

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 TINJAUAN UMUM

Studi pustaka adalah suatu pembahasan berdasarkan pada referensi yang bertujuan untuk memperkuat materi pembahasan maupun sebagai dasar untuk menggunakan rumus-rumus tertentu dalam menganalisis dan mendesain suatu struktur.

Studi pustaka digunakan sebagai referensi dalam memecahkan masalah yang ada, baik untuk menganalisis faktor-faktor dan data pendukung maupun untuk merencanakan konstruksi. Pada bagian ini akan diuraikan secara global pemakaian rumus-rumus dan persamaan yang akan digunakan untuk memecahkan masalah yang ada.

Untuk memberikan gambaran terhadap proses perencanaan, maka diuraikan studi pustaka sebagai berikut:

1. aspek tanah dasar,
2. aspek lalu lintas,
3. aspek geometrik jalan,
4. aspek struktur perkerasan,
5. aspek sistem drainase.

2.2 ASPEK TANAH DASAR

Dalam mendesain suatu jalan baru ataupun peningkatan ruas jalan perlu dilakukan identifikasi tanah dasar agar diketahui jenis dan karakteristik dari tanah tersebut. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan penyelesaian masalah tanah dasar bagi konstruksi jalan yang akan direncanakan, khususnya pada konstruksi jalan yang berada di atas tanah ekspansif.

2.2.1 Klasifikasi Tanah Dasar

Klasifikasi tanah dasar diperlukan untuk mengidentifikasi karakteristik dan sifat dari suatu tanah yang berguna untuk menentukan apakah tanah tersebut telah memenuhi persyaratan untuk dijadikan bahan konstruksi. Apabila tidak sesuai maka dapat diambil langkah-langkah untuk memperbaiki sifat dari tanah tersebut.

Dua sistem klasifikasi tanah yang umum digunakan yaitu:

1. Sistem Klasifikasi Tanah Unfied (*Unified Soil Classification/ USC*)

Sistem klasifikasi tanah unified dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Bagan Klasifikasi Sistem USC

| Major Division | | | Simbol | Nama | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|---|--|--|---------------|---------------|----|--|
| TANAH BERBUTIR KASAR lebih dari setengah bahan adalah lebih besar dari ukuran saringan no. 200 | PASIR lebih dari setengah fraksi kasar adalah lebih kecil dari ukuran saringan no. 4 | KERIKIL lebih dari setengah fraksi kasar adalah lebih besar dari ukuran saringan no. 4 | (untuk klasifikasi visual, ukuran 6 mm dapat dipergunakan sebagai ekuivalen dari ukuran no. 4) | PASIR BERSIH (butir halus yang tidak ada atau sedikit) | GW | kerikil bergradasi baik, campuran kerikil-pasir sedikit atau tidak ada butir halus | | | | | | |
| | | | | | GP | kerikil bergradasi buruk, campuran kerikil-pasir sedikit atau tidak ada butir halus | | | | | | |
| | | | | | GM | kerikil lanau, campuran kerikil-pasir-lanau bergradasi buruk | | | | | | |
| | | | | | GC | kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung bergradasi buruk | | | | | | |
| | | | | | SW | pasir bergradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tanpa butir halus | | | | | | |
| | | | | | SP | pasir bergradasi buruk pasir berkerikil, sedikit atau tanpa butir halus | | | | | | |
| | TANAH BERBUTIR HALUS lebih dari setengah bahan adalah lebih kecil dari ukuran saringan no. 200 | PASIR BERBUTIR HALUS (jumlah butir halus yang cukup banyak) (butir halus) | KERIKIL BERBUTIR HALUS (jumlah butir halus yang cukup banyak) (butir halus) | (butir halus) | (butir halus) | SM | pasir berlanau, campuran pasir-lanau bergradasi buruk | | | | | |
| | | | | | | SC | pasir berlempung, campuran pasir-lempung bergradasi buruk | | | | | |
| | | | | | | LANAU DAN LEMPUNG batas cair lebih kecil dari 50 | LANAU DAN LEMPUNG batas cair lebih kecil dari 50 | LANAU DAN LEMPUNG batas cair lebih kecil dari 50 | (butir halus) | (butir halus) | ML | lanau inorganis dan pasir sangat halus, tepung batuan, pasir halus berlanau atau berlempung dengan sedikit plastisitas |
| | | | | | | | | | | | CL | lempung inorganis dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berlanau, lempung kurus |
| | | | | | | | | | | | OL | lanau organis dan lanau-lempung organis dengan plastisitas rendah |
| | | | | | | | | | | | MH | lanau inorganis, tanah berpasir atau berlanau halus mengandung mika atau diatoma, lanau elastis |
| LANAU DAN LEMPUNG batas cair lebih besar dari 50 | LANAU DAN LEMPUNG batas cair lebih besar dari 50 | LANAU DAN LEMPUNG batas cair lebih besar dari 50 | (butir halus) | (butir halus) | CH | lempung inorganis dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk | | | | | | |
| | | | | | OH | lempung organis dengan plastisitas sedang sampai tinggi | | | | | | |
| TANAH SANGAT ORGANIS | | | | PT | gambut (peat), rawang (muck), gambut rawa (peat-bog), dan sebagainya | | | | | | | |

Sumber : Braja M Das, 1988

2. Sistem Klasifikasi Tanah *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO)

Sistem klasifikasi tanah menurut AASHTO dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Bagan Klasifikasi Sistem AASHTO

| Klasifikasi Umum | Tanah berbutir (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan no.200) | | | | | | |
|---|---|-----------|-------------|---|-------------------|-------------------|------------------|
| Klasifikasi Kelompok | A - 1 | | A - 3 | A - 2 | | | |
| | A - 1 - a | A - 1 - b | | A - 2 - 4 | A - 2 - 5 | A - 2 - 6 | A - 2 - 7 |
| Analisis ayakan (% lolos) | | | | | | | |
| no. 10 | maks 50 | | min 51 | | | | |
| no. 40 | maks 30 | maks 50 | maks 10 | maks 35 | maks 35 | maks 35 | maks 35 |
| no. 200 | maks 15 | maks 25 | | | | | |
| Sifat fraksi yang lolos Ayakan no. 40 "Batas cair (LL) "Indeks Plastisitas (PI) | maks 6 | | NP | maks 40 maks 10 | min 41 maks 10 | maks 40 min 11 | min 41 min 11 |
| Tipe material yang paling dominan | batu pecah, kerikil, dan pasir | | pasir halus | kerikil dan pasir yang berlanau atau berlempung | | | |
| Penilaian sebagai bahan tanah dasar | baik sekali sampai baik | | | | | | |

| Klasifikasi Umum | Tanah Lanau – Lempung (lebih dari 35% dari seluruh contoh tanah lolos ayakan no.200) | | | |
|---|---|--------------------|-------------------|-----------------------------------|
| Klasifikasi Kelompok | A - 4 | A - 5 | A - 6 | A - 7 A - 7 - 5* A - 7 - 6^ |
| Analisis ayakan (% lolos) | | | | |
| no. 10 | | | | |
| no. 40 | min 36 | min 36 | min 36 | min 36 |
| no. 200 | | | | |
| Sifat fraksi yang lolos Ayakan no. 40 "Batas cair (LL) "Indeks Plastisitas (PI) | maks 40 maks 10 | maks 41 maks 10 | maks 40 min 11 | min 41 min 11 |
| Tipe material yang paling dominan | tanah berlanau | | tanah berlempung | |
| Penilaian sebagai bahan tanah dasar | sedang sampai buruk | | | |

* untuk A - 7 - 5, $PI \leq LL - 30$

^ untuk A - 7 - 6, $PI > LL - 30$

Sumber : Braja M Das, 1988

2.3 ASPEK LALU LINTAS

2.3.1 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 menghubungkan antar pusat pelayanan dalam kota, menghubungkan 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 2.6.

Tabel 2.6 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 2.7.

Tabel 2.7 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

2.3.2 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.

2.3.3 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 2.8.

Tabel 2.8 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

2.3.4 Volume Lalu Lintas

2.3.4.1 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.

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

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

2.3.4.2 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

2.3.4.3 Volume Jam Perencanaan (VJP)

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

$$VJP = LHRT \times \text{faktor } K$$

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 2.9.

Tabel 2.9 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

2.3.5 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 2.10 berikut:

Tabel 2.10 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 |
| Tipe Kendaraan | Kode | Karakteristik Kendaraan |

| | | |
|------------------------|----|--|
| 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

2.3.6 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 2.11 sampai dengan Tabel 2.14.

Tabel 2.11 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 2.12 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 2.13 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 2.14 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 untuk 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

2.3.7 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 2.15.

Tabel 2.15 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

2.3.8 Analisis Kecepatan Arus

2.3.8.1 Kecepatan Arus Bebas

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

$$FV = (F_{VO} + FV_w) \times FFV_{SF} \times FFV_{RC}$$

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

2.3.8.2 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 2.16.

Tabel 2.16 Kecepatan Arus Bebas Dasar (F_{v0})

| 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

2.3.8.3 Penyesuaian Kecepatan Arus Bebas Akibat Lebar Efektif Jalur Lalu Lintas

Berdasarkan MKJI tahun 1997 nilai dari faktor ini dapat dilihat pada Tabel 2.17.

Tabel 2.17 Penyesuaian Kecepatan Arus Bebas Akibat Lebar Efektif Jalur Lalu Lintas

| Tipe Jalan | Lebar Efektif jalur Lalu Lintas (W_c) (m) | (F_{V_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 |
| | 3,75 | 2 | 2 | 2 |
| Tipe Jalan | Lebar Efektif | (F_{V_w}) (km/jam) | | |

| | jalur Lalu Lintas (W_c) (m) | Datar: SDC = A,B | Bukit: SDC = A,B,C Datar: SDC = C | Gunung |
|---------------------|---------------------------------|------------------|--------------------------------------|--------|
| | Total | | | |
| 2 lajur tak terbagi | 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

2.3.8.4 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 2.18.

Tabel 2.18 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 2.18 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

2.3.8.5 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 2.19.

Tabel 2.19 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 2.19.

Sumber : MKJI, 1997

2.3.9 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

2.3.9.1 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 2.20.

Tabel 2.20 Nilai Kapasitas Dasar (C_o)

| Type Jalan/ Type 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 2.20 (jalan 4 lajur) meskipun lajur yang bersangkutan tidak dengan lebar yang standard.

Sumber : MKJI, 1997

2.3.9.2 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 2.21.

Tabel 2.21 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 6 lajur terbagi | per lajur | |
| | 3,00 | 0,91 |
| | 3,25 | 0,96 |
| | 3,50 | 1,00 |
| 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 | 0,15 |
| | 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 2.21.

Sumber : MKJI, 1997

2.3.9.3 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 2.22.

Tabel 2.22 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

2.3.9.4 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 2.23

Tabel 2.23 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 | 1,99 |
| | H | 0,90 | 0,92 | 0,95 | 0,97 |
| | VH | 0,88 | 0,90 | 0,93 | 0,96 |
| 2/2 UD | VL | 0,97 | 0,99 | 1,00 | 1,02 |
| | L | 0,93 | 0,95 | 0,97 | 1,00 |
| 4/2 UD | 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

2.3.10 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:

$Q = VJP = \text{volume kendaraan (smp/jam)}$

$C = \text{kapasitas jalan (smp/jam)}$

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.

