

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/superstructur*) 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, *pier* atau pilar jembatan dan pondasi. Selain itu, terdapat juga bangunan pelengkap seperti tembok samping, tembok muka, dinding penahan tanah, drainase jembatan dan lain-lain.

Dalam merencanakan suatu jembatan, ada beberapa aspek yang berpengaruh yang perlu ditinjau, yaitu :

- Aspek Topografi
- Aspek lalu lintas
- Aspek hidrologi
- Aspek tanah
- Aspek konstruksi jembatan
- Aspek pendukung lain

2.2 ASPEK TOPOGRAFI

Topografi berarti kondisi permukaan tanah yang dihitung dari permukaan air laut. Aspek topografi pada perencanaan jembatan digunakan untuk menentukan posisi jembatan, dengan tetap memperhatikan :

- Alinyemen jalan yang ada (terletak pada ruas jalan yang lurus)
- Perlintasan aliran sungai dengan rencana pengembangannya
- Potensi gerusan, hambatan, dan ruang bebas

- Stabilitas lingkungan (stabilitas lereng)
- Persyaratan pemeliharaan
- Aksi seismic.

2.3 ASPEK LALU LINTAS

Aspek lalu lintas pada perencanaan jembatan berguna untuk menentukan lebar jembatan, dari analisa dan perhitungan aspek lalu lintas, diharapkan bangunan jembatan dapat memberikan tingkat pelayanan yang maksimum terhadap arus lalu lintas dan pejalan kaki yang lewat. Perhitungan lalu lintas yang dipakai untuk “Perencanaan Jembatan Kali Kuto Kabupaten Kendal” ini berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) tahun 1997 tentang jalan luar kota dan Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota tahun 1997.

2.3.1 Komposisi Lalu Lintas

Kapasitas dan kinerja ruas jalan luar kota dipengaruhi oleh komponen – komponen lalu lintas diantaranya sebagai berikut :

- Kendaraan Ringan (LV), kendaraan bermotor roda empat dengan jarak gandar 2,0 – 3,0 meter (termasuk kendaraan penumpang, oplet, mikro bis, pick up dan truk kecil).
- Kendaraan Berat Menengah (MHV), kendaraan bermotor dengan dua gandar dengan jarak 3,5 – 5,0 meter (termasuk bis kecil, truk dua as dengan enam roda).
- Truk Besar (LT), truk tiga gandar dan truk kombinasi dengan jarak antar gandar > 3,5 meter.
- Bis Besar (LB), bis dengan dua atau tiga gandar dengan as 5,0 – 6,0 meter.
- Sepeda Motor (MC), sepeda motor dengan dua atau tiga roda.

Nilai ekivalensi mobil penumpang untuk masing – masing tipe kendaraan tergantung pada tipe jalan, tipe alinyemen dan tipe arus lalu lintas yang dinyatakan dalam kendaraan / jam.

2.3.2 LHRT Dan LHR

Perhitungan jumlah arus kendaraan yang lewat dinyatakan dalam LHRT (Lalu Lintas Harian Rata – Rata Tahunan) dan LHR (Lalu Lintas Harian Rata – Rata).

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

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

LHRT dan LHR dinyatakan dalam satuan Smp/hari (Satuan Mobil Penumpang/hari) terhadap jumlah lajur yang ditinjau.

2.3.3 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

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 :

$$\text{LHR}_n = \text{LHR}_0 \times (1 + i)^n$$

$$i = 100 \% \times \sqrt[n]{\text{LHR}_n / \text{LHR}_0} - 1 \rightarrow (\%)$$

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

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

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

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.

2.3.4 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 2.1 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

2.3.5 Kapasitas

Yaitu kemampuan untuk melewatkan arus lalu lintas tiap satuan jam yang dinyatakan dalam Smp/jam.

$$C = C_0 \times FC_W \times FC_{SP} \times FC_{SF}$$

Dimana :

C = kapasitas (smp/jam)

C₀ = 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

2.3.6 Menentukan Lajur

Dalam menentukan jumlah lajur digunakan rentang arus lalu lintas seperti pada tabel “Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota” tahun 1997, Direktorat Jendral Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum. Penentuan lebar jalur dan bahu jalan adalah sebagai berikut :

Tabel 2.2 Penentuan Lebar Jalur dan Bahu Jalan

| VLHR smp/ jam | ARTERI | | | | KOLEKTOR | | | | LOKAL | | | |
|---------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|
| | Ideal | | Minimum | | Ideal | | Minimum | | Ideal | | Minimum | |
| | Lebar Jalur (m) | Lebar Bahu (m) |
| <3000 | 6,0 | 1,5 | 4,5 | 1,0 | 6,0 | 1,5 | 4,5 | 1,0 | 6,0 | 1,0 | 4,0 | 1,0 |
| 3000- 10000 | 7,0 | 2,0 | 6,0 | 1,0 | 7,0 | 1,5 | 6,0 | 1,5 | 7,0 | 1,5 | 5,0 | 1,0 |
| 10000- 25000 | 7,0 | 2,0 | 7,0 | 2,0 | 7,0 | 2,0 | ** | ** | - | - | - | - |
| >25000 | 2x3,5 * | 2,5 | 2x2,0 * | 2,0 | 2x3,5 * | 2,0 | ** | ** | - | - | - | - |

Sumber : TCPGJAK Tahun 1997, hal 16

Keterangan :

- ** = mengacu pada persyaratan ideal
- * = 2 lajur terbagi, masing-masing n x 3,5 m, dimana n = jumlah lajur/jalur
- = tidak ditentukan

2.3.7 Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan adalah rasio arus terhadap kapasitas, digunakan untuk menentukan 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)

2.4 ASPEK HIDROLOGI

Data-data hidrologi yang diperlukan dalam merencanakan suatu jembatan antara lain adalah sebagai berikut ;

1. Peta topografi DAS
2. Peta situasi dimana jembatan akan dibangun
3. Data curah hujan dari stasiun pemantau terdekat
4. Data sungai

