

## BAB II

# STUDI PUSTAKA

### 2.1 TINJAUAN UMUM

Jembatan dapat didefinisikan sebagai suatu konstruksi yang menghubungkan rute/lintasan transportasi yang terpisah baik oleh sungai, rawa, danau, selat, saluran, jalan raya, jalan kereta api, dan perlintasan lainnya.

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, penerangan, parapet, dan *guardrail*. 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.

Pada mulanya bentuk jembatan masih berupa batangan kayu dan batuan. Seiring berkembangnya waktu, bentuk-bentuk jembatan makin bervariasi sesuai dengan kebutuhan manusia. Beberapa elemen ditambahkan pada jembatan untuk mempertinggi kekuatan dan keindahan dari bentuk jembatan itu sendiri. Peningkatan kekuatan dan keindahan jembatan dapat dilakukan dengan pemilihan bahan yang sesuai dengan kebutuhan dan kondisi lapangan. Bahan-bahan yang digunakan dalam perencanaan jembatan antara lain: pasangan batu bata, kayu, beton, baja, dan komposit. Baja dan beton adalah bahan yang sering digunakan untuk jembatan-jembatan yang ada saat ini.

Kondisi tanah setempat juga menjadi faktor pendukung kekuatan suatu struktur jembatan. Semua beban yang ada pada jembatan akhirnya akan disalurkan ke tanah.

Tanah yang keras akan lebih baik menahan beban dibandingkan dengan tanah yang lunak. Pemilihan bahan untuk jembatan bergantung dari jenis tanah dan bentang yang ada. Semakin lunak tanah maka semakin kuat bahan yang digunakan untuk menahan beban-beban pada jembatan.

Proses perencanaan untuk jembatan baru dan proses evaluasi jembatan lama yang terstruktur dan sistematis, sangat diperlukan untuk menghasilkan produk perencanaan yang efektif dan efisien. Dalam mengevaluasi jembatan lama dan merencanakan suatu jembatan baru, ada beberapa aspek yang perlu ditinjau yang nantinya akan berpengaruh pada proses evaluasi dan perencanaan jembatan. Aspek-aspek tersebut diantaranya yaitu:

- Aspek Topografi
- Aspek Hidrologi
- Aspek Lalu Lintas
- Aspek Penyelidikan Tanah
- Aspek Konstruksi Jembatan, dan
- Aspek Pendukung Lainnya

## 2.2 ASPEK TOPOGRAFI

Penentuan lokasi jembatan ditentukan berdasarkan trase jalan yang ada, dan tergantung dari spesifikasi sebagai berikut :

- Kondisi topografi merupakan aspek penentu dalam pemilihan konstruksi yang tepat untuk dilaksanakan
- Posisi jembatan sebaiknya ditempatkan pada daerah lengkung cembung, karena apabila ditempatkan pada daerah lengkung cekung akan menimbulkan beban *impact* tambahan
- Posisi jembatan diusahakan tegak lurus terhadap as sungai
- Mempunyai kelayakan ekonomi, sehingga berhasil memberikan tingkat pelayanan dan kenyamanan yang cukup

## 2.3 ASPEK HIDROLOGI

Dalam perencanaan jembatan maupun evaluasi terhadap jembatan yang sudah ada, data hidrologi mempunyai peranan penting. Untuk perencanaan jembatan baru, data topografi diperlukan untuk :

1. Penentuan *clearance* jembatan dari muka air tertinggi
2. Penentuan bentang ekonomis jembatan
3. Penentuan struktur bawah jembatan

Sedangkan dalam kaitannya dengan evaluasi jembatan yang sudah ada, data hidrologi diperlukan untuk mengetahui kelayakan konstruksi jembatan yang sudah ada.

Beberapa referensi yang digunakan untuk pengolahan data hidrologi antara lain :

- Besarnya curah hujan untuk periode ulang tertentu :

$$X_{Tr} = \bar{X} + K_r * S_x$$

Dimana :

$$X_{Tr} = \text{Besarnya curah hujan untuk periode ulang tertentu (mm)}$$

$$\bar{X} = \text{Curah hujan maksimum rata-rata selama tahun pengamatan (mm)}$$

$$K_r = 0.78 \{-\ln[1-(1/Tr)]\} - 0.45 = 2,59$$

$$S_x = \text{Standar Deviasi}$$

- Besarnya debit banjir

$$Q = C * I * A$$

Dimana:

$$Q = \text{Debit pengaliran (m}^3/\text{dt)}$$

$$A = \text{Luas daerah pengaliran (km}^2\text{)}$$

$$C = \text{Koefisien Run Off}$$

$$I = \text{Intensitas hujan (mm/jam)}$$

- Besarnya kedalaman penggerusan

$$d = 0,473 * (Q / f)^{0.333}$$

Dimana:

$$d = \text{Kedalaman gerusan normal dari muka air banjir maksimum}$$

$$Q = \text{Debit banjir maksimum (m}^3/\text{dt)}$$

$$F = \text{Luas penampang basah (m}^2\text{)}$$

$$V = \text{Kecepatan pengaliran (m/dt)}$$

## 2.4 ASPEK LALU LINTAS

Persyaratan transportasi meliputi kelancaran arus lalu lintas kendaraan dan pejalan kaki (pedestrian) yang melintasi jembatan tersebut. Perencanaan lebar optimum jembatan sangat penting agar didapatkan tingkat pelayanan lalu lintas yang maksimum. Oleh karena itu, ketepatan dalam penentuan tipe jembatan sangat diperlukan.

### 2.4.1 Klasifikasi Fungsional Jalan

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

#### 1. 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

### 2. 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 2.1 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 < 10.000	1
		2
Sekunder	Arteri > 20.000 < 20.000	1
		2
	Kolektor > 6.000 < 6.000	2
		3
	Jalan lokal > 500 < 500	3
		4

Sumber : Standar Perencanaan Geometrik Untuk Jalan Perkotaan 1992

**2.4.2 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 dan diperoleh dari data selama satu tahun penuh.

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

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 :

$$\text{VJP} = \text{LHRT} \times k$$

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

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

Tabel 2.2 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 2.3 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 2.4 berikut ini.

**Tabel 2.4 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 2.5 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	0	1.3	0.40
Empat lajur terbagi (4/2 D)	$\geq 1800$	1.2	0.25
Tiga lajur satu arah (3/1) dan	0	1.3	0.40
Enam lajur terbagi (6/2 D)	$\geq 1800$	1.2	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 2.6 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 2.7 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*

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

FV<sub>o</sub> = kecepatan arus bebas dasar kendaraan ringan pada jalan yang diamati (km/jam)

FV<sub>w</sub> = 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 2.8 Kecepatan Arus Bebas Dasar  $FV_0$  Untuk Jalan Perkotaan**

Tipe Jalan	Kecepatan arus bebas dasar $FV_0$ (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, 19

- Penyesuaian Kecepatan Arus Bebas untuk Lebar Jalan

**Tabel 2.9 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
Empat lajur, tak terbagi	Per lajur	
	3.00	-4
	3.25	-2
	3.50	0
	3.75	2
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 2.10 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 2.11 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 2.12 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*

#### 2.4.4 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 pertambahan nilai kapasitas.

##### 2. Kondisi Jalan

Kondisi jalan yang mempengaruhi kapasitas meliputi :

- Tipe fasilitas atau kelas jalan
- Lingkungan sekitar (misalnya antara kota atau perkotaan)
- Lebar lajur/jalan
- Lebar bahu jalan
- Kebebasan lateral (dari fasilitas pelengkap lalu lintas)
- Kecepatan rencana
- Alinyemen horizontal dan vertikal
- 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.