2.4 ASPEK GEOMETRIK JALAN

2.4.1 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 2.24.

Tabel 2.24 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

2.4.2 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 2.25.

Tabel 2.25 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

2.4.3 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 2.26.

Tabel 2.26 Lebar Minimum Median

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

Sumber : PGJAK, 1997

Fungsi median adalah:

- a. memisahkan dua aliran lalu lintas yang berlawanan arah,
- b. ruang lapak tunggu penyeberang jalan,
- c. penempatan fasilitas jalan,
- d. tempat prasarana kerja sementara,
- e. penghijauan,
- f. mengurangi silau dari sinar lampu kendaraan dari arah yang berlawanan,
- g. 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.

2.4.4 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 2.27.

Tabel 2.27 Tipe Alinyemen

| Tipe Alinyemen | Keterangan | Lengkung Vertikal Naik + Turun (m/km) | Lengkung Horizontal (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

2.4.4.1 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 2.28 berikut ini:

Tabel 2.28 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 2.29.

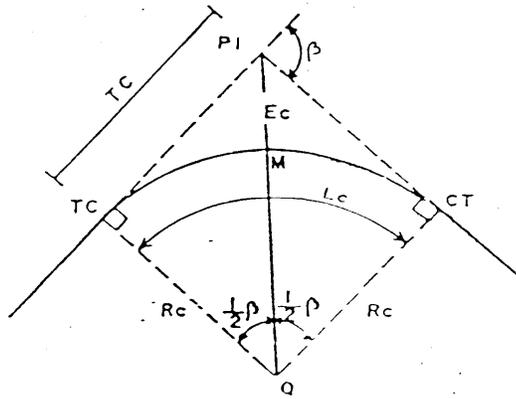
Tabel 2.29 Panjang Lengkung Peralihan (L_s) dan Panjang Superelevasi (L_e) untuk Jalan 1 Jalur – 2 Lajur – 2 Arah

| 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

1. Full Circle

Contoh gambar lengkung full circle dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Lengkung *Full Circle*

Keterangan:

- PI = titik pertolongan tangen
- Rc = jari-jari lingkaran (m)
- β = sudut tangen ($^{\circ}$)
- Tc = tangen circle
- T = jarak antara TC dan PI atau PI dan CT (m)
- Lc = panjang bagian legkung circle
- Ec = jarak PI ke lengkung circle

Rumus yang digunakan:

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

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

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

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

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

$$L_t = L_c$$

Batasan yang diperbolehkan dalam menggunakan *full circle* dapat dilihat dalam Tabel 2.30 berikut:

Tabel 2.30 Batasan Tikungan Tipe Full Circle

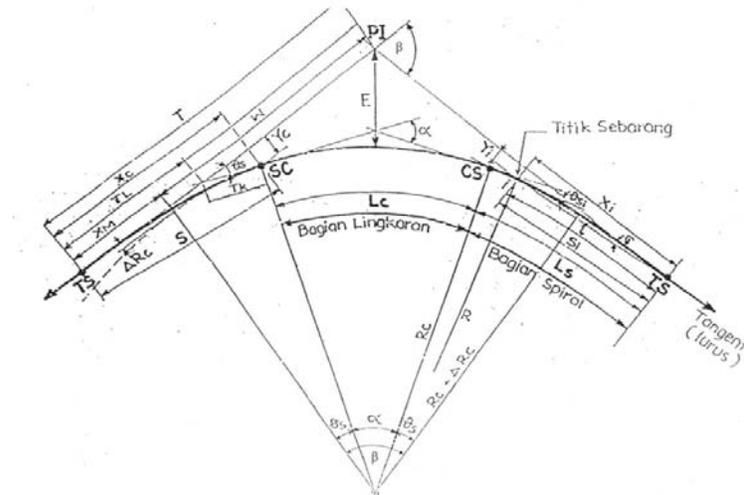
| Kecepatan Rencana (km/jam) | Jari-jari Minimum (m) |
|----------------------------|-----------------------|
| 120 | > 2500 |
| 100 | > 1500 |
| 80 | > 900 |
| 60 | > 500 |
| 40 | > 250 |
| 30 | > 130 |

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.

2. Spiral – Circle – Spiral

Contoh gambar lengkung Spiral – Circle – Spiral dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 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
 T_L = panjang “tangen panjang” dari spiral
 T_K = panjang “tangen pendek” dari spiral
 S = panjang tali busur spiral
 ΔR_c = jarak busur lingkaran tergesar terhadap jarak tengah
 X_m = 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:

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

$$L_s = \frac{0,022 \times V_R^3}{R_c \times C} - \frac{2,727 \times V_R \times e}{C}$$

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

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

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

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

$$Y_c = \frac{L_s^3}{6 R_c}$$

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

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

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

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

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

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

$$W = (R_c + \Delta R_c) \tan \beta / 2$$

$$T = X_m + W$$

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

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

$$L_c \geq 20 \text{ m}$$

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

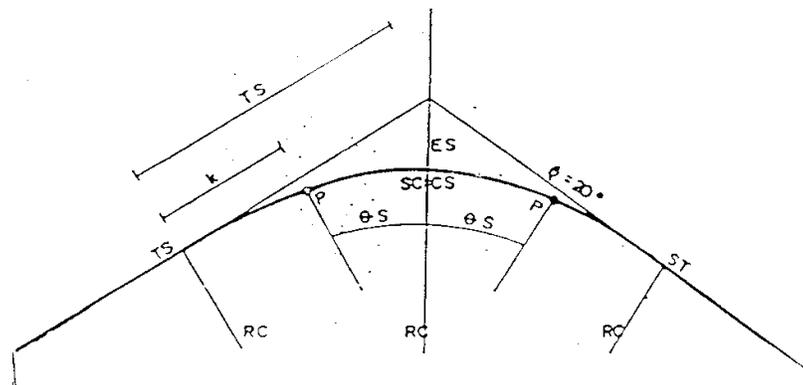
$$T_L = X_c - Y_c \cot \theta_s$$

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

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.

3. Spiral – Spiral

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



Gambar 2.3. 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. Hal ini disebabkan karena kendaraan mempunyai panjang tertentu, di mana pada waktu membelok roda bagian belakang akan mengalami lintasan yang lebih ke dalam dibandingkan roda bagian depan. Bila kecepatannya tinggi, maka akan terjadi pergeseran roda belakang ke arah luar. Untuk itu diperlukan pelebaran di bagian tikungan di samping lebar perkerasan yang telah ada atau yang akan direncanakan.

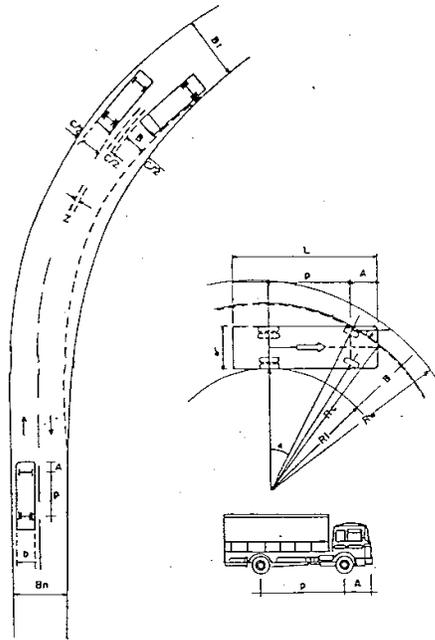
Menurut PGJAK 1997, besarnya pelebaran ditetapkan sesuai Tabel 2.31.

Tabel 2.31 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



Gambar 2.4 Pelebaran Perkerasan Pada Tikungan

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 $2/3 L_S$, sampai dengan bagian lingkaran penuh sepanjang $1/3 L_S$.

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

Superelevasi tidak diperlukan apabila nilai R_C (jari-jari tikungan) lebih besar atau sama dengan yang ditunjukkan dalam Tabel 2.32.

Tabel 2.32 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:

- menghindarkan 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.

1. 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 pembulatannya untuk berbagai V_R dapat dilihat pada Tabel 2.33.

Tabel 2.33 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

2. 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 2.34.

Tabel 2.34 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

2.4.4.2. 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):

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

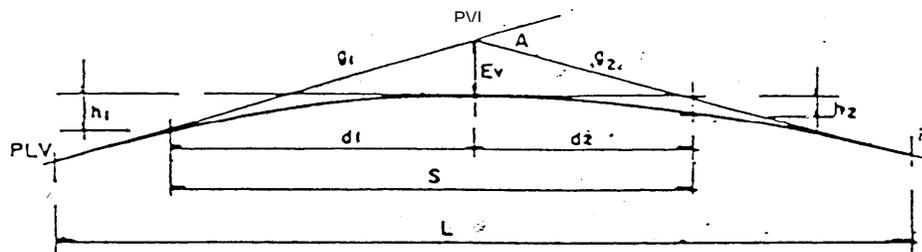
Keterangan:

E = jarak antara lengkung vertikal dengan PVI

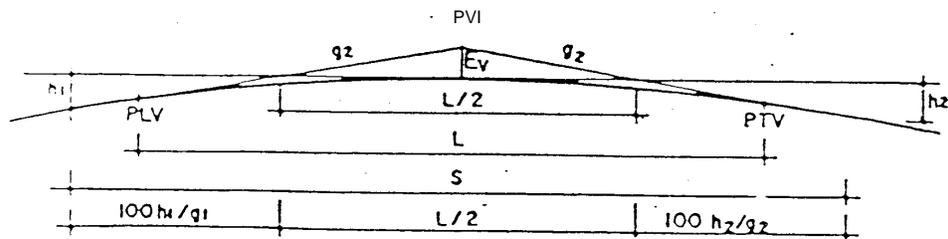
L = panjang lengkung vertikal

1. 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 2.5 dan Gambar 2.6.



Gambar 2.5. Lengkung Vertikal Cembung Jika $S < L$



Gambar 2.6. Lengkung Vertikal Cembung Jika $S > L$

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

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

Jika $S > L$, maka:

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

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

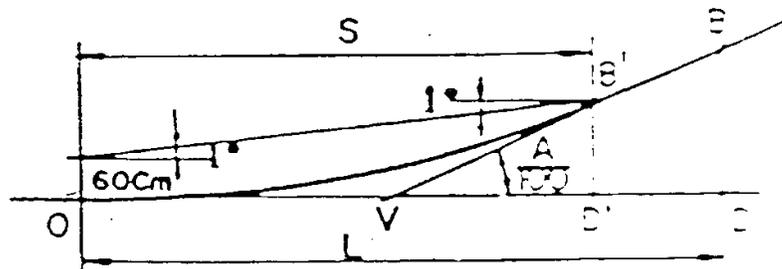
1,25 meter untuk jarak pandang menyiap

0,10 meter untuk jarak pandang henti

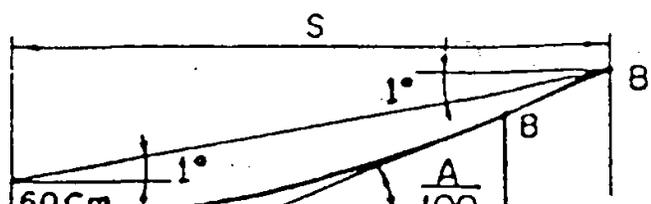
2. Alinyemen Vertikal Cekung

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 2.7 dan Gambar 2.8.