Data-data tersebut nantinya dibutuhkan untuk menentukan elevasi banjir tertinggi, kedalaman pengerusan (*scouring*) dan lain-lain. Dengan mengetahui hal tersebut kemudian dapat direncanakan :

1. *Clearence* jembatan dari muka air tertinggi
2. Bentang ekonomis jembatan
3. Penentuan struktur bagian bawah

Analisa dari data-data hidrologi yang tersedia meliputi :

2.4.1 Analisa Frekuensi Curah Hujan

Besarnya curah hujan suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) diperhitungkan dengan menggunakan metode *gumbell* yang menyebutkan bahwa data curah hujan suatu stasiun hujan dapat dipakai pada daerah pengaliran tersebut. terdekat.

$$X_{rata-rata} = \frac{\sum x}{n}$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X_{rata-rata})^2}{(n-1)}}$$

$$K_r = 0.78 \left\{ -\ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T_r} \right) \right] \right\} - 0.45^*$$

$$X_{tr} = R = X_{rata-rata} + (K_r * S_x)$$

Keterangan :

X_{rata2} = Curah hujan maksimum rata-rata selama tahun pengamatan (mm)

S_x = Standar deviasi

K_r = Faktor frekuensi *gumbell*

X_{tr} = Curah hujan untuk periode tahun

Berulang T_r (mm)

2.4.2 Analisa Banjir Rencana

Perhitungan banjir rencana ditinjau dengan cara Formula *Rational Mononobe* :

- Kecepatan Aliran V (m/dtk)

$$V = 72 * \left[\frac{H}{L} \right]^{0,6}$$

dimana ; V = Kecepatan aliran (m/dtk)

H = Selisih elevasi (m)

L = Panjang aliran (m)

- Time Concentration* TC

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

dimana ; TC = Waktu pengaliran (detik)

L = Panjang aliran (m)

V = Kecepatan aliran (m/dtk)

- Intensitas Hujan I

$$I = \frac{R}{24} * \left[\frac{24}{TC} \right]^{0,67}$$

dimana ; I = Intensitas hujan (mm/jam)

R = Curah hujan (mm)

- Debit Banjir Q (m^3)

$$Q_{tr} = C * I * A * 0,278$$

di mana ; Q_{tr} = Debit banjir rencana (m^3)

A = Luas DAS (km^2)

C = Koefisien *run off*

- Analisa Debit Penampang

$$Q = A * V \Rightarrow A = (B * mH) H$$

dimana ; Q_{tr} = Debit banjir (m^3)

m = Kemiringan lereng sungai

B = Lebar penampang sungai (m)

A = Luas penampang basah (m^2)

H = Tinggi banjir rencana (m)

- Bentang Jembatan

Bentang jembatan rencana diperoleh dengan :

B = Lebar Existing Sungai + 2 (bantaran sungai)

- Tinggi Jagaan (Freeboard)

Menurut Peraturan Pembebanan Jembatan dan Jalan Raya tahun 1987 tinggi jagaan (Freeboard) yang disyaratkan pada jembatan minimal 1,0 meter.

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

Tabel 2.3. Koefisien Limpasan (Run Off)

| No. | Kondisi Daerah dan Pengaliran | Koefisien Limpasan |
|-----|---|--------------------|
| 1 | Daerah pegunungan yang curam | 0,75 – 0,9 |
| 2 | Daerah pegunungan tersier | 0,7 – 0,8 |
| 3 | Tanah bergelombang dan hutan | 0,5 – 0,75 |
| 4 | Tanah dataran yang ditanami | 0,45 – 0,6 |
| 5 | Persawahan yang diairi | 0,7 – 0,8 |
| 6 | Sungai di daerah pegunungan | 0,75 – 0,85 |
| 7 | Sungai kecil di dataran | 0,45 – 0,75 |
| 8 | Sungai besar yang lebih dari setengah daerah pengalirannya terdiri dari dataran | 0,5 – 0,75 |

2.4.3 Analisa Kedalaman Penggerusan (*Scouring*)

Tinjauan mengenai kedalaman penggerusan ini memakai metode *lacey* di mana kedalaman penggerusan ini dipengaruhi oleh jenis material dasar sungai.

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

Tabel 2.4. Faktor Lempung Lacey

| No. | Type of Material | Diameter (mm) | Faktor (f) |
|-----|--|---------------|------------|
| 1 | Lanau sangat halus (<i>very fine silt</i>) | 0,052 | 0,4 |
| 2 | Lanau halus (<i>fine silt</i>) | 0,12 | 0,8 |
| 3 | Lanau sedang (<i>medium silt</i>) | 0,233 | 0,85 |
| 4 | Lanau (<i>standart silt</i>) | 0,322 | 1,0 |
| 5 | Pasir (<i>medium sand</i>) | 0,505 | 1,25 |
| 6 | Pasir kasar (<i>coarse sand</i>) | 0,725 | 1,5 |
| 7 | Kerikil (<i>heavy sand</i>) | 0,29 | 2,0 |

Kedalaman Penggerusan berdasarkan tabel yang diambil dari DPU Bina Marga Propinsi Jawa Tengah adalah sebagai berikut ;

Tabel 2.5 Kedalaman Penggerusan

| No | Kondisi Aliran | Penggerusan Max |
|----|---------------------|-----------------|
| 1 | Aliran lurus | 1,27d |
| 2 | Aliran belok | 1,5d |
| 3 | Aliran belok tajam | 1,75d |
| 4 | Belokan sudut lurus | 2d |
| 5 | Hidung pilar | 2d |

Formula *Lacey* :

Untuk

$$L < W \Rightarrow d = H * \left[\frac{L}{W} \right]^{0,6}$$

Untuk

$$L > W \Rightarrow d = 0,473 \left[\frac{Q}{f} \right]^{0,333}$$

Keterangan : L = Bentang jembatan

W = Lebar alur sungai

H = Tinggi banjir rencana

Q = Debit maksimum

F = Faktor lempung

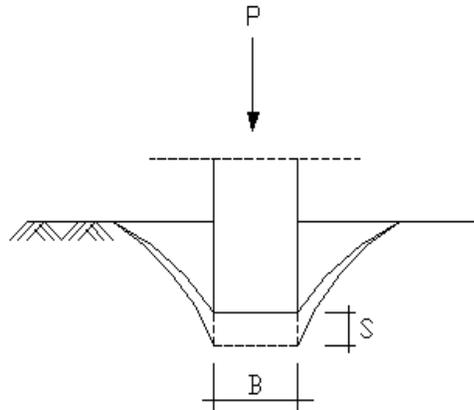
2.5 ASPEK TANAH

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.

