

## **BAB II**

### **PERATURAN PEMBEBANAN**

#### **2.1 Umum**

Jalan Tol Solo-Kertosono merupakan bagian dari Jalan Tol Trans Jawa yang melewati Jawa Tengah dan Jawa Timur. Jalan Tol ini menghubungkan Jalan Tol Semarang-Solo dan Jalan Tol Kertosono-Mojokerto menuju Surabaya yang telah dirancang dan direncanakan dengan memperhitungkan berbagai macam aspek salah satu diantaranya yang merupakan hal terpenting ialah pembebanan pada jembatan jalan raya. Peraturan tentang pembebanan jembatan jalan raya di Indonesia telah dikemas dalam Peraturan Pembebanan Jembatan Jalan Raya tahun 1987 (PPPJJR-1987). Secara umum beban-beban yang dihitung dalam merencanakan jembatan dibagi atas dua yaitu beban primer dan beban sekunder. beban primer adalah beban utama dalam perhitungan tegangan untuk setiap perencanaan jembatan, sedangkan beban sekunder adalah beban sementara yang mengakibatkan tegangan-tegangan yang relatif kecil daripada tegangan akibat beban primer dan biasanya tergantung dari bentang, bahan, sistem konstruksi, tipe jembatan dan keadaan setempat. beban primer jembatan mencakup beban mati, beban hidup dan beban kejut. sedangkan beban sekunder terdiri dari beban angin, gaya rem, dan gaya akibat perbedaan suhu.

### 2.1.1 Bangunan Bawah (*Sub Structure*)

Bangunan bawah jembatan adalah bagian konstruksi jembatan yang menahan beban dari bangunan atas jembatan dan menyalurkannya ke pondasi yang kemudian disalurkan menuju tanah dasar. Ditinjau dari konstruksinya, struktur bawah jembatan terdiri dari:

- Pondasi

Pondasi jembatan merupakan konstruksi jembatan yang terletak paling bawah dan berfungsi menerima beban dan meneruskannya ke lapisan tanah keras yang diperhitungkan cukup kuat menahannya.

- *Abutment*

*Abutment* adalah suatu konstruksi jembatan yang terdapat pada ujung – ujung jembatan yang berfungsi sebagai penahan beban dari bangunan atas dan meneruskannya ke pondasi.

- Pilar

Pilar adalah salah satu konstruksi bangunan bawah jembatan yang terletak diantara dua *abutment* yang juga berfungsi sebagai penahan beban bangunan atas dan meneruskannya ke pondasi.

### 2.1.2 Bangunan Atas (*Upper Structure*)

Bangunan atas jembatan (*Upper Structure*) adalah bagian konstruksi jembatan yang berfungsi menahan beban-beban hidup (bergerak) yang bekerja pada konstruksi bagian atas ditimbulkan oleh arus lalu lintas orang dan kendaraan maupun lalu lintas lainnya. Konstruksi bagian atas terdiri dari:

- Lantai Kendaraan Beton Bertulang

Lantai kendaraan adalah seluruh lebar jembatan yang digunakan sebagai jalur lalu lintas. Bahan untuk membuat lantai jembatan dapat dibuat dari beberapa jenis salah satunya beton bertulang. Bahan konstruksi lantai jembatan yang sering digunakan di Indonesia adalah lantai beton bertulang. Hal ini ditinjau dari sudut pelaksanaan dan pemeliharannya lebih mudah, lebih murah, dan lebih kuat serta tingkat keawetannya lebih lama dibandingkan dengan lantai dari kayu.

- Balok Girder (Gelagar Memanjang)

Balok girder atau gelagar memanjang adalah bagian struktur atas yang berfungsi sebagai pendukung lantai kendaraan dan beban lalu lintas yang kemudian meneruskannya ke struktur bawah (tumpuan/andas).

- Diafragma (Gelagar Melintang)

Diafragma atau gelagar melintang adalah pengaku atau pengikat balok girder dan berfungsi untuk mencegah timbulnya *lateral buckling* pada gelagar dan meratakan beban yang diterima oleh gelagar memanjang (balok utama). Gelagar melintang biasanya diletakkan pada pertemuan antara batang diagonal satu dengan lainnya (buhul) di bagian bawah pada jembatan rangka baja.

- **Bangunan Pelengkap**

Bangunan pelengkap pada jembatan adalah bangunan yang dibangun dengan maksud untuk menambah keamanan konstruksi jembatan dan juga pejalan kaki. Bangunan pelengkap biasanya meliputi tiang sandaran (*railing*), saluran pembuang (*drainase*), lampu jembatan, *joint* (sambungan) dan lain-lain.

## **2.2 Pembebanan Jembatan**

Dasar teori merupakan materi yang didasarkan pada buku-buku referensi dengan tujuan memperkuat materi pembahasan, maupun sebagai dasar dalam Perencanaan Struktur Atas Jembatan Widas Proyek Jalan Tol Solo-Kertosono Ruas Saradan-Kertosono *Phase I* (STA. 150+700 s/d STA. 153+800), menggunakan rumus-rumus tertentu guna mendesain suatu struktur. Dalam sebagai pedoman perhitungan pembebanan, dipakai referensi Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya (PPPJJR) tahun 1987 yang diterbitkan oleh Departemen Pekerjaan Umum dan SNI 1725:2016 tentang Pembebanan Untuk Jembatan. Pedoman pembebanan meliputi beban primer dan beban sekunder.

