

---

## BAB II

### STUDI PUSTAKA

#### II.1 TINJAUAN UMUM

Jembatan dapat didefinisikan sebagai suatu konstruksi atau struktur bangunan yang menghubungkan rute/lintasan transportasi yang terpisah baik oleh sungai, rawa, danau, selat, saluran, jalan raya, jalan kereta api, dan perlintasan lainnya. Jenis-jenis jembatan cukup banyak tergantung dari sudut pandang yang diambil. Berdasar bahan bangunannya sendiri jembatan dapat dikelompokkan menjadi:

- a) Jembatan Kayu  
Biasanya untuk lalu lintas kecil pada bentang kecil dan kadang untuk jembatan pembantu.
- b) Jembatan pasangan batu dan batu bata  
Mulai ada jembatan pasangan batu dan batu bata sejak 5000 tahun yang lalu. Pada jembatan dengan bahan ini, struktur jembatan hanya berbentuk *beam* saja. Di Inggris jembatan dengan pasangan batu disebut *Clapper Bridge*.
- c) Jembatan Beton Bertulang  
Beton konvensional kuat terhadap tekan tetapi lemah terhadap tarik sehingga pada bagian tarikannya akan mudah retak. Untuk itu digunakan tulangan baja atau besi yang diletakkan pada bagian yang tertarik, karena baja dan besi kuat terhadap tarik.
- d) Jembatan beton prategang (*Prestressed Concrete Bridge*)  
Pada jembatan beton prategang diberikan gaya prategang awal yang dimaksudkan untuk mengimbangi tegangan yang terjadi akibat beban.
- e) Jembatan Baja  
Keuntungan dari jembatan baja adalah segi estetikanya. Pada jembatan baja umumnya menggunakan struktur rangka/*truss*.

## f) Jembatan Komposit

Jembatan komposit menggunakan dua (2) bahan yang berbeda dengan mengambil keuntungan dari kedua bahan tersebut, misal beton dengan baja.

Klasifikasi jembatan menurut bentuk strukturnya dapat dibagi menjadi :

a) Jembatan lengkung (*arch bridge*)

Yang membedakan bentuk pelengkung dengan bentuk-bentuk lainnya adalah bahwa kedua perletakan ujungnya berupa sendi sehingga pada perletakan tidak diijinkan adanya pergerakan kearah horizontal.

b) Gelagar (*beam bridge*)

Jembatan bentuk gelagar terdiri dari lebih dari satu gelagar tunggal yang terbuat dari beton, baja, atau beton prategang.

c) Jembatan *Cable-Stayed*

Menggunakan kabel sebagai pemikul lantai lalu lintas. Pada *Cable-Stayed* kabel langsung ditumpu oleh *tower*. Jembatan *Cable-Stayed* merupakan gelagar menerus dengan tower satu atau lebih yang terpasang diatas pilar-pilar jembatan ditengah bentang.

d) Jembatan Gantung (*Suspension Bridge*)

Sistem struktur dasar jembatan gantung berupa kabel utama (*main cable*) yang memikul kabel gantung (*suspension cables*). Kabel gantung inilah yang memikul gelagar utama jembatan.

e) Jembatan rangka (*Truss Bridge*)

Jembatan rangka umumnya terbuat dari baja, dengan bentuk dasar berupa segitiga. Elemen rangka dianggap bersendi pada kedua ujungnya sehingga setiap batang hanya menerima gaya aksial tekan atau tarik saja.

Secara garis besar konstruksi jembatan terdiri dari dua komponen utama yaitu bangunan atas (*super structure/upper structure*) dan bangunan bawah (*sub structure*). Bangunan atas merupakan bagian jembatan yang menerima langsung beban dari orang dan kendaraan yang melewatinya. Bangunan atas terdiri dari komponen utama yaitu lantai jembatan, rangka utama, gelagar melintang, gelagar

memanjang, diafragma, pertambahan, dan perletakan/andas. Selain itu juga terdapat komponen penunjang pada bangunan atas yaitu perlengkapan sambungan, *ralling*, pagar jembatan, drainase, dan penerangan. Bangunan bawah merupakan bagian jembatan yang menerima beban dari bangunan atas ditambah tekanan tanah dan gaya tumbukan dari perlintasan di bawah jembatan. Bangunan bawah meliputi pilar jembatan (*pier*), pangkal jembatan (*abutment*), dan pondasi.

## II.2 ASPEK KONSTRUKSI JEMBATAN

### II.2.1 Pembebanan Jembatan

Perhitungan pembebanan jembatan direncanakan dengan menggunakan aturan yang terdapat pada Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan 1992 (*BMS/Bridge Manajemen System*). Pedoman 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. Penggunaan pedoman ini dimaksudkan untuk mencapai perencanaan ekonomis sesuai kondisi setempat, tingkat keperluan, kemampuan pelaksanaan dan syarat teknis lainnya, sehingga proses perencanaan menjadi efektif.

Beban-beban yang bekerja pada jembatan berdasarkan Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan (*BMS/Bridge Management System*), meliputi :

#### 1. Beban Tetap

Adalah berat dari masing-masing bagian struktural dan elemen-elemen nonstruktural. Masing-masing berat elemen ini harus dianggap sebagai aksi yang tidak dipisahkan dan tidak boleh menjadi bagian-bagian pada waktu menerapkan faktor beban biasa dan yang berkurang. Beban tetap terdiri dari:

- a) Berat Sendiri  
Beban mati merupakan berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktural, ditambah dengan elemen non struktural yang dianggap tetap.
- b) Beban Mati Tambahan  
Adalah berat seluruh bahan yang membentuk suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen non struktural, dan mungkin umurnya berubah selama umur jembatan.
- c) Pengaruh Penyusutan dan Rangkak  
Pengaruh ini harus diperhitungkan dalam perencanaan jembatan-jembatan beton. Apabila penyusutan dan rangkak bisa mengurangi pengaruh muatan lainnya, maka harga dari rangkak dan penyusutan tersebut harus diambil minimum (misalnya pada waktu transfer dari beton prategang).
- d) Pengaruh Prategang  
Prategang harus diperhitungkan sebelum (selama pelaksanaan) dan sesudah kehilangan dalam kombinasinya dengan beban lain.
- e) Tekanan Tanah  
Bagian bangunan jembatan yang menahan tanah harus direncanakan dapat menahan tekanan tanah sesuai dengan rumus-rumus yang ada.
- f) Pengaruh Tetap Pelaksanaan  
Pengaruh tetap pelaksanaan disebabkan oleh metoda dan urutan pelaksanaan jembatan, biasanya mempunyai kaitan dengan aksi-aksi lainnya seperti prapengetangan dan berat sendiri, dan dalam hal ini pengaruh tetap harus dikombinasikan dengan aksi-aksi tersebut dengan faktor beban yang sesuai.

## 2. Beban Lalu Lintas

Beban lalu lintas adalah semua beban yang berasal dari berat kendaraan-kendaraan bergerak, dan pejalan kaki yang dianggap bekerja pada jembatan. Beban hidup pada jembatan ditinjau dalam dua macam, yaitu

beban “T” yang merupakan beban terpusat untuk lantai kendaraan dan beban “D” yang merupakan beban jalur untuk gelagar.

a) Beban Lajur “D”

Beban terbagi rata = *UDL/Uniformly Distribute Load* mempunyai intensitas  $q$  kPa, dimana besarnya  $q$  tergantung pada panjang total yang dibebani  $L$  seperti berikut:

$$q = 8,0 \text{ kPa} \dots\dots\dots \text{ untuk } L \leq 30 \text{ m}$$

$$q = 8,0 \cdot \left(0,5 + \frac{15}{L}\right) \text{ kPa} \dots\dots\dots \text{ untuk } L > 30 \text{ m}$$

dimana :

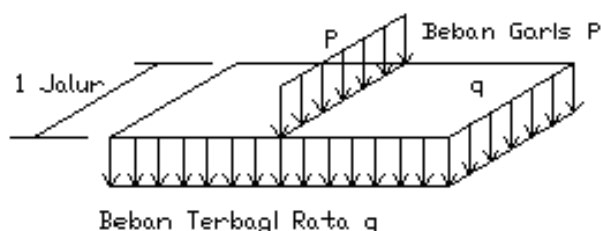
$L$  = panjang (meter), ditentukan oleh tipe konstruksi jembatan

$kPa$  = kilo paskal per jalur

Panjang yang dibebani  $L$  adalah panjang total *UDL* yang bekerja pada jembatan. *UDL* mungkin harus dipecah menjadi panjang-panjang tertentu untuk mendapatkan pengaruh maksimum pada jembatan menerus atau bangunan khusus.

Beban garis = *KEL / Knife Edge Load* dengan intensitas  $p$  kN/m harus ditempatkan tegak lurus dari arah lalu lintas pada jembatan. Besarnya intensitas  $p$  adalah 44,0 kN/m.

Beban *UDL* dan *KEL* bisa digambarkan seperti pada Gambar 2.1.



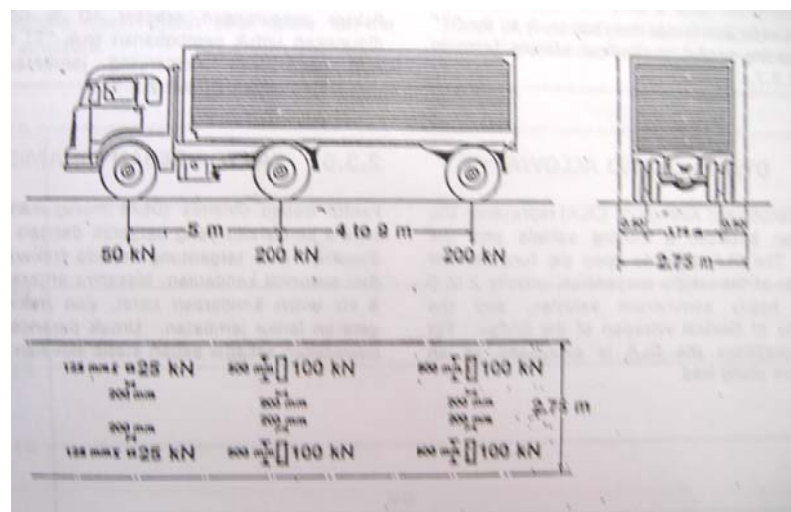
Gambar 2.1 Beban “D”

Ketentuan penggunaan beban “D” dalam arah melintang jembatan adalah sebagai berikut :

- Untuk jembatan dengan lebar lantai kendaraan sama atau lebih kecil dari 5,50 meter, beban “D” sepenuhnya (100 %) harus dibebankan pada seluruh lebar jembatan.
- Untuk jembatan dengan lebar lantai kendaraan lebih besar dari 5,50 meter, beban “D” sepenuhnya (100 %) dibebankan pada lebar jalur 5,50 meter sedang lebar selebihnya dibebani hanya separuh beban “D” (50 %).

b) Beban Truk “T”

Pembebanan truk “T” terdiri dari kendaraan truk semi trailer yang mempunyai susunan dan berat as seperti terlihat pada Gambar 2.2. Berat dari masing-masing as disebarkan menjadi 2 beban merata sama besar yang merupakan bidang kontak antara roda dengan permukaan lantai. Jarak antara 2 as tersebut bisa diubah antara 4,0 m sampai 9,0 m untuk mendapatkan pengaruh terbesar pada arah memanjang jembatan.



Sumber : BMS 1992

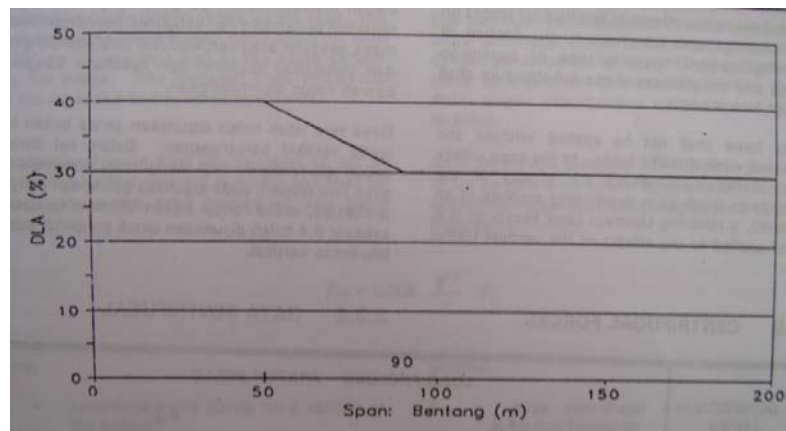
**Gambar 2.2.** Beban Truk “T”

## c) Pembebanan Lalu Lintas Yang Dikurangi

Dalam keadaan khusus dengan persetujuan instansi yang berwenang, pembebanan “D” setelah dikurangi 70 % bisa digunakan. Faktor pengurangan 70 % tidak boleh digunakan untuk pembebanan truk “T”.