Kemampuan tanah dasar dalam mendukung beban pondasi dipengaruhi oleh dua aspek penting, yaitu :

2.5.1 Perubahan Bentuk Tanah Dasar

Beban pondasi pada tanah dasar dapat mengakibatkan perubahan bentuk (deformasi) tanah pada segala arah (tiga dimensi), namun untuk menyederhanakan permasalahan ini hanya ditinjau deformasi satu dimensi pada arah vertikal, yaitu penurunan (*settlement*). Penurunan tanah yang cukup besar dan tidak merata dapat menyebabkan terjadinya kegagalan struktur.



Gambar 2. 1 Mekanisme deformasi tanah dasar

keterangan :

- P = beban terpusat dari bangunan bawah (ton)
 B = lebar pondasi (meter)
 S = *settlement* (meter)

2.5.2 Kapasitas Dukung Tanah Dasar

Kapasitas dukung tanah dasar (*bearing capacity*) dipengaruhi oleh parameter $\varphi, c, \text{ dan } \gamma$. Besarnya kapasitas dukung tanah dasar untuk pondasi empat persegi panjang dapat dihitung dengan metode *Terzaghi*, yaitu :

$$q_{ult} = c \cdot N_c (1 + 0,3B/L) + \gamma \cdot D_f \cdot N_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot (1 - 0,2B/L)$$

dimana :

- q_{ult} = daya dukung ultimate tanah dasar (t/m^2)
 c = kohesi tanah dasar (t/m^2)
 γ = berat isi tanah dasar (t/m^3)
 B = lebar pondasi (meter)
 L = panjang pondasi (meter)
 D_f = kedalaman pondasi (meter)
 N_γ, N_q, N_c = faktor daya dukung *Terzaghi*

Tabel 2.6 Nilai-nilai daya dukung Terzaghi

| ϕ | Keruntuhan Geser Umum | | | Keruntuhan Geser Lokal | | |
|--------|-----------------------|-------|------------|------------------------|--------|-------------|
| | N_c | N_q | N_γ | N'_c | N'_q | N'_γ |
| 0 | 5,7 | 1,0 | 0,0 | 5,7 | 1,0 | 0,0 |
| 5 | 7,3 | 1,6 | 0,5 | 6,7 | 1,4 | 0,2 |
| 10 | 9,6 | 2,7 | 1,2 | 8,0 | 1,9 | 0,5 |
| 15 | 12,9 | 4,4 | 2,5 | 9,7 | 2,7 | 0,9 |
| 20 | 17,7 | 7,4 | 5,0 | 11,8 | 3,9 | 1,7 |
| 25 | 25,1 | 12,7 | 9,7 | 14,8 | 5,6 | 3,2 |
| 30 | 37,2 | 22,5 | 19,7 | 19,0 | 8,3 | 5,7 |
| 34 | 52,6 | 36,5 | 35,0 | 23,7 | 11,7 | 9,0 |
| 35 | 57,8 | 41,4 | 42,4 | 25,2 | 12,6 | 10,1 |
| 40 | 95,7 | 81,3 | 100,4 | 34,9 | 20,5 | 18,8 |
| 45 | 172,3 | 173,3 | 297,5 | 51,2 | 35,1 | 37,7 |
| 48 | 258,3 | 287,9 | 780,1 | 66,8 | 50,5 | 60,4 |
| 50 | 347,6 | 415,3 | 1153,2 | 81,3 | 65,6 | 87,1 |

2.6 Aspek Konstruksi

Tinjauan terhadap aspek konstruksi bertujuan untuk mendapatkan desain jembatan yang kuat, efektif dan efisien. Untuk itu diperlukan prosedur pemilihan bangunan atas jembatan, diantaranya :

1. Pada dasarnya jembatan beton bertulang digunakan
2. Jembatan beton bertulang tidak cocok digunakan untuk kondisi berikut :
 - Lokasi pembangunan tidak mendukung untuk pelaksanaan, pemasangan perancah, schedule pelaksanaan tidak memungkinkan
 - Bentang jembatan melebihi 20 meter
 - Tinggi pilar + 1/3 kedalaman pondasi melebihi 15,0 meter
 - Daya Dukung tanah mono-aksial dipermukaan $q_u < 0,50$ meter
3. Untuk bentang > 30 meter dianjurkan menggunakan beton prategang
4. Untuk bentang 30,0 – 60,0 meter dianjurkan menggunakan baja komposit
5. Untuk bentang jembatan 60 meter atau lebih menggunakan jembatan rangka
6. Untuk bentang lain dapat dipilih secara bebas = tinggi pilar + 1/3 kedalaman pondasi.

2.6.1 Pembebanan Jembatan

Perhitungan pembebanan yang bekerja pada jembatan menggunakan Pedoman pembebanan untuk perencanaan jembatan jalan raya 1987, merupakan dasar dalam menentukan beban-beban dan gaya-gaya untuk perhitungan tegangan – tegangan yang terjadi pada setiap bagian – 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 perencanaan menjadi efektif.

Beban – beban yang bekerja pada suatu jembatan berdasarkan Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya antara lain :

1. Beban Primer

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

a. 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.

b. Beban Hidup

Beban hidup adalah semua beban yang berasal dari berat kendaraan – kendaraan bergerak / lalu lintas / 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.

