

---

---

## BAB II STUDI PUSTAKA

### 2.1 PENDAHULUAN

Pembangunan suatu proyek memerlukan perencanaan yang teliti, matang dan tidak bertentangan dengan dasar acuan perencanaan yang digunakan. Dasar acuan perencanaan tersebut merupakan hasil dari kajian pustaka dalam bentuk pedoman perencanaan yang nantinya menghasilkan suatu standar spesifikasi proyek.

Dalam perencanaan pembangunan jembatan layang diperlukan suatu kajian pustaka untuk tujuan evaluasi pengaruh lalu lintas pada ruas jalan yang bersangkutan. Aspek-aspek ruas jalan yang dipengaruhi kondisi lalu lintas, yaitu tingkat pelayanan, kelas jalan dan kebutuhan lajur.

### 2.2 ASPEK LALU LINTAS

#### 2.2.1 Definisi Jalan

Jalan merupakan suatu prasarana perhubungan darat dalam bentuk apapun yang meliputi segala bagian jalan termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukan bagi lalu lintas. (*“UU Republik Indonesia No. 38 Tahun 2004”*)

Bangunan pelengkap jalan adalah bangunan yang tidak dapat dipisahkan dari jalan, antara lain: jembatan, overpass (lintas atas), underpass (lintas bawah), tempat parkir, gorong-gorong, tembok penahan dan saluran air jalan.

Yang termasuk perlengkapan jalan antara lain : rambu-rambu jalan, rambu lalu lintas, tanda-tanda jalan, pagar pengaman lalu lintas, pagar patok daerah milik jalan.

#### 2.2.2 Klasifikasi Jalan

Klasifikasi fungsional seperti dijabarkan dalam UU Republik Indonesia No. 38 Tahun 2004 tentang jalan (pasal 7 dan 8) dan Standar

---

perencanaan Geometrik Jalan Perkotaan 1992 dibagi dalam dua sistem jaringan jalan yaitu :

### **1. Sistem Jaringan Jalan Primer**

Sistem jaringan jalan primer disusun mengikuti ketentuan peraturan tata ruang dan struktur pembangunan wilayah tingkat nasional, yang menghubungkan simpul-simpul jasa distribusi sebagai berikut :

- Dalam kesatuan 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 antara 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. Persyaratan jalan arteri primer adalah :

- Kecepatan rencana minimal 60 km/jam.
- Lebar jalan minimal 8 meter.
- Kapasitas lebih besar daripada volume lalu lintas rata-rata.
- Lalu lintas jarak jauh tidak boleh terganggu oleh lalu lintas ulang alik, lalu lintas lokal dan kegiatan lokal.
- Jalan masuk dibatasi secara efisien.
- Jalan persimpangan dengan pengaturan tertentu tidak mengurangi kecepatan rencana dan kapasitas jalan.
- Tidak terputus walaupun memasuki kota.
- Persyaratan teknis jalan masuk ditetapkan oleh menteri.

#### **b. Jalan Kolektor Primer**

Jalan kolektor primer menghubungkan kota jenjang kedua dengan kota jenjang kedua atau menghubungkan kota jenjang kedua dengan kota jenjang ketiga.

---

---

Persyaratan jalan kolektor primer adalah :

- Kecepatan rencana minimal 40 km/jam.
- Lebar jalan minimal 7 meter.
- Kapasitas sama dengan atau lebih besar daripada volume lalu lintas rata-rata.
- Jalan masuk dibatasi, direncanakan sehingga tidak mengurangi kecepatan rencana dan kapasitas jalan.
- Tidak terputus walaupun memasuki kota.

### c. Jalan Lokal Primer

Jalan lokal primer menghubungkan kota jenjang kesatu dengan persil atau menghubungkan kota jenjang kedua dengan persil atau menghubungkan kota jenjang ketiga dengan di bawahnya, kota jenjang ketiga dengan persil atau di bawah kota jenjang ketiga sampai persil.

Persyaratan jalan lokal primer adalah :

- Kecepatan rencana minimal 20 km/jam.
- Lebar jalan minimal 6 meter.
- Tidak terputus walaupun melewati desa.

## 2. Sistem Jaringan Jalan Sekunder

Sistem jaringan jalan sekunder disusun mengikuti ketentuan tata ruang kota yang menghubungkan kawasan-kawasan yang mempunyai fungsi primer, fungsi sekunder kesatu, fungsi sekunder kedua dan seterusnya sampai 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 kawasan sekunder kesatu dengan kawasan sekunder kedua.

---

---

Berikut persyaratan jalan arteri sekunder :

- Kecepatan rencana minimal 30 km/jam.
- Lebar badan jalan minimal 8 meter.
- Kapasitas sama atau lebih besar dari volume lalu lintas rata-rata.
- Lalulintas cepat tidak boleh terganggu oleh lalu lintas lambat.
- Persimpangan dengan pengaturan tertentu, tidak mengurangi kecepatan dan kapasitas jalan.

**b. Jalan Kolektor Sekunder**

Jalan kolektor sekunder menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder kedua atau kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder ketiga.

Berikut persyaratan jalan kolektor sekunder :

- Kecepatan rencana minimal 20 km/jam.
- Lebar badan jalan minimal 7 meter.

**c. Jalan Lokal Sekunder**

Jalan lokal sekunder menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan perumahan, kawasan sekunder kedua dengan perumahan, menghubungkan kawasan sekunder ketiga dengan kawasan perumahan dan seterusnya.

Berikut persyaratan jalan lokal sekunder :

- Kecepatan rencana minimal 10 km/jam.
- Lebar badan jalan minimal 5 meter.
- Persyaratan teknik diperuntukkan bagi kendaraan beroda tiga/ lebih.
- Lebar badan jalan tidak diperuntukkan bagi kendaraan beroda tiga atau lebih, minimal 3,5 meter.

### 2.2.3 Tipe Jalan

Tipe jalan ditentukan sebagai jumlah lajur dan arah pada suatu ruas jalan dimana masing-masing tipe mempunyai keadaan dasar (karakteristik geometrik) jalan yang digunakan untuk menentukan kecepatan arus bebas dan kapasitas jalan. Menurut MKJI 1997 tipe jalan perkotaan dibedakan

menjadi :

- Jalan dua lajur – dua arah tak terbagi (2/2 UD)
- Jalan empat lajur – dua arah tak terbagi (4/2 UD)
- Jalan empat lajur – dua arah terbagi (4/2 D)
- Jalan enam lajur – dua arah terbagi (6/2 D)

#### 2.2.4 Lajur Jalan

Lajur adalah bagian jalur lalu lintas yang memanjang, dibatasi oleh marka lajur jalan, memiliki lebar yang cukup untuk dilewati suatu kendaraan bermotor sesuai dengan volume lalu lintas kendaraan rencana.

Lebar lajur tergantung pada kecepatan dan jenis kendaraan rencana. Penetapan jumlah lajur mengacu pada MKJI 1997 Berdasarkan tingkat kinerja yang direncanakan, dimana untuk suatu ruas jalan tingkat kinerja dinyatakan oleh perbandingan volume terhadap kapasitas.

**Tabel 2.1** Jumlah Lajur

Lebar jalur efektif $W_{Ce}$ (m)	Jumlah lajur
5 – 10,5	2
10,5 – 16	4

Sumber : MKJI 1997

#### 2.2.5 Analisa Pertumbuhan Lalu Lintas

Untuk memperkirakan pertumbuhan lalu-lintas di masa yang akan datang dapat dihitung dengan memakai rumus eksponensial sebagai berikut :

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

Dimana :

$LHR_n$  = LHR tahun rencana

$LHR_0$  = LHR awal

$i$  = faktor perkembangan lalu-lintas (%)

$n$  = umur rencana

#### 2.2.6 Lalu Lintas Harian Rata Rata

Lalu lintas harian rata rata adalah jumlah rata rata lalu lintas kendaraan bermotor yang dicatat selama 24 jam sehari untuk dua jurusan.

“MKJI 1997”

Ada dua jenis LHR, yaitu :

- LHRT. = Jumlah lalu lintas dalam 1 tahun/365 hari.
- LHR = Jumlah lalu lintas selama pengamatan/lama pengamatan.

### 2.2.7 Tingkat Pelayanan

Evaluasi terhadap tingkat pelayanan dimaksudkan untuk mengetahui apakah suatu jalan masih mampu memberikan pelayanan yang memadai bagi pemakai. “MKJI 1997”

Tiga hal yang sering menjadi tolak ukur kelayakan pelayanan suatu jalan, yaitu :

- Kecepatan arus bebas ( $FV$ )

Menurut MKJI 1997 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 bermotor lain di jalan.

Persamaan untuk penentuan kecepatan arus bebas :

$$FV = (FV_0 + FV_w) * FFV_{SF} * FFV_{CS}$$

Dimana :

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

$FV_0$  = kecepatan arus bebas dasar kendaraan.

$FV_w$  = penyesuaian kecepatan untuk lebar jalan (km/jam).

$FFV_{SF}$  = faktor penyesuaian untuk hambatan samping

$FFV_{CS}$  = faktor penyesuaian kecepatan untuk ukuran kota

**Tabel 2.2** Kecepatan arus bebas dasar ( $FV_0$ ) untuk jalan perkotaan

Tipe Jalan	Kecepatan Arus Bebas Dasar ( $FV$ ) (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	57
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 (2/2 UD)	44	40	40	42

Sumber : MKJI 1997

**Tabel 2.3** Penyesuaian untuk pengaruh lebar lalu lintas ( $FV_w$ ) pada kecepatan arus bebas kendaraan ringan 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
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

**Tabel 2.4** Penyesuaian untuk pengaruh hambatan samping dan jarak kerb-penghalang ( $FFV_{SF}$ )

Tipe Jalan	Kelas Hambatan Samping (SFC)	Faktor Penyesuaian untuk hambatan samping dan lebar bahu			
		Lebar Bahu Efektif rata-rata Wg (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	0,98	0,99	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	0,99	1,00
	Sedang	0,91	0,93	0,96	0,98
	Tinggi	0,84	0,87	0,90	0,94
	Sangat Tinggi	0,77	0,81	0,85	0,90
Dua-lajur tek terbagi 2/2 UD atau Jalan satu arah	Sangat rendah	0,98	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



**Tabel 2.5** Penyesuaian untuk pengaruh hambatan samping dan lebar bahu ( $FFV_{SF}$ )

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 tek terbagi 2/2 UD 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

**Tabel 2.6** Faktor penyesuaian kecepatan arus bebas untuk ukuran kota ( $FFV_{CS}$ )

Ukuran Kota	Faktor Penyesuaian Untuk Ukuran Kota
< 0,1	0,90
0,1-0,5	0,93
0,5-1,0	0,95
1,0-3,0	1,00
>3,0	1,03

Sumber : MKJI 1997

- Kapasitas (  $C$  )

$$C = C_o * FC_w * FC_{sp} * FC_{sf} * FC_{cs}$$

Dimana :

$C$  = kapasitas jalan (smp/jam)

$C_o$  = kapasitas dasar

$FC_w$  = faktor penyesuaian lebar jalan

$FC_{sp}$  = faktor pemisahan arah

$FC_{sf}$  = faktor akibat hambatan samping dan bahu jalan

$FC_{cs}$  = faktor penyesuaian ukuran kota

**Tabel 2.7** Besarnya Kapasitas Dasar (  $C_o$  ) untuk Jalan Luar Kota

Tipe Jalan	Kapasitas Dasar (smp/jam)	Catatan
Empat lajur terbagi atau jalan satu arah	1650	Per lajur
Empat lajur tak terbagi	1500	Per lajur
Dua lajur tak terbagi	2900	Total dua lajur

Sumber : MKJI 1997

**Tabel 2.8** Besarnya Faktor Penyesuaian akibat Lebar Jalan (  $FC_w$  )

Tipe Jalan	Lebar Lajur Lalu Lintas Efektif $W_e$ (m)	$FC_w$
Empat lajur terbagi atau jalan satu arah	Per lajur	
	3,00	0,92
	3,25	0,96
	3,50	1,00
	3,75	1,04
Empat lajur tak terbagi	Per lajur	
	3,00	0,91
	3,25	0,95
	3,50	1,00
	3,75	1,05
Dua lajur tak terbagi	Total lajur	
	5	0,56
	6	0,87
	7	1,00
	8	1,14
	9	1,25
	10	1,29
	11	1,34

Sumber : MKJI 1997

**Tabel 2.9** Besarnya Faktor Penyesuaian akibat Prosentase Arah ( $FC_{sp}$ )

Pemisah Arah SP % - %		50 - 50	55 - 45	60 - 40	65 - 35	70 - 30
$FC_{sp}$	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

**Tabel 2.10** Besarnya Faktor Penyesuaian akibat Hambatan Samping ( $FC_{sf}$ )

Tipe Jalan	Kelas Hambatan Samping	$FC_{sf}$			
		Lebar Bahu Efektif $W_s$			
		$\leq 0,50$	1,00	1,50	$\geq 2,00$
4/2 D	Sangat rendah	0,96	0,98	1,01	1,03
	Rendah	0,94	0,97	1,00	1,02
	Sedang	0,92	0,95	0,98	1,00
	Tinggi	0,88	0,92	0,95	0,98
	Sangat Tinggi	0,84	0,88	0,92	0,96
2/2 UD atau Jalan Satu Arah	Sangat Rendah	0,94	0,96	0,99	1,01
	Rendah	0,92	0,94	0,97	1,00
	Sedang	0,89	0,92	0,95	0,98
	Tinggi	0,82	0,86	0,90	0,95
	Sangat Tinggi	0,73	0,79	0,85	0,91
4/2 UD	Sanagta Rendah	0,94	0,96	0,99	1,01
	Rendah	0,92	0,94	0,97	1,00
	Sedang	0,89	0,92	0,95	0,98
	Tinggi	0,82	0,86	0,90	0,95
	Sangat Tinggi	0,73	0,79	0,85	0,91

Sumber : MKJI 1997

- Degree of Saturation ( Derajat Kejenuhan / DS)

DS yaitu perbandingan antara volume dengan kapasitas. Perbandingan tersebut menunjukkan kepadatan lalu lintas dan kebebasan bagi kendaraan.

