BAB II

ANALISA PEMBEBANAN

2.1 Uraian Umum

Jembatan adalah suatu konstruksi yang dibangun dengan melewati penghalang atau rintangan berupa sungai, danau, selat, rawa, rel, jalan, dan lain-lain dengan tujuan untuk menghubungkan dua daerah guna memperlancar transportasi darat.

Kesejahteraan dalam bidang perekonomian, pendidikan, sosial dan budaya semakin berkembang, sehingga menyebabkan tingkat arus lalu lintas semakin meningkat dari desa ke kota maupun sebaliknya. Adanya hubungan tersebut secara tidak langsung menyebabkan pemerintah diwajibkan untuk menyediakan sarana dan prasarana dalam perkembangan-perkembangan yang terjadi. Diharapkan dengan disediakannya fasilitas yang menunjang dan memperlancar perkembangan suatu desa atau kota, maka masyarakat akan merasa lebih nyaman dan lebih diutamakan kesejahteraannya.

Dari penjelasan singkat di atas dapat diketahui bahwa pembangunan Jembatan merupakan salah satu usaha untuk meningkatkan transportasi di suatu daerah, sehingga mobilisasi kegiatan penduduk yang terputus oleh adanya sungai, lembah dan sebagainya menjadi lebih mudah. Konstruksi jembatan terdiri dari *sub structure* (bangunan bawah) dan *upper structure* (bangunan atas).

Bangunan Bawah (*Sub Structure)*

Bangunan bawah jembatan adalah salah satu bagian dari konstruksi jembatan yang berdiri diatas pondasi penyangga dari bangunan atas dan juga seluruh beban

yang bekerja pada bangunan atas. Bangunan bawah jembatan berfungsi sebagai konstruksi jembatan yang menahan beban dari bangunan atas jembatan dan menyalurkannya ke pondasi yang kemudian disalurkan menuju dasar tanah.

Pada dasarnya konstruksi bangunan bawah Jembatan dalam masalah perencanaan merupakan hal utama yang harus diperhatikan, karena merupakan salah satu penyaluran semua beban yang bekerja pada Jembatan termasuk juga gaya akibat gempa. Selain gaya-gaya tersebut, pada bangunan bawah juga bekerja gayagaya akibat tekanan tanah dari oprit serta barang-barang hanyutan dan gaya-gaya sewaktu pelaksanaan. Ditinjau dari konstruksinya, struktur bawah Jembatan terdiri dari pondasi *bore pile.*

2.2 Dasar Pembebanan

Pedoman Pembebanan untuk perencanaan jembatan jalan raya merupakan dasar dalam menentukan beban dan gaya untuk perhitungan tegangan-tegangan yang terjadi pada setiap bagian jembatan jalan raya. Pedoman pembebanan meliputi:

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 (M)
- BEBAN HIDUP (H)
- BEBAN KEJUT (K)

BEBAN MATI (M)

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 berdasarkan PPPJJR 1987 Bab III Pasal 1, harus digunakan nilai berat isi untuk bahan-bahan bangunan seperti tersebut di bawah ini:

Baja tuang ..... 7,85 t/m³

Besi tuang ..... 7,25 t/m³

Alumunium paduan ..... 2,80 t/m³

Beton bertulang/pratekan ..... 2,50 t/m³

Beton biasa, tumbuk, siklop ..... 2,20 t/m³

Pasangan batu/bata ..... 2,00 t/m³

Kayu ..... 1,00 t/m³

Tanah, pasir, kerikil ..... 2,00 t/m³

Perkerasan jalan aspal ..... 2,00 t/m^3 sampai dengan 2,50 t/m³

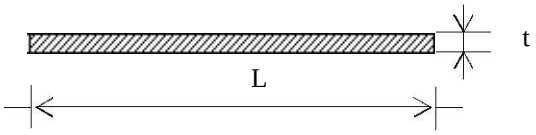
Air ..... . 1,00 t/m³

Beban mati terdiri dari:

- Beban plat lantai kendaraan
- Beban aspal
- Beban *girder*
- Beban *precast slab*
- Beban parapet

- Beban *pier*
- Beban *pier head*
- Beban *pilecap*

Beban Plat Lantai Kendaraan

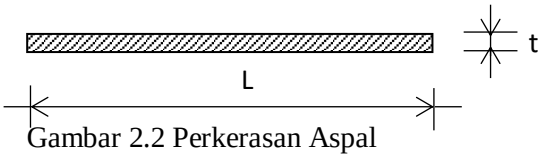


Gambar 2.1 Plat Lantai Kendaraan

Beban plat lantai kendaraan (W1) = Volume x γ_{beton}

Dimana,	T	=	tebal plat lantai kendaraan (m)
	L	=	lebar plat lantai kendaraan (m)
	γ_{beton}	=	berat isi beton (t/m^3)

Beban Aspal

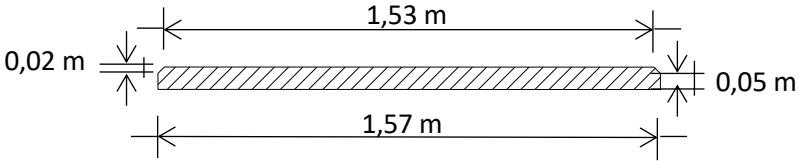


Gambar 2.2 Perkerasan Aspal

Beban aspal (W2) = Volume x γ_{aspal}

Dimana,	t	=	tebal aspal (m)
	L	=	lebar aspal (m)
	γ_{aspal}	=	berat isi aspal (t/m^3)

Beban *Precast Slab*



Gambar 2.3 *Precast Slab*

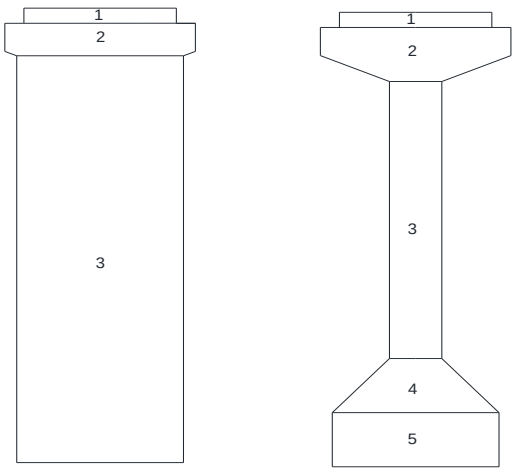
Beban *Precast Slab* (W3) = Volume x γ_{beton} x n

Dimana, V = Volume *Precast Slab* (m3)

n = Jumlah *Precast Slab*

γ_{beton} = Berat isi beton (t/m^3)

Beban *Girder*



Gambar 2.4 *Girder*

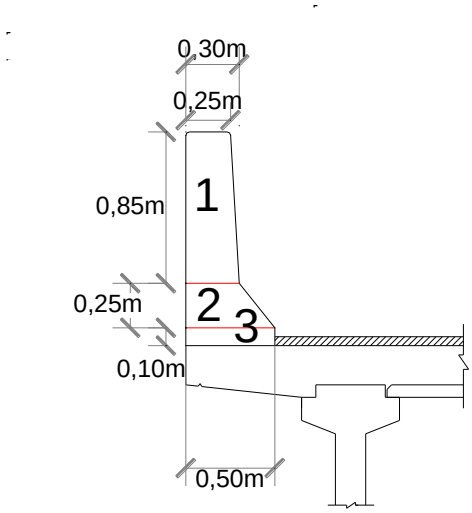
Beban Girder (W4) = Volume x γ_{beton} x n

Dimana, V = Volume *Girder* (m3)

n = Jumlah *Girder*

γ_{beton} = Berat isi beton (t/m^3)