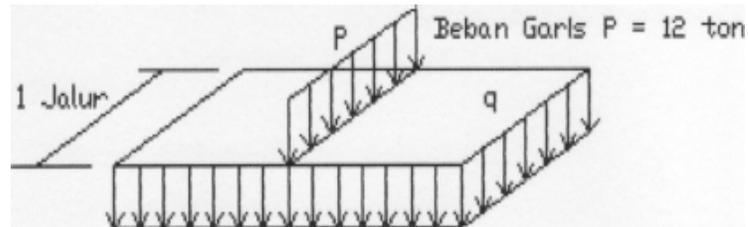
- Beban “ T “

Beban “ T “ adalah beban yang merupakan kendaraan truck yang mempunyai beban roda ganda (*dual wheel load*) sebesar 10 ton

- Beban “ D “

Untuk perhitungan kekuatan gelagar harus digunakan beban “ D “. Beban “ D “ atau beban lajur adalah susunan beban pada setiap jalur lalu lintas yang terdiri dari beban terbagi rata sebesar “ q “ ton per meter panjang per

jalur, dan beban garis “ P “ ton per jalur lalu lintas tersebut. Beban “ D “ adalah seperti tertera pada gambar 2.1 berikut :



Beban Terbagi Rata q (t/m)

Gambar 2.2 Beban “ D “

Besar q ditentukan sebagai berikut :

$q = 2,2 \text{ t/m'}$ untuk $L < 30 \text{ m}$

$q = 2,2 \text{ t/m'}$ - $1,1/60 \times (L - 30) \text{ t/m'}$untuk $30\text{m} < L < 60 \text{ m}$

$q = 1.1 (1 + 30/L) \text{ t/m'}$ untuk $L > 60 \text{ m}$

dimana :

L = panjang dalam meter

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 hanya separuh beban "D" (50%).
- Beban pada Trotoar, Kerb dan Sandaran, konstruksi 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.

c. 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.

d. Gaya akibat Tekanan Tanah

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

2. Beban Sekunder

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

a. Beban Angin

Pengaruh beban angin sebesar 150 kg/m² pada jembatan ditinjau berdasarkan bekerjanya beban angin horisontal 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% luas 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.

b. 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. Untuk bangunan baja perbedaan suhu maksimum sampai minimum adalah 30°C sedangkan perbedaan suhu antara bagian-bagian jembatan adalah 15°C .

c. 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 permukaan lantai kendaraan.

d. 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".

e. 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 perbedaan 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.

3. Beban Khusus

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

a. Beban dan Gaya selama Pelaksanaan

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

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

Sernua 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/m²)

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

K = koefisien aliran yang tergantung bentuk pilar yang dapat diambil menurut tabel berikut:

Tabel 2.7 Koefisien Aliran (k)

| Bentuk depan pilar | k |
|----------------------------|-------|
| Persegi (tidak disarankan) | 0,075 |
| Bersudut 5 30 derajat | 0,025 |
| bundar | 0,035 |

Sumber : PPJIR tahun 1987

c. Gaya Angkat

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

4. Kombinasi Pembebanan

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

Tabel 2.8 Kombinasi Pembebanan dan Gaya

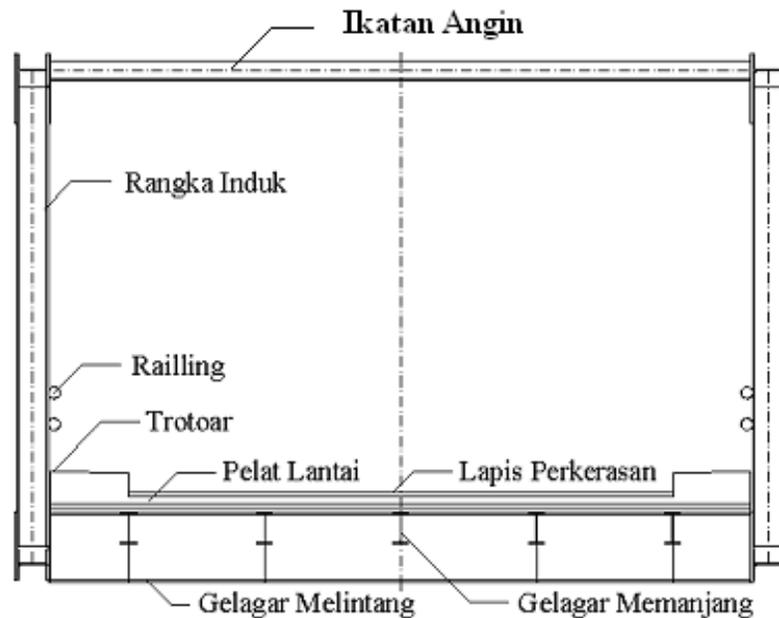
| Kombinasi Pembebanan dan Gaya | Tegangan Yang Digunakan Dalam Prosen Terhadap Tegangan Izin Keadaan Elastis |
|---|---|
| I. $M + (H + K) + T_a + T_u$ | 100% |
| II. $M + T_a + A_h + G_g + A + SR + T_m$ | 125% |
| III. $Komb. (I) + R_m + G_g + A + SR + T_m + S$ | 140% |
| IV. $M + G_h + T_a g + G_g + A_h g + T_u$ | 150% |
| V. $M + PI$ | 130% |
| VI. $M + (H + K) + T_a + ST_b$ | 150% |

Sumber : PPJIR Tcaham 1987

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 kejutan
- M = beban mati
- P_i = gaya-gaya pada waktu pelaksanaan
- R_m = gaya rem
- S = gaya sentrifugal
- SR = gaya akibat susut dan rangkakan
- T_m = gaya akibat perubahan suhu
- T_a = gaya tekanan tanah
- Tag = gaya tekanan tanah akibat gempa bumi
- T_b = gaya tumbuk
- Tu = gaya angkat