Bila  $DS < 0.75$  maka jalan tersebut masih layak, dan

Bila  $DS > 0.75$  maka jalan sudah tidak layak dan memerlukan pelebaran pada ruas jalan tersebut.

Hubungan antar tingkat pelayanan dan kapasitas ditunjukkan berdasarkan persamaan berikut :

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

$$Q = \frac{\text{LHR}_{\text{umur rencana}} + \text{LHR}_{\text{masa pelaksanaan}}}{2}$$

Dimana :

DS = Derajat Kejenuhan

Q = Volume lalu lintas

LHR = Lalu lintas harian

C = Kapasitas

### 2.2.8 Penentuan Lebar Jalur dan Lajur Ideal

Lebar jalur, lajur dan bahu jalan ditentukan menurut tata cara Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan, Bina Marga 1992. Yaitu menurut besarnya nilai Volume Lalu-lintas Rencana (VLHR) maupun Volume Jam Rencana (VJR) untuk menentukan type dan kelas jalan, sehingga didapat lebar lajur dan bahu jalan.

VLHR adalah volume lalu-lintas harian pada akhir tahun rencana lalu lintas atau sama dengan lalu lintas harian rata-rata pada akhir tahun umur rencana ( $LHR_n$ ) yang dinyatakan dalam SMP/hari.

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

Dimana :  $LHR_n$  = Lalu lintas harian rata-rata tahun ke n

$LHR_o$  = Lalu lintas harian rata-rata pada awal tahun rencana

i = Faktor pertumbuhan (%)

n = Umur rencana (tahun)

VJR adalah volume lalu lintas pada jam puncak yang dihitung dengan rumus sebagai berikut :

Untuk jalan-jalan 2 jalur :

$$VJR = LHR_n \times (K/100)$$

Untuk jalan-jalan berlajur banyak

$$VJR = LHR_n \times (K/100) \times (D/100)$$

- dimana :
- VJR = Volume jam rencana (SMP/jam).
- LHR<sub>n</sub> = Lalu lintas harian rata-rata pada tahun ke n (SMP/hari).
- K = Koefisien puncak (%), merupakan perbandingan volume lalu lintas pada jam ke-13 dibagi dengan LHR tahunan dan bila tidak diketahui dalam data diambil nilai 10 %.
- D = Koefisien arah (%) merupakan hasil pengamatan di lapangan, bila tidak diketahui dalam data dapat diambil nilai 60 %.

Berdasarkan jenis hambatannya dibagi dalam 2 tipe :

1. Tipe I : Pengaturan jalan masuk secara penuh
2. Tipe II : Sebagian atau tanpa pengaturan jalan masuk

**Tabel 2.11.** Jalan Tipe I

Fungsi		Kelas
Primer	Arteri	1
	Kolektor	2
Sekunder	Arteri	3

Sumber : *Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan, Bina Marga, 1992*

Tabel 2.12. Jalan Tipe II

Fungsi	LHR (dalam SMP)		Kelas
Primer	Arteri	-	1
	Kolektor	> 10000	1
		< 10000	2
Sekunder	Arteri	> 20000	1
		> 20000	2
	Kolektor	< 6000	2
		> 6000	3
	Jalan Lokal	< 500	3
		> 500	4

Sumber : *Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan, Bina Marga, 1992*

Dasar klasifikasi perencanaan menurut Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan, Bina Marga, 1992 :

Tipe-I, kelas-1 : Jalan dengan standar tertinggi dalam melayani lalu lintas cepat antar-regional atau antar-kota dengan pengaturan jalan masuk secara penuh.

Tipe-I, kelas-2 : Jalan dengan standar tertinggi dalam melayani lalu lintas cepat antar-regional atau di dalam kota-kota metropolitan dengan sebagian atau tanpa pengaturan jalan masuk.

Tipe II, kelas 1 : Standar tertinggi bagi jalan-jalan dengan 4 lane. memberikan pelayanan cepat bagi angkutan antar kota atau dalam kota, dengan control.

Tipe II, kelas 2: Standar tertinggi bagi jalan-jalan dengan 2 atau 4 lane dalam melayani angkutan cepat antar kota dan dalam kota. terutama untuk persimpangan tanpa lalu lintas

Tipe II, kelas 3 : Standar tertinggi bagi jalan dengan 2 jalur untuk melayani angkutan dalam distrik dengan kecepatan sedang, unuk persimpangan tanpa lalu lintas.

Tipe II, kelas 4 : Standar terendah bagi jalan satu arah yang melayani hubungan dengan jalan-jalan lingkungan disekitarnya.

Untuk menentukan lebar dari suatu jalan sesuai dengan kelasnya dapat dilihat pada table-tabel sebagai berikut :

**Tabel 2.13.** Penentuan Lebar Jalur lalu Lintas

Kelas Perencanaan	Kelas	Lebar Lajur Lalu-lintas (m)
Tipe I	Kelas 1	3,5
	Kelas 2	3,5
Tipe II	Kelas 1	3,5
	Kelas 2	3,25
	Kelas 3	3,0 – 3,25

Sumber : *Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan, Bina Marga, 1992*

**Tabel 2.14.** Lebar Bahu Kiri / Luar

Klasifikasi Perencanaan		Lebar Bahu Kiri / Luar (m)			
		Tidak Ada Trotoar			Trotoar
		Standar Minimum	Pengecualian Minimum	Lebar yang Diinginkan	
Tipe 1	Kelas 1	2,00	1,25	3,25	-
	Kelas 2	2,00	1,25	2,50	-
Tipe 2	Kelas 1	2,00	1,50	2,50	0,50
	Kelas 2	2,00	1,50	2,50	0,50
	Kelas 3	2,00	1,50	2,50	0,50
	Kelas 4	0,50	0,50	0,50	0,50

Sumber : *Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan, Bina Marga, 1992*

**Tabel 2.15.** Lebar Bahu Kanan / Dalam

Kelas Perencanaan		Lebar Minimum Standar (m)
Tipe 1	Kelas 1	1,00
	Kelas 2	0,75
Tipe 2	Kelas 1	0,50
	Kelas 2	0,50
	Kelas 3	0,50

Sumber : Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan, Bina Marga, 1992

**Tabel 2.16.** Penentuan Lebar Minimum Median

Kelas Perencanaan		Lebar Minimum Standar (m)	Lebar Minimum Khusus (m)
Tipe I	Kelas 1	2,5	2,5
	Kelas 2	2,0	2,0
Tipe II	Kelas 1	2,0	1,0
	Kelas 2	2,0	1,0
	Kelas 3	1,50	1,0

Sumber : Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan, Bina Marga, 1992

### 2.3 ASPEK GEOMETRIK

Perencanaan geometrik yang perlu ditinjau untuk pembangunan *overpass* adalah alinyemen vertikal, sedangkan alinyemen horizontal pada perencanaan geometrik *overpass* merupakan jalan lurus tanpa adanya belokan (sudut tetap) sehingga pada perencanaannya diabaikan.

Alinyemen vertikal merupakan suatu garis yang dibentuk bidang vertikal melalui sumbu jalan yang menggambarkan elevasi permukaan jalan sehingga dapat menambah keamanan dan kenyamanan pemakai jalan. Alinyemen vertikal menyatakan bentuk geometri jalan dalam arah vertikal. Panjang kelandaian lengkung vertikal dapat dihitung dengan menggunakan grafik panjang minimum lengkung vertikal cembung dan panjang lengkung vertikal cekung berdasarkan kecepatan rencana pada Standar Perencanaan Geometri Jalan, PU



---

Binamarga.

### 2.3.1 Alinyemen Vertikal

Perencanaan alinyemen vertikal dibagi menjadi dua bagian, yaitu :

#### 1. Lengkung vertikal Cembung

Lengkung vertikal cembung dibuat dengan memperhatikan syarat-syarat :

##### a. Jarak pandang henti

Untuk kondisi jarak pandang henti < panjang lengkung

Rumus :

$$L_v = \frac{(A * S^2)}{399}$$

Untuk kondisi jarak pandang henti > panjang lengkung

Rumus :

$$L_v = 2 * S - \frac{399}{A}$$

##### b. Jarak pandang menyiap

Untuk kondisi jarak pandang menyiap < panjang lengkung

Rumus :

$$L_v = \frac{(A * S^2)}{960}$$

Untuk kondisi jarak pandang menyiap > panjang lengkung

Rumus :

$$L_v = 2 * S - \frac{960}{A}$$

##### c. Kebutuhan akan drainase

Rumus :

$$L_v = 50 * A$$

##### d. Kebutuhan kenyamanan perjalanan

Rumus :

$$L_v = \frac{A * V_R^2}{360}$$

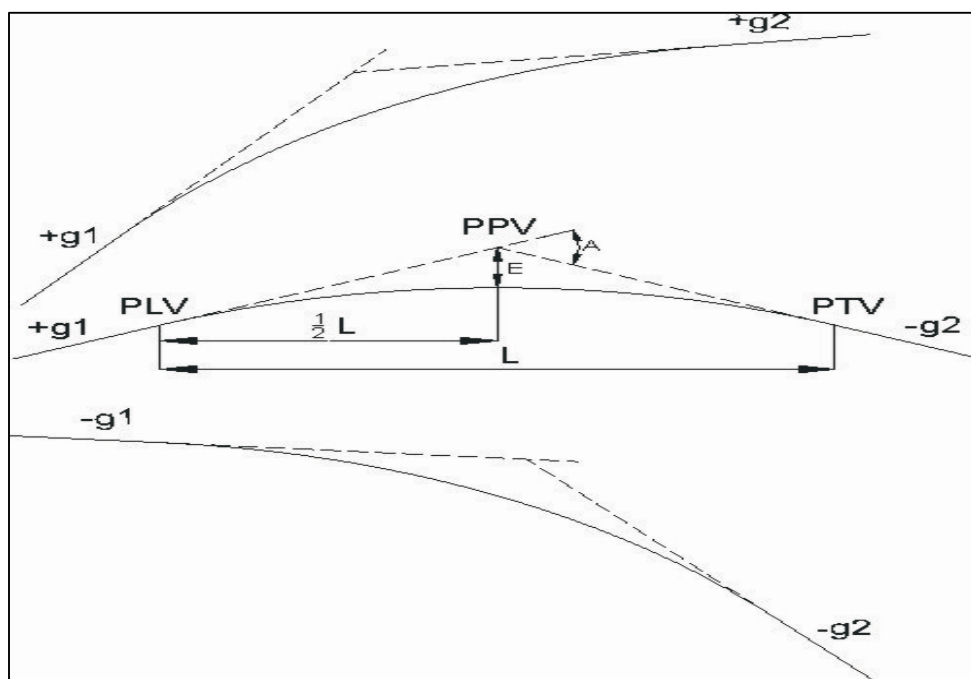
Dimana :

$L_v$  = panjang minimum lengkung vertikal

$S$  = jarak pandang

$A$  = perbedaan aljabar kedua landai ( $g_1 - g_2$ ) (%)

$V_R$  = kecepatan rencana (km/jam)



**Gambar 2.1** Lengkung Vertikal Cembung

Keterangan :

$L$  = Jarak minimum lengkung vertikal cembung

PLV = Titik awal lengkung vertikal

PPV = Titik pertemuan kedua kelandaian

PTV = Titik akhir lengkung vertikal

$E$  = Pergeseran vertikal

*“Silvia Sukirman, Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan, 1994”*

---

## 2. Lengkung Vertikal Cekung

Lengkung vertikal cekung dibuat dengan memperhatikan syarat-syarat :

