-----------------|
| | 20 | | | | | | | |
| | J = 16 | 27 | 40 | 55 | 75 | 120 | 175 | 250 |
| 5000 | | | | | | | | 1,6 |
| 3000 | | | | | | | | 2,6 |
| 2000 | | | | | | | 1,9 | 3,9 |
| 1500 | | | | | | | 2,6 | 5,2 |
| 1200 | | | | | | 1,5 | 3,2 | 6,5 |
| 1000 | | | | | | 1,8 | 3,8 | 7,8 |
| 800 | | | | | | 2,2 | 4,8 | 9,7 |
| 600 | | | | | | 3,0 | 6,4 | 13,0 |
| 500 | | | | | | 3,6 | 7,6 | 15,5 |
| 400 | | | | | 1,8 | 4,5 | 9,5 | $R_{max} = 500$ |
| 300 | | | | | 2,3 | 6,0 | $R_{max} = 350$ | |
| 250 | | | | 1,5 | 2,8 | 7,1 | | |
| 200 | | | | 1,9 | 3,5 | $R_{max} = 210$ | | |
| 175 | | | | 2,2 | 4,0 | | | |
| 150 | | | | 2,5 | 4,7 | | | |

| | | | | | | | | |
|-----|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--|--|--|
| 130 | | | 1,5 | 2,9 | 5,4 | | | |
| 120 | | | 1,7 | 3,1 | 5,8 | | | |
| 110 | | | 1,8 | 3,4 | R _{max} =115 | | | |
| 100 | | | 2,0 | 3,8 | | | | |
| 90 | | | 2,2 | 4,2 | | | | |
| 80 | | | 2,5 | 4,7 | | | | |
| 70 | | 1,5 | 2,8 | R _{max} = 80 | | | | |
| 60 | | 1,8 | 3,3 | | | | | |
| 50 | | 2,3 | 3,9 | | | | | |
| 40 | | 3,0 | R _{max} = 50 | | | | | |
| 30 | | R _{max} = 30 | | | | | | |
| 20 | 1,6 | | | | | | | |
| 15 | 2,1 | | | | | | | |
| | R _{max} =1 | | | | | | | |
| | 5 | | | | | | | |

(sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/T/BM/1997).



Gambar 2.10 Daerah bebas samping ditikungan untuk $J_h < L_t$

2. Jika $J_h > L_t$

$$E = R' \left(1 - \cos \frac{28,65 J_h}{R'} \right) + \left(\frac{J_h - L_t}{2} \sin \frac{28,65 J_h}{R'} \right) \dots \dots \dots (2.25)$$

Dimana :

E = jarak bebas samping (m)

R = jari-jari tikungan (m)

R' = jari-jari sumbu jalur dalam (m)

J_h = jarak pandang henti (m)

L_t = panjang Tikungan (m)

Nilai E (m) dapat dilihat pada tabel 2.19

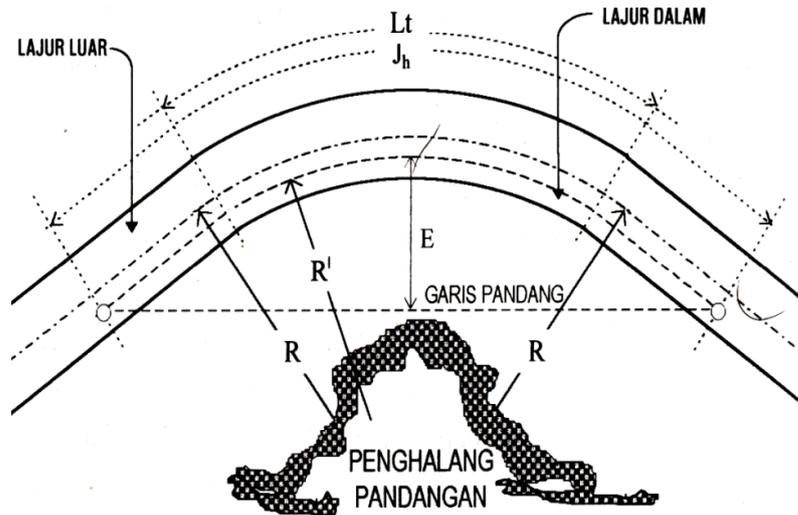
Tabel 2.16 Nilai E untuk $J_h > L_t$

Tabel 2. 17 Nilai E untuk $J_h > L_t$

| R (m) | $V_R = 20$ | 30 | 40 | 50 | 60 | 80 | 100 | 120 |
|-------|------------|-----|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | J = 16 | 27 | 40 | 55 | 75 | 120 | 175 | 250 |
| 6000 | | | | | | | | 1,6 |
| 5000 | | | | | | | | 1,9 |
| 3000 | | | | | | | 1,6 | 3,1 |
| 2000 | | | | | | | 2,5 | 4,7 |
| 1500 | | | | | | 1,5 | 3,3 | 6,2 |
| 1200 | | | | | | 2,1 | 4,1 | 7,8 |
| 1000 | | | | | | 2,5 | 4,9 | 9,4 |
| 800 | | | | | 1,5 | 3,2 | 6,1 | 11,7 |
| 600 | | | | | 2,0 | 4,2 | 8,2 | 15,6 |
| 500 | | | | | 2,3 | 5,1 | 9,8 | 18,6 |
| 400 | | | | 1,8 | 2,9 | 6,4 | 12,2 | $R_{max} = 500$ |
| 300 | | | 1,5 | 2,4 | 3,9 | 8,5 | $R_{max} = 350$ | |
| 250 | | | 1,8 | 2,9 | 4,7 | 10,1 | | |
| 200 | | | 2,2 | 3,6 | 5,8 | $R_{max} = 210$ | | |
| 175 | | 1,5 | 2,6 | 4,1 | 6,7 | | | |
| 150 | | 1,7 | 3,0 | 4,8 | 7,8 | | | |
| 130 | | 2,0 | 3,5 | 5,5 | 8,9 | | | |
| 120 | | 2,2 | 3,7 | 6,0 | 9,7 | | | |
| 110 | | 2,4 | 4,1 | 6,5 | $R_{max} = 115$ | | | |
| 100 | | 2,6 | 4,5 | 7,2 | | | | |
| 90 | 1,5 | 2,9 | 5,0 | 7,9 | | | | |
| 80 | 1,6 | 3,2 | 5,6 | 8,9 | | | | |
| 70 | 1,9 | 3,7 | 6,4 | $R_{max} = 80$ | | | | |
| 60 | 2,2 | 4,3 | 7,4 | | | | | |
| 50 | 2,6 | 5,1 | 8,8 | | | | | |
| 40 | 3,3 | 6,4 | $R_{max} x=50$ | | | | | |
| 30 | 4,4 | 8,4 | | | | | | |

| | | | | | | | |
|----|--------------|--------------|--|--|--|--|--|
| 20 | 6,4 | $R_{max}=30$ | | | | | |
| 15 | 8,4 | | | | | | |
| | $R_{max}=15$ | | | | | | |

(sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/T/BM/1997)



Gambar 2.11 Daerah bebas samping ditikungan untuk $J_h > L_t$

Keterangan Rumus :

$$M = R (1 - \text{Cos } \Theta) + \frac{1}{2} (S - L) \text{Sin } \Theta \dots\dots\dots (2.26)$$

Dimana :

- M = jarak dari sumbu penghalang ke sumbu lajur sebelah dalam (m)
- Θ = setengah sudut pusat sepanjang L (°)
- R = radius sumbu lajur sebelah dalam (m)
- S = jarak pandangan (m)
- L = panjang tikungan (m)

2.1.13 Penomoran Panjang Jalan (Stationing)

Penomoran (*Stationing*) panjang jalan pada tahap perencanaan adalah memberikan nomor pada interval-interval tertentu dari awal pekerjaan. Nomor jalan (STA jalan) dibutuhkan sebagai sarana komunikasi untuk dengan cepat mengenali lokasi yang sedang dibicarakan, selanjutnya menjadi panduan untuk lokasi suatu tempat. Nomor jalan ini sangat bermanfaat pada saat pelaksanaan dan perencanaan.

2.5 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah perpotongan bidang vertikal dengan bidang permukaan perkerasan jalaan melalui sumbu jalan, yang umumnya disebut dengan profil/ penampang memanjang jalan. Perencanaan alinyemen vertikal sangat dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain :

1. Kondisi tanah dasar
2. Keadaan medan
3. Muka air banjir
4. Muka air tanah
5. Kelandaian yang masih memungkinkan

2.1.14 Kelandaian

1. Kelandaian Maksimum

Kelandaian maksimum didasarkan pada kecepatan truk yang bermuatan penuh yang mampu bergerak dengan penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh kecepatan semula tanpa harus menggunakan gigi rendah. Kelandaian maksimum berbagai macam VR dapat dilihat dari tabel 2.17.