2.6.2 Struktur Atas

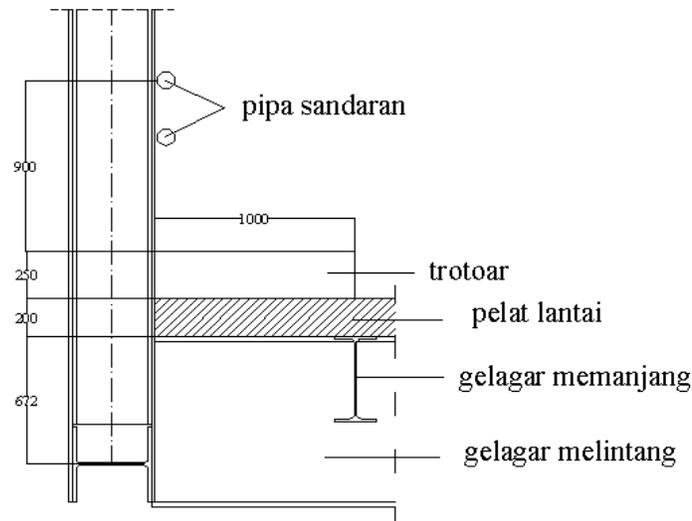


Gambar 2.3 Penampang Melintang Jembatan

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. Perhitungan struktur atas menggunakan Peraturan Pembebanan Jembatan Jalan Raya 1987. Dalam perencanaan bangunan atas suatu jembatan, untuk mengurangi kerumitan analisisnya, peraturan mengizinkan penggunaan cara yang disederhanakan jika pembatasan peraturan tersebut memenuhi. Cara sederhana ini meliputi :

- Respon terhadap beban mati, seluruh atau sebagian bangunan atas jembatan dianggap sebagai balok untuk perhitungan momen dan geser memanjang.
- Respon terhadap beban lalu lintas, mempertimbangkan beban lajur “D” tersebar pada seluruh lebar balok dengan intensitas 100% dan penyebaran beban truk tunggal “T” pada balok memanjang sesuai dengan faktor yang berlaku.

a. Sandaran



Gambar 2.4 Sandaran pada Jembatan Rangka Baja

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

Konstruksi sandaran terdiri dari :

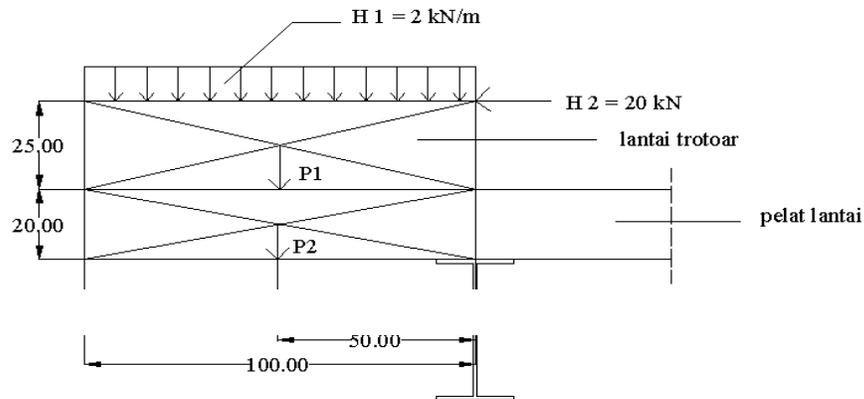
- Tiang sandaran (*Rail Post*), biasanya dibuat dari beton bertulang untuk jembatan girder beton, sedangkan untuk jembatan rangka tiang sandaran menyatu dengan struktur rangka tersebut.
- Sandaran (*Hand Rail*), biasanya dari pipa besi, kayu dan beton bertulang.

Sandaran pada jembatan rangka baja terbuat dari baja profil bulat.

Menurut Pedoman Pernacanaan Pembebanan Jembatan dan Jalan Raya 1987 :

”Tiang – tiang sandaran pada tiap tepi trotoar harus diperhitungkan untuk dapat menahan beban horizontal sebesar 100 kg/m’ yang bekerja pada tinggi 90 cm diatas lantai trotoar”.

b. Trotoar



Gambar 2.5 Trotoar

Fungsi utama trotoar adalah memberikan layanan yang optimal bagi pejalan kaki baik dari segi keamanan maupun kenyamanan. Berdasarkan PPJJR 1987 : Konstruksi trotoar harus diperhitungkan terhadap beban hidup (q) = 500 kg/m^2 , Kerb yang terdapat pada tepi – tepi lantai kendaraan diperhitungkan untuk dapat menahan beban satu horizontal ke arah melintang jembatan sebesar (P) = 500 kg/m^2 yang bekerja pada puncak kerb yang bersangkutan atau pada tinggi 25 cm diatas permukaan lantai kendaraan apabila kerb lebih tinggi dari 25 cm.

Berdasar *Manual Assembly And Erection Of Permanent Standard Truss Span Volume 2/A – Bridges*, Direktorat jenderal Bina Marga tinggi plat lantai trotoar = 25 cm, dengan lebar = 100 cm.

c. Pelat Lantai

Pelat lantai kendaraan berfungsi sebagai penahan lapisan perkerasan, pelat lantai kendaraan diasumsikan sebagai pelat yang ditumpu pada keempat sisinya (oleh gelagar memanjang dan gelagar melintang). Pembebanan pada pelat lantai meliputi :

- Beban mati, meliputi berat sendiri pelat, berat perkerasan, dan berat air hujan.
- Beban hidup, yang dinyatakan dalam beban “ T “

Berdasar *Manual Assembly And Erection Of Permanent Standard Truss Span Volume 2/A Bridges*, Direktorat Jenderal Bina Marga, tebal pelat lantai kendaraan 20 cm, dengan tebal perkerasan = 5 cm.

d. Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan pada perencanaan jembatan yaitu pada oprit jembatan sebagai jalan pendekat yang merupakan bagian penting pada proses perencanaan jalan, yang berfungsi :

- Menyebarkan beban lalu lintas di atasnya ke tanah dasar.
- Melindungi tanah dasar dari rembesan air hujan.
- Mendapatkan kenyamanan dalam perjalanan.

Salah satu jenis perkerasan jalan adalah perkerasan lentur (*flexible pavement*). Perkerasan lentur adalah perkerasan yang umumnya menggunakan bahan campuran beraspal sebagai lapis permukaan serta bahan berbutir sebagai lapis bawahnya.

