

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Di dalam merencanakan suatu kegiatan atau proyek dibutuhkan dasar teori mengenai hal tersebut. Dasar teori ini diambil dari kajian pustaka yang ada dari bahan-bahan kuliah dan literatur-literatur yang berhubungan dengan perencanaan proyek tersebut.

Dalam merencanakan dan memecahkan permasalahan yang timbul selama perencanaan kami menggunakan rumus-rumus yang diambil dari literatur yang berhubungan dengan persoalan yang kami hadapi. Untuk lebih jelas dalam memberikan gambaran terhadap proses perencanaan ini maka studi pustaka diuraikan sebagai berikut :

- Aspek lalu lintas
- Aspek trase dan geometrik jalan
- Aspek perkerasan jalan
- Aspek drainase
- Aspek bangunan penunjang dan pelengkap jalan

2.2 Aspek Lalu Lintas

2.2.1. Klasifikasi Jalan

a. Klasifikasi Menurut Fungsi

Klasifikasi fungsi jalan seperti yang dijabarkan dalam Undang-undang Republik Indonesia nomor 38 tahun 2004 tentang Jalan pasal 8 dibagi dalam empat macam, yaitu:

1. Jalan Arteri

Merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan utama dengan ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara berdaya guna.

2. Jalan Kolektor

Merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan utama dengan ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi.

3. Jalan Lokal

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

4. Jalan Lingkungan

Merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dengan ciri perjalanan jarak dekat dan kecepatan rata-rata rendah.

b. Klasifikasi Menurut Sistem Jaringan Jalan

Klasifikasi sistem jaringan jalan seperti yang dijabarkan dalam Undang-undang nomor 38 tahun 2004 pasal 7 dibagi dalam dua sistem jaringan jalan, yaitu:

1. Sistem Jaringan Jalan Primer

Sistem jaringan jalan primer merupakan sistem jaringan jalan dengan peranan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk pengembangan semua wilayah di tingkat nasional, dengan menghubungkan semua simpul jasa distribusi yang berupa pusat-pusat kegiatan.

2. Sistem Jaringan Jalan Sekunder

Sistem jaringan jalan sekunder merupakan sistem jaringan jalan dengan peranan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk masyarakat di dalam kawasan perkotaan.

c. Klasifikasi Menurut Spesifikasi Penyediaan Prasarana Jalan

Klasifikasi menurut spesifikasi penyediaan prasarana jalan dikelompokkan menjadi empat macam, yaitu:

1. Jalan Bebas Hambatan

Spesifikasi jalan bebas hambatan meliputi pengendalian jalan masuk secara penuh, tidak ada persimpangan sebidang, dilengkapi pagar ruang milik jalan, dilengkapi dengan median, paling sedikit mempunyai 2 lajur setiap arah, dan lebar lajur paling sedikit 3.5 meter.

2. Jalan Raya

Spesifikasi jalan raya adalah jalan umum untuk lalu lintas secara menerus dengan pengendalian jalan masuk secara terbatas, dilengkapi dengan median, paling sedikit mempunyai 2 lajur setiap arah, dan lebar lajur paling sedikit 3.5 meter.

3. Jalan Sedang

Spesifikasi jalan sedang adalah jalan umum dengan lalu lintas jarak sedang dengan pengendalian jalan masuk tidak dibatasi, paling sedikit mempunyai 2 lajur untuk 2 arah, dengan lebar jalur paling sedikit 7 meter.

4. Jalan Kecil

Spesifikasi jalan kecil adalah jalan umum untuk melayani lalu lintas setempat, paling sedikit mempunyai 2 lajur untuk 2 arah, dan lebar jalur paling sedikit 5.5 meter.

d. Klasifikasi Menurut Status

Klasifikasi status jalan seperti yang dijabarkan dalam Peraturan Pemerintah nomor 38 tahun 2004 pasal 9 dibagi dalam lima macam, yaitu:

1. Jalan Nasional

Jalan nasional merupakan jalan arteri dan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan antar ibukota provinsi dan jalan strategis nasional serta jalan tol.

2. Jalan Provinsi

Jalan provinsi merupakan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten atau kota, atau antar ibukota kabupaten/ kota, dan jalan strategis provinsi.

3. Jalan Kabupaten

Jalan kabupaten merupakan jalan lokal dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan, antar ibukota kecamatan, dan jalan strategis kabupaten.

4. Jalan Kota

Jalan kabupaten merupakan jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder yang mengubungkan antar pusat pelayanan dalam kota, manghubungkan antara pusat pelayanan dan pemukiman yang ada di dalam kota.

5. Jalan Desa

Jalan kabupaten merupakan jalan umum yang menghubungkan kawasan dan atau antar pemukiman di dalam desa serta jalan lingkungan.

e. Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas yang dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST). Klasifikasi menurut kelas jalan ini dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

| Fungsi | Kelas | Muatan Sumbu Terberat (MST) (ton) |
|----------|-------|-----------------------------------|
| Arteri | I | > 10 |
| | II | 10 |
| | III A | 8 |
| Kolektor | III A | 8 |
| | III B | |

Sumber : PGJAK, 1997

f. Klasifikasi Menurut Medan Jalan

Klasifikasi menurut medan jalan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus dengan garis kontur. Klasifikasi menurut medan jalan ini dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

| No. | Jenis Medan | Notasi | Kemiringan Medan (%) |
|-----|-------------|--------|----------------------|
| 1 | Datar | D | < 3 |
| 2 | Perbukitan | B | 3 - 35 |
| 3 | Pegunungan | G | > 25 |

Sumber : PGJAK, 1997

2.2.2. Kendaraan Rencana

Kendaraan rencana adalah kendaraan yang merupakan wakil dari kelompoknya yang digunakan untuk merencanakan bagian-bagian dari jalan raya. Untuk perencanaan geometrik jalan, ukuran lebar kendaraan rencana akan mempengaruhi lebar lajur yang dibutuhkan. Sifat membelok kendaraan akan mempengaruhi perencanaan tikungan dan lebar median di mana kendaraan diperkenankan untuk memutar. Kemampuan kendaraan akan mempengaruhi tingkat kelandaian yang dipilih dan tinggi tempat duduk pengemudi akan mempengaruhi jarak pandang pengemudi.

Kendaraan rencana dikelompokkan menjadi tiga kategori:

1. kendaraan kecil, diwakili oleh mobil penumpang;
2. kendaraan sedang, diwakili truk 3 as tandem atau bus besar 2 as;
3. kendaraan besar, diwakili oleh semi trailer.

2.2.3. Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana pada suatu ruas jalan adalah kecepatan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan yang memungkinkan kendaraan bergerak dengan aman dan nyaman secara menerus. Kecepatan rencana sesuai dengan klasifikasi fungsi dan klasifikasi medan jalan dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Kecepatan Rencana (V_R)

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

Sumber : PGJAK, 1997

2.2.4. Volume Lalu Lintas

2.2.4.1 Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR)

Lalu lintas harian rata-rata adalah jumlah rata-rata lalu lintas kendaraan bermotor yang dicatat selama 24 jam sehari untuk kedua jurusan. Ada dua jenis LHR yaitu LHR tahunan (LHRT) dan LHR.

$$LHRT = \frac{\text{jumlah lalu lintas dalam 1 tahun}}{365}$$

$$LHR = \frac{\text{jumlah lalu lintas selama pengamatan}}{\text{lamanya pengamatan}}$$

2.2.4.2 Pertumbuhan Lalu Lintas

Volume lalu lintas adalah banyaknya kendaraan yang melintas atau melewati suatu titik di suatu ruas jalan pada interval waktu tertentu yang dinyatakan dalam satuan kendaraan atau satuan mobil penumpang (smp). Sedangkan volume lalu lintas rencana (LHR) adalah perkiraan volume lalu lintas harian pada akhir tahun rencana lalu lintas dan dinyatakan dalam smp/hari. Hasil perhitungan besarnya LHR digunakan sebagai dasar perencanaan jalan dan evaluasi volume LHR pada masa yang akan datang. Untuk menghitung perkembangan lalu lintas tiap tahun digunakan:

1. Regresi linier sederhana

Menurut F.D. Hobbs, regresi linier sederhana adalah:

$$Y = a + bX$$

Keterangan:

Y = besarnya nilai yang diketahui

a = konstanta

b = koefisien variabel X

X = data sekunder dari periode awal

Sedangkan harga a dan b dapat dicari dari persamaan

$$\sum Y = n.a + b \sum X :$$

$$\sum XY = a. \sum X + b. \sum X^2$$

2. Metode eksponensial

Perhitungan pertumbuhan lalu lintas dengan metode eksponensial dihitung berdasarkan LHR_n , LHR_0 .

Rumus umum yang digunakan adalah:

$$LHR_n = LHR_0 \times (1 + i)^n$$

Keterangan:

LHR_n = lalu lintas harian tahun yang dicari

LHR_0 = lalu lintas harian tahun awal perencanaan

i = laju pertumbuhan lalu lintas

n = umur rencana

2.2.4.3 Volume Jam Puncak (VJP)

Volume jam puncak adalah perkiraan volume lalu lintas pada jam sibuk tahun rencana lalu lintas dan dinyatakan dalam smp/jam.

$$VJP = LHRT \times faktor K$$

Keterangan:

LHRT = lalu lintas harian rata-rata tahunan (kendaraan/hari)

faktor K = faktor volume lalu lintas pada jam sibuk

Untuk penentuan faktor K dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Faktor K

| V_{LHR} (smp/hari) | Faktor K (%) |
|----------------------|--------------|
| > 50000 | 4 – 6 |
| 30000 – 50000 | 6 – 8 |
| 10000 – 30000 | 6 – 8 |
| 5000 – 10000 | 8 – 10 |
| 1000 – 5000 | 10 – 12 |
| < 1000 | 12 – 16 |

Sumber : PGJAK, 1997

2.2.5. Arus dan Komposisi Lalu Lintas

Arus lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melalui suatu titik pada ruas jalan tertentu per satuan waktu yang dinyatakan dalam kendaraan/jam (Q_{kend}) atau smp/jam (Q_{smp}). Semua nilai arus lalu lintas (per arah dan total) dikonversikan menjadi satuan mobil penumpang (smp)

dengan menggunakan ekivalensi mobil penumpang (EMP) yang diturunkan secara empiris untuk berbagai tipe kendaraan. Pembagian tipe kendaraan dijelaskan pada Tabel 2.5 berikut:

Tabel 2.5 Pembagian Tipe Kendaraan

| Tipe Kendaraan | Kode | Karakteristik Kendaraan |
|--------------------------|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kendaraan Ringan | LV | kendaraan bermotor beroda 4 dengan 2 gandar berjarak 2 - 3 m (termasuk kendaraan penumpang oplet, mikro bus, pick up, dan truk kecil) |
| Kendaraan Berat Menengah | MHV | Kendaraan bermotor dengan 2 gandar yang berjarak 3,5 - 5 m (termasuk bus kecil, truk 2 as dengan 6 roda) |
| Truk Besar | LT | truk 3 gandar dan truk kombinasi dengan jarak antar gandar < 3,5 m |
| Bus Besar | LB | bus dengan 2 atau 3 gandar dengan jarak antar gandar 5 - 6 m |
| Sepeda Motor | MC | sepeda motor dengan 2 atau 3 roda (meliputi sepeda motor dan kendaraan roda 3) |
| Kendaraan Tak Bermotor | UM | kendaraan bertenaga manusia atau hewan di atas roda (meliputi sepeda, becak, kereta kuda, dan kereta dorong) |

Sumber : MKJI, 1997

2.2.6. Nilai Konversi Kendaraan

Perhitungan LHR dilakukan dengan menghitung jumlah kendaraan yang lewat berdasarkan jenis dan nilai konversi kendaraan. Dalam menentukan nilai smp dibedakan menjadi lima, yaitu:

1. kendaraan ringan (LV), misal: mikrobus, pick-up, mobil penumpang;
2. kendaraan berat menengah (MHV), misal: truk 2 gandar dan bus kecil;
3. bus besar (LB);
4. truk besar (LT), misal: truk 3 gandar dan truk gandeng;
5. sepeda motor (MC).

Nilai konversi jenis kendaraan terhadap ekivalensi mobil penumpang (EMP) berdasarkan MKJI tahun 1997 dapat dilihat pada Tabel 2.6 sampai dengan Tabel 2.9.

Tabel 2.6 Nilai EMP Jalan 2 Lajur 2 Arah Tak Terbagi (2/2 UD)

| Tipe Alinyemen | Arus Total (kend/jam) | EMP | | | | | |
|----------------|-----------------------|-----|-----|-----|-----------------------------|-------|-----|
| | | MHV | LB | LT | MC | | |
| | | | | | Lebar Jalur Lalu Lintas (m) | | |
| | | | | | < 6 | 6 = 8 | > 8 |
| Datar | 0 | 1,2 | 1,2 | 1,8 | 0,8 | 0,6 | 0,4 |
| | 800 | 1,8 | 1,8 | 2,7 | 1,2 | 0,9 | 0,6 |
| | 1350 | 1,5 | 1,6 | 2,5 | 0,9 | 0,7 | 0,5 |
| | ≥ 1900 | 1,3 | 1,5 | 2,5 | 0,6 | 0,5 | 0,4 |
| Bukit | 0 | 1,8 | 1,6 | 5,2 | 0,7 | 0,5 | 0,3 |
| | 650 | 2,4 | 2,5 | 5,0 | 1,0 | 0,8 | 0,5 |
| | 1100 | 2,0 | 2,0 | 4,0 | 0,8 | 0,6 | 0,4 |
| | ≥ 1600 | 1,7 | 1,7 | 3,2 | 0,5 | 0,4 | 0,3 |
| Gunung | 0 | 3,5 | 2,5 | 6,5 | 0,6 | 0,4 | 0,2 |
| | 450 | 3,0 | 3,2 | 5,5 | 0,9 | 0,7 | 0,4 |
| | 900 | 2,5 | 2,5 | 5,0 | 0,7 | 0,5 | 0,3 |
| | ≥ 1350 | 1,9 | 2,2 | 4,0 | 0,5 | 0,4 | 0,3 |

Sumber : MKJI, 1997

Tabel 2.7 Nilai EMP Jalan 4 Lajur 2 Arah Tak Terbagi dan Terbagi

| Tipe Alinyemen | Arus Total (kend/jam) | | EMP | | | |
|----------------|-----------------------------------|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|
| | Jalan terbagi per arah (kend/jam) | Jalan terbagi total (kend/jam) | MHV | LB | LT | MC |
| | | | | | | |
| Datar | 0 | 0 | 1,2 | 1,2 | 1,6 | 0,5 |
| | 1000 | 1700 | 1,4 | 1,4 | 2,0 | 0,6 |
| | 1800 | 3250 | 1,6 | 1,7 | 2,5 | 0,8 |
| | ≥ 2150 | ≥ 3950 | 1,3 | 1,5 | 2,0 | 0,5 |
| Bukit | 0 | 0 | 1,8 | 1,6 | 4,8 | 0,4 |
| | 750 | 1350 | 2,0 | 2,0 | 4,6 | 0,5 |
| | 1400 | 2500 | 2,2 | 2,3 | 4,3 | 0,7 |
| | ≥ 1750 | ≥ 3150 | 1,8 | 1,9 | 3,5 | 0,4 |
| Datar | 0 | 0 | 3,2 | 2,2 | 5,5 | 0,3 |
| | 550 | 1000 | 2,9 | 2,6 | 5,1 | 0,4 |
| | 1100 | 2000 | 2,6 | 2,9 | 4,8 | 0,6 |
| | ≥ 1500 | ≥ 2700 | 2,0 | 2,4 | 3,8 | 0,3 |

Sumber : MKJI, 1997

Tabel 2.8 Nilai EMP Jalan 6 Lajur 2 Arah Terbagi (6/2 D)

| Tipe Alinyemen | Arus Total (kend/jam) | EMP | | | |
|----------------|-----------------------|-----|-----|-----|-----|
| | | MHV | LB | LT | MC |
| Datar | 0 | 1,2 | 1,2 | 1,6 | 0,5 |
| | 1500 | 1,4 | 1,4 | 2,0 | 0,6 |
| | 2700 | 1,6 | 1,7 | 2,5 | 0,8 |
| | ≥ 2300 | 1,3 | 1,5 | 2,0 | 0,5 |
| Bukit | 0 | 1,8 | 1,6 | 4,8 | 0,4 |
| | 1100 | 2,0 | 2,0 | 4,6 | 0,5 |
| | 2100 | 2,2 | 2,3 | 4,3 | 0,7 |
| | ≥ 2650 | 1,8 | 1,9 | 3,5 | 0,4 |
| Gunung | 0 | 3,2 | 2,2 | 5,5 | 0,3 |
| | 800 | 2,9 | 2,6 | 5,1 | 0,4 |
| | 1700 | 2,6 | 2,9 | 4,8 | 0,6 |
| | ≥ 2300 | 2,0 | 2,4 | 3,8 | 0,3 |

Sumber : MKJI, 1997

Tabel 2.9 Nilai EMP Kendaraan Berat Menengah dan Truk Besar, Kelandaian Khusus Mendaki

| Panjang (km) | EMP | | | | | | | | | |
|--------------|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | Gradient (%) | | | | | | | | | |
| | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | | 7 | |
| | MHV | LT | MHV | LT | MHV | LT | MHV | LT | MHV | LT |
| 0,50 | 2,00 | 4,00 | 3,00 | 5,00 | 3,80 | 6,40 | 4,50 | 7,30 | 5,00 | 8,00 |
| 0,75 | 2,50 | 4,60 | 3,30 | 6,00 | 4,20 | 7,50 | 4,80 | 8,60 | 5,30 | 9,30 |
| 1,00 | 2,80 | 5,00 | 3,50 | 6,20 | 4,40 | 7,60 | 5,00 | 8,60 | 5,40 | 9,30 |
| 1,50 | 2,80 | 5,00 | 3,60 | 6,20 | 4,40 | 7,60 | 5,00 | 8,50 | 5,40 | 9,10 |
| 2,00 | 2,80 | 5,00 | 3,60 | 6,20 | 4,40 | 7,50 | 4,90 | 8,30 | 5,20 | 8,90 |
| 3,00 | 2,80 | 5,00 | 3,60 | 6,20 | 4,20 | 7,50 | 4,60 | 8,30 | 5,00 | 8,90 |
| 4,00 | 2,80 | 5,00 | 3,60 | 6,20 | 4,20 | 7,50 | 4,60 | 8,30 | 5,00 | 8,90 |
| 5,00 | 2,80 | 5,00 | 3,60 | 6,20 | 4,20 | 7,50 | 4,60 | 8,30 | 5,00 | 8,90 |

- EMP kendaraan ringan (LV) selalu 1,0
- EMP bus besar (LB) adalah 2,5 untk arus < 1000 kend/jam dan 2,0 untuk keadaan lainnya
- Gunakan Tabel 2.15 untuk menentukan nilai EMP kendaraan berat menengah (MHV) dan truk besar (LT). Jika arus lalu lintas dua arah > 1000 kend/jam nilai tersebut dikalikan 0,7
- EMP untuk sepeda motor (MC) adalah 0,7 untuk arus < 1000 kend/jam dan 0,4 untuk keadaan lainnya.

(Sumber : MKJI, 1997)

2.2.7. Hambatan Samping

Hambatan samping adalah pengaruh kegiatan di samping ruas jalan terhadap kinerja lalu lintas, di mana perhitungan frekuensi berbobot kejadian per jam per 200 meter dari segmen jalan yang diamati pada kedua sisi jalan, antara lain:

- pejalan kaki (bobot = 0,6),
- parkir dan kendaraan berhenti (bobot = 0,8),
- kendaraan masuk dan keluar lahan samping jalan (bobot = 1,0),
- kendaraan lambat (bobot = 0,4).

Sedangkan kelas hambatan samping dapat dilihat pada Tabel 2.10.

