BAB II
STUDI PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Jembatan didefinisikan sebagai struktur bangunan yang menghubungkan rute atau lintasan transportasi yang terputus oleh sungai, rawa, danau, selat, saluran, jalan atau perlintasan lainnya. Komponen utama jembatan terdiri atas bangunan atas (*upper structure/super structur*) dan bangunan bawah (*substructure*). Bangunan atas terdiri dari lantai jembatan, gelagar atau rangka utama, gelagar memanjang, gelagar melintang, diafragma, pertambatan angin dan lain-lain. Sedangkan bangunan bawah terdiri dari *abutment* atau pangkal jembatan dan pondasi. Selain itu, terdapat juga bangunan pelengkap seperti tembok samping, tembok muka, dinding penahan tanah, drainase jembatan dan lain-lain.

Untuk menghasilkan produk perencanaan yang efektif dan efisien, diperlukan suatu perencanaan yang terstruktur sistematis. Dalam merencanakan suatu jembatan, ada beberapa aspek yang berpengaruh yang perlu ditinjau, yaitu :

- Aspek lalu lintas
- Aspek hidrologi
- Aspek tanah
- Aspek geometri
- Aspek konstruksi jembatan

2.2 Aspek Lalu Lintas

Persyaratan transportasi meliputi kelancaran arus lalu lintas dan pejalan kaki yang melintasi jembatan tersebut. Dalam hal ini, perencanaan lebar jembatan sangat penting agar diperoleh tingkat pelayanan lalu lintas yang maksimum.

2.2.1 Lalu Lintas Harian Rata-Rata Tahunan (LHRT)

Lalu Lintas Harian Rata-Rata Tahunan (LHRT) adalah jumlah lalu lintas kendaraan rata-rata yang melewati satu jalur jalan selama 24 jam dan diperoleh dari data selama satu tahun penuh.

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

LHRT dinyatakan dalam smp/hari/2 arah atau kendaraan/hari/2 arah untuk jalan 2 lajur 2 arah, smp/hari/1 lajur atau kendaraan/hari/1 arah untuk jalan berlajur banyak dengan median.

2.2.2 Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR)

Untuk dapat menghitung LHRT haruslah tersedia data jumlah kendaraan yang terus menerus selama 1 tahun penuh. Mengingat akan biaya yang diperlukan dan membandingkan dengan ketelitian yang dicapai serta tak semua tempat di Indonesia mempunyai data volume lalu lintas selama 1 tahun, maka untuk kondisi tersebut dapat pula dipergunakan satuan Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR). LHR adalah hasil bagi jumlah kendaraan yang diperoleh selama pengamatan dengan lamanya pengamatan.

$$\text{LHR} = \frac{\text{Jumlah lalu lintas selama pengamatan}}{\text{Lamanya pengamatan}}$$

Data LHR ini cukup teliti jika pengamatan dilakukan pada interval-interval waktu yang cukup menggambarkan fluktuasi lalu lintas selama 1 tahun dan hasil LHR yang dipergunakan adalah harga rata-rata dari perhitungan LHR beberapa kali.

2.2.3 Ekivalensi Mobil Penumpang (EMP)

Ekivalensi mobil penumpang yaitu faktor konversi berbagai jenis kendaraan dibandingkan dengan mobil penumpang atau kendaraan ringan lainnya sehubungan dengan dampaknya pada perilaku lalu lintas. Untuk mobil penumpang dan kendaraan ringan lainnya, nilai emp adalah 1,0. Sedangkan nilai

emp untuk masing-masing kendaraan untuk jalan luar kota (jalan dua lajur-dua arah tak terbagi) adalah sebagai berikut :

Tabel 2.1 Ekivalensi Kendaraan Penumpang (EMP) untuk Jalan 2/2 UD

Tipe alinyemen	Arus total (kend/jam)	emp					
		MHV	LB	LT	MC		
					Lebar jalur lalu lintas (m)		
					< 6 m	6 – 8 m	> 8 m
Datar	0	1,2	1,2	1,8	0,8	0,6	0,4
	800	1,8	1,8	2,7	1,2	0,9	0,6
	1350	1,5	1,6	2,5	0,9	0,7	0,5
	≥ 1900	1,3	1,5	2,5	0,6	0,5	0,4
Bukit	0	1,8	1,6	5,2	0,7	0,5	0,3
	650	2,4	2,5	5,0	1,0	0,8	0,5
	1100	2,0	2,0	4,0	0,8	0,6	0,4
	≥ 1600	1,7	1,7	3,2	0,5	0,4	0,3
Gunung	0	3,5	2,5	6,0	0,6	0,4	0,2
	450	3,0	3,2	5,5	0,9	0,7	0,4
	900	2,5	2,5	5,0	0,7	0,5	0,3
	≥ 1350	1,9	2,2	4,0	0,5	0,4	0,3

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia Tahun 1997, hal 6-44

2.2.4 Volume Jam Perencanaan (VJP)

Arus lalu lintas bervariasi dari jam ke jam berikutnya dalam 1 hari, maka sangat cocok jika volume lalu lintas dalam 1 jam dipergunakan untuk perencanaan. Volume dalam 1 jam ynag dipakai untuk perencanaan dinamakan Volume Jam Perencanaan (VJP).Perhitungan VJP didasarkan pada rumus sebagai berikut :

$$Q = k \times LHRT$$

Dimana Q adalah volume jam perencanaan dan k adalah faktor pengubah dari LHRT ke lalu lintas jam puncak.