Tabel 2.17 Kelandaian Maksimum yang diizinkan

Tabel 2. 18Kelandaian Maksimum yang diizinkan

| | | | | | | | | |
|--------------------------|-----|-----|-----|----|----|----|----|-----|
| Landai Max (%) | 3 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 10 | 10 |
| V _R (km/jam) | 120 | 110 | 100 | 80 | 60 | 50 | 40 | <40 |

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, 1997)

2. Kelandaian Minimum

Untuk tanah timbun yang tidak menggunakan kerb, maka lereng melintang jalan dianggap sudah cukup untuk dapat mengalirkan air diatas badan jalan yang selanjutnya dibuang ke lereng jalan.

3. Panjang Kritis Suatu Kelandaian

Panjang kritis adalah panjang landai maksimum yang harus disediakan agar

kendaraan dapat mempertahankan kecepatan sedemikian rupa, sehingga penurunan kecepatan yang terjadi tidak lebih dari separuh kecepatan rencana (V_R). Lama perjalanan tersebut tidak lebih dari satu menit.

Tabel 2.18 Panjang Kritis (m)

Tabel 2. 19 Panjang Kritis (m)

| Kecepatan pada awal tanjakan (Km/Jam) | Kelandaian Maksimum (%) | | | | | | |
|---------------------------------------|-------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 80 | 630 | 460 | 360 | 270 | 230 | 230 | 200 |
| 60 | 320 | 210 | 160 | 120 | 110 | 90 | 80 |

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 1997)

2.1.15 Lengkung Vertikal

Pergantian dari suatu kelandaian ke kelandaian yang lain dilakukan dengan menggunakan lengkung vertikal. Jenis lengkung vertikal dilihat dari letak titik perpotongan kedua bagian lurus (tangen), adalah :

1. Lengkung vertikal cekung adalah lengkung dimana titik perpotongan antar kedua tangen berada dibawah permukaan jalan.
2. Lengkung vertikal cembung adalah lengkung dimana titik perpotongan antar kedua tangen berada diatas permukaan jalan yang bersangkutan.

Bentuk lengkung vertikal adalah parabola dengan asumsi sederhana sehingga elevasi panjang lengkung dapat diperkirakan panjangnya, panjang minimum lengkung vertikal bisa ditentukan langsung sesuai dengan tabel 2.19.

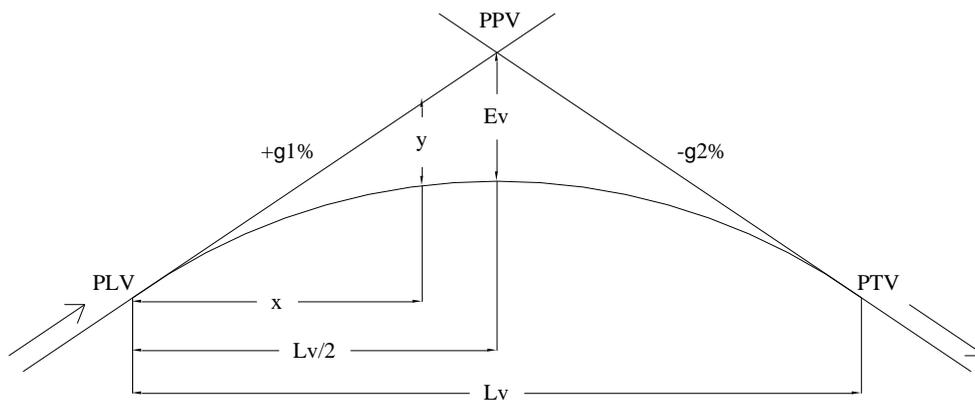
Tabel 2.19 Panjang Minimum Lengkung Vertikal

Tabel 2. 20 Panjang Minimum Lengkung Vertikal

| Kecepatan Rencana (km/jam) | Perbedaan Kelandaian Memanjang (%) | Panjang Lengkung (m) |
|----------------------------|------------------------------------|----------------------|
|----------------------------|------------------------------------|----------------------|

| | | |
|---------|-----|----------|
| <40 | 1 | 20 – 30 |
| 40 – 60 | 0,6 | 40 – 80 |
| >60 | 0,4 | 80 – 150 |

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga,1997)



Gambar 2.12 Lengkung Vertikal

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

Adapun rumus yang dipergunakan untuk lengkung vertikal adalah sebagai berikut :

$$A = g1 \pm g2 \dots\dots\dots (2.27)$$

$$y' = \left[\frac{g2-g1}{200 L} \right] \cdot X^2 \dots\dots\dots (2.28)$$

Untuk $x = \frac{1}{2} Lv$, maka $y' = Ev$ dirumuskan sebagai :

$$Ev = \frac{(g2-g1) Lv}{800} \dots\dots\dots (2.29)$$

Dimana :

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

y' = Besarnya penyimpangan (jarak vertikal) antar garis kemiringan dengan lengkungan (m).

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

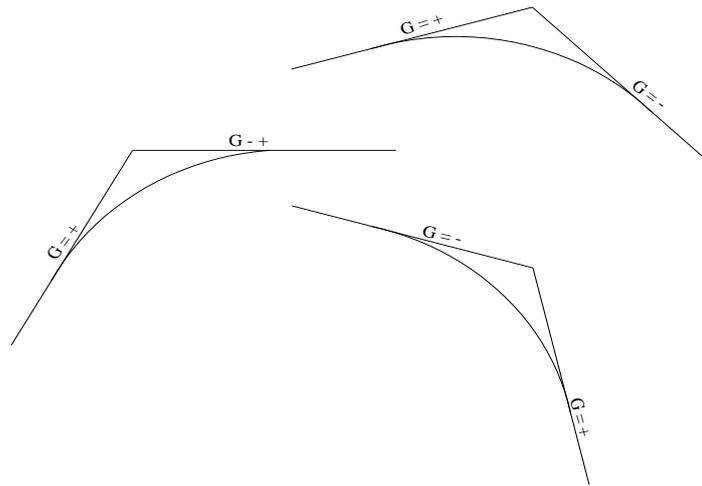
$L_v =$ Panjang lengkung vertikal (m)

Lengkung vertikal dibagi dua macam, yaitu :

1. Lengkung vertikal cembung

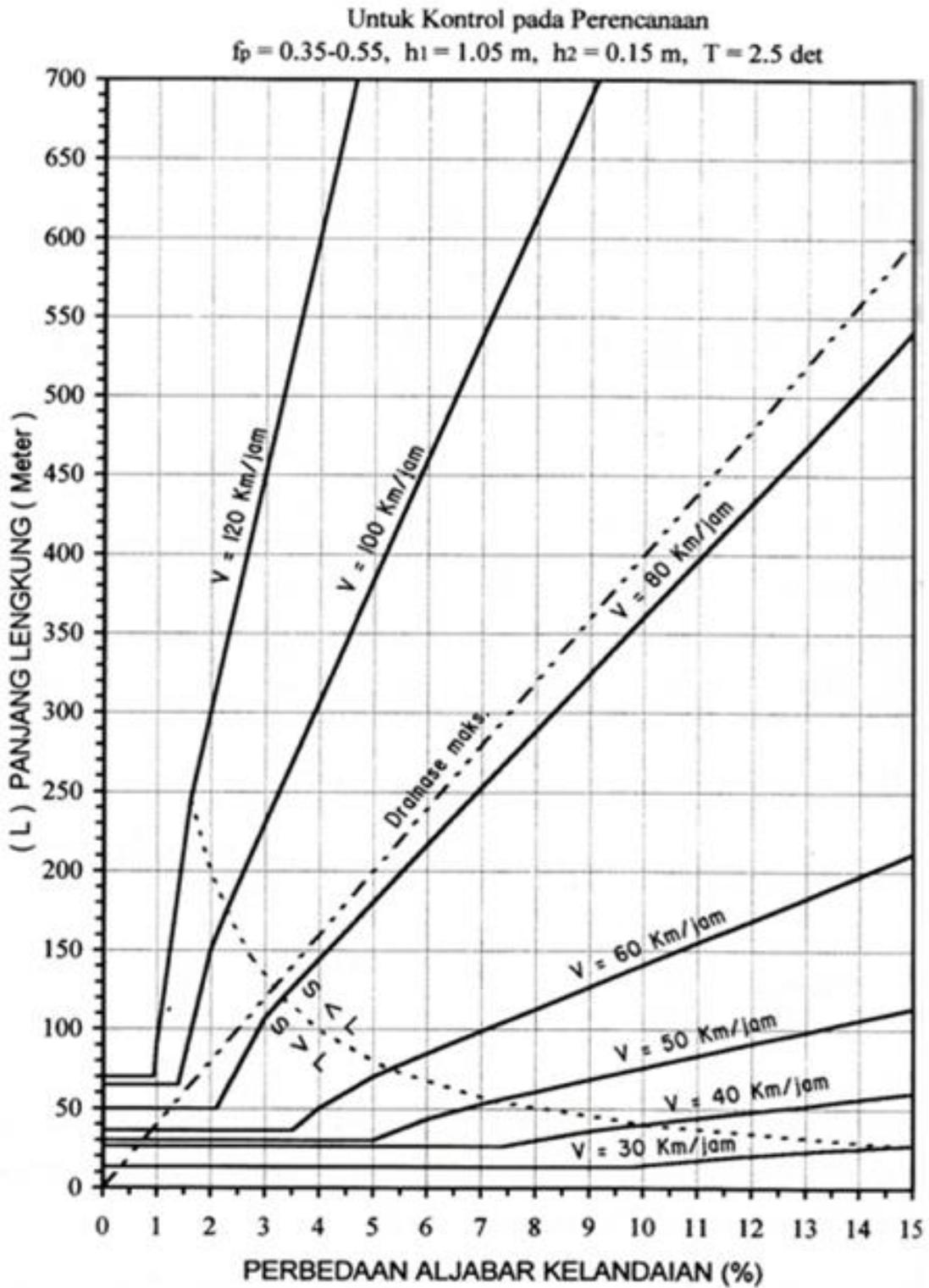
Lengkung vertikal cembung yaitu lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada diatas permukaan jalan yang bersangkutan.