Tabel 2.10 Kelas Hambatan Samping

| Kelas Hambatan Samping | Kode | Frekuensi Berbobot dari Kejadian (kedua sisi) | Kondisi Khas |
|------------------------|------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Sangat rendah | VL | < 50 | pedalaman, pertanian tidak berkembang, tanpa kegiatan |
| Rendah | L | 50 - 149 | pedalaman, beberapa bangunan, dan kegiatan di samping jalan |
| Sedang | M | 150 - 249 | desa, kegiatan, dan angkutan lokal |
| Tinggi | H | 250 - 350 | desa, beberapa kegiatan pasar |
| Sangat tinggi | VH | > 350 | hampir perkotaan, pasar atau kegiatan perdagangan |

Sumber : MKJI, 1997

2.2.8. Analisis Kecepatan Arus

2.2.8.1 Kecepatan Arus Bebas

Persamaan untuk penentuan kecepatan arus bebas mempunyai bentuk umum sebagai berikut:

$$FV = (F_{V_0} + F_{V_w}) \times FFV_{SF} \times FFV_{RC}$$

Keterangan:

FV = kecepatan arus bebas kendaraan ringan pada kondisi lapangan (km/jam)

F_{VO} = kecepatan arus bebas dasar kendaraan ringan pada jalan dan alinyemen yang diamati

FV_W = penyesuaian kecepatan akibat lebar jalan (km/jam)

FFV_{SF} = faktor penyesuaian akibat hambatan samping dan lebar bahu

FFV_{RC} = faktor penyesuaian akibat kelas fungsi jalan dan guna jalan

2.2.8.2 Kecepatan Arus Bebas Dasar Kendaraan Ringan

Kecepatan arus bebas dasar kendaraan ringan adalah kecepatan arus bebas segmen jalan untuk suatu kondisi ideal yang telah ditentukan sebelumnya. Berdasarkan MKJI tahun 1997, nilai kecepatan arus dasar dapat dilihat melalui Tabel 2.11.

Tabel 2.11 Kecepatan Arus Bebas Dasar (F_{VO})

| Tipe Jalan/ Tipe Alinyemen | Kecepatan Arus Bebas Dasar (km/jam) | | | | |
|-------------------------------|-------------------------------------|-----|----|----|----|
| | LV | MHV | LB | LT | MC |
| 6 lajur terbagi | | | | | |
| □ datar | 83 | 67 | 86 | 64 | 64 |
| □ bukit | 71 | 56 | 68 | 52 | 58 |
| □ gunung | 62 | 45 | 55 | 40 | 55 |
| 4 lajur terbagi | | | | | |
| □ datar | 78 | 65 | 81 | 62 | 64 |
| □ bukit | 68 | 55 | 66 | 51 | 58 |
| □ gunung | 60 | 44 | 53 | 39 | 55 |
| 4 lajur tak terbagi | | | | | |
| □ datar | 74 | 63 | 78 | 60 | 60 |
| □ bukit | 66 | 54 | 65 | 50 | 56 |
| □ gunung | 58 | 43 | 52 | 39 | 53 |
| 2 lajur tak terbagi | | | | | |
| □ datar | 68 | 60 | 73 | 58 | 55 |
| datar SDC B | 65 | 57 | 69 | 55 | 54 |
| datar SDC C | 61 | 54 | 63 | 52 | 53 |
| □ bukit | 61 | 52 | 62 | 49 | 53 |
| □ gunung | 55 | 42 | 50 | 38 | 51 |

Sumber : MKJI, 1997

2.2.8.3 Penyesuaian Kecepatan Arus Bebas Akibat Lebar Efektif Jalur Lalu Lintas

Berdasarkan MKJI tahun 1997 nilai dari faktor ini dapat dilihat pada Tabel 2.12.

Tabel 2.12 Penyesuaian Kecepatan Arus Bebas Akibat Lebar Efektif Jalur Lalu Lintas

| Tipe Jalan | Lebar Efektif jalur Lalu Lintas (W_e) (m) | (FV_w) (km/jam) | | |
|-----------------------------|-----------------------------------------------|-------------------|-------------------------------------------|--------|
| | | Datar: SDC = A,B | - Bukit: SDC = A,B,C - Datar : SDC = C | Gunung |
| 4 lajur dan 6 lajur terbagi | per lajur | | | |
| | 3,00 | -3 | -3 | -2 |
| | 3,25 | -1 | -1 | -1 |
| | 3,50 | 0 | 0 | 0 |
| | 3,75 | 2 | 2 | 2 |
| | 3,00 | -3 | -3 | -1 |
| | 3,25 | -1 | -1 | -1 |
| | 3,50 | 0 | 0 | 0 |
| 2 lajur tak terbagi | total | | | |
| | 5 | -11 | -9 | -7 |
| | 6 | -3 | -2 | -1 |
| | 7 | 0 | 0 | 0 |
| | 8 | 1 | 1 | 0 |
| | 9 | 2 | 2 | 1 |
| | 10 | 3 | 3 | 2 |
| 11 | 3 | 3 | 2 | |

Untuk jalan dengan lajur lebih dari 6 lajur, nilai pada Tabel 2.17 untuk jalan 6 lajur terbagi dapat digunakan.

(Sumber : MKJI, 1997)

2.2.8.4 Penyesuaian Kecepatan Arus Bebas Akibat Hambatan Samping

Adalah faktor penyesuaian untuk kecepatan arus bebas dasar akibat hambatan samping dan lebar bahu jalan. Berdasarkan MKJI tahun 1997 nilai dari faktor ini dapat dilihat pada Tabel 2.13.

Tabel 2.13 Faktor Penyesuaian Kecepatan Arus Bebas Akibat Hambatan Samping (FFV_{SF})

| Tipe Jalan | Kelas Hambatan Samping (SFC) | Faktor Penyesuaian Akibat Hambatan Samping dan Lebar Bahu | | | |
|----------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------|-------|------------|
| | | Lebar bahu Efektif W_s (m) | | | |
| | | $\leq 0,5$ m | 1,0 m | 1,5 m | ≥ 2 m |
| 4 lajur terbagi 4/2 D | Sangat rendah | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| | Rendah | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,99 |
| | Sedang | 0,95 | 0,95 | 0,96 | 0,98 |
| | Tinggi | 0,91 | 0,92 | 0,93 | 0,97 |
| | Sangat tinggi | 0,86 | 0,87 | 0,89 | 0,96 |
| 4 lajur tak terbagi 4/2 UD | Sangat rendah | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| | Rendah | 0,96 | 0,97 | 0,97 | 0,98 |
| | Sedang | 0,92 | 0,94 | 0,95 | 0,97 |
| | Tinggi | 0,88 | 0,89 | 0,90 | 0,96 |
| | Sangat tinggi | 0,81 | 0,83 | 0,85 | 0,95 |
| 2 lajur tak terbagi 2/2/UD | Sangat rendah | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| | Rendah | 0,96 | 0,97 | 0,97 | 0,98 |
| | Sedang | 0,91 | 0,92 | 0,93 | 0,97 |
| | Tinggi | 0,85 | 0,87 | 0,88 | 0,95 |
| | Sangat tinggi | 0,76 | 0,79 | 0,82 | 0,93 |

Untuk jalan dengan 6 lajur dapat ditentukan dengan menggunakan nilai FFV_{SF} bagi jalan 4 lajur dalam Tabel 2.13 dengan modifikasi sebagai berikut:

$$FFV_{6,SF} = 1 - 0,8 \times (1 - FFV_{4,SF})$$

Di mana:

$FFV_{6,SF}$ = faktor penyesuaian kecepatan arus bebas untuk 6 lajur

$FFV_{4,SF}$ = faktor penyesuaian kecepatan arus bebas untuk 4 lajur

(Sumber : MKJI, 1997)

2.2.8.5 Penyesuaian Kecepatan Arus Bebas Akibat Kelas Fungsional

Adalah faktor penyesuaian untuk kecepatan arus bebas dasar akibat kelas fungsional jalan (arteri, kolektor, atau lokal) tata guna lahan. Berdasarkan MKJI tahun 1997 nilai dari faktor ini dapat dilihat pada Tabel 2.14.

Tabel 2.14 Faktor Penyesuaian Kecepatan Arus Bebas Akibat Kelas Fungsional Jalan (FFV_{RC})

| Tipe Jalan | Faktor penyesuaian (FFV_{RC}) | | | | |
|---------------------|-----------------------------------|------|------|------|-------|
| | Pengembangan Samping Jalan (%) | | | | |
| | 0 | 25 | 50 | 75 | 100 |
| 4 lajur terbagi | | | | | |
| Arteri | 1,00 | 0,99 | 0,98 | 0,96 | 0,95 |
| Kolektor | 0,99 | 0,98 | 0,97 | 0,95 | 0,94 |
| Lokal | 0,98 | 0,97 | 0,96 | 0,94 | 0,93 |
| 4 lajur tak terbagi | | | | | |
| Arteri | 1,00 | 0,99 | 0,97 | 0,96 | 0,945 |
| Kolektor | 0,97 | 0,96 | 0,94 | 0,93 | 0,915 |
| Lokal | 0,95 | 0,94 | 0,92 | 0,91 | 0,895 |
| 2 lajur tak terbagi | | | | | |
| Arteri | 1,00 | 0,98 | 0,97 | 0,96 | 0,94 |
| Kolektor | 0,94 | 0,93 | 0,91 | 0,90 | 0,88 |
| Lokal | 0,90 | 0,88 | 0,87 | 0,86 | 0,84 |

Untuk jalan lebih dari 4 lajur, FFV_{RC} dapat diambil sama seperti untuk jalan 4 lajur pada Tabel 2.14.

(Sumber : MKJI, 1997)

2.2.9. Kapasitas

Kapasitas adalah arus lalu lintas maksimum yang dapat dipertahankan per satuan jam yang melewati suatu titik di jalan pada kondisi yang ada. Kapasitas jalan dinyatakan dalam satuan mobil penumpang (smp). Dalam MKJI tahun 1997 dapat diperoleh dengan menggunakan rumus:

$$C = C_o \times FC_w \times FC_{SP} \times FC_{SF}$$

Keterangan:

C = kapasitas jalan (smp/jam)

C_o = kapasitas dasar (smp/jam)

FC_w = faktor penyesuaian lebar jalan

FC_{SP} = faktor penyesuaian pemisah arah (hanya jalan tak terbagi)

FC_{SF} = faktor penyesuaian hambatan samping dan bahu jalan dari kerb

2.2.9.1 Kapasitas Dasar

Kapasitas dasar adalah kapasitas segmen jalan untuk suatu kondisi yang ditentukan sebelumnya (geometri, pola arus lalu lintas, dan faktor lingkungan). Menurut MKJI tahun 1997 nilai dari faktor ini dapat dilihat pada Tabel 2.15.

Tabel 2.15 Nilai Kapasitas Dasar (C_0)

| Tipe Jalan/ Tipe Alinyemen | Kapasitas Dasar Total Kedua Arah (smp/jam/lajur) |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 4 lajur terbagi | |
| Datar | 1900 |
| Bukit | 1850 |
| Gunung | 1800 |
| 4 lajur tak terbagi | |
| Datar | 1700 |
| Bukit | 1650 |
| Gunung | 1600 |
| 2 lajur tak terbagi | |
| Datar | 3100 |
| Bukit | 3000 |
| Gunung | 2900 |

Kapasitas jalan dengan lebih dari 4 lajur dapat ditentukan dengan menggunakan kapasitas per lajur dalam Tabel 2.15 (jalan 4 lajur) meskipun lajur yang bersangkutan tidak dengan lebar yang standard.

(Sumber : MKJI, 1997)

2.2.9.2 Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Lebar Jalur Lalu Lintas

Merupakan faktor penyesuaian untuk kapasitas dasar akibat lebar jalur lalu lintas. Menurut MKJI tahun 1997 nilai dari faktor ini dapat dilihat pada Tabel 2.16.

**Tabel 2.16 Faktor Penyesuaian Kapasitas
Akibat Lebar Jalur Lalu Lintas (FC_w)**

| Tipe Jalan | Lebar Efektif Jalur Lalu Lintas (W_C) (m) | FC_w |
|-----------------|-----------------------------------------------------|--------|
| 4 lajur terbagi | per lajur 3,00 | 0,91 |

| Tipe Jalan | Lebar Efektif Jalur Lalu Lintas (W_C) (m) | FC_w |
|---------------------|-----------------------------------------------|--------|
| 6 lajur terbagi | 3,25 | 0,96 |
| | 3,50 | 1,00 |
| | 3,75 | 1,03 |
| 4 lajur tak terbagi | per lajur | |
| | 3,00 | 0,91 |
| | 3,25 | 0,96 |
| | 3,50 | 1,00 |
| 2 lajur tak terbagi | total kedua arah | |
| | 5 | 0,69 |
| | 6 | 0,91 |
| | 7 | 1,00 |
| | 8 | 1,08 |
| | 9 | 1,15 |
| | 10 | 1,21 |
| 11 | 1,27 | |

Faktor penyesuaian kapasitas jalan untuk jalan lebih dari 6 lajur dapat ditentukan dengan menggunakan angka-angka per lajur yang diberikan untuk jalan 4 lajur dan 6 lajur dalam Tabel 2.16.

(Sumber : MKJI, 1997)

2.2.9.3 Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Pemisah Jalan

Merupakan penyesuaian untuk kapasitas dasar akibat pemisah arah dan hanya diperuntukkan untuk jalan 2 arah tak terbagi. Berdasarkan MKJI tahun 1997 nilai dari faktor ini dapat dilihat pada Tabel 2.17.

Tabel 2.17 Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Pemisah Jalan

| Pemisahan Arah SP | | 50 - 50 | 55 - 45 | 60 - 40 | 63 - 35 | 70 - 30 |
|-------------------|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| % - % | | | | | | |
| FC | 2 lajur 2/2 | 1,00 | 0,97 | 0,94 | 0,91 | 0,88 |
| | 4 lajur 4/2 | 1,00 | 0,975 | 0,95 | 0,925 | 0,90 |

Sumber : MKJI, 1997

2.2.9.4 Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Hambatan Samping

Merupakan faktor penyesuaian untuk kapasitas dasar akibat hambatan samping sebagai fungsi dari lebar bahu. Menurut MKJI tahun 1997 nilai dari faktor ini dapat dilihat pada Tabel 2.18.

Tabel 2.18 Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Hambatan Samping (FC_{SF})

| Tipe Jalan | Kelas Hambatan Samping (SFC) | FC_{SF} | | | |
|------------------|------------------------------|------------------------------|------|-------|------------|
| | | Lebar Bahu Efektif W_s (m) | | | |
| | | $\leq 0,5$ m | 1 m | 1,5 m | ≥ 2 m |
| 4/2 D | VL | 0,99 | 1,00 | 1,01 | 1,03 |
| | L | 0,96 | 0,97 | 0,99 | 1,01 |
| | M | 0,93 | 0,95 | 0,96 | 1,01 |
| | H | 0,90 | 0,92 | 0,95 | 0,97 |
| | VH | 0,88 | 0,90 | 0,93 | 0,96 |
| 2/2 UD 4/2 UD | VL | 0,97 | 0,99 | 1,00 | 1,02 |
| | L | 0,93 | 0,95 | 0,97 | 1,00 |
| | M | 0,88 | 0,91 | 0,94 | 0,98 |
| | H | 0,84 | 0,87 | 0,91 | 0,95 |
| | VH | 0,80 | 0,83 | 0,88 | 0,93 |

Faktor penyesuaian kapasitas untuk 6 lajur dapat ditentukan dengan menggunakan nilai FC_{SF} untuk jalan 4 lajur, kemudian dimodifikasi sebagai berikut:

$$FC_{6,SF} = 1 - 0,8 \times (1 - FFV_{4,SF})$$

Di mana:

$FC_{6,SF}$ = faktor penyesuaian kapasitas untuk jalan 6 lajur

$FC_{4,SF}$ = faktor penyesuaian kapasitas untuk jalan 4 lajur

(Sumber : MKJI, 1997)

2.2.10. Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan jalan adalah kemampuan suatu jalan untuk melayani lalu lintas yang lewat. Sedangkan volume pelayanan adalah volume maksimum yang dapat ditampung oleh suatu jalan sesuai dengan tingkat pelayanan. Untuk menganalisis tingkat pelayanannya dapat digunakan MKJI tahun 1997 yang menggunakan istilah kinerja jalan dengan indikator derajat kejenuhan atau *degree of saturation* (DS), kecepatan, dan waktu tempuh. Menurut MKJI, besarnya derajat kejenuhan adalah:

$$DS = \frac{Q}{C}$$

Keterangan:

Q = VJP = volume kendaraan (smp/jam)

C = kapasitas jalan (smp/jam)

Bila derajat kejenuhan yang didapat lebih kecil dari 0.75, maka jalan tersebut masih memenuhi kelayakan pelayanan. Sebaliknya apabila derajat kejenuhan lebih besar dari 0.75, maka harus dilakukan pelebaran jalan.

2.2.11. Pembebanan Lalu Lintas

Pembebanan jaringan jalan menyatakan besarnya volume lalu lintas pada lintasan (jaringan jalan). Data yang digunakan pada umumnya adalah penghitungan volume lalu lintas atau penghitungan penumpang kendaraan umum pada lintasan yang ada. Perlu diingat bahwa alternatif (pilihan) lintasan bagi kendaraan umum terbatas banyaknya. Dari kenyataan diketahui bahwa tidak semua pelaku perjalanan, antara dua pemusat (node) atau titik, memilih lintasan yang sama tepat. Hal ini disebabkan adanya alternatif lintasan yang dinilai berbeda-beda oleh para pelaku perjalanan. Disamping itu, pembagian lalu lintas pada sejumlah lintasan terus berkembang karena semua lalu lintas cenderung mencari titik keseimbangan. Bila arus lalu lintas lebih kecil dibandingkan kapasitas jalan, maka alternatif lintasan dapat digunakan. Bila lalu lintas semakin padat, maka pembagian lalu lintas menjadi semakin penting. Tujuan utama pembebanan itu sendiri adalah untuk mendapatkan dasar penentuan banyaknya lajur yang dibutuhkan pada suatu ruas jalan.

2.2.12. Pembagian Lalu Lintas

Faktor yang berperan dalam pemilihan lintasan adalah pengemudi atau orang pelaku perjalanan. Pelaku perjalanan memiliki penilaian yang tidak sama atas faktor lintasan seperti jarak, waktu, maupun kenyamanan perjalanan. Penilaian yang sangat subjektif ini sulit dimasukkan dalam pertimbangan umum. Untuk mengatasinya, dianutlah anggapan bahwa setiap orang akan memilih jarak minimum, waktu perjalanan minimum, atau gabungan keduanya. Demikian juga jika pelaku perjalanan sudah terbiasa dengan lintasan pilihannya meskipun ada lintasan lain yang

menawarkan waktu lebih cepat; pemandangan lintasan yang dianggap bagus dan lintasan yang dipilih dianggap lebih 'aman'.

Kemacetan sangat mempengaruhi perilaku para pelaku perjalanan. Kemacetan menambah waktu perjalanan, kebosanan, dan ketidaknyamanan bagi para pelaku perjalanan. Pada umumnya para pelaku perjalanan ini memilih lintasan yang memerlukan waktu tempuh lebih rendah. Apabila kemacetan atau hambatan samping meningkat, maka waktu tempuh perjalananpun akan meningkat sampai mencapai suatu titik tertentu, dan pada saat inilah para pelaku perjalanan mulai mencari alternatif lintasan lain dengan waktu tempuh terendah.

Perilaku pelaku perjalanan dalam pemodelan untuk distribusi perjalanan dibedakan menjadi 2 yaitu :

1) *Aggregate*

Perilaku pelaku perjalanan dianggap memiliki persepsi yang sama dalam menentukan pilihan rute yang meminimalkan waktu tempuh dan jarak tempuh.