2.2.5 Pertumbuhan Lalu Lintas

Perkiraan pertumbuhan lalu lintas dengan menggunakan metode “Regresi Linier” merupakan metode penyelidikan terhadap suatu data statistik dalam hal ini didasarkan pada metode nol bebas. Adapun rumus persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$Y' = a + b X$$

Dimana :

Y' = besar nilai yang diramal

a = nilai trend pada nilai dasar

b = tingkat perkembangan nilai yang diramal

X = unit tahun yang dihitung dari periode dasar

Perkiraan *(forecasting)* lalu lintas harian rata-rata yang ditinjau dalam waktu 5, 10, 15 atau 20 tahun mendatang setelah waktu peninjauan berlalu, maka pertumbuhan lalu lintas ditinjau kembali untuk mendapatkan pertumbuhan lalu lintas yang akan datang. Perkiraan perhitungan pertumbuhan lalu lintas ini digunakan sebagai dasar untuk menghitung perencanaan kelas jembatan yang ada pada jalan tersebut. Untuk lebih jelas tentang perkembangan lalu lintas pada ruas tersebut, kemudian dibuatlah grafik hubungan antara tahun dan lalu lintas harian rata-rata (LHR).

Perkembangan lalu lintas tiap tahun dirumuskan :

$LHR\ n = LHR\ o \times (1 + i)^n$

$i = 100\ \% \times \sqrt[n]{(LHRn / LHRo - 1)} \longrightarrow (\ \%\ )$

Persamaan trend : $Y' = a + b X$

I $\quad \sum Y = n \times a + b \times \sum X$

II $\quad \sum XY = a \times \sum X + b \times \sum X^2$

Dari hasil perhitungan di atas maka diperoleh a dan b dalam bentuk konstanta yang dimasukkan rumus "Regresi Linier" sebagai berikut :

$$Y' = a + b X$$

Sehingga perkiraan LHR selama umur rencana (UR) dapat diperhitungkan.

2.2.6 Klasifikasi Jalan

Jalan dibagi dalam kelas-kelas yang penempatannya berdasarkan pada fungsi dan volume lalu lintas. Dalam "Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota Tahun 1997", klasifikasi dan fungsi jalan dibedakan seperti dalam tabel berikut ini :

Tabel 2.2 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

FUNGSI	KELAS	Lalu Lintas Harian Rata-Rata (SMP)
Utama	I	> 20000
Sekunder	II A	6000 – 20000
	II B	1500 – 8000
	II C	< 2000
Penghubung	III	-

Sumber : TCPGJAK Tahun 1997

2.2.7 Kapasitas Jalan

Kapasitas didefinisikan sebagai arus maksimum yang dapat dipertahankan persatuan jam yang melewati suatu titik jalan yang ada. Kapasitas dinyatakan dalam satuan mobil penumpang (smp), dengan persamaan dasar :

$$C = C_O \times FC_W \times FC_{SP} \times FC_{SF}$$

Dimana :

C = kapasitas (smp/jam)

C_O = kapasitas dasar (smp/jam)

FC_W = faktor penyesuaian akibat lebar jalur lalu lintas

FC_{SP} = faktor penyesuaian akibat pemisahan arah

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

2.2.8 Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan didefinisikan sebagai rasio arus terhadap kapasitas, digunakan sebagai faktor kunci dalam penentuan perilaku lalu lintas suatu segmen jalan. Nilai derajat kejenuhan menunjukkan apakah segmen jalan akan mempunyai masalah kapasitas atau tidak, dinyatakan dalam persamaan :

$$DS = \frac{Q}{C} < 0.75$$

Dimana :

DS = derajat kejenuhan

Q = volume lalu lintas (smp)

C = kapasitas jalan (smp/jam)

2.2.9 Umur Rencana Jembatan

Umur perencanaan jembatan merupakan kehandalan jembatan untuk memberikan tingkat pelayanan yang optimal selama jangka waktu tertentu biasanya diambil 50 tahun. Umur rencana jembatan mencapai 50 tahun yang berarti selama jangka waktu 50 tahun jembatan yang direncanakan harus mampu melayani beban-beban yang bekerja.