Gambar lengkung vertikal cembung dapat dilihat pada gambar 2.13.

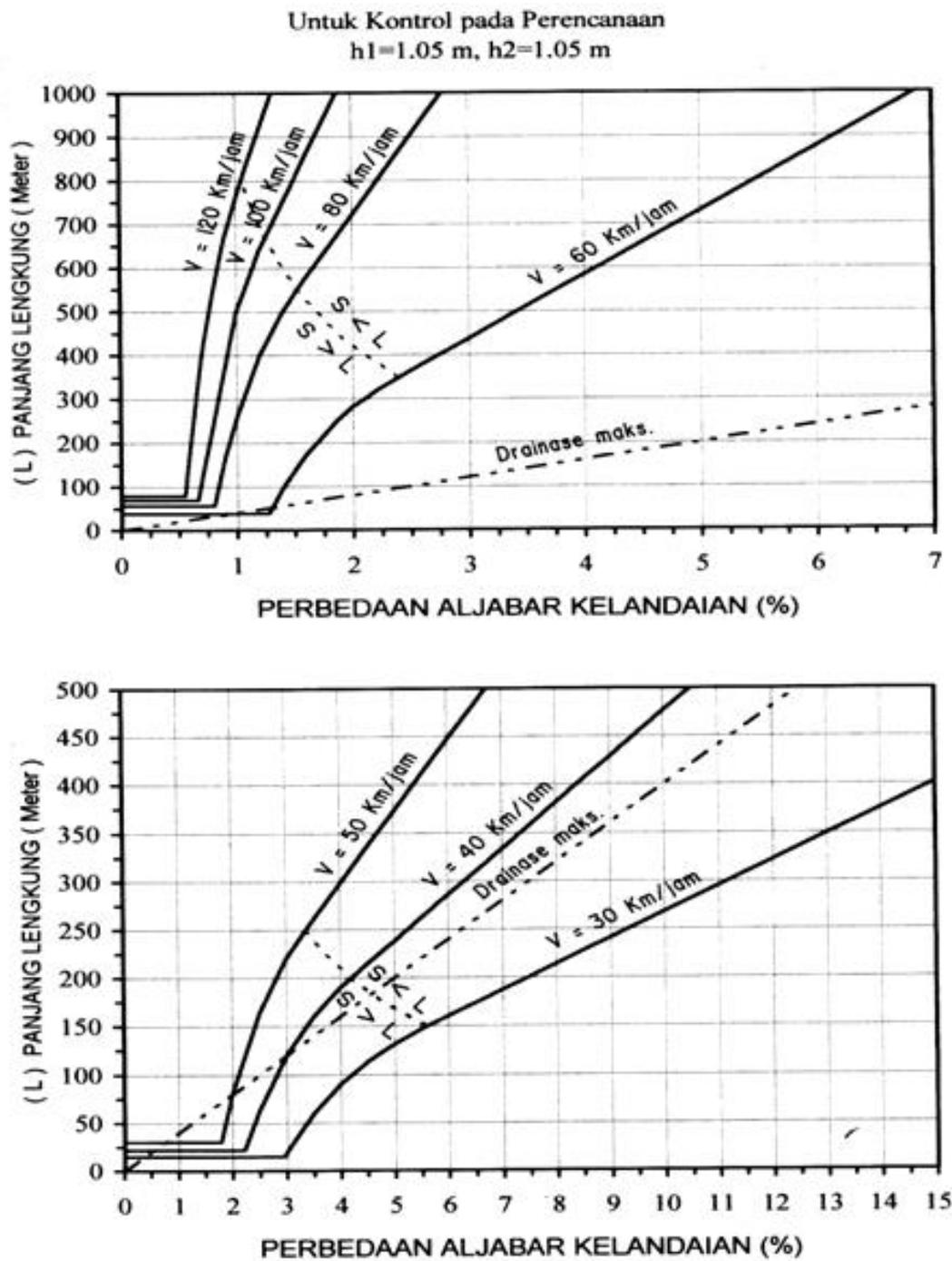


Gambar 2.13 Alinyemen Vertikal Cembung

Untuk menentukan panjang lengkung vertikal cembung (L_v) dapat juga ditentukan berdasarkan grafik pada gambar 2.14 (untuk jarak pandang henti).



Gambar 2.14 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung berdasarkan Jarak Pandang Henti (Jh)



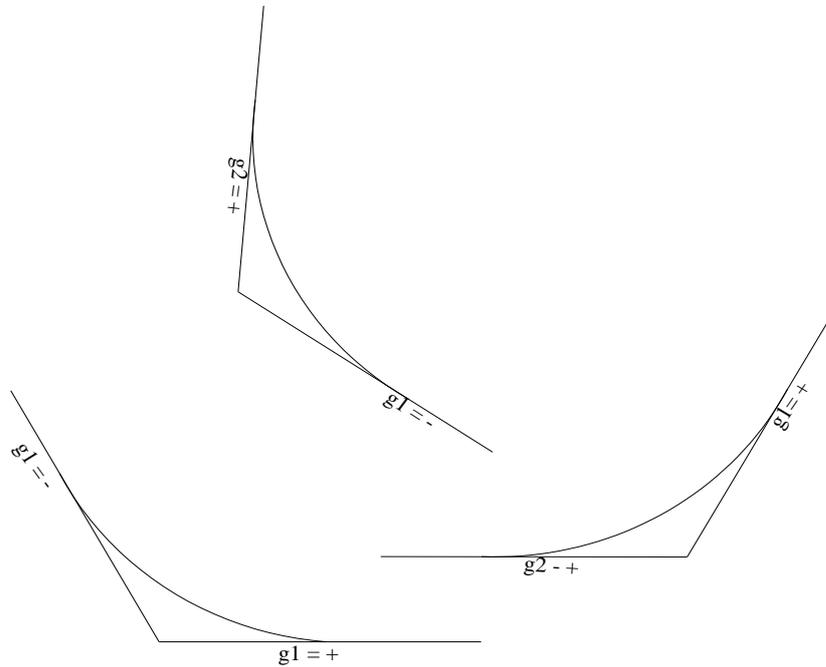
Gambar 2.15 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung berdasarkan Jarak Pandang Mendahului (Jd)

2. Lengkung Vertikal Cekung

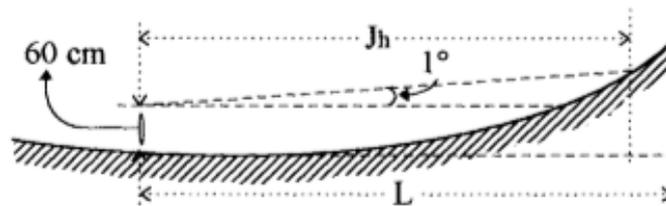
Tidak ada dasar yang dapat digunakan untuk menentukan panjang lengkung cekung vertikal (L). Akan tetapi ada empat kriteria sebagai pertimbangan yang

dapat digunakan yaitu :