Dalam perencanaan perkerasan jalan ini digunakan metode Analisa Komponen berdasarkan Standart Konstruksi Bangunan Indonesia (SKBI) No. 2.3.26.1987, yaitu sebagai berikut :

a. Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR)

LHR setiap jenis kendaraan ditentukan sesuai dengan umur rencana.

b. Lintas Ekuivalen Permukaan (LEP)

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

Dimana :

n = umur rencana

C_j = koefisien distribusi kendaraan

E_j = angka ekuivalen beban sumbu gandar (MST 10 Ton)

j = jenis kendaraan

c. Lintas Ekuivalen Akhir (LEA)

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

Dimana :

i = pertumbuhan lalu lintas

d. Lintas Ekuivalen Tengah (LET)

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

e. Lintas Ekuivalen Rencana (LER)

$$\text{LER} = \text{LET} \times \text{FP}$$

Dimana :

$$\text{FP} = \text{UR} / 10$$

FP = faktor penyesuaian

UR = umur rencana

f. Indek Tebal Perkerasan (ITP)

$$\text{ITP} = (a_1 \times D_1) + (a_2 \times D_2) + (a_3 \times D_3)$$

Dimana :

a_1, a_2, a_3 = koefisien kekuatan relatif bahan perkerasan

D_1, D_2, D_3 = tebal masing-masing perkerasan

e. Gelagar Memanjang

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

- Beban mati

Beban mati terdiri dari berat sendiri gelagar dan beban-beban yang bekerja di atasnya (pelat lantai jembatan, perkerasan, dan air hujan)

- Beban hidup

Beban hidup pada gelagar jembatan dinyatakan dengan beban “D” atau beban jalur, yang terdiri dari beban terbagi rata “q” ton per meter panjang per jalur, dan beban garis “P” ton per jalur lalu lintas tersebut.

Berdasar *Manual For Assembly And Erection Of Permanent Standard Truss Span Volume 2/A Bridges*, Direktorat Jenderal bina Marga, tebal pelat lantai kendaraan = 20 cm, dengan tebal perkerasan = 5 cm, sesuai dari desain Kontruksi Baja Indonesia (KBI).

f. Gelagar Melintang

Pembebanan pada gelagar melintang meliputi :

a. Beban Mati

Terdiri dari berat sendiri gelagar dan beban yang bekerja di atasnya (gelagar memanjang, pelat lantai jembatan, perkerasan, dan air hujan).

b. Beban Hidup

Beban hidup pada gelagar jembatan dinyatakan dengan beban “D” atau beban jalur, yang terdiri dari beban terbagi rata “q” ton per meter panjang per jalur lalu lintas tersebut.

Pada jembatan rangka baja, elemen struktur komposit terbentuk melalui kerjasama antara gelagar melintang dengan pelat beton. Factor penting dalam struktur komposit adalah lekatan antara gelagar melintang dengan pelat beton harus tetap ada. Untuk menjaga agar lekatan ini tetap ada, perlu adanya penghubung geser (shear connector) yang berfungsi untuk menahan gaya geser yang terjadi pada bidang pertemuan antara pelat beton dengan gelagar melintang. Pemakaian dek baja dibawah pelat beton berfungsi sebagai cetakan tetap dan untuk menahan momen positif yang terjadi pada pelat beton. Pemasangan dek baja sejajar dengan gelagar melintang.

a. Kondisi Pre Komposit

Kondisi pre komposit adalah kondisi dimana pelat beton belum mengeras dan beban hidup belum bekerja

b. Kondisi Post Komposit

Kondisi pre komposit adalah kondisi dimana pelat beton telah mengeras dan beban hidup telah bekerja

Baik gelagar memanjang maupun melintang harus ditinjau terhadap kontrol kekuatan dan kontrol kekakuan.

Kontrol Kekuatan :

$$\sigma = \frac{M}{W}$$

dimana : M = momen

W = momen Tahanan

Kontrol Kekakuan :

$$\delta = \frac{L}{500} < \delta \quad \text{dimana :} \quad L = \text{panjang bentang}$$

$$\delta = \frac{5ML^2}{48EI} \quad \text{dimana :} \quad E = \text{modulus elastisitas bahan}$$

$$I = \text{momen inersia}$$

Selain itu penampang komposit jembatan juga harus dikontrol terhadap kekuatan dan kekakuan.

Kontrol Kekuatan :

$$\sigma = \frac{MxY_c}{I_x n} \quad \text{dimana :} \quad Y_c = \text{Yserat atas + tebal plat}$$

$$n = \text{modulus ratio}$$

Kontrol Kekakuan :

$$\delta = \frac{L}{500} < \delta$$

$$\delta = \frac{5}{384} \times \frac{MxL^2}{EI} + \frac{1}{48} \times \frac{PxL^2}{EI}$$

2.6.1 Struktur Bawah (*Sub Structure*)

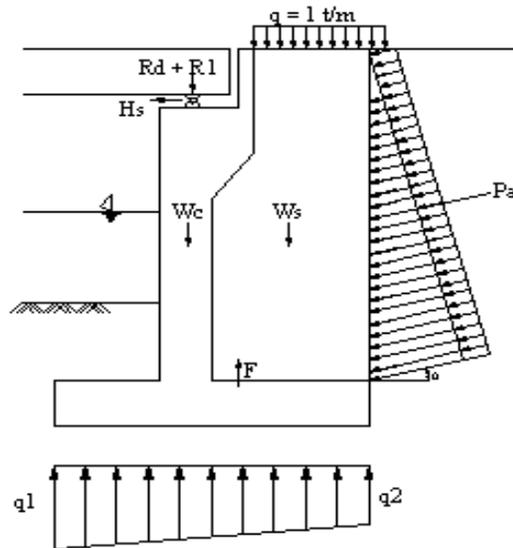
Bangunan bawah merupakan bagian jembatan yang menerima beban dari bangunan atas ditambah tekanan tanah dan gaya tumbukan dari perlintasan di bawah jembatan, yang kemudian menyalurkannya ke tanah dasar. Struktur bawah jembatan meliputi :