2.3 Aspek Hidrologi

Aspek hidrologi memegang peranan penting dalam perencanaan suatu jembatan, diantaranya adalah untuk menentukan dimensi penampang sungai yang nantinya digunakan untuk menentukan panjang bentang suatu jembatan.

2.3.1 Curah Hujan

Untuk mencari besarnya curah hujan pada periode ulang tertentu digunakan rumus *Gumbel* :

$$X_{Tr} = X + (Kr \times Sx)$$

Dimana :

X_{Tr} = besar curah hujan untuk periode ulang tertentu (mm)

X = curah hujan maksimum rata-rata tahun pengamatan (mm)

Kr = $0{,}78 \left\{ -\ln\left(1 - \frac{1}{Tr}\right)\right\} - 0{,}45$; dengan Tr adalah periode ulang (tahun)

Sx = standar deviasi

2.3.2 Debit Banjir Rencana

Untuk mencari debit banjir digunakan rumus :

$$Q = \frac{CIA}{3,6}$$

Dimana :

I = $\frac{R_{24}}{24}\left(\frac{24}{tc}\right)^{2/3}$

Tc = $\frac{L}{V}$

V = 72 x $\left(\frac{H}{L}\right)^{0,6}$

Q = debit pengaliran (m^3/dt)

C = koefisien *run off*

I = intensitas hujan (mm/jam)

A = luas daerah pengaliran (km^2)

R_{24} = curah hujan (mm)

tc = waktu konsentrasi (jam)

L = panjang sungai (km)

V = kecepatan perjalanan banjir (km/jam)

H = beda tinggi antara titik terjauh DPS dan titik peninjauan (m)

2.3.3 Kedalaman Penggerusan

Untuk menentukan kedalaman penggerusan digunakan formula *Lacey* :

$$\text{Untuk } L < W \rightarrow d = H \text{ x } \left(\frac{L}{W}\right) 0,6$$

$$\text{Untuk } L > W \rightarrow d = 0,473 \text{ x } \left(\frac{Q}{f}\right)^{0,333}$$

Dimana :

L = bentang jembatan (m)

W = lebar alur sungai (m)

d = kedalaman gerusan normal dari muka air banjir maksimum

H = tinggi banjir rencana

Q = debit maksimum (m^3/dt)

f = faktor lempung

Tabel faktor *Lacey* yang diambil dari DPU Bina Marga Propinsi Jawa Tengah adalah sebagai berikut :

Tabel 2.3 Faktor Lempung *Lacey*

Tipe Material	Diameter (m)	Faktor (f)
Lanau sangat halus (*very fine silt*)	0,052	0,4
Lanau halus (*fine silt*)	0,12	0,8
Lanau sedang (*medium silt*)	0,233	0,85
Lanau (*standart silt*)	0,322	1,0
Pasir (*medium sand*)	0,505	1,25
Pasir kasar (*coarse sand*)	0,725	1,5
Kerikil (*heavy sand*)	0,29	2,0

Sedangkan kedalaman penggerusan berdasarkan tabel yang diambil dari DPU Bina Marga Propinsi Jawa Tengah adalah sebagai berikut :

Tabel 2.4 Kedalaman Penggerusan

Kondisi Alam	Penggerusan Maksimal
Aliran lurus	1,27 d
Aliran belok	1,5 d
Aliran belok tajam	1,75 d
Belokan sudut lurus	2 d
Hidung pilar	2 d

2.4 Aspek Tanah

Aspek tanah sangat menentukan terutama dalam penentuan jenis pondasi yang digunakan, kedalaman serta dimensinya. Selain itu juga untuk menentukan jenis perkuatan tanah dan kestabilan tanah.

2.4.1 Aspek Tanah dengan Pondasi

Tanah harus mampu untuk menahan pondasi serta beban-beban yang dilimpaskan ke pondasi tersebut. Dalam hubungan dengan perencanaan pondasi, besaran-besaran tanah yang harus diperhitungkan adalah daya dukung tanah dan kedalaman tanah keras.

Daya dukung tanah diperlukan untuk mengetahui kemampuan tanah menahan beban di atasnya. Perhitungan daya dukung didapatkan melalui serangkaian proses matematis. Daya dukung tanah yang telah diperhitungkan harus lebih besar dari beban ultimate yang telah diperhitungkan terhadap faktor keamanannya.

Kedalaman tanah keras diperoleh dari serangkaian tes, antara lain tes sondir dan tes bor. Dari kedua tes tersebut, dapat diketahui dalamnya tanah keras, yang selanjutnya digunakan untuk menentukan jenis pondasi yang digunakan.