## d) Faktor Beban Dinamis

Faktor Beban Dinamis (*DLA/Dinamic Load Allowance*) merupakan interaksi antara kendaraan yang bergerak dengan jembatan. Besarnya DLA tergantung pada frekuensi dasar dari suspensi kendaraan (biasanya antara 2 sampai 5 Hz untuk kendaraan berat) dan frekuensi dari getaran lentur jembatan.

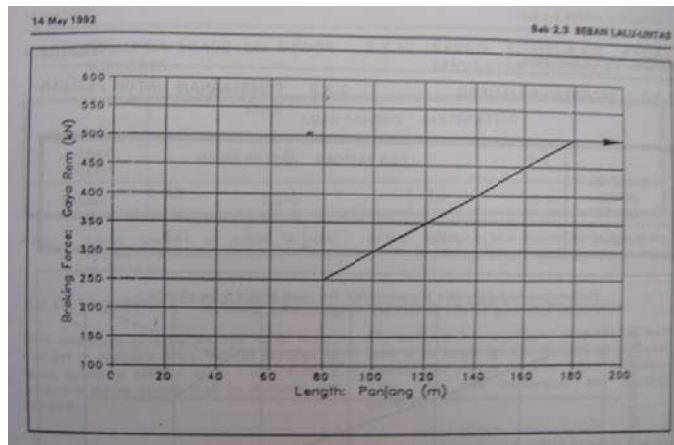


Sumber : BMS 1992

Gambar 2.3. Faktor Beban Dinamis “DLA”

## e) Gaya Rem

Pengaruh percepatan dan pengereman dari lalu lintas harus diperhitungkan sebagai gaya dalam arah memanjang, dan dianggap bekerja pada rantai kendaraan. Untuk hubungan besarnya gaya rem dan bentang jembatan bisa dilihat pada Gambar 2.4.



Sumber : BMS 1992

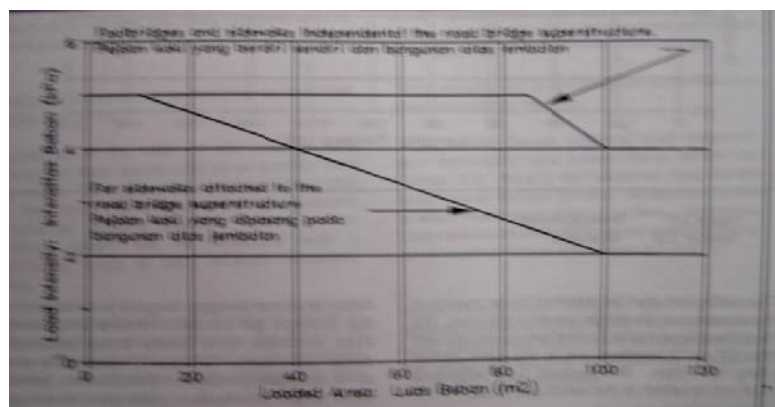
**Gambar 2.4.** Grafik Hubungan Gaya Rem dan Bentang Jembatan

f) Gaya Setrifugal

Untuk jembatan yang mempunyai lengkung horisontal harus diperhitungkan adanya gaya sentrifugal akibat pengaruh pembebanan lalu lintas untuk seluruh bagian bangunan.

g) Pembebanan untuk Pejalan Kaki

Semua elemen dari trotoar atau jembatan penyeberangan yang langsung memikul pejalan kaki harus direncanakan untuk beban nominal 5 kPa. Jembatan pejalan kaki dan trotoar pada jembatan jalan raya harus direncanakan untuk memikul beban per  $m^2$  dari luas yang dibebani.



Sumber : BMS 1992

**Gambar 2.5.** Pembebanan Pejalan Kaki



### 3. Aksi Lingkungan

Aksi lingkungan adalah beban-beban akibat pengaruh temperatur, angin, banjir, gempa, dan penyebab-penyebab alamiah lainnya. Besarnya beban rencana yang diberikan dalam tata cara ini didasarkan pada analisa statistik dari kejadian-kejadian umum yang tercatat tanpa memperhitungkan hal khusus yang mungkin akan memperbesar pengaruh setempat.

#### a) Penurunan

Jembatan harus direncanakan untuk bisa menahan terjadinya penurunan yang diperkirakan, termasuk perbedaan penurunan, sebagai aksi daya layan. Pengaruh penurunan mungkin bisa dikurangi dengan adanya rangkai dan interaksi pada struktur tanah.

#### b) Beban angin

Gaya nominal *ultimate* dan daya layan jembatan akibat angin tergantung kecepatan angin rencana sebagai berikut :

$$T_{EW} = 0,0006 C_w (V_w)^2 A_b \text{ .. kN}$$

Dimana :

$V_w$  = kecepatan angin rata-rata (m/dt) untuk keadaan batas yang ditinjau

$C_w$  = koefisien seret

$A_b$  = luas koefisien bagian samping jembatan ( $m^2$ ).

Angin harus dianggap secara merata pada seluruh bangunan atas.

Apabila suatu kendaraan sedang berada di atas jembatan, beban garis merata tambahan arah horisontal harus diterapkan pada permukaan lantai seperti diberikan dengan rumus:

$$T_{EW} = 0,0012 C_w (V_w)^2 \text{ ..... kN}$$

Dimana :

$C_w = 1,2$

## c) Pengaruh Gempa

Pengaruh gempa rencana hanya ditinjau pada keadaan batas *ultimate*.

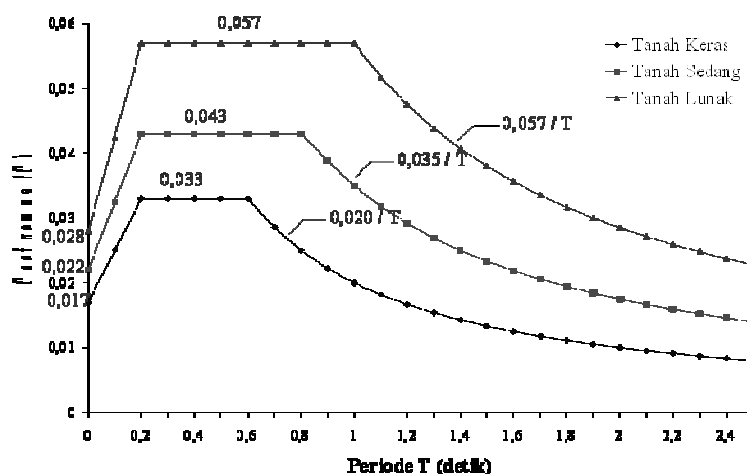
$$V = Wt \cdot C \cdot I \cdot K \cdot Z$$

dimana :

$V$  = Gaya akibat pengaruh gempa

$Wt$  = berat total jembatan yang dipengaruhi oleh percepatan gempa  
= berat bangunan atas + berat  $\frac{1}{2}$  badan abutment

$C$  = koefisien geser dasar gempa, ditentukan berdasar Gambar 2..6



Gambar 2.6 Diagram spektrum respon gempa

$T$  = waktu getar struktur (detik)

$$= 2 \pi \sqrt{(Wt / g \cdot K)}$$

$g$  = percepatan gravitasi =  $9,81 \text{ m/det}^2$

$K$  = kekakuan pilar jembatan, untuk 1 pilar  $K = \frac{3 \times EI}{L^3}$

$E$  = modulus elastisitas bahan pilar =  $200000 \text{ kg/cm}^2 = 2000000 \text{ T/m}^2$

$I$  = momen inersia penampang pilar ( $\text{m}^4$ )

$L$  = tinggi abutment (meter)

$Z$  = faktor wilayah gempa

= 1,4 ; Purworejo termasuk dalam zone gempa 3 (Rekayasa Gempa, 2004)

#### 4. Aksi – Aksi Lainnya

##### a) Gesekan Pada Perletakan

Gaya akibat gesekan pada perletakan dihitung dengan menggunakan beban tetap dan harga rata-rata dari koefisien gesekan (atau kekakuan geser apabila menggunakan perletakan elastomer).

##### b) Pengaruh Getaran

- Umum

Getaran yang diakibatkan oleh adanya kendaraan yang lewat diatas jembatan dan akibat pejalan kaki merupakan keadaan batas daya layan apabila tingkat getaran menimbulkan bahaya dan ketidaknyamanan.

- Jembatan

Satu lajur lalu lintas rencana dengan pembebanan “beban lajur D“, dengan faktor beban 1,0 harus ditempatkan sepanjang bentang agar diperoleh lendutan statis maksimum pada trotoar. Walaupun diijinkan terjadi lendutan statis yang relatif besar akibat beban hidup, perencanaan harus menjamin bahwa syarat-syarat untuk kelelahan bahan dipenuhi.

#### 5. Kombinasi Beban

##### a) Umum

Aksi rencana ditentukan dari aksi nominal yaitu mengalikan aksi nominal dengan faktor beban yang memadai. Seluruh pengaruh aksi rencana harus mengambil faktor beban yang sama, apakah itu biasa atau berkurang. Di sini keadaan paling berbahaya harus diambil.

##### b) Pengaruh Umur Rencana

Faktor beban untuk keadaan batas *ultimate* didasarkan kepada umur rencana jembatan 50 tahun. Untuk jembatan dengan umur rencana

berbeda, faktor beban *ultimate* harus diubah dengan menggunakan faktor pengali.

c) Kombinasi untuk Aksi Tetap

Seluruh aksi tetap untuk jembatan tertentu diharapkan bekerja bersama-sama. Akan tetapi apabila aksi tetap bekerja mengurangi pengaruh total, kombinasi beban harus diperhitungkan dengan memperhitungkan adanya pemindahan aksi tersebut, apabila pemindahan tersebut bisa diterima.

d) Perubahan Aksi Tetap terhadap Waktu

Beberapa aksi tetap seperti beban mati tambahan, penyusutan dan rangkai, pengaruh tegangan, dan pengaruh penurunan bisa berubah perlahan-lahan berdasarkan pada waktu.

e) Kombinasi pada Keadaan Batas Daya Layan

Terdiri dari jumlah pengaruh aksi tetap dan satu aksi *transient*. Pada keadaan batas daya layan, lebih dari satu aksi *transient* bisa terjadi secara bersamaan.

f) Kombinasi Pada Keadaan Batas *Ultimate*

Terdiri dari jumlah pengaruh aksi tetap dan satu aksi *transient*. Pada keadaan batas *ultimate*, tidak diadakan aksi *transient* lain untuk kombinasi dengan aksi gempa. Hanya satu aksi pada tingkat daya layan yang dimasukkan pada kombinasi pembebanan.

Kombinasi beban yang dipakai bisa bermacam-macam seperti terlihat pada Tabel 2-1.

**Tabel 2-1** Kombinasi Beban yang Lazim untuk Keadaan Batas

AKSI	Kombinasi Beban											
	Daya Layan						Ultimate					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
1. Aksi Tetap: berat sendiri beban mati tambahan penyusutan, rangkai prategang pengaruh pelaksanaan tetap tekanan tanah penurunan	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2. Aksi <i>Transien</i> : beban lajur "D", atau beban truk "T"	x	o	o	o	o		x	o	o	o		
3. gaya rem, atau gaya sentrifugal	x	o	o	o	o		x	o	o	o		
4. beban pejalan kaki		x						x				
5. Gesekan pada perletakan	o	o	x	o	o	o	o	o	o	o		o
6. Pengaruh temperatur	o	o	x	o	o	o	o	o	o	o		o
8. Beban angin			o	o	x	o	o		o	x		o
9. Aksi lain: gempa												x
10. Beban tumbukan												
11. Pengaruh getaran	x	x										
12. Beban pelaksanaan						x						x

Sumber : BMS 1992

Keterangan:

- x = untuk kombinasi tertentu adalah memasukkan faktor daya layan dan beban *ultimate* secara penuh
- o = memasukkan harga yang sudah diturunkan.

## II.2.2 Struktur Atas ( *Upper Structure* )

Struktur atas merupakan bagian atas suatu jembatan yang berfungsi untuk menampung beban-beban yang ditimbulkan oleh lalu lintas, orang, atau lainnya, yang kemudian menyalurkannya ke bangunan dibawahnya. Struktur atas jembatan terdiri dari :

### 1) Sandaran (*Railling*)

Sandaran merupakan pembatas pada pinggiran jembatan, sehingga memberikan rasa aman bagi pengguna jembatan yang melewatinya. Konstruksi sandaran terdiri dari :

- Tiang sandaran (*Raill post*)

Tiang sandaran biasanya terbuat dari beton bertulang untuk jembatan dengan girder beton atau profil baja. Sedangkan untuk jembatan rangka baja, tiang sandaran menyatu dengan struktur rangka tersebut.

Tiang sandaran harus direncanakan dengan beban kearah luar yang bekerja pada bagian palang, ditambah beban arah memanjang jembatan yang sama dengan 0,5 kali jumlah tersebut. Tiang sandaran juga harus direncanakan untuk menahan beban kearah dalam sebesar 0,25 kali beban kearah luar, yang bekerja secara terpisah.