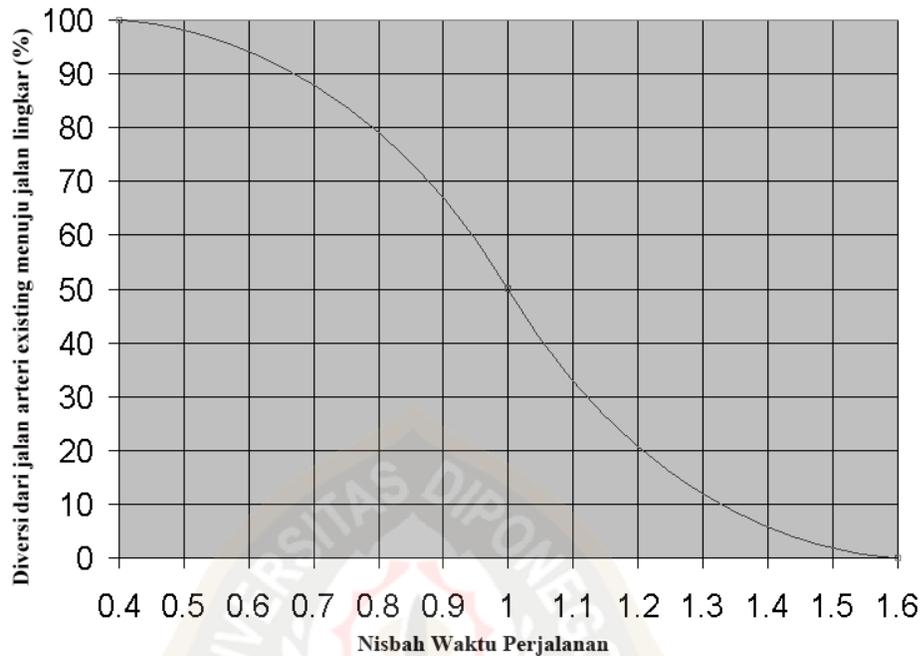
2) *Disaggregate*

Perilaku pelaku perjalanan dianggap mempunyai persepsi yang berbeda mengenai waktu tempuh perjalanan karena adanya perbedaan kepentingan atau informasi.

Dalam penyelesaian Tugas Akhir ini menggunakan tipe *Aggregate* karena merupakan metode yang mudah dan sering digunakan. Penyelesaiannya dilakukan dengan menggunakan kurva diversifikasi. Untuk menggunakan kurva ini maka harus diketahui nisbah waktu antara jalan lama dengan jalan baru. rumus nisbah waktu adalah sebagai berikut :

$$\text{Nisbah Waktu} = \frac{\text{waktu tempuh jalan baru}}{\text{waktu tempuh jalan lama}}$$

Dengan mengetahui nisbah waktu pada jalan lintas lama dengan baru maka persentase dari kendaraan yang akan melintasi jalan baru dapat diprediksi. Analisa dengan menggunakan kurva diversifikasi menganggap bahwa pengemudi akan memilih lintasan berdasar waktu tempuhnya (*agregatif*).



Gambar 2.1 Diversion Curve Nisbah Waktu

2.3 Aspek Geometrik Jalan

2.3.1 Jalur Lalu Lintas

Jalur lalu lintas adalah bagian jalan yang dipergunakan untuk lalu lintas kendaraan yang secara fisik berupa perkerasan jalan. Jalur lalu lintas dapat terdiri atas beberapa lajur. Lajur adalah bagian dari jalur lalu lintas yang memanjang, dibatasi oleh marka lajur jalan, memiliki lebar yang cukup untuk dilewati suatu kendaraan bermotor sesuai rencana. Lebar lajur ideal sesuai fungsi dan kelas jalan dapat dilihat pada Tabel 2.19.

Tabel 2.19 Lebar Lajur Ideal

| Fungsi | Kelas | Lebar Lajur Ideal |
|----------|--------------|-------------------|
| Arteri | I | 3,75 m |
| | II, III A | 3,5 m |
| Kolektor | III A, III B | 3 m |
| Lokal | III C | 3 m |

Sumber : PGJAK, 1997

2.3.2 Bahu Jalan

Bahu jalan adalah bagian jalan yang terletak di tepi jalur lalu lintas. Fungsi bahu jalan adalah untuk lajur lalu lintas darurat, ruang bebas samping bagi lalu lintas, dan penyangga samping untuk kestabilan perkerasan jalur lalu lintas. Kemiringan bahu jalan normal dapat berkisar antara 3% - 5%. Lebar bahu jalan dapat dilihat pada Tabel 2.20.

Tabel 2.20 Lebar Bahu Jalan (Arteri)

| VLHR | Lebar Bahu Jalan |
|-------------|------------------|
| <3000 | 1 m |
| 3000-10000 | 1.5 m |
| 10001-25000 | 2.0 m |
| >25000 | 2.0 m |

Sumber : PGJAK, 1997

2.3.3 Median

Median adalah bagian bangunan jalan yang secara fisik memisahkan dua jalur lalu lintas yang berlawanan arah. Lebar minimum median terdiri atas jalur tepian selebar 0.25 m – 0.50 m dan bangunan pemisah jalur. Lebar minimum median dapat dilihat pada Tabel 2.21.

Tabel 2.21 Lebar Minimum Median

| Bentuk Median | Lebar Minimum |
|--------------------|---------------|
| Median Ditinggikan | 2 m |
| Median Direndahkan | 7 m |

Sumber : PGJAK, 1997

Fungsi median adalah:

- memisahkan dua aliran lalu lintas yang berlawanan arah,
- ruang lapak tunggu penyeberang jalan,
- penempatan fasilitas jalan,
- tempat prasarana kerja sementara,
- penghijauan,
- mengurangi silau dari sinar lampu kendaraan dari arah yang berlawanan,
- tempat berhenti darurat (juka cukup luas),

h. cadangan lajur (jika cukup luas).

Median jalan dapat dibedakan atas:

- a. median direndahkan, terdiri atas jalur tepian dan bangunan pemisah jalur yang direndahkan,
- b. median ditinggikan, terdiri atas jalur tepian dan bangunan pemisah jalur yang ditinggikan.

2.3.4 Alinyemen

Dalam perencanaan jalan, tipe alinyemen ditentukan oleh jumlah tanjakan dan turunan (m/km), serta jumlah lengkung horisontal (rad/km) sepanjang segmen jalan. Tipe alinyemen dapat dilihat pada Tabel 2.22.

Tabel 2.22 Tipe Alinyemen

| Tipe Alinyemen | Keterangan | Lengkung Vertikal Naik + Turun 9m/km | Lengkung Horisontal (rad/km) |
|----------------|------------|--------------------------------------|------------------------------|
| F | Datar | < 10 (5) | < 1,0 (0,25) |
| R | Bukit | 10 - 30 (25) | 1,0 - 2,5 (2,0) |
| H | Gunung | > 30 (45) | > 2,5 (3,5) |

Sumber : MKJI, 1997

2.3.4.1 Alinyemen Horisontal

Alinyemen horisontal merupakan proyeksi sumbu jalan tegak lurus bidang horisontal yang terdiri dari susunan lurus (tangen) dan garis lengkung (busur, lingkaran, spiral). Bagian lengkung merupakan bagian yang perlu mendapat perhatian karena pada bagian ini terjadi gaya sentrifugal yang cenderung dapat melemparkan kendaraan keluar lintasan jalan. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan tikungan pada alinyemen horisontal adalah:

- Superelevasi (e)
Superelevasi adalah suatu kemiringan melintang di tikungan yang berfungsi mengimbangi gaya sentrifugal yang diterima kendaraan pada saat berjalan melalui tikungan pada kecepatan rencana.

- Jari-jari tikungan

Jari-jari tikungan minimum (R_{\min}) ditetapkan sebagai berikut:

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

Keterangan:

R_{\min} = jari-jari tikungan minimum (m)

V_R = kecepatan rencana (km/jam)

e_{\max} = superelevasi maksimum (%)

f_{\max} = koefisien gesek maksimum untuk perkerasan aspal
($f = 0,14 - 0,24$)

Panjang jari-jari minimum dapat dilihat pada Tabel 2.23 berikut ini.

Tabel 2.23 Panjang Jari-jari Minimum

| Kecepatan Rencana V_R (km/jam) | Jari-jari Minimum R_{\min} (m) |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 120 | 600 |
| 100 | 350 |
| 80 | 210 |
| 60 | 110 |
| 50 | 80 |
| 40 | 50 |
| 30 | 30 |
| 20 | 15 |

Sumber : PGJAK, 1997

- Lengkung peralihan

Lengkung peralihan adalah lengkung transisi pada alinyemen horisontal dan sebagai pengantar dari kondisi lurus ke lengkung penuh secara berangsur-angsur. Pada lengkung peralihan, perubahan kecepatan dapat terjadi secara berangsur-angsur serta memberikan kemungkinan untuk mengatur pencapaian kemiringan (perubahan kemiringan melintang secara berangsur-angsur). Panjang lengkung peralihan dapat dilihat pada Tabel 2.24.

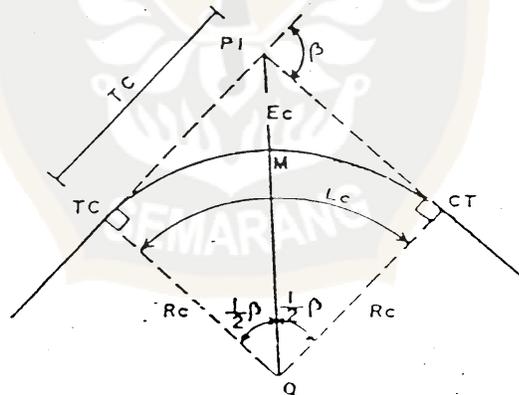
**Tabel 2.24 Panjang Lengkung Peralihan (L_s) dan Panjang Superelevasi (L_e)
untuk Jalan 1 Jalur – 2 Lajur – 2 Arah**

| V_R (km/jam) | Superelevasi, e (%) | | | | | | | | | |
|-------------------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 2 | | 4 | | 6 | | 8 | | 10 | |
| | L_s | L_e | L_s | L_e | L_s | L_e | L_s | L_e | L_s | L_e |
| 20 | | | | | | | | | | |
| 30 | | | | | | | | | | |
| 40 | 10 | 20 | 15 | 25 | 15 | 25 | 25 | 30 | 35 | 40 |
| 50 | 15 | 25 | 20 | 30 | 20 | 30 | 30 | 40 | 40 | 50 |
| 60 | 15 | 30 | 20 | 34 | 25 | 40 | 35 | 50 | 50 | 60 |
| 70 | 20 | 35 | 25 | 40 | 30 | 45 | 40 | 55 | 60 | 70 |
| 80 | 30 | 55 | 40 | 60 | 45 | 70 | 65 | 90 | 90 | 120 |
| 90 | 30 | 60 | 40 | 70 | 50 | 80 | 70 | 100 | 100 | 130 |
| 100 | 35 | 65 | 45 | 80 | 55 | 90 | 80 | 110 | 110 | 145 |
| 110 | 40 | 75 | 50 | 85 | 60 | 100 | 90 | 120 | - | - |
| 120 | 40 | 80 | 55 | 90 | 70 | 110 | 95 | 135 | - | - |

Sumber : PGJAK, 1997

a. Full Circle

Contoh gambar lengkung full circle dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Lengkung Full Circle

Keterangan:

PI = titik pertolongan tangen

R_c = jari-jari lingkaran (m)

β = sudut tangen (°)

TC = tangen circle

T = jarak antara TC dan PI atau PI dan CT (m)

L_c = panjang bagian legkung circle

EC = jarak PI ke lengkung circle

Rumus yang digunakan:

$$T_c = R_c \times \tan \frac{1}{2} \beta$$

$$E_c = T_c \times \tan \frac{1}{4} \beta$$

$$E_c = \sqrt{(R^2 + T^2)} - R_c$$

$$E_c = R(\sec \frac{1}{2} \beta - 1)$$

$$L_c = 0,01745 \beta \times R_c$$

$$L_t = L_c$$

Batasan yang diperbolehkan dalam menggunakan *full circle* dapat dilihat dalam Tabel 2.25 berikut:

Tabel 2.25 Batasan Tikungan Tipe Full Circle

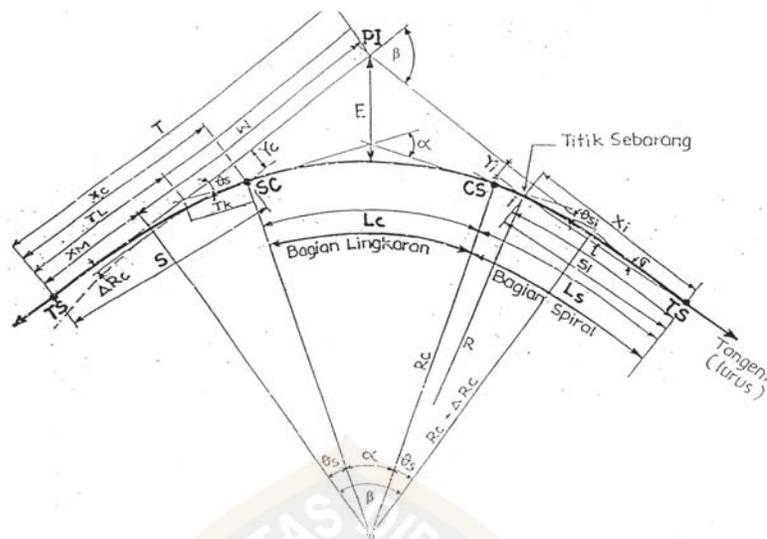
| Kecepatan Rencana (km/jam) | Jari-jari Minimum (m) |
|----------------------------|-----------------------|
| 120 | > 2500 |
| 100 | > 1500 |
| 80 | > 900 |
| 60 | > 500 |
| 40 | > 250 |
| 30 | > 130 |

Sumber : PGJAK, 1997

Jenis tikungan ini dapat digunakan pada tikungan dengan jari-jari besar dan sudut tangen (β) relatif kecil. Pada umumnya tipe tikungan ini dipakai pada daerah dataran, tetapi juga tergantung pada besarnya kecepatan rencana dan radius tikungan.

b. Spiral – Circle – Spiral

Contoh gambar lengkung Spiral – Circle – Spiral dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Lengkung Spiral – Circle – Spiral

Keterangan:

PI = titik perpotongan tangen

TS = titik perubahan dari tangen ke spiral

SC = titik perubahan dari spiral ke circle

CS = titik perubahan dari circle ke spiral

Rc = jari-jari lengkung lingkaran

L = panjang busur spiral dari TS ke suatu titik sembarang

Lc = panjang busur lingkaran

Ls = panjang busur spiral

T = panjang tangen utama

E = panjang eksternal total dari PI ke tengah busur lingkaran

TL = panjang “tangen panjang” dari spiral

TK = panjang “tangen pendek” dari spiral

S = panjang tali busur spiral

ΔRc = jarak busur lingkaran tergesar terhadap jarak tengah

Xm = jarak dari TS ke titik proyeksi pusat lingkaran pada tangen

β = sudut pertemuan antara tangen utama

α = sudut pertemuan antara tangen lingkaran dan sudut pusat lingkaran

θ_s = sudut spiral

σ = sudut antara tangen utama dengan tali busur

X_c, Y_c = koordinat SC atau CS terhadap TS – PI atau PI – TS

Rumus yang digunakan:

$$L_s = \frac{V_R \times t}{3,6} \quad \rightarrow \quad t = 1 - 3 \text{ detik}$$

$$L_s = \frac{0,022 \times V_R^3}{R_c \times C} - \frac{2,727 \times V_R \times e}{C} \quad \rightarrow \quad C = 1 - 3 \text{ m/detik}^3$$

$$L_s = \frac{(e_{\max} - e_n) V_R}{3,6 r_e}$$

$$V_R \leq 70 \text{ km/jam} \quad \rightarrow \quad r_e = 0,035 \text{ m / m / detik}$$

$$V_R \geq 80 \text{ km/jam} \quad \rightarrow \quad r_e = 0,025 \text{ m / m / detik}$$

$$X_c = L_s \times \left(1 - \frac{L_s^2}{40 \times R_c^2} \right)$$

$$Y_c = \frac{L_s^2}{6 R_c}$$

$$\theta_s = \frac{L_s}{2 R_c} = 28,648 \frac{L_s}{R_c} \text{ (derajat)}$$

$$\theta_s = L_s / 2 R_c \text{ (radian)}$$

$$S = \sqrt{X_c^2 + Y_c^2}$$

$$\sigma = \arctan \left(\frac{Y_c}{X_c} \right)$$

$$\Delta R_c = Y_c + R_c (\cos \theta_s - 1)$$

$$X_m = X_c - R_c \sin \theta_s$$

$$W = (R_c + \Delta R_c) \tan \frac{\beta}{2}$$

$$T = X_m + W$$

$$\alpha = \beta - 2 \times \theta_s$$

$$L_c = R_c \pi \theta_s / 180^\circ$$

$$L_c \geq 20m$$

$$E = \left(\frac{R_c + \Delta R_c}{\cos \beta/2} \right) - R_c$$

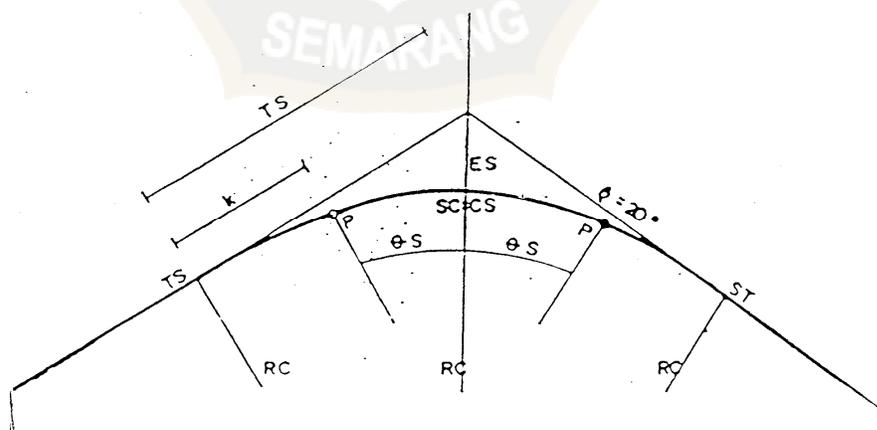
$$T_L = X_c - Y_c \cot \theta_s$$

$$T_K = \frac{Y_c}{\sin \theta_s}$$

Pada tikungan jenis ini, dari arah tangen ke arah circle memiliki spiral yang merupakan transisi dari bagian luar ke bagian circle. Lengkung spiral adalah lengkung transisi pada alinyemen horisontal. Lengkung spiral sebagai pengantar dari kondisi lurus ke lengkung penuh secara berangsur-angsur. Pada bagian ini terjadi gaya sentrifugal dari 0 sampai dengan maksimum ketika kendaraan memasuki dan meninggalkan lengkung tersebut.

c. Spiral – Spiral

Contoh gambar lengkung Spiral – Spiral dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Lengkung Spiral - Spiral

Rumus yang digunakan:

$$\beta C(\alpha) = 0 \rightarrow \beta = 20$$

$$L_C = 0 \rightarrow L_t = 2L_s$$

$$L_s = \frac{2\pi R_C}{360^\circ} \times 2\theta_s \rightarrow L_s = \frac{\theta_s \times R_C}{28,648}$$

$$T_s = (R_C + P) \tan \frac{\beta}{2} + K$$

$$E_s = (R_C + P) \sec \frac{\beta}{2} - R_C$$

Jenis tikungan Spiral – Spiral digunakan pada tikungan tajam dengan sudut tangen (β) yang sangat besar. Pada Spiral – Spiral, di mana $L_C = 0$, merupakan tikungan yang kurang baik sebab tidak ada jarak tertentu dalam masa tikungan sama miringnya.

Pada lengkung yang berbentuk Spiral – Spiral prinsipnya hampir sama dengan tipe Spiral – Circle – Spiral, hanya di sini tidak digunakan lengkung Circle, $L_C = 0$ hingga $L_t = 2L_s$.

A. Pelebaran pada Tikungan

Pada tikungan, kendaraan tidak dapat membuat lintasan sesuai lajur yang tersedia sebagaimana halnya pada bagian yang lurus. Untuk itu diperlukan pelebaran di bagian tikungan di samping lebar perkerasan yang telah ada atau yang akan direncanakan.

Hal ini disebabkan karena :

1. Pada waktu membelok yang memberi tanda belokan pertama kali hanya roda depan, sehingga lintasan roda belakang agak keluar lajur (*off tracking*).
2. Jejak lintasan kendaraan tidak lagi berhimpit, karena bumper depan dan belakang kendaraan akan mempunyai lintasan yang berbeda dengan lintasan roda depan dan roda belakang kendaraan.
3. Pengemudi akan mengalami kesukaran dalam mempertahankan lintasannya tetap pada lajur jalannya terutama pada tikungan-tikungan tajam atau pada kecepatan-kecepatan yang tinggi.

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

Pada umumnya truk tunggal digunakan sebagai jenis kendaraan dasar penentuan tambahan lebar perkerasan yang dibutuhkan. Tetapi pada jalan-jalan dimana banyak dilewati kendaraan berat, jenis kendaraan semi trailer merupakan kendaraan yang cocok dipilih untuk kendaraan rencana.