2.6.1.1 Pangkal Jembatan (*Abutment*)

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

- Beban mati akibat bangunan atas (gelagar jembatan, pelat lantai jembatan, trotoir, sandaran, perkerasan, dan air hujan)

- Beban mati akibat bangunan bawah (berat sendiri *abutment*, berat tanah timbunan, dan gaya akibat tekanan tanah)
- Beban hidup akibat bangunan atas (beban “T”, beban “D”, dan beban hidup pada trotoir)
- Beban sekunder (gaya rem, gaya gempa, dan gaya gesekan akibat tumpuan yang bergerak)



Gambar 2.6 Gaya-gaya yang bekerja pada abutment

keterangan :

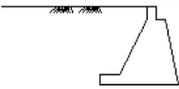
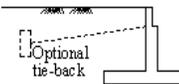
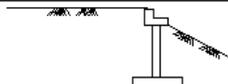
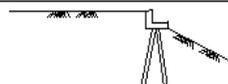
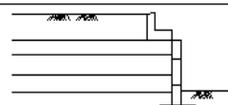
- R_l = beban hidup akibat bangunan atas (t/m)
 R_d = beban mati akibat bangunan atas (t/m)
 H_s = gaya horisontal akibat beban sekunder (t/m)
 q = beban pembebanan (1 t/m²)
 P_a = gaya tekanan tanah (t/m)
 W_c = beban mati akibat berat sendiri *abutment* (t/m)
 W_s = beban mati akibat berat tanah timbunan (t/m)
 F = gaya angkat (t/m)
 q_1, q_2 = reaksi pada tanah dasar (t/m²)

Abutment/pangkal jembatan dapat diasumsikan sebagai dinding penahan tanah, yang berfungsi menyalurkan gaya vertikal dan horizontal dari bangunan atas ke pondasi dengan fungsi tambahan untuk mengadakan peralihan tumpuan dari oprit ke bangunan atas jembatan, terdapat tiga jenis :

- Pangkal tembok penahan
Timbunan jalan tertahan dalam batas-batas pangkal dengan tembok penahan yang didukung oleh pondasi
- Pangkal kolom *spill- through*
Timbunan diijinkan berada dan melalui portal pangkal 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.
- Pangkal tanah bertulang
Ini adalah sistem paten yang memperkuat timbunan agar menjadi bagian pangkal

Tipe – tipe abutment dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.9 Jenis Pangkal

| JENIS PANGKAL | TINGGI PANGKAL | TINGGI PANGKAL | | | |
|--|----------------|----------------|----|----|----|
| | | 0 | 10 | 20 | 30 |
| PANGKAL TEMBOK PENAHAN GRAVITASI  | | 3 | 4 | | |
| PANGKAL TEMBOK PENAHAN KANTILEVER  | | 8 | | | |
| PANGKAL TEMBOK PENAHAN KONTRAPORT  | | 6 | 8 | | |
| PANGKAL KOLOM "SPIL-THROUGH"  | | | | | |
| PANGKAL BALOK CAP TIANG SEDERHANA  | | | | | |
| PANGKAL TANAH BERTULANG  | | 5 | 15 | | |

Sumber : *Bridge Management System Tahun 1992, hal 3-2*

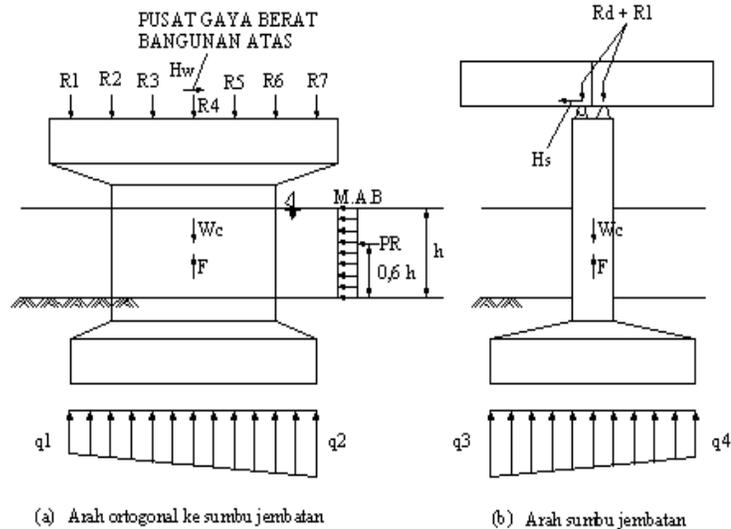
Dalam hal ini perhitungan abutment meliputi :

- Menentukan bentuk dan dimensi rencana penampang abutment serta mutu beton serta tulangan yang diperlukan.
- Menentukan pembebanan yang terjadi pada abutment :
- Menghitung momen, gaya normal dan gaya geser yang terjadi akibat kombinasi dari beban-beban yang bekerja.
- Mencari dimensi tulangan dan cek apakah abutment cukup memadai untuk menahan gaya-gaya tersebut.
- Tinjau kestabilan terhadap *sliding* dan bidang runtuh tanah.
- Tinjau terhadap *settlement* (penurunan tanah).

2.6.1.2 Pilar Jembatan (*Pier*)

Pilar jembatan berfungsi untuk menyalurkan gaya-gaya vertikal dan horisontal dari bangunan atas pada pondasi. Konstruksi pilar harus mampu mendukung beban-beban :

- Beban mati akibat bangunan atas (gelagar jembatan, pelat lantai jembatan, trotoir, sandaran, perkerasan, dan air hujan)
- Beban mati akibat bangunan bawah (berat sendiri pilar jembatan)
- Beban hidup akibat bangunan atas (beban “T”, beban “D”, dan beban hidup pada trotoir)
- Beban sekunder (gaya rem, gaya gempa, gaya akibat aliran air dan tumbukan benda-benda hanyutan)



Gambar 2.7 Gaya-gaya yang bekerja pada pilar jembatan

keterangan :

(a) Arah ortogonal ke sumbu jembatan

R_1-R_7 : reaksi balok utama (akibat beban hidup dan beban mati dari bangunan atas) (t)

W_c : beban mati akibat berat sendiri pilar (t)