- Sandaran (*Hand raill*)

Sandaran biasanya terbuat dari pipa besi, kayu, beton bertulang Sandaran untuk pejalan kaki harus direncanakan untuk dua pembebanan rencana daya layan yaitu 100 kg/m.

## 2) Trotoar

Trotoar harus direncanakan untuk menahan beban rencana *ultimate* sebesar 15 kN/meter yang bekerja sepanjang bagian atas trotoar.

## 3) Pelat Lantai

Pelat lantai berfungsi sebagai penahan lapisan perkerasan yang diasumsikan tertumpu pada dua sisi. Pembebanan pelat lantai meliputi :

- Beban mati

Beban mati terdiri dari berat sendiri pelat, berat perkerasan, dan berat air hujan

- Beban hidup

Beban hidup pada pelat lantai dinyatakan dengan beban “T”

#### 4) Gelagar Jembatan

Gelagar jembatan berfungsi untuk menerima beban-beban yang bekerja di atasnya dan menyalurkannya ke bangunan dibawahnya. Pembebanan gelagar meliputi :

- Beban mati  
Beban mati terdiri dari berat sendiri gelagar dan beban-beban yang bekerja di atasnya (pelat lantai jembatan, perkerasan, dan air hujan).
- Beban hidup  
Beban hidup pada gelagar jembatan dinyatakan dengan beban “D” atau beban jalur.

#### 5) Diafragma

Diafragma direncanakan menggunakan balok prategang . Diafragma dipasang dalam arah melintang yang menghubungkan antar balok girder.

Diafragma berfungsi sebagai pengaku antar balok girder sekaligus memikul gaya geser yang terjadi . Dengan menggunakan balok pratekan maka diafragma dapat berfungsi dengan baik sehingga balok girder dapat tetap di posisinya.

Adapun spesifikasi dari diafragma adalah sebagai berikut :

- Mutu beton : K-350
- Tinggi : 1,25 m
- Tebal : 20 cm

### II.2.3 Struktur Bawah ( *Sub Structure* )

Bangunan bawah merupakan bagian jembatan yang menerima beban dari bangunan atas ditambah tekanan tanah dan gaya tumbukan dari perlintasan di bawah jembatan, yang kemudian menyalurkannya ke tanah dasar. Struktur bawah jembatan meliputi :

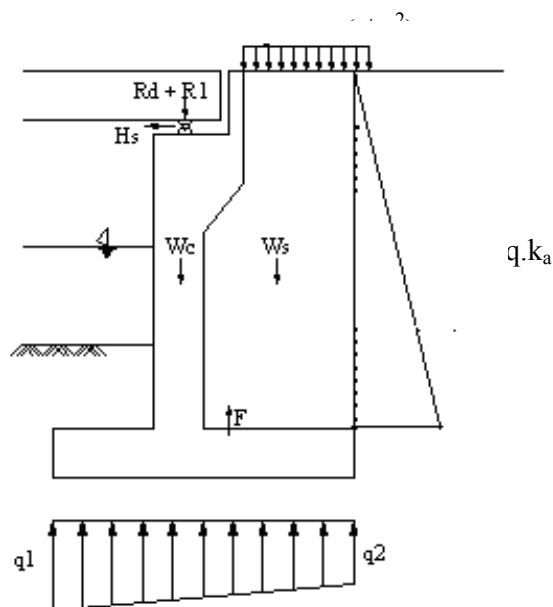
#### 1) Pangkal Jembatan (*Abutment*)

*Abutment* berfungsi untuk menyalurkan beban vertikal dan horizontal dari bangunan atas ke pondasi dengan fungsi tambahan untuk mengadakan peralihan tumpuan dari timbunan jalan pendekat ke bangunan atas jembatan. Konstruksi *abutment* harus mampu mendukung beban-beban yang bekerja, yang meliputi :

- Beban mati akibat bangunan atas (gelagar jembatan, pelat lantai jembatan, trotoar, sandaran, perkerasan, dan air hujan)
- Beban mati akibat bangunan bawah (berat sendiri *abutment*, berat tanah timbunan, dan gaya akibat tekanan tanah)
- Beban hidup akibat bangunan atas (beban merata, beban garis, dan beban hidup pada trotoar)
- Beban sekunder (gaya rem, gaya gempa, dan gaya gesekan akibat tumpuan yang bergerak)

Gaya-gaya yang bekerja pada *abutment* bisa dilihat pada Gambar 2.7.





**Gambar 2.7** Gaya-gaya yang bekerja pada *abutment*

keterangan :

$R_l$  = beban hidup akibat bangunan atas (T/m)

$R_d$  = beban mati akibat bangunan atas (T/m)

$H_s$  = gaya horisontal akibat beban sekunder (T/m)

$q$  = beban pembebanan (T/m<sup>2</sup>)

$P_a$  = gaya tekanan tanah (T/m)

$W_c$  = beban mati akibat berat sendiri *abutment* (T/m)

$W_s$  = beban mati akibat berat tanah timbunan (T/m)

$F$  = gaya angkat (T/m)

$q_1, q_2$  = reaksi pada tanah dasar (T/m<sup>2</sup>)

## 2. Pondasi

Pondasi berfungsi untuk menyalurkan beban-beban terpusat dari bangunan bawah ke dalam tanah pendukung dengan cara sedemikian rupa, sehingga hasil tegangan dan gerakan tanah dapat dipikul oleh struktur secara keseluruhan. Evaluasi pondasi dilakukan dengan membandingkan beban-beban yang bekerja terhadap dimensi pondasi dan daya dukung tanah dasar (*Teknik Pondasi 1, 2002*).

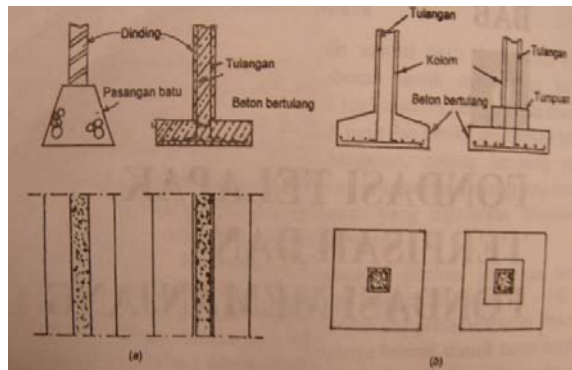
Beban-belan yang bekerja pada pondasi meliputi :

- Beban terpusat yang disalurkan dari bangunan bawah
- Berat merata akibat berat sendiri pondasi
- Beban momen.

Pondasi yang bisa dipilih dalam suatu perencanaan jembatan adalah:

a) Pondasi Dangkal (Pondasi Telapak)

Hitungan kapasitas dukung maupun penurunan pondasi telapak terpisah dan diperlukan untuk kapasitas dukung ijin ( $q_a$ )



Sumber : Teknik Pondasi 1

**Gambar 2.8** Contoh-contoh bentuk pondasi (a) pondasi memanjang, (b) pondasi telapak terpisah

Perancangan didasarkan pada momen-momen tegangan geser yang terjadi akibat tekanan sentuh antara dasar pondasi dan tanah. Oleh karena itu besar distribusi tekanan sentuh pada dasar pondasi harus diketahui. Dalam analisis, dianggap bahwa pondasi sangat kaku dan tekanan pondasi didistribusikan secara linier pada dasar pondasi. Jika resultan berimpit dengan pusat berat luasan pondasi, tekanan dasar pondasi dapat dianggap disebarkan sama ke seluruh luasan pondasi. Pada kondisi ini, tekanan yang terjadi pada dasar pondasi adalah:

$$q = \frac{P}{A}$$

dengan :

$q$  = tekanan sentuh (tekanan pada dasar pondasi,  $\text{kN/m}^2$ )

$P$  = beban vertikal (kN)

$A$  = luasan dasar pondasi ( $\text{m}^2$ )

Jika resultan beban-beban eksentris dan terdapat momen lentur yang harus didukung pondasi, momen-momen ( $M$ ) tersebut dapat digantikan dengan beban vertikal ( $P$ ) yang titik tangkap gayanya pada jarak  $e$  dari pusat berat pondasi dengan:

$$e = \frac{M}{P}$$

Bila beban eksentris 2 arah, tekanan pada dasar pondasi dihitung dengan persamaan:

$$q = \frac{P}{A} \pm \frac{M_x y_0}{I_x} \pm \frac{M_y x_0}{I_y} \dots\dots\dots \text{persamaan } *$$

Dengan :

$q$  = tekanan pada dasar pondasi pada titik  $(x_0, y_0)$

$P$  = jumlah tekanan

$A$  = luas dasar pondasi

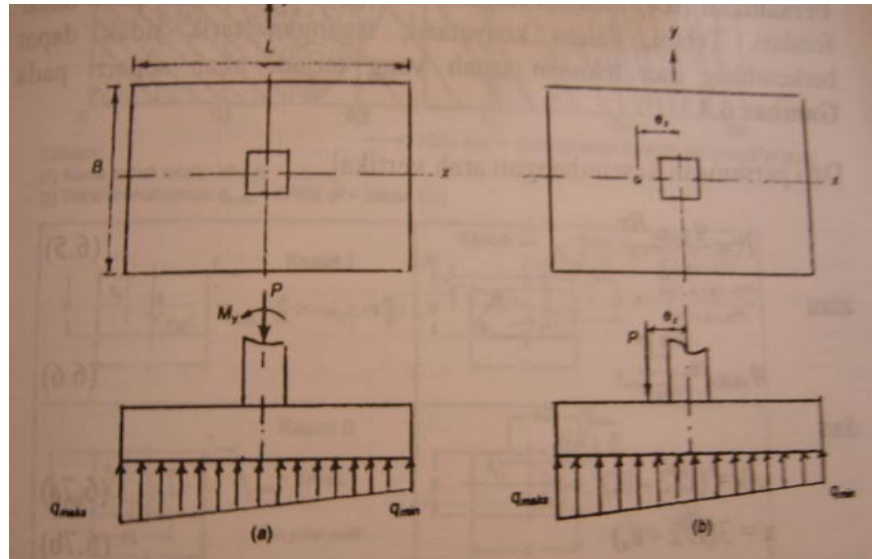
$M_x, M_y$  = berturut-turut, momen terhadap sumbu  $x$ , sumbu  $y$

$I_x, I_y$  = momen inersia terhadap sumbu  $x$  dan sumbu  $y$ .

$x_0$  = jarak dari titik berat pondasi ketitik dimana tegangan kontak dihitung sepanjang respektif sumbu  $y$ .

$y_0$  = jarak dari titik berat pondasi ketitik dimana tegangan kontak dihitung sepanjang respektif sumbu  $x$ .

Gaya-gaya dan tegangan yang terjadi pada pondasi bisa dilihat pada Gambar 2.9



Sumber : Teknik Pondasi 1

**Gambar 2.9** Gaya-gaya dan tegangan yang terjadi pada pondasi (a) bidang momen, (b) bidang momen digantikan dengan beban eksentris.

Untuk pondasi yang berbentuk persegi panjang, persamaan :

$$q = \frac{P}{A} \pm \frac{M_x y_0}{I_x} \pm \frac{M_y x_0}{I_y} \text{ dapat diubah menjadi:}$$

$$q = \frac{P}{A} \left[ 1 \pm \frac{6e_L}{L} \pm \frac{6e_B}{B} \right]$$

dengan  $e_x = e_L$  dan  $e_y = e_B$  berturut-turut adalah eksentrisitas searah L dan B, dengan L dan B berturut-turut adalah panjang dan lebar pondasi.

Besarnya daya dukung *ultimate* tanah dasar dapat dihitung dengan persamaan :

$$\sigma_{ult} = c.N_c + \gamma.D_f.N_q + 0,5.\gamma.B.N_\gamma$$

dimana :

$\sigma_{ult}$  = daya dukung *ultimate* tanah dasar ( $T/m^2$ )

$c$  = kohesi tanah dasar ( $T/m^2$ )

$\gamma$  = berat isi tanah dasar ( $T/m^3$ )

$B$  = lebar pondasi (meter)

$D_f$  = kedalaman pondasi (meter)

$N_\gamma, N_q, N_c$  = faktor daya dukung Terzaghi

Besarnya daya dukung ijin tanah dasar :

$$\sigma_{ijin} = \frac{\sigma_{ult}}{SF}$$

dimana :

$\sigma_{ijin}$  = daya dukung ijin tanah dasar ( $T/m^2$ )

$\sigma_{ult}$  = daya dukung *ultimate* tanah dasar ( $Tt/m^2$ )

$SF$  = faktor keamanan ( $SF=3$  biasanya dipakai jika  $C > 0$ )

Hasil evaluasi terhadap kegagalan yang terjadi pada pondasi dijadikan dasar untuk menentukan langkah-langkah penanganan yang tepat, dengan memperhatikan faktor-faktor keamanan, kenyamanan, kemudahan pelaksanaan, dan ekonomi.