Elemen-elemen dari pelebaran perkerasan tikungan terdiri dari:

1. *Off Tracking*

Untuk perencanaan geometrik jalan antar kota, Bina Marga memperhitungkan lebar B dengan mengambil posisi kritis kendaraan yaitu pada saat roda depan kendaraan pertama kali dibelokkan dan tinjauan dilakukan pada lajur sebelah dalam.

Rumus :

$$B = R_w - R_i$$

$$R_i + b = \sqrt{(R_w)^2 - (p+A)^2}$$

$$R_w = \sqrt{(R_i + b)^2 + (p+A)^2}$$

$$R_i = R_w - B$$

$$R_w - B + b = \sqrt{(R_w)^2 - (p+A)^2}$$

$$B = R_w + b - \sqrt{(R_w)^2 - (p+A)^2}$$

Keterangan :

b = Lebar kendaraan rencana

B = Lebar perkerasan yang ditempati satu kendaraan di tikungan pada lajur sebelah dalam

R_w = Radius lengkung terluar dari lintasan kendaraan pada lengkung horizontal untuk lajur sebelah dalam.

Besarnya R_w dipengaruhi oleh tonjolan depan (A) kendaraan dan sudut belokan roda depan (α).

R_i = Radius lengkung terdalam dari lintasan kendaraan pada lengkung horizontal untuk lajur sebelah dalam. Besarnya R_i dipengaruhi oleh jarak gandar kendaraan (p).

R_c = Radius lajur sebelah dalam - $\frac{1}{2}$ lebar perkerasan + $\frac{1}{2}b$

$$R_c = R_i + \frac{1}{2}b$$

$$R_c^2 = (R_i + \frac{1}{2}b)^2 + (p + A)^2$$

$$(R_i + \frac{1}{2}b)^2 = R_c^2 - (p + A)^2$$

$$R_i + \frac{1}{2}b = \sqrt{R_c^2 - (p + A)^2}$$

$$R_i = \sqrt{R_c^2 - (p + A)^2} - \frac{1}{2}b$$

2. Kesukaran Dalam Mengemudi di Tikungan

Semakin tinggi kecepatan kendaraan dan semakin tajam tikungan tersebut, semakin besar tambahan pelebaran akibat kesukaran dalam mengemudi. Hal ini disebabkan oleh karena kecenderungan terlemparnya kendaraan ke arah luar dalam gerakan menikung tersebut.

$$Z = 0,105 V/R$$

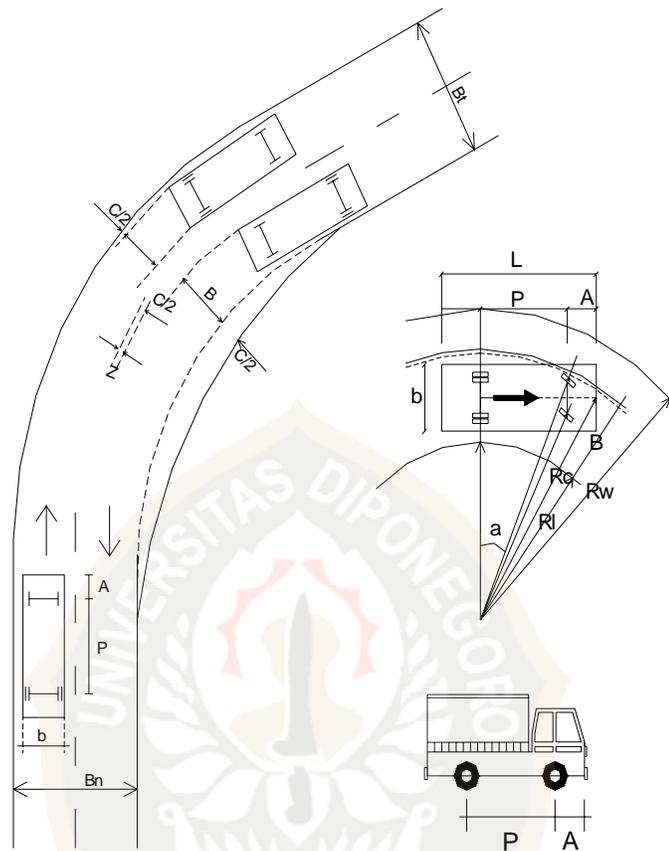
Keterangan :

V = Kecepatan, km/jam

R = Radius lengkung, m

Kebebasan samping di kiri dan 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 lajur 6 m, 7 m, dan 7,50 m.

Pada Gambar 2.4 dapat dilihat pelebaran perkerasan pada tikungan.



Gambar 2.5 Pelebaran Perkerasan Pada Tikungan

Keterangan :

b = lebar kendaraan rencana

B = lebar perkerasan yang ditempati suatu kendaraan di tikungan pada lajur sebelah dalam

$U = B - b$

C = lebar kebebasan samping di kiri dan kanan kendaraan

Z = lebar tambahan akibat kesukaran mengemudi di tikungan

B_n = lebar total perkerasan pada bagian lurus

B_t = lebar total perkerasan di tikungan = $n(B + C) + Z$

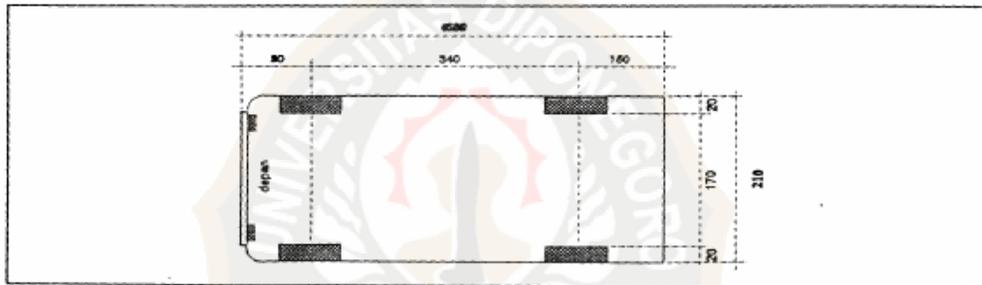
n = jumlah lajur

Δb = tambahan lebar perkerasan di tikungan = $B_t - B_n$

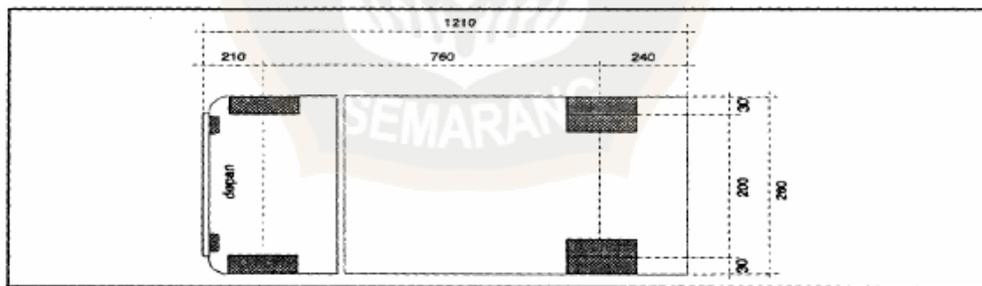
Tabel. 2.26 Kendaraan Rencana

| Kategori Kendaraan Rencana | Dimensi Kendaraan (cm) | | | Tonjolan (cm) | | Radius Putar (cm) | | Radius Tonjolan (cm) |
|----------------------------------|---------------------------|-------|---------|------------------|----------|----------------------|----------|----------------------------|
| | Tinggi | Lebar | Panjang | Depan | Belakang | Minimum | Maksimum | |
| Kendaraan kecil | 430 | 210 | 580 | 90 | 150 | 120 | 730 | 280 |
| Kendaraan sedang | 430 | 260 | 1210 | 210 | 210 | 740 | 1280 | 1410 |
| Kendaraan besar | 430 | 260 | 2100 | 120 | 90 | 290 | 1400 | 1320 |

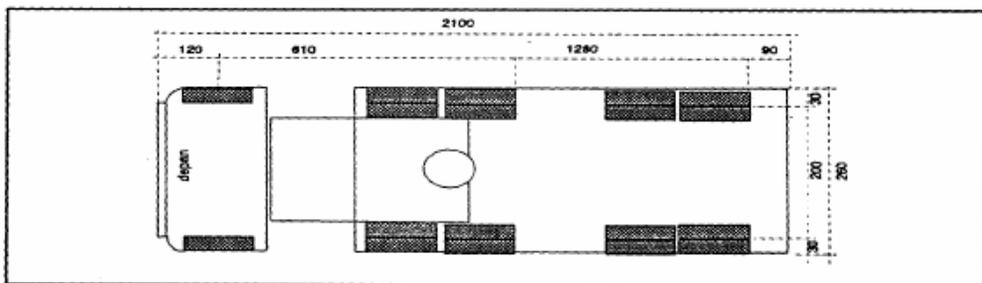
Sumber : PGJAK 1997



Gambar 2.6 Dimensi Kendaraan Kecil



Gambar 2.7 Dimensi Kendaraan Sedang



Gambar 2.8 Dimensi Kendaraan Besar

Tabel 2.27 Pelebaran di Tikungan Per Lajur (m)

| R (m) | Kecepatan Rencana V_R (km/jam) | | | | | | | |
|-------|-------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 |
| 1500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,1 |
| 1000 | 0 | 0 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,2 |
| 750 | 0 | 0 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,3 |
| 500 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,5 | |
| 400 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,5 | | |
| 300 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | | |
| 250 | 0,4 | 0,5 | 0,5 | 0,6 | | | | |
| 200 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | | | | | |
| 150 | 0,7 | 0,8 | | | | | | |
| 140 | 0,7 | 0,8 | | | | | | |
| 130 | 0,7 | 0,8 | | | | | | |
| 120 | 0,7 | 0,8 | | | | | | |
| 110 | 0,7 | | | | | | | |
| 100 | 0,8 | | | | | | | |
| 90 | 0,8 | | | | | | | |
| 80 | 1 | | | | | | | |
| 70 | 1 | | | | | | | |

Sumber : PGJAK, 1997

B. Kemiringan Melintang pada Jalan (Superelevasi)

Superelevasi dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang lurus sampai ke kemiringan penuh pada bagian lengkung. Nilai superelevasi normal adalah sebesar 2%, sedangkan nilai maksimumnya sebesar 10%. Syarat agar konstruksi aman apabila $(e_{\max} + f_m)$ lebih besar dari $(e_{\max}$ yang didapat dari lapangan). Besarnya f_m ini didapat dari grafik koefisien gesekan melintang sesuai dengan AASHTO 1986.

$$e_{\max} = f_m \cdot V^2 \div (127 \cdot R)$$

Keterangan:

- e_{\max} = kemiringan melintang jalan
- f_m = koefisien gesekan melintang
- V = kecepatan rencana (km/jam)
- R = jari-jari tikungan

Pembuatan kemiringan jalan dengan pertimbangan kenyamanan, keamanan, komposisi kendaraan, dan variasi kecepatan serta efektivitas kerja dari alat-alat berat pada kemiringan jalan dapat dibagi atas:

1. untuk jalan rural/ luar kota, maksimum adalah 10%,
2. untuk jalan urban/ dalam kota, kemiringan maksimum adalah 8%.

Pada tikungan S-C-S, pencapaian superelevasi dilakukan secara linear diawali dengan bentuk normal sampai awal lengkung peralihan pada bagian lurus jalan, kemudian dilanjutkan sampai superlevasi penuh pada akhir bagian lengkung peralihan.

Pada tikungan F-C, pencapaian superelevasi dilakukan secara linear, diawali dari bagian lurus sepanjang $\frac{2}{3} L_s$, sampai dengan bagian lingkaran penuh sepanjang $\frac{1}{3} L_s$.

Pada tikungan S-S, pencapaian superelevasi seluruhnya dilakukan pada bagian spiral.

Superlevasi tidak diperlukan apabila nilai R_C (jari-jari tikungan) lebih besar atau sama dengan yang ditunjukkan dalam Tabel 2.28.

**Tabel 2.28 Jari-jari Tikungan yang Diizinkan
Tanpa Superelevasi**

| Kecepatan Rencana (V_R) | R (m) |
|-----------------------------|-------|
| 60 | 700 |
| 80 | 1250 |
| 100 | 2000 |
| 120 | 5000 |

Sumber: PGJAK, 1997

C. Jarak Pandang

Keamanan dan kenyamanan pengemudi kendaraan untuk dapat melihat dengan jelas dan menyadari situasinya pada saat mengemudi sangat bergantung pada jarak yang dapat dilihat dari tempat duduknya. Panjang jalan di depan kendaraan yang masih dapat dilihat dengan jelas dari titik kedudukan pengemudi disebut jarak pandang. Jarak pandang berguna untuk:

- menghindari terjadinya kecelakaan yang dapat membahayakan kendaraan dan penumpangnya akibat benda yang berukuran cukup besar, kendaraan yang sedang berhenti, hewan-hewan, maupun pejalan kaki pada lajur lainnya,
- memberi kemungkinan untuk mendahului kendaraan lain yang bergerak dengan kecepatan lebih rendah,
- menambah efisiensi jalan tersebut sehingga volume pelayanan dapat dicapai semaksimal mungkin,
- sebagai pedoman bagi pengatur lalu lintas dalam menempatkan rambu-rambu lalu lintas yang dipergunakan di setiap ruas jalan.

a. Jarak Pandang Henti

Jarak pandang henti adalah jarak minimum yang diperlukan pengemudi untuk dapat menghentikan kendaraannya dengan aman begitu melihat halangan di depannya. Guna memberi keamanan pada pengemudi kendaraan, maka pada setiap jarak pandang jalan harus dipenuhi paling sedikit jarak pandangan sepanjang jarak pandang henti minimum. Rumus umum untuk jarak pandang henti (J_h) adalah:

$$J_h = \left[\frac{V}{3,6} \right] t + \left[\frac{V}{3,6} \right]^2 \times \frac{1}{2} \times g \times f$$

Keterangan:

J_h = jarak pandang henti minimum (m)

V = kecepatan rencana (km/jam)

t = waktu PIEV = 2,5 s

g = percepatan gravitasi = 9,8 m/s²

f = koefisien gesekan = 0.35 – 0.55

Jarak pandang henti minimum dihitung berdasarkan rumus di atas dengan pembulatan pembulatangannya untuk berbagai V_R dapat dilihat pada Tabel 2.29.

Tabel 2.29 Jarak Pandang Henti Minimum

| | | | | | | | | |
|-------------------|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|
| 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 : PGJAK 1997

b. Jarak Pandang Menyiap

Jarak pandang menyiap adalah jarak pandang yang dibutuhkan pengemudi untuk dapat melakukan gerakan menyiap dengan aman dan dapat melihat dengan jelas kendaraan dari arah yang berlawanan. Jarak pandang menyiap standar dihitung berdasarkan pada panjang jalan yang diperlukan untuk dapat melakukan gerakan menyiap suatu kendaraan dengan sempurna dan aman berdasarkan asumsi yang diambil. Rumus jarak pandang menyiap adalah:

$$J_{PM} = d_1 + d_2 + d_3 + d_4$$

Keterangan:

- J_{PM} = jarak pandang menyiap (m)
- d_1 = jarak yang ditempuh selama waktu PIEV (m)
- d_2 = jarak yang ditempuh selama mendahului kendaraan lain sampai bali ke lajur semula (m)
- d_3 = jarak antara kendaraan yang mendahului dengan kendaraan yang datang dari arah berlawanan setelah proses mendahului selesai (m)
- d_4 = jarak yang ditempuh oleh kendaraan yang datang dari arah berlawanan, besarnya diambil sama dengan dua per tiga ($2/3$) dari d_2 (m)

Jarak pandang yang sesuai dengan V_R ditetapkan dari Tabel 2.30.

Tabel 2.30 Jarak Pandang Menyiap

| | | | | | | | | |
|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| V_R (km/jam) | 120 | 100 | 80 | 60 | 50 | 40 | 30 | 20 |
| J_{PM} | 800 | 670 | 550 | 350 | 250 | 200 | 150 | 100 |

Sumber : PGJAK 1997

2.3.4.2. Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah garis vertikal yang dibentuk oleh bidang vertikal melalui sumbu jalan. Alinyemen vertikal menyatakan bentuk geometri jalan dalam arah vertikal. Dalam perencanaan alinyemen vertikal, biasanya setelah diketahui elevasi dan STA (*station*), serta PVI (*Point of Vertical Intersection*), kemudian baru dihitung besaran-besaran sebagai berikut:

1. panjang peralihan lengkung vertikal (PLV) (m)
2. pergeseran permukaan jalan di bawah atau di atas pusat perpotongan vertikal (PVI)
3. pergeseran vertikal (E) dalam meter (m)
4. elevasi dan *stationing* dari PLV dan PTV (peralihan tangen vertikal)
5. elevasi permukaan jalan antara PLV, PVI, dan PTV pada setiap *stationing* yang terdapat pada setiap alinyemen.

Rumus yang digunakan:

$$\Delta = g_1 - g_2 = \dots\%$$

Keterangan:

Δ = perbedaan aljabar landai

g_1, g_2 = kelandaian jalan (%)

Jarak antara lengkung vertikal dengan PVI (E):

$$E = \frac{\Delta \times L}{800}$$

Keterangan:

E = jarak antara lengkung vertikal dengan PVI

L = panjang lengkung vertikal

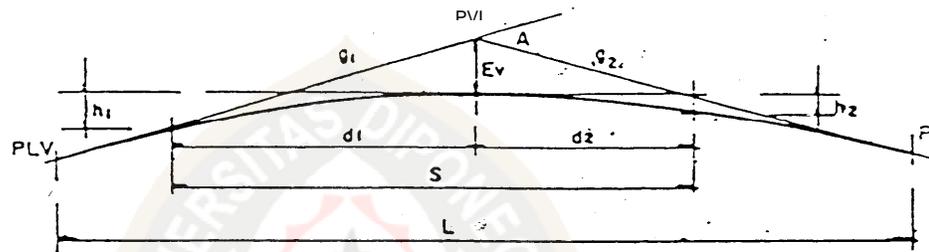
Tabel 2.31 Panjang Minimum Lengkung Vertikal

| Kecapatan Rencana (km/jam) | Perbedaan Kelandaian Memanjang (%) | Panjang Lengkung (m) |
|----------------------------|------------------------------------|----------------------|
| <40 | 1 | 20-30 |
| 40-60 | 0,6 | 40-80 |
| >60 | 0,4 | 80-150 |

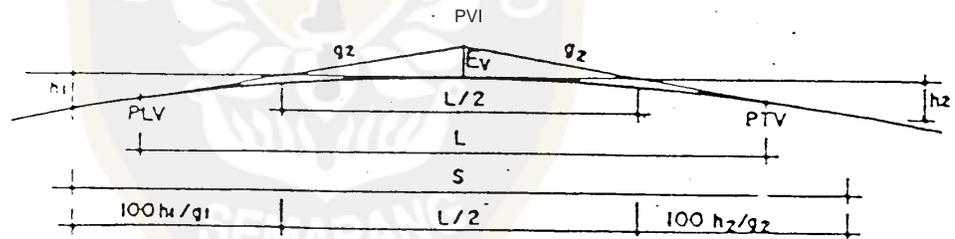
Sumber : PGJAK 1997

A. Alinyemen Vertikal Cembung

Dalam perencanaan alinyemen vertikal cembung dapat ditinjau terhadap jarak pandang henti dan syarat drainase, di mana panjang alinyemen vertikal cembung dapat dikatakan memenuhi syarat jika kebebasan pandang henti untuk kecepatan rencana dapat dipenuhi. Gambar alinyemen vertikal cembung dapat dilihat pada Gambar 2.9 dan Gambar 2.10.



Gambar 2.9. Lengkung Vertikal Cembung Jika $S < L$



Gambar 2.10. Lengkung Vertikal Cembung Jika $S > L$

Pandangan bebas lengkung vertikal cembung jika $S < L$:

$$L = \frac{S^2 \times \Delta}{(\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2})^2}$$

Jika $S > L$, maka:

$$L = 2S - \frac{2(\sqrt{H_1} + \sqrt{H_2})^2}{\Delta}$$

Keterangan:

L = panjang minimum lengkung vertikal cembung.