Gambar 2.7 Gambar Alinyemen Vertikal Cekung dengan Jarak Penyinaran Lampu Depan $< L$



Gambar 2.8 Gambar 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

3. 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 2.35.

Tabel 2.35 Kelandaian Maksimum yang Diizinkan

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

| | | | | | | | | |
|-----|--|--|--|--|--|--|--|--|
| (%) | | | | | | | | |
|-----|--|--|--|--|--|--|--|--|

Sumber : PGJAK, 1997

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 2.36.

Tabel 2.36 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

2.4.5 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) jalur – 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 2.37.

Tabel 2.37 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.

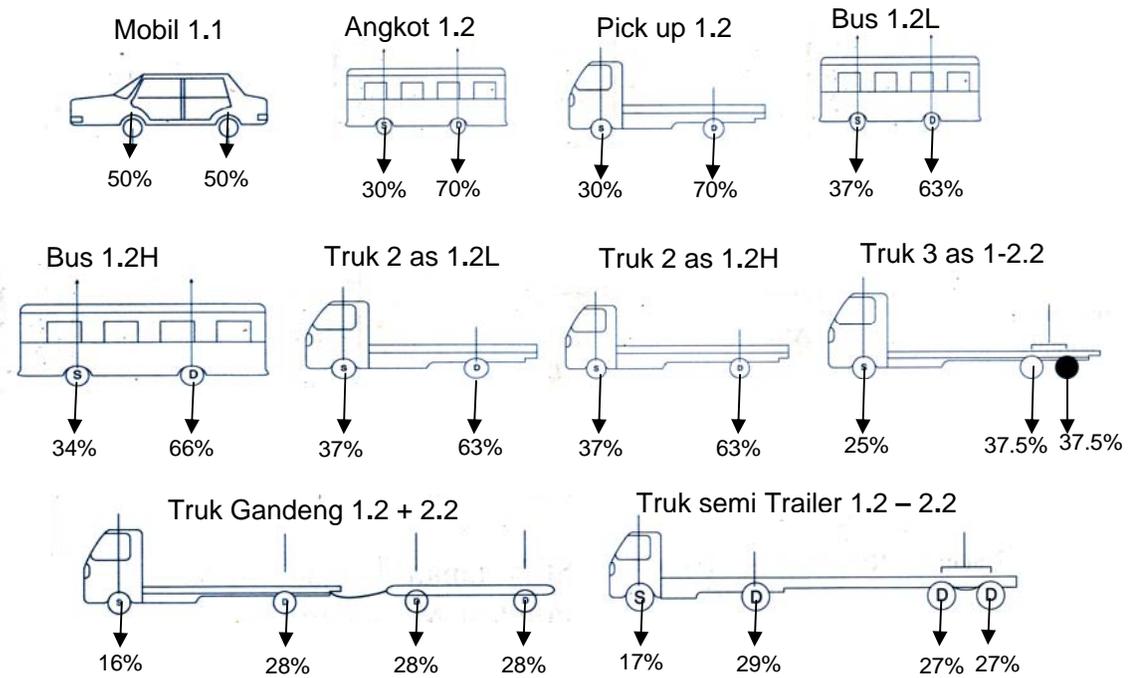
2.5 ASPEK PERKERASAN JALAN

2.5.1 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 2.9 dan Tabel 2.38.



CATATAN :

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

Gambar 2.9 Konfigurasi Tekanan Sumbu Roda Kendaraan Menurut Klasifikasi MST

Tabel 2.38 Distrbusi 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 | | | | |

| Golongan | Jenis Kendaraan | Sumbu | Berat Total Maks (ton) | Muatan Sumbu Depan | | Muatan Sumbu Belakang | | Muatan Sumbu Belakang | | Muatan Sumbu Belakang | |
|----------|--------------------|---------|------------------------|--------------------|------|-----------------------|------|-----------------------|------|-----------------------|------|
| | | | | ton | % | ton | % | ton | % | ton | % |
| 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 | 33.3 | 6 | 66.6 | | | | |
| 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 | 16.6 | 10 | 27.7 | 10 | 27.7 | 10 | 27.7 |
| 7c | Truk semi trailer | 1.2-2.2 | 34 | 6 | 17.6 | 10 | 29.4 | 18 | 52.9 | | |

Sumber : Supriyono, 2007

2.5.2 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.

Tebal perkerasan lentur dapat dihitung berdasarkan Petunjuk Pelaksanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen SKBI 2.3.26.1987, atau berdasarkan Metode AASHTO 1986. Tebal perkerasan dihitung agar mampu memikul tegangan yang ditimbulkan oleh:

- beban lalu lintas,
- perubahan suhu dan kadar air,

- perubahan volume pada tanah dasar.

Struktur perkerasan lentur terdiri atas:

1. Lapis permukaan (*surface course*)

Fungsi dari lapisan ini adalah:

- bahan perkerasan untuk menahan beban lalu lintas,
- lapisan kedap air untuk melindungi badan jalan dari kerusakan akibat cuaca.

2. Lapis pondasi (*base course*)

Fungsi lapis pondasi ini adalah:

- menahan beban roda dan menyebarkan ke lapisan di bawahnya,
- sebagai lantai kerja bagi lapis permukaan,
- sebagai lapis peresapan untuk pondasi di bawahnya.

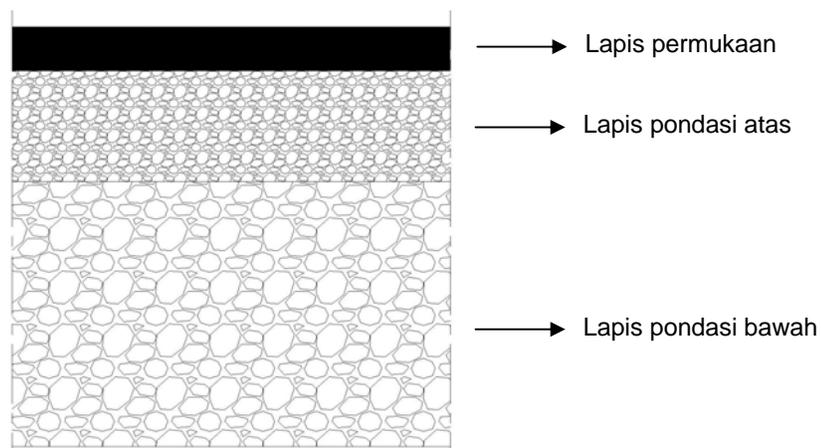
3. Lapis pondasi bawah (*subbase course*)

Fungsi lapis pondasi bawah ini adalah:

- menahan dan menyebarkan beban roda ke tanah dasar,
- mencapai efisiensi penggunaan material,
- sebagai lapis pertama agar pelaksanaan dapat berjalan lancar.

4. Tanah dasar (*subgrade*)

Tanah dasar adalah permukaan tanah asli atau permukaan galian/ timbunan yang dipadatkan dan merupakan permukaan dasar untuk perletakan bagian jalan lainnya. Pemadatan harus dilaksanakan secara baik agar tidak terjadi penurunan yang tidak merata akibat beban lalu lintas. Lapis perkerasan lentur dapat dilihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Lapis Perkerasan Lentur

2.5.1.1 Perancangan Konstruksi Perkerasan Lentur Berdasarkan Metode Analisa Komponen

Tebal perkerasan lentur dihitung berdasarkan Petunjuk Pelaksanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen SKBI 2.3.26.1987. Langkah perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Menghitung LHR setiap jenis kendaraan ditentukan pada awal umur rencana yang dihitung untuk dua arah pada jalan tanpa median atau masing-masing arah pada jalan dengan median.

- a. Menghitung LEP (lintas ekivalen permulaan)

$$LEP = \sum_{j=1}^n LHR_0 \times C_j \times E_j$$

Keterangan:

LHR = lalu lintas harian rata rata pada awal umur rencana

C_j = koefisien distribusi kendaraan

E_j = angka ekivalen tiap jenis kendaraan

- b. Menghitung LEA (lintas ekivalen akhir)

$$LEA = \sum_{j=1}^n LHR_j (1+i)^{UR} \times C_j \times E_j$$

Keterangan:

i = angka perkembangan lalu lintas

j = jenis kendaraan

- c. Menghitung LET (lintas ekivalen tengah)

$$LET = \frac{1}{2} \times (LEP + LEA)$$

- d. Menghitung LER (lintas ekivalen rencana)

$$LER = LET \times \frac{UR}{10}$$

Keterangan:

UR = umur rencana

2. Menghitung daya dukung tanah dasar (DDT) dan CBR

Daya dukung tanah dasar (DDT) ditetapkan berdasarkan grafik korelasi. Daya dukung tanah dasar diperoleh dari nilai CBR, DCP, dan lain-lain. Dari nilai CBR yang diperoleh, maka ditentukan nilai CBR rencana yang merupakan nilai CBR rata-rata pada suatu jalur tertentu.

Caranya adalah sebagai berikut:

- a. tentukan nilai harga CBR terendah,

- b. tentukan jumlah harga nilai CBR,
 - c. tentukan jumlah harga CBR yang sama atau lebih besar dari masing-masing nilai CBR.
3. Faktor Regional (FR)

Faktor ini dipengaruhi oleh bentuk alinyemen, persentase kendaraan berat, serta iklim dan cuaca setempat. Pada bagian-bagian jalan tertentu, seperti persimpangan, pemberhentian, atau tikungan tajam, FR ditambah dengan 0,5. Pada rawa-rawa FR ditambah dengan 1,0. Nilai FR dapat dilihat pada Tabel 2.39

Tabel 2.39 Faktor Regional

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

Sumber : SKBI, 1987

4. Indeks Permukaan (IP)

Indeks permukaan adalah nilai kerataan dan kekokohan permukaan yang berkaitan dengan tingkat pelayanan lalu lintas. Selengkapnya nilai IP dapat dilihat pada Tabel 2.40.

Tabel 2.40 Indeks Permukaan pada Akhir Umur Rencana

| 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 | - |
| 100 – 1000 | 1,5-2,0 | 2 | 2,0-2,5 | - |
| >1000 | - | 2,0-2,5 | 2,5 | 2,5 |

^{*)} LER dalam satuan angka ekivalen 8,16 ton beban sumbu tunggal

Catatan : pada proyek proyek penunjang jalan, JAPAT/jalan murah, atau jalan darurat maka IPT dapat diambil 1,0

Sumber : SKBI, 1987

Dalam menentukan indeks permukaan awal umur rencana (IPo) perlu diperhatikan jenis lapis permukaan jalan pada awal umur rencana. Tabel 2.41 berikut memuat tentang nilai IPo.