### **2.2.1 Beban Primer**

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

- **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. Dalam menentukan besarnya beban mati, harus digunakan nilai berat isi untuk bahan-bahan bangunan seperti tersebut di bawah ini:

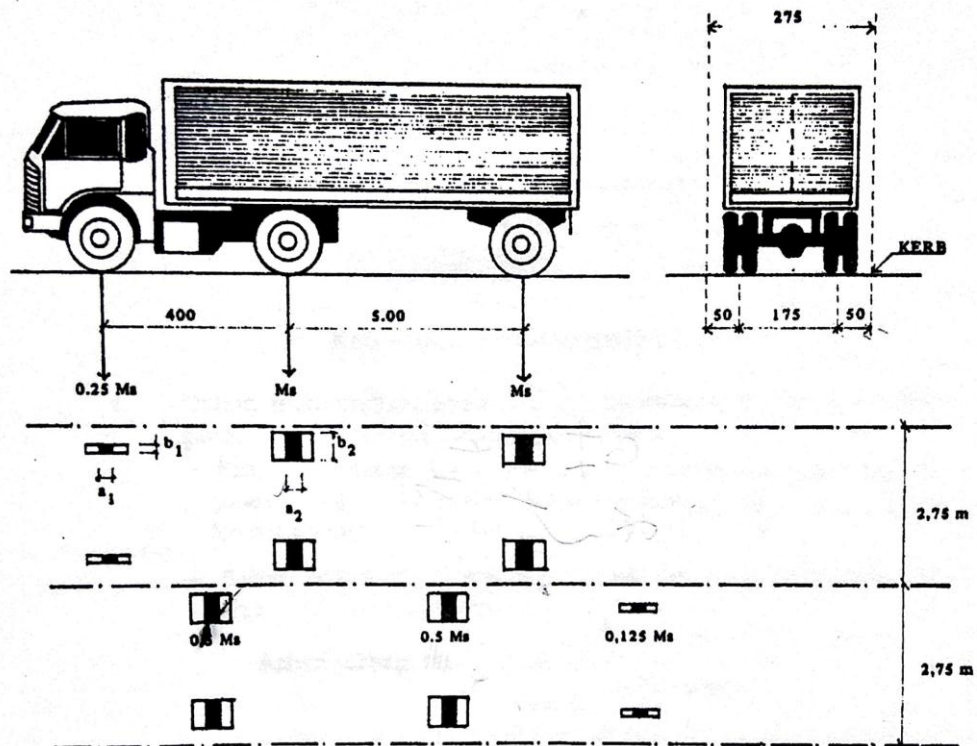
Baja Tuang .....	7,85 t/m <sup>3</sup>
Besi Tuang .....	7,25 t/m <sup>3</sup>
Alumunium Paduan .....	2,80 t/m <sup>3</sup>
Beton Bertulang/Pratekan .....	2,50 t/m <sup>3</sup>
Beton Biasa, Tumbuk, Siklop .....	2,20 t/m <sup>3</sup>
Pasangan Batu/Bata .....	2,00 t/m <sup>3</sup>
Kayu .....	1,00 t/m <sup>3</sup>
Tanah, Pasir, Kerikil .....	2,00 t/m <sup>3</sup>
Perkerasan Jalan Beraspal .....	2,00 – 2,50 t/m <sup>3</sup>
Air .....	1,00 t/m <sup>3</sup>

Untuk bahan-bahan yang belum disebut diatas, harus diperhitungkan berat isi yang sesungguhnya.

Apabila bahan bangunan setempat memberikan nilai berat isi yang jauh menyimpang dari nilai-nilai yang tercantum di atas, maka berat ini harus ditentukan tersendiri dan nilai yang didapat, setelah disetujui oleh orang yang berwenang, selanjutnya digunakan dalam perhitungan.

- **Beban Hidup (H)**

Beban hidup pada jembatan yang harus ditinjau dalam dua macam, yaitu beban “T” yang merupakan beban terpusat untuk lantai kendaraan dan beban “D” untuk jalur gelagar. Untuk perhitungan kekuatan lantai kendaraan atau sistem lantai kendaraan jematan, harus digunakan “T” seperti dijelaskan sebagai berikut: Beban “T” adalah beban yang merupakan kendaraan truk yang mempunyai beban roda ganda (*Dual wheel load*) sebesar 10 ton seperti pada gambar.