2.4.2 Aspek Tanah dengan Abutment

Dalam perencanaan abutment jembatan data-data tanah yang dibutuhkan berupa data-data sudut geser, kohesi dan berat jenis tanah yang digunakan untuk menghitung tekanan tanah horizontal juga gaya akibat berat tanah yang bekerja pada abutment, serta daya dukung tanah yang merupakan reaksi tanah dalam menyalurkan beban dari abutment.

- Tekanan tanah dihitung dari data *soil properties* yang ada. Dalam menentukan tekanan tanah yang bekerja dapat ditentukan dengan cara analitis/grafis.
- Gaya berat dari tanah ditentukan dengan menghitung volume tanah diatas abutment dikalikan dengan berat jenis dari tanah itu sendiri.

2.4.3 Aspek Tanah dengan Dinding Penahan

Pada prinsipnya, secara umum aspek tanah dalam dinding penahan tanah untuk menghitung tekanan tanah baik aktif/pasif adalah sama dengan aspek tanah pada abutment.

2.4.4 Aspek Tanah dengan Oprit

Oprit adalah bangunan penghubung berupa jalan antara jalan utama dengan jembatan. Oprit tersebut terdiri dari beberapa lapisan yaitu *base course*, *subbase course* dan *surface course* dimana dalam tiap lapisan ketebalannya ditentukan dari nilai *California Bearing Ratio (CBR).*

2.5 Aspek Geometrik

Perencanaan geometrik merupakan bagian dari perencanaan jembatan yang dititik beratkan pada pengaturan tata letak jembatan sehingga menghasilkan jembatan yang aman, efisiensi pelayanan arus lalu lintas dan memaksimalkan ratio tingkat penggunaan/biaya pelaksanan. Elemen dari aspek geometrik adalah sebagai berikut :

2.5.1 Alinyemen Vertikal

Rumus yang digunakan :

$$A = g1 - g2 = \ldots\ldots \%$$

$$Ev = \frac{AxLv}{800}$$

Dimana :

A = beda kelandaian

g = kelandaian

Ev = elevasi lengkung vertikal

Lv = panjang lengkung vertikal

1. Pandangan Bebas Vertikal Cekung
   - Untuk lengkung vertikal cekung dengan dengan jarak penyinaran lampu depan < L

$$L = \frac{AS^2}{150 + 3{,}5S}$$

   - Untuk lengkung vertikal cekung dengan jarak penyinaran lampu depan > L

$$L = 2S - \frac{150 + 3{,}5\,S}{A}$$

2. Pandangan Bebas Vertikal Cembung
   - Untuk jarak pandangan berada seluruhnya dalam daerah lengkung (S < L)

$$L = \frac{AS^2}{100\,(\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2})^2}$$

   - Untuk jarak pandangan berada di luar dan di dalam daerah lengkung (S > L)

$$L = 2S - \frac{200\,\left(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}\right)^2}{A}$$

Dimana :

L = panjang lengkung vertikal

S = jarak pandangan

h_1 = tinggi mata

h_2 = tinggi benda

2.5.2 Alinyemen Horisontal

Dalam perencanaan lengkung horisontal, lokasi juga merupakan salah satu pertimbangan. Alinyemen pada jalan harus diatur sedemikian rupa sehingga tidak hanya untuk memenuhi kebutuhan teknik semata, tetapi juga cukup bagi lalu lintas daripada pemakai jalan. Pertimbangan teknik dasar yang dimaksud di atas adalah :

a. Penyesuaian kondisi topografi dan geografi daerah sekitarnya.
b. Kemantapan alinyemen.
c. Koordinasi antara alinyemen vertikal dan alinyemen horisontal.

d. Keamanan dan kenyamanan bagi pengemudi, penumpang dan pejalan kaki.
e. Keterbatasan-keterbatasan pada pelaksanaan pembangunan.
f. Kemungkinan peningkatan pembangunan pada masa yang akan datang juga harus dipertimbangkan seperti peningkatan perkerasan, perbaikan alinyemen vertikal maupun alinyemen horisontal.

2.6 Aspek Konstruksi

2.6.1 Pembebanan Struktur

Pedoman pembebanan untuk perencanaan jembatan jalan raya merupakan dasar dalam menetukan beban-beban dan gaya-gaya untuk perhitungan tegangan-tegangan yang terjadi pada setiap bagian jembatan jalan raya. Penggunaan pedoman dimaksudkan untuk mencapai perencanaan ekonomis sesuai dengan kondisi setempat, tingkat keperluan, kemampuan pelaksanaan dan syarat teknis lainnya, sehingga proses perncanaan menjadi efektif.

Pedoman pembebanan untuk perencanaan jalan raya meliputi data-data beban primer, beban sekunder dan beban khusus serta persyaratan perencanaan untuk penyebaran beban, kombinasi pembebanan, syarat ruang bebas dan penggunaan beban hidup tidak penuh.