Beban *Parapet*



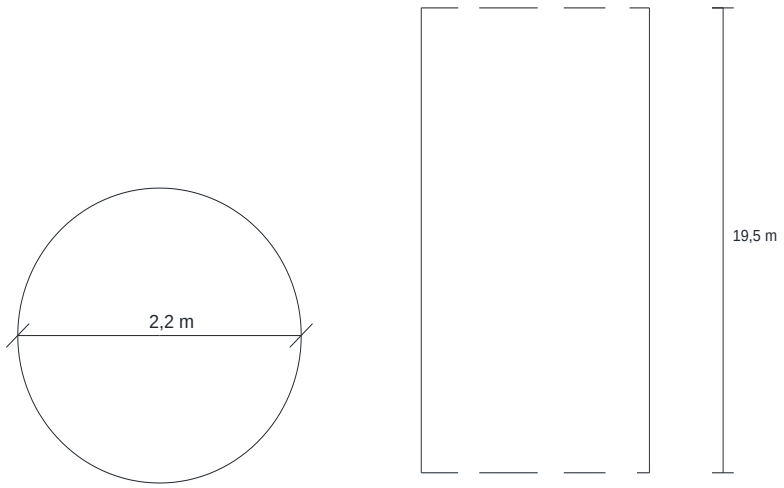
Gambar 2.5 *Parapet*

Beban Parapet (W5) = Volume x γ_{beton}

Dimana, V = Volume Parapet (m3)

γ_{beton} = Berat isi beton (t/m^3)

Beban *Pier*



Gambar 2.6 *Pier*

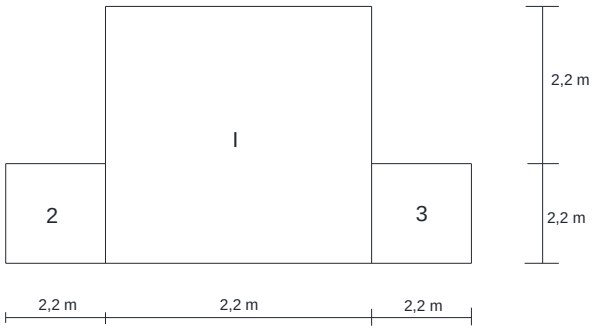
Beban *Pier* (W6) = Volume x γ_{beton} x n

Dimana, V = Volume *Pier* (m3)

n = Jumlah *Pier*

γ_{beton} = Berat isi beton (t/m^3)

Beban *Pier Head*



Gambar 2.7 *Pier Head*

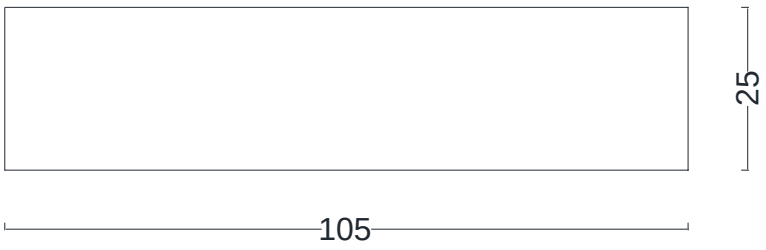
Beban *Pier* (W7) = Volume x γ_{beton} x n

Dimana, V = Volume *Pier Head* (m3)

n = Jumlah *Pier Head*

γ_{beton} = Berat isi beton (t/m^3)

Beban *Pilecap*



Gambar 2.8 *Pilecap*

Beban *Pilecap* (W8) = Volume x γ_{beton}

Dimana, V = Volume *Pilecap* (m3)

γ_{beton} = Berat isi beton (t/m^3)

Jadi total beban mati = W1 + W2 + W3 + W4 + W5 + W6 + W7 + W8

BEBAN HIDUP (H)

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 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. Jalur lalu lintas mempunyai lebar minimum 2,75 meter dan lebar maksimum 3,75 meter. Lebar jalur minimum ini harus digunakan untuk beban "D" per jalur.