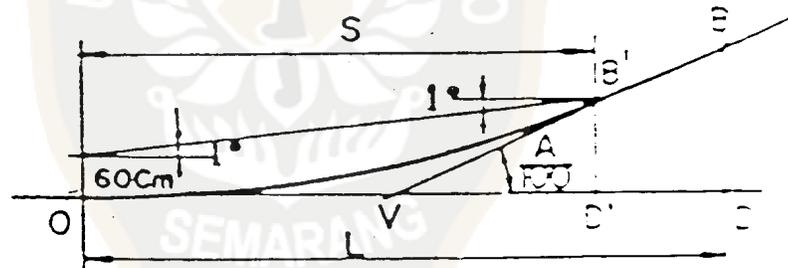
S = jarak pandang

Δ = beda aljabar untuk kelandaian = $g_1 - g_2$ (%)

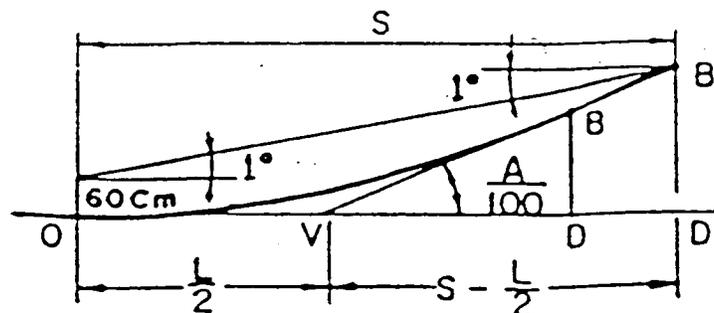
- h_1 = tinggi mata terhadap permukaan jalan = 1,25 meter
 h_2 = tinggi benda objek terhadap permukaan jalan
 1,25 meter untuk jarak pandang menyiap
 0,10 meter untuk jarak pandang henti

B. Alinyemen Vertikal Cekung

Peninjauan panjang alinyemen vertikal cekung minimum didasarkan pada jarak pandang waktu malam hari atau jarak yang dapat dijangkau oleh lampu besar kendaraan. Di samping itu, faktor kenyamanan juga diperhitungkan, di mana perhitungan rumus berdasarkan pada pengaruh gaya berat oleh gaya sentripetal maksimum yang diperbolehkan. Sebagai syarat keamanan, besarnya percepatan sentripetal maksimum yang ditimbulkan adalah $0,3 \text{ m/s}^2$. Gambar alinyemen vertikal cekung dapat dilihat pada Gambar 2.11 dan Gambar 2.12.



**Gambar 2.11 Alinyemen Vertikal Cekung dengan Jarak
 Penyinaran Lampu Depan < L**



**Gambar 2.12 Alinyemen Vertikal Cekung dengan Jarak
 Penyinaran Lampu Depan > L**

- Rumus berdasarkan penyinaran lampu besar kendaraan

Pandangan bebas lengkung vertikal cembung jika $S < L$:

$$L = \frac{\Delta S^2}{150 + 3,5 \cdot S} \longrightarrow E = \frac{\Delta \times L}{800}$$

Jika $S > L$, maka:

$$L = 2 \cdot S - \frac{150 - 3,5 \cdot S}{\Delta}$$

- Rumus berdasarkan kenyamanan

$$L = \frac{\Delta \cdot V^2}{390}$$

Keterangan:

L = panjang minimum lengkung vertikal cekung

S = jarak pandang

Δ = beda aljabar untuk kelandaian = $g_1 - g_2$ (%)

V = kecepatan rencana landai maksimum

C. Kelandaian Maksimum Jalan

Kelandaian maksimum jalan dimaksudkan untuk memungkinkan kendaraan bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti. Kelandaian maksimum didasarkan pada kecepatan truk yang bermuatan penuh yang mampu bergerak dengan penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh kecepatan semula tanpa menggunakan gigi rendah. Kelandaian maksimum untuk berbagai kecepatan rencana dapat dilihat pada Tabel 2.32.

Tabel 2.32 Kelandaian Maksimum yang Diizinkan

| V_R (km/jam) | 120 | 110 | 100 | 80 | 60 | 50 | 40 | <40 |
|---------------------------------|-----|-----|-----|----|----|----|----|-----|
| Kelandaian Maksimum Standar (%) | 3 | 3 | 4 | 5 | 8 | 9 | 10 | 10 |

Sumber : PGJAK, 1997

Tetapi selain kemampuan menanjak sebuah truk bermuatan, pengaruh biaya konstruksi juga harus diperhitungkan. Tabel 2.33 menunjukkan dua kategori kelandaian maksimum. Untuk kasus biasa, kelandaian diperbolehkan mengikuti nilai-nilai yang ditunjukkan pada baris atas Tabel 2.32 . Bila anggaran tidak dapat menampung biaya untuk mendapatkan kelandaian standar maksimum sepanjang suatu bagian jalan yang pendek, maka kelandaian pada bagian itu dapat dinaikan sampai nilai kelandaian maksimum mutlak.

Tabel 2.33 Kelandaian Maksimum

| V_R (km/jam) | 80 | 60 | 50 | 40 | 30 | 20 |
|---------------------------------|----|----|----|----|----|----|
| Kelandaian Maksimum Standar (%) | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Kelandaian Maksimum Mutlak (%) | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |

Sumber : PGJLK, 1990

Panjang kritis yaitu panjang landai maksimum yang harus disediakan agar kendaraan dapat mempertahankan kecepatannya sehingga penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh kecepatan rencana (V_R). Lama perjalanan tersebut ditetapkan tidak lebih dari 1 menit. Panjang kritis yang ditetapkan dapat dilihat pada Tabel 2.34. Tetapi apabila kelandaian rencana melebihi maksimum standar maka harus dipakai panjang kritis dari Tabel 2.35.

Tabel 2.34 Panjang Kritis (m)

| Kecepatan Pada Awal Tanjakan (km/jam) | Kelandaian (%) | | | | | | |
|---------------------------------------|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 80 | 630 | 460 | 360 | 270 | 230 | 230 | 200 |
| 60 | 320 | 210 | 160 | 120 | 110 | 90 | 80 |

Sumber : PGJAK, 1997

**Tabel 2.35 Panjang Kritis untuk Kelandaian-Kelandaian yang Melebihi
Maksimum Standar (m)**

| Kecapatan Rencana (km/jam) | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|-------|----|-------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|
| 80 | | 60 | | 50 | | 40 | | 30 | | 20 | |
| 5% | 500 m | 6% | 500 m | 7% | 500 m | 8% | 420 m | 9% | 340 m | 10% | 250 m |
| 6% | 500 m | 7% | 500 m | 8% | 420 m | 9% | 340 m | 10% | 250 m | 11% | 250 m |
| 7% | 500 m | 8% | 420 m | 9% | 340 m | 10% | 250 m | 11% | 250 m | 12% | 250 m |
| 8% | 420 m | 9% | 340 m | 10% | 250 m | 11% | 250 m | 12% | 250 m | 13% | 250 m |

Sumber: PGJLK 1990

2.3.5 Penampang Melintang Jalan

Penampang melintang jalan merupakan potongan tegak lurus sumbu jalan. Pada potongan melintang jalan dapat dilihat bagian-bagian jalan. Bagian jalan tersebut dapat dikelompokkan sebagai berikut:

1. Bagian-bagian yang langsung berguna untuk lalu lintas

a. Jalur lalu lintas

Adalah bagian jalan yang dipergunakan untuk lalu lintas kendaraan yang secara fisik berupa perkerasan jalan. Jalur lalu lintas dapat terdiri atas beberapa lajur dan tipe:

- Dua lajur – dua arah tak terbagi (2/2 UD)
- Dua lajur – satu arah tak terbagi (2/1 UD)
- Empat lajur – dua arah tak terbagi (4/2 UD)
- Empat lajur – dua arah terbagi (4/2 D)
- (n) lajur – dua arah terbagi (n/2 D)

b. Lajur lalu lintas

Lajur adalah bagian jalur lalu lintas yang memanjang yang dibatasi oleh marka. Lajur jalan memiliki lebar yang cukup untuk dilewati suatu kendaraan bermotor yang sesuai dengan kendaraan rencana. Lebar lajur tergantung pada kecepatan dan kendaraan rencana. Lebar lajur dinyatakan dalam fungsi dan kelas jalan. Besaran lebar lajur ideal dapat dilihat pada Tabel 2.36.

Tabel 2.36 Lebar Lajur Ideal

| Fungsi | Kelas | Lebar Lajur Ideal (m) |
|----------|------------|-----------------------|
| Arteri | I, | 3,75 |
| | II, IIIA | 3,5 |
| Kolektor | IIIA, IIIB | 3 |
| Lokal | IIIC | 3 |

Sumber : PGJAK 1997

c. Bahu Jalan

Bahu jalan adalah bagian jalan yang terletak di tepi jalur lalu lintas yang berfungsi sebagai tempat berhenti sementara, ruang bebas samping bagi lalu lintas, dan penyangga untuk kestabilan perkerasan jalur lalu lintas. Kemiringan melintang bahu jalan normal berkisar antara 3% - 5%.

d. Trotoar

Trotoar mempunyai fungsi untuk memisahkan pejalan kaki dari jalur lalu lintas guna menjamin keselamatan pejalan kaki dan kelancaran lalu lintas.

e. Median

Median adalah bagian bangunan jalan yang secara fisik memisahkan 2 jalur lalu lintas yang berlawanan arah.

2. Bagian- bagian yang berguna untuk drainase jalan

- a. saluran samping
- b. kemiringan melintang jalur lalu lintas
- c. kemiringan melintang bahu jalan
- d. talud

3. Bangunan pelengkap jalan

- a. kerb
- b. pengaman tepi
- c. rambu lalu lintas
- d. lampu penerang jalan

4. Bagian-bagian konstruksi jalan

- a. lapisan perkerasan

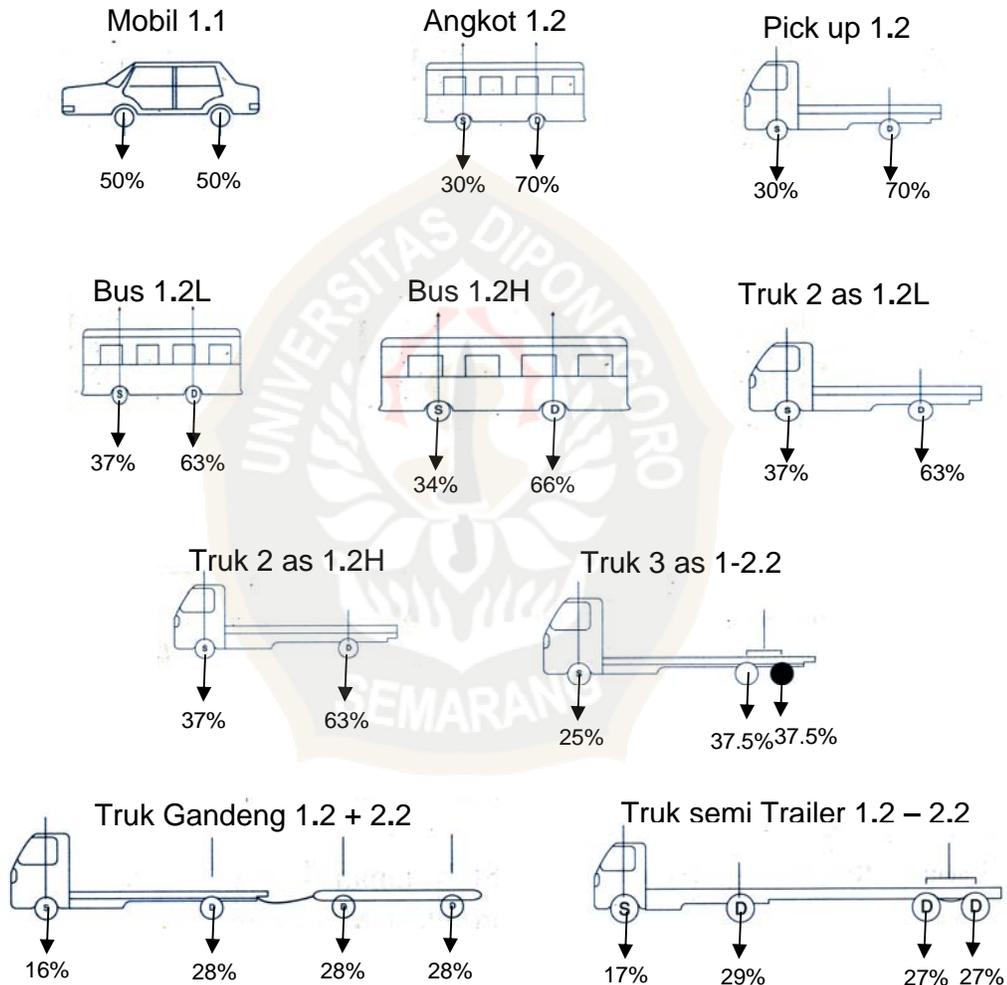
- b. lapisan pondasi atas
 - c. lapisan pondasi bawah
 - d. lapisan tanah dasar
5. Ruang manfaat jalan (RUMAJA)
- Rumaja merupakan daerah sepanjang jalan yang dibatasi oleh lebar, tinggi, dan kedalaman ruang bebas tertentu yang ditetapkan oleh pembina jalan. Ruang tersebut digunakan untuk:
- perkerasan jalan,
 - median,
 - jalur pemisah,
 - bahu jalan,
 - saluran tepi jalan,
 - bangunan pelengkap jalan.
6. Ruang milik jalan (RUMIJA)
- Rumija merupakan ruang sepanjang jalan yang dibatasi oleh lebar dan tinggi tertentu yang ditetapkan oleh pembina jalan dengan suatu hak tertentu sesuai peraturan perundangan yang berlaku.
7. Ruang pengawasan jalan (RUWASJA)
- Ruwasja merupakan ruang sepanjang jalan diluar rumija yang dibatasi oleh lebar dan tinggi tertentu, ditetapkan oleh pembina jalan dan diperuntukkan bagi kebebasan pandang pengemudi. Batas luar ruwasja diukur dari as jalan yang bersangkutan dengan lebar sesuai dengan fungsi jalan.

2.4 Aspek Perkerasan Jalan

2.4.1 Muatan Sumbu Terberat (MST)

Muatan sumbu adalah jumlah tekanan roda dari satu sumbu kendaraan terhadap jalan. Bila struktur perkerasan jalan tidak mampu menahan beban dari muatan sumbu kendaraan, maka dalam kurun waktu tertentu akan terjadi kerusakan jalan. Oleh karena itu ditetapkan muatan sumbu terberat (MST) yang diizinkan untuk melalui suatu kelas jalan tertentu.

Muatan sumbu terberat (MST) adalah jumlah tekanan maksimum roda yang diizinkan terhadap jalan. Besaran muatan sumbu kendaraan dapat dihitung berdasarkan konfigurasi gandar *single axle dual wheel*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.13 dan Tabel 2.37.



CATATAN :

- Notasi axle :
 - > 1.1 = sumbu tunggal – roda tunggal
 - > 1.2 = sumbu tunggal – roda ganda
 - > 2.2 = sumbu ganda – roda ganda

Sumber : Supriyono,2007

Gambar 2.13 Konfigurasi Tekanan Sumbu Roda Kendaraan Menurut Klasifikasi MST

**Tabel 2.37 Distribusi Beban Sumbu Kendaraan Sesuai MST 10 ton
(Beban Roda Dalam Angka Dibulatkan)**

| Golongan | Jenis Kendaraan | Sumbu | Berat Total Maks. (ton) | Muatan Sumbu Depan | | Muatan Sumbu Belakang | | Muatan Sumbu Belakang | | Muatan Sumbu Belakang | |
|----------|---------------------------|---------|-------------------------|--------------------|-------|-----------------------|-------|-----------------------|-------|-----------------------|-------|
| | | | | ton | % | ton | % | ton | % | ton | % |
| 2 | Mobil Penumpang | 1.1 | 2 | 1 | 50 | 1 | 50 | | | | |
| 3 | Angkot, Mikrolet, Minibus | 1.2 | 5 | 1.5 | 30 | 3.5 | 70 | | | | |
| 4 | Pick up, Mobil Box | 1.2 | 5 | 1.5 | 30 | 3.5 | 70 | | | | |
| 5a | Bus Kecil | 1.2L | 8 | 3 | 37.5 | 5 | 62.5 | | | | |
| 5b | Bus Besar | 1.2H | 9 | 3 | 33.33 | 6 | 66.67 | | | | |
| 6a | Truk 2 as 4 roda | 1.2L | 8 | 3 | 37.5 | 5 | 62.5 | | | | |
| 6b | Truk 2 as 6 roda | 1.2H | 16 | 6 | 37.5 | 10 | 62.5 | | | | |
| 7a | Truk 3 as | 1-2.2 | 24 | 6 | 25 | 18 | 75 | | | | |
| 7b | Truk Gandeng | 1.2+2.2 | 36 | 6 | 16.67 | 10 | 27.78 | 10 | 27.78 | 10 | 27.78 |
| 7c | Truk semi trailer | 1.2-2.2 | 34 | 6 | 17.65 | 10 | 29.41 | 18 | 52.94 | | |

Sumber : Supriyono, 2007

2.4.2 Perancangan Konstruksi Perkerasan

Perkerasan jalan raya adalah bagian dari jalan raya yang diperkeras dengan lapisan konstruksi tertentu yang berfungsi untuk:

- menyebarkan beban lalu lintas kepada tanah dasar,
- menyalurkan air hujan ke samping,
- memberikan kenyamanan kepada pengguna jalan.

Jenis perkerasan jalan dapat dibagi menjadi dua, yaitu:

a. Perkerasan lentur (*flexible pavement*)

Perkerasan lentur menggunakan bahan campuran aspal dengan agregat sebagai lapisan permukaan serta agregat pada lapisan bawah.

b. Perkerasan kaku (*rigid pavement*)

Perkerasan kaku menggunakan beton semen (PC) sebagai bahan utama yang dicampur dengan agregat halus, agregat kasar, dan air.

2.4.3 Prosedur Perhitungan Tebal Perkerasan Lentur

Dalam menghitung tebal perkerasan lentur pada Perencanaan Jalan Lingkar Salatiga berdasarkan pada petunjuk perencanaan tebal perkerasan lentur jalan raya dengan metode analisa komponen SKBI 2.3.26.1987 Departemen Pekerjaan Umum.

Prosedur perhitungannya adalah sebagai berikut :

1. LHR setiap jenis kendaraan ditentukan sesuai dengan umur rencana.
2. Lintas ekivalen permulaan (LEP), dihitung dengan rumus :

$$LEP = \sum (LHR \cdot C_j \cdot E_j)$$

Dengan : C_j = Koefisien distribusi kendaraan, didapat dari Tabel 2.38 di bawah ini.

E_j = Angka ekivalen beban sumbu kendaraan

Tabel 2.38 Koefisien distribusi kendaraan (C_j)

| Jumlah Jalur | Kendaraan Ringan (< 5 Ton) | | Kendaraan Berat (> 5 Ton) | |
|--------------|----------------------------|--------|---------------------------|--------|
| | 1 Arah | 2 Arah | 1 Arah | 2 Arah |
| 1 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| 2 | 0,60 | 0,50 | 0,70 | 0,50 |
| 3 | 0,40 | 0,40 | 0,50 | 0,475 |
| 4 | - | 0,30 | - | 0,45 |
| 5 | - | 0,25 | - | 0,425 |
| 6 | - | 0,20 | - | 0,40 |

Sumber : Perkerasan Lentur Jalan Raya 1999 (Silvia Sukirman)

3. Lintas ekivalen akhir (LEA), dihitung dengan rumus :

$$LEA = \sum [LHR \cdot (1 + i)^n \cdot C_j \cdot E_j]$$

Dengan : n = Tahun rencana

i = Faktor pertumbuhan lalu lintas

4. Lintas ekivalen tengah (LET), dihitung dengan rumus :

$$LET = 1/2 \cdot (LEP + LEA)$$

5. Lintas ekivalen rencana (LER), dihitung dengan rumus :

$$LER = LEP \times FP$$

Dengan : FP = faktor penyesuaian = UR/10

6. Mencari indeks tebal permukaan (ITP) berdasarkan hasil LER, sesuai dengan nomogram yang tersedia. Faktor-faktor yang berpengaruh yaitu DDT atau CBR, faktor regional (FR), indeks permukaan dan koefisien bahan-bahan *sub base*, *base* dan lapis permukaan.