### a. Jarak penyinaran lampu kendaraan

Untuk kondisi jarak penyinaran < panjang lengkung

Rumus :

$$L_v = \frac{(A * S^2)}{(150 + 3,5 * S)}$$

Untuk kondisi jarak penyinaran > panjang lengkung

Rumus :

$$L_v = 2 * S - \frac{(150 + 3,5 * S)}{A}$$

### b. Persyaratan drainase

Rumus :

$$L_v = 50 * A$$

### c. Kenyamanan pengemudi

Rumus :

$$L_v = \frac{A * V_R^2}{380}$$

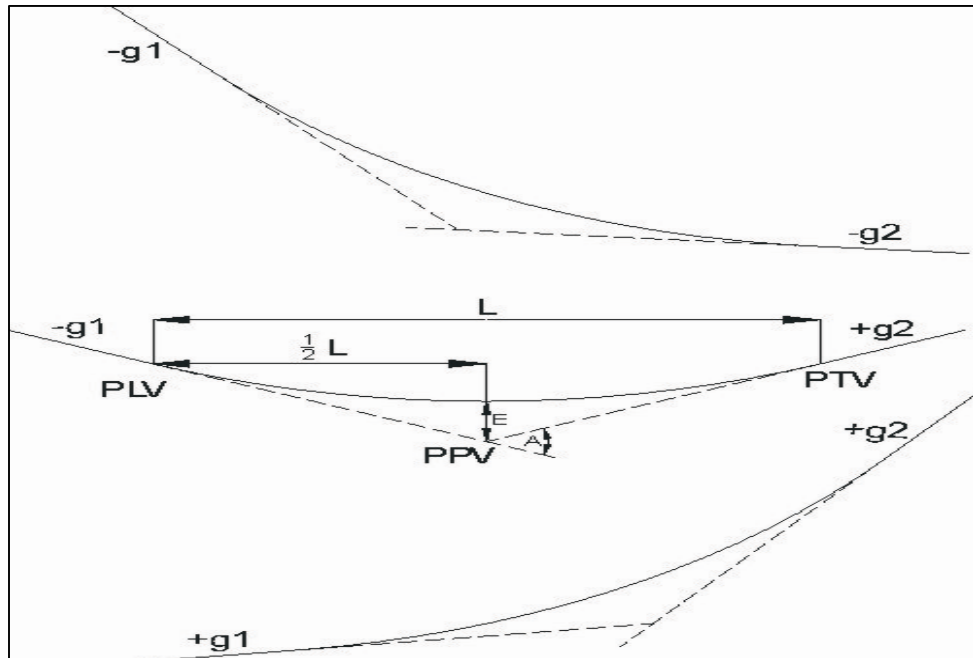
Dimana :

$L_v$  = panjang minimum lengkung vertikal

$S$  = jarak pandang berhenti

$A$  = perbedaan aljabar kedua landai ( $g_1 - g_2$ ) (%)

$V_R$  = kecepatan rencana (km/jam)



Gambar 2.2 Lengkung Vertikal Cekung

Keterangan :

- L = Jarak minimum lengkung vertikal
- PLV = Titik awal lengkung vertikal
- PPV = Titik pertemuan kedua kelandaian
- PTV = Titik akhir lengkung vertikal
- E = Pergeseran vertikal

“Silvia Sukirman, Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan, 1994”

Tabel 2.17 Kecepatan rencana ( $V_R$ )

Kelas Perencanaan		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 : Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan, Bina Marga, 1992

**Tabel 2.18** Landai Maksimum

<b>Kecepatan Rencana (km/jam)</b>	<b>Landai Maksimum (%)</b>
100	3
80	4
60	5
50	6
40	7
30	8
20	9

Sumber : *Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan, Bina Marga, 1992*

**Tabel 2.19.** Jarak Pandang Menyiap (JPM)

<b>Kecepatan rencana (km/jam)</b>	<b>JPM Standar (m)</b>	<b>JPM Minimum (m)</b>
80	550	350
60	350	250
50	250	200
40	200	150
30	150	100
20	100	70

Sumber : *Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan, Bina Marga, 1992*

**Tabel 2.20** Jarak Pandang Henti (JPH)

Kecepatan Rencana (km/jam)	Jarak Pandang Henti (m)
100	165
80	110
60	75
50	55
40	40
30	30
20	20

Sumber : Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan, Bina Marga, 1992

### 2.3.2 Alinyemen Horizontal

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

Superelevasi maksimum sebaiknya seperti yang dinyatakan sebagai berikut :

Jalan Tipe I superelevasi : 10%

Jalan Tipe II superelevasi : 6%

- 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  
( $f=0,14 - 0,24$ )

**Tabel 2.21.** Panjang Jari - Jari Minimum

Kecepatan Rencana $V_R$ (km/jam)	Jari-Jari Minimum $R_{min}$ (m)	
	Jalan Tipe I	Jalan Tipe II
100	350	460
80	230	280
60	120	150
50	80	100
40	-	60
30	-	30
20	-	15

Sumber : Standar Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan, 1992

**Tabel 2.22.** Panjang Jari - Jari Minimum yang Disarankan

Kecepatan Rencana $V_R$ (km/jam)	Jari-Jari Minimum yang Disarankan $R_{min}$ (m)
100	700
80	400
60	200
50	150
40	100
30	65
20	30

Sumber : Standar Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan, 1992

- Panjang Tikungan Minimum

Panjang as sebuah jalur jalan pada tikungan sebaiknya dua kali panjang bagian peralihan.

**Tabel 2.23** Panjang Tikungan Minimum

Kecepatan Rencana $V_R$ (km/jam)	Panjang Tikungan Minimum (m)	
	Standar	Keadaan Terpaksa
100	600	170
80	500	140
60	350	100
50	300	80
40	250	70
30	175	50
20	140	40

Sumber : Standar Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan, 1992

- Lengkung Peralihan

Lengkung peralihan adalah lengkung transisi pada alinyemen horizontal 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).

**Tabel 2.24** Panjang Minimum Lengkung Peralihan

Kecepatan Rencana $V_R$ (km/jam)	Panjang Minimum Lengkung Peralihan (m)
100	85
80	70
60	50
50	40
40	35
30	25
20	20

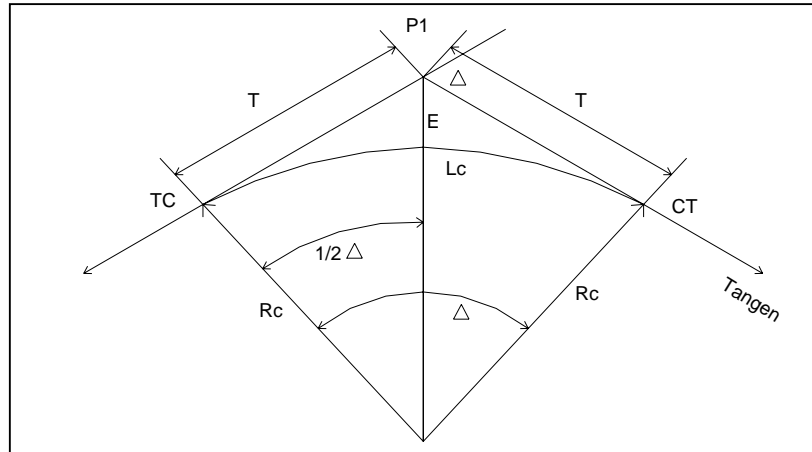
Sumber : Standar Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan, 1992



Macam-macam tikungan pada perencanaan alinyemen horizontal :

### 1. Full Circle

Contoh gambar lengkung full circle dapat dilihat di bawah ini :



Gambar 2.3. Lengkung Full Circle

Keterangan :

PI = titik perpotongan tangen

Rc = jari-jari lingkaran (m)

$\Delta$  = sudut tangen ( $^{\circ}$ )

TC = Tangen Circle

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

Lc = panjang bagian lengkung circle

E = jarak PI ke lengkung circle

Rumus yang digunakan :

$$T = R_c \times \tan 1/2\Delta$$

$$E = R_c \times \tan 1/4\Delta$$

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

$$E = R_c (\sec 1/2\Delta - 1)$$

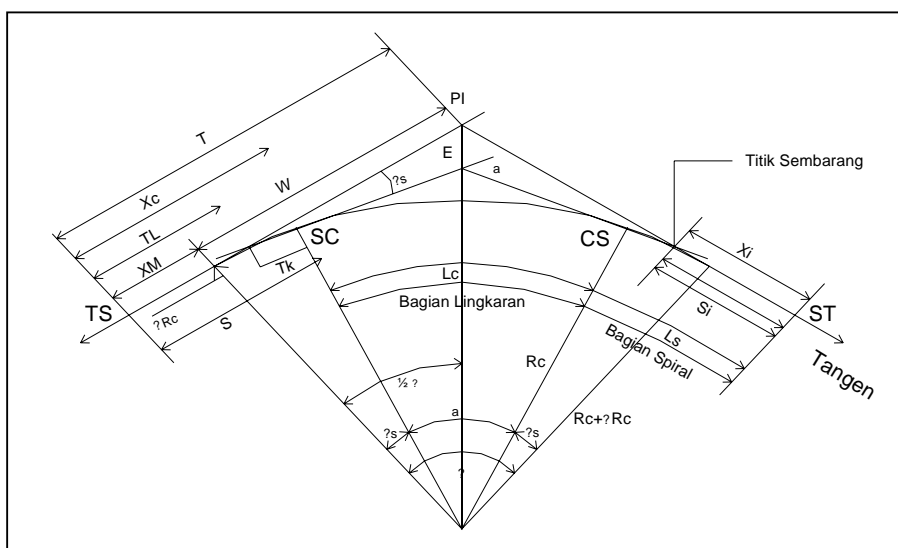
$$L_c = 0,01745 \Delta \times R_c$$

$$L_t = L_c$$

Jenis tikungan ini dapat digunakan pada tikungan dengan jari - jari besar dan sudut tangen ( $\Delta$ ) 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 di bawah :



Gambar 2.4. 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
- $R_c$  = jari-jari lengkung lingkaran
- $L$  = panjang busur spiral dari TS ke suatu titik sembarang
- $L_c$  = panjang busur lingkaran
- $L_s$  = panjang busur spiral
- $T$  = panjang tangen utama
- $E$  = panjang eksternal total dari PI ke tengah busur lingkaran
- $TL$  = panjang “tangen panjang” dari spiral
- $TK$  = panjang “tangen pendek” dari spiral

- $S$  = panjang tali busur spiral  
 $S_i$  = panjang tali busur spiral dari TS ke titik sembarang  
 $\Delta R_c$  = jarak dari busur lingkaran tergeser terhadap jarak tengah  
 $X_m$  = jarak dari TS ke titik proyeksi pusat lingkaran pada tangen  
 $\Delta$  = sudut pertemuan antara tangen utama  
 $\alpha$  = sudut pertemuan antara tangen lingkaran dan sudut pusat lingkaran  
 $\theta_s$  = sudut spiral  
 $\theta_{si}$  = sudut spiral ke titik sembarang pada spiral  
 $\delta$  = sudut antara tangen utama dengan tali busur  
 $X_c, Y_c$  = koordinat SC atau CS terhadap TS – PI atau PI – TS  
 $i, Y_i$  = koordinat setiap titik pada spiral terhadap TS – PI atau PI – TS

Rumus yang digunakan :

$$L_s = \frac{V_R \times T}{3,6} \Rightarrow T = 1 - 3 \text{ det } ik$$

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

$$L_s = \frac{(e_{\max} - e_n) \cdot V_R}{3,6 \cdot r_e} \Rightarrow V_R \leq 70 \text{ km/jam} \rightarrow r_e = 0,035 \text{ m/m/detik}$$

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

$$Y_c = \frac{L_s^2}{6R_c} \quad ; (\text{ dengan } L_s \text{ minimum } )$$

$$\theta_s = \frac{L_s}{2R_c} = 28,648 L_s / R_c \rightarrow \text{ dalam } (^\circ)$$

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

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

$$\omega = (R_c + \Delta R_c) \text{ tg } \Delta / 2$$

$$T = X_m + \omega$$

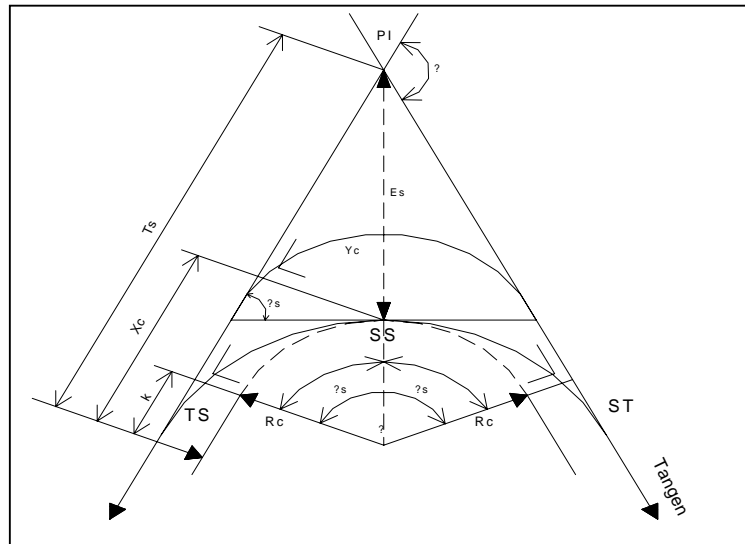
$$L_c = R_c \pi \theta_s / 180^\circ$$

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

Pada tikungan jenis ini, dari arah tangen ke arah circle memiliki spiral yang merupakan transisi dari bagian luar ke bagian circle. Adanya lengkung spiral adalah lengkung transisi pada alinyemen horizontal. 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. Untuk lengkung S-C-S sebaiknya  $L_c \geq 20m$

### 3. Spiral – Spiral

Contoh gambar lengkung Spiral – Spiral dapat dilihat pada Gambar di bawah :



Gambar 2.5. Lengkung Spiral – Spiral

Rumus yang digunakan :

$$\Delta C(\alpha) = 0 \rightarrow \Delta = 2\theta s$$

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

$$L_s = \frac{2\pi R_c}{360^\circ} \times 2\theta s \rightarrow L_s = \frac{\theta s \times R_c}{28,648}$$

$$T_s = (R_c + P) \operatorname{tg} \Delta/2 + K$$

$$E_s = (R_c + P) \sec \Delta/2 - R_c$$

Jenis tikungan Spiral-Spiral digunakan pada tikungan tajam dengan sudut tangen ( $\Delta$ ) yang sangat besar. Pada Spiral-Spiral, dimana  $L_c = 0$ , merupakan tikungan yang kurang baik. Sebab tidak ada jarak tertentu dalam masa tikungan yang sama miringnya. Pada lengkung yang berbentuk Spiral-Spiral, prinsipnya hampir sama dengan tipe Spiral-Circle-Spiral, hanya disini tidak digunakan lengkung Circle,  $L_c = 0$  hingga  $L_t = 2L_s$ .

