

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Perencanaan Geometrik Jalan Raya

2.1.1 Umum

Dalam perencanaan jalan raya, bentuk geometriknya harus sedemikian sehingga jalan yang bersangkutan dapat memberikan pelayanan yang optimal kepada lalu lintas sesuai dengan fungsinya. (Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya No. 038/T/BM/1997).

Tujuan dari perencanaan geometrik jalan adalah menghasilkan infrastruktur yang aman, nyaman, dan efisien pelayanan arus lalu lintas dan memaksimalkan rasio tingkat penggunaan biaya pelaksanaan ruang.

Yang menjadi dasar perencanaan geometrik adalah sifat, gerakan, ukuran kendaraan, sifat pengemudi dalam mengendalikan gerakan kendaraannya dan karakteristik lalu lintas. Hal – hal tersebut haruslah menjadi bahan pertimbangan perencanaan sehingga dihasilkan bentuk dan ukuran jalan, serta ruang gerak kendaraan yang memenuhi tingkat keamanan dan kenyamanan yang diharapkan.

Perencanaan konstruksi jalan raya membutuhkan data – data perencanaan yang meliputi data lalu lintas, data topografi, data penyelidikan tanah, data penyelidikan material dan data penunjang lainnya. Semua data ini sangat diperlukan dalam merencanakan suatu konstruksi jalan raya, karena data ini memberikan gambaran yang sebenarnya dari kondisi suatu daerah dimana ruas jalan ini akan dibangun. Dengan adanya data – data ini, kita dapat menentukan geometrik dan tebal perkerasan yang diperlukan dalam merencanakan suatu konstruksi jalan raya (Sukirman, 1999).

2.2 Klasifikasi Jalan Raya

Klasifikasi jalan merupakan aspek penting yang pertama kali harus diidentifikasi sebelum melakukan perancangan jalan. Karena kriteria desain suatu rencana jalan yang ditentukan dari standar desain ditentukan oleh klasifikasi jalan raya. Klasifikasi jalan raya dibagi dalam beberapa kelompok (TPGJAK No. 038/T/BM/1997), yaitu :

a. Klasifikasi Menurut Fungsi Jalan

1. 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.

2. Jalan Kolektor

Adalah jalan yang melayani angkutan pengumpul / pembagi dengan ciri – ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata – rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.

3. Jalan Lokal

Adalah jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata – rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

b. Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas yang dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan ton, dan kemampuan jalan tersebut dalam menyalurkan kendaraan dengan dimensi maksimum tertentu.

Klasifikasi menurut kelas jalan, fungsi jalan dan dimensi kendaraan maksimum (panjang dan lebar) kendaraan yang diijinkan melalui jalan tersebut secara umum dapat dilihat dalam tabel 2.1

Tabel 2.1 Klasifikasi jalan secara umum menurut kelas, fungsi, dimensi kendaraan maksimum dan muatan sumbu terberat (MST)

| Kelas Jalan | Fungsi Jalan | Dimensi kendaraan | | Muatan Sumbu |
|-------------|----------------|-------------------|-----------|--------------|
| | | Panjang (m) | Lebar (m) | |
| I | Jalan Arteri | 18 | 2.5 | > 10 |
| II | | 18 | 2.5 | 10 |
| IIIA | | 18 | 2.5 | 8 |
| IIIA | Jalan Kolektor | 18 | 2.5 | 8 |
| IIIB | | 12 | 2.5 | 8 |

(Sumber: Peraturan Pemerintah RI No. 43/1993)

c. Klasifikasi 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 2.2 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, No. 038/T/BM/1997)

d. Klasifikasi Menurut Wewenang Pembinaan Jalan

1. Jalan nasional merupakan jalan arteri dan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan antar ibu kota provinsi dan jalan strategis nasional serta jalan tol.
2. Jalan provinsi adalah jalan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan ibu kota provinsi dan ibu kota kabupaten.

3. Jalan kabupaten adalah jalan lokal dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan ibu kota kabupaten dengan ibu kota kecamatan serta jalan umum dalam jaringan jalan sekunder dalam suatu wilayah kabupaten.
4. Jalan kota merupakan jalan umum dalam sistem jaringan sekunder yang fungsinya menghubungkan pusat pelayanan dalam kota, pusat pelayanan dengan persil serta antar pemukiman dalam kota.
5. Jalan desa adalah jalan umum yang berfungsi menghubungkan wilayah pemukiman dalam desa.
6. Jalan khusus adalah jalan yang dibangun oleh suatu instansi, badan usaha, perseorangan atau kelompok masyarakat untuk kepentingan sendiri.

e. Klasifikasi Jalan Menurut Volume Lalu Lintas

Menurut Peraturan Perencanaan geometrik Jalan Raya (PPGJR) No.13 tahun 1970, klasifikasi jalan dikelompokkan menurut kapasitas lalu lintas harian rata-rata (LHR) yang dilayani dalam satuan SMP.

Tabel 2.3 Klasifikasi jalan dalam LHR

| No. | Fungsi | Kelas | Lalulintas Harian (smp) |
|-----|----------------|-------|-------------------------|
| 1 | Jalan Arteri | I | >20000 |
| 2 | Jalan Kolektor | II A | 6000 – 20000 |
| | | II B | 1500 – 8000 |
| | | II C | < 2000 |
| 3 | Jalan Lokal | III | - |

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya No.13 tahun 1970.)

2.3 Kriteria Perencanaan

Dalam perancangan jalan, bentuk geometrik jalan terdapat parameter – parameter perencanaan yang merupakan penentu tingkat kenyamanan dan keamanan yang dihasilkan oleh suatu bentuk geometrik jalan.

2.3.1 Kendaraan Rencana

Kendaraan rencana adalah kendaraan yang dimensi dan radius putarnya dipakai sebagai acuan dalam perencanaan geometrik. Untuk perencanaan, setiap kelompok diwakili oleh satu ukuran standar. Dan ukuran kendaraan rencana untuk masing – masing kelompok adalah ukuran terbesar yang mewakili kelompoknya.

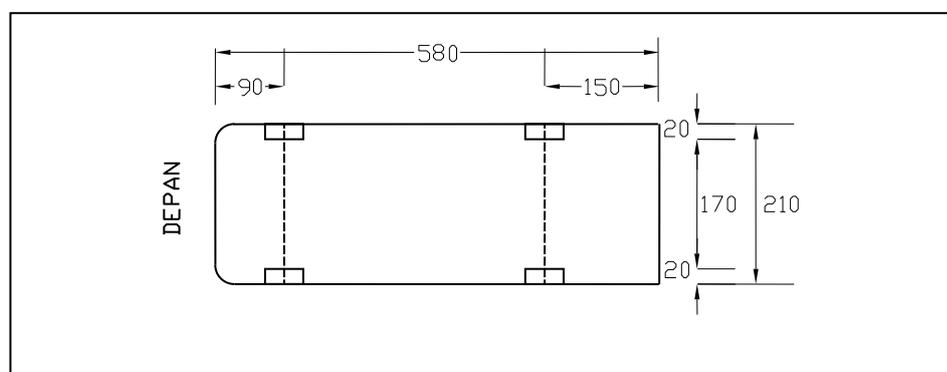
Berdasarkan dari bentuk, ukuran, dan daya dari kendaraan – kendaraan yang mempergunakan jalan, kendaraan – kendaraan tersebut dikelompokkan menjadi tiga kategori (Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, No. 038/T/BM/1997) :

- Kendaraan Kecil, diwakili oleh mobil penumpang.
- Kendaraan Sedang, diwakili oleh truk 3 as tandem dan bus besar 2 as.
- Kendaraan Besar, diwakili oleh truk – semi – triler.

Tabel 2.4 Dimensi Kendaraan Rencana

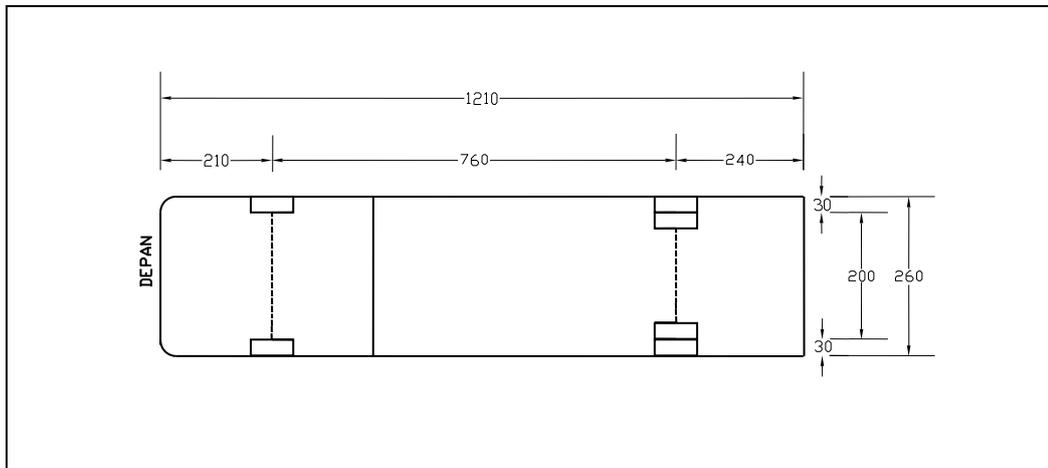
| Kategori kendaraan rencana | Dimensi kendaraan (cm) | | | Tonjolan (cm) | | Radius putar (cm) | | Radius tonjolan (cm) |
|----------------------------|------------------------|-------|---------|---------------|----------|-------------------|-------|----------------------|
| | Tinggi | Lebar | Panjang | 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 | 1200 | 900 | 2900 | 14000 | 1370 |

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



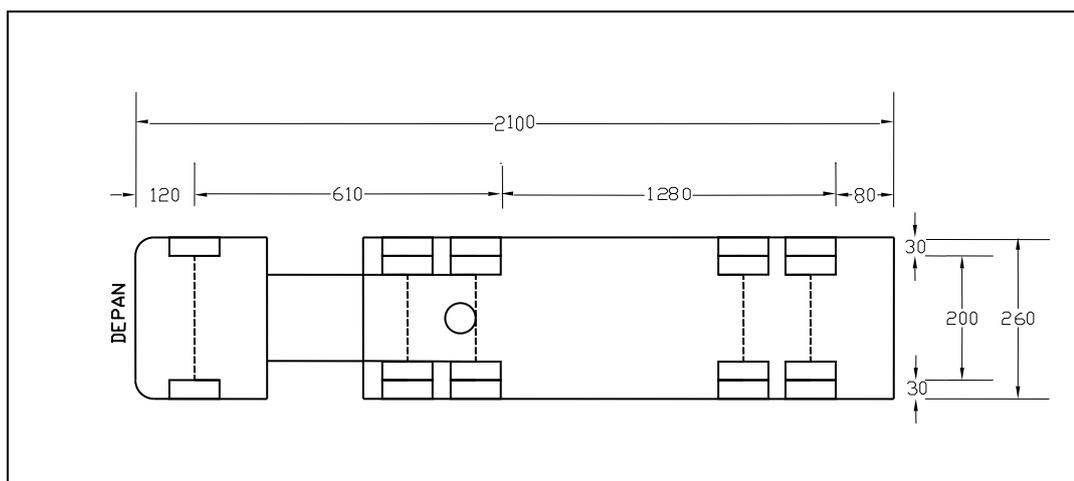
Gambar 2.1 Dimensi Kendaraan Kecil

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



Gambar 2.2 Dimensi Kendaraan Sedang

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



Gambar 2.3 Dimensi Kendaraan Besar

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

2.3.2 Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana adalah kecepatan yang dipilih untuk keperluan perencanaan setiap bagian jalan raya seperti : tikungan, kemiringan jalan, jarak pandang, kelandaian jalan, dan sebagainya. Kecepatan rencana tersebut merupakan kecepatan tertinggi menerus dimana kendaraan dapat berjalan dengan aman dan keamanan itu sepenuhnya bergantung dari bentuk jalan.