Beban-beban yang bekerja pada suatu jembatan berdasarkan Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya SKBI – 1.3.28.1994 UDC : 624.042 : 642.21, antara lain :

A. Beban Primer

Beban primer adalah beban yang merupakan beban utama dalam perhitungan tegangan pada setiap perencanaan jembatan.

1. Beban Mati

Beban mati adalah semua beban yang berasal dari berat sendiri jembatan atau bagian jembatan yang ditinjau, termasuk segala unsur tambahan yang dianggap merupakan satu kesatuan tetap dengannya.

2. Beban Hidup

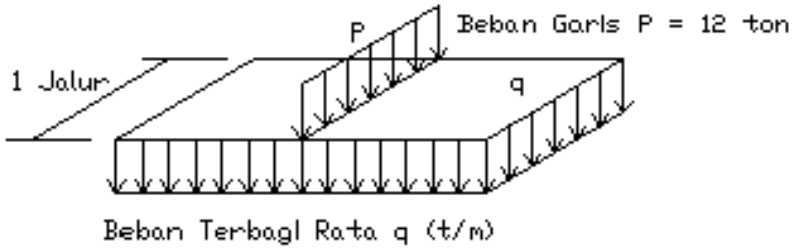
Beban hidup adalah semua beban yang berasal dari berat kendaraan-kendaraan bergerak/lalu lintas dan/atau pejalan kaki yang dianggap bekerja pada jembatan. Beban hidup pada jembatan yang harus ditinjau dinyatakan dalam dua macam, yaitu beban ”T” yang merupakan beban terpusat untuk lantai kendaraan dan beban ”D” yang merupakan beban jalur untuk gelagar.

- Beban ”T”

  Beban ”T” adalah beban yang merupakan kendaraan truk yang mempunyai beban roda ganda (*dual wheel load*) sebesar 10 ton.

- Beban ”D”

  Untuk perhitungan kekkauatan gelagar-gelagar harus digunakan beban ”D”. Beban ”D” atau beban lajur adalah sususan beban pada setiap jalur lalu lintas yang terdiri dari beban terbagi rata sebesar ”q” ton per meter panjang per jalur, dan beban garis ”P” ton per jalur lalu lintas tersebut. Beban ”D” adalah seperti tertera pada Gambar 2.1 berikut.



Gambar 2.1 Beban “D”

Besar q ditentukan sebagai berikut :

q = 2,2 t/m’ …….....untuk L< 30 m

q = 2,2 t/m’ – 1,1/60 x (L – 30) t/m’……..….. untuk 30m < L < 60 m

q = 1,1 (1 + 30/L) t/m’ ……..……...untuk L > 60 m

dimana :

L = panjang dalam meter, ditentukan oleh tipe konstruksi jembatan.

t/m’ = ton per meter panjang, per jalur.

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

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

- Beban pada Trotoar, Kerb dan Sandaran

  Konstrukasi trotoar harus diperhitungkan terhadap beban hidup sebesar 500 kg/m^2. Dalam perhitungan kekuatan gelagar karena pengaruh beban hidup pada trotoar, diperhitungkan beban sebesar 60% beban hidup pada trotoar.

  Kerb yang terdapat pada tepi-tepi lantai kendaraan harus diperhitungkan untuk menahan satu beban hrisontal ke arah melintang jembatan sebesar 500 kg/m’ yang bekerja pada puncak kerb yang bersangkutan atau pada tinggi 25 cm di atas permukaan lantai kendaraan apabila kerb yang bersangkutan lebih tinggi dari 25 cm.

  Tiang-tiang sandaran pada setiap tepi trotoar harus diperhitungkan untuk dapat menahan beban horizontal sebesar 100 kg/m’, yang bekerja pada tinggi 90 cm di atas lantai trotoar.

3. Beban Kejut

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

$$K = 1 + 20 / (50 + L)$$

Dimana :

K = koefisien kejut

L = panjang bentang dalam meter

Koefisien kejut tidak diperhitungkan terhadap bangunan bawah apabila bangunan bawah dan bangunan atas tidak merupakan satu kesatuan.

4. Gaya akibat Tekanan Tanah

Bagian bangunan jembatan yang menahan tanah harus direncanakan dapat menahan tekanan tanah sesuai dengan umus-rumus yang ada.

B. Beban Sekunder

Beban sekunder adalah bebna yang merupakan beban sementara yang selalu diperhitungkan dalam perhitungan tegangan pada setiap perencanaan jembatan.

1. Beban Angin

Peengaruh beban angin sebesar 150 kg/m2 pada jembatan ditinjau berdasarkan bekerjanya beban angin horisomtal terbagi rata pada bidang vertikal jembatan, dalam arah tegak lurus sumbu memanjang jembatan. Jumlah luas bidang vertikal bangunan atas jembatan yang dianggap terkena oleh angin ditetapkan sebesar suatu prosentase tertentu terhadap luas bagian-bagian sisi jembatan dan luas bidang vertikal beban hidup.