Tabel 2.41 Indeks Permukaan pada Awal Umur Rencana

| Jenis Lapis Perkerasan | Ipo | Roughness ^{*)} |
|------------------------|-----|-------------------------|
|------------------------|-----|-------------------------|

| | | (mm/Km) |
|---------------|------------|-------------|
| Laston | ≥ 4 | ≤ 1000 |
| | 3,9 – 3,5 | > 1000 |
| Lasbutag | 3,9 – 3,5 | ≤ 2000 |
| | 3,4 – 3,0 | > 2000 |
| 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 | $\leq 2,4$ | - |
| Jalan kerikil | $\leq 2,4$ | - |

Sumber : SKBI, 1987

5. Menghitung ITP (indeks tebal perkerasan)

Indeks tebal perkerasan (ITP) dapat dicari dengan menggunakan nomogram sesuai yang terdapat pada buku petunjuk perencanaan perkerasan jalan metode analisis komponen yang masing-masing nomogram dipakai berdasarkan nilai IP dan IPo. Dengan menarik garis lurus antara nilai daya dukung tanah (DDT) dan harga LER, maka didapat nilai ITP, kemudian garis dihubungkan lagi dengan nilai faktor regional (FR) sehingga didapat ITP. Nilai ITP digunakan untuk menentukan tebal masing-masing lapis perkerasan dengan rumus sebagai berikut:

$$ITP = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 + a_3 \cdot D_3$$

Keterangan :

a_1, a_2, a_3 = koefisien relatif kekuatan bahan

D_1, D_2, D_3 = tebal minimum masing-masing lapisan (cm)

Selengkapnya nilai koefisien relatif kekuatan bahan dapat dilihat pada Tabel 2.42.

Tabel 2.42 Koefisien Kekuatan Relatif Bahan

| Koefisien kekuatan relatif | | | Kekuatan bahan | | | Jenis Bahan |
|----------------------------|------|------|----------------|---------|---------|--|
| a1 | a2 | a3 | MS (kg) | Kt (kg) | CBR (%) | |
| 0,4 | - | - | 744 | - | - | Laston |
| 0,35 | - | - | 590 | - | - | |
| 0,32 | - | - | 454 | - | - | |
| 0,3 | - | - | 340 | - | - | |
| 0,35 | - | - | 744 | - | - | Lasbutag |
| 0,31 | - | - | 590 | - | - | |
| 0,28 | - | - | 454 | - | - | |
| 0,26 | - | - | 340 | - | - | |
| 0,3 | - | - | 340 | - | - | HRA Aspal makadam Lapen (mekanis) Lapen (manual) |
| 0,26 | - | - | 340 | - | - | |
| 0,25 | - | - | - | - | - | |
| 0,2 | - | - | - | - | - | |
| - | 0,28 | - | 590 | - | - | Laston atas |
| - | 0,26 | - | 454 | - | - | |
| - | 0,24 | - | 340 | - | - | |
| - | 0,23 | - | - | - | - | Lapen (mekanis) Lapen (manual) |
| - | 0,19 | - | - | - | - | |
| - | 0,15 | - | - | 22 | - | Stab tanah semen |
| - | 0,13 | - | - | 18 | - | |
| - | 0,15 | - | - | 22 | - | Stab tanah semen |
| - | 0,13 | - | - | 18 | - | |
| - | 0,14 | - | - | - | 100 | Batu pecah (kelas A) Batu pecah (kelas B) Batu pecah (kelas C) |
| - | 0,13 | - | - | - | 80 | |
| - | 0,12 | - | - | - | 60 | |
| - | - | 0,13 | - | - | 70 | Sirtu/pitrun (kelas A) Sirtu/pitrun (kelas B) Sirtu/pitrun (kelas B) |
| - | - | 0,12 | - | - | 50 | |
| - | - | 0,11 | - | - | 30 | |
| - | - | 0,1 | - | - | 20 | Tanah/lempung pasir |

Sumber : SKBI, 1987

6. Perancangan Tebal Lapisan Perkerasan

a. Lapis permukaan

Batas minimum tebal perkerasan untuk lapis permukaan dapat dilihat pada Tabel 2.43 di bawah ini.

Tabel 2.43 Batas Minimum Tebal Lapis Perkerasan untuk Lapis Permukaan

| ITP | Tebal Minimum | Bahan |
|-------------|---------------|---|
| <3,00 | 5 | Lapis pelindung : buras/burtu/burda |
| 3,00 – 6,70 | 5 | Lapen/aspal makadam, HRA, lasbutag, laston |
| 6,71 – 7,49 | 7,5 | Lapen/aspal makadam, HRA, lasbutag, laston |
| 7,50 – 9,99 | 7,5 | Lasbutag, laston |
| ≥10,00 | 10 | Laston |

Sumber : SKBI, 1987

b. Lapis pondasi

Batas minimum tebal perkerasan untuk lapis pondasi dapat dilihat pada Tabel 2.44 di bawah ini.

Tabel 2.44 Batas minimum tebal lapis perkerasan untuk lapis pondasi

| ITP | Tebal Minimum | Bahan |
|-------------|---------------|---|
| < 3,00 | 15 | Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur |
| 3,00 – 7,49 | 20 | Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur |
| | 10 | Laston atas |
| 7,50 - 9,99 | 20 | Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi makadam |
| | 15 | Laston atas |
| 10 – 12,14 | 20 | Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi makadam, lapen, laston atas |
| ≥12,25 | 25 | Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi makadam, lapen, laston atas |

Sumber : SKBI, 1987

c. Lapis Pondasi Bawah

Untuk setiap nilai ITP bila digunakan pondasi bawah tebal minimum adalah 10 cm.

(Sumber : SKBI, 1987)

2.5.1.2 Perancangan Konstruksi Perkerasan Lentur Berdasarkan Metode AASHTO 1986

Metode ini dikembangkan dengan lebih menyesuaikan dengan kondisi lingkungan. Beban standard yang digunakan adalah 8.16 ton. Parameter daya dukung tanah dinyatakan dalam modulus resilien atau korelasi dengan CBR. Kondisi lingkungan diakomodir dalam koefisien drainase dan kehilangan tingkat pelayanan akibat *swelling*. Dibandingkan dengan metode AASHTO 1972, metode ini lebih bersifat analitis. Data-data yang diperlukan adalah data LHR, CBR tanah dasar, dan umur rencana. Prosedur perhitungan tebal perkerasan jalan dengan menggunakan metode AASHTO 1986 adalah sebagai berikut:

1. Reliabilitas (R) dan tingkat kepercayaan (Z_r dan Z_o)

Reliabilitas merupakan nilai probabilitas dari kemungkinan tingkat keandalan dari pelayanan jalan yang memadai dan dapat dipertahankan selama masa pelayanan. Reliabilitas dinyatakan dalam persen. Adapun nilainya tergantung dari klasifikasi fungsi jalan dan sifat penggunaan daerah. Nilai reliabilitas yang direkomendasikan ditunjukkan dalam Tabel 2.45.

Tabel 2.45 Nilai Reliabilitas (R)

| Fungsi Jalan | Reliabilitas/ Tingkat Keandalan (%) | |
|--------------|-------------------------------------|-----------|
| | Urban | Rural |
| Tol | 85 – 99.9 | 80 – 99.9 |
| Arteri | 80 – 99 | 75 – 95 |
| Kolektor | 80 – 95 | 75 – 95 |
| Lokal | 50 – 80 | 50 – 80 |

Sumber : Djoko Purwanto,2008

Nilai deviasi standard normal (Z_r) sehubungan dengan tingkat reliabilitas yang dipilih ditunjukkan dalam Tabel 2.46 berikut.

Tabel 2.46 Nilai Deviasi Standard Normal (Z_r)

| Reliabilitas (%) | 50 | 60 | 70 | 75 | 80 | 85 |
|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Z_r | -0.000 | -0.253 | -0.524 | -0.674 | -0.841 | -1.037 |

| Reliabilitas (%) | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 |
|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Z_r | -1.282 | -1.340 | -1.405 | -1.478 | -1.555 | -1.645 |

| Reliabilitas (%) | 96 | 97 | 98 | 99 | 99.9 | 99.99 |
|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Z_r | -1.751 | -1.881 | -2.054 | -2.327 | -3.090 | -3.750 |

Sumber : Djoko Purwanto,2008

Besarnya simpangan baku keseluruhan (Z_o) tergantung pada jenis perkerasannya. Untuk perkerasan lentur, besarnya $Z_o = 0.40 - 0.50$.

2. Faktor drainase

Sistem drainase dari suatu jalan raya sangat mempengaruhi kinerja jalan yang bersangkutan. Tingkat pengeringan air yang terdapat pada daerah konstruksi jalan bersama dengan lalu lintas yang bekerja serta kondisi permukaan jalan sangat mempengaruhi umur pelayanan jalan.

ASSHTO 1986 membagi kategori kualitas drainase dalam lima tingkat seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.47.

Tabel 2.47 Tingkatan Kualitas Drainase

| Kualitas drainase | Waktu yang dibutuhkan untuk melewati/ mengeringkan air |
|-----------------------------------|--|
| Sangat baik (<i>excellent</i>) | 2 jam |
| Baik (<i>good</i>) | 1 hari |
| Sedang (<i>fair</i>) | 1 minggu |
| Buruk (<i>poor</i>) | 1 bulan |
| Sangat buruk (<i>very poor</i>) | Air tidak mungkin dikeringkan |

Sumber : Djoko Purwanto, 2008

Pada saat menentukan tebal masing-masing lapis perkerasan, dibutuhkan nilai koefisien drainase dari lapis perkerasan tersebut. Koefisien drainase ditentukan berdasarkan kualitas drainase pada lokasi jalan yang dapat dilihat pada Tabel 2.48.

Tabel 2.48 Koefisien Drainase

| Kualitas drainase | Koefisien drainase | | | |
|-------------------|--|-------------|-------------|-------|
| | % kandungan air (perkerasan dalam keadaan lembab – jenuh) | | | |
| | < 1% | 1 – 5% | 5 – 25% | > 25% |
| Sangat baik | 1.40 – 1.35 | 1.35 – 1.30 | 1.30 – 1.20 | 1.20 |
| Baik | 1.35 – 1.25 | 1.25 – 1.15 | 1.15 – 1.00 | 1.00 |
| Sedang | 1.25 – 1.15 | 1.15 – 1.05 | 1.00 – 0.80 | 0.80 |
| Buruk | 1.15 – 1.05 | 1.05 – 0.80 | 0.80 – 0.60 | 0.60 |
| Sangat buruk | 1.05 – 0.95 | 0.95 – 0.75 | 0.75 – 0.40 | 0.40 |

Sumber : Djoko Purwanto, 2008

3. Menghitung lintas ekivalen kumulatif pada umur rencana (W_{18})

Angka ekivalen (E) beban sumbu kendaraan didapatkan dari tabel-tabel di bawah ini dengan memperkirakan *structural number* (SN) dan IPT. Dalam laporan ini digunakan tabel dengan nilai IPT 2.5.