Kecepatan rencana bergantung pada :

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

Kecepatan rencana inilah yang dipergunakan untuk dasar perencanaan geometrik (alinyemen). Kecepatan rencana dari masing – masing kendaraan dapat dilihat pada tabel 2.5.

Tabel 2.5 Kecepatan Rencana (V_R) Sesuai Klasifikasi Fungsi dan Kelas Jalan

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

2.3.3 Satuan Mobil Penumpang (SMP)

SMP adalah angka satuan kendaraan dalam hal kapasitas jalan, dimana setiap mobil penumpang memiliki satu SMP. SMP untuk jenis kendaraan dan kondisi medan lainnya dapat dilihat pada tabel 2.6. Detail nilai SMP dapat dilihat pada buku Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) No. 036/TBM/1997.

Tabel 2.6 Ekuivalen Mobil Penumpang

| No | Jenis Kendaraan | Datar/ Perbukitan | Pegunungan |
|----|---------------------------------|-------------------|------------|
| 1 | Sedan, Jeep, Station Wagon | 1,0 | 1,0 |
| 2 | Pick-Up, Bus Kecil, Truck Kecil | 1,2-2,4 | 1,9-3,5 |
| 3 | Bus dan Truck Besar | 1,2-5,0 | 2,2-6,0 |

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

2.3.4 Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas menunjukkan jumlah kendaraan yang melintasi suatu titik pengamatan dalam satu satuan waktu (hari, jam, menit). Volume lalu lintas dalam SMP ini menunjukkan besarnya jumlah Lalu lintas Harian Rata – rata (LHR) yang melintasi jalan tersebut. Dari Lalu lintas Harian Rata – rata (LHR) yang didapatkan kita dapat mengklasifikasikan jalan tersebut seperti terlihat pada tabel 2.3.

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

Adalah lalu lintas yang menunjukkan jumlah kendaraan yang melintasi satu titik pengamatan selama 24 jam dalam satu tahun penuh.

Rumus umum :

$$LHRT = \frac{\text{jumlah lalu-lintas dalam satu tahun}}{365} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

LHRT = Lalu lintas harian rata – rata tahunan

365 = Jumlah hari dalam setahun

b. Lalu lintas Harian Rata – rata (LHR)

Adalah jumlah kendaraan yang melintasi satu titik pengamatan dibagi lamanya pengamatan itu sendiri.

Rumus umum :

$$LHR = \frac{\text{jumlah lalu-lintas dalam satu tahun}}{\text{lamanya pengamatan}} \dots\dots\dots (2.2)$$

2.3.5 Data Peta Topografi

Pengukuran peta topografi dimaksudkan untuk mengumpulkan data topografi yang cukup untuk kebutuhan perencanaan yang dilakukan pada sepanjang ruas jalan yang direncanakan. Hasil dari pengukuran ini digunakan dalam perencanaan geometrik. Pengukuran peta topografi dilakukan pada sepanjang trase jalan rencana, sehingga memungkinkan didapatkannya trase jalan yang sesuai dengan standar.

Pekerjaan pengukuran ini terdiri dari beberapa kegiatan yakni :

1. Kegiatan perintisan untuk pengukuran, dimana secara garis lurus ditentukan kemungkinan rute alternatif dari trase jalan.
2. Kegiatan pengukuran yang meliputi :
 - a. Penentuan titik kontrol vertikal dan horizontal yang dipasang setiap interval 100 m pada rencana as jalan.
 - b. Pengukuran situasi selebar kiri kanan *right of way* dari jalan yang dimaksud dan disebutkan tata guna tanah sekitar trase jalan.
 - c. Pengukuran penampang melintang (*cross section*) dan penampang memanjang (*long section*).
 - d. Perhitungan perencanaan design jalan dan penggambaran peta topografi berdasarkan atas koordinat titik – titik kontrol di atas.

2.3.6 Tingkat Pelayanan Jalan

Highway Capacity Manual membagi tingkat pelayanan jalan atas enam keadaan yaitu :

- a. Tingkat pelayanan A, dengan ciri – ciri :
 1. Arus lalu lintas bebas tanpa hambatan.
 2. Volume dan kepadatan lalu lintas rendah.
 3. Kepadatan kendaraan merupakan pilihan pengemudi.
- b. Tingkat pelayanan B, dengan ciri – ciri :
 1. Arus lalu lintas stabil.
 2. Kecepatan mulai dipengaruhi oleh kendaraan lalu lintas, tetapi tetap dapat dipilih sesuai kehendak pengemudi.
- c. Tingkat pelayanan C, dengan ciri – ciri :
 1. Arus lalu lintas masih stabil.
 2. Kecepatan perjalanan sudah dipengaruhi oleh besarnya volume lalu lintas sehingga pengemudi tidak dapat lagi memilih kecepatan yang diinginkannya.

- d. Tingkat pelayanan D, dengan ciri – ciri :
 - 1. Arus lalu lintas sudah mulai tidak stabil.
 - 2. Perubahan volume lalu lintas sangat mempengaruhi besarnya kecepatan perjalanan.

- e. Tingkat pelayanan E, dengan ciri – ciri :
 - 1. Arus lalu lintas sudah tidak stabil.
 - 2. Volume kira – kira sama dengan kapasitas.
 - 3. Sering terjadi kemacetan.

- f. Tingkat pelayanan F, dengan ciri – ciri :
 - 1. Arus lalu lintas tertahan pada kecepatan rendah.
 - 2. Sering terjadi kemacetan.
 - 3. Arus lalu lintas rendah.

2.3.7 Data Penyelidikan Tanah

Data penyelidikan tanah didapat dengan cara melakukan penyelidikan tanah. Penyelidikan tanah meliputi pekerjaan – pekerjaan berikut :

- a. Mengadakan penelitian terhadap semua data tanah yang ada, selanjutnya diadakan penyelidikan di sepanjang proyek tersebut, dilakukan berdasarkan survey langsung di lapangan maupun dengan pemeriksaan di laboratorium.
- b. Pengambilan data CBR di lapangan dilakukan sepanjang ruas jalan rencana, dengan interval 200 meter dengan DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*). Hasil tes DCP ini dievaluasi melalui penampilan grafik yang ada, sehingga menampakkan hasil nilai CBR di setiap titik lokasi. Tujuan dari pemeriksaan ini adalah untuk menilai besarnya CBR atau kekuatan daya dukung tanah lapisan tanah dasar.
- c. Cara pemeriksaan dengan alat DCP ini dilaksanakan dengan mencatat jumlah pukulan (*blow*) dan penetrasi dari kerucut logam yang tertanam pada tanah dasar karena pengaruh jatuhnya pemberat. Pemeriksaan akan memberikan catatan yang menerus dari kekuatan daya dukung tanah sampai kedalaman 90

cm di bawah permukaan tanah dasar (*subgrade*) yang ada. Kemudian dengan menggunakan tabel korelasi, pembacaan diubah menjadi pembacaan yang setara dengan CBR.

Penentuan nilai CBR dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu cara analitis dan cara grafis.

1. Cara Analitis

Adapun rumus yang digunakan pada cara analitis adalah :

$$CBR_{\text{Segmen}} = (CBR_{\text{Rata-rata}} - CBR_{\text{Min}}) / R \dots\dots\dots (2.3)$$

Nilai R tergantung dari jumlah data yang terdapat dalam satu segmen.

Tabel 2.7 Nilai R untuk Perhitungan CBR

| Jumlah Titik Pengamatan | Nilai R |
|-------------------------|---------|
| 2 | 1,41 |
| 3 | 1,91 |
| 4 | 2,24 |
| 5 | 2,48 |
| 6 | 2,57 |
| 7 | 2,83 |
| 8 | 2,96 |
| 9 | 3,08 |
| > 10 | 3,18 |

(Sumber : Sukirman, 2010)

2. Cara Grafis

Nilai CBR_{Segmen} dengan menggunakan metode grafis merupakan nilai persentil ke 90 dari data CBR yang ada dalam satu segmen. CBR_{Segmen} adalah nilai pada angka 90% sama atau lebih besar dari nilai CBR yang tertera.

Langkah – langkah menentukan CBR_{Segmen} menggunakan metode grafis (Sukirman, 2010) :

1. Tentukan nilai CBR terkecil.
2. Susunlah nilai CBR dari yang terkecil ke yang terbesar, dan tentukan jumlah data dengan nilai CBR yang sama atau lebih besar dari setiap nilai CBR. Pekerjaan ini disusun secara tabelaris.
3. Angka terbanyak diberi nilai 100%, angka yang lain merupakan persentase dari 100%.
4. Gambarkan hubungan antara nilai CBR dan persentase dari butir 3.
5. Nilai CBR_{Segmen} adalah nilai pada angka 90% sama atau lebih besar dari nilai CBR yang tertera.

2.3.8 Jarak Pandang

Jarak pandang adalah suatu jarak yang diperlukan oleh seorang pengemudi pada saat mengemudi sedemikian rupa, sehingga jika pengemudi melihat suatu halangan yang membahayakan, maka pengemudi dapat melakukan sesuatu (antisipasi) untuk menghindari bahaya tersebut dengan aman (Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997).

a. Jarak Pandang Henti (Jh)

Jarak pandang henti adalah jarak minimum yang diperlukan pengemudi untuk dapat menghentikan kendaraannya dengan aman setelah melihat adanya halangan di depan. Jarak pandang henti sangat berpengaruh bagi pengendara oleh karena itu setiap titik di sepanjang jalan harus memenuhi jarak pandang henti.

Jarak pandang henti terdiri dari dua elemen, yaitu :

1. Jarak tanggap (Jht)

Adalah jarak yang dibutuhkan oleh kendaraan sejak pengemudi melihat suatu halangan yang menyebabkan ia harus berhenti sampai saat pengemudi menginjak rem.

2. Jarak pengereman (J_{hr})

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

Jarak pandang henti diformulasikan dengan berdasarkan asumsi : tinggi mata pengemudi 105 cm dan tinggi halangan 15 cm di atas permukaan jalan.

Rumus yang dipakai :

$$Jh = Jht + Jhr \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

$$Jh = \frac{V_R}{3,6} T \frac{(\frac{V_R}{3,6})^2}{2g \cdot f_p} \quad \dots\dots\dots (2.5)$$

Persamaan (2.5) dapat disederhanakan menjadi :

1. Untuk jalan datar :

$$Jh = 0,278 \times V_r \times T + \frac{V_r^2}{254 \times f_p} \quad \dots\dots\dots (2.6)$$

2. Untuk jalan dengan kelandaian tertentu :

$$Jh = 0,278 \times V_r \times T + \frac{V_r^2}{254 \times f_p \pm L} \quad \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan :

V_r = kecepatan rencana (km/jam).

T = waktu tanggap, ditetapkan 2,5 detik.

G = percepatan grafitasi, ditetapkan 9,8 m/det².

f_p = koefisien gesek memanjang antara ban kendaraan dengan perkerasan jalan aspal, ditetapkan 0,28 – 0,45, f_p akan kecil jika kecepatan (V_R) semakin tinggi dan sebaliknya (menurut Bina Marga 1997, $f_p = 0,35 - 0,55$).

L = landai jalan dalam (%) dibagi 100.

Syarat untuk menentukan jarak pandang henti minimum dapat dilihat pada tabel 2.8.