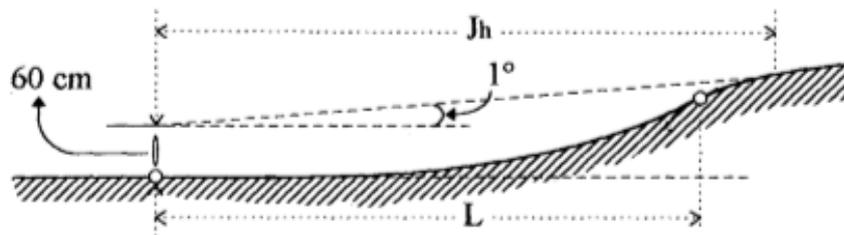
- a. Jarak sinar lampu besar dari kendaraan
- b. Kenyamanan pengemudi
- c. Ketentuan drainase
- d. Penampilan secara umum



Gambar 2.16 Alinyemen Vertikal Cekung



Gambar 2.17a: untuk $J_h < L$



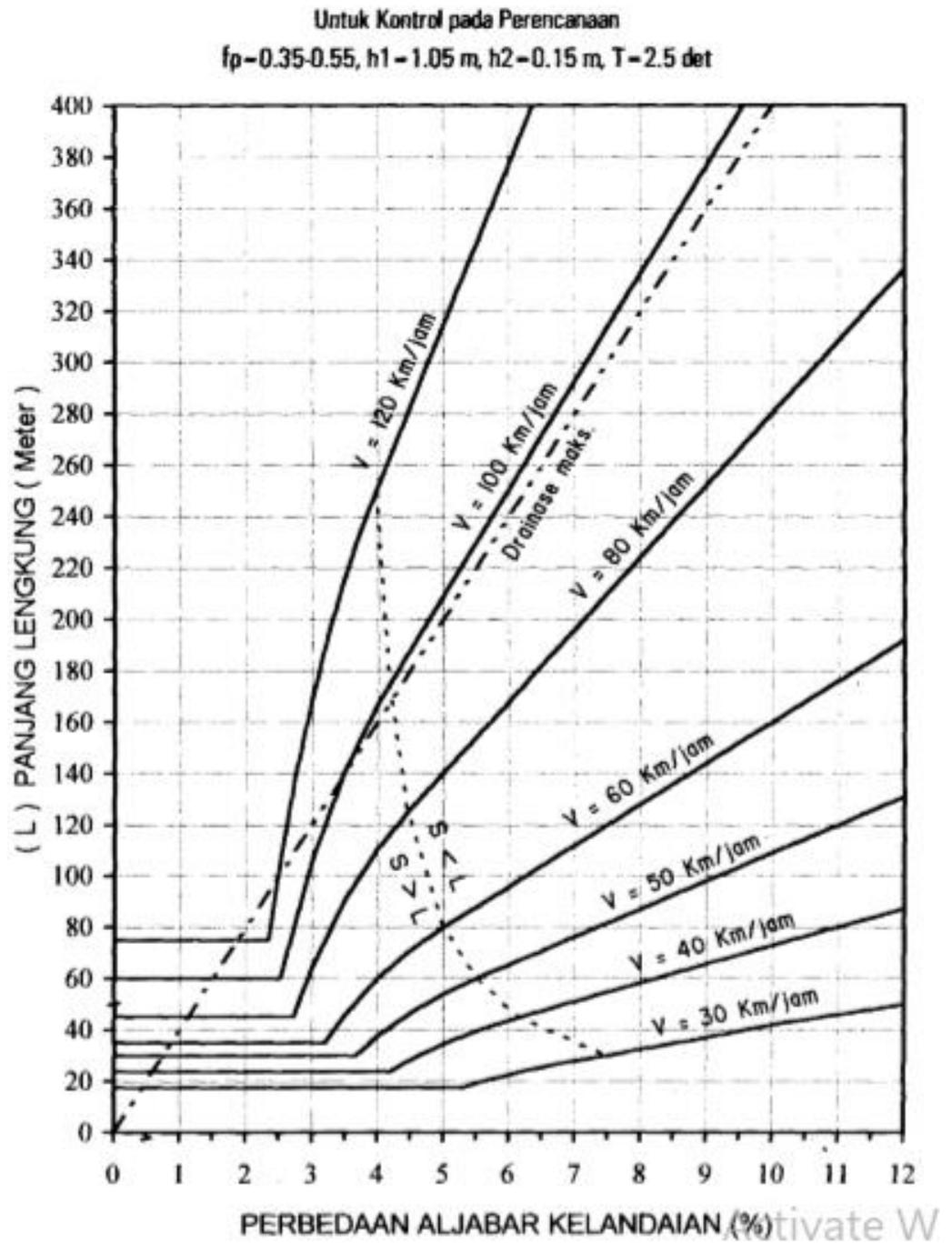
Gambar 2.17b: untuk $J_h > L$

Dengan gambar 2,a,b diatas yaitu tinggi lampu besar kendaraan = 0,60 m (2') dan sudut bias = 1°, maka diperoleh rumus hubungan praktis sebagai berikut :

$$Jh < Lv, \text{ maka } Lv = \frac{A \cdot Jh^2}{120 + 3,5 Jh} \dots\dots\dots (2.30)$$

$$Jh > Lv, \text{ maka } Lv = 2 Jh - \frac{120 + 3,5 Jh}{A} \dots\dots\dots (2.31)$$

Panjang lengkung vertikal cekung ditentukan berdasarkan jarak pandang henti sebagaimana tercantum dalam grafik pad agambar 2.18.



Gambar 2.18 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cekung

2.6 Perencanaan Tebal Perkerasan

Perkerasan jalan raya adalah bagian jalan raya yang diperkeras dengan lapis konstruksi tertentu yang memiliki ketebalan dan kekakuan serta kestabilan

tertentu agar mampu menyalurkan beban lalu lintas di atasnya ke tanah dasar secara aman. Perkerasan jalan merupakan lapis perkerasan yang terletak diantara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan yang berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi, dan selama masa pelayanan diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti. Agar perkerasan jalan sesuai dengan mutu yang diharapkan, maka pengetahuan tentang sifat, pengadaan dan pengolahan dari bahan penyusun perkerasan akan sangat diperlukan.

Berdasarkan bahan ikat serta komposisi dari komponen konstruksi itu sendiri, konstruksi perkerasan terdiri dari beberapa jenis, yaitu :

1. Konstruksi Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan lentur (*Flexible Pavement*) adalah perkerasan yang menggunakan bahan ikat aspal yang sifatnya lentur terutama pada saat panas.

Konstruksi perkerasan lentur memakai bahan pengikat aspal, dan sifat dari perkerasan ini adalah memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar, pengaruhnya terhadap penurunan tanah dasar yaitu jalan bergelombang (mengikuti tanah dasar).

2. Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan kaku adalah perkerasan yang berupa plat beton dengan atau tanpa tulangan di atas tanah dasar dengan atau tanpa pondasi bawah. Beban lalu lintas diteruskan ke atas plat beton.

Perkerasan kaku dikelompokkan atas :

- a. Perkerasan kaku semen yang terbuat dari beton semen baik yang bertulang ataupun tanpa tulangan.
- b. Perkerasan kaku komposit yang terbuat dari komposit (menggunakan dua bahan yang berbeda yaitu aspal dan beton) sehingga lebih kuat.

Struktur perkerasan kaku dapat dilaksanakan pada kondisi daya dukung tanah dasar yang kurang baik (kecil, berkisar nilai 2%) atau beban lalu lintas yang harus dilayani relatif besar, maka dibuat solusi dengan konstruksi perkerasan

kaku (*rigid pavement*). Struktur perkerasan kaku terdiri dari plat beton yang diletakkan pada lapis pondasi bawah yang menumpu pada tanah dasar, dengan atau tanpa lapis permukaan beraspal di atasnya.

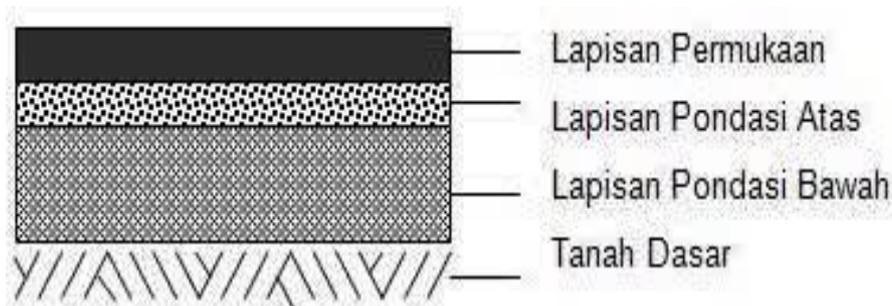
3. Konstruksi Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

Perkerasan komposit merupakan gabungan konstruksi perkerasan kaku dan lapis perkerasan lentur di atasnya, dimana kedua jenis perkerasan ini bekerja sama dalam memikul beban lalu lintas.