Tabel 2.49 Angka Ekivalen (E_j) Beban Sumbu Kendaraan untuk Single Axle Load

| Axle Load (kips) | Pavement Structural Number (SN) | | | | | |
|---------------------|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 2 | 0,0004 | 0.0004 | 0.0003 | 0.0002 | 0.0002 | 0.0002 |
| 4 | 0.003 | 0.004 | 0.004 | 0.003 | 0.002 | 0.002 |
| 6 | 0.011 | 0.017 | 0.017 | 0.013 | 0.010 | 0.009 |
| 8 | 0.032 | 0.047 | 0.051 | 0.041 | 0.034 | 0.031 |
| 10 | 0.078 | 0.102 | 0.118 | 0.102 | 0.088 | 0.080 |
| 12 | 0.168 | 0.198 | 0.229 | 0.213 | 0.189 | 0.176 |
| 14 | 0.328 | 0.358 | 0.399 | 0.388 | 0.36 | 0.342 |
| 16 | 0.591 | 0.613 | 0.646 | 0.645 | 0.623 | 0.606 |
| 18 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 20 | 1.61 | 1.57 | 1.49 | 1.47 | 1.51 | 1.55 |
| 22 | 2.48 | 2.38 | 2.17 | 2.09 | 2.18 | 2.3 |
| 24 | 3.69 | 3.49 | 3.09 | 2.89 | 3.03 | 3.27 |
| 26 | 5.33 | 4.99 | 4.31 | 3.91 | 4.09 | 4.48 |
| 28 | 7.49 | 6.98 | 5.9 | 5.21 | 5.39 | 5.98 |
| 30 | 10.3 | 9.5 | 7.9 | 6.8 | 7.0 | 7.8 |
| 32 | 13.9 | 12.8 | 10.5 | 8.8 | 8.9 | 10.0 |
| 34 | 18.4 | 16.9 | 13.7 | 11.3 | 11.2 | 12.5 |
| 36 | 24.0 | 22.0 | 17.7 | 14.4 | 13.9 | 15.5 |
| 38 | 30.9 | 28.3 | 22.6 | 18.1 | 17.2 | 19.0 |
| 40 | 39.3 | 35.9 | 28.5 | 22.5 | 21.1 | 23.0 |
| 42 | 49.3 | 45.0 | 35.6 | 27.8 | 25.6 | 27.7 |
| 44 | 61.3 | 55.9 | 44.0 | 34.0 | 31.0 | 33.1 |
| 46 | 75.5 | 68.8 | 54.0 | 41.4 | 37.2 | 39.3 |
| 48 | 92.2 | 83.9 | 65.7 | 50.1 | 44.5 | 46.5 |
| 50 | 112 | 102 | 79.0 | 60.0 | 53.0 | 55.0 |

Sumber : Djoko Purwanto,2008

Tabel 2.50 Angka Ekuivalen (Ej) Beban Sumbu Kendaraan untuk Tandem Axle Load

| Axle Load (kips) | Pavement Structural Number (SN) | | | | | |
|---------------------|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 2 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 0.0005 | 0.0005 | 0.0004 | 0.0003 | 0.0003 | 0.0002 |
| 6 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.001 | 0.001 | 0.001 |
| 8 | 0.004 | 0.006 | 0.005 | 0.004 | 0.003 | 0.003 |
| 10 | 0.008 | 0.013 | 0.011 | 0.009 | 0.007 | 0.006 |
| 12 | 0.015 | 0.024 | 0.023 | 0.018 | 0.014 | 0.013 |
| 14 | 0.026 | 0.041 | 0.042 | 0.033 | 0.027 | 0.024 |
| 16 | 0.044 | 0.065 | 0.070 | 0.057 | 0.047 | 0.043 |
| 18 | 0.070 | 0.097 | 0.109 | 0.092 | 0.077 | 0.070 |
| 20 | 0.107 | 0.141 | 0.162 | 0.141 | 0.121 | 0.110 |
| 22 | 0.160 | 0.198 | 0.229 | 0.207 | 0.180 | 0.166 |
| 24 | 0.231 | 0.273 | 0.315 | 0.292 | 0.260 | 0.242 |
| 26 | 0.327 | 0.370 | 0.420 | 0.401 | 0.364 | 0.342 |
| 28 | 0.451 | 0.493 | 0.548 | 0.534 | 0.495 | 0.470 |
| 30 | 0.611 | 0.648 | 0.703 | 0.695 | 0.658 | 0.633 |
| 32 | 0.813 | 0.843 | 0.889 | 0.887 | 0.857 | 0.834 |
| 34 | 1.06 | 1.08 | 1.11 | 1.111 | 1.09 | 1.08 |
| Axle Load (kips) | Pavement Structural Number (SN) | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 36 | 1.38 | 1.38 | 1.38 | 1.38 | 1.38 | 1.38 |

| | | | | | | |
|----|------|------|------|------|------|------|
| 38 | 1.75 | 1.73 | 1.69 | 1.68 | 1.7 | 1.73 |
| 40 | 2.21 | 2.16 | 2.06 | 2.03 | 2.08 | 2.14 |
| 42 | 2.76 | 2.67 | 2.49 | 2.43 | 2.51 | 2.61 |
| 44 | 3.41 | 3.27 | 2.99 | 2.88 | 3.00 | 3.16 |
| 46 | 4.18 | 3.98 | 3.58 | 3.4 | 3.55 | 3.79 |
| 48 | 5.08 | 4.80 | 4.25 | 3.98 | 4.17 | 4.49 |
| 50 | 6.12 | 5.76 | 5.03 | 4.64 | 4.86 | 5.28 |
| 52 | 7.33 | 6.87 | 5.93 | 5.38 | 5.63 | 6.17 |
| 54 | 8.72 | 8.14 | 6.95 | 6.22 | 6.47 | 7.15 |
| 56 | 10.3 | 9.6 | 8.1 | 7.2 | 7.4 | 8.2 |
| 58 | 12.1 | 11.3 | 9.4 | 8.2 | 8.4 | 9.4 |
| 60 | 14.2 | 13.1 | 10.9 | 9.4 | 9.6 | 10.7 |
| 62 | 16.5 | 15.3 | 12.6 | 10.7 | 10.8 | 12.1 |
| 64 | 19.1 | 17.6 | 14.5 | 12.2 | 12.2 | 13.7 |
| 66 | 22.1 | 20.3 | 16.6 | 13.8 | 13.7 | 15.4 |
| 68 | 25.3 | 23.3 | 18.9 | 15.6 | 15.4 | 17.2 |
| 70 | 29.0 | 26.6 | 21.5 | 17.6 | 17.2 | 19.2 |
| 72 | 33.0 | 30.3 | 24.4 | 19.8 | 19.2 | 21.3 |
| 74 | 37.5 | 34.4 | 27.6 | 22.2 | 21.3 | 23.6 |
| 76 | 42.5 | 38.9 | 31.1 | 24.8 | 23.7 | 26.1 |
| 78 | 48.0 | 43.9 | 35.0 | 27.8 | 26.2 | 28.8 |
| 80 | 54.0 | 49.4 | 39.2 | 30.9 | 29.0 | 31.7 |
| 82 | 60.6 | 55.4 | 43.9 | 34.4 | 32.0 | 34.8 |
| 84 | 67.8 | 61.9 | 49.0 | 38.2 | 35.3 | 38.1 |
| 86 | 75.7 | 69.1 | 54.5 | 42.3 | 38.8 | 41.7 |
| 88 | 84.3 | 76.9 | 60.6 | 46.8 | 42.6 | 45.6 |
| 90 | 93.7 | 85.4 | 67.1 | 51.7 | 46.8 | 49.7 |

Sumber : Djoko Purwanto,2008

Tabel 2.51 Angka Ekuivalen (Ej) Beban Sumbu Kendaraan untuk Triple Axle Load

| Axle Load (kips) | Pavement Structural Number (SN) | | | | | |
|---------------------|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 0.0002 | 0.0002 | 0.0002 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 |
| 6 | 0.0006 | 0.0007 | 0.0005 | 0.0004 | 0.0003 | 0.0003 |
| 8 | 0.001 | 0.002 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 |
| 10 | 0.003 | 0.004 | 0.003 | 0.002 | 0.002 | 0.002 |
| 12 | 0.005 | 0.007 | 0.006 | 0.004 | 0.003 | 0.003 |
| 14 | 0.008 | 0.012 | 0.010 | 0.008 | 0.006 | 0.006 |
| 16 | 0.012 | 0.019 | 0.018 | 0.013 | 0.011 | 0.010 |
| 18 | 0.018 | 0.029 | 0.028 | 0.021 | 0.017 | 0.016 |
| 20 | 0.027 | 0.042 | 0.042 | 0.032 | 0.027 | 0.024 |
| 22 | 0.038 | 0.058 | 0.060 | 0.048 | 0.040 | 0.036 |
| 24 | 0.053 | 0.078 | 0.084 | 0.068 | 0.057 | 0.051 |
| 26 | 0.072 | 0.103 | 0.114 | 0.095 | 0.080 | 0.072 |
| 28 | 0.098 | 0.133 | 0.151 | 0.128 | 0.109 | 0.099 |
| 30 | 0.129 | 0.169 | 0.195 | 0.170 | 0.145 | 0.133 |
| 32 | 0.169 | 0.213 | 0.247 | 0.220 | 0.191 | 0.175 |
| 34 | 0.219 | 0.266 | 0.308 | 0.281 | 0.246 | 0.228 |
| Axle Load (kips) | Pavement Structural Number (SN) | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |

| | | | | | | |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 38 | 0.352 | 0.403 | 0.461 | 0.436 | 0.393 | 0.368 |
| 40 | 0.439 | 0.491 | 0.554 | 0.533 | 0.487 | 0.459 |
| 42 | 0.543 | 0.594 | 0.661 | 0.644 | 0.597 | 0.567 |
| 44 | 0.666 | 0.714 | 0.781 | 0.769 | 0.723 | 0.692 |
| 46 | 0.811 | 0.854 | 0.918 | 0.911 | 0.868 | 0.838 |
| 48 | 0.979 | 1.015 | 1.072 | 1.069 | 1.033 | 1.005 |
| 50 | 1.17 | 1.20 | 1.24 | 1.25 | 1.22 | 1.20 |
| 52 | 1.4 | 1.41 | 1.44 | 1.44 | 1.43 | 1.41 |
| 54 | 1.66 | 1.66 | 1.66 | 1.66 | 1.66 | 1.66 |
| 56 | 1.95 | 1.93 | 1.90 | 1.90 | 1.91 | 1.93 |
| 58 | 2.29 | 2.25 | 2.17 | 2.16 | 2.20 | 2.24 |
| 60 | 2.67 | 2.60 | 2.48 | 2.44 | 2.51 | 2.58 |
| 62 | 3.09 | 3.00 | 2.82 | 2.76 | 2.85 | 2.95 |
| 64 | 0.57 | 3.44 | 3.19 | 3.10 | 3.22 | 3.36 |
| 66 | 4.11 | 3.94 | 3.61 | 3.47 | 3.62 | 3.81 |
| 68 | 4.71 | 4.49 | 4.06 | 3.88 | 4.05 | 4.30 |
| 70 | 5.38 | 5.11 | 4.57 | 4.32 | 4.52 | 4.84 |
| 72 | 6.12 | 5.79 | 5.13 | 4.80 | 5.03 | 5.41 |
| 74 | 6.93 | 6.54 | 5.74 | 5.32 | 5.57 | 6.04 |
| 76 | 7.84 | 7.37 | 6.41 | 5.88 | 6.15 | 6.71 |
| 78 | 8.83 | 8.28 | 7.14 | 6.49 | 6.78 | 7.43 |
| 80 | 9.92 | 9.28 | 7.95 | 7.15 | 7.45 | 8.21 |
| 82 | 11.1 | 10.4 | 8.8 | 7.9 | 8.2 | 9.0 |
| 84 | 12.4 | 11.6 | 9.8 | 8.6 | 8.9 | 9.9 |
| 86 | 13.8 | 12.9 | 10.8 | 9.5 | 9.8 | 10.9 |
| 88 | 15.4 | 14.3 | 11.9 | 10.4 | 10.6 | 11.9 |
| 90 | 17.1 | 15.8 | 13.2 | 11.3 | 11.6 | 12.9 |

Sumber : Djoko Purwanto,2008

Dengan angka ekivalen kendaraan, selanjutnya menghitung W₁₈ dengan memperhitungkan faktor distribusi arah serta faktor distribusi lajur. Rumus dari perhitungan beban lalu lintas adalah:

$$W_{18} = D_D \times D_L \times W_{18}$$

$$W_{18} = \Sigma(LHR_i \times E_j \times G_R) \times 365$$

Keterangan:

- D_D adalah faktor distribusi arah (*directional distribution factor*). Bila jalan yang akan dibuat untuk:
 - a. 1 arah, maka D_D = 1.0 (100%)
 - b. 2 arah, maka D_D = 0.5 (50%), artinya dalam satu arah digunakan untuk melayani 50% lalu lintas total. Tetapi bisa saja untuk 1 arah menerima beban lalu lintas sampai dengan 70% dari total lalu lintas yang ada.
- D_L adalah faktor distribusi lajur. Nilai D_L dapat dilihat pada Tabel 2.52.