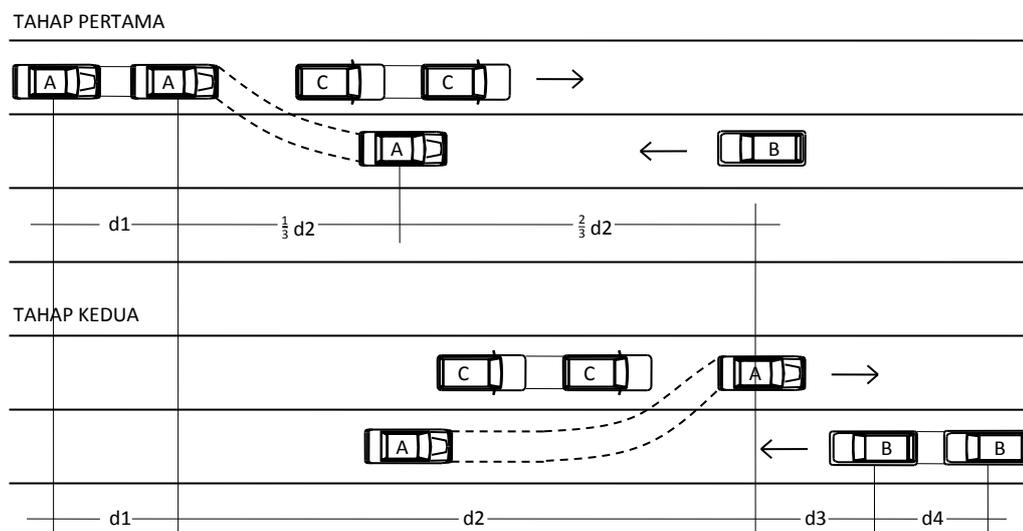
Tabel 2.8 Jarak Pandang Henti (Jh) Minimum untuk Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota

| VR (Km/jam) | 120 | 100 | 80 | 60 | 50 | 40 | 30 | 20 |
|----------------|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|
| Jh Minimum (m) | 250 | 175 | 120 | 75 | 55 | 40 | 27 | 16 |

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

b. Jarak Mendahului (Jd)

Jarak pandang mendahului adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului kendaraan lain di depannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali ke lajur semula. Jarak pandang mendahului (Jd) diukur berdasarkan asumsi tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan adalah 105 cm (Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997).



Keterangan :
 A = Kendaraan yang mendahului
 B = Kendaraan yang berlawanan arah
 C = Kendaraan yang didahului kendaraan A

Gambar 2.4 Jarak Pandang Mendahului

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

Rumus yang digunakan :

$$J_d = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \quad \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan :

d_1 = jarak yang ditempuh selama waktu pengamatan (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).

Rumus :

$$d_1 = 0,278T_1(V_R - m + \frac{a.T_1}{2}) \quad \dots\dots\dots (2.9)$$

$$d_2 = 0,27V_R \cdot T_1 \quad \dots\dots\dots (2.10)$$

$$d_3 = \text{antara } 30 - 100 \text{ m} \quad \dots\dots\dots (2.11)$$

$$d_4 = \frac{2}{3}d_2 \quad \dots\dots\dots (2.12)$$

Keterangan :

T_1 = waktu dalam (detik), $\sim 2,12 + 0,026 VR$

T_2 = waktu kendaraan berada di jalur lawan (detik), $6,56 + 0,04 VR$

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

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 2.9.

Tabel 2.9 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 : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, No. 038/T/BM/1997)

2.3.9 Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal adalah garis proyeksi sumbu jalan tegak lurus bidang datar peta (trase). Trase jalan biasa disebut situasi jalan, secara umum menunjukkan arah dari jalan yang bersangkutan (Sukirman, 1999).

Desain alinyemen horizontal sangat dipengaruhi oleh kecepatan rencana yang ditentukan berdasarkan tipe dan kelas jalan. Pada perencanaan alinyemen horizontal, umumnya akan ditemui dua jenis bagian jalan, yaitu bagian lurus dan bagian lengkung. Umumnya tikungan terdiri dari tiga jenis, yaitu :

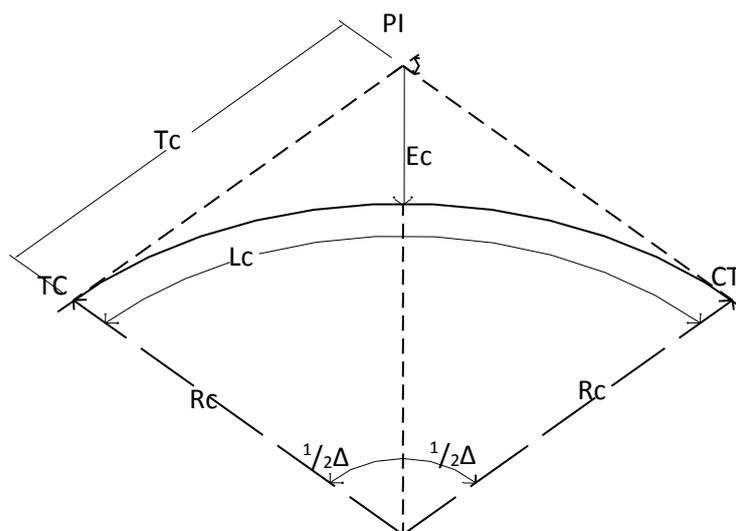
a. Tikungan *Full Circle* (F – C)

Full Circle adalah jenis tikungan yang hanya terdiri dari bagian suatu lingkaran saja. Tikungan *Full Circle* hanya digunakan untuk R (jari – jari tikungan) yang besar agar tidak terjadi patahan, karena dengan R kecil maka diperlukan superelevasi yang besar. Jari – jari tikuan untuk tikungan jenis *Full Circle* ditunjukkan pada tabel 2.10.

Tabel 2.10 Jari – jari tikungan yang tidak memerlukan lengkung peralihan

| V_r (km/jam) | 120 | 100 | 80 | 60 | 50 | 40 | 30 | 20 |
|----------------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| R_{min} | 2500 | 1500 | 900 | 500 | 350 | 250 | 130 | 60 |

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



Gambar 2.5 Tikungan *Full Circle*

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

Rumus yang digunakan :

$$T_c = R_c \tan 1/2 \Delta \dots\dots\dots (2.13)$$

$$E_c = R_c \tan 1/4 \Delta \dots\dots\dots (2.14)$$

$$L_c = \frac{\pi}{180} \Delta \cdot R_c \dots\dots\dots (2.15)$$

Keterangan :

Δ = sudut tangen ($^{\circ}$)

T_c = panjang tangen rak dari TC ke Pi atau PI ke CT (m)

R_c = jari-jari lingkaran (m)

E_c = jarak luar dari PI ke busur lingkaran (m)

L_c = panjang busur lingkaran (m)

b. Tikungan *Spiral – Circle – Spiral* (S – C – S)

Bentuk tikungan ini digunakan pada daerah – daerah perbukitan atau pegunungan, karena tikungan jenis ini memiliki lengkung peralihan yang memungkinkan perubahan menikung tidak secara mendadak dan tikungan tersebut menjadi aman.

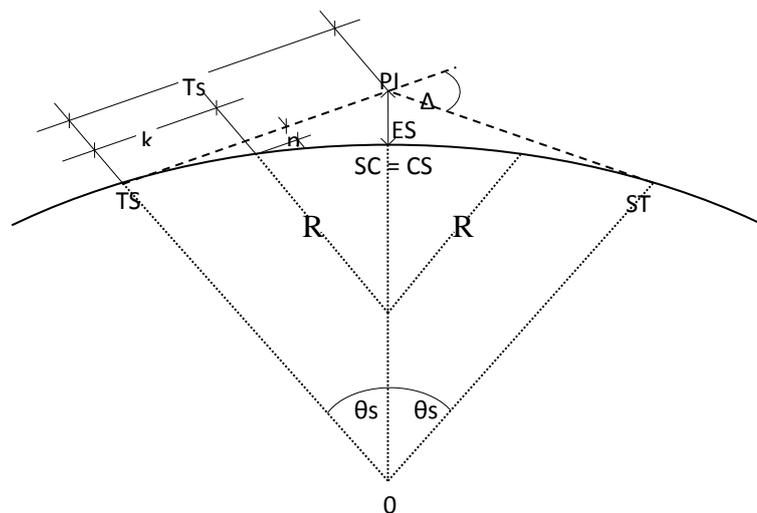
Lengkung spiral merupakan peralihan dari suatu bagian lurus ke bagian lingkaran (*circle*) yang panjangnya diperhitungkan dengan mempertimbangkan bahwa perubahan gaya sentrifugal dari nol sampai mencapai bagian lengkung. Jari – jari yang diambil untuk tikungan *spiral – circle – spiral* haruslah sesuai dengan kecepatan rencana dan tidak mengakibatkan adanya kemiringan tikungan yang melebihi harga maksimum yang telah ditentukan.

Jari – jari lengkun minimum untuk setiap kecepatan rencana ditentukan berdasarkan :

1. Kemiringan tikungan maksimum.
2. Koefisien gesekan melintang maksimum.

c. Tikungan *Spiral – Spiral*

Bentuk tikungan ini digunakan pada keadaan yang sangat tajam. Lengkung horizontal berbentuk *spiral – spiral* adalah lengkung tanpa busur lingkaran, sehingga SC berimpit dengan titik CS.



Gambar 2.7 Tikungan *Spiral – Spiral*

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

Adapun semua rumus dan aturannya sama seperti rumus *spiral – circle – spiral*, yaitu :

$$L_s = \frac{\theta_s}{28,648} R \quad \dots\dots\dots (2.21)$$

$$T_s = (R + P) \tan \frac{1}{2\Delta} + K \quad \dots\dots\dots (2.22)$$

$$E_s = \frac{(R+P)}{\cos 1/2\Delta} - R \quad \dots\dots\dots (2.23)$$

$$L = 2L_s \quad \dots\dots\dots (2.24)$$

Keterangan :

T_s = panjang tangen (dari titik PI ke TS atau ke ST) (m)

TS = titik dari tangen ke spiral (m)

SC = titik dari spiral ke lingkaran (m)

E_s = jarak dari PI ke lingkaran (m)

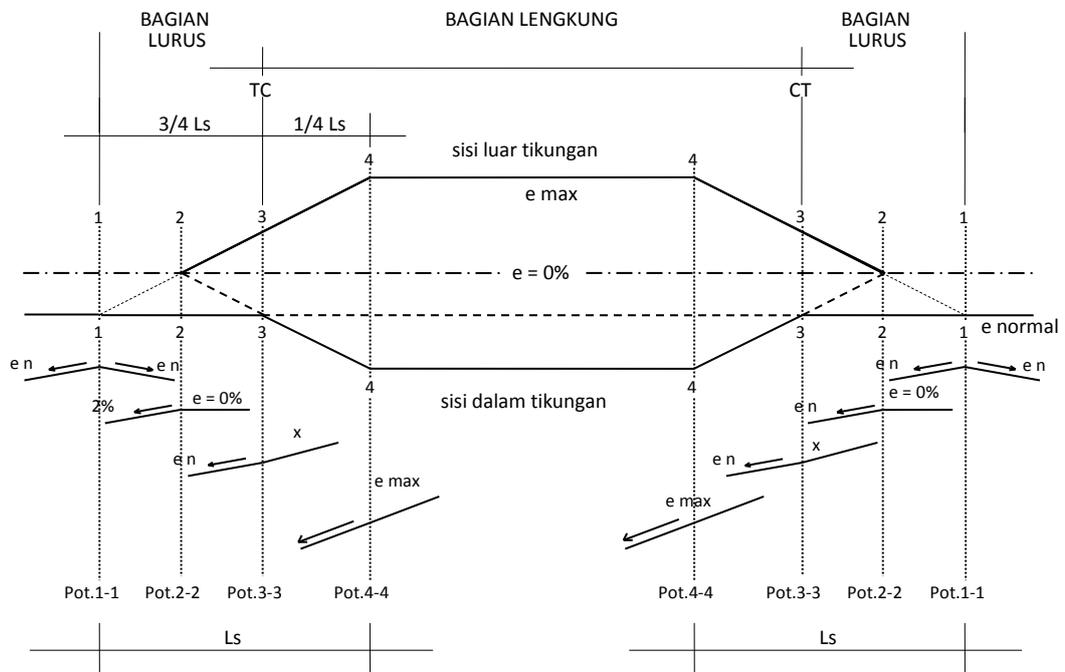
R = jari – jari lingkaran (m)

d. Superelevasi

Superelevasi yaitu suatu diagram yang memperlihatkan panjang yang dibutuhkan guna merubah kemiringan melintang jalan pada bagian – bagian tertentu pada suatu tikungan. Superelevasi penuh adalah kemiringan maksimum yang harus dicapai pada suatu tikungan dan tergantung dari kecepatan rencana yang digunakan, dan nilai superelevasi maksimum ditetapkan 10%.