### 2. 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 :

$$C = C_0 \times FC_w \times FC_{SP} \times FC_{SF} \times FC_{CS}$$

Dimana :

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

- $C_o$  = kapasitas dasar (smp/jam)
- $FC_w$  = faktor penyesuaian lebar jalur lalu lintas
- $FC_{SP}$  = faktor penyesuaian pemisah arah
- $FC_{SF}$  = faktor penyesuaian hambatan samping
- $FC_{CS}$  = 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 jalur) atau suatu potongan jalan (untuk jalan dua lajur) pada kondisi jalan dan arus lalu lintas ideal.

Kondisi ideal terjadi bila :

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

Kapasitas jalan tergantung kepada tipe jalan, jumlah lajur dan apakah jalan dipisahkan dengan pemisah fisik atau tidak, seperti yang ditunjukkan dalam tabel 2.13 berikut

**Tabel 2.13 Kapasitas Dasar Jalan Perkotaan**

Tipe jalan kota	Kapasitas dasar ( $C_o$ ) (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 2.14 Penyesuaian kapasitas untuk pengaruh lebar jalur lalu lintas  
Untuk jalan perkotaan ( $FC_w$ )**

Tipe jalan	Lebar lalu lintas efektif ( $W_c$ ) (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	10.4
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 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 2.15 Faktor penyesuaian kapasitas untuk pemisah 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

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

**Tabel 2.16 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 2.17 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 2.25 berikut ini

**Tabel 2.18 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*

#### 2.4.5 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.

#### 2.4.6 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)

### 2.4.7 Pertumbuhan Lalu Lintas

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

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

Dimana :

$LHR_n$  = Besarnya arus lalu lintas pada tahun rencana (pada tahun ke-n)

$LHR_o$  = Besarnya arus lalu lintas pada awal perencanaan

$i$  = Faktor pertumbuhan lalu lintas

$n$  = Umur rencana

## 2.5 ASPEK PENYELIDIKAN TANAH

Daya dukung tanah mempunyai peranan penting dalam perencanaan konstruksi jembatan, terutama untuk perencanaan struktur bawah jembatan. Untuk mengetahui kondisi daya dukung tanah perlu dilakukan penyelidikan tanah.

Langkah-langkah umum dalam perencanaan pondasi berdasarkan kondisi tanah antara lain:

- Langkah pertama adalah menghitung jumlah beban efektif yang akan ditransfer ke tanah dibawah pondasi.
- Langkah kedua adalah menentukan nilai daya dukung diijinkan ( $q_a$ ). Luas dasar pondasi, dapat ditentukan dari membagi jumlah beban efektif dengan nilai daya dukung diijinkan ( $q_a$ ).
- Akhirnya, didasarkan pada tekanan yang terjadi pada dasar pondasi , dapat dilakukan perancangan struktural dari pondasinya. Yaitu dengan menghitung momen-momen lentur dan gaya-gaya geser yang terjadi pada pelat pondasi. Pemilihan jenis pondasi bergantung pada beban yang harus didukung, kondisi tanah dasar, dan biaya pembuatan pondasi yang dibandingkan dengan biaya struktur atasnya.

Besarnya daya dukung diijinkan ( $q_a$ ) tergantung dari sifat-sifat teknis tanah, kedalaman dan dimensi pondasi, dan besarnya penurunan yang ditoleransikan. Hitungan daya dukung dapat dilakukan dengan berdasarkan karakteristik kuat geser tanah yang diperoleh dari pengujian tanah di laboratorium dan pengujian di lapangan, atau dengan

cara empiris yang didasarkan pada alat pengujian lapangan tertentu, seperti pengujian SPT, pengujian kerucut statis (sondir), dan pengujian lainnya.

Bila hitungan daya dukung tanah didasarkan kepada karakteristik tanah dasar sudah diketahui, besarnya daya dukung ultimit untuk dimensi pondasi dan kedalaman tertentu dapat dihitung. Besarnya daya dukung diijinkan ditentukan dengan membagi daya dukung ultimit dengan faktor aman tertentu yang sesuai. Nilai yang diperoleh, masih harus dikontrol terhadap penurunan yang terjadi yang dihitung berdasarkan nilai daya dukung yang telah ditemukan. Jika penurunan yang terjadi lebih besar dari syarat penurunan yang ditoleransikan, nilai daya dukung harus dikurangi sampai syarat besarnya penurunan terpenuhi.

Untuk memenuhi syarat keamanan, disarankan faktor aman terhadap keruntuhan daya dukung akibat beban maksimum sama dengan 3. Faktor aman lebih kecil diperbolehkan jika strukturnya kurang penting. Faktor aman 3 adalah sangat hati-hati, guna menanggulangi ketidaktentuan variasi kondisi tanah dasar. Bila pembebanan berupa kombinasi beban-beban permanen dan beban-beban sementara, faktor aman kurang dari 3 dapat dipergunakan.

### **1. Pondasi Pada Tanah Pasir**

Perancangan pondasi pada tanah pasir dan kerikil lebih banyak dipertimbangkan terhadap toleransi penurunan tak seragam. Umumnya perancangan didasarkan pada cara-cara empiris yang dikaitkan dengan hasil-hasil pengujian di lapangan, seperti pengujian SPT (*Standart Penetration Test*), pengujian kerucut statis, dan pengujian beban pelat. Untuk tanah-tanah timbunan atau tanah-tanah yang mengandung banyak batuan, pengujian-pengujian yang lain sulit dilaksanakan.

Pengujian SPT untuk lokasi bangunan tertentu yang menggunakan pondasi telapak pada pasir, harus dilaksanakan beberapa titik. Peck dkk.(1953) menyarankan untuk mengadakan satu pengujian SPT untuk setiap 4 sampai 6 buah pondasi. Untuk hitungan daya dukung, nilai N ditentukan pada tiap interval 2.5 ft ( $\pm$  76 cm) pada arah vertikal dan nilai N rata-rata dibawah setiap titik-titiknya ditentukan dari mulai kedalaman dasar pondasi  $D_f$  sampai kedalaman  $D_f+B$ , dengan B adalah lebar pondasi, kemudian nilai N rata-rata terkecil dipakai untuk menghitung besarnya daya dukung yang aman untuk seluruh pondasi bangunannya.