- Nilai DDT diperoleh dengan menggunakan nomogram hubungan antara DDT dan CBR.
- Nilai FR (faktor regional) dapat dilihat pada Tabel 2.39

Tabel 2.39 Faktor Regional (FR)

| Curah Hujan | Kelandaian I (<6%) | | Kelandaian II (6-10%) | | Kelandaian III (>10%) | |
|-----------------------|--------------------|---------|-----------------------|---------|-----------------------|---------|
| | % Kendaraan Berat | | % Kendaraan Berat | | % Kendaraan Berat | |
| | ≤ 30% | > 30% | ≤ 30% | > 30% | ≤ 30% | > 30% |
| Iklim I <900mm/th | 0,5 | 1,0-1,5 | 1,0 | 1,5-2,0 | 1,5 | 2,0-2,5 |
| Iklim II <900mm/th | 1,5 | 2,0-2,5 | 2,0 | 2,5-3,0 | 2,5 | 3,0-3,5 |

Sumber : Perkerasan Lentur Jalan Raya 1999 (Silvia Sukirman)

- Indeks Permukaan awal (IP₀) dapat dicari dengan menggunakan Tabel 2.40 yang ditentukan dengan sesuai dengan jenis lapis permukaan yang akan digunakan.

Tabel 2.40 Indeks Permukaan pada Awal Umur Rencana (IPO)

| Jenis lapis permukaan | IP ₀ | Roughnes (mm/km) |
|-----------------------|-----------------|------------------|
| Laston | ≥4 | ≤1000 |
| | 3,9-3,5 | >1000 |
| Lasbutag | 3,9-3,5 | ≤2000 |
| | 3,4-3,0 | >2000 |

| Jenis lapis permukaan | IP ₀ | Roughnes (mm/km) |
|-----------------------|-----------------|------------------|
| HRA | 3,9-3,5 | ≤2000 |
| | 3,4-3,0 | >2000 |
| Burda | 3,9-3,5 | <2000 |
| Burtu | 3,4-3,0 | <2000 |
| Lapen | 3,4-3,0 | ≤3000 |
| | 2,9-2,5 | >3000 |
| Latasbum | 2,9-2,5 | |
| Buras | 2,9-2,5 | |
| Latasir | 2,9-2,5 | |
| Jalan tanah | ≤2,4 | |
| Jalan kerikil | ≤2,4 | |

Sumber : Perkerasan Lentur Jalan Raya 1999 (Silvia Sukirman)

- Besarnya nilai Indeks Permukaan akhir (IP_t) dapat ditentukan dengan Tabel 2.41.

Tabel 2.41 Indeks Permukaan pada Akhir Umur Rencana (IPt)

| LER | Klasifikasi Jalan | | | |
|----------|-------------------|----------|---------|-----|
| | Lokal | Kolektor | Arteri | Tol |
| < 10 | 1,0-1,5 | 1,5 | 1,5-2,0 | - |
| 10-100 | 1,5 | 1,5-2,0 | 2,0 | - |
| 100-1000 | 1,5-2,0 | 2,0 | 2,0-2,5 | - |
| >1000 | - | 2,0-2,5 | 2,5 | 2,5 |

Sumber : Perkerasan Lentur Jalan Raya 1999 (Silvia Sukirman)

7. Menghitung tebal lapisan perkerasannya berdasarkan nilai ITP yang didapat.

$$ITP = a_1.D_1 + a_2.D_2 + a_3.D_3$$

Dimana :

a_1, a_2, a_3 = kekuatan relatif untuk lapis permukaan (a_1), lapis pondasi atas (a_2), dan lapis pondasi bawah (a_3).

D_1, D_2, D_3 = tebal masing-masing lapisan dalam cm untuk lapisan permukaan (D_1), lapis pondasi atas (D_2), dan lapis pondasi bawah (D_3).

- Nilai kekuatan relatif untuk masing-masing bahan dapat dilihat pada Tabel 2.42.

Tabel 2.42 Koefisien Kekuatan Relatif (a)

| Koefisien kekuatan relatif | | | Kekuatan bahan | | | Jenis Bahan |
|----------------------------|------|----|----------------|--------------------------|---------|-------------------------------|
| | | | MS (kg) | Kt (kg/cm ²) | CBR (%) | |
| a1 | a2 | a3 | | | | |
| 0,40 | | | 744 | | | Laston |
| 0,35 | | | 590 | | | |
| 0,32 | | | 454 | | | |
| 0,30 | | | 340 | | | |
| 0,35 | | | 744 | | | Asbuton |
| 0,31 | | | 590 | | | |
| 0,28 | | | 454 | | | |
| 0,26 | | | 340 | | | |
| 0,30 | | | 340 | | | <i>Hot Rolled Asphalt</i> |
| 0,26 | | | 340 | | | Aspal macadam |
| 0,25 | | | | | | Lapen mekanis |
| 0,20 | | | | | | Lapen manual |
| | 0,28 | | 590 | | | Laston atas |
| | 0,26 | | 454 | | | |
| | 0,24 | | 340 | | | |
| | 0,23 | | | | | Lapen mekanis Lapen manual |
| | 0,19 | | | | | |
| | 0,15 | | | 22 | | Stabilitas tanah dengan semen |
| | 0,13 | | | 18 | | |
| | 0,15 | | | 22 | | Stabilitas tanah dengan kapur |
| | 0,13 | | | 18 | | |

| Koefisien kekuatan relatif | | | Kekuatan bahan | | | Jenis Bahan |
|----------------------------|------|------|----------------|--------------------------|---------|------------------------|
| | | | MS (kg) | Kt (kg/cm ²) | CBR (%) | |
| a1 | a2 | a3 | | | | |
| | 0,14 | | | | 100 | Pondasi macadam basah |
| | 0,12 | | | | 60 | Pondasi macadam kering |
| | 0,14 | | | | 100 | Batu pecah (kelas A) |
| | 0,13 | | | | 80 | Batu pecah (kelas B) |
| | 0,12 | | | | 60 | Batu pecah (kelas C) |
| | | 0,13 | | | 70 | Sirtu/pitrun (kelas A) |

Sumber : Perkerasan Lentur Jalan Raya 1999 (Silvia Sukirman)

- Di dalam pemilihan material sebagai lapisan pada perkerasan harus diperhatikan tebal minimum perkerasan yang besarnya dapat dilihat pada Tabel 2.43.

Tabel 2.43 Tebal Minimum Lapisan Perkerasan

a. Lapis Permukaan

| ITP | Tebal Minimum (cm) | Bahan |
|-----------|--------------------|--------------------------------------------|
| 3,00-6,70 | 5 | Lapen /aspal macadam, HRA, Asbuton, Laston |
| 6,71-7,49 | 7,5 | Lapen/aspal macadam, HRA, Asbuton, Laston |
| 7,50-9,99 | 7,5 | Asbuton, Laston |
| ≥10,00 | 10 | Laston |

Sumber : Perkerasan Lentur Jalan Raya 1999 (Silvia Sukirman)

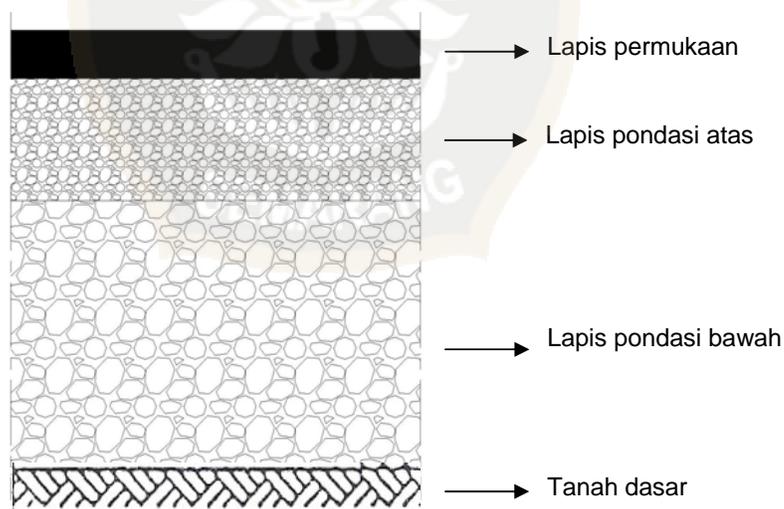
b. Lapis Pondasi

| ITP | Tebal minimum (cm) | Bahan |
|-------|--------------------|------------------------------------------------------|
| <3,00 | 15 | Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen atau kapur |

| ITP | Tebal minimum (cm) | Bahan |
|---------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3,00-7,49 | 20 | Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen atau kapur |
| 7,90-9,99 | 10 | Laston atas |
| | 20 | Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen atau kapur, pondasi macadam |
| 10,00 - 12,24 | 15 | Laston atas |
| | 20 | Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen atau kapur, pondasi macadam, lapen, laston atas |
| $\geq 12,15$ | 25 | Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen atau kapur, pondasi macadam, lapen, laston atas |

Sumber : Perkerasan Lentur Jalan Raya 1999 (Silvia Sukirman)

Struktur perkerasan lentur secara tipikal dapat dilihat pada Gambar 2.14.



Sumber : SKBI 2.3.26.1987

Gambar 2.14 Tipikal Struktur Perkerasan Lentur

2.4.4 Prosedur Perhitungan Tebal Perkerasan Kaku

Metode-metode untuk perencanaan perkerasan kaku ada bermacam-macam metode, diantaranya adalah Metode Bina Marga.

Adapun prosedur perhitungannya sebagai berikut:

1. Besaran-besaran rencana

Menurut rencana didasarkan pada jumlah sumbu kendaraan niaga (*Comercial Vehicle*) kurang lebih 2 tahun terakhir.

2. Karakteristik kendaraan :

- Jenis kendaraan niaga dengan berat total >5 ton.
- Konfigurasi sumbu
 - Sumbu tunggal dengan roda tunggal (STRT)
 - Sumbu tunggal dengan roda ganda (STRG)
 - Sumbu tandem dengan roda ganda (ST_dRG)
 - Sumbu tridem dengan roda ganda (ST_rRG)

3. Prosedur perhitungan tebal perkerasan:

- Hitung LHR hingga akhir umur rencana
- Menghitung jumlah kendaraan niaga

$$\text{JSKN} = 365 \times \text{JSKNH} \times R$$

Keterangan :

JSKN : Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga

JKNH : Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga Harian

R : Faktor pertumbuhan lalu lintas yang besarnya tergantung pada faktor pertumbuhan lalu lintas tahunan (i) dan umur rencana (n)

- $R = \frac{(1+i)^M - 1}{e \log(1+i)} \rightarrow$ Untuk i konstan selama umur rencana (n) i

$\neq 0$

- $R = \frac{(1+i)^M - 1}{e \log(1+i)} + (n-m)(1-i)^{m-1} \rightarrow$ Setelah m tahun

pertumbuhan lalu lintas tidak terjadi lagi

- $R = \frac{(1+i)^M - 1}{e \log(1+i)} + \frac{(1+i)^m [(1+i)^{n-m} - 1]}{e \log(1-i)} \rightarrow$ Setelah waktu

tertentu pertumbuhan lalu lintas berbeda dengan sebelumnya.

n tahun pertama $\rightarrow 1, i \neq 0$

m tahun pertama $\rightarrow 1, i \neq 0$

- Hitung prosentase masing-masing kombinasi konfigurasi beban sumbu terhadap jumlah sumbu kendaraan niaga harian (JSKNH).
- Hitung jumlah repetisi komulatif tiap-tiap kombinasi konfigurasi/beban sumbu pada jalur rencana.

$$JSKN \times \% JSKNH_i \times C \times F_{KB}$$

Keterangan :

JSKN = Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga

JSKNH = Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga Harian

JSKNHi = Kombinasi terhadap JSKNH

C = Koefisien distribusi

F_{KB} = Faktor keamanan beban sumbu yang sesuai dengan penggunaan jalan

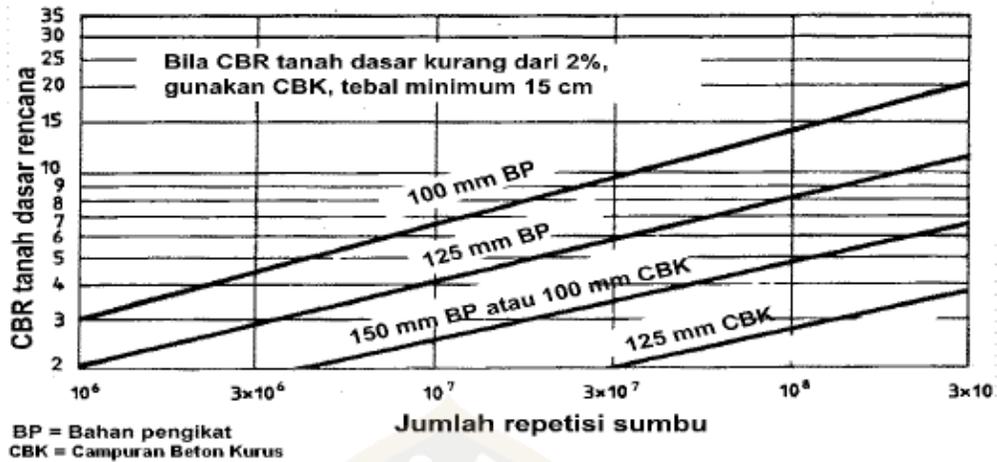
Faktor koefisien distribusi (C) dapat dilihat pada Tabel 2.44.

Tabel 2.44 Koefisien Distribusi

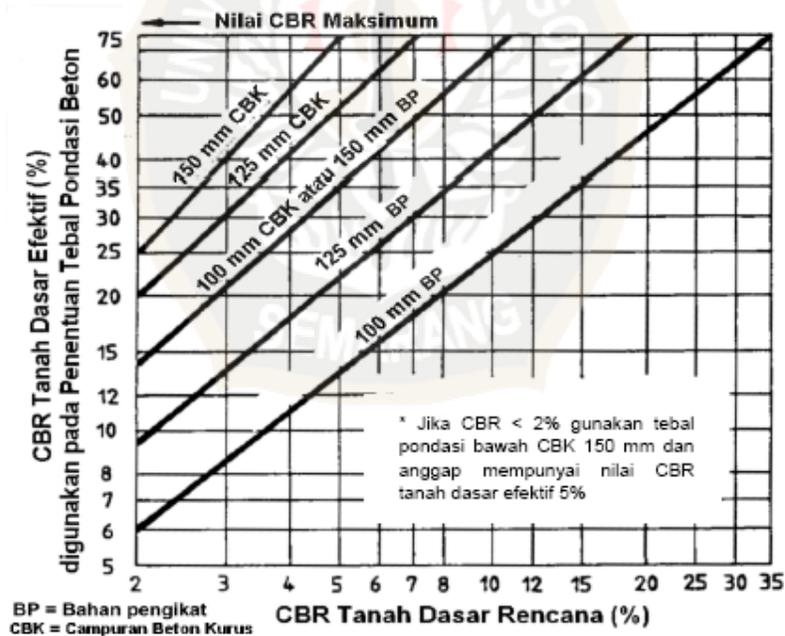
| Jumlah Lajur | Kendaraan Niaga | |
|--------------|-----------------|--------|
| | 1 Arah | 2 Arah |
| 1 Lajur | 1 | 1 |
| 2 Lajur | 0,7 | 0,5 |
| 3 Lajur | 0,5 | 0,475 |
| 4 Lajur | 0,5 | 0,45 |
| 5 Lajur | 0,5 | 0,425 |
| 6 Lajur | 0,5 | 0,40 |

Sumber : SKBI 2.3.28.1998

- Faktor Keamanan Beban:
 - Jalan tol : $F_{KB} = 1.20$
 - Jalan Arteri : $F_{KB} = 1.10$
 - Kolektor/local : $F_{KB} = 1.00$
- Kekuatan tanah dasar/ *Subgrade* (CBR Tanah Dasar Efektif) ditentukan dengan grafik pada gambar 2.15.



Gambar 2.15a Tebal Pondasi Bawah Minimum untuk Perkerasan Kaku



Gambar 2.15b CBR Tanah Dasar efektif dan Tebal Pondasi Bawah

4. Kekuatan Beton

Kekuatan beton untuk perancangan tebal perkerasan beton semen dinyatakan dalam kekuatan lentur tarik/modulus of rupture (MR) dengan satuan kg/cm^2 (dalam keadaan memaksa, minimum 30 kg/cm^2).

Bila dengan standar lainnya :

$$\text{SNI T-15-1991-03: } f_{cf} = 0,7\sqrt{f'_c} \text{ (MPa)}$$

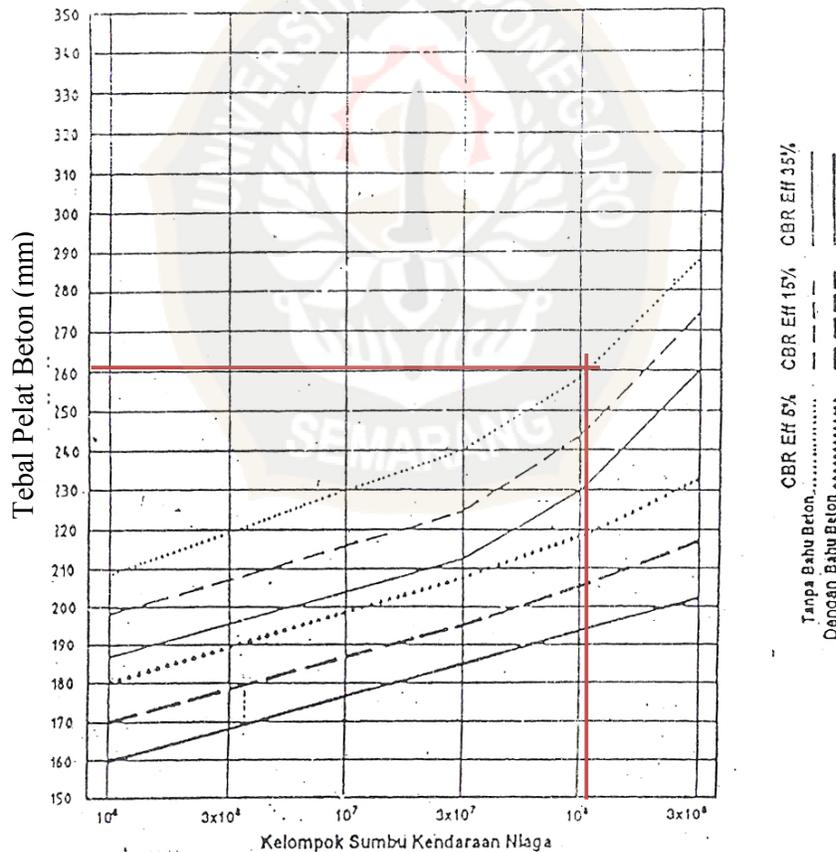
$$\text{ACI 318-83 : } f_{cf} = 0,62\sqrt{f'_c} \text{ (MPa)}$$

f_{cf} = Kuat lentur tarik beton (MPa)

f'_c = Kuat tekan karakteristik beton usia 28 hari (MPa)

5. Perencanaan Tebal Pelat

Tebal plat acuan dapat ditentukan dengan grafik pada gambar 2.16 berikut ini.