Adapun diagram superelevasi terbagi dalam tiga bentuk, yaitu :

1. Tikungan *Full Circle*



Gambar 2.8 Diagram Superelevasi pada Tikungan FC
(sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/T/BM/1997)

Dimana :

d = lebar jalan (m)

e = kemiringan jalan

B = perubahan lebar jalan (m)

$$E_{\text{normal}} = e_{\text{maks}} = \frac{1/2b}{\frac{1}{2b} + b'} \dots\dots\dots 2.25$$

$$Ls' = B \cdot e_m \cdot m \dots\dots\dots 2.26$$

Harga e_{maks} dan e_n didapat dari tabel berdasarkan harga L_s yang dipakai :

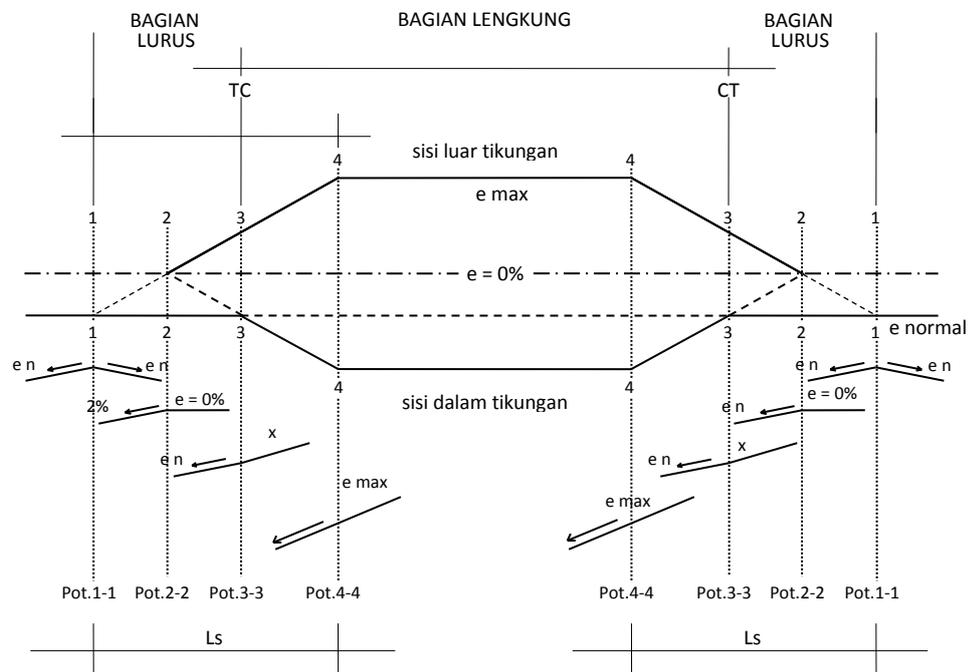
Dimana :

L_s = lengkung peralihan (m)

e_m = kemiringan lengkung melintang maksimum (%)

$m = 1:1$ landai relatif maksimum antara tepi perkerasan (harga ini tergantung kecepatan, lihat daftar II pada PPGJR No. 13/1970)

2. Tikungan *Spiral – Circle – Spiral*



Gambar 2.9 Diagram Superelevasi pada Tikungan Tipe SCS
(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/T/BM/1997)

$$s = \frac{e_{maks} + e_n}{2d} \dots\dots\dots 2.27$$

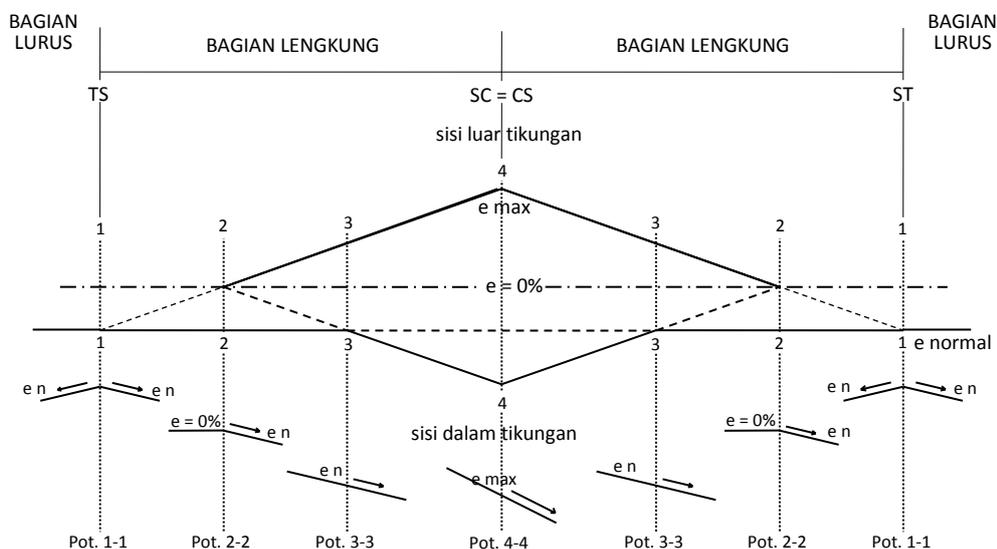
Dimana :

s = pencapaian kemiringan

$$d = \frac{e_n + b}{2s} \dots\dots\dots 2.28$$

Harga e_{maks} dan e_n didapat dari tabel berdasarkan harga L_s yang dipakai.

3. Tikungan *Spiral – Spiral*



Gambar 2.10 Diagram Superelevasi pada Tikungan SS

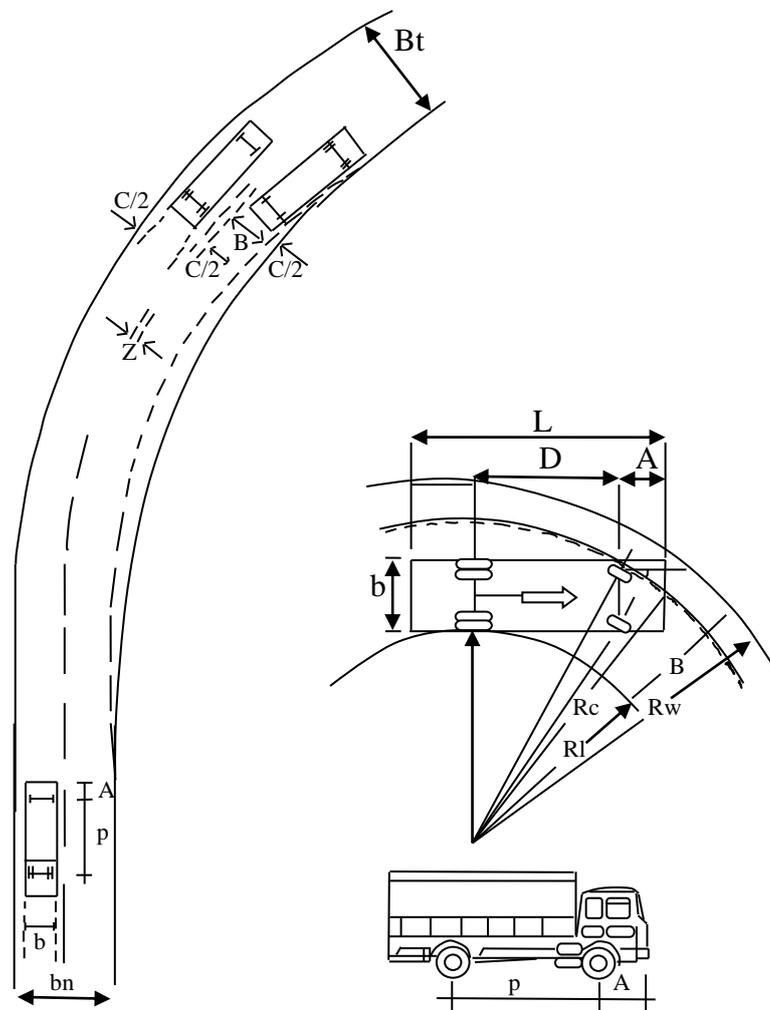
(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/T/BM/1997)

Adapun ketentuan – ketentuan dalam pencapaian superelevasi untuk semua jenis tikungan antara lain :

1. Superelevasi dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang lurus sampai ke kemiringan penuh (superelevasi) pada bagian lengkung.
2. Pada tikungan S – C – S, pencapaian superelevasi dilakukan secara linear, diawali dari bentuk normal sampai awal lengkung peralihan (TS) pada bagian lurus jalan, lalu dilanjutkan sampai superelevasi penuh pada bagian akhir.
3. Pada tikungan FC, pencapaian superelevasi dilakukan secara linear, diawali dari bagian lurus sepanjang $\frac{2}{3} L_s$ sampai dengan bagian lingkaran penuh sepanjang $\frac{1}{3} L_s$.
4. Pada tikungan SS, pencapaian superelevasi seluruhnya dilakukan pada bagian spiral.
5. Superelevasi tidak diperlukan jika radius (R) cukup besar, untuk itu cukup lereng luar diputar sebesar lereng normal (LP), atau bahkan tetap lereng normal (LN).

e. Pelebaran Perkerasan Jalan pada Tikungan

Pelebaran perkerasan atau jalur lalu lintas di tikungan, dilakukan untuk mempertahankan kendaraan tetap pada lintasannya (lajurnya) sebagaimana pada bagian lurus. Hal ini terjadi karena pada kecepatan tertentu kendaraan pada tikungan cenderung untuk keluar lajur akibat posisi roda depan dan roda belakang yang tidak sama, yang tergantung dari ukuran kendaraan (Shirley, 2000).