Sesuai dengan spesifikasi perencanaan, maka untuk pembahasan selanjutnya membahas mengenai perkerasan lentur saja.

2.1.16 Struktur dan Komponen Perkerasan Jalan Lentur

Konstruksi perkerasan lentur dipandang dari keamanan dan kenyamanan berlalu lintas haruslah memenuhi syarat, seperti permukaan yang rata, tidak bergelombang, tidak melendut, tidak berlubang, dan permukaan yang cukup kaku sehingga tidak berubah bentuk akibat beban yang bekerja di atasnya.



Gambar 2.19 Struktur perkerasan lentur

Struktur perkerasan lentur terdiri dari beberapa lapisan-lapisan yang semakin ke bawah memiliki daya dukung yang semakin kecil. Lapisan-lapisan tersebut adalah :

1. Lapis Permukaan (*Surface Course*)

Lapis permukaan merupakan lapis paling atas dari struktur perkerasan jalan. Lapis perkerasan lentur menggunakan bahan pengikat aspal yang menghasilkan

lapis yang kedap air, berstabilitas tinggi, dan memiliki daya tahan selama masa pelayanan. Namun demikian, akibat kontak langsung dengan roda kendaraan, hujan, dingin, panas, lapis paling atas cepat menjadi aus dan rusak sehingga disebut lapis aus.

Dengan demikian lapisan permukaan dapat dibedakan menjadi :

- a. Lapis aus (*wearing course*), merupakan lapis permukaan yang kontak dengan kendaraan dan perubahan cuaca.
- b. Lapis permukaan antara (*binder course*), merupakan lapis permukaan yang terletak di bawah lapis aus dan di atas lapis pondasi.

Berbagai jenis lapis permukaan yang umum digunakan di Indonesia adalah :

- a. Laburan aspal
- b. Lapis tipis aspal pasir (Latasir)
- c. Lapis tipis beton aspal (Lataston)
- d. Lapis beton aspal (Laston)
- e. Lapis penetrasi macadam (Lapen)
- f. Lapis asbuton agregat (Lasbutag)

Fungsi utama dari lapisan permukaan sebagai berikut :

- a. Lapis penahan beban vertikal dari kendaraan, oleh karena itu lapisan harus memiliki stabilitas yang tinggi selama masa pelayanan.
- b. Lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh di atas lapis permukaan tidak meresap ke lapisan dibawahnya.
- c. Lapisan yang menyebarkan beban ke lapis pondasi.
- d. Lapis aus (*wearing course*) yang menerima gesekan dan getaran roda dari kendaraan yang mengerem.

2. Lapis Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapis Pondasi Atas (*Base Course*) merupakan lapis perkerasan yang terletak di antara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan. Jika tidak digunakan lapis pondasi bawah, maka lapis pondasi atas diletakkan langsung di atas permukaan tanah dasar.

Lapis pondasi atas berfungsi sebagai :

- a. Bagian struktur perkerasan yang menahan gaya vertikal dari beban kendaraan dan disebarkan ke lapis di bawahnya.
- 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 menggunakan lapis berbutir tanpa pengikat atau lapis dengan sebagai pengikat.

Berbagai jenis aspal yang umum digunakan di Indonesia adalah :

- a. Laston lapis pondasi (*asphalt concrete base = AC – Base*)
- b. Lasbutag lapis pondasi
- c. Lapis penetrasi macadam (lapen)
- d. Lapis pondasi agregat
- e. Lapis pondasi tanah semen
- f. Lapis pondasi agregat semen

3. Lapis Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

Lapis pondasi bawah merupakan lapis perkerasan yang terletak diantara lapis pondasi dan tanah dasar.

Lapis pondasi bawah berfungsi sebagai :

- a. Bagian dari struktur perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban kendaraan ke lapis tanah dasar.
- b. Efisiensi penggunaan material yang relatif murah, agar lapis di atasnya dapat dikurangi tebalnya.
- c. Lapis peresap, agar air tanah tidak berkuumpul di pondasi.
- d. Lapis pertama, agar pelaksanaan pekerjaan dapat berjalan lancar, sehubungan dengan kondisi lapangan yang memaksa harus segera menutup tanah dasar dari pengaruh cuaca atau lemahnya daya dukung tanah dasar menahan roda alat berat.
- e. Lapis filter untuk mencegah partikel-partikel halus dari tanah dasar naik ke

lapis pondasi.

4. Lapis Tanah Dasar (*Subgrade Course*)

Tanah dasar atau tanah asli adalah permukaan tanah semula sebelum dilakukan pelaksanaan galian dan timbunan yang merupakan perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya.

Berdasarkan elevasi muka tanah dimana struktur perkerasan jalan diletakkan, lapis tanah dasar dibedakan menjadi :

- a. Lapis tanah dasar asli adalah tanah dasar yang merupakan muka tanah asli di lokasi jalan tersebut.
- b. Lapis tanah dasar tanah urug atau tanah timbunan adalah lapis tanah dasar yang lokasinya terletak di atas muka tanah asli.
- c. Lapis tanah dasar tanah galian adalah lapis tanah dasar yang lokasinya terletak di bawah muka tanah asli.

Keuntungan menggunakan perkerasan lentur yaitu :

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

Selain keuntungan, terdapat juga kekurangan dalam menggunakan perkerasan lentur yaitu :

- a. Tebal total struktur perkerasan lebih tebal daripada perkerasan kaku.
- b. Kelenturan dan sifat kohesi berkurang selama masa pelayanan.
- c. Frekuensi pemeliharaan lebih sering daripada menggunakan perkerasan kaku.

- d. Tidak baik digunakan jika sering tergenang air.
- e. Membutuhkan agregat yang lebih banyak.

2.1.17 Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Dengan Metode Pt T-01-2002-B

Metode Pt T-01-2002-B mengacu kepada AASHTO 1993, bagan alir perencanaan tebal perkerasan sama dengan bagan alir perencanaan tebal perkerasan dengan metode AASHTO 1993. Hampir keseluruhan tabel yang digunakan pada metode Pt T-01-2002-B merupakan adopsi identik dengan AASHTO 1993, metode AASHTO 1993 sendiri adalah salah satu metoda perencanaan untuk tebal perkerasan jalan yang sering digunakan di Indonesia. Metode ini dikembangkan pertama kali oleh *American Association of State Highway Official* (AASHO). AASHO berdiri pada November 1914 dan karena perkembangan yang terjadi dalam dunia transportasi, maka pada tahun 1973 AASHO berubah menjadi *American Association of State Highway Official* (AASHTO).

Metode ini sudah dipakai secara umum di seluruh dunia untuk perencanaan serta diadopsi sebagai standar perencanaan di berbagai negara. Metode AASHTO 1993 ini pada dasarnya adalah metoda perencanaan yang didasarkan pada metoda empiris.

2.1.18 Parameter-parameter Metode Pt T-01-2002-B

Adapun parameter-parameter yang ada dalam merencanakan tebal suatu perkerasan menggunakan metode Pt T-01-2002-B adalah sebagai berikut :

1. Repitisi beban lalu lintas

Dalam metode Pt T-01-2002-B ini beban lalu lintas yang dipakai mengacu pada metode AASHTO 1993 yaitu dinyatakan dalam repitisi lintasan sumbu standar selama umur rencana (W_{18}).

$$W_{18} = \sum LHR_i \times E_i \times D_A \times D_L \times 365 \times N \dots\dots\dots (2.32)$$

$$W_{18} = 365 \times D_L \times W_{18} \dots\dots\dots (2.33)$$

$$W_{18} = \sum_i^n B S_i LEF_i \dots\dots\dots (2.34)$$

Keterangan :

W_{18} = Repetisi beban lalu lintas selama umur rencana (iss/ umur rencana/ lajur rencana).

LHR = Lalu lintas harian rata-rata (kendaraan/hari/2arah).

W_{18} = Akumulasi beban sumbu standar kumulatif per hari.

LEF = Angka ekivalensi jenis kendaraan i.

D_A = Faktor distribusi arah, digunakan untuk menunjukkan distribusi ke masing-masing arah.

D_L = Faktor distribusi lajur, digunakan untuk menunjukkan distribusi kendaraan ke lajur rencana.

365 = Jumlah hari dalam satu tahun.

N = Faktor umur rencana.

2. Umur rencana

Umur rencana dinyatakan sebagai faktor umur rencana yaitu angka yang dipergunakan untuk menghitung repetisi lalu lintas selama umur rencana dari awal umur rencana.

$$N = \frac{[(1+g)^{UN} - 1]}{g} \dots\dots\dots (2.35)$$

Dimana :

UR = Umur Rencana

g = Pertumbuhan lalu lintas per tahun (% tahun).