Gambar 2.16 Grafik Perencanaan $f_{cf} = 4.25$ MPa, Beton dengan ruji, Lalu lintas luar kota, $F_{kb} = 1.1$

6. Analisa Fatik dan Analisa Erosi

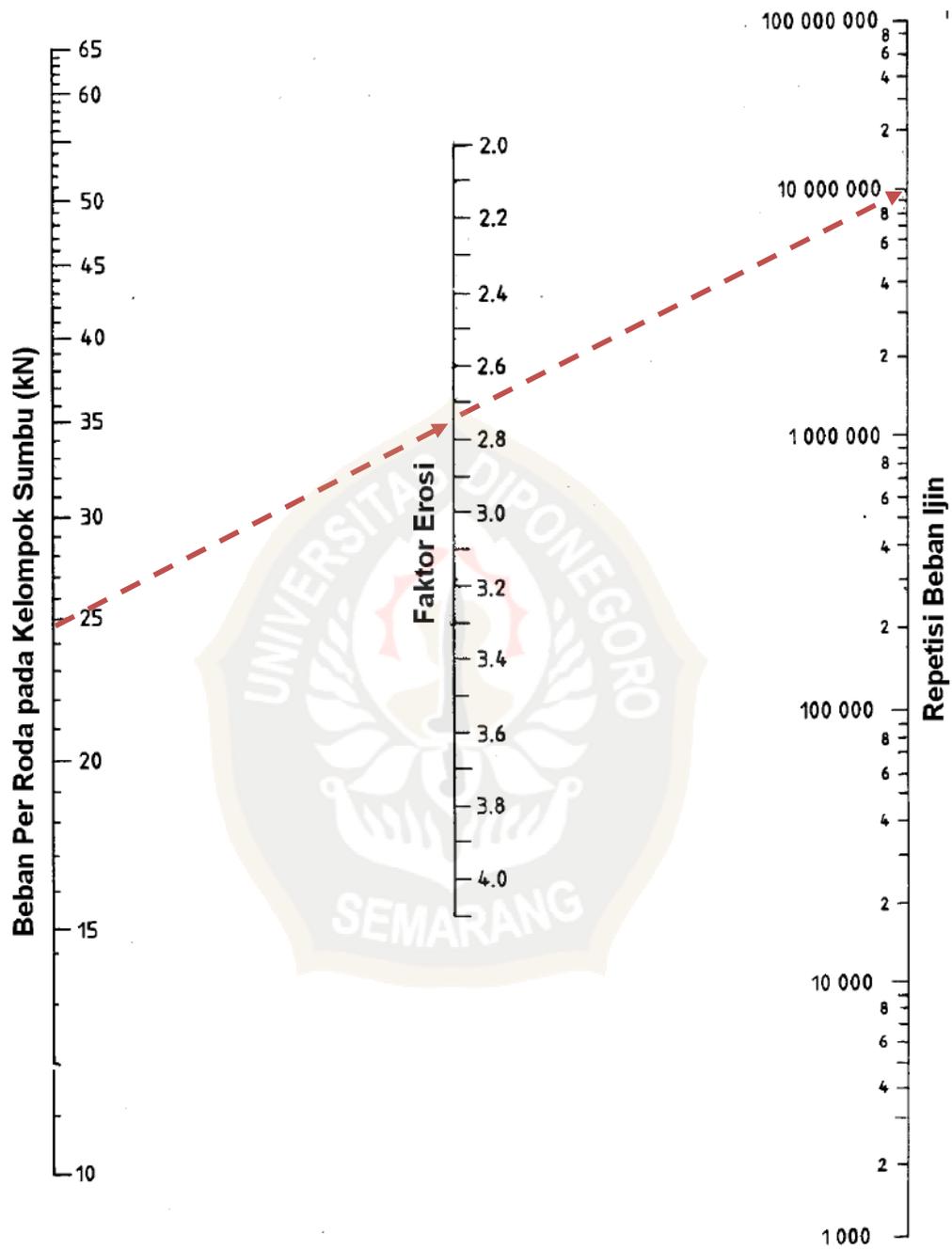
Dari tebal pelat acuan dilakukan analisa fatik dan analisa erosi. Analisa fatik menggunakan Faktor Rasio Tegangan (FRT), sedangkan analisa erosi menggunakan Faktor Erosi (FE) yang dapat ditentukan dengan Tabel 2.45.

$$FRT = \frac{\text{Tegangan Ekuivalen (TE)}}{\text{Kuat Tarik Lentur Beton (f}_{ct})}$$

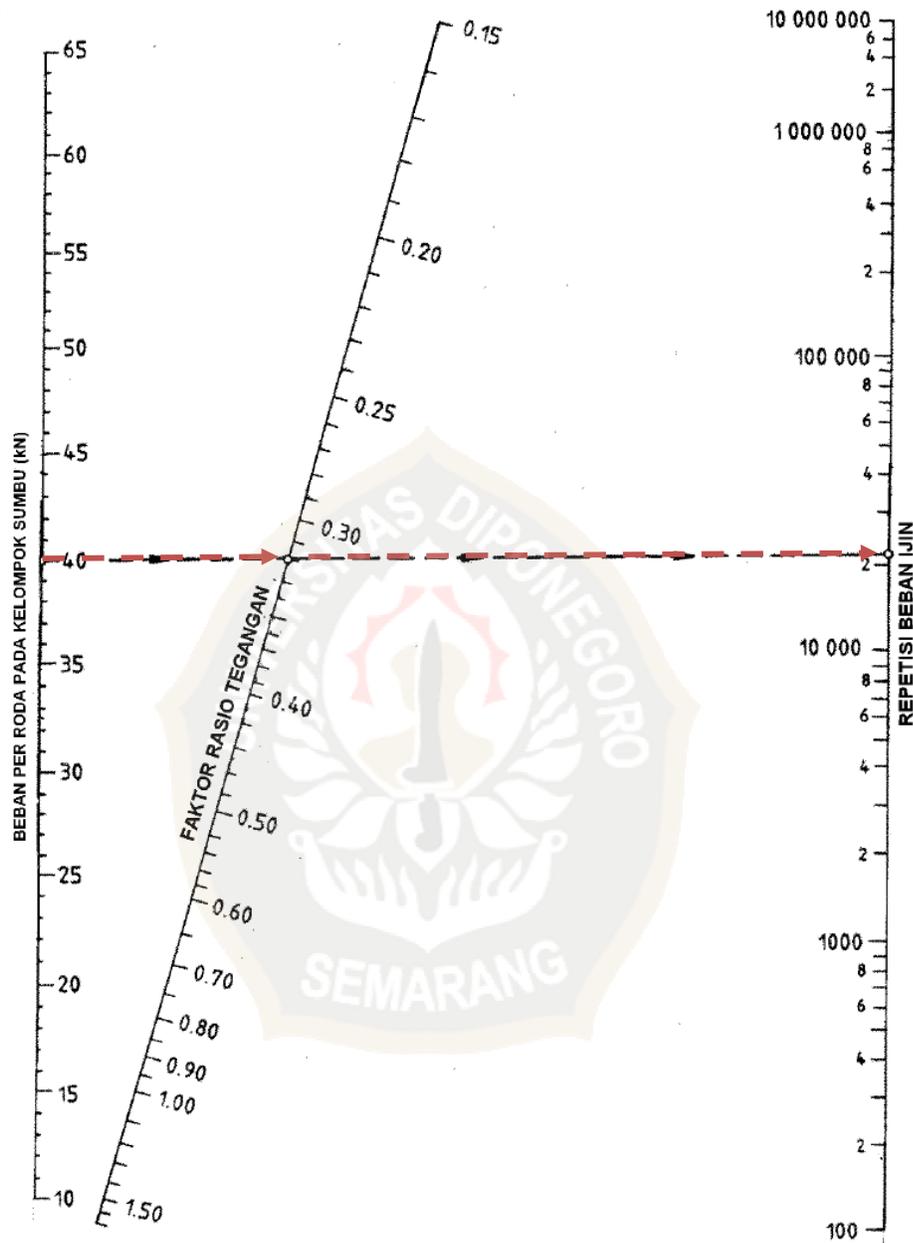
Analisa fatik dan analisa erosi dapat dilakukan dengan menggunakan nomogram pada gambar 2.17 dan gambar 2.18 sehingga ditentukan repetisi tegangan ijin pelat. Jumlah prosentase repetisi tegangan yang terjadi terhadap repetisi tegangan ijin dari kedua analisa harus lebih kecil dari 100%.

Tabel 2.45 Tegangan Ekuivalen dan Faktor Erosi untuk Perkerasan Kaku tanpa Bahu Beton (Pd T-14-2003)

| Tebal Slab (mm) | CBR Eff Tanah Dasar (%) | Tegangan Setara | | | | Faktor Erosi | | | | | | | |
|-----------------|-------------------------|-----------------|------|-------|-------|--------------|------|-------|-------|-----------------------------|------|-------|-------|
| | | STRT | STRG | STdRG | STrRG | Tanpa Ruji | | | | Dengan Ruji/Beton Bertulang | | | |
| | | | | | | STRT | STRG | STdRG | STrRG | STRT | STRG | STdRG | STrRG |
| 220 | 5 | 0,94 | 1,58 | 1,42 | 1,08 | 2,33 | 2,93 | 3,14 | 3,19 | 2,11 | 2,71 | 2,87 | 3,02 |
| 220 | 10 | 0,9 | 1,49 | 1,3 | 0,98 | 2,31 | 2,91 | 3,09 | 3,13 | 2,1 | 2,7 | 2,84 | 2,96 |
| 220 | 15 | 0,88 | 1,44 | 1,25 | 0,93 | 2,3 | 2,9 | 3,06 | 3,1 | 2,09 | 2,69 | 2,82 | 2,93 |
| 220 | 20 | 0,87 | 1,42 | 1,22 | 0,91 | 2,29 | 2,89 | 3,05 | 3,09 | 2,08 | 2,69 | 2,81 | 2,92 |
| 220 | 25 | 0,85 | 1,39 | 1,18 | 0,88 | 2,29 | 2,89 | 3,03 | 3,07 | 2,08 | 2,69 | 2,8 | 2,9 |
| 220 | 35 | 0,82 | 1,33 | 1,11 | 0,83 | 2,28 | 2,88 | 2,99 | 3,03 | 2,07 | 2,68 | 2,78 | 2,86 |
| 220 | 50 | 0,79 | 1,27 | 1,04 | 0,79 | 2,26 | 2,88 | 2,96 | 3 | 2,07 | 2,67 | 2,76 | 2,83 |
| 220 | 75 | 0,76 | 1,19 | 0,97 | 0,73 | 2,24 | 2,85 | 2,92 | 2,96 | 2,06 | 2,68 | 2,72 | 2,78 |
| 230 | 5 | 0,88 | 1,49 | 1,35 | 1,03 | 2,28 | 2,88 | 3,1 | 3,14 | 2,05 | 2,65 | 2,82 | 2,98 |
| 230 | 10 | 0,84 | 1,41 | 1,24 | 0,94 | 2,26 | 2,86 | 3,05 | 3,09 | 2,04 | 2,64 | 2,79 | 2,92 |
| 230 | 15 | 0,82 | 1,39 | 1,19 | 0,89 | 2,25 | 2,85 | 3,02 | 3,06 | 2,03 | 2,64 | 2,77 | 2,89 |
| 230 | 20 | 0,81 | 1,34 | 1,16 | 0,87 | 2,24 | 2,84 | 3 | 3,05 | 2,03 | 2,63 | 2,76 | 2,88 |
| 230 | 25 | 0,8 | 1,31 | 1,12 | 0,84 | 2,23 | 2,83 | 2,98 | 3,03 | 2,03 | 2,63 | 2,75 | 2,86 |
| 230 | 35 | 0,77 | 1,25 | 1,05 | 0,78 | 2,21 | 2,81 | 2,94 | 2,99 | 2,02 | 2,62 | 2,73 | 2,82 |
| 230 | 50 | 0,74 | 1,19 | 0,99 | 0,74 | 2,2 | 2,8 | 2,91 | 2,95 | 2,01 | 2,61 | 2,7 | 2,78 |
| 230 | 75 | 0,71 | 1,12 | 0,91 | 0,7 | 2,19 | 2,79 | 2,86 | 2,91 | 2 | 2,6 | 2,68 | 2,74 |
| 240 | 5 | 0,82 | 1,4 | 1,29 | 0,98 | 2,23 | 2,83 | 3,06 | 3,11 | 1,99 | 2,6 | 2,78 | 2,94 |
| 240 | 10 | 0,79 | 1,32 | 1,18 | 0,89 | 2,21 | 2,81 | 3,01 | 3,05 | 1,98 | 2,59 | 2,74 | 2,88 |
| 240 | 15 | 0,77 | 1,28 | 1,13 | 0,85 | 2,2 | 2,8 | 2,98 | 3,02 | 1,98 | 2,58 | 2,72 | 2,85 |
| 240 | 20 | 0,76 | 1,26 | 1,1 | 0,83 | 2,19 | 2,79 | 2,96 | 3,01 | 1,97 | 2,57 | 2,72 | 2,84 |
| 240 | 25 | 0,75 | 1,23 | 1,06 | 0,8 | 2,18 | 2,78 | 2,94 | 2,99 | 1,97 | 2,57 | 2,71 | 2,82 |
| 240 | 35 | 0,72 | 1,17 | 0,99 | 0,74 | 2,17 | 2,76 | 2,9 | 2,95 | 1,96 | 2,56 | 2,69 | 2,78 |
| 240 | 50 | 0,69 | 1,12 | 0,94 | 0,7 | 2,15 | 2,75 | 2,88 | 2,91 | 1,95 | 2,55 | 2,66 | 2,74 |
| 240 | 75 | 0,67 | 1,05 | 0,86 | 0,66 | 2,13 | 2,74 | 2,83 | 2,88 | 1,94 | 2,54 | 2,63 | 2,69 |
| 250 | 5 | 0,77 | 1,33 | 1,23 | 0,94 | 2,18 | 2,78 | 3,02 | 3,07 | 1,94 | 2,54 | 2,73 | 2,9 |
| 250 | 10 | 0,74 | 1,25 | 1,12 | 0,86 | 2,16 | 2,76 | 2,97 | 3,01 | 1,93 | 2,53 | 2,7 | 2,85 |
| 250 | 15 | 0,72 | 1,21 | 1,07 | 0,81 | 2,15 | 2,75 | 2,94 | 2,99 | 1,93 | 2,53 | 2,68 | 2,82 |
| 250 | 20 | 0,71 | 1,18 | 1,04 | 0,79 | 2,14 | 2,74 | 2,93 | 2,97 | 1,92 | 2,52 | 2,67 | 2,8 |
| 250 | 25 | 0,7 | 1,16 | 1,01 | 0,76 | 2,13 | 2,73 | 2,91 | 2,95 | 1,92 | 2,52 | 2,66 | 2,79 |
| 250 | 35 | 0,68 | 1,11 | 0,95 | 0,71 | 2,12 | 2,71 | 2,87 | 2,91 | 1,91 | 2,51 | 2,64 | 2,74 |
| 250 | 50 | 0,65 | 1,06 | 0,89 | 0,67 | 2,1 | 2,7 | 2,83 | 2,88 | 1,9 | 2,5 | 2,61 | 2,7 |
| 250 | 75 | 0,63 | 0,99 | 0,82 | 0,61 | 2,08 | 2,69 | 2,79 | 2,83 | 1,89 | 2,49 | 2,59 | 2,65 |
| 260 | 5 | 0,73 | 1,26 | 1,18 | 0,9 | 2,13 | 2,73 | 2,99 | 3,03 | 1,99 | 2,49 | 2,69 | 2,87 |
| 260 | 10 | 0,7 | 1,18 | 1,08 | 0,82 | 2,11 | 2,71 | 2,93 | 2,98 | 1,98 | 2,48 | 2,66 | 2,81 |
| 260 | 15 | 0,68 | 1,15 | 1,03 | 0,78 | 2,1 | 2,7 | 2,9 | 2,95 | 1,98 | 2,48 | 2,64 | 2,78 |
| 260 | 20 | 0,67 | 1,12 | 1 | 0,75 | 2,09 | 2,69 | 2,89 | 2,93 | 1,97 | 2,47 | 2,63 | 2,76 |
| 260 | 25 | 0,66 | 1,1 | 0,97 | 0,73 | 2,08 | 2,69 | 2,87 | 2,91 | 1,97 | 2,47 | 2,62 | 2,74 |
| 260 | 35 | 0,64 | 1,05 | 0,91 | 0,68 | 2,07 | 2,69 | 2,83 | 2,87 | 1,96 | 2,46 | 2,59 | 2,7 |
| 260 | 50 | 0,61 | 1 | 0,85 | 0,64 | 2,05 | 2,65 | 2,8 | 2,84 | 1,95 | 2,45 | 2,56 | 2,67 |
| 260 | 75 | 0,59 | 0,95 | 0,78 | 0,58 | 2,03 | 2,64 | 2,75 | 2,78 | 1,94 | 2,44 | 2,54 | 2,61 |



Gambar 2.17 Analisa Erosi berdasarkan Faktor Erosi, tanpa Bahu Beton



Gambar 2.18 Analisa Fatik berdasarkan Faktor Rasio Tegangan, dengan/ tanpa Bahu Beton

7. Perencanaan Tulangan dan sambungan

Penulangan berfungsi untuk :

- Membatasi lebar retakan dan jarak retak
- Mengurangi jumlah sambungan

- Mengurangi biaya pemeliharaan

8. Penulangan pada perkerasan beton bersambung

$$A_s = \frac{\mu \times L \times M \times h \times g}{2 \times f_s}$$

Dimana :

A_s = Luas tulangan yang dibutuhkan (mm^2/m')

μ = Koefisien gesek antara pelat beton dengan pondasi dibawahnya =
1,3 (plastik)

M = berat jenis beton (kg/m^3)

L = Jarak antar sambungan/ tepi bebas pelat (m) = 5

h = Tebal pelat yang ditinjau (m) = 0.26

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

f_s = Tegangan tarik baja (MPa), digunakan baja U₄₀₀ ($\sigma_y = 400 \text{ MPa}$)
= $0.6 \times \sigma_y$

➤ Tulangan Memanjang

$$A_s \text{ min} = 0,6 \% \times h \times b$$

➤ Tulangan Melintang

$$A_s \text{ min} = 0,1 \% \times h \times b$$

9. Penulangan pada perkerasan beton menerus

$$P_s = \frac{100 f_b}{(f_y - n f_b)} (1,3 - 0,2 F)$$

Keterangan :

P_s = Prosentase tulangan memanjang terhadap penampang beton

f_b = Kuat tarik beton (0,4 – 0,5 MR)

f_y = Tegangan leleh baja

n = $E_y/E_b \rightarrow$ modulus elastisitas baja/beton

F = Koefisien gesek antara pelat dan pondasi

$P_s \text{ min} = 0,6 \%$

- Kontrol terhadap jarak retakan kritis

$$L_{cr} = \frac{fb^2}{n \cdot p^2 \cdot u \cdot fp(S \cdot Eb - fb)}$$

Keterangan :

L_{cr} = Jarak antara retakan teoritis

fb = Kuat tarik beton (0,4 – 0,5 MR)

n = E_y/E_b → modulus elastisitas baja/beton

p = Luas tulangan memanjang (m^2)

u = $4/d$ (Keliling/Luas tulangan) → $\frac{\pi d}{\frac{1}{4}\pi d^2}$

fp = Tegangan lekat antara tulangan dengan beton = $2,16 \sqrt{\frac{\sigma_{bk}}{d}}$

S = Koefisien susut beton (400×10^6)

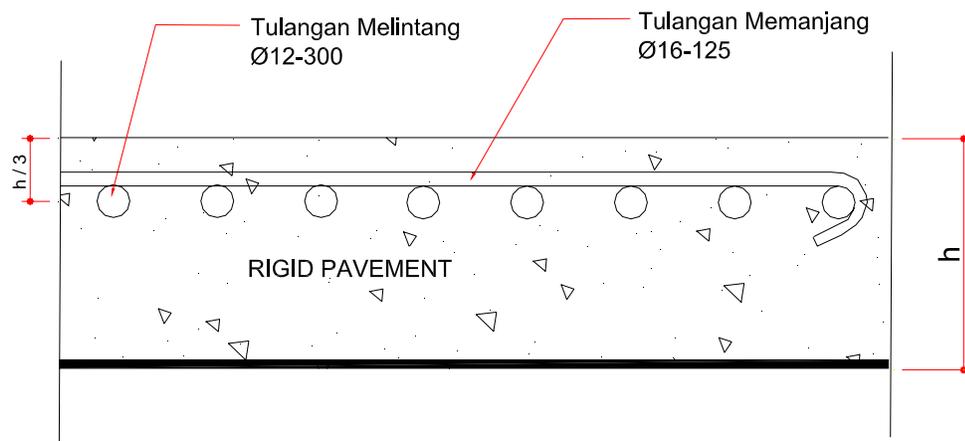
E_b = Modulus elastisitas beton $16600 \sqrt{\sigma_{bk}}$

– Penempatan Tulangan

Penempatan tulangan melintang sebagai berikut:

- lebih dari 65 mm untuk tebal pelat (h) kurang dari 20 cm;
- maksimum $h / 3$ untuk tebal pelat lebih dari 20 cm;

Tulangan memanjang ditempatkan diatas tulangan melintang.