Gambar 2.11 Pelebaran Perkerasan Jalan pada Tikungan
(Sumber : Sukirman, 1994)

Pelebaran perkerasan jalan pada tikungan sangat tergantung pada :

R = jari – jari tikungan

Δ = sudut tangen

V = kecepatan rencana

Adapun rumus – rumus yang berlaku untuk menghitung pelebaran pada tikungan :

$$Rc = R + \frac{1}{4} Bn + \frac{1}{2} b \dots\dots\dots 2.29$$

$$B = \sqrt{\left\{\sqrt{Rc^2 - 64 + 1,25}\right\}^2 + 64} - \sqrt{(Rc^2 - 64)} - 1,25 \dots\dots 2.30$$

$$Z = \frac{0,105 \times V}{\sqrt{R}} \dots\dots\dots 2.31$$

$$Bt = n(B + C) + Z \dots\dots\dots 2.32$$

Dimana :

B = lebar perkerasan pada tikungan (m)

Bn = lebar total perkerasan pada bagian lurus (m)

b = lebar kendaraan rencana (m)

Rc = radius lengkung untuk lintasan luar roda depan (m)

Z = lebar tambahan akibat kesukaran dalam mengemudi (m)

R = radius lengkung (m)

n = jumlah lajur

C = kebebasan samping (1,0)

Pelebaran perkerasan pada tikungan ini dimaksudkan untuk mengurangi kemungkinan kendaraan akan keluar dari jalurnya karena kecepatan yang terlalu tinggi. Pelebaran ini dilakukan sepanjang pencapaian superelevasi dalam diagram superelevasi gambar 2.8, 2.9, 2.10.

f. Kebebasan Samping pada Tikungan

Daerah bebas samping di tikungan adalah ruang untuk menjamin kebebasan pandangan pengemudi dari halangan benda – benda di sisi jalan. Daerah bebas samping dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan di tikungan dengan membebaskan obyek – obyek penghalang sejauh E (m), diukur dari garis tengah lajur dalam sampai obyek penghalang pandangan sehingga persyaratan J_h dipenuhi. Pada tikungan ini tidak harus dilengkapi dengan kebebasan samping (jarak pembebasan). Hal ini tergantung pada :

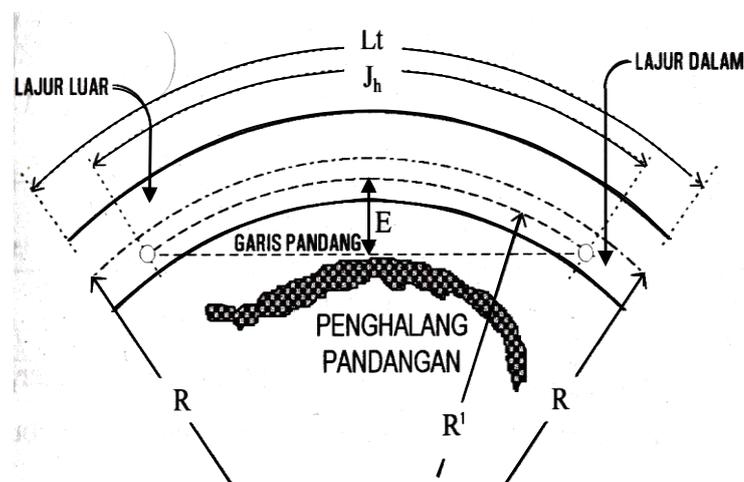
- a. Jari – jari tikungan (R)
- b. Kecepatan rencana yang langsung berhubungan dengan jarak pandang (S)
- c. Keadaan medan lapangan

Seandainya pada perhitungan diperlukan adanya kebebasan samping akan tetapi keadaan tidak memungkinkan, maka diatasi dengan memberikan atau memasang rambu peringatan sehubungan dengan kecepatan yang diinginkan.

Daerah bebas samping di tikungan dihitung berdasarkan rumus – rumus berikut antara lain :

1. Berdasarkan jarak pandang henti ($J_h < L_t$)

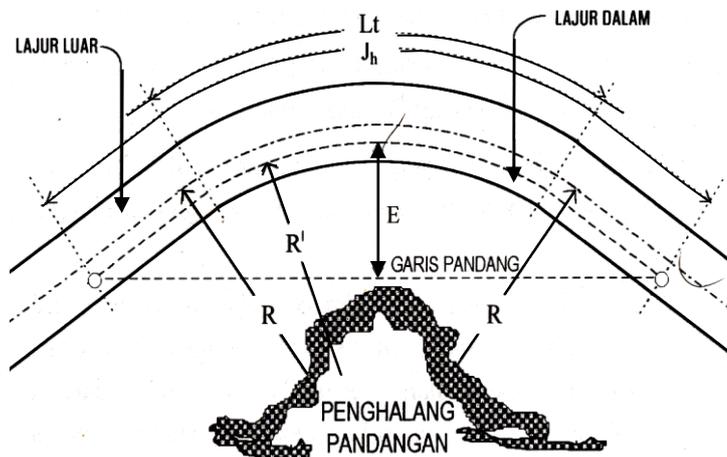
$$E = R' \left\{ 1 - \cos \left(\frac{90^\circ \cdot J_h}{\pi \cdot R} \right) \right\} \dots\dots\dots 2.33$$



Gambar 2.12 Daerah Bebas Samping Jika $J_h < L_t$
(Sumber : Modul Perencanaan Geometrik Jalan oleh Hamdi, B.SC.E, MT)

2. Berdasarkan jarak pandang mendahului

$$E = R \left\{ 1 - \cos \left(\frac{90^\circ \cdot Jd}{\pi \cdot R} \right) \right\} + \frac{1}{2} (Jd - Lt) \sin \left(\frac{90^\circ \cdot Jd}{\pi \cdot R} \right) \dots\dots\dots 2.34$$



Gambar 2.13 Daerah Bebas Samping Jika $J_h > L_t$
(Sumber : Modul Perencanaan Geometrik Jalan oleh Hamdi, B.Sc.E, MT)

Dimana :

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

R = radius sumbu lajur sebelah dalam (m)

J_h = jarak pandang henti (m)

J_d = jarak pandang mendahului (m)

L_t = panjang tikungan (m)

g. Penentuan Panjang Jalan

Jalan terdiri dari trase jalan yang telah ditentukan pada saat konstruksi jalan raya akan dibuat. Panjang jalan diperoleh dengan menjumlahkan jarak dari trase awal (titik awal jalan) sampai trase akhir jalan (titik akhir jalan).

h. Penentuan *Stationing*

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

dan perencanaan. Disamping itu dari penomoran jalan tersebut diperoleh informasi tentang panjang jalan secara keseluruhan. Setiap Sta jalan dilengkapi dengan gambar potongan melintangnya.

2.3.10 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah perpotongan antara bidang vertikal dengan sumbu jalan yang terdiri atas bagian landai vertikal dan bagian lengkung vertikal. Profil ini menggambarkan tinggi rendahnya jalan terhadap muka tanah asli sehingga memberikan gambaran terhadap kemampuan kendaraan dalam keadaan dalam keadaan naik dan bermuatan penuh (untuk itu truk digunakan sebagai kendaraan standar).

Alinyemen vertikal sangat erat hubungannya dengan biaya konstruksi jalan, biaya penggunaan kendaraan dan jumlah lalu lintas. Jika pada alinyemen horizontal yang merupakan bagian kritis adalah pada bagian tikungan, maka pada alinyemen vertikal yang merupakan bagian kritis justru pada bagian yang lurus. Kemampuan pendakian dari kendaraan truk dipengaruhi oleh panjang pendakian (panjang kritis landai) dan juga besarnya landai (Sukirman, 1999).

a. Landai maksimum dan panjang maksimum

Berdasarkan kepentingan arus lalu lintas, landai ideal adalah landai diatas 0%. Sebaliknya ditinjau dari kepentingan drainase jalan, jalan berlandailah yang ideal. Dalam perencanaan disarankan menggunakan :

1. Landai datar untuk jalan – jalan di atas tanah timbunan yang tidak mempunyai kereb. Lereng melintang jalan dianggap cukup untuk mengalirkan air di atas badan jala dan kemudian ke lereng jalan.
2. Landai 0,15% dianjurkan untuk jalan – jalan di atas tanah timbunan dengan medan datar dan menggunakan kereb. Kelandaian ini cukup membantu mengalirkan air hujan ke saluran pembuangan.
3. Landai maksimum sebesar 0,3 – 0,5% dianjurkan untuk jalan di daerah galian atau jalan yang memakai kereb. Lereng melintang hanya cukup u tuk mengalirkan air hujan yang jatuh di atas badan jalan, sedangkan landai jalan dibutuhkan untuk membuat kemiringan dasar saluran samping.

Tabel 2.11 Kelandaian Maksimum

| | | | | | | | | |
|-------------------------|-----|-----|-----|----|----|----|----|-----|
| V _r (km/jam) | 120 | 110 | 100 | 80 | 60 | 50 | 40 | <40 |
| Kelandaian maks. | 3 | 3 | 4 | 5 | 8 | 9 | 10 | 10 |

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

Panjang kritis landai adalah panjang yang masih dapat diterima tanpa mengakibatkan gangguan lalu lintas (panjang ini menyebabkan pengurangan kecepatan maksimum sebesar 25 km/jam). Panjang kritis untuk kelandaian maksimum dapat dilihat pada tabel 2.11.

Tabel 2.12 Panjang Kritis

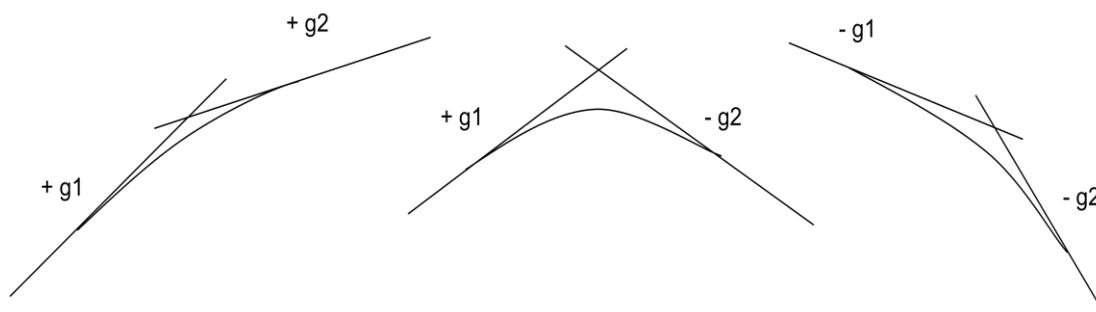
| | | | | | | | | |
|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Landai maks. (%) | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Panjang Kritis (m) | 480 | 330 | 250 | 200 | 170 | 150 | 135 | 120 |

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

b. Lengkung Vertikal

Pada setiap penggantian landai harus dibuat lengkungan vertikal yang harus memenuhi keamanan, kenyamanan, dan drainase yang baik. Adapun lengkung vertikal yang digunakan adalah lengkung parabola sederhana (Sukirman, 1999).

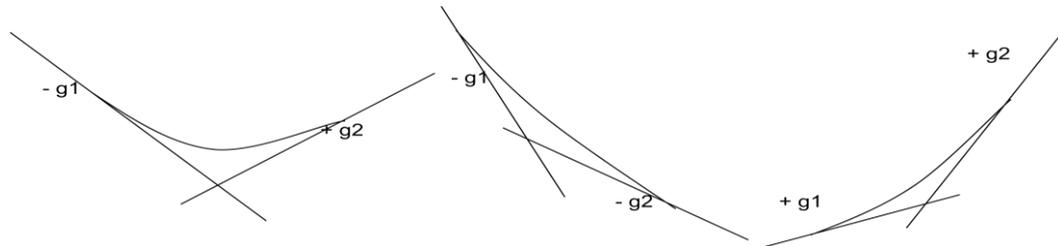
1. Lengkung Vertikal Cembung



Gambar 2.14 Lengkung Vertikal Cembung Dilihat dari Titik Perpotongan Tangen

(Sumber : Sukirman, 1999)

2. Lengkung Vertikal Cekung



Gambar 2.15 Lengkung Vertikal Cembung Dilihat dai Titik Perpotongan Tangen
(Sumber : Sukirman, 1999)

Lengkung vertikal direncanakan untuk merubah secara bertahap perubahan dari dua macam kelandaian arah memanjang jalanpada setiap lokasi yang diperlukan. Hal ini dimaksudkan untuk mengurangi goncangan akibat perubahan kelandaian dan menyediakan jarak pandang henti yang cukup, untuk kenyamanan dan keamanan.

2.4 Bagian – bagian Jalan

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

a. Daerah manfaat jalan (Damaja)

Daerah manfaat jalan (Damaja) yaitu daerah yang meliputi seluruh badan jalan, seluruh tepi jalan, dan ambang pengamanannya. Badan jalan meliputi jalur lalu lintas dengan tanpa jalur pemisah dan bahu jalan.

Daerah manfaat jalan (Damaja) dibatasi antara lain oleh :

1. Lebar antara batas ambang pengaman konstruksi jalan di kedua sisi jalan
2. Tinggi 5 meter di atas permukaan perkerasan pada sumbu jalan
3. Kedalaman ruang bebas 1,5 meter di bawah muka jalan

b. Daerah milik jalan (Damija)

Daerah milik jalan (Damija) adalah ruang yang dibatasi oleh lebar yang sama dengan Damaja ditambah ambang pengaman konstruksi jalan dengan tinggi 5 meter dan kedalaman 1,5 meter. Biasanya pada jarak tiap 1 km dipasang patok Damija berwarna kuning.