Jumlah jalur lalu lintas untuk lantai kendaraan dengan lebar 5,50 m atau lebih ditentukan menurut tabel berikut:

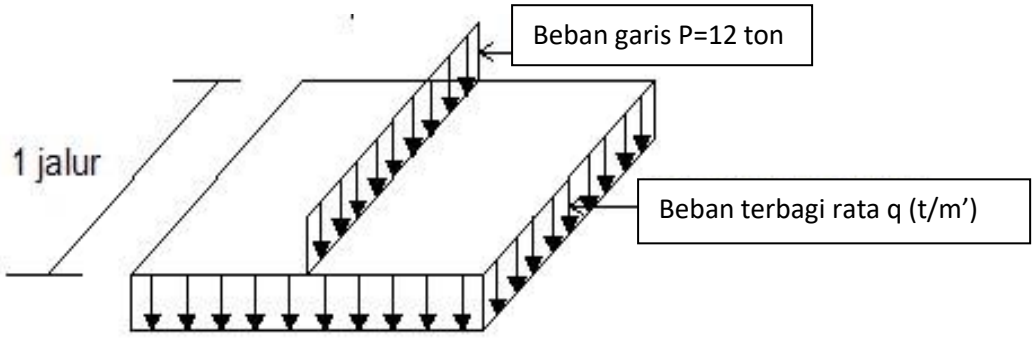
Tabel 2.1 Jumlah Jalur Lalu Lintas

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

Sumber: PPPJJR 1987

Muatan "D"

a. Muatan "D" atau muatan jalur adalah susunan beban pada setiap jalur lalu lintas yang terdiri dari beban terbagi rata sebesar "q" ton per meter panjang jalur, dan beban garis "P" ton per jalur lalu lintas tersebut. Besarnya beban "q" ditentukan sebagai berikut:



Gambar 2.9 Beban "D"

Untuk jembatan dengan lebar lantai kendaraan lebih besar dari:

q = 2,2 t/m' …..... untuk L < 30 m

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

q = 1,1 (1+30/L) t/m' ..... untuk L < 60 m

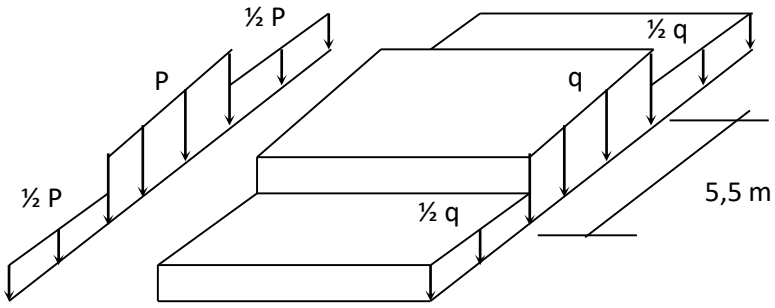
L = Panjang dalam meter, ditentukan oleh tipe konstruksi jembatan.

t/m' = Ton per meter panjang, per jalur.

b. 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" sepenuhnnya (100%) harus di bebankan 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 2.10 Ketentuan Penggunaan Beban “D”

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

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

Beban garis = $\frac{P\ ton}{2{,}75\ meter}$ → Dengan P = 12 ton

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

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

1. 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.

2. Dalam menghitung momen maksimum positif akibat beban hidup pada gelagar dua perletakan digunakan beban terbagi rata sepanjang bentang gelagar dan satu beban garis.

e. Dalam menghitung reaksi perletakan pada pangkal jembatan dan pilar perlu diperhatikan jumlah jalur lalu lintas sesuai ketetuan. Dan untuk jumlah jalur lalu lintas mulai 4 jalur atau lebih, beban "D" harus diperhitungkan dengan menganggap jumlah median sebagai berikut:

Tabel 2.2 Jumlah Median Anggapan untuk Menghitung Reaksi Perletakan

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

Sumber: PPPJJR 1987

Bentang "D" tersebut harus ditempatkan sedemikian rupa sehingga menghasilkan pengaruh terbesar, dimana dalam perhitungan momen maksimum positif akibat

beban hidup (beban terbagi rata dan beban garis) pada gelagar dua perletakan digunakan beban terbagi rata sepanjang bentang gelagar dan satu beban garis.