Gambar 2.19 Penempatan Tulangan

10. Perencanaan Sambungan

a. Sambungan Susut (*Contraction Joint*)

- Berfungsi untuk mengendalikan tegangan lenting (*warping stressed*) dan retakan akibat susut.
- Sambungan susut dibentuk dengan memasang pengisi yang sudah terbentuk atau dengan menggergaji hingga kedalaman seperempat tebal pelat.
- Waktu penggergajian dilakukan 8 sampai 20 jam setelah pengecoran
- Lebar penggergajian minimum 3 – 5 mm.
- Untuk penyaluran beban setiap sambungan susut harus dipasang dowel (salah satu ujung dilumuri anti lengket/ dipasang selubung PVC).

Ukuran dowel yang digunakan antara lain :

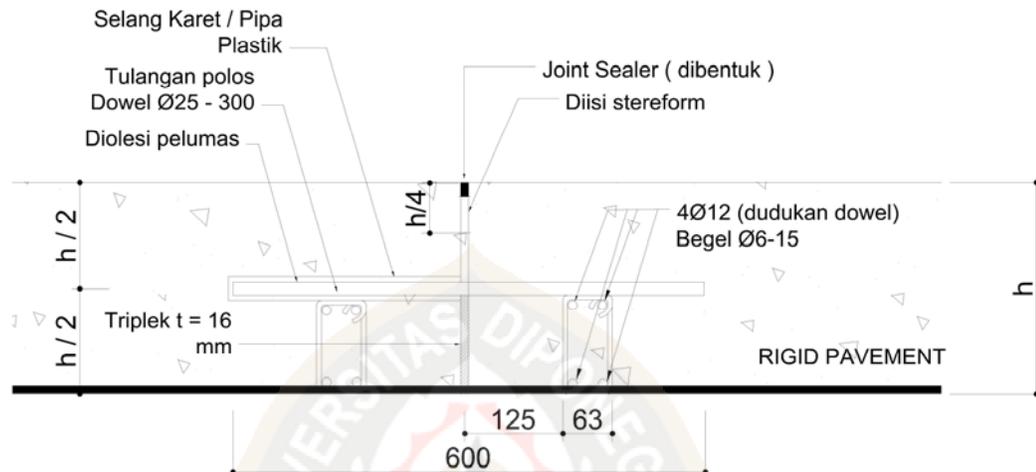
Tabel 2.46 Diameter Dowel

| No. | Tebal Pelat Beton; h (mm) | Diameter dowel (mm) | Panjang (mm) | Jarak (mm) |
|-----|---------------------------|---------------------|--------------|------------|
| 1 | 125 - 140 | 20 | 450 | 300 |
| 2 | 140 - 160 | 24 | 450 | 300 |
| 3 | 160 - 190 | 28 | 450 | 300 |
| 4 | 190 - 220 | 33 | 450 | 300 |
| 5 | 220 - 250 | 36 | 450 | 300 |

Sumber : Perencanaan dan Pelaksanaan Perkerasan Jalan Beton Semen.2002

- Celah sambungan harus ditutup dengan *joint sealer*.
- Jarak sambungan susut melintang yaitu :
 - 4 – 5 meter untuk perkerasan beton bersambung tanpa tulangan
 - 8 – 15 meter untuk perkerasan beton bersambung tanpa tulangan

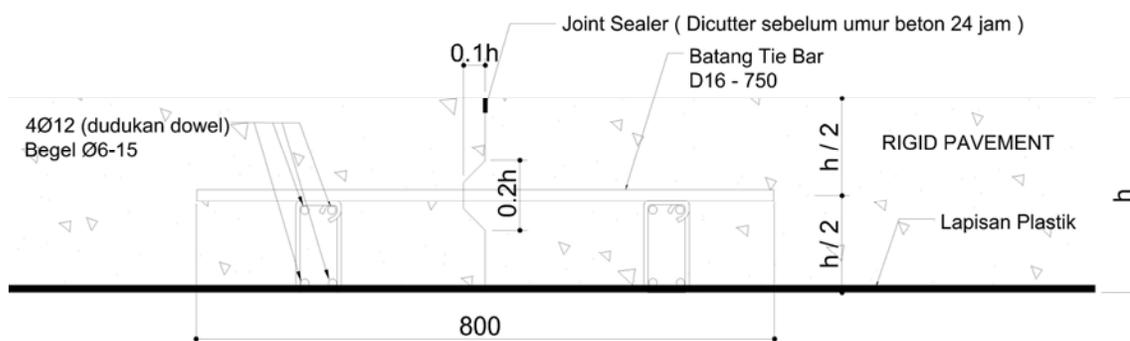
- Untuk perkerasan beton menerus dengan tulangan sesuai kemampuan pelaksanaan (lebih besar dari 100 meter).



Gambar 2.20 Sambungan Pelaksanaan Melintang

b. Sambungan Pelaksanaan (*Construction Joint*)

- Sambungan pelaksanaan ditempatkan pada perbatasan akhir pengecoran dan awal pengecoran berikutnya.
- Sambungan pelaksanaan memanjang dengan bentuk lidah alur harus dilengkapi *tie bars*.
- Batang *tie bars* merupakan tulangan ulir dengan diameter minimum 16 mm, panjang 800 mm dan jarak antar tulangan 750 mm.



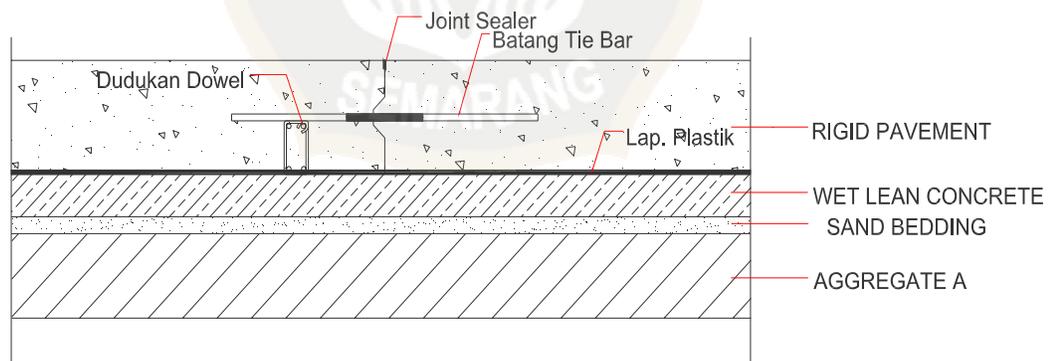
Gambar 2.21 Sambungan Pelaksanaan Memanjang

- Sedangkan untuk sambungan pelaksanaan melintang harus dilengkapi dengan *dowel*.

c. Sambungan Muai/ Isolasi (*Expansion Joint*)

- Sambungan muai merupakan sambungan arah melintang.
- Berfungsi untuk membebaskan tegangan yang terjadi pada perkerasan beton akibat pemuaian beton.
- Sambungan muai dipasang diantara perkerasan yang akan mengalami perbedaan arah muai, seperti pada:
 - Pertemuan jalan perkerasan baru dengan perkerasan lama
 - Persimpangan jalan
 - Jembatan, dimana perkerasan bertemu dengan bangunan-bangunan seperti: bangunan drainase, atau lubang utilitas.

Struktur perkerasan kaku secara tipikal dapat dilihat pada Gambar 2.22.



Sumber : Perencanaan dan Pelaksanaan Perkerasan Jalan Beton Semen.2002

Gambar 2.22 Tipikal Struktur Perkerasan Kaku

2.5 Perencanaan Saluran Drainase

Saluran drainase adalah bangunan yang bertujuan mengalirkan air dari badan jalan secepat mungkin agar tidak menimbulkan bahaya dan kerusakan pada jalan. Dalam banyak kejadian, kerusakan konstruksi jalan

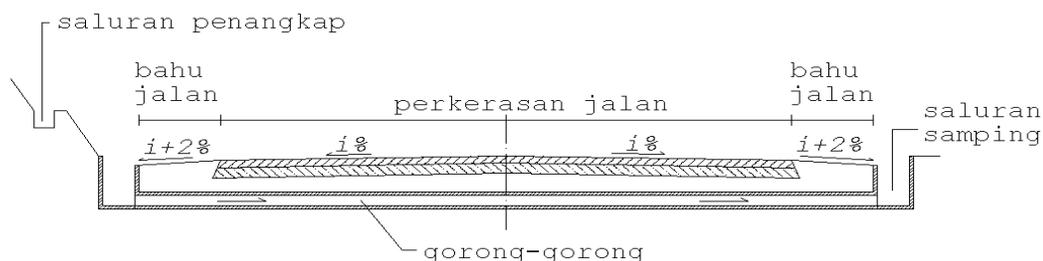
disebabkan oleh air, baik itu air permukaan maupun air tanah. Air dari atas badan jalan yang dialirkan ke samping kiri dan atau kanan jalan ditampung dalam saluran samping (*side ditch*) yang bertujuan agar air mengalir lebih cepat dari air yang mengalir diatas permukaan jalan dan juga bertujuan untuk bisa mengalirkan kejenuhan air pada badan jalan.

Dalam merencanakan saluran samping harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- Mampu mengakomodasi aliran banjir yang direncanakan dengan kriteria tertentu sehingga mampu mengeringkan lapis pondasi.
- Saluran sangat baik diberi penutup untuk mencegah erosi maupun sebagai trotoar jalan.
- Pada kemiringan memanjang, harus mempunyai kecepatan rendah untuk mencegah erosi tanpa menimbulkan pengendapan.
- Pemeliharaan harus bersifat menerus.
- Air dari saluran dibuang ke outlet yang stabil ke sungai atau tempat pengaliran yang lain
- Perencanaan drainase harus mempertimbangkan faktor ekonomi, faktor keamanan dan segi kemudahan dalam pemeliharaan.

2.5.1 Ketentuan-Ketentuan

1. Sistem drainase permukaan jalan terdiri dari : kemiringan melintang perkerasan dan bahu jalan, selokan samping, gorong-gorong dan saluran penangkap (Gambar 2.23).



Gambar 2.23 Sistem Drainase Permukaan

2. Kemiringan melintang normal (en) perkerasan jalan untuk lapis permukaan aspal adalah 2 % - 3 %, Sedangkan untuk bahu jalan diambil = en + 2 %.
3. Selokan samping jalan
 - Kecepatan aliran maksimum yang diizinkan untuk material dari pasangan batu dan beton adalah 1,5 m/detik.
 - Kemiringan arah memanjang (i) maksimum yang diizinkan untuk material dari pasangan batu adalah 7,5 %.
 - Pematah arus diperlukan untuk mengurangi kecepatan aliran bagi selokan samping yang panjang dengan kemiringan cukup besar. Pemasangan jarak antar pematah arus dapat dilihat pada Tabel 2.47.
 - Penampang minimum selokan samping adalah 0,50 m².

Tabel 2.47 Jarak Pematah Arus

| <i>I</i> (%) | 6% | 7% | 8% | 9% | 10% |
|--------------|----|----|----|----|-----|
| <i>L</i> (m) | 16 | 10 | 8 | 7 | 6 |

Sumber : SNI 03-3424-1994

4. Gorong-gorong pembuang air
 - Kemiringan gorong-gorong adalah 0,5 % - 2 %.
 - Jarak maksimum antar gorong-gorong pada daerah datar adalah 100 m dan daerah pegunungan adalah 200 m.
 - Diameter minimum adalah 80 cm.

2.5.2 Perhitungan Intensitas Hujan

Data yang diperlukan adalah data curah hujan maksimum tahunan, dengan $n = 7$ tahun dan periode ulang 5 tahun. Rumus menghitung intensitas curah hujan menggunakan analisis distribusi frekuensi sebagai berikut:

$$X_t = x + \frac{S_x}{S_n} (Y_T - Y_n)$$

$$I = \frac{1}{4}(90\% \times X_t)$$

Keterangan:

X_t = besar curah hujan

x = nilai rata – rata aritmatik curah hujan

S_x = standar deviasi

Y_T = variabel yang merupakan fungsi dari periode ulang,
diambil = 1,4999

Y_n = variabel yang merupakan fungsi dari n, diambil 0.4952
untuk n = 5

S_n = standar deviasi, merupakan fungsi dari n, diambil 0.9496
untuk n = 5

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

- **Time of Concentration (T_c)**

$$T_c = t_1 + t_2$$

$$t_1 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times L_0 \times \frac{nd}{\sqrt{s}} \right)^{0,167}$$

$$t_2 = \frac{L}{60 \times v}$$

Keterangan:

T_c = waktu konsentrasi (menit)

t_1 = waktu inlet (menit)

t_2 = waktu aliran (menit)

L_0 = jarak terjauh dari saluran drainase (m)

L = panjang saluran (m)

k = koefisien hambatan, diambil 0.013 untuk lapis permukaan
aspal

s = kemiringan daerah pengaliran

v = kecepatan air rata-rata saluran (m/dtk)

- **Kecepatan aliran (V)**

$$v = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

dimana :

V = kecepatan rata-rata aliran (m/s)

n = koefisien kekasaran Manning untuk pasangan batu (0.030)

R = jari-jari hidrolis (m)

S = kemiringan memanjang dasar saluran drainase (S = 0.003)

2.5.3 Debit Banjir Rencana

Debit rencana akibat daerah tangkapan air sungai dengan formula

Rational Mononobe :

$$Q = \frac{C * I * A}{3,6}$$

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A$$

Keterangan :

Q = Debit banjir rencana (m³/dtk)

C = Koefisien *run off*

I = Intensitas hujan rencana (mm/jam)

A = Luas daerah tangkapan air (km²)

Dengan menggunakan data curah hujan dan hasil perhitungan debit, maka kita dapat melakukan perhitungan dimensi saluran.

Rumus yang digunakan :

$$Q = V * F$$

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

Keterangan :

Q = debit pengaliran

V = kecepatan pengaliran

n = koefisien kekasaran Manning untuk pasangan batu (0.030)

R = jari-jari hidrolis

I = kemiringan dasar saluran arah memanjang

F = luas penampang basah

2.5.4 Bangunan Drainase

Sistem drainase berfungsi untuk mengalirkan air dari badan jalan sehingga tidak mengganggu penggunaan jalan dan tidak menimbulkan kerusakan pada badan jalan.

Menurut fungsinya sistem drainase dibagi atas dua macam :

a. Drainase permukaan (*surface drainage*)

Drainase permukaan berfungsi untuk mengalirkan air dari badan jalan. Air tersebut harus segera dialirkan agar tidak meresap ke dalam struktur perkerasan badan jalan. Pengaliran dilakukan kearah samping ke saluran samping jalan yang berada di sebelah kiri dan kanan jalan.

Dalam perencanaan dimensi saluran samping diperlukan :

- Saluran harus mampu menampung seluruh air yang ada di permukaan jalan.
- Saluran memiliki kemiringan memanjang yang tidak menyebabkan erosi namun dapat menghindari pengendapan.
- Saluran harus dipelihara secara berkala.
- Saluran dapat juga diberi penutup.

b. Drainase bawah permukaan (*sub surface drainage*)

Drainase bawah permukaan biasa disebut gorong-gorong. Drainase ini berfungsi untuk menanggulangi air bawah permukaan / air tanah agar tidak merembes masuk ke dalam struktur perkerasan. Drainase biasa dilakukan pada jalan dimana muka air tanahnya tinggi.

Dimensi saluran dan gorong-gorong ditentukan atas dasar $F_e = F_d$

1. Luas penampang basah berdasarkan debit aliran (F_d)

$$F_d = Q / v \text{ (m}^2\text{)}$$

2. Luas penampang basah yang paling ekonomis (F_e)

➤ Saluran bentuk segi empat

Rumus :

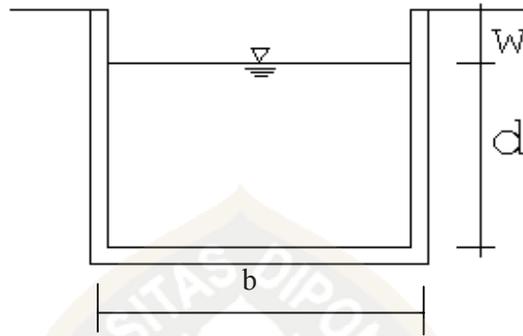
$$F_e = b \cdot d \quad \Leftrightarrow \text{syarat : } b = 2 \cdot d$$

$$R = d / 2$$

Tinggi jagaan (w) untuk saluran segi empat

$$w = \sqrt{0,5 \cdot d}$$

Penampang saluran samping berbentuk segi empat, dapat dilihat pada Gambar 2.24.



**Gambar 2.24 Penampang Saluran Samping
Bentuk Segi Empat**

➤ Gorong-gorong

Rumus :

$$F_e = 0,685 \cdot d^2 \quad \hookrightarrow \text{syarat : } d = 0.8 D$$

$$P = 2\pi r$$

$$R = F_e / P$$

Keterangan :

F_e = Luas penampang basah ekonomis (m^2)

b = Lebar saluran (m)

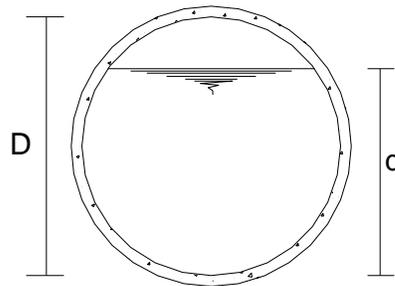
d = Kedalaman air (m)

R = Jari-jari hidrolis (m)

D = Diameter gorong-gorong (m)

r = Jari-jari gorong-gorong (m)

Penampang gorong-gorong, dapat dilihat pada Gambar 2.25.



Gambar 2.25 Penampang Gorong-gorong

3. Perhitungan kemiringan saluran

$$\text{Rumus : } i = \left(\frac{v \cdot n}{R^{2/3}} \right)^2$$

Keterangan :

i = Kemiringan saluran

v = Kecepatan aliran air (m/detik)

n = Koefisien kekasaran manning, (saluran pasangan batu) = 0,025

2.6 Aspek Bangunan Penunjang Dan Pelengkap

Perencanaan suatu jalan perlu dilengkapi sarana untuk membantu jalan tersebut agar dapat memberikan pelayanan secara optimal.

2.6.1 Marka Jalan

Marka jalan terdiri dari :

a) Garis Terputus, yang meliputi :

- Garis sumbu dan pemisah, untuk jalan dua jalur dua arah dengan warna garis putih.
- Hanya garis sumbu, untuk jalan dua jalur dua arah.
- Garis peringatan, untuk jalur percepatan/perlambatan dan penghampiran pada penghalang atau pada garis dilarang menyiap di tikungan.

- *Yield line* pada pertemuan tanpa tanda stop dengan warna garis putih.
- b) Garis Penuh, yang meliputi :
 - Garis sumbu dan pemisah, pada jalur jamak tanpa median dengan warna garis putih.
 - Garis tepi, pada perkerasan dalam dengan warna garis putih.
 - Garis pengarah, untuk pengarah pada simpangan dengan warna garis putih.
 - Garis dilarang pindah/mendahului, pada tempat tertentu atau pada daerah tikungan dengan jarak pandang yang kurang memadai.
 - Garis dilarang mendahului.
 - Garis stop.
 - Garis pendekat.

2.6.2 Rambu

Rambu sesuai dengan fungsinya dikelompokkan menjadi 5 jenis, yaitu:

- a. Rambu Peringatan
 - Untuk memberi peringatan kemungkinan adanya bahaya atau tempat berbahaya di bagian jalan depannya.
 - Wajib ditempatkan pada jarak 80 meter sebelum tempat bahaya.
 - Warna dasar kuning dengan lambang atau tulisan warna hitam.

- b. Rambu Larangan dan Rambu Perintah

Rambu Larangan :

- Untuk menyatakan batasan-batasan yang tidak boleh dilakukan oleh pemakai jalan.
- Ditempatkan sedekat mungkin dengan awal titik larangan.
- Warna dasar putih dengan warna tepi merah, lambang atau tulisan berwarna hitam, kecuali kata-kata tulisan berwarna merah.

Rambu Perintah :

- Untuk menyatakan sesuatu kewajiban yang harus dilakukan oleh pemakai jalan.
- Wajib diletakkan sedekat mungkin dengan awal titik kewajiban.
- Warna dasar biru dengan lambing atau tulisan berwarna putih.

c. Rambu Petunjuk

- Untuk memberi informasi mengenai jurusan jalan, situasi, kota, tempat, pengaturan, fasilitas dan lain-lain bagi pemakai jalan.