Sejalur tanah tertentu diluar daerah manfaat jalan tepi di dalam daerah milik jalan dimaksudkan untuk memenuhi persyaratan keluasan keamanan penggunaan jalan antara lain untuk keperluan pelebaran daerah manfaat jalan dikemudian hari.

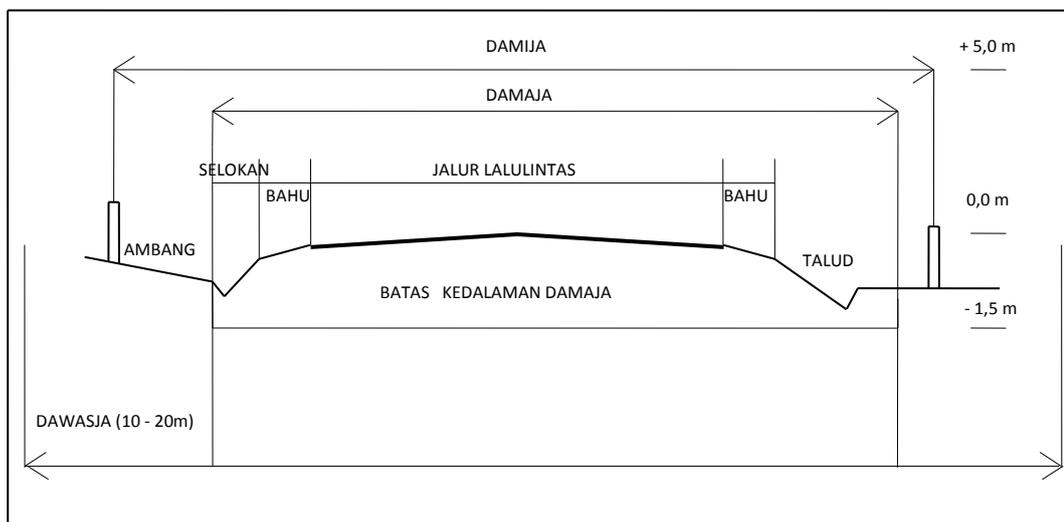
c. Daerah pengawasan jalan (Dawasja)

Daerah pengawasan jalan (Dawisja) adalah ruang sepanjang jalan diluar Damaja yang dibatasi oleh tinggi dan lebar tertentu.

Adapun ketentuan untuk Dawasja adalah sebagai berikut :

1. Jalan arteri minimum 20 meter
2. Jalan kolektor minimum 15 meter
3. Jalan lokal minimum 10 meter

Untuk keselamatan pengguna jalan Dawasja di daerah tikungan ditentukan oleh jarak pandang bebas.



Gambar 2.16 Damaja, Damija, dan Dawasja di Lingkungan Jalan Antar Kota
(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/T/BM/1997)

Penampang melintang jalan merupakan bagian – bagian jalan yang terdiri dari :

a. Jalur lalu lintas

Jalur lalu lintas adalah bagian jalan yang dipergunakan untuk lalu lintas kendaraan yang secara fisik berupa perkerasan jalan. Lebar jalur lalu lintas sangat ditentukan oleh jumlah dan lebar lajur peruntukannya, lebar jalur minimum adalah 4,5 meter, dengan lebar tersebut akan memungkinkan dua kendaraan kecil dapat saling berpapasan. Papasan dua kendaraan besar yang terjadi sewaktu – waktu dapat menggunakan bahu jalan.

Jalur lalu lintas dapat terdiri atas beberapa tipe yaitu :

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 TB)
4. 2 jalur – n lajur – 2 arah (n/2 TB)

Pada jalur lalu lintas terdiri dari beberapa lajur yang terletak memanjang, dibatasi oleh marka lajur jalan dan memiliki lebar yang cukup untuk dilewati suatu kendaraan bermotor sesuai kendaraan rencana. Untuk kelancaran drainase permukaan, lajur lalu lintas pada alinyemen lurus memerlukan kemiringan melintang normal sebagai berikut :

1. 2 – 3% untuk perkerasan aspal dan perkerasan beton
2. 4 – 5% untuk perkerasan kerikil

Lebar lajur tergantung pada kecepatan dari kendaraan rencana, yang dalam hal ini dinyatakan dengan fungsi dan kelas jalan seperti dalam tabel 2.12.

Tabel 2.13 Lebar Lajur Jalan Ideal

| Fungsi | Kelas | Lebar Lajur Ideal |
|----------|--------------|-------------------|
| Arteri | I | 3,75 |
| | II, 111 A | 3,50 |
| Kolektor | III A, III B | 3,0 |
| Lokal | III C | 3,0 |

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

b. Median

Median adalah bagian bangunan jalan yang secara fisik memisahkan dua jalur lalu lintas yang berlawanan arah. Secara fisik median dapat dibedakan atas median yang direndahkan dan median yang ditinggikan. Lebar minimum median terdiri atas jalur tepian sebesar 0,25 – 0,50 meter.

c. Bahu jalan

Bahu jalan adalah bagian damaja yang terletak di tepi jalur lalu lintas dan harus diperkeras yang berdampingan dengan jalur lalu lintas untuk menampung kendaraan yang berhenti dan untuk pendukung samping bagi lapis pondasi bawah, lapis pondasi, dan lapis permukaan dengan kemiringan normal.

d. Jalur pejalan kaki

Jalur pejalan kaki merupakan fasilitas yang berfungsi memisahkan pejalan kaki dari jalur lalu lintas kendaraan guna menjamin keselamatan pejalan kaki dan kelancaran lalu lintas.

e. Selokan

Selokan dibuat untuk mengendalikan air permukaan akibat air hujan dan bertujuan untuk memelihara agar jalan tidak tergenang air hujan dalam waktu yang cukup lama.

2.5 Perencanaan Galian dan Timbunan

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 :

- a. Penentuan *stationing* (jarak patok) sehingga diperoleh panjang horizontal jalan dan alinyemen horizontal (trase jalan).
- b. Gambarkan profil memanjang (alinyemen vertikal) yang memperlihatkan perbedaan beda tinggi muka tanah asli dengan muka tanah rencana.

- c. Gambarkan profil melintang (*cross section*) pada titik *stationing*, sehingga didapatkan luas galian dan timbunan.
- d. Hitung volume galian dan timbunan.

2.6 Perencanaan Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberi pelayanan kepada sarana transportasi dan selama masa pelayanan diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti. Lapisan perkerasan jalan adalah suatu struktur konstruksi yang terdiri dari lapisan – lapisan yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan – lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas yang berada di atasnya menyebar ke lapisan di bawahnya.

Beban lalu lintas yang bekerja di atas konstruksi perkerasan meliputi :

- a. Beban / gaya vertikal (berat kendaraan dan muatannya)
- b. Beban / gaya horizontal (gaya rem kendaraan)
- c. Getaran – getaran roda kendaraan

2.6.1 Jenis Konstruksi Perkerasan

Berdasarkan bahan pengikat yang digunakan untuk membentuk lapisan atas, perkerasan jalan akan dibedakan menjadi 3 (Sukirman, 2010, yaitu :

- a. Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya.

- b. Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

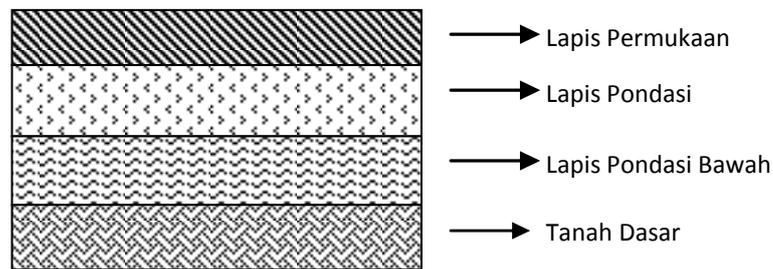
Yaitu perkerasan yang menggunakan semen *Portland*.

- c. Perkerasan Komposit (*Composte Pavement*)

Yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur.

2.6.2 Perkerasan Lentur

Konstruksi perkerasan lentur yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat lapisan – lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah.



Gambar 2.17 Struktur Perkerasan Jalan
(Sumber : Sukirman, 2010)

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

Struktur perkerasan lentur terdiri dari beberapa lapisan – lapisan yang semakin ke bawah memiliki daya dukung yang semakin kecil. Lapisan – lapisan tersebut adalah (Sukirman, 2010) :

a. Lapis Permukaan (*Surface Course*)

Lapis permukaan merupakan lapis paling atas dari struktur perkerasan jalan, yang fungsi utamanya sebagai :

1. Lapis penahan beban vertikal dari kendaraan, oleh karena itu lapisan harus memiliki stabilitas tinggi selama masa pelayanan.
2. Lapis aus (*wearing course*) karena menerima gesekan dan getaran roda dari kendaraan yang mengerem.
3. Lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh di atas lapis permukaan tidak meresap ke lapisan di bawahnya.
4. Lapis yang menyebarkan beban ke lapis pondasi.

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

Dengan demikian lapisan permukaan dapat dibedakan menjadi :

1. Lapis aus (*wearing course*), merupakan lapis permukaan yang kontak dengan roda kendaraan dan perubahan cuaca.
2. 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 :

1. Laburan aspal
2. Lapis tipis aspal pasir (Latasir)
3. Lapis tipis beton aspal (Lataston)
4. Lapis beton aspal (Laston)
5. Lapis penetrasi macadam (Lapen)
6. Lapis asbuton agregat (Lasbutag)

b. Lapis Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapis perkerasan yang terletak di antara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan dinamakan lapis pondasi atas (*base course*). Jika tidak digunakan lapis pondasi bawah, maka lapis pondasi atas diletakkan langsung di atas permukaan tanah dasar.

Lapis pondasi atas berfungsi sebagai :

1. Bagian struktur perkerasan yang menahan gaya vertikal dari beban kendaraan dan disebarkan ke lapis di bawahnya.
2. Lapis peresap untuk lapis pondasi bawah.
3. 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 sebagai pengikat.

Berbagai jenis aspal yang umum digunakan di Indonesia adalah :

1. Laston lapis pondasi (*asphalt concrete base = AC – Base*)
2. Lasbutag lapis pondasi
3. Lapis penetrasi macadam (lapen)
4. Lapis pondasi agregat

5. Lapis pondasi tanah semen
6. Lapis pondasi agregat semen (LFAS)

c. Lapis Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

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

Lapis pondasi bawah berfungsi sebagai :

1. Bagian dari struktur perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban kendaraan ke lapis tanah dasar.
2. Efisiensi penggunaan material yang relatif murah, agar lapis di atasnya dapat dikurangi tebalnya.
3. Lapis peresap, agar air tanah tidak berkumpul di pondasi.
4. 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.
5. Lapis *filter* untuk mencegah partikel – partikel halus dari tanah dasar naik ke lapis pondasi.

d. 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 :

1. Lapis tanah dasar asli adalah tanah dasar yang merupakan muka tanah asli di lokasi jalan tersebut.
2. Lapis tanah dasar tanah urug atau tanah timbunan adalah lapis tanah dasar yang lokasinya terletak di atas muka tanah asli.
3. Lapis tanah dasar tanah galian adalah lapis tanah dasar yang lokasinya terletak di bawah muka tanah asli.

Keuntungan menggunakan perkerasan lentur yaitu (Sukirman, 2010) :

1. Dapat digunakan pada daerah dengan penurunan (*differential statement*) terbatas.
2. Mudah diperbaiki.
3. Tambahan apisan perkerasan dapat dilakukan kapan saja.
4. Memiliki tahanan geser yang yang baik.
5. Warna perkerasan memberikan kesan tidak silau bagi pemakai jalan.
6. Dapat dilaksanakan bertahap, terutama pada kondisi biaya pembangunan terbatas atau kurangnya data untuk perencanaan.