3. Koefisien distribusi kendaraan per lajur rencana (D_L)

Faktor distribusi lajur ditentukan jumlah lajur dan lajur rencana. Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas darisuatu ruas jalan yang menampung lalu lintas terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, jumlah lajur ditentukan dari lebar perkerasan sesuai tabel 2.20.

Tabel 2.20
Faktor Distribusi Lajur (D_D)

Tabel 2. 21Faktor Distribusi Lajur (DD)

| Lebar Perkerasan (L) | Jumlah Lajur |
|---|--------------|
| $L < 4,50 \text{ m}$ | 1 |
| $4,50 \text{ m} \leq L \leq 8,00 \text{ m}$ | 2 |
| $8,00 \text{ m} \leq L \leq 11,25 \text{ m}$ | 3 |
| $11,25 \text{ m} \leq L \leq 15,00 \text{ m}$ | 4 |
| $15,00 \text{ m} \leq L \leq 18,75 \text{ m}$ | 5 |
| $18,75 \text{ m} \leq L \leq 22,50 \text{ m}$ | 6 |

(Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum, 2012)

Dan faktor distribusi lajur dapat ditentukan dari tabel 2.21.

Tabel 2.21
Faktor Distribusi Lajur (D_D)

Tabel 2. 22Faktor Distribusi Lajur (DD)

| Jumlah Lajur | Kendaraan Ringan | | Kendaraan Berat | |
|--------------|------------------|--------|-----------------|--------|
| | 1 Arah | 2 Arah | 1 Arah | 2 Arah |
| 1 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| 2 | 0,600 | 0,500 | 0,700 | 0,500 |
| 3 | 0,400 | 0,400 | 0,500 | 0,475 |
| 4 | 0,300 | 0,300 | 0,400 | 0,450 |
| 5 | – | 0,250 | – | 0,425 |
| 6 | – | 0,200 | – | 0,400 |

(Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum, 2012)

4. Faktor distribusi arah (D_A)

Digunakan untuk menunjukkan distribusi ke masing – masing arah. Jika data

lalu lintas yang digunakan adalah satu arah, maka $D_A = 1$. Jika volume lalu lintas yang tersedia dalam dua arah, D_A berkisar antara 0,3 – 0,7. Untuk perencanaan umumnya D_A diambil sama dengan 0,5.

5. Beban sumbu dan konfigurasi beban sumbu

Lalu lintas yang digunakan untuk perancangan tebal perkerasan lentur dalam pedoman ini adalah lalu lintas kumulatif selama umur rencana. Besaran ini didapatkan dengan mengalikan beban sumbu standar kumulatif pada lajur rencana selama setahun (W_{18}) dengan besaran kenaikan lalu lintas (*traffic growth*). Secara numerik rumusan lalu lintas kumulatif ini adalah sebagai berikut :

$$W_t = W_{18} \frac{[(1+g)^{UN} - 1]}{g} \dots\dots\dots (2.36)$$

Keterangan :

W_t = Jumlah beban sumbu tunggal standar kumulatif pada lajur rencana.

6. Faktor ekivalen beban sumbu kendaraan

Faktor ekvivalen beban sumbu kendaraan (*Load Equivalency Factor, LEF*) setiap kelas kendaraan adaah sesuai dengan beban sumbu setiap kelas kendaraan, yaitu konfigurasi sumbu tunggal, sumbu ganda (tandem), dan sumbu tiga (*triple*).

$$LEF = \frac{1}{W_{18}/W_{tx}} \dots\dots\dots (2.37)$$

$$\frac{W_x}{W_{18}} = \left(\frac{L_{18} + L_{2s}}{L_x + L_{2x}} \right)^{4,79} \left(\frac{10^{G/B_{18}}}{10^{G/B_x}} \right) (L_{2x})^{4,33} \dots\dots\dots (2.38)$$

$$\beta_x = 0,40 + \frac{0,08 (L_x + L_{2x})^{3,2s}}{(SN + 1)^{5,19} (L_{2x})^{3,2s}} \dots\dots\dots (2.39)$$

$$G = \frac{IP_0 - IP_t}{4,2 - IP_f} \dots\dots\dots (2.40)$$

Dimana :

W_x = angka beban sumbu x pada akhir waktu t.

W_{18} = angka 18 – Kip (80k Kn) beban sumbu tunggal untuk waktu t.

L_x = beban dalam kip pada satu sumbu tunggal atau pada sumbu ganda (tandem) atau satu sumbu triple.

L_{2x} = kode beban (1 untuk sumbu tunggal, 2 untuk sumbu tandem, 3 untuk sumbu triple).

I_{pf} = indeks pelayanan jalan hancur (minimum 1,5).

β_x = faktor desain dan variasi beban sumbu.

G = faktor perbandingan kehilangan tingkat pelayanan.

Faktor angka ekivalen untuk konfigurasi sumbu lainnya ditentukan dengan mempergunakan tabel angka ekivalen yang dikeluarkan AASTHO 1993.

7. Struktural Number (SN)

SN adalah angka yang menunjukkan jumlah tebal lapis perkerasan yang telah disetarakan kemampuannya sebagai bagian kinerja jalan.

SN digunakan untuk menentukan tebal lapis perkerasan jalan yang dapat ditentukan dengan nomogram yang dikeluarkan AASTHO 1993 atau dapat dicari dengan rumus :

$$\log W_{18} = ZR \times S_0 + 9,36 \times \log_{10} (SN + 1) - 20 \frac{\log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{IP_0 - IP_f} \right)}{0,4 \frac{1094}{(SN+1)^{5,19}}} + 2,32 \times \log_{10}(MR) - 8,07 \dots \dots \dots (2.41)$$

Keterangan :

W_{18} = Repitisi beban lalu lintas selama umur rencana (iss/ umur rencana/ lajur rencana).

ZR = Deviasi normal standar sebagai fungsi dari tingkat kepercayaan (R)

S_0 = Deviasi standar keseluruhan, bernilai antara 0,4-0,5.

SN = Structural Number, angka struktural relatif perkerasan (inci).

ΔPSI = Perbedaan service ability index diawal dan akhir umur rencana.

MR = Modulus Resilient tanah dasar (psi).

Struktural Number (SN) asumsi digunakan untuk menentukan angka ekivalen (E), dan jika SN yang telah dicari dengan rumus 2.41 atau dengan nomogram tidak sama dengan SN yang dicari dengan rumus 2.42, maka penentuan angka ekivalen harus diulang kembali dengan menggunakan SN baru.

$$SN = a_1D_1 + a_2m_2D_2 + a_3m_3D_3 \dots\dots\dots (2.42)$$

Keterangan :

SN = *Structural Number*, angka struktural relatif perkerasan (inci)

a_1 = koefisien kekuatan relatif lapis permukaan

a_2 = koefisien kekuatan relatif lapis pondasi

a_3 = koefisien kekuatan relatif lapis pondasi bawah

D_1 = tebal lapis permukaan (inci)

D_2 = tebal lapis pondasi (inci)

D_3 = tebal lapis pondasi bawah (inci)

$M_{2,3}$ = koefisien drainase untuk lapis pondasi dan pondasi bawah

8. Indeks Permukaan (Service Ability Index)

Indeks permukaan digunakan untuk menyatakan kinerja struktur perkerasan jalan dalam menerima beban untuk melayani arus lalu lintas selama umur rencana dan kondisi kinerja di akhir umur rencana.

Dalam menentukan indeks permukaan (IP) pada awal umur rencana (IP_o) perlu diperhatikan jenis lapis permukaan perkerasan pada awal umur rencana sesuai dengan tabel 2.22.

Tabel 2.22

Indeks Permukaan awal (IP_o)

Tabel 2. 23 Indeks Permukaan awal (IP_o)

| Jenis Lapis Permukaan | IP_o | <i>Roughness</i> (IRI, m/km) |
|-----------------------|-----------|------------------------------|
| Laston | ≥ 4 | $\leq 1,0$ |
| | 3,9 – 3,5 | $\leq 1,0$ |
| Lasbutag | 3,9 – 3,5 | $\leq 2,0$ |

| | | |
|-------|-----------|-------|
| | 3,4 – 3,0 | ≤ 2,0 |
| Lapen | 3,4 – 3,0 | ≤ 3,0 |
| | 2,9 – 2,5 | ≤ 3,0 |

(Sumber : Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2002)

Dan dalam menentukan indeks permukaan (IP) pada akhir umur rencana (IP_t) perlu diperhatikan kinerja struktur perkerasan di akhir umur rencana. Nilai IP_t dapat dilihat pada tabel 2.23.