Tabel 2.52 Faktor Distribusi Lajur

| Jumlah Lajur | Nilai D _L |
|--------------|----------------------|
|--------------|----------------------|

| Tiap Arah | (%) |
|--------------|--------|
| 1 | 100 |
| 2 | 100-80 |
| 3 | 80-60 |
| 4 atau lebih | 75-50 |

Sumber : Djoko Purwanto, 2008

- G_R adalah tingkat pertumbuhan lalu lintas tahunan (%) (*annual growth rate*)

$$G_R = \frac{(1+r)^n - 1}{r}$$

di mana r adalah tingkat pertumbuhan lalu lintas

4. Penentuan ΔPSI

$$\Delta PSI = IP_o - IP_t$$

Keterangan:

IP_t = *terminal serviceability index*

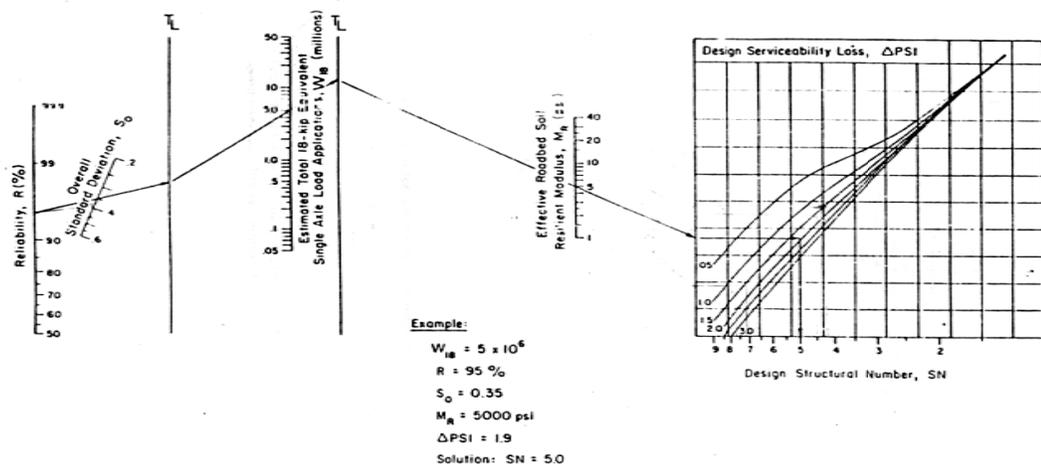
IP_o = *initial serviceability index*

5. Jenis lapis perkerasan yang dipakai, nilai M_r , dan koefisien lapis perkerasan

Penentuan jenis lapis perkerasan ini berpengaruh terhadap nilai M_r dan koefisien lapis perkerasan. Nilai M_r ini nantinya akan digunakan untuk menentukan tebal perkerasan dengan menggunakan grafik.

6. Menghitung tebal perkerasan

Dengan menggunakan nilai R , M_r , S_o , W_{18} , dan ΔPSI maka diperoleh nilai SN_1 , SN_2 , dan SN_3 dengan menggunakan grafik pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Nomogram untuk Mendapatkan Nilai SN

Selanjutnya nilai-nilai tersebut digunakan dalam perencanaan tebal lapis perkerasan:

$$D_1 = ITP_1 / a_1$$

$$ITP_1^* = D_1 \times a_1$$

$$D_2 = (ITP_2 - ITP_1^*) / (a_2 \times m_2)$$

$$ITP_2^* = D_2 \times (a_2 \times m_2)$$

$$D_3 = (ITP_3 - (ITP_2^* - ITP_1^*)) / (a_3 \times m_3)$$

Nilai tebal tiap lapis perkerasan ini dalam satuan inchi, sehingga harus diubah dalam satuan cm.

2.5.1.3 Perancangan Konstruksi Perkerasan Lentur Berdasarkan Metode RDS (*Roadworks Design System*) 1993

Metode ini lebih dikenal sebagai sistem pemrograman jalan yang merupakan dasar dari RDM (*Road Design Module*) pada IRMS (*Interurban Road Management System*). Tidak seperti kedua metode sebelumnya yang menentukan tebal perkerasan dengan menggunakan nomogram, metode RDS ini menggunakan rumus. Rumus tersebut memperhitungkan daya dukung tanah dasar dalam bentuk CBR serta beban lalu lintas (ESA).

Data-data yang diperlukan untuk menentukan tebal perkerasan dengan cara RDS adalah umur rencana, CBR tanah dasar, faktor pertumbuhan lalu lintas dan faktor jalur lalu lintas. Dalam metode ini terdapat persamaan cara dengan metode analisa komponen yaitu pada perhitungan angka ekivalen sumbu beban sumbu kendaraan. Namun, pada metode ini angka ekivalen sumbu beban sumbu kendaraan disebut dengan VDF (*Vehicle Damage Factor*). Setelah didapat nilai VDF masing-masing kendaraan, selanjutnya dilakukan perhitungan beban lalu lintas ESA (*Equivalent Standart Axle*).

Setelah didapatkan nilai beban lalu lintas total maka dilakukan perhitungan tebal perkerasan dengan rumus sebagai berikut:

- Tebal *layer capping*

$$T_{CP} = 35 \text{ cm, untuk CBR } < 3\%$$

$$T_{CP} = 20 \text{ cm, untuk CBR } = 3\% - 5\%$$

- Tebal *Subbase* (cm)

$$T_{SB} = \left[\left\{ -1.4658 \times \text{Log}(CBR - 1.35752) \right\} \times \left\{ \text{Log}(ESA) \right\}^2 \right] \\ + \left[\left\{ 6.40587 \times \text{Log}(CBR) + 8.661746 \right\} \times \text{Log}(ESA) \right] \\ - \left[57.47031 \times \text{Log}(CBR) - 61.35236 \right]$$

- Tebal *Base* (cm)

$$T_B = [1.225491 \times (\text{Log}(ESA))^2] + [5.082842 \times \text{Log}(ESA)] + 14.84231$$

- Tebal *Surface*

$$T_S = [2.174015 \times (\text{Log}(ESA))^2] + [2.444561 \times \text{Log}(ESA)] + 6.776027$$

2.5.3 Perancangan Tebal Pelapisan Tambahan (*Overlay*)

Perancangan ini diberikan pada jalan yang telah atau menjelang habis masa pelayanannya di mana kondisi permukaan jalan telah mencapai indeks permukaan akhir (IP) yang telah direncanakan. Maksud dan tujuan overlay adalah:

- mengembalikan atau meningkatkan kemampuan struktur perkerasan jalan,
- mengembalikan atau meningkatkan kemampuan menahan gesekan roda (*skid resistance*),
- mengembalikan atau meningkatkan tingkat kededapan terhadap air,
- mengembalikan atau meningkatkan tingkat keamanan dan kenyamanan.

2.5.3.1 Prosedur Perencanaan Tebal *Overlay* Menggunakan Metode Analisa Komponen

Langkah-langkah perencanaan tebal *overlay* menggunakan metode analisa komponen yaitu sebagai berikut:

- Survei penilaian terhadap kondisi perkerasan jalan lama (*existing pavement*), yang meliputi lapis permukaan, lapis pondasi atas, dan lapis pondasi bawah.
- Tentukan LHR pada awal dan akhir umur rencana.
- Hitung LEP, LEA, LET, dan LER.
- Cari nilai ITP_R menggunakan nomogram pada Gambar 2.12.
- Cari nilai ITP_P dari jalan *existing*.
- Tetapkan tebal lapis tambahan (D_1)

$$\Delta ITP = ITP_R - ITP_P$$

$$\Delta ITP = D_1 \times a_1$$

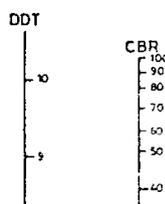
Keterangan:

ITP_R = ITP yang diperlukan sampai akhir umur rencana

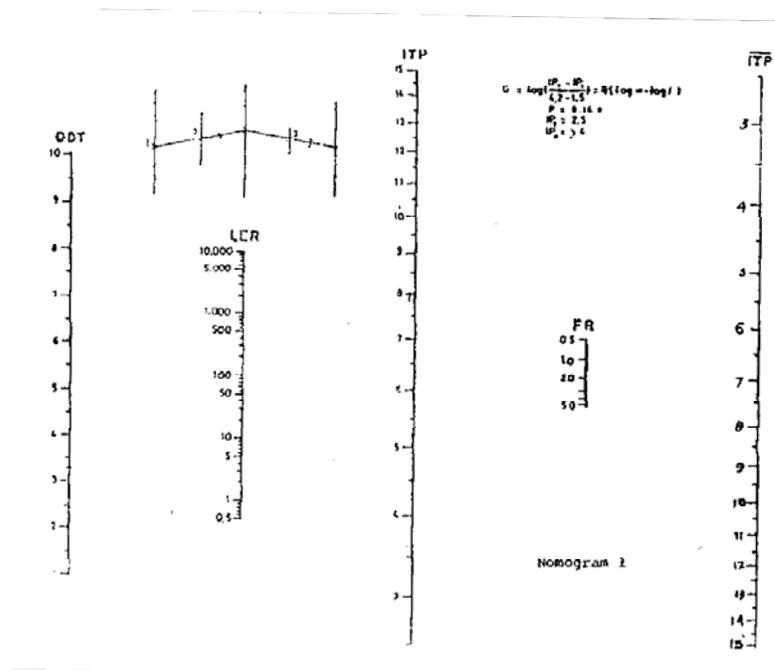
ITP_P = ITP kondisi *existing* jalan

D_1 = tebal lapisan perkerasan

a_1 = koefisien relatif bahan perkerasan



Gambar 2.12a Nomogram Korelasi CBR dan DDT



Gambar 2.12b Nomogram

2.5.3.2 **Prosedur Perencanaan Tebal Overlay dengan Cara Lendutan Balik**
(*Rebound Deflection*)

Setelah data-data lendutan balik diperoleh, maka tahap selanjutnya adalah menghitung tebal lapis ulang (*overlay*) yang dibutuhkan sesuai dengan umur jalan yang direncanakan. Langkah-langkah untuk menghitung tebal *overlay* ini adalah mencari data-data lalu lintas yang diperlukan pada jalan yang bersangkutan, antara lain:

- a. Lalu lintas harian rata-rata (LHR) dihitung untuk dua arah pada jalan tanpa median dan masing masing arah pada jalan dengan median.
- b. Jumlah lalu lintas rencana (*Design Traffic Number*) ditentukan dari jumlah lajur dan jenis kendaraan.
- c. Dengan menggunakan Tabel 2.53, dihitung besarnya jumlah ekivalen harian rata rata dari satuan 8,16 ton beban as tunggal dengan cara menjumlahkan hasil perkalian masing-masing jenis lalu lintas harian rata-rata tersebut, baik kosong maupun bermuatan dengan faktor ekivalen yang sesuai.