Jika data pengeboran atau data pengujian lapangan menunjukkan besar kepadatan tanah berbanding lurus dengan kedalaman, lebih baik kedalaman dasar pondasi diambil agak lebih dalam untuk memperoleh daya dukung yang lebih tinggi. Biaya yang dikeluarkan mungkin akan lebih rendah daripada bila dasar pondasinya diletakkan pada lapisan yang kurang padat di atasnya, karena lebar dasar pondasi menjadi lebih kecil dan stabilitas pondasi lebih terjamin kemanannya. Namun, hal ini tidak berlaku jika lapisan tanah yang lebih bawah dipengaruhi oleh air tanah. Penggalan tanah pasir didalam air sulit dilaksanakan walaupun kedalaman airnya tidak begitu tinggi, karena tebing galian akan selalu longsor, selain itu juga mengganggu kepadatan tanah dasarnya. Pada kenyataannya aliran air yang tak terkontrol dapat membuat tanah menjadi berongga dan mengurangi daya dukung. Stabilitas galian pondasi pada tanah pasir dapat tercapai jika digunakan cara pemompaan yang baik. Jika daya dukung tanah yang cukup baik tidak diperoleh, dapat digunakan pondasi tiang. Cara pemompaan tidak menimbulkan resiko pada tanah yang berkerikil. Tetapi karena permeabilitas kerikil sangat tinggi, biaya pemompaan menjadi besar.

Pasir yang sangat tidak padat (yaitu jika  $N \leq 5$ ) dan terendam air oleh pengaruh getaran yang kuat dapat mengakibatkan pondasi turun tajam oleh adanya *liquefaction*. Perubahan muka air mendadak pada pasir tak padat yang mula-mula kering atau lembab akibat banjir dapat pula mengakibatkan penurunan. Perhatian khusus juga harus diperhatikan jika pondasi mesin terletak pada tanah pasir yang tak padat sampai kepadatan sedang. Getaran mesin dapat menimbulkan penurunan yang besar. Oleh karena itu, jika pondasi terletak pada pasir tak padat, tanah harus dipadatkan terlebih dahulu.

Dalam penggalian tanah pondasi, pasir lembab dan pasir yang rekat, pada kondisi alaminya dapat digali dengan kemiringan tebing yang curam, bila dasar galiannya di atas muka air tanah. Akan tetapi, penahan tebing harus diberikan bila galiannya sangat dalam dan sempit. Sebab, longsor mendadak dapat terjadi oleh pengeringan atau getaran yang kuat.

Pasir padat dan pasir yang rekat mempunyai tahanan yang besar bila pondasi tiang dipancangkan kedalamnya.

## 2. Pondasi Pada Tanah Lempung

Perancangan pondasi dilakukan pada tanah lempung, dilakukan pada tinjauan analisis tegangan total atau digunakan kuat geser tanpa drainase ( $c_u$ ) dengan  $\phi_u = 0$ . Kuat geser tanah yang digunakan dapat diperoleh dari pengujian triaksial atau dari pengujian tekan-bebas. Jika lempung tidak mengandung pasir atau lanau, nilai  $c_u$  dapat diperoleh dari pengujian geser baling-baling (*vane shear test*) di lapangan. Pengujian dilakukan pada tiap-tiap kedalaman 30 cm disepanjang garis vertikal dibawah dasar pondasi.

Pada saat pengambilan contoh tanah yang dilakukan dengan pengeboran tanah, agar contoh tanah tidak terganggu (*undisturbed sample*) diambil mulai dari dasar pondasi sampai pada kedalaman minimum ( $D_f + 1,5B$ ), dengan  $D_f$  adalah kedalaman dasar pondasi dari muka tanah dan  $B$  adalah lebar pondasinya. Contoh-contoh tanah yang diperoleh selain dipergunakan dalam pengujian kuat geser tanah, juga digunakan dalam pengujian konsolidasi. Nilai-nilai  $c_u$  dari pengujian di laboratorium ataupun di lapangan yang diperoleh dari contoh tanah pada tiap-tiap lubang bor diambil rata-ratanya, dan diambil nilai terkecil untuk perancangannya. Nilai daya dukung ultimit dihitung dan dibagi dengan faktor aman 3. Cara ini hanya berlaku jika tanah pada lapisan tertekan dibawah dasar pondasi, tidak lebih lunak daripada tanah di atasnya.

Daya dukung ultimit lempung umumnya tak banyak tergantung pada lebar pondasi. Hal ini kebalikan dengan pondasi pada tanah pasir, yang daya dukungnya bertambah besar bila lebar pondasinya bertambah. Analisis daya dukung diizinkan untuk pondasi terpisah hanya dapat digunakan jika jarak pondasi besar, sedemikian hingga pengaruh penyebaran tekanan masing-masing pondasinya tak mempengaruhi satu sama lain. Jika jarak pondasi kecil, penyebaran tekanan ke tanah dibawahnya akan identik dengan penyebaran beban kelompok pondasi sebagai satu kesatuan sehingga daya dukung diizinkan harus dipertimbangkan terhadap pengaruh tekanan kelompok pondasi tersebut. Oleh karena itu, jika satu lapisan lunak atau lebih terletak dibawah pondasi, hitungan harus memperhatikan apakah tekanan pada tiap-tiap tanah lunak tersebut memenuhi keamanan strukturnya. Jika tidak, hitungan ulang harus dilakukan sampai tekanan pondasi pada lapisan lunaknya memenuhi syarat.

Mengestimasi kuat geser tanah lempung pada kedalaman yang dangkal agak sulit. Kuat geser tanah ini, bila letaknya dekat dengan permukaan tanah, akan dipengaruhi oleh perubahan iklim, dan dipengaruhi pula oleh akar tumbuh-tumbuhan. Untuk itu, dasar pondasi sebaiknya diletakkan agak dalam, sehingga terhindar dari pengaruh tersebut. Untuk hitungan daya dukung ultimit, sebaiknya digunakan kuat geser tanah minimum yang terletak di bawah pondasinya. Jika kuat geser tanah tiap-tiap lapisan dalam interval kedalaman  $2/3 B$  dibawah pondasi yang tidak menyimpang lebih dari  $\pm 50\%$  dari nilai rata-rata pada kedalaman ini, nilai rata-ratanya dapat digunakan. Namun jika variasinya lebih dari  $\pm 50\%$ , nilai kuat geser minimum yang digunakan dalam perancangannya. Jika cara terakhir ini yang dipilih, nilai faktor amannya dapat dikurangi dari nilai yang biasa digunakan.

Tanah lempung aluvial secara geologis merupakan endapan yang baru, yang terdiri dari material lanau dan lempung didaerah sekitar sungai, muara, dan dasar laut. Tanah ini termasuk konsolidasi normal (*normally consolidated*). Oleh karena itu, kuat gesernya bertambah bila kedalamannya bertambah, yaitu lunak pada daerah permukaan, dan kaku dibawah. Pengaruh cuaca menyebabkan tanah lempung aluvial mempunyai sifat kaku di dekat permukaan tanahnya. Daya dukung yang sedang, dengan tanpa atau sedikit penurunan, dapat diperoleh bila dasar pondasi tidak lebar, yang terletak pada lapisan kulit (tanah permukaan). Pada kondisi ini tekanan pondasi yang diberikan pada lapisan lunak dibawahnya tidak besar. Jika pondasinya lebar dan dalam, daya dukung menjadi kecil. Untuk hal ini, dapat digunakan tipe pondasi rakit mengapung atau pondasi tiang yang menembus sampai lapisan keras yang dapat mendukung bebannya.

Pondasi yang dirancang pada tanah lempung, harus diperhitungkan pada kondisi terjelek, yaitu pada kadar air saat jenuh.