**Gambar 2.1** Jumlah Jalur Lalu Lintas

Sedangkan untuk memperhitungkan reaksi perletakan pada pangkal jembatan dan pilar perlu diperhatikan jumlah jalur lalu lintassesuai ketentuan sebagai berikut:

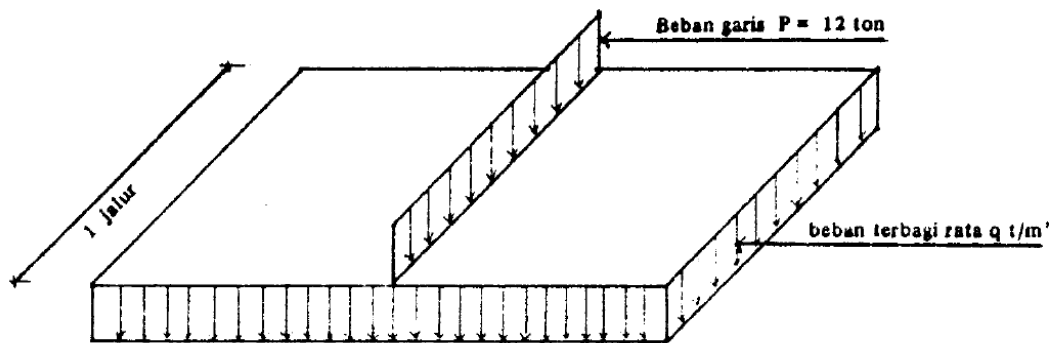
**Tabel 2.1** Jumlah Jalur Lalu Lintas

Lebar lantai kendaraan	Jumlah Jalur Lalu Lintas
5,50 sampai dengan 8,25 m.	2
Lebih dari 8,25 m sampai dengan 11,25 m	3
Lebih dari 11,25 m sampai dengan 15,00 m	4
Lebih dari 15,00 m sampai dengan 18,75 m	5
Lebih dari 18,75 m sampai dengan 32,50 m	6

Selain beban diatas dihitung pula beban pada trotoir, kerb, dan sandaran yang memiliki syarat diantaranya:

- Konstruksi trotoir harus diperhitungkan terhadap beban sebesar 500 kg/m<sup>2</sup>. Dalam perhitungan kekuatan gelagar karena pengaruh beban hidup pada trotoir, diperhitungkan beban sebesar 60% beban hidup trotoir.
- Kerb yang terdapat pada tepi-tepi lantai kendaraan harus diperhitungkan untuk dapat menahan satu beban horizontal ke arah melintang jembatan sebesar 500 kg/m<sup>2</sup> yang bekerja pada puncak kerb yang bersangkutan atau pada tinggi 25 cm diatas permukaan lantai kendaraan apabila kerb yang bersangkutan lebih tinggi dari 25 cm.
- Tiang-tiang sandaran pada setiap tepi trotoir harus diperhitungkan untuk dapat menahan beban horizontal sebesar 100 kg/m<sup>2</sup>, yang bekerja pada tinggi 90 cm diatas lantai trotoir.

Selain beban diatas beban hidup pada jembatan perlu ditinjau dari beban “D” yang merupakan beban jalur untuk gelagar. Untuk perhitungan kekuatan gelagar-gelagar harus digunakan beban “D”. Beban “D” atau beban jalur 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”.



**Gambar 2.2** Beban “D”

Besar “ $q$ ” ditentukan sebagai berikut:

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

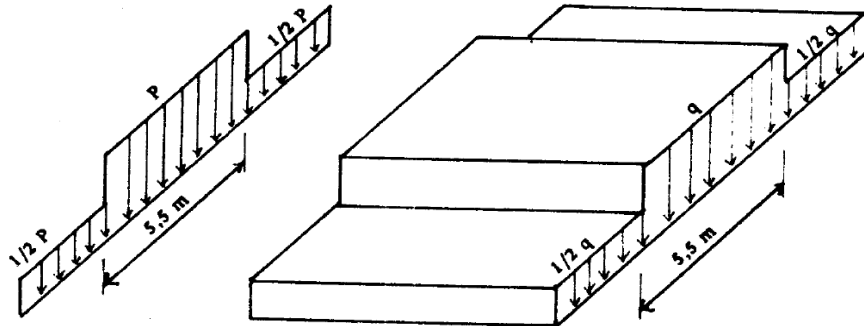
$$q = 2,2 \text{ t/m}' - 1,1/60 \times (L - 30) \text{ t/m}' \dots\dots\dots \text{ untuk } 30 \text{ m} < L < 60 \text{ m}$$

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

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

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





**Gambar 2.3** Ketentuan Penggunaan Beban “D”

Dalam menentukan beban hidup (beban terbagi rata dan beban garis) perlu diperhatikan ketentuan bahwa beban hidup per meter lebar jembatan menjadi sebagai berikut:

$$\text{Beban Terbagi Rata} = \frac{q \text{ ton/meter}}{2,75 \text{ meter}}$$

$$\text{Beban Terbagi Rata} = \frac{P \text{ ton}}{2,75 \text{ meter}}$$

Angka pembagi 2,75 meter diatas selalu tetap dan tidak tergantung pada lebar jalur lalu lintas.

Beban “D” tersebut harus ditempatkan sedemikian rupa sehingga menghasilkan pengaruh terbesar dengan pedoman sebagai berikut:

Dalam menghitung momen-momen maksimum akibat beban hidup (beban terbagi rata dan beban garis) pada gelagar menerus di atas beberapa perletakan digunakan ketentuan, yaitu: satu beban garis untuk momen positif menghasilkan pengaruh maksimum. Dua beban garis untuk momen negatif yang menghasilkan pengaruh maksimum. Beban terbagi rata di tempatkan pada beberapa

bentang/bagian bentang yang akan menghasilkan momen maksimum. Dalam menghitung momen maksimum positif akibat beban hidup pada gelagar dua perletakan digunakan beban terbagi rata sepanjang bentang gelagar dan satu beban garis.