Tabel 2.53 Ekivalen Harian Rata Rata dari Satuan 8,16 ton Beban As Tunggal

| Konfigurasi Sumbu | Berat Kosong (Ton) | Beban Muatan Maks (Ton) | Berat Total Maks (Ton) | AE 18 KSAL Muatan (Ton) | UE 18 KSAL Muatan (Ton) |
|-------------------|--------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1.1 RF | 1.5 | 0.5 | 2 | 0.0001 | 0.00045 |
| 1.2 Bus | 3 | 6 | 9 | 0.0037 | 0.30057 |
| 1.2L Truck | 2.3 | 6 | 8.3 | 0.0013 | 0.21741 |
| 1.2H Truck | 4.2 | 14 | 18.2 | 0.0143 | 5.0264 |
| 1.22 Truck | 5 | 20 | 25 | 0.0044 | 2.74147 |
| 1.2+2.2 Trailer | 6.4 | 25 | 31.4 | 0.0085 | 4.99440 |
| 1.2-2 Trailer | 6.2 | 20 | 26.2 | 0.0192 | 6.91715 |
| 1.2-22 Trailer | 10 | 32 | 42 | 0.0327 | 10.183 |

Sumber: Bina Marga, 1983

Tabel 2.54 Faktor Hubungan antara Umur Rencana dengan Perkembangan Lalu Lintas

| R(%) n tahun | 2% | 4% | 5% | 6% | 8% | 10% |
|-----------------|----|----|----|----|----|-----|
| | | | | | | |

| | | | | | | |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 1.01 | 1.02 | 1.02 | 1.03 | 1.04 | 1.05 |
| 2 | 2.04 | 2.08 | 2.1 | 2.12 | 2.16 | 2.21 |
| 3 | 3.09 | 3.18 | 3.23 | 2.3 | 3.38 | 3.48 |
| 4 | 4.16 | 4.33 | 4.42 | 4.51 | 4.69 | 4.87 |
| 5 | 5.25 | 5.53 | 5.66 | 5.8 | 6.1 | 6.41 |
| 6 | 6.37 | 6.77 | 6.97 | 7.18 | 7.63 | 8.1 |
| 7 | 7.51 | 8.06 | 8.35 | 8.65 | 9.28 | 9.96 |
| 8 | 8.7 | 9.51 | 9.62 | 10.2 | 11.65 | 12 |
| 9 | 9.85 | 10.79 | 11.3 | 11.84 | 12.99 | 14.26 |
| 10 | 11.05 | 12.25 | 12.9 | 13.6 | 15.05 | 16.73 |
| 15 | 17.45 | 20.25 | 22.15 | 23.9 | 28.3 | 33.36 |
| 20 | 24.55 | 30.4 | 33.9 | 37.95 | 47.7 | 60.2 |

Sumber: Bina Marga, 1983

- d. Menentukan jumlah lalu lintas secara kumulatif selama umur rencana dengan rumus sebagai berikut:

$$AE18KSAL = N \times 365 \times \sum_{\substack{\text{Mobil Penumpang} \\ \text{Traktor-Trailer}}} DTN \times UE18KSAL$$

Keterangan:

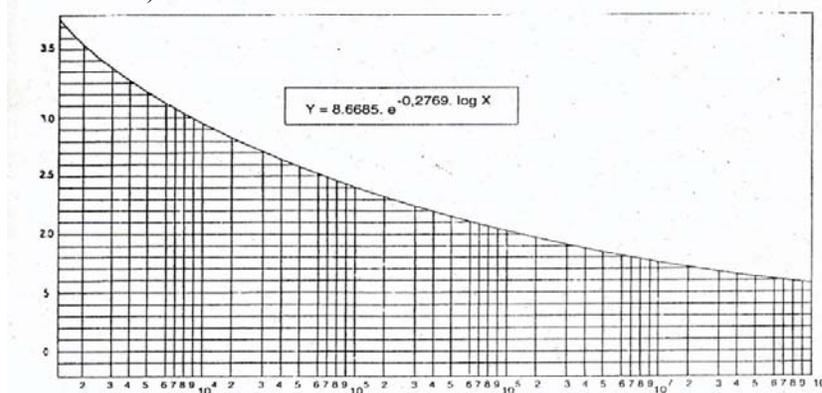
AE 18 KSAL = Accumulate Equivalent 18 Kip Single Axle Load

UE 18 KSAL = Unit Equivalent 18 Kip Single Axle Load

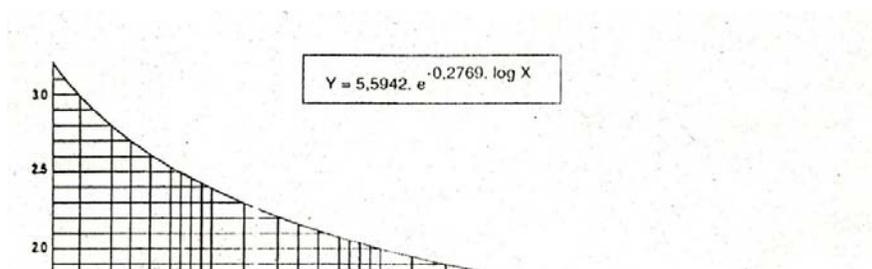
365 = jumlah hari dalam satu tahun

N = faktor umur rencana yang sudah disesuaikan dengan perkembangan lalu lintas

- e. Lendutan balik yang diizinkan didapat dari Gambar 2.13 (Kurva Failure) dan Gambar 2.14 (Kurva Kritis) berikut.

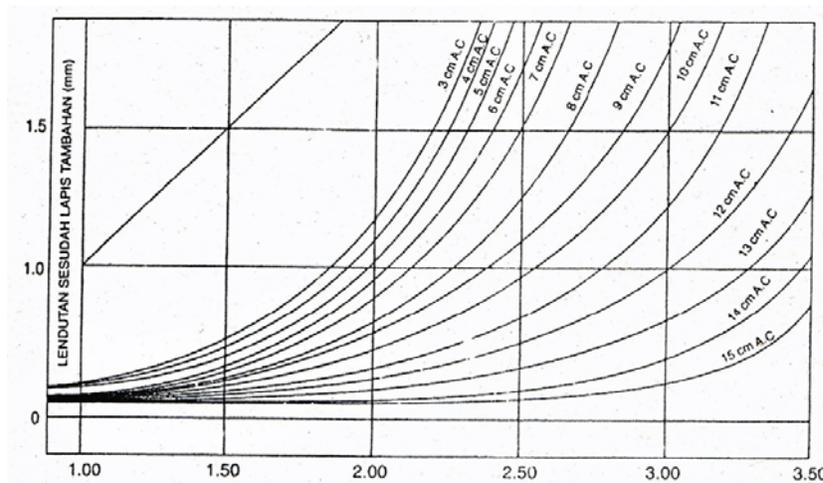


AE 18 KSAL (operasi)
GRAFIK NO. 3. (KRITIS)
Gambar 2.13 Kurva Failure



Gambar 2.14 Kurva Kritis

- f. Berdasarkan lendutan balik yang ada, dapat ditentukan tebal lapis tambahan yang nilai lendutan baliknya tidak boleh melebihi nilai lendutan balik yang ditentukan. Hal tersebut dapat kita tentukan melalui grafik yang ada pada Gambar 2.15



Gambar 2.15 Lendutan Sebelum Proses *Overlay*

- g. Lapisan tambahan tersebut adalah aspal beton yang dapat diganti lapis tambahan lain dengan menggunakan faktor konversi relatif konstruksi perkerasan. Selengkapnya dapat kita lihat pada Tabel 2.55.

Tabel 2.55 Faktor Konversi Relatif Konstruksi Perkerasan

| Konstruksi | Kekuatan Maksimum | Faktor |
|------------|-------------------|--------|
|------------|-------------------|--------|

| | MS (kg) | CBR (%) | K (kg/cm ²) | Konversi Balik |
|---------------------------|------------|---------|----------------------------|-------------------|
| LAPIS PERMUKAAN | | | | |
| Laston | 744 | - | - | 1.000 |
| | 590 | - | - | 0.875 |
| | 454 | - | - | 0.800 |
| | 340 | - | - | 0.750 |
| Asbuton | 744 | - | - | 0.875 |
| | 590 | - | - | 0.775 |
| | 454 | - | - | 0.700 |
| | 340 | - | - | 0.650 |
| <i>Hot rolled asphalt</i> | 340 | - | - | 0.750 |
| Aspal Makadam | 340 | - | - | 0.650 |
| Lapen (mekanis) | - | - | - | 0.624 |
| Lapen (manual) | - | - | - | 0.500 |
| LAPIS PONDASI | | | | |
| Asbuton | 590 | | | 0.650 |
| | 454 | | | 0.626 |
| | 340 | | | 0.500 |
| Lapen (mekanis) | | | | 0.575 |
| | | | | 0.475 |
| Lapen (manual) | | | | 0.375 |
| | | | | 0.475 |
| Stab tanah dengan semen | | 18 | 22 | 0.475 |
| | | | 18 | 0.375 |
| | | | 22 | 0.325 |
| Stab tanah dengan kapur | | | 18 | 0.350 |
| | | 100 | | 0.300 |
| Pondasi makadam (basah) | | 60 | | 0.350 |
| Pondasi makadam (kering) | | 100 | | 0.325 |
| Batu Pecah (kelas A) | | 80 | | 0.300 |
| Batu Pecah (kelas B) | | 60 | | |
| Batu Pecah (kelas C) | | | | |

Catatan : kekuatan tekan maksimum stabilisasi tanah dengan semen diperiksa pada hari ke-7 kekuatan tekan maksimum stabilisasi tanah dengan kapur diperiksa pada hari ke-21.

Sumber: Bina Marga, 1983

h. Untuk penggunaan kurva adalah sebagai berikut:

- Kurva kritis ($y=5,5942xe - 0.2769 \log x$) dipakai pada jalan yang mempunyai lapis permukaan selain aspal beton (AC).
- Kurva *failure* ($y=8,6685xe - 0.2769 \log x$) dipakai pada jalan yang mempunyai lapis permukaan aspal beton (AC).