Perhatian harus diberikan pada pondasi yang terletak dekat dengan lapisan lunak, pondasi akan melesak ke bawah sehingga dapat mengakibatkan keruntuhan. Oleh karena itu, daya dukung tanahnya perlu diperhitungkan terhadap pengaruh penyebaran beban pada lapisan lunak yang dibawahnya. Hitungan daya dukung, dilakukan dengan menganggap pondasi disebarkan menurut aturan 2V : 1H (2 Vertikal : 1 Horizontal) pada lapisan lunaknya.

- $q_{uf} = c_2 N_c + \gamma_1 (D_f + H) N_q + 0,5 B_f \gamma_2 N_\gamma$

Dimana:

$$B_f = B + H = \text{lebar pondasi fiktif}$$

$$B = \text{Lebar pondasi sebenarnya}$$

$$H = \text{Jarak dasar pondasi terhadap permukaan tanah lunak dibawahnya.}$$

$$q_{uf} = \text{Kedalaman ultimit pondasi dengan lebar fiktif } B_f, \text{ dasarnya terletak pada kedalaman } (D_f + H).$$

$$c_1, c_2 = \text{Berturut-turut kohesi lapisan 1 dan 2}$$

$$\gamma_1, \gamma_2 = \text{Berturut-turut berat volume lapisan 1 dan 2}$$

$$D_f = \text{Kedalaman pondasi}$$

$$H = \text{Jarak antar dasar pondasi dan permukaan lapisan 2}$$

$$N_c, N_q, N_\gamma = \text{Faktor daya dukung tanah}$$

Untuk ini tekanan pada tanah lunak harus tidak melampaui daya dukung yang diizinkan dari lapisan lunaknya. Dalam anggapan tersebut, tanah kuat yang berada diatas berfungsi sebagai pondasi pelat bagi beban pondasinya. Jika jarak pondasi telapak satu sama lainnya relatif berjauhan, masih dimungkinkan untuk mengurangi tekanan pondasi pada tanah lunaknya, yaitu dengan jalan memperlebar pondasi, sebaliknya jika jarak pondasi sangat dekat, penyebaran beban masing-masing pondasinya akan saling tumpang tindih. Untuk itu, jika dari perhitungannya nilai daya dukung yang diizinkan terlampaui, lebih baik dipakai pondasi rakit atau pondasi memanjang (jika sumbu kolomnya satu garis). Kalau dengan cara ini daya dukungnya masih juga tidak memenuhi, dapat dipakai pondasi tiang. Perlu diingat bahwa pada perancangan masih harus diperhitungkan pula besar penurunan, terutama penurunan konsolidasi yang terjadi harus masih dalam batas toleransinya.

Nilai-nilai daya dukung aman untuk tanah lempung dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

**Tabel 2.19** Perkiraan daya dukung aman berdasarkan jenis tanah

Macam Tanah	Daya Dukung Aman (kg/cm <sup>2</sup> )	Keterangan
<b>(a) Tanah-tanah granuler</b>		
Kerikil padat/pasir bercampur kerikil padat	> 6,0	Kelompok (a), lebar pondasi B>1 m. Kedalaman muka air tanah > B dari dasar pondasi
Kerikil kepadatan sedang/pasir berkerikil kepadatan sedang	2 – 6	
Kerikil tak padat/pasir berkerikil tak padat	< 2	
Pasir padat	> 3	
Pasir kepadatan sedang	1 – 3	
Pasir tak padat	< 1	
<b>(b) Tanah-tanah kohesif</b>		
Lempung keras	3 – 6	Kelompok (B) sangat dipengaruhi oleh konsolidasi jangka panjang
Lempung pasir dan lempung kaku	2 – 4	
Lempung agak kaku	0,5 – 1	
Lempung sangat lunak dan lanau	< 0,75	

Daya dukung tanah lempung bergantung pada konsistensi atau kuat gesernya. Nilai pendekatan hubungan antara nilai  $N$  dari SPT, konsistensi tanah, dan perkiraan daya aman ditunjukkan dalam **Tabel 2.18**. Nilai daya dukung ultimit dihitung dengan mengalikan daya dukung aman pada **Tabel 2.18** sebanyak 3 kali. Tanah dengan konsistensi sangat lunak, penurunan pondasi yang terjadi biasanya besar.

**Tabel 2.20** Hubungan nilai  $N$ , konsistensi tanah, dan perkiraan daya dukung aman untuk pondasi pada tanah lempung (Terzaghi dan Peck, 1948)

Konsistensi	N	Daya dukung aman ( $q_s$ ) untuk pondasi (kg/cm <sup>2</sup> )	
		Bujur sangkar	Memanjang
Sangat lunak	0 – 2	0,00 – 0,30	0,00 – 0,22
Lunak	2 – 4	0,30 – 0,60	0,22 – 0,45
Sedang	4 – 8	0,60 – 1,20	0,45 – 0,90
Kaku	8 – 15	1,20 – 2,40	0,90 – 1,80
Sangat kaku	15 – 30	2,40 – 4,80	1,80 – 3,60
Keras	30	4,80	3,60

### 3. Pondasi Pada Lanau Dan *Loess*

Jenis tanah antara pasir dan lempung adalah lanau dan *loess*. Informasi awal sifat-sifat teknis lanau dapat diperoleh dari pengujian SPT. Jika nilai  $N < 10$ , lanau akan berupa *Loess*. Jika  $N > 10$ , lanau dalam kondisi kepadatan sedang atau padat. *Loess* merupakan tanah yang tidak baik untuk mendukung pondasi bangunan. Lanau, pada kondisi alaminya, sering dijumpai dalam kondisi longgar atau tak padat. Sehingga jika pondasi diletakkan di atasnya akan mengalami penurunan yang besar. Beban yang kecil, asalkan tidak merubah susunan lanaunya, dapat tidak mengakibatkan penurunan yang besar.

Daya dukung diizinkan tanah lanau yang berbentuk tepung batu dapat diperoleh dengan prosedur yang sama seperti memperoleh daya dukung tanah pasir. Sedang untuk tanah lanau plastis, prosedurnya sama seperti tanah lempung. Hitungan daya dukung dilakukan dengan memasukkan nilai-nilai kuat geser tanah yang diperoleh dari pengujian triaksial pada contoh tak terganggu. Kecepatan penerapan beban harus sedemikian rupa, sehingga kecepatan berkurangnya air pori sama seperti kecepatan air pori di lapangan. Jika kemampuan meloloskan air tanah lanau relatif kecil dan kecepatan pembebasannya cepat, pengujian triaksial pada kondisi *terkonsolidasi-tanpa drainase (consolidated drained)* lebih cocok. Sebaliknya, jika tanah lanau mudah meloloskan air, pengujian triaksial pada kondisi *terkonsolidasi-tanpa drainase (consolidated drained)* lebih cocok. Pada tanah lanau murni jika pembebanan berlangsung lambat, pembebanan dapat mempengaruhi pengurangan kadar air, yang kemudian dapat menambah kuat geser tanah. Untuk ini, dalam hitungan daya dukung dapat digunakan parameter kuat geser tegangan efektif.

Salah satu cara yang dapat digunakan untuk memperkirakan besarnya penurunan pondasi pada tanah lanau, adalah dengan mengadakan pengujian konsolidasi. Informasi yang bermanfaat dapat pula diperoleh dari pengujian beban pelat (*plate load test*) yang dianalisis dengan teliti.