BEBAN KEJUT (K)

Untuk memperhitungkan pengaru-pengaruh getaran-getaran dan pengaruh-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 tip 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 makan koefisien kejut diperhitungkan terhadap bangunan bawah.

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 (A)
- GAYA AKIBAT PERBEDAAN SUHU (Tm)

- GAYA REM (Rm)
- GAYA AKIBAT GEMPA BUMI (Gh)
- GAYA TEKANAN TANAH AKIBAT GEMPA BUMI (Tag)

BEBAN ANGIN (A)

Pengaruh beban angin sebesar 150 kg/m^2 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 meter di atas lantai kendaraan. Untuk menghitung jumlah luas bagian-bagian sisi jembatan yang terkena angin dapat digunakan ketentuan sebagai berikut:

1.1 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. Luas bidang sisi jembatan yang langsung terkena angina.
- Untuk jembatan rangka diambil sebesar 30% luas bidang sisi jembatan yang langsung terkena angin, ditambah 15% luas bidang sisi-sisi lainnya.

1.2 Keadaan dengan beban hidup

- Untuk Jembatan diambil 50% terhadap luas bidang menurut ketentuan (1.1.a)

- Untuk beban hidup diambil sebesar 100% luas bidang sisi yang langsung terkena angin.

1.3 Jembatan menerus diatas lebih dari 2 perletakan.

Untuk perletakan tetap perlu diperhitungkan beban angin dalam arah longitudinal jembatan yang tejadi bersamaan dengan beban angin yang sama besar dalam arah lateral jembatan, dengan beban angin masing-masing sebesar 40% terhadap luas bidang menurut keadaan (1.1.a dan 1.1.b). Pada jembatan yang memerlukan perhitungan pengaruh angin yang teliti, harus diadakan penelitian khusus.

GAYA AKIBAT PERBEDAAN SUHU (Tm)

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 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°

- Perbedaan suhu antara bagian-bagian jembatan = 15°

Bangunan Beton : - Perbedaan suhu maksimum-minimum = 15°

- Perbedaan suhu antara bagian-bagian jembatan < 15°, tergantung dimensi penampang.

Untuk perhitungan tegangan-tegangan dan pergerakan pada jembatan/bagian-bagian jembatan/perletkan akibat perbedaan suhu dapat

diambil nilai modulus elasitas young (E) dan koefisien muai panjang (ε) sesuai tabel 2.3.

Tabel 2.3 Modulus Elastisitas *Young* (E) dan Koefisien Muai Panjang (ε).

Jenis Bahan	E (Kg/cm^2)	ε per derajat celcius
- Baja	2,1 x 10^6	12 x 10^{-6}
- Beton	2 sampai 4 x 10^5	10 x 10^{-6}
- Kayu:		
Sejajar Serat	1,0 x 10^5	5 x 10^{-6}
Tegak Lurus Serat	1,0 x 10^5	50 x 10^{-6}