## 2.4 ASPEK JEMBATAN

### Klasifikasi Jembatan

Ditinjau dari sistem strukturnya maka jembatan dapat dibedakan menjadi:

#### 1. Jembatan Lengkung (*Arch bridge*)

Pelengkung adalah bentuk struktur non-linear yang mempunyai kemampuan sangat tinggi terhadap respon momen lengkung. Yang membedakan bentuk pelengkung dengan bentuk pelengkung dengan bentuk-bentuk lainnya adalah bahwa kedua perletakan ujungnya berupa sendi sehingga pada perletakan tidak diijinkan adanya pergerakan ke arah horisontal. Jembatan pelengkung banyak digunakan untuk menghubungkan tepian sungai atau ngarai dan dapat dibuat dengan bahan baja maupun beton. Jembatan lengkung merupakan salah satu bentuk yang paling indah diantara jembatan yang ada. Jembatan ini cocok digunakan pada bentang jembatan antara 60-80m

---

---

## 2. Jembatan Gelagar (*Beam bridge*)

Jembatan bentuk gelagar terdiri dari lebih dari satu gelagar tunggal yang terbuat dari bahan beton, baja atau beton prategang. Jembatan dirangkai dengan diafragma, dan pada umumnya menyatu secara kaku dengan pelat yang merupakan lantai lalu lintas. Jembatan beton prategang menggunakan beton yang diberikan gaya prategang awal untuk mengimbangi tegangan yang terjadi akibat beban. Jembatan ini bisa menggunakan post-tensioning dan pre-tensioning. Pada post tensioning tendon prategang ditempatkan di dalam duct setelah beton mengeras. Pada pre tensioning beton dituang mengelilingi tendon prategang yang sudah ditegangkan terlebih dahulu. Jembatan ini cocok digunakan pada bentang jembatan antara 20 - 30 m, Tinggi pilar + 1/3 kedalaman pondasi melebihi 15 m.

## 3. Jembatan Kantilever

Jembatan kantilever memanfaatkan konstruksi jepit-bebas sebagai elemen pendukung lantai lalu lintas. Jembatan ini dibuat dari baja dengan struktur rangka maupun beton. Apabila pada jembatan baja kekakuan momen diperoleh dari gelagar menerus, pada beton jepit dapat tercipta dengan membuat struktur yang *monolith* dengan pangkal jembatan. Salah satu kelebihan kantilever adalah bahwa selama proses pembuatan jembatan dapat dibangun menjauh dari pangkal atau pilar, tanpa dibutuhkannya perancah. Jembatan ini cocok digunakan pada bentang melebihi 80,00 meter ( $> 80$  m )

## 4. Jembatan Gantung (*Suspension Bridge*)

Sistem struktur jembatan gantung berupa kabel utama (*main Cable*) yang memikul kabel gantung. Kabel utama terikat pada angker diujung tower yang menyebabkan tower dalam keadaan tertekan. Perbedaan utama jembatan gantung terhadap *cable-stayed* adalah bahwa kabel tersebar merata sepanjang gelagar dan tidak membebani tower secara langsung. Jembatan jenis ini kabel tidak terikat pada tower. Jembatan ini cocok digunakan pada bentang jembatan melebihi 80,00 meter ( $> 80$  m )

---

---

### 5. 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. Jembatan rangka merupakan salah satu jenis jembatan tertua dan dapat dibuat dalam beragam variasi bentuk, sebagai gelagar sederhana, lengkung atau kantilever. Kekakuan struktur diperoleh dengan pemasangan batang diagonal. Jembatan ini cocok digunakan pada bentang jembatan antara 30 - 60 m.

### 6. Jembatan Beton Bertulang

Jembatan beton bertulang menggunakan beton yang dicor di lokasi. Biasanya digunakan untuk jembatan dengan bentang pendek tidak lebih panjang dari 20 meter, daya dukung tanah dipermukaan  $q_u > 50 \text{ kg/cm}^2$  dan tinggi pilar + 1/3 kedalaman pondasi kurang dari 15 m.

Bangunan struktur atas pada umumnya terdiri dari :

*“Buku Diktat Perencanaan Jembatan F.T. UNDIP”*

1. Plat Lantai
2. Trotoar
3. Sandaran/*hand rail*
4. Balok Diafragma
5. Balok Memanjang
6. Tumpuan Jembatan
7. Oprit
8. Pelat injak

Bangunan struktur bawah pada umumnya terdiri dari :

1. Abutment
2. Pilar (pier)
3. Pondasi

---

---

### 2.4.1. Proses Perencanaan Jembatan

Dalam perencanaan suatu jembatan diperlukan adanya suatu proses desain (*design process*) sebelum dilakukan pemilihan bentuk struktur dan perhitungan. Tujuan dari proses ini adalah untuk menentukan jenis, bentuk dan ukuran jembatan yang sesuai, efisien serta memiliki estetika. Dasar-dasar perencanaan tersebut adalah :

“*Buku Diktat Perencanaan Jembatan F.T. UNDIP*”

- a. Alinyemen.
- b. Berbagai syarat/faktor eksternal.
- c. Stabilitas struktur dan pertimbangan ekonomi.
- d. Standarisasi.
- e. Stabilitas pelayanan dan kenyamanan.
- f. Keindahan (estetika).

### 2.4.2. Tahap Perencanaan Jembatan

“*Buku Diktat Perencanaan Jembatan F.T. UNDIP*”

- a. Kompilasi data dan informasi.
- b. Penetapan lokasi dan tata letak jembatan yang balk.
- c. Analisis hambatan geometri.
- d. Layout jembatan (rancangan geometri, lebar, panjang, penempatan pilar dan abutment serta oprit dari jembatan).
- e. Penentuan jenis struktur yang akan digunakan.
- f. Perhitungan pembebanan rencana jembatan.
- g. Detai dimensi dan kekuatan per bagian-bagian dari jembatan terkait dengan pembebanan, mutu bahan, dan umur rencana.

### 2.4.3. Pemilihan Tipe Jembatan

Pemilihan suatu tipe jembatan dilakukan guna mencapai biaya (cost) sekecil mungkin (pelaksanaan konstruksi, perbaikan dan pemeliharaan) namun tetap dalam batas spesifikasi dan standar yang disyaratkan. Dengan pertimbangan ini maka pemilihan jenis bangunan struktur utama ditinjau berdasarkan :



- a. Beton bertulang dapat dipakai bila bentang jembatan  $< 20$  m.
- b. Bentang  $> 30$  m dipakai beton prategang.
- c. Untuk bentang  $> 60$  m dipakai jembatan rangka atau lengkung.
- d. Apabila bentang jembatan  $> 80$  m maka digunakan struktur rangka.

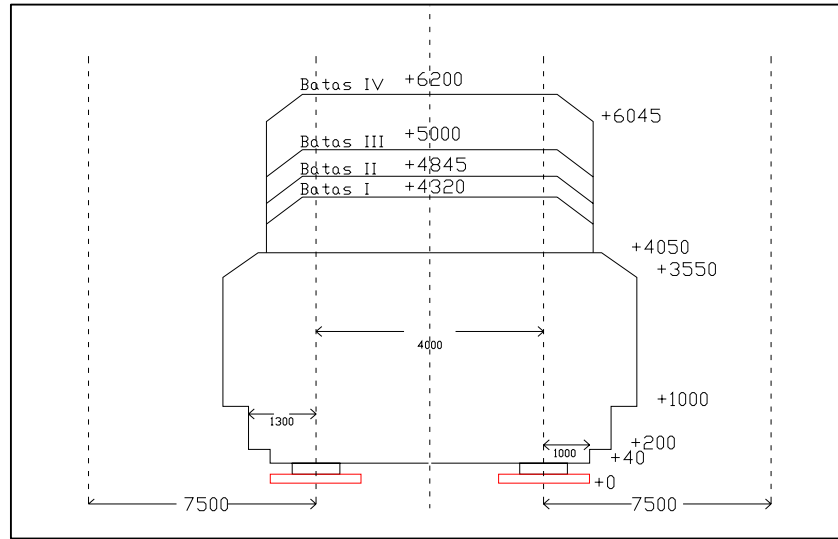
#### 2.4.4. Syarat Ruang Bebas Jembatan

Aspek lalu lintas bawah (lalu lintas kereta api) sangat berpengaruh terhadap dimensi jembatan layang. Karena jembatan layang terletak di atas jalur kereta api maka dimensi jembatan tersebut harus dibuat sedemikian rupa sehingga dapat memberikan ruang yang cukup bagi kereta api untuk dapat melintas di bawahnya.

Menurut *Buku Diktat Perencanaan Jalan Rel F.T. UNDIP* tentang ruang bebas dan ruang bangun, ruang bebas adalah ruang diatas sepur yang senantiasa bebas dari segala rintangan dan benda penghalang. Ruang ini disediakan untuk lalu lintas rangkaian kereta api. Ukuran ruang bebas pada jalur kereta api untuk *Double Track* ditunjukkan oleh gambar 2.1

Menurut buku Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya (SKBI-1.3.28.1987) ruang bebas untuk jalan kereta api di bawah jembatan adalah :

- Tinggi minimum 6.5 m terhadap tepi atas kepala rel
- Lebar minimum 15 m



**Gambar 2.6.** Ruang Bebas Jalur Kereta Api Double Track

Keterangan :

- Batas I : Untuk jembatan dengan terowongan sampai 60 km/jam
- Batas II : Untuk *viaduck* dan terowongan dengan kec sampai 60km/jam dan untuk jembatan tanpa pembatasan kecepatan
- Batas III : Untuk *viaduck* baru dan bangunan lama kecuali terowongan dan jembatan
- Batas IV : Untuk lintas kereta listrik

Berdasarkan himbauan PT. Kereta Api, 10 meter dari kiri dan kanan sumbu sepur tidak diperkenankan didirikan bangunan, sehingga dalam perancangan bentang jembatan layang harus lebih dari 20 meter.

#### 2.4.5. Pembebanan

Pembebanan didasarkan Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan dan Jalan Raya 1987 (PMJJR 1987). Beban muatan yang bekerja terdiri dari beban primer dan beban sekunder:

##### 1. Beban Primer

Merupakan beban utama dalam perhitungan tegangan yang terdiri dari :

## a. Beban Mati

Yaitu semua beban yang berasal dari berat sendiri jalan layang

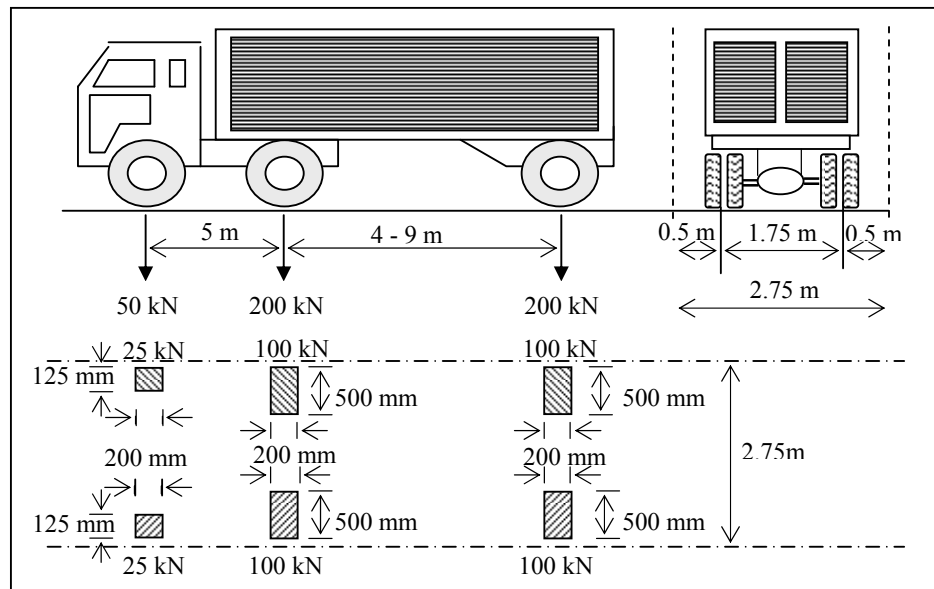
## b. Beban Hidup

Yaitu semua beban yang berasal dari berat kendaraan yang bergerak atau lalu lintas yang dianggap bekerja pada jalan layang

## • Beban T

Merupakan beban terpusat untuk lantai kendaraan yang digunakan untuk perhitungan kekuatan lantai jalan layang yang ditinjau pada 2 kondisi :

- Roda pada tengah pelat lantai (lebar jalur 5,5 m)
- 2 roda truk yang berdekatan dengan jarak 100 cm (lebar jalur > 5,5 m).