*Loess* tidak tepat diklasifikasikan sebagai tanah tak kohesif. Namun, *loess* adalah lapisan yang tak padat dari lanau yang tak terkohesi yang sedikit mempunyai rekatan dengan kandungan lempung yang rendah. Penurunan pondasi dapat dilakukan dengan mengadakan pengujian konsolidasi, yaitu dari interpretasi grafik  $e$ - $\log p'$ . Bangunan statis

yang terletak pada tanah *loess* sebaiknya dirancang dengan menempatkan dasar pondasi agak dalam agar tambahan tekanannya tak begitu besar, misalnya dibuat dengan sistem pondasi mengapung (*floating foundation*).

#### 4. Pondasi Pada Tanah Organik

Jika tanah pondasi mengandung banyak mengandung bahan organik, tanah tersebut harus tidak digunakan untuk mendukung bangunan. Jika terdapat keragu-raguan, kandungan bahan organik harus diuji di laboratorium. Tanah dengan kandungan bahan organik yang tinggi, bila digunakan untuk mendukung pondasi akan menghasilkan penurunan yang besar.

#### 5. Pondasi Pada Tanah $c$ dan $\phi$

Jenis tanah yang mempunyai dua komponen kuat geser tanah  $c$  dan  $\phi$ , biasanya terdiri dari campuran dari beberapa jenis tanah, seperti lempung berpasir, lempung berpasir berkerikil, lanau berpasir, dan lain-lain. Pada jenis-jenis tanah tersebut, dimungkinkan untuk mengambil contoh tak terganggu dari lapangan. Oleh karena itu untuk memperoleh nilai-nilai kuat gesernya dapat diperoleh dari pengujian triaksial. Nilai  $c$  dan  $\phi$  yang diperoleh, dapat digunakan untuk menghitung daya dukung ultimit dengan menggunakan persamaan-persamaan umum daya dukung ultimit yang dibagi dengan faktor aman yang sesuai, dengan pertimbangan besar penurunan harus masih dalam batas toleransi.

#### 6. Pondasi Pada Tanah Timbunan

Tanah antara lempung plastis sampai pasir dan kerikil telah banyak digunakan sebagai tanah timbunan untuk mendukung beban bangunan. Daya dukung tanah timbunan bergantung pada macam tanah dan derajat kepadatannya. Tanah pasir dan kerikil merupakan tanah yang baik untuk mendukung bangunan, sedang tanah lempung yang dipadatkan sembarangan akan mempunyai daya dukung yang sangat rendah. Daya dukung timbunan yang dipadatkan ditentukan sebelum atau sesudah peletakan timbunannya.

Bila daya dukung ditentukan sebelum diletakkan tanah timbunan, tanah yang akan ditimbunkan dipadatkan hingga 90-100% berat volume kering maksimum dengan alat pengujian proktor atau proktor dimodifikasi. Jika tanahnya kohesif, contoh tanah yang mempunyai derajat kepadatan yang dikehendaki, diuji untuk ditentukan nilai  $c$  dan  $\phi$

dengan alat triaksial. Jika tanahnya berupa tanah granuler, contoh tanah dengan derajat kepadatan yang dikehendaki, diuji dengan alat triaksial, geser langsung untuk mengetahui nilai sudut geser dalam ( $\phi$ ) tanahnya. Nilai-nilai kuat geser tanah yang diperoleh, kemudian digunakan untuk mengetahui daya dukung.

Bila daya dukung ditentukan setelah pemadatan, tanah timbunan harus dibor dan diuji seperti halnya pengeboran tanah di alam yang akan digunakan untuk mendukung pondasi bangunan. Timbunan yang tak dikontrol kepadatannya, harus tidak digunakan untuk mendukung pondasi.

### **7. Pondasi Pada Batu**

Hampir semua jenis batu dapat mendukung beban bangunan dengan baik, karena mempunyai kuat desak yang tinggi. Namun, jika batuan berupa batu berkapur yang berlubang-lubang dan banyak retakan atau batu yang banyak mengandung bidang-bidang patahan, retakan, dan pecahan akan membahayakan stabilitas bangunan.

## **2.6 ASPEK KONSTRUKSI JEMBATAN**

Pada penentuan konstruksi jembatan beton pratekan perlu diperhatikan prinsip-prinsip dalam perencanaan jembatan, diantaranya yaitu kekuatan elemen struktur dan stabilitas sistem struktur, kelayakan struktural, keawetan, kemudahan pelaksanaan, ekonomis, dan estetika. Pada tahap perencanaan, bangunan atas, bangunan bawah dan pondasi yang akhirnya dipilih adalah yang paling baik memenuhi pokok-pokok berikut :

- Kekuatan unsur struktural dan stabilitas keseluruhan  
Unsur-unsur tersendiri harus mempunyai kekuatan memadai untuk menahan beban ULS keadaan batas ultimate, dan struktur sebagai kesatuan keseluruhan harus berada stabil pada pembebanan tersebut. Beban ULS didefinisikan beban – beban yang mempunyai 5 % kemungkinan terlampaui selama umur rencana struktur.
- Kelayakan struktural  
Bangunan bawah dan pondasi harus keadaan tetap dalam keadaan layan pada beban SLS – keadaan batas kelayakan. Hal ini berarti bahwa struktur tidak boleh mengalami retakan, lendutan, atau getaran sedemikian sehingga masyarakat menjadi khawatir atau jembatan menjadi tidak layak untuk penggunaan atau mempunyai pengurangan berarti dalam umur

kelayanan. Pengaruh – pengaruh tersebut tidak diperiksa untuk beban ULS, tetapi untuk beban SLS yang lebih kecil dan lebih sering terjadi dan didefinisikan sebagai beban – beban yang mempunyai 5 % kemungkinan terlampaui dalam satu tahun.

- Keawetan  
Bahan struktural yang harus dipilih harus sesuai untuk lingkungan, jembatan rangka baja yang digalvanisasi tidak merupakan bahan terbaik untuk penggunaan dalam lingkungan laut agresip garam yang dekat pantai.
- Kemudahan konstruksi  
Pemilihan rencana harus mudah dilaksanakan. Rencana yang sulit dilaksanakan dapat menyebabkan pengunduran tak terduga dalam proyek dan peningkatan biaya, sehingga harus dihindari sedapat mungkin.
- Ekonomis dapat diterima  
Rencana termurah yang sesuai pendanaan dan pokok – pokok rencana lainnya adalah umumnya terpilih. Penekanan harus diberikan pada biaya umur total struktur yang mencakup biaya pemeliharaan, dan tidak hanya pada biaya permulaan konstruksi.
- Bentuk Estetika  
Struktur jembatan harus menyatu dengan pemandangan alam dan menyenangkan untuk dilihat. Penampilan yang baik umumnya dicapai tanpa tambahan dekorasi.