Dalam menghitung reaksi perletakan pada pangkal jembatan dan pilar perlu diperhatikan jumlah jalur lalu lintas sesuai ketentuan. Dan untuk jumlah lalu lintas mulai 4 (empat) jalur atau lebih, beban “D” harus diperhitungkan dengan menganggap jumlah median sebagai berikut:

**Tabel 2.2** Jumlah Median Anggapan untuk Menghitung Reaksi Perletakan

Jumlah	Jumlah Median Anggapan
n = 4	1
n = 5	1
n = 6	1
n = 7	1
n = 8	3
n = 9	3
n = 10	3

- **Beban Kejut**

Untuk memperhitungkan pengaruh getaran-getaran dan pengaruh dinamis lainnya, tegangan-tegangan akan memberikan hasil maksimum sedangkan beban merata “q” dan beban “T” tidak dikalikan dengan koefisien kejut.

Koefisien kejut ditentukan dengan rumus:

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

Dimana:

K = Koefisien Kejut

L = Panjang bentang dalam keadaan meter, ditentukan oleh tipe konstruksi jembatan (keadaan statis) dan kedudukan muatan garis "P"

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

- **Gaya Akibat Tekanan Tanah**

Bagian bangunan jembatan yang menahan tanah harus direncanakan dapat menahan tekanan tanah sesuai rumus-rumus yang ada. Beban kendaraan dibelakang bangunan penahan tanah diperhitungkan senilai muatan tanah setinggi 60 cm. Jika dinding turap bergerak ke luar dari tanah urugan di belakangnya, maka tanah urugan akan bergerak longsor ke bawah dan menekan dinding penahannya. Tekanan tanah seperti ini disebut tekanan tanah aktif (*active earth pressure*), sedangkan nilai banding antara tekanan tanah horizontal dan vertikal yang terjadi di definisikan sebagai koefisien tekanan tanah aktif (*coefficient of active earth pressure*) atau **Ka**. Nilai Ka ini dirumuskan **Ka = tg<sup>2</sup> A = πr<sup>2</sup> (45°-Ø/2)**.

### 2.2.2 Beban Sekunder

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

Yang termasuk beban sekunder antara lain:

- **Beban Angin**

Pengaruh beban angin sebesar  $150 \text{ kg/m}^2$  pada jembatan ditinjau berdasarkan bekerjanya beban angin horizontal 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 meter di atas lantai kendaraan. Dalam menghitung jumlah luas bagian-bagian sisi jembatan yang terkena angin dapat digunakan ketentuan sebagai berikut:

- Keadaan tanpa Beban Hidup
  - 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.
- Keadaan dengan beban hidup
  - Untuk jembatan diambil sebesar 50% terhadap luas bidang.

- Untuk beban hidup diambil sebesar 100% luas bidang sisi yang langsung terkena angin.
- Jembatan menerus diatas lebih dari 2 perletakan.

Untuk perletakan tetap perlu diperhitungkan beban angin dalam arah longitudinal jembatan yang terjadi bersamaan dengan beban angin yang sama besar dalam arah lateral jembatan, dengan beban angin masing-masing sebesar 40% terhadap luas bidang menurut keadaan. Pada jembatan yang memerlukan perhitungan pengaruh angin yang teliti, harus diadakan penelitian khusus.

- **Gaya Akibat Perbedaan Suhu**

Peninjauan diadakan terhadap timbulnya tegangan-tegangan struktural karena adanya perubahan suhu akibat perbedaan suhu antara bagian-bagian jembatan baik yang menggunakan bahan yang sama maupun dengan bahan yang berbeda. Perbedaan suhu ditetapkan sesuai dengan data perkembangan suhu setempat.

Pada umumnya pengaruh perbedaan suhu tersebut dapat dihitung dengan mengambil perbedaan suhu untuk:

- Bangunan Baja : Perbedaan suhu maksimum/minimum =  $30^{\circ}\text{C}$

Perbedaan suhu antara bagian jembatan =  $15^{\circ}\text{C}$

- Bangunan Beton : Perbedaan suhu maksimum/minimum =  $15^{\circ}\text{C}$

Perbedaan suhu antara bagian jembatan <  $10^{\circ}\text{C}$

Untuk perhitungan tegangan-tegangan dan pergerakan pada jembatan/bagian-bagian jembatan/perletakan akibat perbedaan suhu dapat diambil nilai *Modulus Young* ( $E$ ) dan koefisien muai panjang ( $\mathcal{E}$ ).