Gambar 2.7. Beban Terpusat Untuk Lantai Kendaraan

## • Beban D

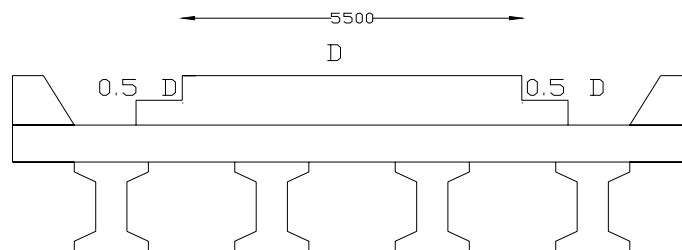
Beban D atau beban jalur untuk perhitungan kekuatan gelagar berupa beban terbagi rata sebesar "q" panjang per jalur dan beban garis "P" per jalur lalu lintas. Besar beban D ditentukan sebagai

berikut :

$$Q = 2,2 \text{ t/m} \quad : \text{ untuk } L < 30 \text{ m}$$

$$Q = 2,2 \text{ t/m} - \frac{1,1}{60 * (L - 30)} \text{ t/m} \quad : \text{ untuk } 30 \text{ m} < L < 60 \text{ m}$$

$$Q = 1,1 * \left(1 - \frac{30}{L}\right) \text{ t/m} \quad : \text{ untuk } L > 60 \text{ m}$$

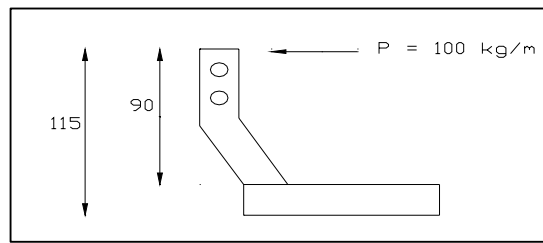


**Gambar 2.8.** Beban Jalur Untuk Perhitungan Kekuatan Gelagar

Misalnya lebar lantai kendaraan lebih besar dari 5,5 m, maka beban berlaku sepenuhnya pada jalur sebesar 5,5 m. Sedangkan lebar selebihnya hanya dibebani sebesar 50 dari muatan D tersebut.

c. Beban pada trotoar, kerb, dan sandaran

- Trotoar diperhitungkan terhadap beban hidup sebesar 500 kg/m<sup>2</sup>. Namun pada perhitungan gelagar hanya digunakan sebesar 60 % dari beban hidup trotoar.
- Kerb diperhitungkan guna menahan beban horizontal kearah melintang jembatan 500 kg/m<sup>2</sup>, bekerja pada puncak kerbau setinggi 25 cm di atas permukaan lantai kendaraan bila tinggi kerb > 25 cm.
- Selain itu perlu diperhitungkan pula beban pada sandaran yaitu diperhitungkan untuk dapat menahan beban horizontal P sebesar 100 kg/m pada tinggi 90 cm dari atas lantai trotoir (115 cm di atas permukaan lantai kendaraan)



**Gambar 2.9.** Beban Pada Tiang Sandaran

- **Beban Kejut**

Beban Kejut diakibatkan oleh getaran dan pengaruh dinamis lainnya. Tegangan akibat beban garis harus dikalikan koefisien kejut sebesar :

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

Dimana : K = Koefisien kejut

L = Panjang bentang jalan (m)

## 2. **Beban Sekunder**

Beban sekunder terdiri dari :

### a. Gaya Rem

Pengaruh gaya-gaya dalam arah memanjang jembatan akibat gaya rem harus ditinjau. Pengaruh ini diperhitungkan senilai dengan pengaruh gaya rem sebesar 5 % dari beban D tanpa koefisien kejut yang memenuhi semua jalur lalu lintas yang ada dan dalam satu jurusan yang bekerja dalam arah horizontal sumbu jembatan dengan titik tangkap setinggi 1,00 m di atas permukaan lantai kendaraan.

### b. Gaya Akibat Gempa Bumi

Jembatan atau jalan yang dibangun di daerah-daerah dimana diperkirakan terjadi pengaruh-pengaruh gempa bumi harus direncanakan dengan menghitung pengaruh-pengaruh gempa bumi tersebut.

### c. Beban Angin

Beban angin diperhitungkan sebesar 150 kg/m<sup>2</sup>, pada jembatan

ditinjau berdasarkan bekerjanya angin horizontal terbagi rata pada bidang vertikal jalan layang dalam arah tegak lurus sumbu memanjang jembatan layang.

d. Gaya akibat gesekan akibat tumpuan bergerak

Ditinjau terhadap gaya akibat gesekan pada tumpuan bergerak, karena adanya pemuaian yang timbul akibat adanya gaya gesekan, dan perbedaan suhu.

#### 2.4.5.1. Kombinasi Pembebanan

Konstruksi jembatan layang harus ditinjau berdasarkan pada kombinasi pembebanan dan gaya yang mungkin bekerja

**Tabel 2.25** Kombinasi Pembebanan

Kombinasi Pembebanan dan Gaya	Tegangan yang Digunakan Terhadap Tegangan Ijin
1. $M + (H+K) + Ta + Tu$	100 %
2. $M Ta + Ah + Gg + A + SR + Tm + S$	125 %
3. Komb. 1 + $Rm + Gg + A + SR + Tm + S$	140 %
4. $M + Gh + Tag + Cg + Ahg + Tu$	150 %
5. $M + P1 \rightarrow$ Khusus Jembatan Baja	130 %
6. $M + (H+K) + Ta + S + Tb$	150 %

Sumber : PPPJIR, 1987

Keterangan :

A = Beban Angin

Ah = Gaya akibat aliran dan hanyutan

Ahg = Gaya akibat aliran dan hanyutan waktu gempa

Gg = Gaya gesek pada tumpuan bergerak

Gh = Gaya horizontal ekivalen akibat gempa  $(H+K)$  = Beban hidup dan kejut

M = Beban mati

P1 = Gaya pada waktu pelaksanaan

Rm = Gaya rem

S = Gaya sentrifugal

---

---

SR	= Gaya akibat susut dan rangkai
T <sub>m</sub>	= Gaya akibat perubahan suhu ( selain susut dan rangkai)
T <sub>a</sub>	= Gaya tekanan tanah
Tag	= Gaya tekanan tanah akibat gempa bumi
T <sub>u</sub>	= Gaya angkat

## 2.5 ASPEK STRUKTUR

### 2.5.1. Bangunan Struktur Bawah

Bangunan struktur bawah sebagian besar merupakan struktur beton bertulang yang secara metode pelaksanaan dan perhitungan tidak jauh berbeda dengan bangunan struktur atas, secara umum bangunan struktur bawah adalah sebagai berikut

#### **Pilar (Pier)**

Pilar (Pier) berfungsi sebagai pembagi bentang jembatan dan sebagai pengantar beban-beban yang bekerja pada struktur atas dan menyalurkannya kepada pondasi dibawahnya.

Pilar terbagi atas beberapa bagian :

- Pier head dan Head wall
- Kolom

Dalam mendesain pilar dilakukan dengan cara berikut :

- a. Menentukan bentuk dan dimensi rencana penampang pilar
- b. Menentukan pembebanan yang terjadi pada pilar
  - Beban mati berupa gelagar utama, lantai jembatan, diafragma, perkerasan (pavement), sandaran, dan air hujan. Beban hidup berupa beban merata dan beban garis.
  - Beban sekunder berupa beban gempa, rem dan traksi, serta koefisien kejutan dan beban angin.
- c. Menghitung momen, gaya normal, dan gaya geser yang terjadi akibat kombinasi dari beban-beban yang bekerja.
- d. Menentukan mutu beton dan luasan tulangan yang digunakan serta cek apakah pilar cukup mampu menahan gaya-gaya tersebut.

---

---

### **Abutment**

Abutment merupakan struktur bawah jembatan yang berfungsi sama dengan pilar (pier) namun pada abutment juga terkait dengan adanya factor tanah. Adapun langkah perencanaan abutment adalah sama dengan tahapan perencanaan pilaar (pier), namun pada pembebanannya ditambah dengan tekanan tanah timbunan dan ditinjau kestabilan terhadap sliding dan bidang runtuh

### **Footing (Pile-cap)**

Footing atau Pile-cap merupakan bangunan struktur yang berfungsi sebagai pemersatu rangkaian pondasi tiang pancang maupun bore pile (pondasi dalam kelompok), sehingga diharapkan bila terjadi penurunan akibat beban yang bekerja di atasnya pondasi-pondasi tersebut akan mengalami penurunan secara bersamaan dan juga dapat memperkuat daya dukung pondasi tiang dalam tersebut.

### **Pondasi**

Untuk perencanaan suatu pondasi jembatan dan jalan dilakukan penyelidikan tanah untuk mengetahui daya dukung tanah (DDT) dasar setempat. Penyelidikan tanah secara umum dilakukan dengan cara boring dan sondir.

Adapun tinjauan analisa tanah yang digunakan adalah

#### **1) Standar Penetration Test**

$$N = 15 + 1/2 (N' - 15)$$

dimana :

N = Nilai SPT setelah dikoreksi

N' = Nilai SPT yang diukur dengan catatan percobaan  $N' > 15$



**Tabel 2.26.** Standar Pnetration Test

Tingkat Kepadatan	Dr	N	$\theta$
Sangat Lepas	< 0,2	< 4	< 30
Lepas	0,2 – 0,4	4 – 10	30 – 35
Agak Padat	0,4 – 0,6	10 – 30	35 – 40
Padat	0,6 – 0,8	30 – 50	40 – 45
Sangat Padat	0,8 – 1,0	> 50	45

Sumber : Pondation Eginering, Ralph.BP,1973

## 2) Dari Hasil Alat Sondir

Penafsiran dengan menggunakan alat sondir dapat dilihat pada table berikut :

**Tabel 2.27.** Penafsiran Hasil Penyelidikan Tanah

Hasil Sondir (kg/cm <sup>2</sup> )		Klasifikasi
qc	fs	
6	0,15 - 0,40	Humus,lempung sangat lunak
6 - `10	0,20	Pasir kelanauan lepas, pasir sangat halus
	0,20 - 0,60	Lempung lembek kelanauan
10 - `30	0,10	Kerikil lepas
	0,10 - 0,40	Pasir lepas
	0,80 - 2,00	Lempung agak kenyal
30 - `60	1,50	Pasir kelanauan, agak padat
	1,00 - 3,00	Lempung kelanauan, agak kenyal
	3,00	Lempung kerikil kenyal
150 - `300	1,00 - 2,00	Pasir padat, kerikil kasar, sangat padat

Sumber : Penetrometer and soil exploration, G.Sanglerat, 1972

## 3) Dari hasil Boring Log

Analisa dapat dilihat dari hasil boring log di lapangan (perlu diperhatikan letak kedalaman Muka Air Tanah).

Tabel 2.28. Klasifikasi Tanah-2

N Values (SPT)	Consistency
0 – 2	Very Soft
2 – 4	Soft
4 – 8	Medium Soft
8 – 16	Stiff
16 - 32	Very Stiff
> 32	Hard

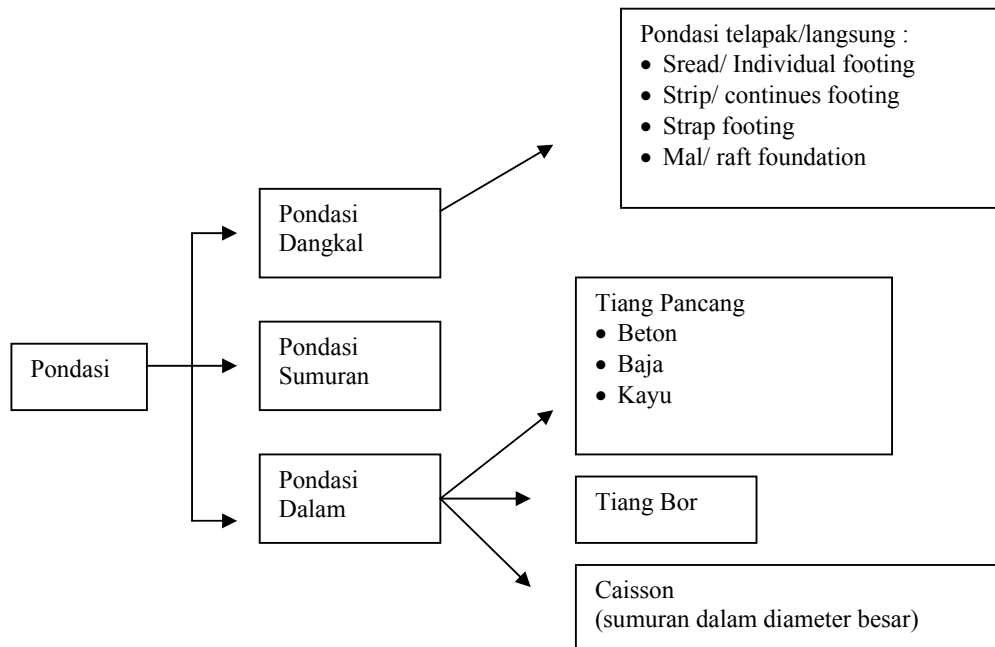
Sumber : Soil mechanic and Foundation, DR,BC Punmia,1981

Dari ketiga analisa diatas dapat ditentukan jenis pondasi yang akan digunakan dan dapat pula diketahui kekuatan tanah berdasarkan jenis pondasi yang dipilih.