Bidang vertikal beban hidup ditetapkan sebagai suatu permukaan bidang vertikal yang mempunyai tinggi menerus sebesar 2 (dua) meter diatas lantai kendaraan.

Dalam menghitung jumlah luas bagian-bagian sisi jembatan yang terkena angin dapat digunakan ketentuan sebagai berikut :

- Untuk jembatan gelagar penuh diambil sebesar 100% luaas bidang sisi jembatan yang langsung terkena angin, ditambah 50% luas bidang sisi lainnya.
- Untuk jembatan rangka diambil sebesar 30% luas bidang sisi jembatan yang langsung terkena angin, ditambah 15% luas bidang sisi-sisi lainnya.

2. Gaya akibat Perbedaan Suhu.

Peninjauan diadakan terhadap timbulnya tegangan-tegangan struktural karena adanya perubahan bentuk akibat perbedaan suhu antara bagian-bagian jembatan baik yang menggunakan bahan yang sama maupun bahan yang berbeda. Perbedaan suhu ditetapkan sesuai dengan data perkembangan suhu setempat. Pada umumnya pengaruh perbedaan suhu tersebut dapat di hitung dengan mengambil perbedaan suhu untuk :

- Bangunan baja : - Perbedaan suhu maksimum-minimum = 30^o C
  - Perbedaan suhu antara bagian-bagian jembatan = 15^o C
- Bangunan Beton : - Perbedaan suhu maksimum-minimum = 15^o C
  - Perbedaan suhu antara bagian-bagian jembatan < 10^o C, tergantung dimensi penampang.

3. Gaya Rangkak dan Susut

Pengaruh rangkak dan susut bahan beton terhadap konstruksi, harus di tinjau. Besarnya pengaruh tersebut apabila tidak ada ketentuan lain, dapat dianggap senilai dengan gaya yang timbul akibat turunnya suhu sebesar 15^o C.

4. 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. Gaya rem tersebut dianggap bekerja horisontal dalam arah sumbu jembatan dengan titik tangkap setinggi 1,80 meter diatas permukaaan lantai kendaraan.

5. Gaya akibat Gempa Bumi

Jembatan yang akan dibangun pada daerah-daerah dimana diperkirakan terjadi pengaruh-pengaruh gempa bumi, harus direncanakan dengan menghitung

pengaruh-pengaruh gempa bumi tersebut sesuai dengan “Buku Petunjuk Perencanaan Tahan Gempa Untuk Jembatan Jalan Raya 1986”.

6. Gaya akibat Gesekan pada Tumpuan-Tumpuan Bergerak

Jembatan harus pula ditinjau terhadap gaya yang timbul akibat gesekan pada tumpuan bergerak, karena adanya pemuaian dan penyusutan dari jembatan akibat perbedaaan suhu atau akibat-akibat lain. Gaya gesek yang timbul hanya ditinjau akibat beban mati saja, sedang besarnya ditentukan berdasarkan koefisien gesek pada tumpuan yang bersangkutan.

C. Beban Khusus

Beban khusus adalah beban yang merupakan beban-beban khusus untuk perhitungan tegangan pada perencanaan jembatan.

1. Beban dan Gaya selama Pelaksaaan

Gaya-gaya khusus yang mungkin timbul dalam masa pelaksaaan pembangunan jembatan, harus ditinjau dan besarnya dihitung sesuai dengan cara pelaksanaan pekerjaan yang digunakan.

2. Gaya akibat Aliran Air dan Tumbukan Benda-Benda Hanyutan.

Semua pilar dan bagian-bagian lain dari bangunan jembatan yang mengalami gaya-gaya aliran air, harus diperhitungkan dapat menahan tegangan-tegangan maksimum akibat gaya-gaya tersebut. Gaya tekanan aliran air adalah hasil perkalian tekanan air dengan luas bidang pengaruh pada suatu pilar, yang dihitung dengan rumus :

$$Ah = k \times Va^2$$

Dimana :

Ah = tekanan aliran air (ton/m^2)

Va = kecepatan aliraan air yang dihitung berdasarkan analisa hidrologi (m/dt), bila tidak ditentukan lain maka : Va = 3 m/dt.

k = koefisien aliran yang tergantung bentuk pilar yang dapat diambil menurut tabel berikut.

Tabel 2.5 Koefisien Aliran (k)

Bentuk depan pilar	k
Persegi (tidak disarankan)	0,075
Bersudut ≤ 30 derajat	0,025
bundar	0,035

Sumber : PPJJR tahun 1994

3. Gaya Angkat

Bagian-bagian dasar bangunan bawah pada rencana pondasi langsung atau pondasi terapung harus diperhitungkan terhadap gaya angkat yang mungkin terjadi.