### 2.6 1 PEMBEBANAN STRUKTUR JEMBATAN

Peraturan pembebanan yang digunakan dalam perencanaan Jembatan beton pratekan ini mengacu pada *Bridge Management System (BMS 92)*

#### 1. Beban Permanen

- **Berat Sendiri**

Berat nominal dan nilai terfaktor dari berbagai bahan dapat diambil dari tabel berikut ini :

**Tabel 2.21 Berat Bahan Nominal dan U.L.S**

Bahan Jembatan	Berat Sendiri Nominal S.L.S (kN/m)	Berat Sendiri Biasa U.L.S (kN/m <sup>3</sup> )	Berat Sendiri Terkurangi U.L.S (kN/ m <sup>3</sup> )
Beton Massa	24	31,2	18
Beton Bertulang	25	32,5	18,80
Beton Bertulang Pratekan (Pracetak)	25	30	21,30
Baja	77	84,7	69,30
Kayu, Kayu lunak	7,8	10,9	5,50
Kayu, Kayu keras	11	15,4	7,7

Sumber : BMS – 1992

- **Beban Mati Tambahan**

Beban mati tambahan adalah berat semua elemen tidak struktural yang dapat bervariasi selama umur jembatan seperti :

- Peralatan permukaan khusus
- Pelapisan ulang dianggap sebesar 50 mm aspal beton (hanya digunakan dalam kasus menyimpang dan nominal 22 kN/ m<sup>3</sup>)
- Sandaran, pagar pengaman, dan penghalang beton
- Tanda-tanda
- Perlengkapan umum seperti pipa air dan penyaluran (dianggap kosong atau penuh)

- **Susut dan Rangkak**

Susut dan rangkak menyebabkan momen, geser, dan reaksi ke dalam komponen tertahan. Pada U.L.S penyebab gaya-gaya tersebut umumnya diperkecil dengan retakan beton dan baja leleh. Untuk alasan ini beban faktor U.L.S yang digunakan 1,0. Pengaruh tersebut dapat diabaikan pada U.L.S sebagai bentuk sendi plastis. Bagaimanapun pengaruh tersebut seharusnya dipertimbangkan pada S.L.S.

- **Pengaruh Pratekan**

Selain dari pengaruh primer, pratekan menyebabkan pengaruh sekunder dalam komponen tertahan dan struktur tidak tertentu, untuk penentuan pengaruh dari pratekan dalam struktur tidak tertentu adalah cara beban ekuivalen dimana gaya tambahan pada beton akibat kabel pratekan dipertimbangkan sebagai beban luar.

- **Tekanan Tanah**

- Keadaan aktif

$$\sigma = \gamma * z * \tan^2(45-(\phi / 2)) - 2 * c * \tan (45-(\phi / 2))$$

- Keadaan pasif

$$\sigma = \gamma * z * \tan^2(45+(\phi / 2)) + 2 * c * \tan (45+(\phi / 2))$$

## 2. Beban Lalu Lintas

- **Beban Kendaraan Rencana**

- Aksi kendaraan

Beban kendaraan mempunyai 3 komponen :

1. Komponen vertikal
2. Komponen rem
3. Komponen sentrifugal

- Jenis kendaraan

Beban lalu lintas untuk rencana jembatan jalan raya terdiri dari pembebanan lajur “D” dan pembebanan truk “T”. Pembebanan lajur “D” ditempatkan melintang pada lebar penuh dari jalan kendaraan jembatan dan menghasilkan pengaruh pada jembatan yang ekuivalen dengan rangkaian kendaraan sebenarnya, jumlah total pembebanan lajur “D” yang ditempatkan tergantung pada lebar jalan kendaraan jembatan. Pembebanan truk “T” adalah berat kendaraan, berat tunggal truk dengan 3 gandar yang ditempat dalam kedudukan sembarang pada lajur lalu lintas rencana. Tiap gandar terdiri dari 2 pembebanan bidang kontak yang dimaksudkan agar mewakili pengaruh moda kendaraan berat. Hanya 1 truk “T” boleh ditempatkan per lajur lalu lintas rencana.

- **Beban Lajur “D”**

Beban Lajur “D” terdiri dari :

- a. Beban terbagi rata (UDL) dengan  $q$  tergantung pada panjang yang dibebani total ( $L$ ) sebagai berikut :

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

$$L > 30 \text{ m ; } q = 8,0 (0,5 + 15/L) \text{ kPa}$$

- b. Beban UDL boleh ditempatkan dalam panjang terputus agar terjadi pengaruh maksimum. Dalam hal ini,  $L$  adalah jumlah dari panjang masing-masing beban terputus tersebut.
- c. Beban garis (KEL) sebesar  $P$  kN/m, ditempatkan dalam kedudukan sembarang sepanjang jembatan dan tegak lurus pada arah lalu lintas.

$$P = 44,0 \text{ kN/m}$$

Pada bentang menerus, KEL ditempatkan dalam kedudukan lateral sama yaitu tegak lurus arah lalu lintas pada 2 bentang agar momen lentur negatif menjadi maksimum.

- **Beban Truk “T”**

Hanya satu truk yang harus ditempatkan dalam tiap lajur lalu lintas rencana untuk panjang penuh dari jembatan. Beban Truk “T” harus ditempatkan ditengah lajur lalu lintas. Jumlah maksimum lajur lalu lintas diberikan dalam tabel berikut :

**Tabel 2.22 Jumlah Lajur Lalu Lintas Rencana**

Jenis Jembatan	Lebar Jalan Kendaraan Jembatan (m)	Jumlah Lajur Lalu Lintas Rencana
Dua arah tanpa median	5,5 – 8,25	2
	11,25 – 15,0	4
	11,25 – 15,0	4

*Sumber: BMS-1992*

- **Faktor Beban Dinamik**

Faktor beban dinamik (DLA) berlaku pada beban “KEL”, beban lajur “D”, dan beban truk “T” untuk simulasi kejutan dari kendaraan bergerak pada struktur jembatan. Faktor beban dinamik adalah untuk S.L.S dan U.L.S dan untuk semua bagian struktur sampai pondasi. Untuk beban truk “T” nilai DLA adalah 0,3, untuk beban garis “KEL” nilai DLA diberikan dalam tabel berikut:

**Tabel 2.23 Faktor Beban Dinamik Untuk “KEL” lajur “D”**

Bentang Ekuivalen $L_E$ (m)	DLA (untuk kedua keadaan batas)
$L_E < 50$	0,4
$50 < L_E < 90$	$0,525 - 0,0025 L_E$
$L_E > 90$	0,3

Sumber: BMS-1992

Catatan:

1. Untuk bentang sederhana  $L_E =$  panjang bentang aktual
2. Untuk bentang menerus  $L_E =$  Lrata-rata \* Lmaksimum

#### ▪ **Gaya Rem**

Pengaruh rem dan percepatan lalu lintas harus dipertimbangkan sebagai gaya memanjang. Gaya ini tidak tergantung pada lebar jembatan dan diberikan pada tabel 2.13 BMS 1992 untuk panjang struktur yang tertahan.

#### ▪ **Beban Pejalan Kaki**

Intensitas pejalan kaki untuk jembatan jalan raya tergantung pada luas beban yang dipikul oleh unsur yang direncanakan. Bagaimanapun, lantai dan gelagar yang langsung memikul pejalan kaki harus direncanakan untuk 5 kPa. Intensitas beban untuk elemen lain diberikan dalam tabel 2.14 BMS 1992.

#### ▪ **Beban Tumbuk Pada Penyangga Jembatan**

Penyangga jembatan dalam daerah lalu lintas harus direncanakan agar menahan tumbukan sesaat atau dilengkapi dengan penghalang pengaman yang khusus direncanakan.