**Pemilihan Jenis Pondasi**

Jenis pondasi yang umum dalam struktur sipil ada 3 macam, yaitu :

- Pondasi dangkal
- Pondasi sumuran
- Pondasi dalam



Gambar 2.10 Pengelompokan Tipe Pondasi

---

---

### 1. Pondasi Dangkal

#### Kriteria desain pondasi dangkal :

- a. Termasuk pondasi dangkal ( $D/B < 4$ ).
- b. Digunakan apabila letak tanah baik (kapasitas dukung ijin  $> 2,0 \text{ kg/cm}^2$ ) relative dangkal (0,60 — 2,00 m).
- c. Diusahakan agar pada pilar tidak digunakan pondasi langsung dan apabila tidak dapat dihindari maka perlu struktur pengaman untuk melindungi pondasi.

### 2. Pondasi Sumuran

#### Kriteria desain pondasi sumuran

- a. Termasuk pondasi sumuran ( $4 < D/B < 10$ ).
- b. Digunakan apabila beban yang bekerja cukup berat dan tanah keras relative dalam (daya dukung ijin tanah  $> 3 \text{ kg/cm}^2$ )
- c. Jumlah sumuran tergantung dari beban yang bekerja, namun diameter sumuran  $> 3 \text{ m}$  agar pekerja dapat masuk ke lubang.
- d. Bila tanah pondasi berpasir penggalian harus hati-hati dan pengambilan tanah jangan sampai terbawa air tanahnya, hal ini untuk menghindari kelongsoran dan masuknya tanah dari luar.
- e. Penggalian harus sebaik mungkin (tidak seperti pada pondasi langsung) sehingga factor lekatan tanah tidak hilang

### 3. Pondasi Dalam

#### Kriteria desain pondasi dalam :

- a. Termasuk pondasi dalam ( $D/B > 10$ ).
- b. Penggunaan alat khusus/berat seperti alat pancang dan alat bor dalam pelaksanaannya.

#### Pondasi dalam dapat berupa :

- a. Pondasi dalam dengan pile didesakkan ke dalam tanah. Pondasi tipe ini memakai pile berupa tiang pancang, sheet pile, dll. Pengerjaan pondasi tipe ini membutuhkan bantuan *crane* dan *hammer pile* untuk mendesakkan pile ke dalam tanah.

- b. Pondasi dalam dengan pile ditempatkan pada ruang yang telah disediakan dengan cara dibor (*Bor pile*). Pondasi tipe ini membutuhkan mesin bor untuk membuat lubang dengan kedalaman rencana kemudian pile dirangkai.
- c. Pondasi Caisson  
Pondasi caisson merupakan bentuk dari pondasi sumuran dengan diameter yang relatif lebih besar.

Untuk lebih terperinci mengenai pondasi dalam, maka dianalisa secara seksama untuk tiang pancang dan bored pile sebagai pembanding dalam pemilihan jenis pondasi yang akan digunakan

### A. Analisa dan Desain Pondasi Tiang Pancang

Perhitungan pondasi ini meliputi :

- Analisa gaya yang bekerja pada pondasi bang.
- Kontrol terhadap daya dukung tiang terhadap struktur.
- Kontrol stabilitas pondasi terhadap tekanan tanah pasif

Adapun tinjauan perhitungan pada pondasi tiang pancang adalah :

- Perhitungan daya dukung tiang pancang tunggal
  - Kekuatan bahan tiang.

$$P \text{ tiang} = a'_{\text{bahan}} \times A \text{ tiang}$$

- Daya dukung tanah dari data sondir

- Rumus Boegemenn

$$P_{all} = \frac{qc * A}{3} + \frac{K * TF}{5}$$

Dimana :

A = Luas tiang beton

K = Keliling tiang

TF = JHP = total friction

$Qc = \frac{1}{2} (q_{cu} + q_{cb}) = \text{point bearing capacity}$

- Rumus Mayerhoff

$$P_{ult} = (qc \cdot A_b + \gamma_s \cdot A_s)$$

$$P_{all} = \frac{P_{ult}}{3}$$

$A_b$  = luas penampang tiang

$A_s$  = luas selimut tiang

$\gamma_s$  = total friction

$q_c$  = qonus resistance rata –rata 4D di alas ujung tiang dan 1D di bawah tiang

- Rumus Bala Subramanian

$$P_{all} = \frac{b * q_c * A}{Fk} + \frac{a * K * TF}{Fk}$$

Dimana :

$Q_c$  = nilai konus

TF = total friction

A = luas penampang tiang

K = keliling penampang tiang

**Tabel 2.29.** Nilai a dan b pada penggunaan rumus Subramanian

Jenis Pondasi	a				b	
	Clay lunak	Clay med	Clay keras	Pasir	Clay	Pasir
Pancang	1	0,70	0,50	0,80	0,33	0,50
Bor	1	0,35	0,40	0,45	0,50	0,65

Sumber : Pondasi Tiang Pancang, Ir. Sardjono HS

- c. Daya dukung tanah dari data Standar Penetration Test (SPT)

$$P_{utt} = (40 N_b A_b) + (0,2 \cdot N \cdot A_s)$$

Dimana :

$P_{utt}$  = Daya dukung batas pondasi (ton)

$N_b$  = Nilai N-SPT pada elevasi dasar tiang

$A_b$  = Luas penampang dasar tiang ( $m^2$ )

N = Nilai N-SPT rata-rata

$A_s$  = Luas selimut tiang ( $m^2$ )

2. Perhitungan daya dukung kelompok tiang (pile grup)

- a. Metode Converse - Labarre

Berdasarkan efisiensi kelompok tiang bor "Persamaan Converse - Labarre" akibat pemasangan secara group:

$$E = 1 - \frac{\phi}{90} \left[ \frac{(n-1)m + (m-1)n}{m * n} \right]$$

Dimana :

$$\phi = \tan^{-1} \frac{D}{S}$$

D = diameter tiang pancang

S = jarak antara tiang pancang

b. Metode Feld

$$Q_t = \eta \times Q_{\text{tiang}}$$

Nilai efisiensi pile grup (q) pada metode ini tergantung dari jumlah dan formasi letak dari susunan penempatan tiang pada footing.

3. Beban kelompok tiang yang menerima beban sentries dan momen bekerja pada dua arah (Biaxial bending)

$$P_{\max} = \frac{\sum P_v}{n} \pm \frac{M_x * Y_{\max}}{n_x * \sum y^2} \pm \frac{M_y * X_{\max}}{n_y * \sum x^2}$$

Dimana :

$P_{\max}$  = Beban max yang diterima 1 tiang (tunggal)

$\sum P_v$  = Jumlah beban vertikal

$M_x$  = Momen arah x

$M_y$  = Momen arah y

$Y_{\max}$  = jarak terjauh tiang ke pusat berat tiang

$n_x$  = Banyak tiang dalam satu babs arah x

$n_y$  = Banyak tiang dalam satu babs arah y

Check :  $P_{\max} \leq P_{\text{eff}} \dots \dots \text{Aman}$

4. Penulangan Tiang Pancang

Penulangan tiang pancang ditinjau berdasarkan kebutuhan pada waktu pengangkatan.

a. Kondisi 1 (Pengangkatan 1 titik)

b. Kondisi 2 (Pengangkatan 2 titik)

Dari kedua model pengangkatan diatas dipilih Momen yang terbesar untuk perencanaan penulangan. Penulangan sama dengan perhitungan beton bertulang diatas.

### **B. Analisa dan Desain Pondasi Bored Pile**

Pemilihan pondasi bored pile pada perencanaan karena adanya bangunan lama dan kondisi situasi sosial dilingkungan setempat, sehingga factor keamanan struktur dan kenyamanan pada masa pelaksanaan terpenuhi. Pondasi bored pile memiliki kelebihan dan kekurangan bila dibandingkan dengan pondasi tiang pancang

#### Kelebihan-kelebihan pondasi bored pile :

- a. Memerlukan lebih sedikit penenman ke dalam tanah karena dimensinya dapat diperbesar ( $d = 0,5 \text{ m} - 3,5 \text{ m}$ )
- b. Meniadakan getaran dan suara gaduh yang merupakan akibat dari pendorongan tiang pancang.
- c. Dapat menembus tanah keras dan kerakal karena bila menggunakan tiang pancang mengakibatkan bengkok.
- d. Lebih mudah memperluas bagian puncak sehingga memungkinkan momen-momen lentur yang lebih besar.
- e. Dapat meminimalisir kerusakan pada struktur bangunan lama akibat pengaruh dari pendorongan tiang pancang.
- f. Penulangan besi stek dari bored pile ke footing lebih baik karena menjadi satu kesatuan struktur yang utuh.

#### Kekurangan-kekurangan pondasi bored pile

- a. Tidak dapat dipakai jika lapisan pendukung (bearing stratum) tidak cukup dekat dengan permukaan tanah (dengan menganggap tanah pada lapisan yang kompeten/mampu tidak dapat dandalkan untuk tahanan kulit).
- b. Keadaan cuaca yang buruk dapat mempersulit pengeboran dan atau pembetonan.
- c. Akan terjadi tanah runtuh jika tindakan pencegahan tidak dilakukan yaitu casing.

- d. Kualitas bored pile sangat tergantung pada ketelitian dan kesempurnaan dari proses pelaksanaan.

Adapun tinjauan perhitungan pada pondasi tiang pancang adalah :

1. Perhitungan daya dukung tiang pancang tunggal
  - a. Kekuatan bahan tiang.

$$P \text{ tiang} = ' \text{bahan} \times A_{\text{tiang}}$$

- b. Daya dukung tanah dari data sondir

- Rumus Boegemenn

$$P_{all} = \left[ \frac{q_c * A}{3} + \frac{K * TF}{5} \right] \cdot 70\%$$

Dimana :

A = luas tiang beton

K = keliling tiang

TF = JHP = total friction

$q_c = 1/2(q_{cu} + q_{cb}) = \text{point}$

- Rumus Mayerhoff

$$P_{ult} = (q_c \cdot A_b + \gamma_s \cdot A_s) \cdot 70\%$$

$$P_{all} = \frac{P_{ult}}{3}$$

Dimana :

$A_b$  = luas penampang tiang

$A_s$  = luas selimut tiang

$\gamma_s$  = total friction

$q_c$  = qonus resistance rata —rata 4D di atas ujung tiang dan 10 di bawah tiang

- Rumus Bala Subramanian

$$P_{all} = \frac{b * q_c * A}{F_k} + \frac{a * K * TF}{FK}$$



Dimana :

$q_c$  = nilai konus

TF = total friction

A = luas penampang tiang

K = keliling penampang tiang

- c. Daya dukung tanah dari data Standar Penetration

$$P_{ult} = (40.N_b.A_b) + (0,2.N.A_s).70\%$$

Dimana :

$P_{ult}$  = Daya dukung batas pondasi (ton)

$N_b$  = Nilai N-SPT pada elevasi dasar tiang

$A_b$  = Luas penampang dasar tiang ( $m^2$ )

N = Nilai N-SPT rata-rata

$A_s$  = Luas selimut hang ( $m^2$ )

2. Perhitungan daya dukung kelompok tiang (pile grup)

- a. Metode Converse - Labarre

Berdasarkan efisiensi kelompok t beban jalur untuk perhitungan kekuatan gelagar iang bor "Persamaan Converse - Labarre" akibat pemasangan secara group:

$$E = 1 - \frac{\phi}{90} \left[ \frac{(n-1)m + (m-1)n}{m * n} \right]$$

$$\phi = \tan^{-1} \frac{D}{S}$$

Dimana :

D = diameter tiang bor

S = jarak antara tiang bor

- b. Metode Feld

$$Q_t = \eta \times Q_{tiang}$$

Dimana :

$\eta$  = Nilai efisiensi pile grup

Pada metode ini tergantung dari jumlah dan formasi letak dari susunan penempatan tiang pada footing.