Selain keuntungan, terdapat juga kerugian dalam menggunakan perkerasan lentur yaitu (Sukirman, 2010) :

1. Tebal total struktur perkerasan lebih tebal daripada perkerasan kaku.
2. Kelenturan dan sifat kohesi berkurang selama masa pelayanan.
3. Frekuensi pemeliharaan lebih sering daripada menggunakan perkerasan kaku.
4. Tidak baik digunakan jika sering tergenang air.
5. Membutuhkan agregat yang lebih banyak.

2.6.3 Kriteria Konstruksi Perkerasan jalan

Konstruksi perkerasan jalan harus dapat memberikan rasa aman dan nyaman kepada pengguna jalan. Oleh karena itu harus dipenuhi syarat sebagai berikut (Sukirman, 1995) :

- a. Syarat untuk lalu lintas
 1. Permukaan harus rata, tidak bergelombang, tidak melendut dan tidak berlubang.
 2. Permukaan cukup kaku, tidak mudah mengalami deformasi akibat beban yang bekerja.
 3. Permukaan cukup memiliki kekesatan sehingga mampu memberikan tahanan gesek yang baik antara ban dan permukaan jalan.
 4. Permukaan jalan tidak mengkilap (tidak menyilaukan jika terkena sinar matahari).

b. Syarat kekuatan struktural

1. Ketebalan yang cukup sehingga mampu menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.
2. Kedap terhadap air sehingga air tidak mudah meresap ke lapisan di bawahnya.
3. Permukaan mudah mengalirkan air, sehingga air hujan yang ada di permukaan jalan dapat cepat dialirkan.
4. Kekakuan untuk memikul beban yang bekerja tanpa menimbulkan deformasi permanen.

2.7 Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur dengan Metode Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur tahun 2012 Kementerian Pekerjaan Umum

Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur tahun 2012 Kementerian Pekerjaan Umum yang merupakan revisi dari metode Pt T-01-2002-B serta revisi dari SNI 03-1732-1989 Tata Cara Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan metode analisa komponen. Terdapat beberapa teknologi bahan jalan baru yang belum diakomodasi pada PT T-01-2002-B dan SNI 03-1732-1989 serta penyesuaian koefisien kekuatan relative campuran beraspal dengan kondisi temperature di Indonesia. Pedoman ini dipersiapkan oleh Panitia Teknis 91 – 01 Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil pada Subpanitia Teknis Rekayasa Jalan dan Jembatan 91-01/S2 melalui Gugus Kerja Bahan dan Perkerasan Jalan.

2.7.1 Parameter – parameter Metode Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur tahun 2012 Kementerian Pekerjaan Umum

Adapun parameter – parameter yang ada dalam merencanakan tebal suatu perkerasan menggunakan metode Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur tahun 2012 Kementerian Pekerjaan Umum adalah sebagai berikut :

a. Repetisi beban lalu lintas

Dalam metode Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur tahun

2012 Kementerian Pekerjaan Umum ini sama seperti pada metode Pt T-01-2002-B beban lalu lintas yang dipakai mengacu pada metode AASTHO 1993 yaitu dinyatakan dalam repetisi lintasan sumbu standar selama umur rencana (W_{18}).

$$W_{18} = \sum LHR_i \times E_i \times D_A \times D_L \times 365 \times N \quad \dots\dots\dots 2.35$$

$$W_{18} = 365 \times D_L \times W_{18} \quad \dots\dots\dots 2.36$$

$$W_{18} = \sum_i^n BS_i LEF_i \quad \dots\dots\dots 2.37$$

Keterangan :

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

LHR = Lalu lintas Harian Rata – rata (kendaraan/hari/2 arah).

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

LEF = angka ekivalen 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.

b. 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.

$$N = \frac{[(1+g)^{UR}-1]}{g} \quad \dots\dots\dots 2.38$$

Dimana :

UR = umur rencana

g = pertumbuhan lalu lintas per tahun (% tahun)

c. 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 darisatu ruas jalan yang menampung lalu lintas terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, jumlah lajur ditentukan dari lebar perkerasan sesuai tabel 2.13.

Tabel 2.14 Jumlah Lajur

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

(Sumber : Kementerian pekerjaan Umum, 2012)

Dan faktor distribusi lajur dapat ditentukan dari tabel 2.14.

Tabel 2.15 Faktor Distribusi Lajur (D_D)

| 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)

d. 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.

e. 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 numeric rumusan lalu lintas kumulatif ini adalah sebagai berikut :

$$W_t = W_{18} = W_{18} \frac{[(1+g)^{UR}-1]}{g} \dots\dots\dots 2.39$$

Keterangan

$W_t = W_{18}$ = jumlah beban sumbu tunggal standar kumulatif pada lajur rencana

f. Faktor ekivalen beban sumbu kendaraan (LEF)

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*).

$$LEF = 1 / \left(\frac{W_{18}}{W_{tx}} \right) \dots\dots\dots 2.40$$

$$\frac{W_x}{W_{18}} = \left[\frac{L_{18}+L_{25}}{L_x+L_{2x}} \right]^{4,79} \left[\frac{10^{G/B_{13}}}{10^{G/B_x}} \right] [L_{2x}]^{4,33} \dots\dots\dots 2.41$$

$$\beta_x = 0,40 + \frac{0,08(L_x+L_{2x})^{3,23}}{(SN+1)^{5,19} L_{2x}^{3,23}} \dots\dots\dots 2.42$$

$$G = \frac{IP_o - IP_t}{4,2 - IP_f} \dots\dots\dots 2.43$$

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 ayau pada sumbu ganda (tandem) atau satu sumbu *triple*
- L_{2x} = kode beban (1 untuk sumbu tunggal, 2 untuk sumbu tandem dan 3

untuk sumbu *triple*)

IP_f = indeks pelayanan jalan hancur (minimum 1,5)

β_x = faktor desain dan variasi beban sumbu

G = faktor perbandingan kehilangan tingkat pelayanan

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

g. *Structural 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 :

$$\begin{aligned} \text{Log}(W_{18}) = & Z_R \times S_o + 9,36 \times \log(SN + 1) - 20 + \frac{\text{Log}\left[\frac{\Delta IP}{IP_o - IP_f}\right]}{0,40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5,19}}} \\ & + 2,32 \times \log(M_R) - 8,07 \dots\dots\dots 2.44 \end{aligned}$$

Keterangan :

W_{18} = repetisi beban lalu lintas selama umur rencana

Z_R = simpangan baku normal

S_o = deviasi standar keseluruhan, bernilai antara 0,4 – 0,5

SN = *structural number*, angka struktural relatif perkerasan (inci)

ΔPSI = perbedaan *serviceability index* di awal dan akhir umur rencana

IP_f = indeks pelayanan jalan hancur (minimum 1,5)

M_R = modulus resilient tanah dasar (psi)

SN asumsi digunakan untuk menentukan angka ekuivalen (E), dan jika SN yang telah dicari dengan rumus 2.39 atau dengan nomogram tidak sama dengan SN yang dicari dengan rumus 2.40, maka penentuan angka ekuivalen harus diulang kembali dengan menggunakan SN baru.

$$SN = a_1 D_1 + a_2 m_2 D_2 + a_3 m_3 D_3 \dots\dots\dots 2.45$$

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

h. Indeks Permukaan (*Serviceability 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 2.15.

Tabel 2.16 Indeks Permukaan (IP_o)

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

(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 2.17.

Tabel 2.17 Indeks Permukaan (IP_t)

| 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)

i. 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. Reliabilitas digunakan untuk mengalihkan repetisi beban lalu lintas yang diperkirakan selama umur rencana dengan faktor reliabilitas (F_R) ≤ 1 . Efek adanya faktor reliabilitas dalam perencanaan adalah meningkatkan ESAL yang digunakan untuk merencanakan teba perkerasan jalan.

$$F_R = 10^{-Z_R(S_o)} \dots\dots\dots 2.46$$

Keterangan :

F_R = faktor reliabilitas

S_o = deviasi standar keseluruhan dari distribusi normal antara 0,35 – 0,45

Z_R = Z – statistik (sehubungan dengan lengkung normal)

Untuk menentukan nilai reliabilitas (R) dapat kita ambil dari tabel 2.17.

Tabel 2.18 Nilai 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)

Hubungan nilai reliabilitas (R), S_o , dan Z_R dapat dilihat dari tabel 2.18. Dari tabel ini nilai F_R dapat langsung diketahui.

Tabel 2.19 Nilai Reliabilitas, Z_R , dan S_o

| Reliabilitas (%) | Standard 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)

j. Modulus *Resilient* (M_R)

Modulus *Resilient* adalah perbandingan antara nilai *deviator stress*, yang menggambarkan repetisi beban roda dan *recobale strain*. Setelah nilai CBR telah dihitung dengan menggunakan rumus 2.3 maka nilai M_R dapat dihitung.

$$M_R = 1500 \times CBR \dots\dots\dots 2.47$$

Keterangan :

M_R = Modulus *Resilient* (psi)

CBR = nilai CBR_{segmen} (%)

k. 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 2.20 Kelompok 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 2.21 Koefisien 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)

1. 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 2.21 berdasarkan nilai modulus elastisitas, E_{AC} (psi) beton aspal.

Tabel 2.22 Koefisien Kekuatan Relatif Badan Jalan

| Jenis Bahan | Kekuatan Bahan | | | | | Koefisien Kekuatan Relatif | | | |
|---------------------------------|----------------------|--------------|----------------------|-----------------------------|-----------|----------------------------|----------------|----------------|----------------|
| | Modulus Elastis | | Stabilitas | Kuat Tekan | ITS (kPa) | CBR (%) | a ₁ | a ₂ | a ₃ |
| | (MPa) | (× 1000 psi) | Marshall (kg) | Bebas (kg/cm ²) | | | | | |
| 1. Lapis Permukaan | | | | | | | | | |
| Laston Modifikasi ¹ | | | | | | | | | |
| – Lapis Aus Modifikasi | 3.200 ⁽⁵⁾ | 460 | 1000 | | | | 0,414 | | |
| – Lapis Antara Modifikasi | 3.500 ⁽⁵⁾ | 508 | 1000 | | | | 0,360 | | |
| Laston | | | | | | | | | |
| – Lapis Aus | 3.000 ⁽⁵⁾ | 435 | 800 | | | | 0,400 | | |
| – Lapis Antara | 3.200 ⁽⁵⁾ | 464 | 800 | | | | 0,344 | | |
| Lataston | | | | | | | | | |
| 1. Lapis Aus | 2.300 ⁽⁵⁾ | 340 | 800 | | | | 0,350 | | |
| 2. Lapis Pondasi | | | | | | | | | |
| Lapis Pondasi Laston Modifikasi | 3.700 ⁽⁵⁾ | 536 | 2.250 ⁽²⁾ | | | | | 0,305 | |
| Lapis Pondasi LAPEN | | | | | | | | 0,190 | |
| CMRFB | | | | | 300 | | | 0,270 | |
| Beton Padat Giling (BPG/RCC) | 5.900 | 850 | | 70 ⁽³⁾ | | | | 0,230 | |

| Jenis Bahan | Kekuatan Bahan | | | | | | Koefisien Kekuatan Relatif | | |
|---|-----------------|--------------|-----------------------------|---|-----------|---------|----------------------------|----------------|----------------|
| | Modulus Elastis | | Stabilitas Marshall (kg) | Kuat Tekan Bebas (kg/cm ²) | ITS (kPa) | CBR (%) | a ₁ | a ₂ | a ₃ |
| | (MPa) | (× 1000 psi) | | | | | | | |
| CTB (<i>Cement Treated Base</i>) | 5.350 | 776 | | 45 | | | 0,210 | | |
| CTRB(<i>Cement Treated Recycling Base</i>) | 4.450 | 645 | | 35 | | | 0,170 | | |
| CTSB (<i>Cement Treated Subbase</i>) | 4.450 | 645 | | 35 | | | 0,170 | | |
| CTRSB (<i>Cement Treated Recycling Subbase</i>) | 4.270 | 619 | | 30 | | | 0,160 | | |
| Tanah Semen | 4.000 | 580 | | 24 ⁽⁴⁾ | | | 0,145 | | |
| Tanah Kapur | 3.900 | 566 | | 20 ⁽⁴⁾ | | | 0,135 | | |
| Agregat Kelas A | 200 | 29 | | | | 90 | | | |
| 3. Lapis Pondasi Bawah | | | | | | | | | |
| Agregat Kelas B | 125 | 18 | | | | 60 | | 0,125 | |
| Agregat Kelas C | 103 | 15 | | | | 35 | | 0,112 | |
| Konstruksi Telford | | | | | | | | | |
| 2. Pemadatan Mekanis | | | | | | 52 | | 0,104 | |
| 3. Pemadatan Manual | | | | | | 32 | | 0,074 | |
| Material Pilihan (<i>Selected Material</i>) | 84 | 12 | | | | 10 | | 0,080 | |

(Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum, 2012)

Keterangan :

- 1) Campuran beraspal panas yang menggunakan bahan pengikat aspal modifikasi (seperti aspal polimer, aspal yang dimodifikasi asbuton, multigrade, aspal pen 40 dan aspal pen 60 dengan aditif campuran seperti asbuton butir), termasuk asbuton campuran panas.
- 2) Diameter benda uji 6 inci
- 3) Kuat tekan beton untuk umur 28 hari
- 4) Kuat tekan bebas umur 7 hari dan diameter 7 cm
- 5) Pengujian modulus elastic menggunakan alat UMATTA pada temperatur 25°C. beban 2500 N dan *rise time* 60 ms serta pembuatan benda uji dikondisikan sesuai AASHTO Designation : R 30-02 (2006)

m. Tebal minimum setiap 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 2.22 disajikan tebal minimum untuk lapis permukaan, lapis pondasi dan lapis pondasi bawah.

Tabel 2.23 Tebal Minimum Lapis Perkerasan

| Jenis Bahan | Tebal Minimum | |
|---|---------------|------|
| | (inci) | (cm) |
| 1. 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 | | |
| 4. Lapis Aus | 1,2 | 3,0 |
| 2. 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 Kuru (CBK) atau <i>Lean – Mix Concrete (LC)</i> | 6,0 | 15 |
| Tanah Semen | 6,0 | 15 |
| Tanah Kapur | 6,0 | 15 |
| 3. 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)

Untuk menentukan tebal minimum masing – masing perkerasan digunakan rumus 2.48 sampai dengan 2.53.

$$D^*_1 \geq \frac{SN_1}{a_1} \dots\dots\dots 2.48$$

$$D^*_1 = D_1 \times a_1 \geq SN_1 \dots\dots\dots 2.49$$

$$SN_2^* \geq D_2 \times a_2 \dots\dots\dots 2.50$$

$$D^*_3 \geq \frac{SN_3 - (SN^*_1 + SN^*_2)}{a_3 m_3} \dots\dots\dots 2.51$$

2.7.2 Langkah – langkah Perencanaan Tebal Perkerasan

Perancangan Tebal Perkerasan Lentur 2012 Kementerian Pekerjaan Umum merupakan revisi dari Metode Pt T-01-2002-B serta revisi dari SNI 03-1732-1989 Tata Cara Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan metode analisa komponen adalah sebagai berikut :

- a. Tetapkan umur rencana perkerasan dan jumlah lajur lalu lintas yang akan dibangun.
- b. Tetapkan indeks pelayanan akhir (IP_t) dan susunan struktur perkerasan rancangan yang diinginkan.
- c. Hitung CBR tanah dasar yang mewakili segmen, kemudian hitung modulus reaksi tanah dasar efektif (MR) dengan menggunakan persamaan 1 atau 2.
- d. Hitung lalu lintas rencana seama umur rencana yang telah ditetapkan, yaitu berdasarkan volume, beban sumbu setiap kelas kendaraan, perkembangan lalu lintas. Untuk menganalisis lalu lintas selama umur rencana diperlukan coba – coba nilai SN dengan indeks pelayanan akhir (IP_t) yang telah dipilih. Hasil iterasi selesai apabila prediksi lalu lintas rencana relatif sama dengan (sedikit di bawah) kemampuan konstruksi perkerasan rencana yang diinterpretasikan dengan lalu lintas.
- e. Tahap berikutnya adalah menentukan nilai struktural seluruh lapis perkerasan di atas tanah dasar. Dengan cara yang sama, selanjutnya menghitung nilai struktural bagian perkerasan di atas lapis pondasi bawah dan di atas lapis pondasi atas, dengan menggunakan kekuatan lapis pondasi bawah dan lapis pondasi atas. Dengan menyelisihkan hasil perhitungan nilai struktural yang

diperlukan di atas setiap lapisan, maka tebal maksimum yang diizinkan untuk suatu lapisan dapat dihitung. Contoh, nilai struktural maksimum yang diizinkan untuk lapis pondasi bawah akan sama dengan nilai struktural perkerasan di atas tanah dasar dikurangi dengan nilai bagian perkerasan di atas lapis pondasi bawah. Dengan cara yang sama, maka nilai struktural lapisan yang lain dapat ditentukan.

2.8 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 pengaturan manajemen proyek dan perhitungan anggaran biaya proyek.

Manajemen proyek adalah penerapan ilmu pengetahuan, keahlian dan keterampilan, cara teknis yang terbaik dan dengan sumber daya yang terbatas, untuk mencapai sasaran dan tujuan yang telah ditentukan agar mendapatkan hasil yang optimal dalam hal kinerja biaya, mutu dan waktu, serta keselamatan kerja (Abrar Husen, 2008).

Tahapan dalam menghitung Rencana Anggaran Biaya, antara lain :

a. 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.

b. Analisa satuan harga pekerjaan

Analisa satuan harga 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 adapada suatu proyek. Dalam menghitung analisa suatu 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 :

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 / observasi di lapangan.

b) Pendekatan *Off The Job*, yaitu pendekatan yang dipakai untuk memperoleh hasil perhitungan berdasarkan standar yang biasanya ditetapkan oleh pabrik pembuat.

c. Perhitungan volume pekerjaan

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

d. Perhitungan rencana anggaran biaya

Rencana anggaran biaya adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya – biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut.

Anggaran biaya merupakan harga dari bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat. Anggaran biaya pada bangunan yang sama akan berbeda – beda di masing – masing daerah, disebabkan karena perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja.

Dalam menyusun anggaran biaya dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu :

1. Anggaran biaya kasar (taksiran)

Sebagai pedoman dalam menyusun anggaran biaya kasar digunakan harga satuan tiap meter pergi (m^2) luas lantai. Anggaran biaya kasar dipakai sebagai pedoman terhadap anggaran biaya yang dihitung secara teliti.

2. Anggaran biaya teliti

Yang dimaksud dengan anggaran biaya teliti, ialah anggaran biaya bangunan atau proyek yang dihitung dengan teliti dan cermat, sesuai dengan ketentuan dan syarat – syarat penyusunan anggaran biaya. Pada anggaran biaya kasar sebagaimana diuraikan terdahulu, harga satuan dihitung berdasarkan harga taksiran setiap luas lantai m^2 . Taksiran tersebut haruslah berdasarkan harga wajar, dan tidak terau jauh berbeda dengan harga yang dihitung secara teliti. Sedangkan penyusunan anggaran biaya yang dihitung dengan teliti, didasarkan atau didukung oleh :

a) Bestek

Gunanya untuk menentukan spesifikasi bahan dan syarat – syarat.

b) Gambar bestek

Gunanya untuk menentukan / menghitung besarnya masing – masing volume pekerjaan.

c) Harga satuan pekerjaan

Didapat dari harga satuan bahan dan harga satuan upah berdasarkan perhitungan analisa BOW.

e. Perhitungan rekapitulasi biaya

Rekapitulasi biaya adalah biaya total yang diperlukan setelah menghitung dan mengalikan dengan harga satuan yang ada. Dalam rekapitulasi terlampir pokok – pokok pekerjaan yang dilaksanakan oleh Instansi Pemerintah dalam rekap tersebut sudah dimasukkan pajak serta keuntungan dari kontraktor.

2.8.1 Rencana Kerja

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 sebagai pemimpin
2. Pedoman kerja para pelaksana
3. Penilaian kemajuan pekerjaan
4. Evaluasi hasil pekerjaan

Untuk menyelesaikan suatu pekerjaan konstruksi diperlukan suatu perencanaan yang tepat untuk menyelesaikan tiap – tiap pekerjaan yang ada. Maka dibuatlah suatu *network planning* yang digunakan sebagai kerangka penyelesaian proyek secara keseluruhan, ataupun masing – masing pekerjaan yang menjadi bagian dari penyelesaian proyek secara keseluruhan. Di dalam *Network Planning* (NWP) dapat diketahui adanya hubungan ketergantungan antara bagian – bagian pekerjaan satu dengan yang lain. Hubungan ini digambarkan dalam satu diagram *network*, sehingga kita akan dapat mengetahui bagian – bagian pekerjaan mana yang harus didahulukan, pekerjaan mana yang menunggu selesainya pekerjaan lain atau pekerjaan mana yang tidak perlu tergesa – gesa sehingga orang dan alat dapat digeser ke tempat lain.

Adapun kegunaan dari NWP adalah :

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

Adapun data – data yang diperlukan dalam menyusun NWP adalah :

1. Urutan pekerjaan yang logis
Harus disusun pekerjaan apa yang harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum pekerjaan lain dimulai, dan pekerjaan apa yang kemudian mengikutinya.
2. Taksiran waktu penyelesaian setiap pekerjaan
Biasanya memakai waktu rata – rata berdasarkan pengalaman. Kalau proyek itu baru sama sekali biasanya diberi *slack* / kelonggaran waktu.
3. Biaya untuk mempercepat pekerjaan
Ini berguna apabila pekerjaan – pekerjaan yang berada di jalur kritis ingin dipercepat agar seluruh proyek segera selesai, misalnya : biaya – biaya lembur, biaya menambah tenaga kerja dan sebagainya.

Sebelum menggambar diagram NWP ada beberapa hal yang perlu kita perhatikan antara lain :

1. Panjang, pendek maupun kemiringan anak panah sama sekali tidak mempunyai arti, dalam pengertian letak pekerjaan, banyaknya *duration* maupun *resources* yang dibutuhkan.
2. Aktifitas – aktifitas apa yang mendahului dan aktifitas – aktifitas apa yang mengikuti.
3. Aktifitas – aktifitas yang dapat dilakukan bersama – sama.
4. Aktifitas – aktifitas itu dibatasi, mulai dan selesai.
5. Waktu, biaya dan *resources* yang dibutuhkan dari aktifitas – aktifitas itu.
6. Kepala anak panah menjadi arah pedoman dari setiap kegiatan.
7. Besar kecilnya lingkaran juga tidak mempunyai arti dalam pengertian penting tidaknya suatu peristiwa.

Simbol – simbol yang digunakan dalam penggambaran NWP :

3. → (*Arrow*), bentuk ini digunakan anak panah yang artinya aktifitas atau kegiatan. Ini adalah suatu 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.

4. ○ (*Node / event*), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian. Ini adalah permulaan atau akhir dari suatu atau lebih kegiatan – kegiatan.
5. ⇨ (*Double arrow*), anak panah sejajar merupakan kegiatan di lintasan kritis (*critical path*).
6. -----> (*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. Aktifitas semu hanya boleh dipakai bila tidak ada cara lain untuk menggambarkan hubungan – hubungan aktifitas yang ada dalam satu *network*.

2.8.2 *Barchart* dan Kurva S

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 penaturan hal – hal tersebut tidak saling mengganggu pelaksanaan pekerjaan.

Kurva S dibuat berdasarkan bobot setiap pekerjaan dan lama waktu 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.