Tabel 2.23

Indeks Permukaan akhir (IP_t)

Tabel 2. 24Indeks Permukaan akhir (IPt)

| Klasifikasi Jalan | | | |
|-------------------|-----------|------------|-----|
| Lokal | Kolektor | Arteri | Tol |
| 1,0 – 1,5 | 1,5 | 1,50 – 2,0 | – |
| 1,5 | 1,5 – 2,0 | 2,0 | – |
| 1,5 – 2,0 | 2,0 | 2,0 – 2,5 | – |
| – | 2,0 – 2,5 | 2,5 | 2,5 |

(Sumber : Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2002)

9. Reliabilitas (R)

Reliabilitas adalah tingkat kepastian bahwa struktur perkerasan mampu melayani arus lalu lintas selama umur rencana sesuai dengan proses penurunan kinerja struktur perkerasan yang dinyatakan dengan *serviceability* yang direncanakan. Kemungkinan bahwa jenis kerusakan tertentu atau kombinasi jenis kerusakan pada struktur perkerasan akan tetap lebih rendah atau dalam rentang yang diizinkan selama umur rencana. Lengkung distribusi normal menggambarkan hubungan antara frekuensi dicapainya p_t pada repetisi beban lalu lintas tertentu. Reliabilitas digunakan untuk mengalikan repetisi beban lalu lintas yang diperkirakan selama umur rencana dengan faktor reliabilitas (F_R). Efek adanya faktor reliabilitas dalam perencanaan adalah meningkatkan ESAL yang digunakan untuk merencanakan tebal perkerasan jalan.

$$FR = 10^{ZR(S_0)} \dots\dots\dots (2.43)$$

Keterangan :

FR = Faktor Reliabilitas

S_0 = Deviasi standar keseluruhan dari distribusi normal sehubungan dengan kesalahan yang terjadi pada perkiraan lalu lintas kinerja perkerasan, berkisaran antara 0,35-0,45.

ZR = Deviasi normal standar sebagai fungsi dari tingkat kepercayaan (R)

Untuk menentukan nilai reliabilitas (R) dapat kita ambil dari tabel 2.24.

Tabel 2.24

Nilai Reliabilitas (R) Sesuai Fungsi Jalan

Tabel 2. 25Nilai Reliabilitas (R) Sesuai Fungsi Jalan

| Fungsi jalan | Rekomendasi | |
|----------------|-------------|-----------|
| | Urban | Rural |
| Bebas Hambatan | 85 – 99,9 | 80 – 99,9 |
| Arteri | 80 – 99 | 75 – 95 |
| Kolektor | 80 – 95 | 75 – 95 |
| Lokal | 50 – 80 | 50 – 80 |

(sumber : Sukirman, 2010)

Deviasi Normal Standar ZR untuk berbagai tingkat kepercayaan (R) dapat dilihat pada tabel 2.25.

Tabel 2.25

Deviasi Normal Standar (ZR)

Tabel 2. 26Deviasi Normal Standar (ZR)

| Reliabilitas (%) | Standar Normal Deviate (Z_R) |
|------------------|----------------------------------|
| 50 | 0,00 |
| 60 | - 0,25 |
| 70 | - 0,52 |
| 75 | - 0,67 |
| 80 | - 0,84 |

| | |
|------|--------|
| 85 | - 1,04 |
| 90 | - 1,28 |
| 91 | - 1,34 |
| 92 | - 1,41 |
| 93 | - 1,48 |
| 94 | - 1,56 |
| 95 | - 1,65 |
| 96 | - 1,75 |
| 97 | - 1,88 |
| 98 | - 2,05 |
| 99 | - 2,33 |
| 99,9 | - 3,09 |
| 100 | - 3,75 |

(Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum, 2012)

10. Modulus Resilient (M_R)

Modulus *Resilient* adalah perbandingan antara nilai *deviator stress*, yang menggambarkan repetisi beban roda dan *recobale strain*. Nilai M_R dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti kadar air, derajat kejenuhan, kepadatan, temperatur, jumlah butir halus dan gradasi. Setelah nilai CBR telah dihitung maka nilai M_R dapat dihitung.

$$MR = 1500 \times CBR \dots\dots\dots (2.44)$$

Keterangan :

M_R = Modulus Resilient (psi)

CBR = Nilai CBR_{segmen} (%)

11. Koefisien Drainase

Koefisien drainase adalah faktor yang digunakan untuk memodifikasi koefisien kekuatan relatif sebagai fungsi yang menyatakan seberapa baiknya struktur perkerasan dapat mengatasi pengaruh negatif masuknya air ke dalam

struktur perkerasan. Untuk perencanaan tebal perkerasan jalan, kualitas drainase ditentukan berdasarkan kemampuan menghilangkan air dari struktur perkerasan.

Tabel 2.26

Kelompok Kualitas Drainase

Tabel 2. 27Kelompok Kualitas Drainase

| Kualitas Drainase | Air hilang dalam |
|-------------------|--------------------|
| Baik Sekali | 2 jam |
| Baik | 1 hari |
| Sedang | 1 minggu |
| Jelek | 1 bulan |
| Jelek Sekali | Air tidak mengalir |

(Sumber : Sukirman, 2010)

Pengaruh kualitas drainase dalam proses perencanaan tebal lapisan perkerasan dinyatakan dengan menggunakan koefisien drainase (m).

Tabel 2.27

Koefisien Drainase

Tabel 2. 28Koefisien Drainase

| Kualitas Drainase | Persen pada saat struktur perkerasan dipengaruhi oleh kadar air yang mendekati jenuh | | | |
|-------------------|--|-------------|-------------|-------|
| | > 1% | 1 – 5% | 5 – 25% | < 25% |
| Baik sekali | 1,40 – 1,35 | 1,35 – 1,30 | 1,30 – 1,20 | 1,20 |
| Baik | 1,40 – 1,36 | 1,25 – 1,15 | 1,15 – 1,00 | 1,00 |
| Sedang | 1,40 – 1,37 | 1,15 – 1,05 | 1,00 – 0,80 | 0,80 |
| Jelek | 1,40 – 1,38 | 1,05 – 0,80 | 0,80 – 0,60 | 0,60 |
| Jelek sekali | 1,40 – 1,39 | 0,90 – 0,75 | 0,75 – 0,40 | 0,40 |

(Sumber : Sukirman, 2010)

12. Koefisien Kekuatan Relatif

Koefisien kekuatan relatif adalah angka penyetaraan berbagai jenis lapis

perkerasan yang dipengaruhi oleh mutu dari jenis lapisan yang dipilih. Koefisien kekuatan relatif lapis permukaan ditentukan dengan menggunakan tabel 2.27 berdasarkan nilai modulus elastisitas, E_{AC} (psi) beton aspal.

Tabel 2.27

Tebal Minimum Lapis Perkerasan

Tabel 2. 29Tebal Minimum Lapis Perkerasan

| Jenis Bahan | Koefisien Kekuatan Relatif | | |
|---|----------------------------|----------------|----------------|
| | a ₁ | a ₂ | a ₃ |
| 1. Lapis Permukaan | | | |
| Laston Modifikasi ¹ | | | |
| – Lapis Aus Modifikasi | 0,414 | | |
| – Lapis Antara Modifikasi | 0,360 | | |
| Laston | | | |
| – Lapis Aus | 0,400 | | |
| – Lapis Antara | 0,344 | | |
| Lataston | | | |
| – Lapis Aus | 0,350 | | |
| 2. Lapis Pondasi | | | |
| Lapis Pondasi Laston Modifikasi | | 0,305 | |
| Lapis Pondasi Laston | | 0,290 | |
| Lapis Pondasi Lataston | | | |
| Lapis Pondasi LAPEN | | 0,190 | |
| CMRFB (<i>Cold Mix Recycling Foam Bitumen</i>) | | 0,270 | |
| Beton Padat Giling (BPG/RCC) | | 0,230 | |
| CTB (<i>Cement Treated Base</i>) | | 0,210 | |
| CTSB (<i>Cement Treated Subbase</i>) | | 0,170 | |
| CTRB (<i>Cement Treated Recycling Base</i>) | | 0,170 | |
| CTRSB (<i>Cement Treated Recycling Subbase</i>) | | 0,160 | |

| | | | |
|---|--|-------|-------|
| Tanah Semen | | 0,145 | |
| Tanah Kapur | | 0,135 | |
| Agregat Kelas A | | | |
| 3. Lapis Pondasi Bawah | | | |
| Agregat Kelas B | | | 0,125 |
| Agregat Kelas C | | | 0,112 |
| Konstruksi Telford | | | |
| – Pemasangan Mekanis | | | 0,104 |
| – Pemasangan Manual | | | 0,074 |
| Material Pilihan (<i>Selected Material</i>) | | | 0,080 |

(Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum, 2012)

13. Tebal Minimum Lapisan

Pada saat menentukan tebal lapis perkerasan, perlu dipertimbangkan keefektifannya dari segi biaya, pelaksanaan konstruksi, dan batasan pemeliharaan untuk menghindari kemungkinan dihasilkannya perancangan yang tidak praktis. Pada tabel 2.28 disajikan tebal minimum untuk lapis permukaan, lapis pondasi dan lapis pondasi bawah.