#### b) Pondasi Dalam

Terdiri dari beberapa macam yaitu :

- Pondasi sumuran
  - Tekanan konstruksi ke tanah < daya dukung tanah pada dasar sumuran
  - Aman terhadap penurunan yang berlebihan, gerusan air dan longsoran tanah
  - Diameter sumuran  $\geq 1,50$  meter
  - Cara galian terbuka tidak disarankan
  - Kedalaman dasar pondasi sumuran harus dibawah gerusan maksimum
  - Biasanya digunakan sebagai pengganti pondasi tiang pancang apabila lapisan pasir tebalnya  $> 2,00$  m dan lapisan pasirnya cukup padat.
  - Menentukan daya dukung pondasi:

$$\begin{aligned} \text{Rumus: } \mathbf{Pult} &= \mathbf{Rb} + \mathbf{Rf} \\ &= \mathbf{Qdb \cdot Ab} + \mathbf{fs \cdot As} \end{aligned}$$

dimana:

$Pult$  = daya pikul tiang

$Rb$  = gaya perlawanan dasar

$Rf$  = gaya perlawanan lekat

$Qdb$  = *point bearing capacity*

$fs$  = lekatan permukaan

$Ab$  = luas ujung (tanah)

$As$  = luas permukaan

- Persamaan teoritis

Rumus:

$$\mathbf{Pu} = nR^2(1,3 * C * Nc + \gamma * Df * Nq + 0,6 * \gamma * R * N\gamma) + 2\pi * R * Df * \alpha * Cs)$$

dimana:

$c$  = kohesi tanah dasar ( $T/m^2$ )

$\gamma$  = berat isi tanah dasar ( $T/m^3$ )

$Cs$  = rata – rata kohesi sepanjang  $Df$

$Df$  = kedalaman pondasi (meter)

$N\gamma, Nq, Nc$  = faktor daya dukung Terzaghi

$Df$  = kedalaman sumur (m)

$R$  = jari – jari sumuran

- Pondasi *bore pile*
  - Tekanan konstruksi ke tanah < daya dukung tanah pada dasar sumuran
  - Aman terhadap penurunan yang berlebihan, gerusan air, dan longsoran tanah
  - Diameter *bore pile*  $\geq 0,50$  meter

- Rumus:

$$P_u = \frac{9 * C_b * A_b + 0,5 * \pi * d * C_s * L_s}{F_s}$$

Dimana:

$C_b$  = kohesi tanah pada base

$A_b$  = luas base

$d$  = diameter *pile*

$C_s$  = kohesi pada selubung *pile*

$L_s$  = panjang selubung *pile*

$F_s$  = 2,5 – 4,0

- Pondasi tiang pancang

Merupakan jenis pondasi dengan tiang yang dipancang ke dalam tanah untuk mencapai lapisan daya dukung tanah rencana dengan ketebalan tanah lunak > 8 meter dari dasar sungai terdalam atau dari permukaan tanah setempat dan dalam hal jika jenis pondasi sumuran diperkirakan sulit dalam pelaksanaan.

Dasar perhitungan dapat didasarkan pada daya dukung persatuan tiang maupun daya dukung kelompok tiang.

Persyaratan teknik pemakaian pondasi jenis ini adalah :

- Kapasitas daya dukung tiang terdiri dari point bearing serta tahanan gesek tiang.
- Lapisan tanah keras berada > 8 meter dari muka tanah setempat atau dari dasar sungai terdalam.
- Jika gerusan tidak dapat dihindari yang dapat mengakibatkan daya dukung tiang dapat berkurang, maka harus diperhitungkan pengaruh tekuk dan reduksi gesekan antara tiang dan tanah sepanjang kedalaman gerusan.
- Jarak as tiang tidak boleh kurang dari 3 kali garis tengah tiang yang dipergunakan.
- Daya dukung ijin dan faktor keamanan.

Perhitungan daya dukung tiang pancang Tunggal

a) Kekuatan bahan tiang

$$P_{\text{tiang}} = \sigma'_{\text{bahan}} \times A_{\text{tiang}}$$

Dimana :

DiameterTiang (D)

$\sigma'_{\text{bk}}$  = kekuatan tekan beton

$\sigma'_{\text{b}}$  = Tegangan maksimum ijin (kg/cm<sup>2</sup>)

b) Daya dukung Tanah berdasarkan Data Sondir

Rumus Boegeymen :

$$P_{\text{tiang}} = \frac{A_{\text{tiang}} * q_c}{3} + \frac{K_{II} * JHP}{5}$$

$$q_c = \frac{q_{cu} + q_{cb}}{2}$$

$q_{cu}$  : qonus resistance rata-rata 8D di atas ujung tiang

$q_{cb}$  : rata-rata perlawanan qonus setebal 4D di bawah tiang

c) Daya dukung Tanah berdasarkan Data N-SPT

- *Mayerhoff*

$$Q = 40 * N_b * A_b + 0,2 * N * A_s$$

Dimana :

Q = Daya dukugn batas pondasi tiang pancang (ton)

$N_b$  = Nilai N-SPT Pada dasar tiang

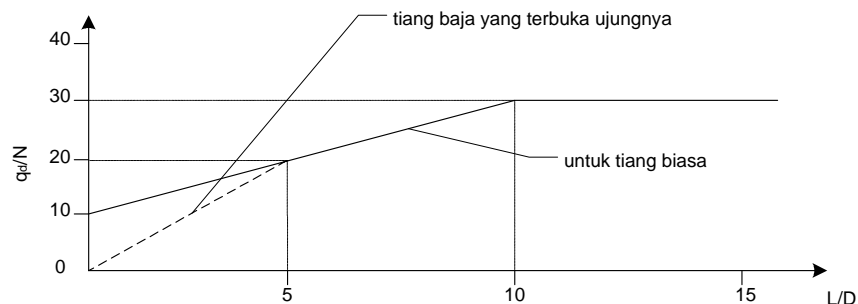
$A_b$  = Luas penampang dasar tiang

N = Nilai N-SPT rata rata

$A_s$  = Luas selimut tiang



- *Metode Japan Road Association*



**Gambar 2.10** Diagram Perhitungan Intensitas Daya Dukung Ultimate Tanah Pondasi Pada Ujung Tiang

Dimana :

$$N = \text{harga N-SPT rata-rata ujung tiang} = \frac{N_1 + N_2}{2}$$

$N_1$  = harga N pada ujung tiang

$N_2$  = harga N pada jarak  $4D$  di atas ujung tiang

$L$  = panjang penetrasi 2 m

$D$  = diameter tiang  $\frac{L}{D}$

Konfigurasi Tiang Pancang

Jarak antar tiang  $s$  :  $2,5D < S < 4D$

Efisiensi Daya Dukung tiang Gabungan (pile group)

$$E = 1 - \emptyset \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90.m.n}$$

$$\emptyset = \text{arc tan } \frac{D}{S}$$

Dimana :

$D$  = Diameter dari tiang

$S$  = Jarak antar tiang

$n$  = jumlah kolom dalam susunan tiang

$m$  = jumlah baris

Kombinasi daya dukung untuk satu kelompok tiang ditunjukkan pada Tabel sebagai berikut :

Kombinasi	Tegangan yang digunakan dalam % terhadap tegangan elastis
I. M +HK+Ta+Ah	100%
II.M+H+F+A+SR+Tm	125%
III.I+R+F+A+SR+Tm	140%
IV.M+Ta+Ah+Gp	150%

Dimana :

M = Beban mati

HK = Beban hidup dengan kejut

Ta = Gaya Tekanan Tanah

Ah = Gaya akibat hanyutan

F = Gaya gesek pada tumbukan

A = Beban angin

SR = Gaya akibat susut dan rangkai

Tm = Gaya akibat perubahan suhu

R = Gaya rem

Gp = Gempa

#### Daya dukung tiang pancang Maksimum

perhitungan kombinasi :

$$P = \frac{V}{n} \pm \frac{M \cdot x}{ny \cdot \sum x^2} \pm \frac{M \cdot y}{nx \cdot \sum y^2}$$

Dimana :

V = beban vertikal maksimum

M = Momen maksimal yang bekerja

x = Lengan arah x maksimum

y = Lengan arah y maksimum

n = Jumlah tiang pancang

ny = jumlah tiang dalam satu baris (arah y)

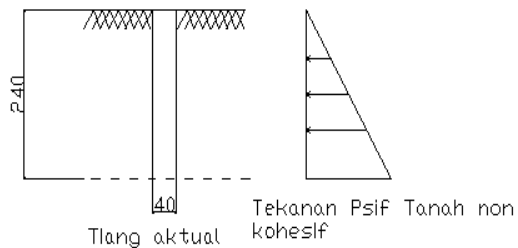
$n_x$  = jumlah tiang dalam satu baris (arah x)

Syarat  $P_{max} < P_{ull}$

### Kapasitas Lateral Ultimate dari Tiang Vertikal Tunggal

#### - Cara Empirik (*Ontario Code*)

Menyebutkan bahwa ketahanan lateral dari tiang tunggal yang tertahan dalam kelompok tiang tunggal adalah ketahanan dari tiang dengan dimensi ekuivalen yaitu kedalaman sebesar 6 D aktual tiang.



**Gambar 2.11** Tekanan Pasif Tanah non kohesif

$$Q_{ull} = 54 * k_p * \gamma_s * D^3$$

Dimana :

$$K_p = \tan^2 (45 + \phi/2)$$

$Q_u$  = daya dukung ultimate tiang

$D$  = Diameter dari tiang

## II.3 ASPEK LALU LINTAS

### II.3.1 Klasifikasi Fungsional Jalan

Seperti dalam peraturan pemerintah No. 26 Tahun 1985 pasal 4 dan 5, jaringan jalan berdasarkan fungsinya diklasifikasikan dalam beberapa jenis yaitu :

- Sistem Jaringan Jalan Primer

Sistem Jaringan Jalan Primer disusun mengikuti ketentuan pengaturan tata ruang dan struktur pengembangan wilayah tingkat nasional, yang menghubungkan simpul-simpul jasa distribusi sebagai berikut :

- Dalam satuan wilayah pengembangan menghubungkan secara menerus kota jenjang kesatu, kota jenjang kedua, kota jenjang ketiga, dan kota jenjang di bawahnya.
- Menghubungkan kota jenjang kesatu dengan kota jenjang kesatu antar satuan wilayah pengembangan.

Fungsi jalan dalam sistem jaringan jalan primer dibedakan sebagai berikut

a. Jalan Arteri Primer

Jalan Arteri Primer menghubungkan kota jenjang kesatu yang terletak berdampingan atau menghubungkan kota jenjang kesatu dengan kota jenjang kedua.

b. Jalan Kolektor Primer

Jalan Kolektor Primer menghubungkan kota jenjang kedua dengan kota jenjang kedua atau menghubungkan kota jenjang kedua dengan kota jenjang ketiga.

c. Jalan Lokal Primer

Jalan Lokal Primer menghubungkan kota jenjang kesatu dengan menghubungkan kota jenjang kedua dengan menghubungkan kota jenjang ketiga dengan kota jenjang ketiga, kota jenjang ketiga dengan kota jenjang dibawahnya.

d. Jalan Lingkungan

Jalan lingkungan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dengan ciri perjalanan jarak dekat, dan kecepatan rata-rata rendah. Jalan lingkungan primer merupakan jalan lingkungan dalam skala wilayah tingkat lingkungan seperti di kawasan perdesaan di wilayah kabupaten

- Sistem Jaringan Jalan Sekunder

Sistem Jaringan Jalan Sekunder disusun mengikuti ketentuan pengaturan tata ruang kota yang menghubungkan kawasan-kawasan yang mempunyai fungsi primer, fungsi sekunder kesatu, fungsi sekunder kedua, fungsi sekunder ketiga dan seterusnya sampai ke perumahan.

Fungsi jalan dalam sistem jaringan jalan sekunder dibedakan sebagai berikut:

- a. Jalan Arteri Sekunder

Jalan Arteri Sekunder menghubungkan kawasan primer dengan kawasan sekunder kesatu atau menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan kawasan sekunder kesatu atau menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan kawasan sekunder kedua, sedang fungsi lainnya adalah sebagai alternatif dari jalan arteri primer

- b. Jalan Kolektor Sekunder

Jalan Kolektor Sekunder menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder kedua atau menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder ketiga.

- c. Jalan Lokal Sekunder

Jalan Lokal Sekunder menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan perumahan, menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan perumahan, kawasan sekunder ketiga dan seterusnya sampai ke perumahan.

- d. Jalan Lingkungan Sekunder

Jalan lingkungan sekunder merupakan jalan lingkungan dalam skala perkotaan seperti di lingkungan perumahan, perdagangan, dan pariwisata di kawasan perkotaan.