D. Kombinasi Pembebanan

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

Tabel 2.6 Kombinasi Pembebanan dan Gaya

Kombinasi Pembebanan dan Gaya	Tegangan Yang Digunakan Dalam Prosen Terhadap Tegangan Izin Keadaan Elastis
I. M + (H +K) + Ta + Tu	100%
II. M + Ta + Ah + Gg + A + SR +Tm	125%
III. Komb. (I) + Rm + Gg + A + SR + Tm + S	140%
IV. M + Gh + Tag + Gg + Ahg + Tu	150%
V. M + Pl	130%
VI. M + (H + K) + Ta + S Tb	150%

Sumber : PPJJR Tahun 1994

Dimana :

A	=	beban angin
Ah	=	gaya akibat aliran dan hanyutan
Ahg	=	gaya akibat aliran dan hanyutan pada waktu gempa
Gg	=	gaya gesek pada tumpuan bergerak
Gh	=	gaya horisontal ekivalen akibat gempa bumi
(H+K)	=	beban hidup dengan kejut
M	=	beban mati
Pl	=	gaya-gaya pada waktu pelaksanaan
Rm	=	gaya rem
S	=	gaya sentrifugal
SR	=	gaya akibat susut dan rangkak
Tm	=	gaya akibat perubahan suhu
Ta	=	gaya tekanan tanah
Tag	=	gaya tekanan tanah akibat gempa bumi
Tb	=	gaya tumbuk
Tu	=	gaya angkat

2.6.2 Struktur Atas (*Upper Structure/Super Structure*)

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

A. Sandaran

Sandaran berfungsi sebagai pagar pengaman bagi para penggunan jasa jalan. Selain itu sandaran juga berfungsi untuk menambah nilai estetika.

Konstruksi sandaran terdiri dari :

- Tiang sandaran (*Rail Post*), biasanya dibuat dari beton bertulang untuk jembatan girder beton, sedangkan untuk jembatan rangka tiang sandaran menyatu dengan struktur rangka tersebut.
- Sandaran (*Hand Rail*), biasanya dari pipa besi, kayu dan beton bertulang.

Tiang-tiang sandaran pada setiap tepi trotoir harus diperhitungkan untuk dapat menahan beban horisontal sebesar 100 kg/m, yang bekerja pada tinggi 90 cm di atas lantai trotoir.

B. Trotoir

Konstruksi trotoir direncanakan sebagai pelat beton yang diletakkan pada lantai jembatan bagian samping yang diasumsikan sebagai pelat yang tertumpu sederhana pada pelat jalan. Konstruksi trotoir harus diperhitungkan terhadap beban mati berupa berat sendiri trotoir dan beban hidup sebesar 500 kg/m^2. Dalam perhitungan kekuatan gelagar karena pengaruh beban hidup pada trotoir, diperhitungkan beban sebesar 60% beban hidup trotoir.

C. Pelat Lantai

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

- Beban mati berupa berat sendiri pelat, berat perkerasan dan berat air hujan.
- Beban hidup berupa muatan “T”

Perhitungan untuk penulangan pelat lantai jembatan pada prinsipnya sama dengan penulangan pada trotoir.

D. Gelagar Jembatan

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

- Beban mati berupa berat sendiri gelagar dan beban-beban yang bekerja di atasnya (pelat lantai jembatan, perkerasan dan air hujan)
- Beban hidup berupa beban ”D” atau beban lajur.

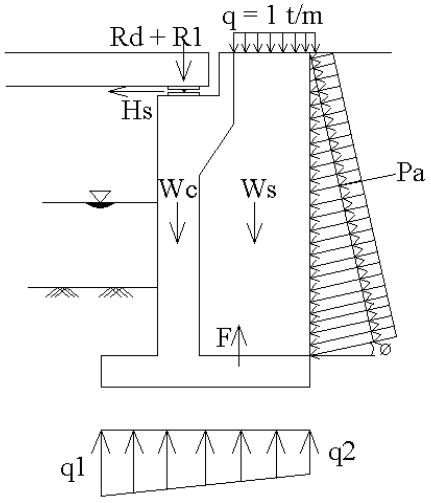
2.5.3 Struktur Bawah (*Substructure*)

Yang termasuk struktur bawah dari suatu jembatan antara lain abutment dan pondasi.