- Tumbukan kendaraan diambil sebagai beban statis S.L.S sebesar 1000 kN pada  $10^0$  terhadap garis pusat jalan pada tinggi sebesar 1,8 m.
- Pengaruh tumbukan kereta api dan kapal ditentukan oleh yang berwenang dengan relevan.

### 3. **Beban Lingkungan**

#### ▪ **Penurunan**

Jembatan direncanakan agar menampung perkiraan penurunan total dan diferensial sebagai S.L.S.

- **Gaya Angin**

Luas ekivalen diambil sebagai luas pada jembatan dalam elevasi proyeksi tegak lurus yang dibatasi oleh unsur rangka terluar. Tekanan angin rencana (kPa) diberikan dalam tabel 2.16 BMS 1992

- **Gaya Apung**

Pengaruh gaya apung harus termasuk pada gaya aliran sungai kecuali diadakan ventilasi udara. Perhitungan berikut harus dipertimbangkan bila pengaruh gaya apung diperkirakan :

- Pengaruh gaya apung pada bangunan bawah dan beban mati bangunan atas
- Pengadaan sistem pengikat jangkar untuk bangunan atas
- Pengadaan drainase dari sel dalam

- **Gaya Yang Diakibatkan Oleh Suhu**

Perubahan merata dalam suhu jembatan menghasilkan perpanjangan atau penyusutan seluruh panjang jembatan. Gerakan tersebut umumnya kecil di Indonesia, dan dapat diserap oleh perletakan dengan gaya cukup kecil. Yang disalurkan ke bangunan bawah oleh bangunan atas dengan bentang 100 m atau kurang.

- **Gaya gempa**

Jembatan yang akan dibangun didaerah rawan gempa bumi harus direncanakan dengan memperhitungkan pengaruh gempa bumi tersebut. Pengaruh gempa bumi pada jembatan diperhitungkan senilai dengan pengaruh horizontal yang bekerja pada titik berat konstruksi/bagian konstruksi yang ditinjau dalam arah yang paling berbahaya. Gaya tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$K = E * G_p$$

Dimana :

$$K = \text{Gaya horizontal akibat gempa}$$

$$E = \text{Koefisien gempa}$$

$$G_p = \text{Muatan mati dari struktur yang ditinjau}$$

## 2.6 2 STRUKTUR ATAS JEMBATAN

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 bawah. Pemilihan konstruksi ini berdasarkan pada bentang jembatan sesuai tabel di bawah ini.

**Tabel 2.24 Jenis Jembatan Berdasarkan Bentang**

No	Jenis bangunan Atas	Variasi Bentang	Perbandingan H/L tipikal	Penampilan
<b>A</b>	<b>Konstruksi Kayu :</b>			
1	Jembatan Balok dengan lantai urug atau lantai papan	5 - 20 m	1 / 15	Kurang
2	Gelagar kayu gergaji dengan papan lantai	5 - 10 m	1 / 5	Kurang
3	Rangka lantai atas dengan papan kayu	20 - 5 m	1 / 5	Kurang
4	Gelagar baja dengan lantai papan kayu	5 - 35 m	1 / 7 – 1 / 30	Kurang
<b>B</b>	<b>Konstruksi Baja :</b>			
1	Gelagar baja dengan lantai plat baja	5 - 25 m	1 / 25 – 1 / 27	Kurang
2	Gelagar baja dengan lantai beton komposit (bentang sederhana dan menerus)	15 - 50 m 35 - 90m	1 / 20	Fungsional
3	Rangka lantai bawah dengan plat beton	30 - 100 m	1 / 8 – 1 / 11	Kurang
4	Rangka baja menerus	60 - 150 m	1 / 10	Baik
<b>C</b>	<b>Konstruksi Beton Bertulang :</b>			
1	Plat beton bertulang	5 - 10 m	1 / 12,5	Fungsional
2	Plat berongga	10 - 18 m	1 / 18	Fungsional
3	Gelagar beton 'T'	6 - 25 m	1 / 12 – 1 / 15	Fungsional
4	Lengkung beton (Parabola)	30 - 70 m	1 / 30	Estetik
<b>D</b>	<b>Jembatan Beton Pratekan:</b>			
1	Segmen pelat	6 - 12 m	1 / 20	Fungsional
2	Gelagar I dengan lantai beton komposit ,bentang menerus	20 - 40 m	1 / 17,5	Fungsional
3	Gelagar 'T' pasca penegangan	20 - 45 m	1 / 16,5 – 1 / 17,5	Fungsional
4	Gelagar boks menerus,pelaksanaan kantilever	6 - 150m	1 / 18 – 1 / 20	Estetik

Sumber : BMS-1992

Dalam perencanaan bangunan atas jembatan, untuk mengurangi kerumitan analisisnya peraturan mengizinkan penggunaan cara yang disederhanakan jika pembatasan peraturan tersebut terpenuhi. Cara sederhana ini meliputi :

- Respon terhadap beban mati, seluruh atau sebagian bangunan atas jembatan dianggap sebagai balok untuk perhitungan momen dan geser memanjang. Jembatan dianggap sebagai girder atau balok.
- Respon terhadap beban lalu lintas mempertimbangkan beban lajur "D" tersebar pada seluruh lebar girder atau gelagar dengan intensitas 100%. Dan menyebarkan beban truk tunggal "T" yang bekerja pada plat dengan faktor sesuai peraturan.

Struktur atas jembatan terdiri dari :

### 1. Sandaran

Merupakan konstruksi pembatas antara kendaraan dengan pinggiran jembatan sehingga memberi rasa aman bagi pengguna jalan. Tiang sandaran dibuat dari konstruksi beton bertulang dengan penampang persegi. Prinsip perhitungan konstruksi ini seperti pada perhitungan kolom.

### 2. Trotoar

Konstruksi trotoar direncanakan sebagai pelat beton yang diletakkan pada lantai jembatan bagian samping yang diasumsikan sebagai pelat yang tertumpu sederhana pada pelat jalan.

### 3. Pelat Lantai

Pelat lantai berfungsi sebagai lapisan penahan perkerasan. Plat lantai dianggap tertumpu pada dua sisi.

- Pembebanan pada pelat lantai
- Beban mati (berat sendiri plat, berat perkerasan, berat air hujan)
- Beban hidup (muatan “T”)
- Perhitungan momen
- Penulangan pelat lantai

### 4. Balok Diafragma

Balok diafragma adalah balok melintang yang terletak diantara balok induk atau balok memanjang yang satu dengan yang lain. Konstruksi ini berfungsi sebagai pengaku gelagar memanjang dan tidak berfungsi menahan beban luar apapun kecuali berat sendiri diafragma.