**Tabel 2-2** Klasifikasi menurut kelas jalan**a. Jalan tipe I**

Fungsi		Kelas
Primer	Arteri	1
	Kolektor	2
Sekunder	Arteri	2

Sumber : Standar Perencanaan Geometrik Untuk Jalan Perkotaan 1992

**b. Jalan tipe II**

Fungsi	LHRT (satuan SMP/2 arah/hari)	Kelas	
Primer	Arteri	1	
	Kolektor	>10.000	1
		< 10.000	2
Sekunder	Arteri	> 20.000	1
		< 20.000	2
	Kolektor	> 6.000	2
		< 6.000	3
	Jalan lokal	> 500	3
		< 500	4

Sumber : Standar Perencanaan Geometrik Untuk Jalan Perkotaan 1992

**II.3.2 Volume Lalu Lintas (Q)**

Volume lalu lintas merupakan jumlah kendaraan yang melewati satu titik tertentu dari suatu segmen jalan selama waktu tertentu (Edward, 1978). Dinyatakan dalam satuan kendaraan atau satuan mobil penumpang (smp). Sedangkan volume lalu lintas rencana (VLHR) adalah perkiraan volume lalu lintas harian pada akhir tahun rencana lalu lintas dan dinyatakan dalam smp/hari. Satuan volume lalu lintas yang umum dipergunakan sehubungan dengan penentuan jumlah dan lebar lajur adalah :

## a) Lalu Lintas Harian Rata-rata

Lalu lintas harian rata-rata adalah volume lalu lintas rata-rata dalam satu hari. Dari cara memperoleh data tersebut dikenal 2 jenis lalu lintas harian rata-

rata yaitu lalu lintas harian rata-rata tahunan (LHRT) dan lalu lintas harian rata-rata (LHR). LHRT adalah jumlah lalu lintas kendaraan rata-rata yang melewati satu jalur jalan selama 24 jam dan diperoleh dari data selama satu tahun penuh.

$$LHRT = \frac{\text{Jumlah Lalu Lintas Dalam Satu Tahun}}{365 \text{ Hari}}$$

Pada umumnya lalu lintas jalan raya terdiri dari campuran kendaraan berat dan kendaraan ringan, cepat atau lambat, motor atau tak bermotor, maka dalam hubungannya dengan kapasitas jalan (jumlah kendaraan maksimum yang melewati 1 titik/1 tempat dalam satuan waktu) mengakibatkan adanya pengaruh dari setiap jenis kendaraan tersebut terhadap keseluruhan arus lalu lintas. Pengaruh ini diperhitungkan dengan mengekivalenkan terhadap kendaraan standart.

#### b) Volume Jam Rencana

Volume jam perencanaan (VJP) adalah prakiraan volume lalu lintas pada jam sibuk rencana lalu lintas dan dinyatakan dalam smp/jam. Arus rencana bervariasi dari jam ke jam berikut dalam satu hari, oleh karena itu akan sesuai jika volume lalu lintas dalam 1 jam dipergunakan. Volume 1 jam yang dapat digunakan sebagai VJP haruslah sedemikian rupa sehingga :

- Volume tersebut tidak boleh terlalu sering terdapat pada distribusi arus lalu lintas setiap jam untuk periode satu tahun.
- Apabila terdapat volume lalu lintas per jam yang melebihi VJP, maka kelebihan tersebut tidak boleh mempunyai nilai yang terlalu besar.
- Volume tersebut tidak boleh mempunyai nilai yang sangat besar, sehingga akan menyebabkan jalan menjadi lenggang.

VJP dapat di hitung dengan rumus :

$$VJP = LHRT \times k$$

Dimana :

LHRT : Lalu lintas harian rata-rata tahunan (kend/hari)

Faktor K : Faktor konversi dari LHRT menjadi arus lalu lintas jam puncak

**Tabel 2-3** Penentuan Faktor K

Lingkungan Jalan	Jumlah Penduduk Kota	
	> 1 Juta	≤ 1 Juta
Jalan didaerah komersial dan jalan arteri	0,07 – 0,08	0,08 – 0,10
Jalan di daerah pemukiman	0,08 – 0,09	0,09 – 0,12

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI), 1997

### Arus dan Komposisi Lalu Lintas

Arus lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melalui suatu titik pada ruas jalan tertentu persatuan waktu, yang dinyatakan dalam kend/jam ( $Q_{kend}$ ) atau smp/jam ( $Q_{smp}$ ). Pada MKJI 1997, nilai arus lintas ( $Q$ ) mencerminkan komposisi lalu lintas. Semua nilai arus lalu lintas (per arah dan total) di konversikan menjadi satuan mobil penumpang (smp) dengan menggunakan ekivalensi mobil penumpang (emp) yang diturunkan secara empiris untuk tipe kendaraan sebagai berikut :

**Tabel 2-4** Pembagian Tipe Kendaraan

Tipe Kendaraan	Kode	Karakteristik Kendaraan
Kendaraan ringan	LV	Kendaraan bermotor beroda empat dengan gandar berjarak 2-3 m (termasuk kendaraan penumpang, oplet, mikro bis, pick up dan truk kecil)
Kendaraan Berat Menengah	MHV	Kendaraan bermotor dengan dua gandar yang berjarak 3,5 – 5 m (termasuk bis kecil, truk dua as dengan enam roda)
Truk besar	LT	Truk tiga gandar dan truk kombinasi dengan jarak antar gandar < 3,5 m
Bis besar	LB	Bis dengan dua atau tiga gandar dengan jarak antar gandar 5-6 m
Sepeda motor	MC	Sepeda motor dengan dua atau tiga roda (meliputi sepeda motor dan kendaraan roda tiga)
Kendaraan Tak Bermotor	UM	Kendaraan bertenaga manusia atau hewan diatas roda (meliputi sepeda, becak, kereta kuda dan kereta dorong)

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI), 1997



## c) Nilai Konversi Kendaraan

Dalam MKJI,1997 definisi dari emp (ekivalensi mobil penumpang) adalah faktor yang menunjukkan berbagai tipe kendaraan dibandingkan kendaraan ringan sehubungan dengan pengaruhnya terhadap kecepatan kendaraan ringan dalam arus lalu lintas (untuk mobil penumpang dan kendaraan ringan yang sasisnya mirip, emp = 1.0) dan definisi dari smp (satuan mobil penumpang) adalah satuan untuk arus lalu lintas dimana arus berbagai tipe kendaraan diubah menjadi arus kendaraan ringan (termasuk mobil penumpang) dengan menggunakan emp. Semua nilai arus lalu lintas (per arah dan total) diubah menjadi satuan mobil penumpang (smp) dengan menggunakan ekivalensi mobil penumpang (emp) yang diturunkan secara empiris untuk tipe kendaraan berikut (berdasarkan MKJI, 1997):

- a) Kendaraan ringan (HV) meliputi mobil penumpang, minibus, *pick up*, *truk* kecil dan jeep atau kendaraan bermotor dua as beroda empat dengan jarak as 2.0 – 3.0 m (klasifikasi Bina Marga)
- b) Kendaraan berat (HV) meliputi truck dan bus atau kendaraan bermotor dengan jarak as lebih dari 3.50 m, biasanya beroda lebih dari 4 (klasifikasi Bina Marga).
- c) Sepeda motor (MC) merupakan kendaraan bermotor beroda dua atau tiga (klasifikasi Bina Marga).

Menentukan ekivalensi mobil penumpang (emp) berdasarkan MKJI, 1997, seperti yang terlihat pada tabel 2-5 berikut ini.

**Tabel 2-5** emp untuk Jalan Perkotaan Tak Terbagi

Tipe jalan : Tak terbagi	Arus lalu lintas total dua arah (kend/jam)	Emp		
		HV	MC	
			Lebar jalur lalu lintas $W_c$ (m)	
$\leq 6$	$> 6$			
Dua jalur, tak terbagi (2/2 UD)	0	1.3	0.50	0.40
	$\geq 1800$	1.2	0.35	0.25
Empat jalur, tak terbagi (4/2 UD)	0	1.3	0.40	
	$\geq 1800$	1.2	0.25	

Sumber : MKJI,1997

Tabel 2-6 emp untuk Jalan Perkotaan Terbagi dan Satu Arah

Tipe jalan : Jalan satu arah dan jalan terbagi	Arus lalu lintas perla- jur (kend/jam)	Emp	
		HV	MC
Dua lajur, satu arah (2/1) dan Empat lajur terbagi (4/2 D)	0 ≥ 1800	1.3 1.2	0.40 0.25
Tiga lajur satu arah (3/1) dan Enam lajur terbagi (6/2 D)	0 ≥ 1800	1.3 1.2	0.40 0.25

Sumber : MKJI, 1997

#### d) Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana adalah kecepatan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan yang memungkinkan kendaraan-kendaraan bergerak dengan aman dan nyaman dalam kondisi cuaca yang cerah, lalu lintas yang lenggang dan pengaruh samping jalan yang tidak berarti.

Faktor-faktor yang mempengaruhi penentuan besarnya kecepatan rencana adalah :

- Keadaan medan (*Terrain*)

Untuk menghemat biaya tentu saja perencanaan jalan sebaiknya disesuaikan dengan keadaan medan. Sebaliknya fungsi jalan seringkali menuntut perencanaan jalan tidak sesuai dengan kondisi medan dan sekitar, hal ini dapat menyebabkan tingginya volume pekerjaan tanah. Keseimbangan antara fungsi jalan dan keadaan medan akan menentukan biaya pembangunan jalan tersebut. Untuk jenis medan datar, kecepatan rencana lebih besar dari pada jenis medan perbukitan atau pegunungan dan kecepatan rencana jenis medan perbukitan lebih besar daripada jenis medan pegunungan. Klasifikasi menurut medan jalan untuk perencanaan geometrik dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

**Tabel 2-7** Klasifikasi menurut medan jalan

No	Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan
1	Datar	D	<3
2	Perbukitan	B	3-25
3	Pegunungan	G	>25

*Sumber : Standart Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan, 1997*

- Sifat dan Penggunaan Daerah

Kecepatan rencana yang diambil akan lebih besar untuk jalan luar kota daripada jalan perkotaan. Jalan dengan volume lalu lintas tinggi dapat direncanakan dengan kecepatan tinggi, karena penghematan biaya operasi kendaraan dan biaya lainnya dapat mengimbangi tambahan biaya akibat diperlukannya tambahan biaya untuk pembebasan tanah dan biaya konstruksinya. Tapi sebaliknya jalan dengan volume lalu lintas rendah tidak dapat direncanakan dengan kecepatan rendah, karena pengemudi memilih kecepatan bukan berdasarkan volume lalu lintas saja, tetapi juga berdasarkan batasan fisik, yaitu sifat kendaraan pemakai jalan dan kondisi jalan.

**Tabel 2-8** Penentuan Kecepatan Rencana

Tipe	Kelas	Kecepatan Rencana (km/jam)
Tipe I	Kelas 1	100 ; 80
	Kelas 2	80 ; 60
Tipe II	Kelas 1	60
	Kelas 2	60;50
	Kelas 3	40;30
	Kelas 4	30;20

*Sumber : Standar Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan, 1992*

### II.3.3 Kecepatan Arus Bebas

Kecepatan arus bebas (FV) didefinisikan sebagai kecepatan pada tingkat arus nol, yaitu kecepatan yang akan dipilih pengemudi jika

mengendarai kendaraan bermotor tanpa dipengaruhi oleh kendaraan lain di jalan.