A. Abutment (Pangkal Jembatan)

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

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



Gambar 2.2 Gaya-Gaya yang Bekerja pada Abutment

Dimana :

Rd	=	beban mati akibat bangunan atas (t/m)
R1	=	beban hidup akibat bangunan bawah (t/m)
q	=	beban pembebanan (1 t/m)
Hs	=	gaya horizontal akibat beban sekunder (t/m)
Wc	=	beban mati akibat berat sendiri abutment (t/m)
Ws	=	beban mati akibat berat tanah timbunan (t/m)
Pa	=	gaya tekanan tanah (t/m)
F	=	gaya angkat (t/m)
q1, q2	=	reaksi pada tanah dasar (t/m^2)

B. Pondasi

Pondasi menyalurkan beban-beban terpusat dari bangunan bawah ke dalam tanah pendukung dengan cara demikian rupa sehingga hasil tegangan dan gerakan tanah dapat dipikul oleh struktur keseluruhan. Berdasarkan hasil penyelidikan tanah, pada Jembatan Kuripan, jenis pondasi yang digunakan adalah pondasi tiang pancang.

Daya dukung tiang individu didasarkan pada kekuatan bahan tiang dan daya dukung tanah.

- Kekuatan bahan tiang

$$Ptiang = \sigma \text{ bahan x A tiang}$$

Dimana :

σ	=	kuat tekan tiang pancang (kg/cm^2)
Atiang	=	luas penampang tiang pancang (cm^2)

- Daya dukung tanah

Perhitungan daya dukung tiang didasarkan pada rumus Boegemenn, yaitu :

$$Pall = \frac{qc \text{ x } A}{3} + \frac{K \text{ x } tf}{5}$$

Dimana :

qc = nilai conus (kg/cm^2)

A = luas penampang tiang pancang (cm^2)

K = keliling tiang pancang (cm)

TF = *total friction* (kg/cm)

Sedangkan untuk mencari jumlah tiang pancang, digunakan rumus :

$$n = \frac{P}{Pall}$$

Untuk mencari daya dukung kelompok tiang pancang :

$$P\ max = \frac{\sum V}{n} \pm \frac{My \,.\, x\ max}{ny \,.\, \sum x^2} \pm \frac{Mx \,.\, y\ max}{nx \,.\, \sum y^2}$$

Dimana :

P max = daya dukung kelompok tiang pancang

V = jumlah beban vertikal pada kelompok tiang pancang

n = jumlah tiang pancang

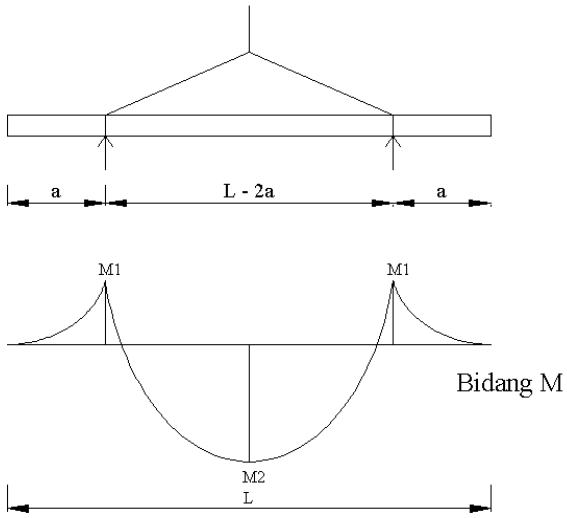
Mx, My = momen yang tegak lurus sumbu x, y

x max, y max = absis dan ordinat terjauh tiang pancang terhadap titik berat tiang pancang

nx, ny = jumlah tiang pancang dalam arah x, y

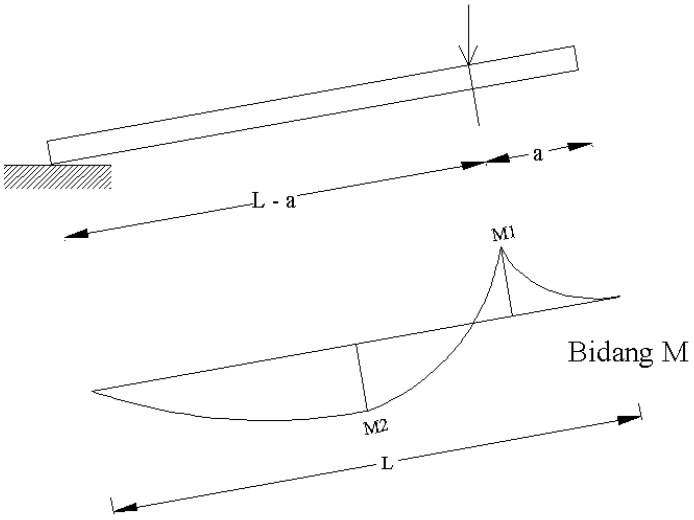
$\sum x^2, \sum y^2$ = jumlah kuadrat absis dan ordinat tiang pancang

1. Kondisi I



Gambar 2.3 Pengangkatan Tiang pancang Kondisi I

2. Kondisi II



Gambar 2.4 Pengangkatan Tiang Pancang Kondisi II