### 5. Balok Utama/Gelagar

Balok utama berfungsi untuk menahan beban-beban yang bekerja di atasnya dan menyalurkannya ke pangkal-pangkal jembatan. Terdapat berbagai macam tipe balok utama yang dapat digunakan pada konstruksi jembatan. Pedoman yang dapat digunakan untuk pemilihan balok utama yaitu :

- 1) Pada dasarnya balok beton bertulang digunakan
- 2) Pada kondisi berikut balok beton bertulang tidak cocok digunakan :

- a. Dilokasi pembangunan jembatan tidak memungkinkan dibuat jembatan dari beton bertulang karena tidak tersedianya tempat pelaksanaan, tempat pemasangan perancah, atau jadwal perencanaan tidak memungkinkan
  - b. Bentang jembatan melebihi 20,00 meter
  - c. Tinggi pilar + 1/3 kedalaman pondasi melebihi 15,00 meter
  - d. Daya dukung tanah mono-aksial dipermukaan  $q_u < 0,5 \text{ kg/cm}^2$
- 3) Untuk bentang jembatan diatas 30,00 meter gelagar dianjurkan menggunakan beton prategang. Tetapi untuk jembatan yang mencengnya (*skew angel*) kurang dari  $50^0$  gelagar dianjurkan menggunakan baja
  - 4) Untuk bentang jembatan antara 30,00 - 60,00 meter, dianjurkan menggunakan baja komposit. Apabila sudut kemencengannya kurang dari  $50^0$  menggunakan baja non komposit
  - 5) Untuk bentang melebihi 60,00 meter jembatan rangka atau lengkung lebih cocok
  - 6) Untuk bentang melebihi 80,00 meter dapat menggunakan jembatan struktur rangka
  - 7) Apabila H mencapai 15 meter dan bentang mencapai 20,00 meter, dianjurkan menggunakan gelagar beton prategang
  - 8) Apabila H melebihi 15,00 meter, dianjurkan menggunakan gelagar baja
  - 9) Apabila daya dukung tanah mono-aksial  $q_u < 0,50 \text{ kg/cm}^2$ , dianjurkan menggunakan gelagar baja
    - Pembebanan pada gelagar
    - Beban mati (Beban sendiri dan beban-beban dari struktur yang ditopang diatasnya, termasuk beban air hujan)
    - Beban hidup (beban "D")
    - Perhitungan momen pada gelagar

### 2.6 3 STRUKTUR BAWAH JEMBATAN

Struktur bawah jembatan terdiri dari :

#### 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. *Abutmen* dapat dikategorikan menurut cara pengadaan peralihan tersebut. (BMS Section 3.1.2) . Terdapat tiga jenis umum *abutment*, yaitu :

1) *Abutment* tembok penahan

Dinamakan demikian karena timbunan jalan tertahan dalam batas-batas pangkal dengan tembok penahan yang didukung oleh pondasi

2) *Abutment* kolom “*Spill – Through*”

Dinamakan demikian karena timbunan diijinkan berada dan melalui portal *abutment* yang sepenuhnya tertanam dalam timbunan. Portal dapat terdiri dari balok kepala dan tembok kepala yang didukung oleh rangkaian kolom-kolom pada pondasi atau secara sederhana terdiri dari balok kepala yang didukung langsung oleh tiang-tiang

3) *Abutment* tanah bertulang

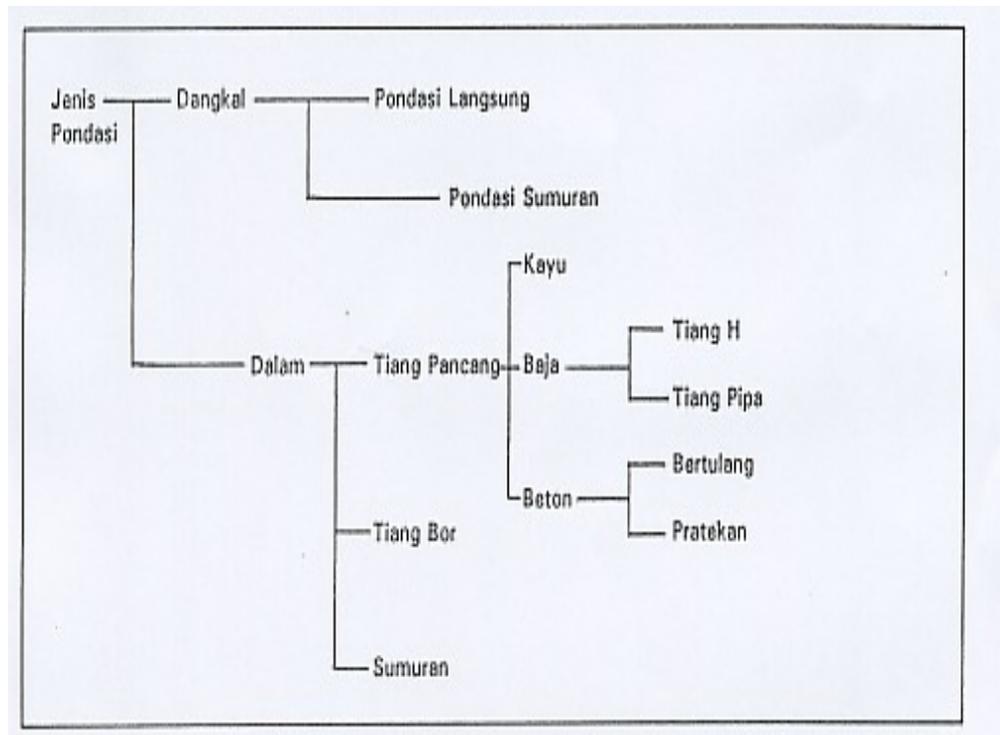
*Abutment* jenis ini adalah sistem paten yang memperkuat timbunan agar dapat menjadi bagian *abutment*

2. Pondasi

Pondasi berfungsi menyalurkan beban-beban terpusat dari bangunan bawah kedalam tanah pendukung dengan cara demikian sehingga hasil tegangan dan gerakan tanah dapat dipikul oleh struktur secara keseluruhan. Bahan pondasi yang baik adalah batuan. Bila tidak terdapat batuan, jenis pondasi sesuai untuk pangkal dan pilar tergantung pada kedalaman sampai lapis pendukung memadai. Jenis pondasi tipikal untuk berbagai kedalaman stratum pendukung adalah sebagai berikut :

- Pondasi Langsung : 0 – 3 m kedalaman ke lapis pendukung.
- Pondasi Sumuran : 3 – 10 m kedalaman ke lapis pendukung.
- Pondasi Tiang Beton : 10 – 20 m kedalaman ke lapis pendukung.
- Pondasi Tiang Baja : 10 m – lebih kedalaman ke lapis pendukung.

Dalam merencanakan suatu jembatan maka harus mengetahui beberapa jenis pondasi seperti dalam gambar dibawah ini :



Sumber: BMS-1992

**Tabel 2.25 Dimensi Pondasi Tipikal dan Beban Rencana Keadaan Batas Ultimate**

Butir	Pondasi Langsung	Pondasi Sumuran	Tiang Pancang			
			Tiang Baja H	Tiang Baja Pipa	Tiang Beton Bertulang Pracetak	Tiang Beton Pracetak Prategang
Diameter Nominal (mm)	-	3000	100 x 100 sampai 400 x 400	300 sampai 600	300 sampai 600	400 sampai 600
Kedalaman Maksimum (m)	5	15	Tidak terbatas	Tidak terbatas	30	60
Kedalaman Optimum (m)	0,3 sampai 3	7 sampai 9	7 sampai 40	7 sampai 40	12 sampai 15	18 sampai 30
Beban Maksimum ULS (kN) untuk keadaan biasa	20000+	20000+	3750	3000	1300	13000
Variasi optimum beban ULS (kN)	-	-	500 sampai 1500	600 sampai 1500	500 sampai 1000	500 sampai 5000

Sumber : BMS-1992