**Tabel 2.3** *Modulus Young (E) dan koefisien muai panjang (ε)*

Jenis Bahan	$E$ ( $Kg/cm^2I$ )	$\epsilon$ per derajat Celcius
Baja	$2,1 \times 10^6$	$12 \times 10^{-6}$
Beton	2 sampai $4 \times 10^5$ *	$10 \times 10^{-6}$
Kayu: Sejajar Serat	$1,0 \times 10^5$ *	$5 \times 10^{-6}$
Tegak Lurus Serat	$1,0 \times 10^4$ *	$50 \times 10^{-6}$ *

\*) Tergantung pada mutu bahan

- **Gaya Rangkak dan Susut**

Pengaruh rangkak dan susut bahan beton terhadap konstruksi, harus ditinjau besarnya pengaruh tersebut apabila tidak ada ketentuan lain, dapat dianggap senilai dengan gaya yang timbul akibat turunnya suhu sebesar  $15^\circ C$ .

- **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 lajur lalu lintas yang ada, dan dalam satu jurusan. Gaya rem tersebut dianggap bekerja horizontal dalam arah sumbu jembatan dengan titik tangkap setinggi 1,80 meter diatas permukaan lantai kendaraan.

- **Gaya Akibat Gempa Bumi**

Jembatan-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”.

Pengaruh-pengaruh gempa bumi pada jembatan dihitung senilai dengan pengaruh suatu gaya gaya horizontal pada konstruksi akibat beban mati konstruksi/bagian konstruksi yang ditinjau dan perlu ditinjau pula gaya-gaya lain yang berpengaruh seperti gaya gesek pada perletakan, tekanan hidrodinamik akibat gempa, tekanan tanah akibat gempa dan gaya angkat apabila pondasi yang direncanakan merupakan pondasi terapung/pondasi langsung.

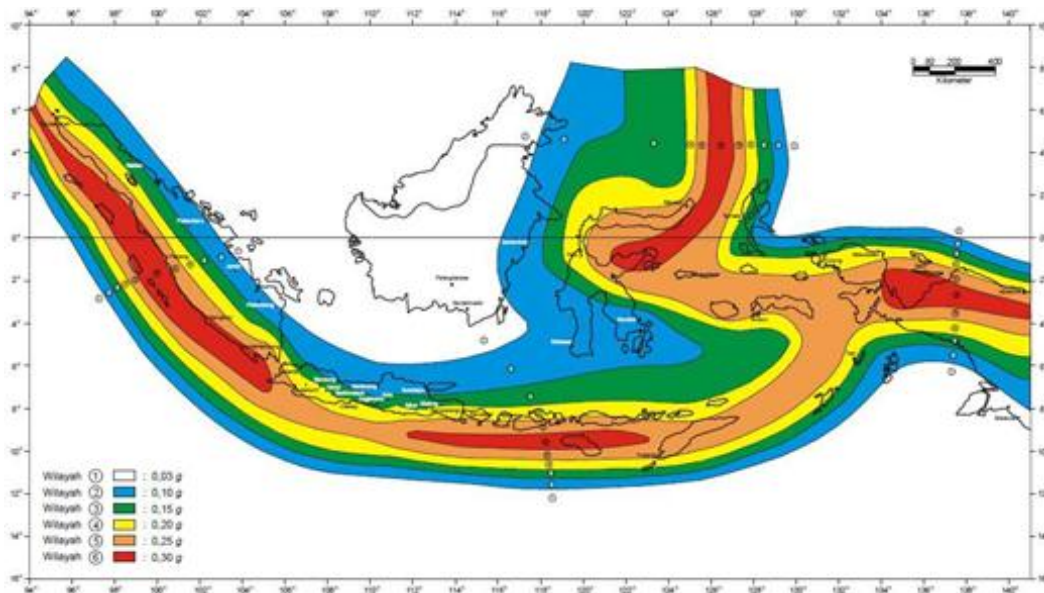
$$G_h = E \times G$$

Dimana:  $G_h$  = Gaya horizontal

$E$  = Muatan mati pada konstruksi (kN)

$G$  = Koefisien gempa

Nilai koefisien gempa ( $G$ ) di ambil dari peta pembagaian daerah gempa yang ada di Indonesia.



**Gambar 2.4** Lokasi Pembagian Daerah Gempa

- **Gaya Akibat Gesekan**

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 dengan nilai sebagai berikut:

- Tumpuan rol baja:
  - Dengan satu atau dua rol ..... 0,01
  - Dengan tiga atau lebih rol ..... 0,05
- Tumpuan gesekan:
  - Antara baja dengan campuran tembaga keras & baja ..... 0,15
  - Antara baja dengan baja atau besi tuang ..... 0,25
  - Antara karet dengan baja/beton.....0,15 sampai 0,18

Tumpuan-tumpuan khusus harus disesuaikan dengan persyaratan spesifikasi dari pabrik material yang bersangkutan atau didasarkan atas hasil percobaan dan mendapatkan persetujuan pihak berwenang.