Persamaan untuk menentukan kecepatan arus bebas adalah :

$$FV = (FV_o + FV_w) \times FFV_{SF} \times FFV_{CS}$$

Dimana :

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

$FV_o$  = kecepatan arus bebas dasar kendaraan ringan pada jalan yang diamati (km/jam)

$FV_w$  = faktor penyesuaian kecepatan arus bebas untuk lebar jalan (km/jam)

$FFV_{SF}$  = faktor penyesuaian kecepatan arus bebas untuk hambatan samping dan lebar bahu atau jarak kerb penghalang

$FFV_{CS}$  = faktor Penyesuaian kecepatan arus bebas untuk ukuran kota

- Kecepatan arus bebas dasar kendaraan ringan pada jalan diamati

**Tabel 2-9** Kecepatan Arus Bebas Dasar  $FV_o$  Untuk Jalan Perkotaan

Tipe Jalan	Kecepatan arus bebas dasar $FV_o$ (km/jam)			
	Kendaraan ringan LV	Kendaraan berat HV	Sepeda motor MC	Semua kendaraan rata-rata
Enam lajur, terbagi (6/2 D) atau Tiga lajur, satu arah (3/1)	61	52	48	54
Empat lajur, terbagi (4/2 D) atau Dua lajur, satu arah (2/1)	57	50	47	55
Empat lajur, tak terbagi (4/2 UD)	53	46	43	51
Dua lajur, tak terbagi (4/2 UD)	44	40	40	42

Sumber : MKJI, 1997

- Penyesuaian Kecepatan Arus Bebas untuk Lebar Jalan

**Tabel 2-10** Penyesuaian Untuk Pengaruh Lebar Jalur Lalu Lintas ( $FV_w$ ) pada Kecepatan Arus Bebas Kendaraan Ringan Untuk Jalan Perkotaan

Tipe jalan	Lebar jalur lalu lintas efektif ( $W_e$ )(m)	$FV_w$ (km/jam)
Empat lajur, terbagi atau Jalan satu arah	Per lajur	
	3.00	-4
	3.25	-2
	3.50	0
	3.75	2
	4.00	4
Empat lajur, tak terbagi	Per lajur	
	3.00	-4
	3.25	-2
	3.50	0
	3.75	2
	4.00	4
Dua lajur, tak terbagi	Total	
	5	-9.5
	6	-3
	7	0
	8	3
	9	4
	10	6
11	7	

Sumber : MKJI, 1997

- Faktor penyesuaian kecepatan arus bebas untuk hambatan samping dan lebar bahu jalan atau jarak kerb penghalang

## a. Jalan dengan bahu

**Tabel 2-11** Faktor Penyesuaian untuk Pengaruh Hambatan Samping dan Lebar Bahu ( $FFV_{SF}$ ) pada Kecepatan Arus Bebas Kendaraan Ringan untuk Jalan Perkotaan dengan Bahu

Tipe jalan	Kelas hambatan samping (SFC)	Faktor penyesuaian untuk hambatan samping dan lebar bahu			
		Lebar bahu efektif rata-rata $W_s$ (m)			
		$\leq 0.5$ m	1.0 m	1.5 m	$\geq 2$ m
Empat lajur, terbagi (4/2 D)	Sangat rendah	1.02	1.03	1.03	1.04
	Rendah	0.98	1.00	1.02	1.03
	Sedang	0.94	0.97	1.00	1.02
	Tinggi	0.89	0.93	0.96	0.99
	Sangat tinggi	0.84	0.88	0.92	0.96
Empat lajur, tak terbagi (4/2 UD)	Sangat rendah	1.02	1.03	1.03	1.04
	Rendah	0.98	1.00	1.02	1.03
	Sedang	0.93	0.96	0.99	1.02
	Tinggi	0.87	0.91	0.94	0.98
	Sangat tinggi	0.80	0.86	0.90	0.95
Dua lajur, tak terbagi atau Jalan satu arah	Sangat rendah	1.00	1.01	1.01	1.01
	Rendah	0.96	0.98	0.99	1.00
	Sedang	0.90	0.93	0.96	0.99
	Tinggi	0.82	0.86	0.90	0.95
	Sangat tinggi	0.73	0.79	0.85	0.91

Sumber : MKJI, 1997

## b. Jalan dengan Kerb

**Tabel 2-12** Faktor penyesuaian untuk pengaruh hambatan samping dan jarak kerb penghalang ( $FFV_{SF}$ ) pada kecepatan arus bebas kendaraan ringan untuk jalan perkotaan dengan kerb

Tipe jalan	Kelas hambatan samping (SFC)	Faktor penyesuaian untuk hambatan samping dan lebar bahu			
		Lebar bahu efektif rata-rata $W_s$ (m)			
		$\leq 0.5$ m	1.0 m	1.5 m	$\geq 2$ m
Empat lajur, terbagi (4/2 D)	Sangat rendah	1.00	1.01	1.01	1.02
	Rendah	0.97	1.98	1.99	1.00
	Sedang	0.93	0.95	0.97	0.99
	Tinggi	0.87	0.90	0.93	0.96

	Sangat tinggi	0.81	0.85	0.88	0.92
Empat lajur, tak terbagi (4/2 UD)	Sangat rendah	1.00	1.01	1.01	1.02
	Rendah	0.96	0.98	1.99	1.00
	Sedang	0.91	0.93	0.96	1.98
	Tinggi	0.84	0.87	0.90	0.94
	Sangat tinggi	0.81	0.81	0.85	0.90
Dua lajur, tak terbagi atau Jalan satu arah	Sangat rendah	0.99	0.99	0.99	1.00
	Rendah	0.93	0.95	0.96	0.98
	Sedang	0.87	0.89	0.92	0.95
	Tinggi	0.78	0.81	0.84	0.88
	Sangat tinggi	0.68	0.72	0.77	0.82

Sumber MKJI, 1997

c. Faktor penyesuaian  $FFV_{SF}$  untuk jalan enam lajur

Faktor penyesuaian kecepatan arus bebas untuk jalan enam lajur dapat ditentukan dengan menggunakan nilai  $FFV_{SF}$  untuk jalan empat lajur dengan disesuaikan seperti rumus dibawah ini :

$$FFV_{6,SF} = 1 - 0.8 \times (1 - FFV_{4,SF})$$

Dimana :

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

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

- Faktor penyesuaian kecepatan arus bebas untuk ukuran kota

**Tabel 2-13** Faktor Penyesuaian untuk Pengaturan Ukuran Kota ( $FFV_{CS}$ ) pada Kecepatan Arus Bebas Kendaraan Ringan untuk Jalan Perkotaan dengan Kerb

Ukuran kota (juta penduduk)	Faktor penyesuaian untuk ukuran kota
< 0.1	0.90
0.1 – 0.5	0.93
0.1 – 0.5	0.95
0.1 – 0.5	1.00
> 0.3	1.03

Sumber : MKJI, 1997

### II.3.4 Kapasitas

Kapasitas dapat didefinisikan sebagai tingkat arus maksimum dimana kendaraan dapat diharapkan untuk melalui suatu potongan jalan pada waktu tertentu untuk kondisi lajur/jalan, lalu lintas, pengendalian lalu lintas dan cuaca yang berlaku (Tamin, 1997). Oleh karena itu, kapasitas tidak dapat dihitung dengan formula yang sederhana. Yang penting dalam penilaian kapasitas adalah pemahaman akan kondisi yang berlaku.

#### 1) Kondisi Ideal

Kondisi ideal dapat dinyatakan sebagai kondisi yang mana peningkatan jalan lebih lanjut dan perubahan kondisi cuaca tidak akan menghasilkan penambahan nilai kapasitas.

#### 2). Kondisi Jalan

Kondisi jalan yang mempengaruhi kapasitas meliputi :

- a) Tipe fasilitas atau kelas jalan
- b) Lingkungan sekitar (misalnya antara kota atau perkotaan)
- c) Lebar lajur/jalan
- d) Lebar bahu jalan
- e) Kebebasan lateral (dari fasilitas pelengkap lalu lintas)
- f) Kecepatan rencana
- g) Alinyemen horisontal dan vertikal
- h) Kondisi permukaan jalan dan cuaca

#### 3). Kondisi Lalu lintas

Tiga kategori dari kondisi medan yang umumnya dikenal yaitu :

- a) Medan datar, semua kombinasi dari semua alinyemen horisontal dan kelandaian, tidak menyebabkan kendaraan angkutan barang kehilangan kecepatan dan dapat mempertahankan kecepatan yang sama seperti kecepatan mobil penumpang.



- b) Medan bukit, semua kombinasi dari aliyemen horisontal dan vertikal dan kelandaian, menyebabkan kendaraan angkutan barang kehilangan kecepatan mereka merayap untuk periode waktu yang panjang.
- c) Medan gunung, semua kombinasi dari alinyemen horisontal dan vertikal dan kelandaian, menyebabkan kendaraan angkutan barang merayap untuk periode yang cukup panjang dengan interval yang sering.

#### 4). Kondisi Lalu lintas

Tiga kategori dari lalu lintas jalan yang umumnya dikenal, yaitu :

- a) Mobil penumpang, kendaraan yang terdaftar sebagai mobil penumpang dan kendaraan ringan lainnya seperti van, pick up, jeep.
- b) Kendaraan barang, kendaraan yang mempunyai lebih dari empat roda, dan umumnya digunakan untuk transportasi barang,
- c) Bis, kendaraan yang mempunyai lebih dari empat roda, dan umumnya digunakan untk transportasi penumpang.

#### 5). Kondisi pengendalian lalu lintas

Kondisi pengendalian lalu lintas mempunyai pengaruh yang nyata pada kapasitas jalan, tingkat pelayanan dan arus jenuh. Bentuk pengendalian tipikal termasuk :

- a) Lampu lalu lintas
- b) Rambu
- c) Marka berhenti

Rumus yang digunakan untuk menghitung kapasitas jalan perkotaan berdasarkan MKJI, 1997 adalah sebagai berikut :

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

Dimana :

C = kapasitas (smp/jam)

Co = kapasitas dasar (smp/jam)

FCw	=	faktor penyesuaian lebar jalur lalu lintas
FCSP	=	faktor penyesuaian pemisah arah
FCSF	=	faktor penyesuaian hambatan samping
FCCS	=	faktor penyesuaian ukuran kota.

- Kapasitas dasar

Menurut buku Standar Desain Geometrik Jalan Perkotaan, yang dikeluarkan Dirjen Bina Marga, kapasitas dasar didefinisikan : volume maksimum perjam yang dapat lewat suatu potongan lajur jalan (untuk jalan multi lajur) atau suatu potongan jalan (untuk jalan dua lajur) pada kondisi jalan dan arus lalu lintas ideal.

Kondisi ideal terjadi bila :

- Lebar jalan kurang dari 3.5 m
- Kebebasan lateral tidak kurang dari 1.75 m
- Standar geometrik baik
- Hanya kendaraan ringan atau *light vehicle* (LV) yang menggunakan jalan
- Tidak ada batas kecepatan

Kapasitas dasar jalan tergantung kepada tipe jalan, jumlah lajur dan apakah jalan dipisahkan dengan pemisah fisik atau tidak, seperti yang ditunjukkan dalam tabel 2-14 berikut

**Tabel 2-14** Kapasitas Dasar Jalan Perkotaan

Tipe jalan kota	Kapasitas dasar (Co) (smp/jam)	Keterangan
Empat lajur terbagi atau Jalan satu arah	1650	Per lajur
Empat lajur tak terbagi	1500	Per lajur
Dua lajur tak terbagi	2900	Total dua arah

Sumber: MKJI, 1997

- Faktor penyesuaian lebar jalur lalu lintas

Faktor penyesuaian lebar jalur lalu lintas adalah seperti pada tabel 2-12 berikut ini.

**Tabel 2-15** Penyesuaian kapasitas untuk pengaruh lebar jalur lalu lintas Untuk jalan perkotaan (FCW)

Tipe jalan	Lebar lalu lintas efektif ( $W_c$ ) (m)	FC <sub>w</sub>
Empat lajur terbagi atau Jalan satu arah	Per lajur	
	3.00	0.92
	3.25	0.96
	3.50	1.00
	3.75	10.4
	4.00	1.08
Empat lajur tak terbagi	Per lajur	
	3.00	0.91
	3.25	0.95
	3.50	1.00
	3.75	1.05
	4.00	1.09
Dua lajur tak terbagi	Total dua arah	
	5	0.56
	6	0.87
	7	1.00
	8	1.14
	9	1.25
	10	1.29
	11	1.34

Sumber MKJI, 1997

- Faktor penyesuaian pemisah arah

Besarnya faktor penyesuaian untuk jalan tanpa pengguna pemisah tergantung pada besarnya *Split* kedua arah sebagai berikut :

**Tabel 2-16** Faktor penyesuaian kapasitas untuk pemisah arah (FC<sub>SP</sub>)

Pemisah arah SP %-%		50-50	55-45	60-40	65-35	70-30
FC <sub>SP</sub>	Dua lajur 2/2	1.00	0.97	0.94	0.91	0.88
	Empat lajur 4/2	1.00	0.985	0.97	0.955	0.95

Sumber MKJI, 1997

- Faktor penyesuaian hambatan samping
  - a. Faktor penyesuaian untuk hambatan samping dan lebar bahu

**Tabel 2-17** Faktor penyesuaian kapasitas untuk pengaruh hambatan samping dan lebar bahu ( $FC_{SF}$ ) untuk jalan perkotaan dengan bahu

Tipe jalan	Kelas hambatan samping	Faktor penyesuaian untuk hambatan samping dan lebar bahu $FC_{SF}$			
		Lebar bahu efektif $W_s$			
		$\leq 0.5$	1.0	1.5	$\geq 2.0$
4/2 D	VL	0.96	0.98	1.01	1.03
	L	0.94	0.97	1.00	1.02
	M	0.92	0.95	0.98	1.00
	H	0.88	0.92	0.95	0.98
	VH	0.84	0.88	0.92	0.96
4/2 UD	VL	0.96	0.99	1.01	1.03
	L	0.94	0.97	1.00	1.02
	M	0.92	0.95	0.98	1.00
	H	0.87	0.91	0.94	0.98
	VH	0.80	0.86	0.90	0.95
2/2 UD atau jalan satu arah	VL	0.94	0.96	0.99	1.01
	L	0.92	0.94	0.97	1.00
	M	0.89	0.92	0.95	0.89
	H	0.82	0.86	0.90	0.95
	VH	0.73	0.79	0.85	0.91