3. Beban kelompok tiang yang menerima beban sentries dan momen bekerja pada dua arah (Biaxial bending)

$$P_{\max} = \frac{\sum P_v}{n} \pm \frac{M_x * Y_{\max}}{n_x * \sum y^2} \pm \frac{M_y * X_{\max}}{n_y * \sum x^2}$$

Dimana :

$P_{\max}$  = Beban max yang diterima 1 tiang (tunggal)

$\sum P_v$  = Jumlah beban vertikal

$M_x$  = Momen arah x

$M_y$  = Momen arah y

$V_{\max}$  = jarak terjauh tiang ke pusat berat tiang

$n_x$  = Banyak tiang dalam satu baris arah x

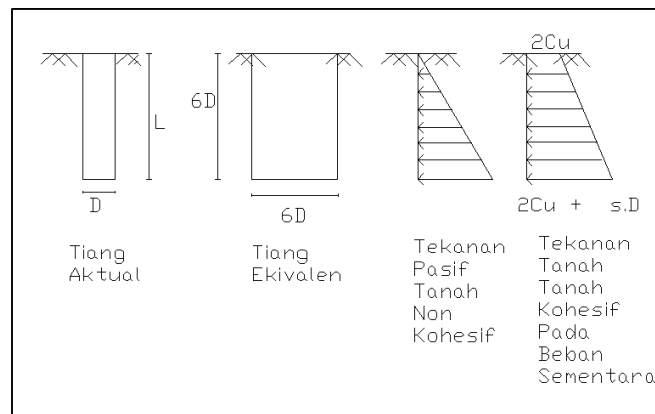
$n_y$  = Banyak tiang dalam satu baris arah y

Check :  $P_{\max} \leq P_{\text{eff}} \dots$  Aman

4. Kapasitas Lateral Dari Tiang Bor

Cara empirik dengan metode O.H.B.D.0 mengijinkan bahwa ketahan lateral, QL dari tiang tunggal yang tertahan dalam kelompok tiang adalah ketahan pasif dari tiang dengan dimensi ekivalen :

- Lebar sebesar 3D actual tiang
- Kedalaman sebesar 6 kali diameter actual tiang



**Gambar 2.11 Kapasitas Lateral Tiang Bor**

Pada tanah kohesif  $Q_L = 36.Cu.D^2 + 54. \gamma_s. D^3$

Lebar ekivalen =  $3 D$

Kedalaman tiang ekivalen =  $6 D$

#### 5. Penulangan Tiang Bor

Penulangan tiang bor ditinjau berdasarkan momen yang diakibatkan oleh tekanan tanah pasif dan daya dukung tiang tunggal.

### 2.5.2. Bangunan Struktur Atas

Bangunan atas merupakan bangunan yang terbagi atas bangunan struktur utama jembatan dan pelengkap.

#### 2.5.2.1 Pelat Lantai

Berfungsi sebagai penahan lapisan perkerasan dan pembagi beban kepada gelagar utama. Pembebanan pada pelat lantai :

- Beban mati berupa pelat sendiri, berat perkerasan dan berat air hujan.
- Beban hidup seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya.

Adapun panjang dan lebar dari pelat lantai disesuaikan dengan panjang bentang dan jarak antar gelagar utama. Perhitungan pelat lantai dibagi menjadi 2 bagian, yaitu : pelat lantai pada bagian tengah dan pelat lantai pada bagian tepi. Prosedur perhitungan pelat lantai adalah sebagai berikut :

### 1. Tebal Pelat Lantai

Tebal pelat lantai adalah sama dengan perhitungan pada beto bertulang, dengan tebal  $h_{\min}$  yang digunakan adalah = 20 cm.

### 2. Perhitungan Momen

- Untuk beban mati

$$M_{x_m} = 1/10 * l_x^2 \quad ; \quad M_{y_m} = 1/3 * M_{x_m}$$

- Untuk beban hidup

$$\frac{tx}{lx} \rightarrow \text{dengan Tabel Bitnerr didapat } f_{xm}$$

$$\frac{ty}{ly} = \frac{ty}{lx} \rightarrow \text{dengan Tabel Bitnerr didapat } f_{ym}$$

$$M_{x_m} = f_{xm} * \frac{T}{xy} * \text{luas bidang kontak}$$

$$M_{y_m} = f_{ym} * \frac{T}{xy} * \text{luas bidang kontak}$$

$$M_{x_{\text{total}}} = M_{x_m \text{ beban mati}} + M_{x_m \text{ beban mati}}$$

$$M_{y_{\text{total}}} = M_{y_m \text{ beban mati}} + M_{y_m \text{ beban mati}}$$

### 3. Perhitungan penulangan

$$\text{Hitung : } \frac{Mu}{bd^2}$$

Dari table dan grafik didapat  $\rho$

Jika  $\rho \leq \rho_{\min}$ , maka digunakan  $\rho_{\min}$

Jika  $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$ , maka digunakan  $\rho$

Jika  $\rho_{\min} \geq \rho_{\max}$ , maka digunakan  $\rho_{\max}$

$$A_s = \rho * b * d$$

#### 2.5.2.2 Sandaran

Adalah pembatas antara kendaraan dengan tepi jembatan untuk memberi rasa aman bagi pengguna jalan. Sandaran terdiri dari beberapa bagian, yaitu :railing sandaran,tiang sandaran dan parapet. Perhitungan dimensi dan penulangan digunakan rumus beton bertulang seperti pada umumnya.

$$\text{Hitung : } \frac{Mu}{bd^2}$$

Dari table dan grafik didapat  $\rho$

Jika  $\rho \leq \rho_{\min}$ , maka digunakan  $\rho_{\min}$

Jika  $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$ , maka digunakan  $\rho$

Jika  $\rho_{\min} \geq \rho_{\max}$ , maka digunakan  $\rho_{\max}$

$$A_s = \rho * b * d$$

Tulangan Geser :

$$V_n = \frac{Vu}{\phi}$$

$$V_n = 0,17\sqrt{f'c} * b * d$$

Jika  $(V_n - V_c) \geq 2/3 * \sqrt{f'c} * b * d$ , maka penampang harus ditambah

Jika  $(V_n - V_c) < 2/3 * \sqrt{f'c} * b * d$ , maka penampang cukup.

Jika  $V_u < \frac{\phi * V}{2}$ , maka tidak perlu tulangan geser

Jika  $V_u \geq \frac{\phi * V}{2}$ , maka perlu tulangan geser

$V_u < \Phi * V_c$ , maka perlu tulangan geser minimum

$$A_v = \frac{b * s}{3 * f_v}$$

$$s = \dots \leq d/2 \dots s \leq 600 \text{ mm}$$

$V_u < \Phi * V_c$ , maka perlu tulangan geser sebagai berikut

$$A_v = (V_n - V_c) \frac{s}{(d * f_v)}$$

$$s = \dots \leq d/2$$

$$s = \dots \leq d/4, \text{ bila } ((V_n - V_c) \geq 0,33 * \sqrt{f'c} * b * d$$

....Sumber : Menghitung Beton Bertulang berdasarkan SNI 92, Ir. Udiyanto

---

---

### 2.5.2.3 Diafragma

Berada melintang diantara gelagar utama, konstruksi ini berfungsi sebagai pengaku gelagar utama dan tidak berfungsi sebagai struktur penahan beban luar apapun kecuali berat sendiri diafragma. Menggunakan konstruksi beton bertulang

### 2.5.2.4 Balok Girder

Merupakan gelagar utama yang berfungsi menahan semua beban yang bekerja pada struktur bangunan atas jembatan dan menyalurkannya pada tumpuan untuk disalurkan ke pier, pondasi dan dasar tanah. Pada studi pustaka ini hanya diuraikan gelagar utama dengan beton prategang.

Pada dasarnya beton prategang adalah suatu system dimana sebelum beban luar bekerja, diciptakan tegangan yang berlawanan tanda dengan tegangan yan nantinya akan terjadi akibat beban.

Beton rategang memberikan keuntungan-keuntungan namun juga memiliki kekurangan-kekurangan dibanding dengan konstruksi lainnya.

#### Keuntungan dari pemakaian beton prategang

- Terhindar retak di daerah tarik, sehingga konstruksi lebih tahan terhadap korosi dan lebih kedap.
- Penampang struktur lebih kecil/langsing, karena seluruh penampang dapat dipakai secara efektif.
- Lendutan akhir yang terjadi lebih kecil dibandingkan dengan beto bertulang.
- Dapat dibuat konstruksi dengan bentangan yang panjang.
- Untuk bentang > 30 m dapat dibuat secara segmental sehingga mudah untuk transportasi dari pabrikasi ke lokasi proyek.
- Ketahanan terhadap geser dan puntir bertambah, akibat pengaruh prategang meningkat.
- Hampir tidak memerlukan perawatan dan
- Mempunyai nilai estetika.

---

---

Kerugian dari pemakaian beton bertulang :

- Konstruksi ini memerlukan pengawasan dan pelaksanaan dengan ketelitian yang tinggi.
- Untuk bentang > 40 m kesulitan pada saat ereksion karena bobot dan bahaya patah getaran.
- Membutuhkan teknologi tinggi dan canggih.
- Sangat sensitif dan peka terhadap pengaruh luar.
- Biaya awal tinggi.

Adapun parameter perencanaan girder beton prategang yang harus diperhatikan adalah sebagai berikut.”*Sumber Buku Ajar Struktur Beton Prategang 2008, Han Aylie*”

### **1. Sistem penegangan**

Secara desain struktur beton prategang mengalami proses prategang yang dipandang sebagai berat sendiri sehingga batang mengalami lenturan seperti balok pada kondisi awal. Cara umum penegangan beton prestress ada 2, yaitu :

- a. Pre-tensioning, yaitu *stressing* dilakukan pada awal / sebelum beton mengeras.
- b. Post-tensioning, yaitu *stressing* dilakukan pada akhir / setelah beton mengeras.

Secara umum perbedaan dari system penegangan diatas adalah :

**Pre-tensioning:**

- Tendon ditegangkan pada saat beton sebelum dicor.
- Tendon terikat pada konstruksi anker tanah. Dapat dibuat konstruksi dengan bentangan yang panjang.
- Untuk bentang > 30 m dapat dibuat secara segmental sehingga mudah untuk transportasi dari pabrikasi ke lokasi proyek.
- Ketahanan terhadap geser dan puntir bertambah, akibat pengaruh prategang meningkat.
- Hampir tidak memerlukan perawatan dan
- Mempunyai nilai estetika.

---

---

**Kerugian dari pemakaian beton bertulang :**

- Konstruksi ini memerlukan pengawasan dan pelaksanaan dengan ketelitian yang tinggi.
- Untuk bentang > 40 m kesulitan pada saat ereksion karena bobot dan bahaya patah getaran.
- Membutuhkan teknologi tinggi dan canggih.
- Sangat sensitif dan peka terhadap pengaruh luar.
- Biaya awal tinggi.

Adapun parameter perencanaan girder beton prategang yang harus diperhatikan adalah sebagai berikut.

**1. Sistem penegangan**

Secara desain struktur beton prategang mengalami proses prategang yang dipandang sebagai berat sendiri sehingga batang mengalami lenturan seperti balok pada kondisi awal.

Cara umum penegangan beton prestress ada 2, yaitu :

- Pre-tensioning, yaitu stressing dilakukan pada awal/sebelum beton mengeras.
- Post-tensioning, yaitu stressing dilakukan pada akhir/setelah beton mengeras.

Secara umum perbedaan dari sistem penegangan diatas adalah :

**Pre-tensioning:**

- Tendon ditegangkan pada saat beton sebelum dicor.
- Tendon terikat pada konstruksi anker tanah.
- Transfer tegangan tekan dari tendon pada beton melalui lekatan (bond) antara tendon dengan beton.
- Layout tendon dapat dibuat lurus atau patahan.

**Post-tensioning :**

- Beton dicor seelum tendon ditegangkan.
- Ada duct untuk penempatan tendon dalam beton.



- Transfer tegangan tekan dari tendon pada beton melalui penjangkaran (angker).
- Layout tendon dapat dibuat lurus atau parabola.

## 2. Tegangan yang diijinkan

### a. Keadaan awal

Keadaan dimana beban luar belum bekerja dan tegangan yang terjadi berasal dari gaya prategang dan berat sendiri.

$f_{ci}$  = Tegangan karakteristik beton saat awal (Mpa)

$f_{ci}$  = Tegangan ijin tekan beton saat awal = + 0,6 .  $f_{ci}$

$f_{ti}$  = Tegangan ijin tarik beton saat awal = - 0,5 .  $\sqrt{f_{ci}}$

### b. Keadaan akhir

Keadaan dimana beban luar telah bekerja, serta gaya prategang bekerja untuk mengimbangi tegangan akibat beban.

$f_c$  = Tegangan karakteristik beton saat akhir (Mpa)

$f_c$  = Tegangan ijin tekan beton saat akhir = + 0,45 .  $f_c$

$f_t$  = Tegangan ijin tarik beton saat akhir = - 0,5 .  $\sqrt{f_{ci}}$

## 3. Perhitungan pembebanan

Yaitu beban-beban yang bekerja antara lain : beban mati, beban hidup, dan beban-beban lainnya sesuai dengan PPJRR 1987 seperti yang telah diuraikan diatas.