Tabel 2.28
Tebal Minimum Lapis Perkerasan

Tabel 2.30 Tebal Minimum Lapis Perkerasan

| Jenis Bahan | Tebal Minimum | |
|---------------------------------|---------------|------|
| | (inci) | (cm) |
| 4. Lapis Permukaan | | |
| Laston Modifikasi ¹ | | |
| – Lapis Aus Modifikasi | 1,6 | 4,0 |
| – Lapis Antara Modifikasi | 2,4 | 6,0 |
| Laston | | |
| – Lapis Aus | 1,6 | 4,0 |
| – Lapis Antara | 2,4 | 6,0 |
| Lataston | | |
| – Lapis Aus | 1,2 | 3,0 |
| 5. Lapis Pondasi | | |
| Lapis Pondasi Laston Modifikasi | 2,9 | 7,5 |

| | | |
|--|-----|-----|
| Lapis Pondasi Laston | 2,9 | 7,5 |
| Lapis Pondasi Lataston | 1,4 | 3,5 |
| Lapis Pondasi LAPEN | 2,5 | 6,5 |
| Agregat Kelas A | 4,0 | 10 |
| CMRFB (<i>Cold Mix Recycling Foam Bitumen</i>) | 6,0 | 15 |
| Beton Padat Giling (BPG/RCC) | 6,0 | 15 |
| CTB (<i>Cement Treated Base</i>) | 6,0 | 15 |
| CTSB (<i>Cement Treated Subbase</i>) | 6,0 | 15 |
| CTRB (<i>Cement Treated Recycling Base</i>) | 6,0 | 15 |
| CTRSB (<i>Cement Treated Recycling Subbase</i>) | 6,0 | 15 |
| Beton Korus (CBK) atau <i>Lean – Mix Concrete</i> (LC) | 6,0 | 15 |
| Tanah Semen | 6,0 | 15 |
| Tanah Kapur | 6,0 | 15 |
| 6. Lapis Pondasi Bawah | | 15 |
| Agregat Kelas B | 6,0 | 15 |
| Agregat Kelas C | 6,0 | 15 |
| Konstruksi Telford | 6,0 | 15 |
| Material Pilihan (<i>Selected Material</i>) | 6,0 | 15 |

(Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum, 2012)

2.1.19 Pengelolaan Proyek

Untuk menyelesaikan suatu pekerjaan konstruksi yang tepat diperlukan adanya hubungan ketergantungan antar bagian-bagian pekerjaan dengan pekerjaan lainnya. Oleh karena itu dengan adanya pengelolaan proyek maka pekerjaan yang akan dikerjakan akan dapat sesuai dengan sasaran dan tujuan yang telah ditetapkan sebelumnya. Pengelolaan proyek harus diatur secara baik agar pelaksanaan proyek berjalan sesuai aturan, maka dari itu diperlukan pengaturan manajemen proyek dan perhitungan anggaran biaya proyek.

Manajemen proyek adalah semua kegiatan perencanaan, pelaksanaan, pengendalian sumber daya untuk mencapai tujuan proyek yang tepat biaya, tepat mutu dan waktu.

Estimasi biaya proyek adalah proses perkiraan perhitungan biaya yang dibutuhkan pada proyek konstruksi atau bangunan. Guna perhitungan dari estimasi biaya ini adalah sebagai patokan untuk menyusun Rencana Anggaran Biaya (RAB). Untuk menghitung anggaran biaya dari proyek, maka langkah-langkah yang dilakukan antara lain sebagai berikut :

2.1.20 Membuat Daftar Harga Satuan Bahan dan Upah

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

2.1.21 Perhitungan Analisa Satuan Harga Pekerjaan

Analisa harga satuan adalah perhitungan-perhitungan biaya yang berhubungan dengan pekerjaan-pekerjaan yang ada dalam suatu proyek. Gunanya agar kita dapat mengetahui harga-harga satuan dari tiap-tiap pekerjaan yang ada. Dari harga-harga yang terdapat di dalam analisa satuan harga ini nantinya akan digunakan sebagai dasar pembuatan rencana anggaran biaya. Adapun yang termasuk di dalam analisa satuan harga ini adalah :

1. Analisa harga satuan pekerjaan

Analisa harga satuan pekerjaan adalah perhitungan-perhitungan biaya pada setiap pekerjaan yang ada pada suatu proyek. Dalam menghitung analisa satuan pekerjaan, sangatlah erat hubungannya dengan daftar harga satuan bahan dan upah.

2. Analisa satuan alat berat

Perhitungan analisa satuan alat berat dilakukan dengan dua pendekatan yaitu :

- a. Pendekatan on the job, yaitu pendekatan yang dimaksudkan untuk mendapatkan hasil perhitungan produksi berdasarkan data yang diperoleh dari data hasil lapangan dan data ini biasanya didapat dari pengamatan atau obsevasi lapangan.
- b. Pendekatan off the job, yaitu pendekatan yang dipakai untuk memperoleh hasil perhitungan berdasarkan sandar yang biasanya ditetapkan oleh pabrik pembuat.

2.1.22 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.

2.1.23 Perhitungan Rencana Anggaran Biaya

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

2.1.24 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.

2.1.25 Rencana Kerja (Time Schedule)

Rencana kerja yaitu suatu pembagian waktu secara rinci yang disediakan untuk masing-masing bagian pekerjaan dari pekerjaan awal sampai pekerjaan akhir.

Manfaat dan kegunaan rencana kerja sebagai berikut :

1. Alat koordinasi bagi pemimpin
2. Pedoman kerja para pelaksana
3. Penilaian kemajuan pekerjaan
4. Evaluasi hasil pekerjaan

Cara menyusun rencana kerja :

1. Daftar Bagian-bagian Pekerjaan

Berisi semua bagian pekerjaan pokok yang ada dan pembangunan yang akan dilaksanakan, termasuk didalamnya perincian jenis-jenis pekerjaan dari masing-masing pekerjaan.

2. Urutan Kegiatan

Disusun urutan pelaksanaan pekerjaan berdasarkan penentuan/ pemilihan dari bagian pekerjaan yang harus dilakukan lebih dahulu dan bagian-bagian pekerjaan yang dapat dilaksanakan kemudian, tidak memungkinkan adanya bagian-bagian pekerjaan yang didapat dilaksanakan bersamaan.

3. Waktu Pelaksanaan Pekerjaan.

Jangka waktu pelaksanaan dari seluruh pekerjaan yang dihitung dari permulaan pekerjaan sampai dengan seluruh pekerjaan selesai, dimana waktu pelaksanaan pekerjaan diperoleh dari waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan bagian-bagian pekerjaan yang didapat dari penjumlahan dari waktu untuk menyelesaikan jenis-jenis pekerjaan dari bagian-bagian pekerjaan yang bersangkutan.

Rencana kerja terdiri dari :

1. Kurva S

Kurva S dibuat berdasarkan bobot setiap pekerjaan dan lama waktu yang diperlukan untuk setiap pekerjaan dari tahap pertama sampai berakhirnya pekerjaan tersebut. Bobot pekerjaan merupakan persentase yang didapat dari perbandingan antara harga pekerjaan dengan harga total keseluruhan dari jumlah harga penawaran.

2. Barchart

Diagram barchart mempunyai hubungan yang erat dengan network planning, barchart ditunjukkan dengan diagram batang yang dapat menunjukkan lamanya waktu pelaksanaan. Disamping itu juga dapat menunjukkan lamanya pemakaian alat dan bahan-bahan yang diperlukan serta pengaturan hal-hal tersebut tidak saling mengganggu pelaksanaan pekerjaan. Barchart mempunyai kelebihan dan kekurangan, diantaranya adalah sebagai berikut :

a. Kelebihan barchart sebagai berikut :

- 1) Mudah dibaca.
- 2) Mudah dibuat.
- 3) Bersifat sederhana

b. Kekurangan barchart sebagai berikut :

- 1) Sulit digunakan untuk pekerjaan yang besar.
- 2) Tidak terperinci.
- 3) Apabila terdapat kesalahan sukar untuk mengadakan perbaikan.
- 4) Tidak menunjukkan secara spesifik adanya hubungan ketergantungan.

3. Network Planning

Suatu teknik yang digunakan untuk merencanakan, menjadwalkan dan mengawasi aktivitas pekerjaan suatu proyek dengan menggunakan pendekatan atau analisis waktu (time) dan biaya (cost) yang digambarkan dalam bentuk simbol dan diagram.