Sumber MKJI, 1997

- b. Faktor penyesuaian untuk hambatan samping dan jarak kerb penghalang

**Tabel 2-18** Faktor penyesuaian kapasitas untuk pengaruh hambatan samping dan jarak kerb penghalang ( $FC_{SP}$ ) untuk jalan perkotaan dengan kerb

Tipe jalan	Kelas hambatan samping	Faktor penyesuaian untuk hambatan samping dan jarak kerb penghalang $FC_{SP}$			
		Jarak kerb penghalang $W_k$			
		$\leq 0.5$	1.0	1.5	$\geq 2.0$
4/2 D	VL	0.95	0.97	0.99	1.01
	L	0.94	0.96	0.98	1.00
	M	0.91	0.93	0.95	0.98
	H	0.86	0.89	0.92	0.95
	VH	0.81	0.85	0.88	0.92
4/2 UD	VL	0.95	0.97	0.99	1.01
	L	0.93	0.95	0.97	1.00
	M	0.90	0.92	0.95	0.97
	H	0.84	0.87	0.90	0.93
	VH	0.78	0.81	0.85	0.90

2/2 UD atau jalan satu arah	VL	0.93	0.95	0.97	0.99
	L	0.90	0.92	0.95	0.97
	M	0.86	0.88	0.91	0.94
	H	0.78	0.81	0.84	0.88
	VH	0.68	0.72	0.77	0.82

Sumber MKJI, 1997

- Faktor penyesuaian ukuran kota

Faktor penyesuaian ukuran kota adalah seperti pada Tabel 2-19 berikut ini

**Tabel 2-19** Faktor penyesuaian ukuran kota ( $FC_{CS}$ ) untuk jalan perkotaan

Ukuran kota (juta penduduk)	Faktor penyesuaian untuk ukuran kota $FC_{CS}$
< 0.1	0.86
0.1 – 0.5	0.90
0.5 – 1.0	0.94
1.0 – 3.0	1.00
> 3.0	1.04

Sumber, MKJI, 1997

### II.3.5 Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan (DS) didefinisikan sebagai arus (Q) terhadap kapasitas (C), digunakan faktor utama untuk menentukan tingkat kinerja dan segmen jalan (MKJI, 1997). Nilai DS menentukan apakah segmen jalan tersebut mempunyai masalah kapasitas atau tidak.

$$DS = Q/C$$

Derajat kejenuhan dihitung dengan menggunakan arus dan kapasitas yang dinyatakan dalam smp/jam. DS juga digunakan untuk analisa perilaku lalu lintas berupa kecepatan.

### II.3.6 Kecepatan

MKJI, 1997 menggunakan kecepatan tempuh sebagai ukuran utama kinerja segmen jalan, karena mudah mengerti, diukur dan merupakan masukan penting untuk biaya pemakaian jalan dalam analisa ekonomi. Kecepatan tempuh didefinisikan dalam MKJI, 1997 sebagai kecepatan rata-rata ruang dari kendaraan ringan (LV) sepanjang segmen jalan.

$$V = L / TT$$

Dimana :

V = kecepatan rata-rata ruang LV (km/jam)

L = panjang segmen (km)

TT = waktu rata-rata LV sepanjang segmen (jam)

### II.3.7 Pertumbuhan Lalu Lintas

Besarnya pertumbuhan lalu lintas pada tahun mendatang dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$LHR_n = LHR_o * (1+i)^n$$

Dimana :

LHR<sub>n</sub> = Besarnya arus lalu lintas pada tahun rencana (pada tahun ke-n)

LHR<sub>o</sub> = Besarnya arus lalu lintas pada awal perencanaan

i = Faktor pertumbuhan lalu lintas

n = Umur rencana

## II.4 BETON PRATEGANG

Balok girder merupakan balok utama yang berfungsi menahan beban yang berada di atasnya. Balok girder prategang ini telah diperhitungkan mampu menahan beban-beban yang bekerja di atasnya seperti berat diafragma, pelat lantai, trotoar, sandaran, manusia dan lain-lain.

Beton prategang adalah suatu jenis beton dimana tulangan bajanya ditegangkan terhadap betonya. Pada dasarnya beton prategang merupakan salah satu system dimana sebelum beban luar bekerja, diciptakan tegangan yang berlawanan tanda dengan tegangan yang nantinya akan terjadi akibat beban. Pada beton prategang seluruh penampang diperhitungkan, penampang tidak boleh retak, dan tegangan tarik tidak boleh terlampaui.

Pada analisa beton prategang ada dua keadaan yang harus di tinjau yaitu :

- 1 Keadaan awal , yaitu keadaan dimana beban luar bekerja dan tegangan yang terjadi berasal dari gaya prategang.
- 2 Keadaan akhir yaitu keadaan dimana beban luar telah bekerja penuh dan gaya prategang diciptakan dengan memanfaatkan efek tekuk akibat bebabn *axial*.

#### **II.4.1 Cara Penarikan Baja Prategang**

Pada penarikan baja prategang dilakukan dengan dua cara yaitu :

1. *Pre tensioning*

Adalah suatu cara pemberian gaya pratekan dengan cara pemberian gaya pretegang terlebih dahulu sebelum pengecoran beton.

2. *Post Tensioning*

Adalah suatu cara pemberian gaya pratekan dengan cara pemberian gaya pretegang setelah beton mengeras dan kemudian di beri lubang (*duck*) selanjutnya dilakukan *grouting*.

Dalam pengerjaan tugas akhir ini kami menggunakan penarikan baja prategang dengan cara *Post Tensioning*.

#### **II.4.2 Perencanaan Balok Prategang**

1. Penampang dari balok Partegang
2. Pembebanan Balok Prategang
3. Analisa Gaya Prategang

- a. Pembebanan

Dalam perencanaan balok pretagang harus di perhatikan beban yang bekerja. Dalam hal ini balok berfungsi menahan beban yang bekerja di atasnya .

Beban yang diperhitungkan dalam hal ini adalah sebagai berikut :

1. Beban mati yaitu :
2. Berat sendiri dari balok
3. Berat sendiri dari plat
4. Beban mati tambahan
5. Pelat *Deck*
6. Diafragma
7. Aspal
8. Beban Hidup

b. Analisa Gaya Prategang

1. Gaya Prategang
2. Kehilangan gaya prategang

Kehilangan tegangan dapat diakibatkan oleh beton maupun tendonnya (bajanya). Jenis-jenis kehilangan tegangan adalah sebagai berikut :

- Kehilangan Jangka Pendek
  - a. Gesekan pada Angkur dan *Jack*
  - b. Gesekan pada Kabel
  - c. *Draw-in*
  - d. Perpendekan elastic Beton
- Kehilangan Jangka Panjang
  - a. Susut
  - b. Rangkak Beton
  - c. Relaksasi Baja Prategang
- Kontrol terhadap Lendutan

$$\text{Lendutan} = \frac{-5 * q * L^2}{384EI}$$

$$\text{Lendutan} = \frac{Pd * L^3}{48EI}$$



## II.5 ASPEK GEOMETRIK

Perencanaan geometrik jalan merupakan bagian dari perencanaan jalan yang dititikberatkan pada perencanaan bentuk fisik sehingga dapat memenuhi fungsi dasar dari jalan yaitu memberi pelayanan yang optimum pada arus lalu lintas.

### II.5.1 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 2-20.

**Tabel 2-20** 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

Sumber : PGJAK, 1997

### II.5.2 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 2-21.

**Tabel 2-21** Tipe Alinyemen

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

Sumber : MKJI, 1997

### Alinyemen Vertikal

Alinyemen Vertikal adalah perpotongan antara bidang vertikal dengan bidang permukaan perkerasan jalan melalui sumbu jalan. Untuk jalan dua lajur, alinyemen vertikal adalah perpotongan antara bidang vertikal dengan sumbu/as jalan. Sedangkan untuk jumlah lajur yang banyak atau menggunakan median, alinyemen vertikal adalah perpotongan bidang vertikal melalui tepi dalam masing-masing perkerasan.

Di dalam perencanaan geometri jalan harus diusahakan agar alinyemen vertikal mendekati permukaan tanah asli yang secara teknis berfungsi sebagai tanah dasar, untuk mengurangi pekerjaan tanah. Agar tidak terjadi kesulitan dalam masalah pengaliran air drainase permukaan jalan, sedapat mungkin diusahakan agar permukaan jalan berada di atas permukaan tanah asli.

#### 1) Kelandaian Minimum pada Alinyemen Vertikal

Jalan dengan kelandaian 0% berarti datar. Jalan datar ini merupakan jalan dengan kelandaian minimum, namun perlu juga diperhatikan bahwa jalan datar yang terlalu panjang akan menghadapi masalah drainase.

Pada daerah timbunan dianjurkan menggunakan kelandaian 0.3 – 0.5 % untuk jalan dengan kerb.

#### 2) Kelandaian Maksimum

Kelandaian maksimum suatu jalan dimaksudkan untuk memungkinkan kendaraan bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti. Kelandaian maksimum untuk berbagai Kecepatan Rencana ( $V_r$ ) dapat dilihat pada tabel dibawah:

Tabel 2-22 Kelandaian maksimum jalan

$V_r$ (km/jam)	120	110	100	80	60	50	40	<40
Kelandaian Maksimum (%)	3	3	4	5	8	9	10	10

Sumber : Perencanaan Geometri Jalan Antar Kota-1997

Tabel 2-23 Panjang kritis

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

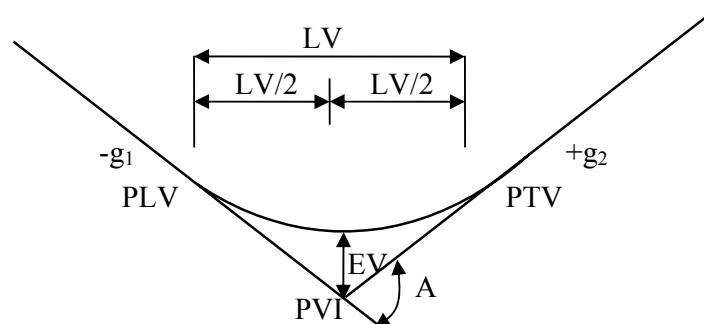
Sumber : *Perencanaan Geometri Jalan Antar Kota-1997*

Hal-hal yang penting dalam perencanaan alinyemen vertikal adalah:

- Memilih alinyemen vertikal yang sesuai dengan topografi
- Mempertimbangkan ketinggian muka air dan elevasi muka banjir dalam tiap-tiap perencanaan dalam tiap-tiap perencanaan drainase jalan
- Memilih alinyemen vertikal dengan pertimbangan cut fill yang seimbang
- Menghindari bagian lurus yang pendek antara dua lengkung vertikal dengan tikungan yang sama arah
- Mengambil landai minimum 0,3 % untuk mengalirkan air dari permukaan perkerasan
- Pelaksanaan alinyemen vertikal pada tanah yang lunak harus memperhitungkan kemungkinan besarnya penurunan
- Harus sederhana dalam penggunaannya dan menghasilkan desain yang aman , dan nyaman.

Ada dua macam alinyemen vertikal yang digunakan dalam Proyek Pembangunan Jalan yaitu:

- Alinyemen vertikal cekung



Gambar 2.12 Alinyemen Vertikal cekung

Keterangan :

EV = pergeseran vertikal (m)

A = perbedaan aljabar kelandaian (%)

LV = jarak horisontal antara PLV dan PTV selanjutnya disebut panjang lengkung vertikal (m)

$$EV = \frac{A * LV}{800}$$

$$A = g_1 - g_2$$

Bentuk lengkung ini parabola sederhana terbuka yang ditentukan oleh:

a) Syarat keamanan, berdasarkan jarak pandang henti pada malam hari

$$S < LV : LV = \frac{A * S^2}{150 + 3,5S}$$

$$S > LV : LV = 25 - \frac{150 + 3,5S}{A}$$

b) Faktor kenyamanan pengemudi

$$LV = \frac{A * V^2}{1300 * a} \rightarrow a = \text{percepatan sentripetal (a = 0,1 m/det}^2)$$

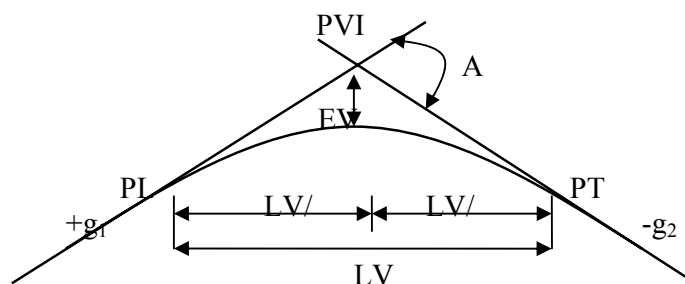
c) Keluwesan bentuk

$$LV = 0,6 * V_r$$

d) Syarat drainase

$$LV = 40 * A$$

## 2. Alinyemen vertikal cembung



Gambar 2.13. Alinyemen vertikal cembung

Bentuk lengkung vertikal cembung ditentukan oleh :

a) Syarat keamanan, berdasarkan :

- Jarak pandangan henti

$$S < LV \rightarrow L_{\min} = \frac{A * S^2}{412}$$

$$S > LV \rightarrow L_{\min} = 2S - \frac{412}{A}$$

- Jarak pandang menyiap

$$S < LV \rightarrow L_{\min} = \frac{A * S^2}{1000}$$

$$S > LV \rightarrow L_{\min} = 2S - \frac{1000}{A}$$

b) Keluwesan bentuk

$$LV = 0,6 * V_r$$

c) Syarat drainase

$$LV = 40 * A$$

## II.6 ASPEK PERKERASAN JALAN

Struktur perkerasan jalan adalah bagian konstruksi jalan raya yang diperkeras dengan lapisan konstruksi tertentu yang memiliki ketebalan, kekakuan dan kestabilan tertentu agar mampu menyalurkan beban lalu lintas di atasnya dengan aman.