### 2.2.3 Beban Khusus

- **Gaya Sentrifugal**

Konstruksi jembatan yang ada pada tikungan harus diperhitungkan terhadap suatu gaya horizontal radial yang dianggap bekerja pada tinggi 1,80 meter diatas lantai kendaraan. Gaya horizontal tersebut dinyatakan dalam proses terhadap beban “D” yang dianggap ada pada semua jalur lalu lintas tanpa dikalikan koefisien kejut. Besar nya prosentase tersebut dapat ditentukan dengan rumus:



$$K_s = 0,79 V^2 / R$$

Dimana :  $K_s$  = Koefisien gaya sentrifugal (prosen)

$V$  = Kecepatan rencana (km/jam)

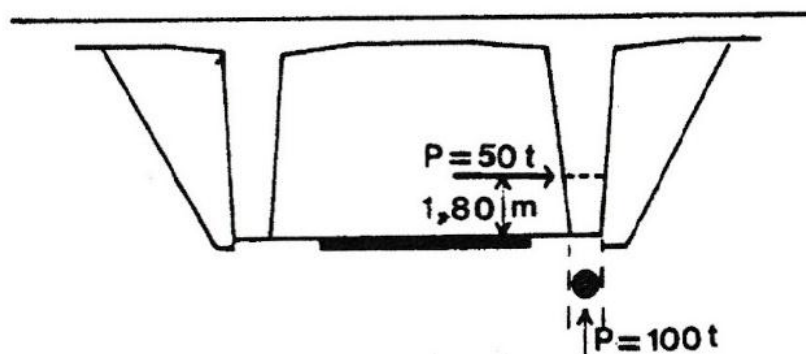
$R$  = Jari-jari tikungan (meter)

- Gaya Tumbuk pada Jembatan Layang

Gaya tumbuk antara kendaraan dan pilar dimaksudkan pada jembatan-jembatan layang di mana bagian di bawah jembatan digunakan untuk lalu lintas. Bagian pilar yang mungkin terkena tumbukan kendaraan perlu diberi tembok pengaman. Bila tidak terdapat antara pengaman, maka untuk menghitung gaya akibat tumbukan antara kendaraan dan pilar dapat digunakan salah satu dari kedua gaya tumbuk horizontal yang paling menentukan:

- Pada arah lalu lintas ..... 100 ton.
- Pada arah tegak lurus lalu lintas..... 50 ton.

Gaya-gaya tumbuk tersebut dianggap bekerja pada tinggi 1,80 meter diatas permukaan jalan raya.



**Gambar 2.5** Gaya Tumbuk Pada Jembatan Layang

- **Beban dan Gaya Selama Pelaksanaan**

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

- **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 satu pilar, yang dihitung dengan rumus:

$$Ah = k Va^2$$

Dimana:

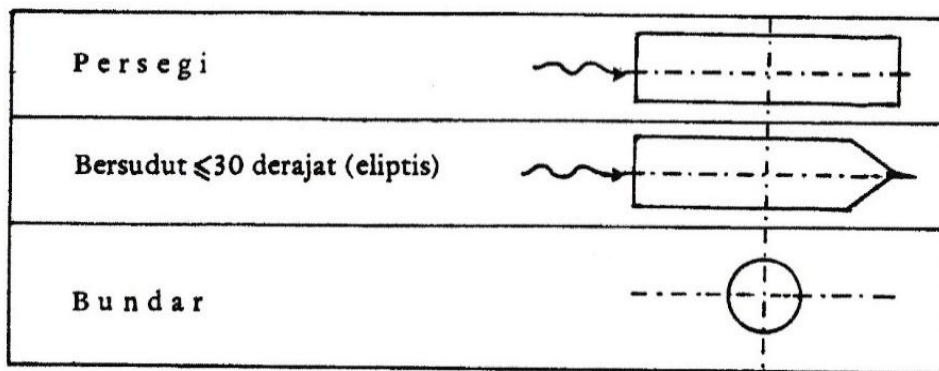
Ah = tekanan aliran air (ton/m<sup>2</sup>)

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

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

**Tabel 2.4** Koefisien Aliran (K)

Bentuk depan pilar	k
Persegi (tidak disarankan)	0,075
Bersudut $\leq 30$ derajat	0,025
Bundar	0,035

**Gambar 2.6** Bentuk/Denah Pilar

Tegangan-tegangan akibat tumbukan benda-benda hanyutan (kayu, batu, dan lain-lain pada aliran sungai) pada bangunan bawah harus diperhitungkan dan besarnya diterapkan berdasarkan hasil penyelidikan setempat. Gaya tumbuk untuk lalu lintas sungai perlu diperhitungkan secara khusus. Perencanaan bangunan bawah agar memperhatikan buku “Pedoman Perencanaan Hidraulik dan Hidrologi untuk Bangunan di Sungai”.

- **Gaya Angkat**

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

#### 2.2.4 Penyebaran Gaya (Distribusi Beban)

- **Beban Mati**

- **Beban mati Primer**

Beban mati yang digunakan dalam perhitungan kekuatan gelagar-gelagar (baik gelagar tengah maupun gelagar pinggir) adalah berat sendiri pelat dan sistem lainnya yang dipikul langsung oleh masing-masing gelagar tersebut.

- **Beban mati Sekunder**

Beban mati sekunder yaitu kerb, trotoir, tiang sandaran dan lain-lain yang dipasang setelah pelat di cor, dan dapat dianggap terbagi rata di semua gelagar.