PR : gaya sekunder akibat tekanan air pada pilar (t)

F : gaya angkat keatas (t)

q_1, q_2 : reaksi tanah (t/m^2)

(b) Arah sumbu jembatan

R_d : beban mati akibat kerja bangunan atas (t)

R_l : beban hidup akibat kerja bangunan atas (t)

H_s : gaya horisontal akibat beban sekunder (t)

q_3, q_4 : reaksi tanah (t/m^2)

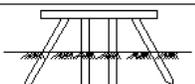
Pilar terdiri dari bagian-bagian antara lain :

- Kepala pilar
- Kolom pilar
- *Pile cap*

Dalam mendesain pilar dilakukan dengan urutan sebagai berikut :

- Menentukan bentuk dan dimensi rencana penampang pilar serta mutu beton serta tulangan yang diperlukan.
- Menentukan pembebanan yang terjadi pada pilar.
- Menghitung momen, gaya normal dan gaya geser yang terjadi akibat kombinasi dari beban-beban yang bekerja.

Tabel 2.10 Jenis Pangkal Tipikal

| JENIS PILAR | | TINGGI TIPIKAL (m) | | | |
|--|---|--------------------|----|----|----|
| | | 0 | 10 | 20 | 30 |
| PILAR BALOK CAP TIANG SEDERHANA Dua baris tiang adalah umumnya minimal |  | | | | |
| PILAR KOLOM TUNGGAL Dianjurkan kolom sirkular pada aliran arus |  | 5 | 15 | | |
| PILAR TEMBOK Ujung bundar dan alinyemen tembok sesuai arah aliran membantu mengurangi gaya aliran dan gerusan lokal |  | 5 | | 25 | |
| PILAR PORTAL BATU TINGKAT (KOLOM GANDA ATAU MAJEMUK) Dianjurkan kolom sirkular pada aliran arus Pemisahan kolom dengan 20 atau lebih membantu kelancaran aliran arus |  | 5 | 15 | | |
| PILAR PORTAL DUA TINGKAT |  | | 15 | 25 | |
| PILAR TEMBOK- PENAMPANG I Penampang ini mempunyai karakteristik tidak baik terhadap aliran arus dan dianjurkan untuk penggunaan di darat |  | | | 25 | |

Sumber : *Bridge Management System Tahun 1992, hal 3-1*

2.6.1.3 Pondasi

Alternatif tipe pondasi yang dapat digunakan untuk perencanaan jembatan antara lain :

- **Pondasi Telapak/Langsung**

Pondasi telapak digunakan jika lapisan tanah keras (lapisan tanah yang dianggap baik mendukung beban) terletak tidak jauh (dangkal) dari muka tanah. Dalam perencanaan jembatan pada sungai yang masih aktif, pondasi telapak tidak dianjurkan mengingat untuk menjaga kemungkinan terjadinya pergeseran akibat gerusan.

- **Pondasi Sumuran**

Pondasi sumuran digunakan untuk kedalaman tanah keras antara 2-5 m. pondasi sumuran di buat dengan cara menggali tanah berbentuk lingkaran berdiameter > 80 m. penggalian secara manual dan mudah dilaksanakan. Kemudian lubang galian diisi dengan beton siklop (1pc : 2 ps : 3 kr) atau beton bertulang jika dianggap perlu. Pada ujung pondasi sumuran dipasang poer untuk menerima dan meneruskan beban ke pondasi secara merata.

- **Pondasi *Bored Pile***

Pondasi bored pile merupakan jenis pondasi tiang yang dicor di tempat, yang sebelumnya dilakukan pengeboran dan penggalian. Sangat cocok digunakan pada tempat-tempat yang padat oleh bangunan-bangunan, karena tidak terlalu bising dan getarannya tidak menimbulkan dampak negative terhadap bangunan di sekelilingnya.

- **Pondasi Tiang Pancang**

Pondasi tiang pancang umumnya digunakan jika lapisan tanah keras/lapisan pendukung beban berada jauh dari dasar sungai dan kedalamannya $> 8,00$ m.

Perencanaan pondasi ditinjau terhadap pembebanan vertikal dan lateral, dimana berdasarkan data tanah diketahui bahwa lapisan tanah keras berada pada lapisan dalam. Pondasi dalam (*bored pile* dan tiang pancang) digunakan bila lapisan tanah dasar pondasi yang mampu mendukung beban yang dilimpahkan terletak cukup dalam.

2.7 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 pelaksanaan. Elemen dari aspek geometrik adalah sebagai berikut :

2.7.1 Alinyemen Vertikal

Rumus yang digunakan :

$$A = g_1 - g_2 = \dots \%$$

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

Dimana :

A = beda kelandaian

g = kelandaian

E_v = elevasi lengkung vertikal

L_v = panjang lengkung vertikal

A. 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 $> L$

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

B. 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 ($S > L$)

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

Dimana :

L = panjang lengkung vertikal

S = jarak pandangan

h_1 = tinggi mata

h_2 = tinggi benda

2.7.2 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 pengguna jalan 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.

2.8 ASPEK PENDUKUNG

Dalam perencanaan suatu jembatan, ada beberapa aspek pendukung yang perlu diperhatikan, antara lain :

2.8.1 Pelaksanaan dan Pemeliharaan

Aspek pelaksanaan dan pemeliharaan merupakan faktor yang sangat penting yang perlu dipertimbangkan pada saat merencanakan jembatan. Pada dasarnya waktu pelaksanaan semakin cepat dengan mutu yang tetap baik, dengan biaya yang paling murah adalah sasaran dari perencanaan. Artinya pemilihan struktur, teknik pelaksanaan, pemilihan tenaga dan peralatan konstruksi menjadi sangat menentukan. Demikian juga aspek pemeliharaan perlu menjadi pertimbangan.

2.8.2 Aspek Ekonomi

Bangunan atas dan bawah jembatan secara struktural harus stabil dan secara ekonomis harus dapat dipertanggungjawabkan, sehingga dalam perencanaan struktur jembatan hal ini merupakan hal yang sangat dominan.