### II.6.1 Metode perencanaan struktur perkerasan

Dalam perencanaan jalan perkerasan merupakan bagian penting dimana perkerasan mempunyai fungsi sebagai berikut :

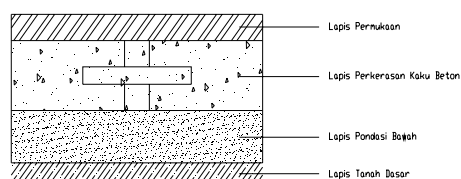
- Menyebarkan beban lalu lintas sehingga besarnya beban yang dipikul oleh tanah dasar (*subgrade*) lebih kecil dari kekuatan tanah dasar itu sendiri.
- Melindungi tanah dasar dari air hujan.

- Mendapatkan permukaan yang rata dan memiliki koefisien gesek yang mencukupi sehingga pengguna jalan lebih aman dan nyaman dalam berkendara.

Berdasarkan bahan ikat lapisan perkerasan jalan, ada dua macam perkerasan yaitu :

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

Perkerasan ini menggunakan bahan ikat semen *Portland*, pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan di atas tanah dasar dengan atau tanpa pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton.

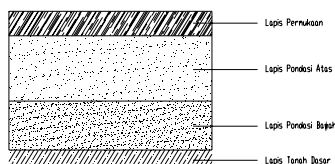


**Gambar 2.14** Lapisan perkerasan kaku

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

Perkerasan ini menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan – lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan – lapisan tersebut adalah :

- a) Lapisan Permukaan ( *surface course* )
- b) Lapisan Pondasi Atas ( *base course* )
- c) Lapisan Pondasi Bawah ( *sub-base course* )
- d) Lapisan Tanah Dasar ( *sub grade* )



**Gambar 2.15** Lapisan perkerasan lentur

Tebal perkerasan didesain agar mampu memikul tegangan yang ditimbulkan oleh kendaraan, perubahan suhu, kadar air dan perubahan volume pada lapis di bawahnya. Hal – hal yang perlu diperhatikan dalam perkerasan lentur adalah sebagai berikut :

1) Umur rencana

Pertimbangan yang digunakan dalam menentukan umur rencana perkerasan jalan adalah pertimbangan biaya konstruksi, klasifikasi fungsional jalan dan pola lalu lintas jalan yang bersangkutan, dimana tidak terlepas dari satuan pengembangan wilayah yang telah ada.

2). Lalu lintas

Analisa lalu lintas berdasarkan hasil perhitungan volume lalu lintas dan komposisi beban sumbu kendaraan berdasarkan data yang terbaru.

3). Konstruksi jalan

Konstruksi jalan terdiri dari tanah dan perkerasan jalan. Penetapan rencana tanah dasar dan bahan material yang akan digunakan sebagai bahan konstruksi perkerasan harus didasarkan atas survey dan penelitian laboratorium.

Faktor – faktor yang mempengaruhi besar tebal perkerasan jalan adalah :

- Jumlah jalur (N) dan koefisien distribusi kendaraan (C)
- Angka ekivalen (E) beban sumbu kendaraan
- Lalu Lintas Harian Rata Rata
- Daya dukung tanah (DDT) dan CBR
- Faktor regional (FR)

Struktur perkerasan lentur terdiri dari bagian–bagian yang memiliki fungsi sebagai berikut :

1. Lapis permukaan (*surface coarse*)
  - a). Lapis aus
    - Sebagai lapis aus yang berhubungan langsung dengan roda kendaraan.
    - Sebagai lapisan kedap air untuk mencegah masuknya air ke lapisan bawahnya.
  - b). Lapis perkerasan
    - Sebagai lapis perkerasan yang menahan beban roda, lapisan ini memiliki kestabilan tinggi untuk menahan beban roda selama masa pelayanan.
    - Sebagai lapis yang menyebarkan beban ke lapis bawahnya.
2. Lapis pondasi atas (*base coarse*)
  - Sebagai lantai kerja lapisan di atasnya
  - Sebagai lapis peresapan untuk lapis pondasi bawah.
  - Menahan beban roda dan menyebarkan beban kelapis dibawahnya.
  - Menjamin bahwa besarnya regangan pada lapisan bawah bitumen (material surface) tidak mengalami craking.
3. Lapis pondasi bawah (*sub base coarse*)
  - Menyebarkan beban ke tanah dasar.
  - Mencegah tanah dasar masuk ke lapisan pondasi.
  - Untuk menghemat penggunaan material.
  - Sebagai lantai kerja lapis pondasi atas.
4. Tanah dasar (*sub grade*)

Tanah dasar adalah tanah setebal 50 – 100 cm dimana akan diletakan lapisan pondasi bawah. Lapisan tanah dasar dapat berupa lapisan tanah asli atau didatangkan dari tempat lain yang dipadatkan. Tanah dasar dapat di stabilisasi dengan kapur, semen atau bahan lainnya. Pemadatan yang baik diperoleh jika dilakukan pada kadar air



optimum dan diusahakan kadar air tersebut konstan selama umur rencana, hal ini dapat tercapai dengan perlengkapan drainase yang memenuhi syarat.

## II.6.2 Metode perhitungan perkerasan lentur

Perhitungan perkerasan lentur berdasarkan petunjuk perencanaan tebal perkerasan jalan raya dengan metode analisa komponen SKBI 2.3.26.1987 departemen pekerjaan umum.

Langkah perhitungannya adalah sebagai berikut :

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

$$\mathbf{LEP = \sum ( LHR * C_j * E_j)}$$

Dengan  $C_j$  = Koefisien distribusi kendaraan, tabel 2-24

$E_j$  = Angka ekuivalen beban sumbu kendaraan.

**Tabel 2-24** Koefisien distribusi kendaraan ( $C_j$ )

Jumlah lajur	Kelandaian II (6 -10%)		Kelandaian III (>10%)	
	≤ 30%		> 30%	
1 lajur	1,00	1,00	1,00	1,00
2 lajur	0,60	0,50	0,70	0,50
3 lajur	0,40	0,40	0,50	0,475
4 lajur	-	0,30	-	0,45
5 lajur	-	0,25	-	0,425
6 lajur	-	0,20	-	0,40

Sumber : Perkerasan Lentur Jalan Raya 1999 (Silvia Sukirman)

3. Lintas ekuivalen akhir (LEA) dihitung dengan rumus :

$$\mathbf{LEA = \sum ( LHR * (1 + i)^n * C_j * E_j)}$$

Dengan  $n$  = Tahun rencana

$i$  = Faktor pertumbuhan lalu lintas

$j$  = Jenis kendaraan

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

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

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

$$\mathbf{LER = LER * FP}$$

Dengan FP = Faktor penyesuaian = UR/10

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

- Nilai DDT diperoleh dengan menggunakan nomogram hubungan antara DDT Dan CBR.
- Nilai FR (faktor regional) dapt dilihat pada tabel 2-25.

**Tabel 2-25** Faktor regional FR

Curah hujan	Kelandaian I (<6%)		Kelandaian II (6-10%)		Kelandaian III (>10%)	
	% Kendaraan Berat		% Kendaraan Berat		% Kendaraan Berat	
	≤ 30%	>30%	≤ 30%	>30%	≤ 30%	>30%
<b>Iklm I</b> <b>&lt; 900mm/th</b>	0,5	1,0 -1,5	1,0	1,0 – 2,0	1,5	2,0 – 2,5
<b>Iklm II</b> <b>&gt; 900mm/th</b>	1,5	2,0 – 2,5	2,0	2,5 – 3,0	2,5	3,0 – 3,5

Sumber : Perkerasan Lentur Jalan Raya 1999 (Silvia Sukirman)

- Indeks permukaan awal (IPo) dapat dicari dengan menggunakan tabel 2-26 yang ditentukan sesuai dengan jenis lapis permukaan yang akan digunakan.

**Tabel 2-26** Indeks permukaan pada awal umur rencana

Jenis lapis permukaan	Ipo	Roughness (mm/km)
Laston	$\geq 4$	$\leq 1000$
	3,9 – 3,5	$>1000$
Lasbutang	3,9 – 3,5	$\leq 2000$
		$> 2000$
HRA	3,9 – 3,5	$\leq 2000$
		$> 2000$
Burda	3,9 – 3,5	$<2000$
Burtu	3,4 – 3,0	$<2000$
Lapen	3,4 – 3,0	$\leq 3000$
	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 : Perkerasan Lentur Jalan Raya 1999 (Silvia Sukirman)

- Besarnya nilai (IP<sub>t</sub>) dapat ditentukan dengan tabel 2-27

**Tabel 2-27** Indeks permukaan pada akhir umur rencana IPT

LER*)	Klasifikasi Jalan			
	Lokal	Kolektor	Arteri	Tol
<b>&lt;10</b>	1,0-1,5	1,5	1,5-2,0	-
<b>10-100</b>	1,5	1,5-2,0	2,0	-
<b>100-1000</b>	1,5-2,0	2,0	2,0-2,5	-
<b>&gt;1000</b>	-	2,0-2,5	2,5	2,5

\*) LER dalam satuan angka ekuivalen 8,16 ton beban sumbu tunggal

Sumber : Perkerasan Lentur Jalan Raya 1999 (Silvia Sukirman)

7. Menghitung tebal prekerasan berdasarkan nilai ITP yang didapat.

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

Dengan  $a_1, a_2, a_3$  = Kekuatan relatif untuk lapis permukaan ( $a_1$ ), lapis pondasi atas ( $a_2$ ), lapis pondasi bawah ( $a_3$ ).

$D_1, D_2, D_3$  = Tebal masing –masing lapisan dalam cm, untuk permukaan ( $D_1$ ), lapis pondasi atas ( $D_2$ ), lapis pondasi bawah ( $D_3$ ).

Nilai kekuatan relatif dapat dilihat dalam tabel 2.-28

**Tabel 2-28** Koefisien kekuatan relatif (a)

Koefisien kekuatan relatif			Kekuatan bahan			Jenis bahan
$a_1$	$a_2$	$a_3$	MS (kg)	Kt (Kg/cm <sup>2</sup> )	CBR (%)	
0,40			744			Laston
0,35			590			
0,32			454			
0,30			340			
0,35			744			Asbuton
0,31			590			
0,28			454			
0,26			340			
0,30			340			Hot rolled asfalt
0,26			340			Aspal macadam
0,25						Lapen mekanis
0,20						Lapen manual
	0,28		590			Laston atas
	0,26		454			
	0,24		340			

Koefisien kekuatan relatif			Kekuatan bahan			Jenis bahan
a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	MS (kg)	Kt (Kg/cm <sup>2</sup> )	CBR (%)	
	0,23					Lapen mekanis
	0,19					Lapen manual
	0,15			22		Stabilitas tanah dengan semen
	0,13			18		
	0,15			22		Stabilitas tanah dengan kapur
	0,13			18		
	0,14				100	Pondasi macadam basah
	0,12				60	Pondasi macadam kering
	0,14				100	Batu pecah (kelas A)
	0,13				80	Batu pecah (kelas B)
	0,12				60	Batu pecah (kelas C)
		0,13			70	Sirtu/pirtun(kelas A)
		0,12			50	Sirtu/pirtun(kelas B)
		0,11			30	Sirtu/pirtun(kelas C)
		0,10			20	Tanah/lempung kepasiran

Sumber : Perkerasan Lentur Jalan Raya 1999 (Silvia Sukirman)

Di dalam pemilihan material sebagai lapisan perkerasan harus memperhatikan tebal minimum perkerasan yang besarnya sesuai tabel 2-29.

Tabel 2-29 Tebal minimum lapis perkerasan

#### a. Lapis permukaan

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

Sumber : Perkerasan Lentur Jalan Raya 1999 (Silvia Sukirman)

**b. Lapis pondasi**

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

*Sumber :perkerasan Lentur Jalan Raya 1999 (Silvia Sukirman)*