- **Beban Hidup**

- **Beban “T”**

Dalam menghitung kekuatan lantai akibat beban “T” dianggap bahwa beban tersebut menyebar ke bawah dengan arah 45 derajat sampai ke tengah-tengah tebal lantai.

- **Beban “D”**

Dengan menghitung momen dan gaya lintang dianggap bahwa gelagar-gelagar mempunyai jarak dan kekuatan yang sama atau hampir sama, sehingga penyebaran beban “D” melalui lantai kendaraan ke gelagar-gelagar harus dihitung dengan cara sebagai berikut:

- Perhitungan momen

- Gelagar hidup yang diterima oleh tiap gelagar tengah adalah sebagai berikut:

$$\text{Beban merata} : q^1 = q/2,75 \times \alpha \times s$$

$$\text{Beban garis} : p^1 = P/2,75 \times \alpha \times s$$

dimana:

$s$  = jarak gelagar yang berdekatan (yang ditinjau) dalam meter, diukur dari sumbu ke sumbu.

$\alpha$  = faktor distribusi.

$\alpha = 0,75$  bila kekuatan gelagar melintang di perhitungkan.

$\alpha = 1,00$  bila kekuatan gelagar melintang tidak diperhitungkan.

- Gelagar pinggir

Beban hidup yang diterima oleh gelagar pinggir adalah  $r$  adalah beban hidup tanpa memperhitungkan faktor distribusi ( $\alpha = 1,00$ ). Bagaimana pun juga gelagar pinggir harus direncanakan minimum sama kuat dengan gelagar tengah. Dengan demikian beban hidup yang diterima oleh tiap gelagar pinggir tersebut adalah sebagai berikut:

$$\text{Beban merata} : q^1 = q/2,75 \times \alpha \times s^1$$

$$\text{Beban garis} : p^1 = P/2,75 \times \alpha \times s^1$$

dimana:

$s^1$  = Lebar pengaruh beban hidup pada gelagar pinggir.

- Perhitungan Gaya Lintang.

- Gelagar tengah.

Beban hidup yang diterima oleh gelagar tengah adalah sebagai berikut :

$$\text{Beban merata : } q^1 = q/2,75 \times \alpha \times s$$

$$\text{Beban garis : } p^1 = P/2,75 \times \alpha \times s$$

dimana:

$s$  = jarak gelagar yang berdekatan (yang ditinjau) dalam meter, diukur dari sumbu ke sumbu.

$\alpha$  = faktor distribusi.

$\alpha = 0,75$  bila kekuatan gelagar melintang di perhitungkan.

$\alpha = 1,00$  bila kekuatan gelagar melintang tidak diperhitungkan.

- Gelagar pinggir

Beban hidup, baik beban merata maupun beban garis yang diterima oleh gelagar pinggir, adalah beban tanpa perhitungan faktor distribusi. Bagaimana pun juga gelagar pinggir harus direncanakan minimum sama kuat dengan gelagar-gelagar tengah. Dengan demikian beban hidup yang diterima oleh gelagar pinggir adalah sebagai berikut:

$$\text{Beban merata : } q^1 = q/2,75 \times \alpha \times s^1$$

$$\text{Beban garis : } p^1 = P/2,75 \times \alpha \times s^1$$

dimana:

$s^1$  = lebar pengaruh beban hidup pada gelagar pinggir

### 2.2.5 Kombinasi Pembebanan

Konstruksi jembatan beserta bagian-bagiannya harus ditinjau terhadap kombinasi pembebanan dan gaya yang mungkin bekerja. Sesuai dengan sifat-sifat serta kemungkinan-kemungkinan pada setiap beban, tegangan yang digunakan dalam pemeriksaan kekuatan konstruksi yang bersangkutan dinaikan terhadap tegangan yang diizinkan sesuai keadaan elastis. Tegangan yang digunakan dinyatakan dalam prosen terhadap tegangan yang diizinkan sesuai kombinasi pembebanan dan gaya pada tabel berikut:

**Tabel 2.5** 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. $Kombinasi (1) + Rm + Gg + A + SR + Tm + S$	140%
IV. $M + Gh + Tag + Gg + Ahg + Tu$	150%
V. $M + P1$	130%
VI. $M + (H + K) + Ta + S + Tb$	150%

dimana:

A = beban angin

Ah = gaya akibat aliran dan hanyutan

AHg = gaya akibat aliran dan hanyutan pada waktu gempa

Gg = gaya gesek pada tumpukan bergerak

Gh = gaya horizontal ekivalen akibat gempa bumi

(H+K) = beban hidup dengan kejut

M = beban mati

P1 = gaya-gaya pada waktu pelaksanaan

Rm = gaya rem

S = gaya sentrifugal SR = gaya akibat susut dan rangkai

Tm = gaya akibat perubahan suhu (selain susut dan rangkai)

Ta = gaya tekanan tanah

Tag = gaya tekanan tanah akibat gempa bumi

Tb = gaya tumbuk

Tu = gaya angkat (*buoyancy*)

### 2.2.6 Syarat Ruang Bebas

- **Profil Ruang Bebas Jembatan**

Yang dimaksud dengan profil ruang bebas jembatan adalah tinggi dan lebar ruang bebas jembatan dengan ketentuan:

- Tinggi minimum untuk jembatan tertutup adalah 5 m.