## 4. Perencanaan dimensi penampang

Dimensi penampang yang digunakan, diambil dari spesifikasi yang dikeluarkan oleh PT. WIKA

## 5. Perencanaan tegangan penampang

Perencanaan tegangan penampang tegangan ijin yang disyaratkan :

### a) Keadaan awal

$$F_{top} \leq f_{ti} \text{ dan } f_{bott} \leq f_{ci}$$

### b) Keadaan akhir

$$F_{top} \leq f_c \text{ dan } f_{bott} \leq f_t$$

Dengan  $e$  dan  $M_D$  pada penampang kritis :

1) Kondisi awal

$$f_{top} = \frac{T_i}{A_c} - \frac{T_i * e}{S_t} + \frac{M_D}{S_t} \leq -f_{ti}$$

$$f_{bottom} = \frac{T_i}{A_c} - \frac{T_i * e}{S_b} + \frac{M_D}{S_b} \leq -f_{ci}$$

2) Kondisi akhir

$$f_{top} = \frac{R * T_i}{A_c} - \frac{R * T_i * e}{S_t} + \frac{M_D + M_L}{S_t} \leq f_c$$

$$f_{bottom} = \frac{R * T_i}{A_c} - \frac{R * T_i * e}{S_b} + \frac{M_D + M_L}{S_b} \leq -f_t$$

## 6. Layout Tendon

Bentuk lintasan tendon adalah parabola dan untuk mengetahui posisi tendon digunakan persamaan garis lengkung :

$$Y_i = \frac{4 \cdot f \cdot X_i \cdot (L - X_i)}{L^2}$$

Dimana :

$Y_i$  = Ordinal tendon yang ditinjau

$X_i$  = Absis tendon yang ditinjau

$L$  = Panjang bentang

$F$  = Tinggi puncak parabola maksimum

Tendon yang ada, letaknya sedemikian rupa harus berada pada lintasan inti tendon, dan tidak boleh berada diluar daerah aman penempatan tendon (batas atas dan batas bawah) dimana :

Batas bawah =  $Y_b - K_b - a_2$

$$a_2 = \frac{M_G}{T_i}$$

Dimana :

$a_2$  = Jarak titik berat tendon dibawah batas bawah kern( $k_b$ )

$M_G$  = Momen akibat berat sendiri

$T_i$  = Gaya pratekan awal

Batas atas =  $Y_b + K_b + a_1$

$$a_2 = \frac{M_{DL(TOTAL)}}{T_{eff}}$$

$a_2$  = Jarak titik berat tendon dibawah batas bawah kern ( $k_b$ )

$M_{DL}$  = Momen akibat beban mati dan hidup keseluruhan

$T_{eff}$  = Gaya pratekan efektif (R.  $T_i$ )

.....T.Y. LIN & H.BURNS, desain struktur beton prategang

## 7. Pemilihan Tendon

Pemilihan jenis, diameter, jumlah strands, angker blok dan duck tendon pada beton prategang disesuaikan dengan bahan material yang ada dipasaran guna kemudahan pengadaan material, namun juga mampu menahan gaya tarik maksimum tendon guna mendapatkan Tegangan ultimit ( $R_1$ ) sesuai dengan perencanaan untuk dapat mempertahankan gaya tarik tersebut.

## 8. End Block

- Propertise penampang
- Tegangan *Bearing Zone*

Kadaan awal :

$$\sigma'_{bi} = 0,8 \cdot f'_{ci} \sqrt{\frac{Ac}{Ab}} - 0,2 \leq 1,25 \cdot f'_{ci}$$

Kadaan akhir :

$$\sigma'_{bi} = 0,6 \cdot f'_{ci} \sqrt{\frac{Ac}{Ab}} - 0,2 \leq f'_{ci}$$

Dimana :

$Ab$  = luas bidang pelat angker ( $\text{mm}^2$ )

$Ac$  = luas bidang penyebaran ( $\text{mm}^2$ )

- Tegangan pada beton

$$\sigma_{bi} = \frac{T_i}{h_b * b} \leq \sigma'_{bi} \quad \sigma_b = \frac{T_i}{a * b} \leq \sigma'_b$$

- Burshing Force (R)

$$\frac{h_b}{a} \leq 0,2 \quad \longrightarrow \quad R = 0,3 \cdot T_i \cdot \left(1 - \frac{h_b}{a}\right)$$

$$\frac{h_b}{a} \leq 0,2 \longrightarrow R = 0,2.T_i.(1 - \frac{h_b}{a})$$

## 9. Perhitungan Geser

### a. Pola Retak karena Gaya Lintang (Shear Compression Failure)

$$V_{cw} = V_{cr} * b_w * d + V_T$$

$$V_{cr} = (0,33\sqrt{f'c})x \sqrt{1 + \frac{f_{pc}}{0,33\sqrt{f'c}}}$$

Dimana :

$V_{cw}$  = gaya geser mengakibatkan shear compression failure

$V_{cr}$  = gaya geser hancur beton prategang

$f_{pc}$  = tegangan akibat prategang pada garis netral (kondisi akhir)

$b_w$  = lebar badan

$d$  = jarak dad cgs sampai serat teratas pada  $h/2$

$V_T$  = komponen vertical dari gaya prategang akhir  $T_e = \tan \alpha * T_i$

$$\tan \alpha = \frac{2.e_0}{L} \longrightarrow L = \frac{h}{2}$$

$E_0$  = eksentrisitas beton pada  $h/2$

Geseran diperhitungkan ( $V_u$ ) pada jarak  $h/2$  dari tumpuan.

Syarat :  $V_{cw} \geq V_u$ ..... Ok

### b. Pola Retak akibat Kombinasi Momen Lentur dan Gaya Lintang (Diagonal Tension Failure)

$V = RA - qx \longrightarrow$  Gaya lintang yang terjadi pada  $L/4$

$M = RA*x - q * x^2 \longrightarrow$  Momen yang terjadi pada  $L/4$

dimana :

$f_{pe}$  = tegangan pada serat bawah pada  $L/4$

$e$  = eksentrisitas tendon pada  $L/4$

Momen retak akibat lentur murni :

$$M_{cr} = f_b * S_b \dots \dots \dots f_b = f_{tr} + f_{pe}$$

$$f_{tr} = 0,5 * \sqrt{f'c}$$

$$f_{pe} = \frac{T_i}{A} + \frac{T_i * e}{S_b}$$

Gaya geser yang menyebabkan flexure shear cracks :

$$V_{ci} = 0,55 \sqrt{f'c_i * b_w * d + \frac{V}{M} * M_{cr}}$$

Dimana:

$$V = V_u$$

$d$  = jarak egs sampai serat teratas (mm)

$V_{ci} \geq V_u$ ..... Penampang aman terhadap keretakan akibat geser dan momen lengkung.

### c. Penulangan Geser

$$V_{max} = V_c + \sqrt{f'c_i} * b_w * d$$

$$V_{min} = 0,5 V_c$$

$$V = V_c + 0,4 \sqrt{f'c} * b_w * d$$

$$V = V_c + 0,35 \sqrt{f'c} * b_w * d$$

$V_c = V_{cw}$  atau  $V_{ci}$  dipilih nilai yang terbesar

$V < V_{min}$ .....diperlukan tulangan geser minimum

$V_{max} \geq V$  ..... pnp cukup untuk menahan geser

## 10. Perhitungan Lendutan

$$E = 4700 * \sqrt{f'c}$$

a. Lendutan akibat berat sendiri balok

$$\delta_{bsb} = \frac{5 \cdot q_D \cdot L^4}{384 \cdot EI}$$

b. Lendutan akibat beban hidup

$$\delta_{bsb} = \frac{5 \cdot q_l \cdot L^4}{384 \cdot EI}$$

c. Lendutan akibat qaya pratekan

- Gaya pratekan awal

$$M = T_o \cdot e \quad T_o = \frac{T_i}{0,85}$$

$$M = \frac{1}{8} * q * L^2 \quad q = \frac{8 \cdot M}{L^2}$$

$$\delta_o = \frac{5 \cdot q_D \cdot L^4}{384 \cdot EI}$$

d. Lendutan gaya pratekan efektif

$$M = T_i.e$$

$$M = \frac{1}{8} \cdot q \cdot L^2 \quad \longrightarrow \quad q = \frac{8M}{L^2}$$

$$\sigma_1 = \frac{5 \cdot q_D \cdot L^4}{384 \cdot EI}$$

$$\text{Lendutan ijin pada jembatan : } \sigma_{ijin} \leq \frac{1}{360} L$$

## 11. Perhitungan Kehilangan Tegangan

**Bersumber pada beton**

a. Perpendekan Elastis

$$\Delta \sigma_{st} = n \cdot \frac{F1}{A}$$

$$F = (\text{jumlah.tendon} - 1) \times \frac{A.tendon \cdot \sigma}{\text{Jumlah.tendon}} \quad \longrightarrow \quad \sigma_{st} = \frac{T_i}{A}$$

$$n = \frac{E_s}{E_c}$$

$$\text{Kehilangan.tegangan.rata - rata} = \frac{\sum \Delta \sigma_{st}}{\text{Jumlah.tendon}}$$

$$\% \text{losses} = \frac{\text{Kehilangan.tegangan.rata - rata}}{\sigma_{st}}$$

b. Susut (Sherinke)

$$\Delta f_{sh} = E_s \cdot \varepsilon_{sh} \quad \varepsilon_{sh} = K_s \cdot K_h \cdot \left( \frac{t}{35 + t} \right) \cdot 0,51 \cdot 10^{-3}$$

Dimana : t = usia beton dalam hari pada saat susut dihitung

K<sub>s</sub> = factor koreksi (pada tabel buku ajar kuliah)

K<sub>h</sub> = factor koreksi yang terkait dengan nilai K<sub>s</sub>

$$\% \text{losses} = \frac{\Delta f_{sh}}{\sigma_{st}}$$

c. Rangkak (Creep)

$$\Delta f_{scr} = E_s \cdot \varepsilon_{cr} \longrightarrow \varepsilon_{cr} = Cc \left( \frac{f_{ci}}{Ec} \right)$$

$$Cc = 3,5k \left( 1,58 - \frac{H}{120} \right) t_i^{-0,118} \cdot \left( \frac{(t-ti)^{0,6}}{10 + (t-ti)^{0,6}} \right)$$

Dimana :

Cc = Creep Coefficient

H = kelembaman relative dalam %

K = Koefisien

T<sub>i</sub> = usia beton pada saat transfer tegangan (hari)

T = usia beton i saat rangkak dihitung (hari)

$$\%losses = \frac{\Delta f_{scr}}{\sigma_{si}}$$

**Bersumber pada baja**a. Relaksasi baja

Proses kehilangan tegangan tendon pada regangan tetap

$$\Delta f_{rel} = f_{si} \cdot \frac{\log(t)}{10} \cdot \left( \frac{f_{si}}{f_y} - 0,55 \right)$$

Dimana : f<sub>y</sub> = Tegangan tendon akibat T<sub>i</sub>

F<sub>y</sub> = tegangan leleh baja

K = Kofisien

T = usia beton saat relaksasi dihitung ( hari)

$$\%losses = \frac{\Delta f_{rel}}{\sigma_{si}}$$

b. Angker Slip (pada saat Post-Tension)

$$\Delta f_{AS} = \frac{\Delta_A}{L} \cdot E_s$$

Dimana :  $\Delta_A$  = Besarnya angker slip (mm), biasa =6mm

$E_s$  = Modulus elastisitas baja prategang (Mpa)

$L$  = Panjang tendon (mm)

$$\%losses = \frac{\Delta f_{AS}}{\sigma_{si}}$$

c. Gelombang dan Geseran (pada saat Post-tension)

Kehilangan tegangan karena posisi tendon dalam duct yang tidak lurus, serta geseran antara tendon dengan duct.

$dP = p \cdot Pd \cdot \alpha + K \cdot Pd \cdot x \longrightarrow$  kehilangan tegangan :

$$P_B = P_A \cdot e^{-(\mu \cdot \alpha + K \cdot x)}$$

Dimana :  $P_A$  = Gaya prategang pada ujung jack (KN)

$P_B$  = Gaya prategang setelah kehilangan tegangan (KN)

$X$  = Panjang duct yang ditinjau (m)

$\mu$  = Koefisien geseran tendon dan duct, tergantung jenis tendon dan duct

$\alpha$  = sudut kelengkungan tendon

## 2.6. ASPEK PERKERASAN

Perkerasan jalan layang merupakan bagian dari jalan layang yang memiliki ketebalan, kekuatan serta kestabilan tertentu agar mampu menyalurkan beban lalu lintas di atasnya ke balok melintang dengan lebih aman. Dalam penulisan Tugas Akhir ini penulis menggunakan perkerasan lentur dalam perencanaannya.

### Perkerasan Lentur (*flexible pavement*)

Perkerasan ini menggunakan aspal sebagai bahan pengikat lapisan perkerasannya yang bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar. Perencanaan perkerasan lentur berpedoman pada Pedoman Perencanaan Perkerasan Lentur Jalan Raya No. 01/PD/8/1983 dan Petunjuk Tabel Perkerasan Lentur Jalan Raya.

Langkah perhitungan tebal perkerasan lentur adalah sebagai



---

berikut :

1. Menghitung LHR setiap jenis kendaraan sesuai dengan umur rencana
2. Menghitung LEP (Lintas Ekuivalen Permulaan ) dengan rumus  
$$LEP = \sum LHR_j * C_j * E_j$$
3. Menghitung LEA (Lintas Ekuivalen Akhir) dengan rumus  
$$LEA = \sum LHR_j * (1 + i)^n * C_j * E_j$$
4. Menghitung LET ( Lintas Ekuivalen Tengah) dengan rumus  
$$LET = 1/2 (LEP + LEA)$$
5. Menghitung LER = LET \* UR/10
6. Menghitung ITP (Indeks Tebal Perkerasan) dari data grafik dengan metode analisa komponen
7. Menghitung tebal lapis perkerasan dengan menggunakan rumus  
$$ITP = a_1 * D_1 + a_2 * D_2 + a_3 * D_3.$$