2.5.4 Perancangan Tebal Perkerasan Bahu Jalan

$$HE = 20 \sqrt{\frac{P_0(1 + 0,7 \log(\mu \times n \times \eta \times \delta))}{CBR}}$$

Keterangan :

- He = h ekivalen terhadap batu pecah
 Po = lalu lintas ekivalen yang diperhitungkan
 n = lalu lintas ekivalen rencana
 μ = umur rencana
 δ = faktor drainase
 η = faktor curah hujan

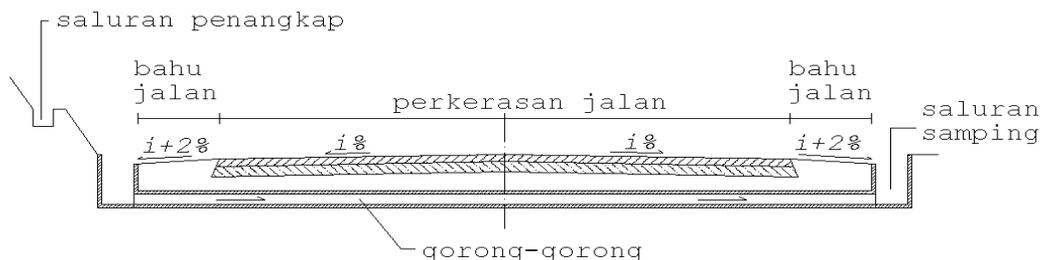
Beban kendaraan yang diperhitungkan melewati bahu jalan adalah kendaraan terberat dari lalu lintas yaitu truk 3 as 20 ton dengan beban maksimum 25 ton.

2.6 ASPEK HIDROLOGI DAN DRAINASE JALAN

Aspek hidrologi diperlukan dalam menentukan banjir rencana sehingga akan diketahui tinggi muka air banjir melalui bentuk penampang yang telah ada. Tinggi muka air banjir ini akan mempengaruhi terhadap tinggi muka jalan yang akan direncanakan.

2.6.1 Ketentuan-Ketentuan

1. Sistem drainase permukaan jalan terdiri dari : kemiringan melintang perkerasan dan bahu jalan, selokan samping, gorong-gorong dan saluran penangkap (Gambar 2.16).



Gambar 2.16 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 2.56.
 - Penampang minimum selokan samping adalah 0,50 m².

Tabel 2.56 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.

2.6.2 Curah Hujan Rencana

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 (Tc)

$$T_c = t_1 + t_2$$

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

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

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)

2.6.3 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)

Koefisien *run off* merupakan perbandingan antar jumlah limpasan dengan jumlah curah hujan. Besar kecilnya nilai koefisien limpasan ini dipengaruhi oleh kondisi topografi dan perbedaan penggunaan tanah.

Berikut ini disajikan besarnya koefisien run off menurut keadaan daerah dalam Tabel 2.57.

Tabel 2.57 Koefisien Run Off

| Kondisi daerah pengaliran dan sungai | Harga dari f |
|---|--------------|
| Daerah pegunungan yang curam | 0,75-0,9 |
| Daerah pegunungan tersier | 0,70-0,80 |
| Tanah bergelombang dan hutan | 0,50-0,75 |
| Tanah dataran yang ditanami | 0,45-0,60 |
| Persawahan yang diairi | 0,70-0,80 |
| Sungai di daerah pegunungan | 0,75-0,85 |
| Sungai kecil di dataran | 0,45-0,75 |
| Sungai besar yang lebih dari setengah daerah pengalirannya terdiri dari dataran | 0,50-0,75 |

Sumber : Hidrologi Untuk Pengaliran

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

Rumus yang digunakan :

$$Q = V * F$$

$$V = K * R^{2/3} * I^{0,5}$$

$$R = \frac{F}{O}$$

Keterangan :

Q = debit pengaliran

V = kecepatan pengaliran

K = koefisien kekasaran = 40

R = jari-jari hidrolis

I = kemiringan dasar saluran arah memanjang

F = luas penampang basah

O = keliling penampang basah

2.6.4 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 :

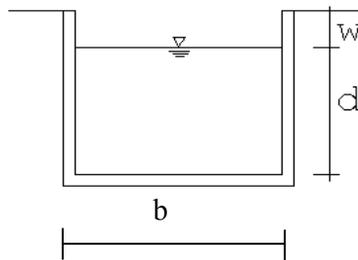
$$F_e = b \cdot d \quad \hookrightarrow \text{syarat : } b = 2 \cdot d$$

$$R = d / 2$$

Tinggi jagaan (w) untuk saluran segi empat

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

Penampang saluran samping berbentuk segi empat, dapat dilihat pada Gambar 2.17.



Gambar 2.17 Penampang Saluran Samping Bentuk Segi Empat

➤ Gorong-gorong

Rumus :

$$F_e = 0,685 \cdot D^2 \quad \hookrightarrow \text{syarat : } d = 0,8 D$$

$$P = 2 r$$

$$R = F / P$$

Keterangan :

F_e = Luas penampang basah ekonomis (m²)

b = Lebar saluran (m)

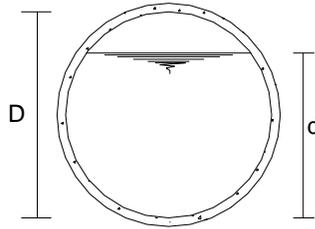
d = Kedalaman air (m)

R = Jari-jari hidrolis (m)

D = Diameter gorong-gorong (m)

r = Jari-jari gorong-gorong (m)

Penampang gorong-gorong, dapat dilihat pada Gambar 2.18.



Gambar 2.18 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

2.7 BANGUNAN PELENGKAP

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

2.7.1 Jembatan

Bagian utama dari perencanaan struktur jembatan meliputi

1. Perencanaan bangunan atas (upper structure)
2. Perencanaan bangunan bawah (sub structure)

a. Abutment

b. Pondasi

2.7.1.1 Dasar Perencanaan

Perencanaan jembatan mengacu pada Peraturan Muatan Jembatan Jalan Raya 1987 (PMJJR)

2.7.1.2 Pembebanan Jembatan

Pembebanan untuk perencanaan jembatan jalan raya merupakan dasar dalam menentukan beban-beban dan gaya-gaya untuk perhitungan tegangan-tegangan yang terjadi pada setiap bagian jembatan jalan raya. Beban-beban yang bekerja meliputi :

1. Beban primer

a. Beban mati (beban gelagar, lantai, trotoar,aspal,air hujan)

b. Beban hidup

- Beban “T” yaitu beban yang merupakan kendaraan truck yang mempunyai beban roda ganda (dual wheel load) sebesar 10 ton.
- Beban “D” yaitu beban jalur untuk gelagar, beban ini merupakan susunan beban pada setiap jalur lalu lintas yang terdiri dari beban terbagi rata sebesar “q” ton per meter panjang per jalur, dan beban garis “P” ton per jalur lalu lintas tersebut.

$$q = 2,2 \text{ t/m} \dots\dots\dots \text{untuk } L < 30 \text{ meter}$$

$$q = 2,2, \text{ t/m} - 1,1/(60(L-30)) \text{ t/m} \dots\dots\dots \text{untuk } 30 \text{ m} < L < 60 \text{ m}$$

$$q = 1,1 (1+30/L) \text{ t/m} \dots\dots\dots \text{untuk } L > 60 \text{ m}$$

L = panjang dalam meter, ditentukan oleh tipe konstruksi jembatan

- Beban pada trotoar, kerb, dan sandaran

c. Beban kejut

Untuk menentukan pengaruh-pengaruh getaran dan pengaruh-pengaruh dinamis lainnya, tegangan-tegangan akibat beban garis “P” harus dikalikan dengan koefisien kejut yang akan memberikan hasil maksimum. Koefisien kejut ditentukan dengan rumus :

$$K = 1 + \frac{20}{50 + L}$$

Dimana :

K = koefisien kejut

L = panjang bentang dalam meter

d. Gaya akibat tekanan tanah

2. Beban sekunder

a. Beban angin

- Keadaan tanpa beban hidup
- Keadaan dengan beban hidup

- b. Gaya akibat perbedaan suhu
 - c. Gaya akibat rangkai dan susut
 - d. Gaya rem
 - e. Gaya akibat gempa bumi
 - f. Gaya akibat gesekan tumpuan bergerak
3. Beban khusus
- a. Gaya sentrifugal
 - b. Gaya dan beban selama pelaksanaan
 - c. Gaya aliran air dan tumbukan benda-benda hanyutan
 - d. Gaya angkat

2.7.1.3 Kombinasi Pembebanan

Konstruksi jembatan beserta bagian-bagiannya harus ditinjau terhadap kombinasi pembebanan dan gaya yang mungkin bekerja.

Tabel 2.58 Kombinasi Pembebanan dan Gaya

| Kombinasi Pembebanan dan Gaya | Tegangan yang digunakan dalam prosen terhadap tegangan ijin keadaan elastis |
|--|---|
| I. $M + (H+K) + Ta + Tu$ | 100% |
| II. $M + Ta + Ah + Gg + A + Sr + Tm$ | 125% |
| III. $Komb\ I + Rm + Gg + A + Sr + Tm + S$ | 140% |
| IV. $M + Gh + Tag + Gg + AHg + Tu$ | 150% |

Dimana :

- A = Beban angin
- Ah = Gaya akibat aliran dan hanyutan
- Gg = Gaya gesek pada tumpuan bergerak
- Gh = Gaya horisontalekivalen akibat gempa bumi
- (H+K) = Beban hidup dengan kejut
- M = Beban mati
- Rm = Gaya rem
- S = Gaya sentrifugal
- SR = Gaya akibat susut dan rangkai
- Tm = Gaya akibat perubahan suhu (selain susut dan rangkai)
- Ta = Gaya tekanan tanah
- Tag = Gaya tekanan tanah akibat gempa bumi

Tb = Gaya tumbuk

Tu = Gaya angkat

2.7.1.4 Perencanaan Struktur

1. Beban pada bangunan atas

a. Pelat lantai jembatan

Beban yang bekerja meliputi :

- Beban mati
Berat sendiri plat, beban aspal
- Beban hidup
Beban “T”

b. Gelagar jembatan

Beban yang bekerja meliputi :

- Beban mati
Berat sendiri gelagar, berat sendiri plat, dan beban aspal serta system lainny yang dipikul oleh gelagar
- Beban hidup
Beban “D” (beban terbagi rata “q” dan beban garis “P”)

2. Beban pada bangunan bawah

a. Beban sendiri bangunan atas

- Beban mati
- Beban hidup

b. Beban bangunan bawah

- Berat sendiri abutment
- Berat tanah timbunan

c. Beban horizontal

- Akibat tekanan tanah pasif
- Akibat gaya gempa
- Akibat gaya rem
- Akibat gaya gesekan

3. Pondasi

Dari data sondir dan boring dapat dicari daya dukung tanah. Kombinasi pembebanan terbesar untuk mengontrol daya dukung yang ada. Artinya P yang timbul $< Q$ daya dukung tanah.

2.7.2 Marka Jalan

Marka jalan terdiri dari :

1. 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.
2. 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.

2.7.3 Rambu

Rambu sesuai dengan fungsinya dikelompokkan menjadi 3 jenis, yaitu:

1. 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.
2. 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.

3. Rambu Petunjuk

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