- Lebar minimum untuk jembatan ditetapkan menurut jumlah jalur lalu lintas (B) ditambah dengan kebebasan samping minimum  $2 \times 0,50$  meter

- **Tinggi Bebas Minimum**

Tinggi bebas minimum terhadap banjir 50 tahunan ditetapkan sebesar 1,00 meter. Untuk sungai-sungai yang mempunyai karakteristik khusus, tinggi bebas disesuaikan dengan keperluan berdasarkan penelitian lebih lanjut.

- **Ruang Bebas Untuk Lalu Lintas di Bawah Jembatan**

Ruang bebas untuk lalu lintas jalan raya dan lalu lintas air di bawah jembatan disesuaikan dengan syarat ruang bebas untuk lalu lintas yang bersangkutan. Ruang bebas untuk jalan kereta api di bawah jembatan adalah sebagai berikut:

- Tinggi minimum 6,50 meter terhadap tepi atas kepala rel.
- Lebar minimum 15,00 meter.

Selanjutnya disesuaikan dengan syarat ruang bebas jalan kereta api yang berlaku.

### **2.2.7 Penggunaan Beban Hidup Tidak Penuh**

- **Penggunaan Muatan Hidup Tidak Penuh**

Di dalam penggunaan beban hidup tidak penuh yang dikarenakan pertimbangan-pertimbangan khusus (misalnya jembatan semi permanen, jembatan di bawah standar, jembatan sementara), penggunaan beban hidup harus diperhitungkan sesuai penjelasan berikut:

- Beban 70%

70% beban “T” dan 70% beban “D”

- Beban 50%

50% beban “T” dan 50% beban “D”

- **Bidang Kontak Roda**

Dalam menggunakan beban “T” untuk perencanaan lantai kendaraan, lebar bidang kontak antara roda kendaraan dengan lantai kendaraan untuk masing-masing penggunaan muatan adalah sebagai berikut:

- Beban 70%

$$a1, a2 = 14 \text{ cm}$$

$$b1 = 9 \text{ cm}$$

$$b2 = 35 \text{ cm}$$

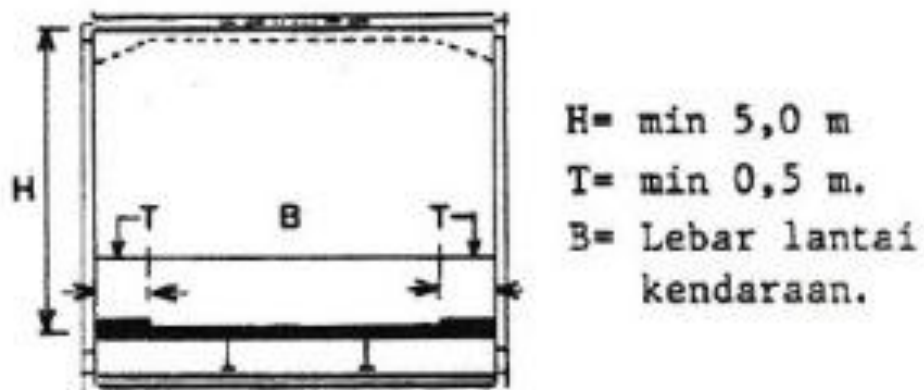
- Beban 50%

$$a1, a2 = 10 \text{ cm}$$

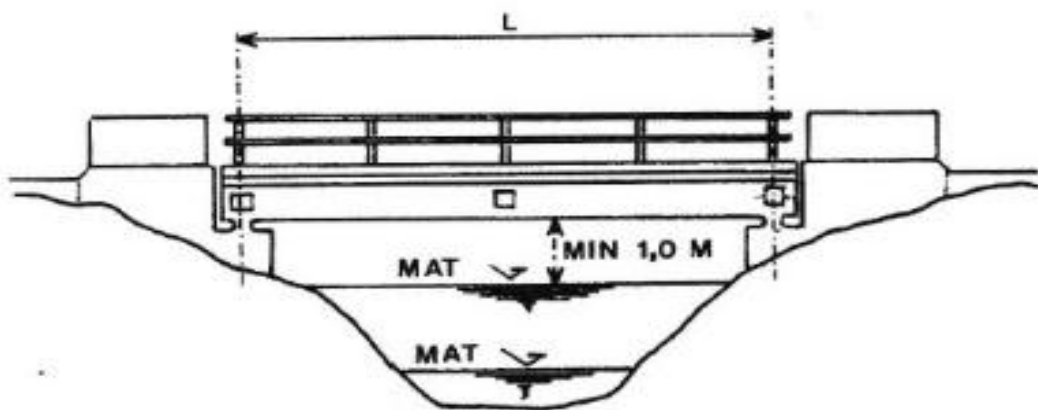
$$b1 = 6 \text{ cm}$$

$$b2 = 25 \text{ cm}$$

dimana:



**Gambar 2.7** Lebar maksimum jembatan



**Gambar 2.8** Tinggi bebas maksimum terhadap banjir 50 tahunan