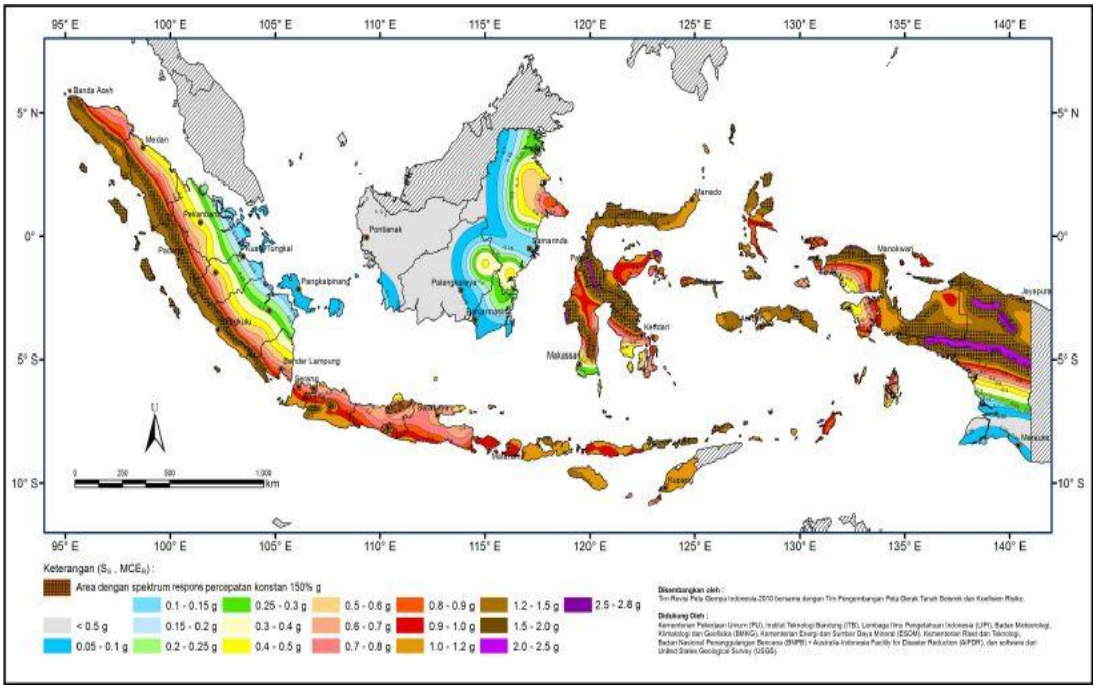
*) tergantung pada mutu bahan.

GAYA REM (Rm)

Pengaruh gaya-gaya dalam arah memanjang *Overpass* 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 titk tangkap setinggi 1,80 meter diatas permukaan lantai kendaraan.

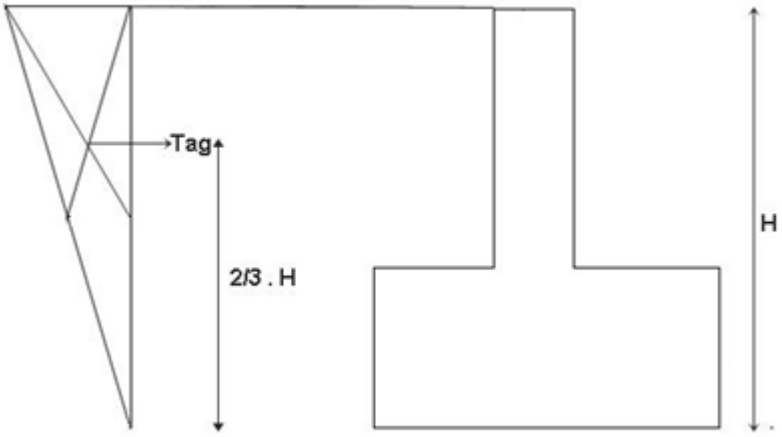
GAYA AKIBAT GEMPA BUMI (Gh)

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 peraturan gempa yang berlaku.



Gambar 2.11 Wilayah Gempa Indonesia

GAYA TEKANAN TANAH AKIBAT GEMPA BUMI (Tag)



Gambar 2.12 Gaya Tekanan Tanah Akibat Gempa Bumi

P = ½ x γtanah x ka x H^2

Dimana:

P = Gaya tekan tanah akibat gempa bumi (Tag)