

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Jembatan sebagai salah satu prasarana transportasi strategis bagi pergerakan lalu lintas. Jembatan adalah istilah umum untuk suatu konstruksi yang dibangun sebagai jalur transportasi yang melintasi sungai, danau, rawa, maupun rintangan lainnya. Namun ada bagian terpenting dari struktur jembatan yang tidak terlihat dan terletak dibagian struktur paling bawah jembatan yaitu pondasi. Sampai saat ini pondasi masih menjadi suatu struktur terpenting dari sebuah bangunan, khususnya pada bangunan jembatan, baik untuk penentu posisi struktur bangunan di atasnya yang berupa pilar (*pier*) maupun sebagai struktur penahan beban-beban yang diterima jembatan itu sendiri. Meskipun bukan merupakan hal baru, namun dalam pembuatan pondasi selalu memerlukan pertimbangan khusus baik dalam perencanaannya maupun pengerjaannya agar mendapat kualitas dan keamanan yang terbaik nantinya.

Abutmen adalah bangunan bawah jembatan yang terletak pada kedua ujung jembatan, berfungsi sebagai pemikul seluruh beban pada ujung luar batang, pinggir dan gaya-gaya lainnya, serta melimpah ke pondasi. Apabila daya dukung tanah yang terdapat dibawah abutment tidak memenuhi maka daya dukungannya harus ditambah dengan pondasi dalam (*pondasi sumuran, pondasi caisson*). Adapun jenis pondasi yang digunakan adalah 1 tergantung dari jenis tanah yang ada dibawah struktur tersebut. Abutment / pangkai jembatan dapat diasumsikan sebagai dinding

penahan tanah, yang berfungsi menyalurkan gaya vertical dan horizontal dari bangunan atas ke pondasi dengan fungsi tambahan untuk mengadakan peralihan tumpuan dari oprit ke bangunan atas jembatan. Pada perencanaan abutment jembatan ini akan diperhitungkan banyak gaya dan beban yang bekerja pada abutment tersebut.

Kepala jembatan (*abutment*) karena letak abutment yang berada di ujung jembatan maka abutment ini berfungsi juga sebagai penahan tanah. Umumnya abutment dilengkapi dengan konstruksi sayap yang berfungsi menahan tanah dalam arah tegak lurus atas jembatan. Bentuk umum abutment pada gambar sering kita jumpai baik pada jembatan-jembatan baru dan jembatan-jembatan lama. Bila abutment ini makin tinggi, maka berat tanah timbunan dan tekanan tanah aktif makin tinggi pula, sering kali dibuat bermacam-macam bentuk untuk mereduksi pengaruh-pengaruh tersebut. Disamping beban-beban vertical dan momen tersebut, kadang-kadang gaya-gaya horizontal yang timbul masih cukup besar sehingga, misalnya pada abutment dengan pondasi langsung yang mana didalam perhitungannya masih didaotkan koefisien keamanan terhadap geser yang belum mencukupi persyaratan, maka sering ditempuh cara lain misalnya dengan memberikan semacam kaki atau tumit pada bidang pondasinya. Pilar jembatan bentuk pilar jembatan : a) Berbeda dengan abutment yang jumlahnya 2 buah dalam satu jembatan, maka pilar ini belum tentu ada dalam satu jembatan. b) Pilar jembatan pada umumnya 2 terkena pengaruh aliran sungai sehingga didalam perencanaannya direncanakanselain segi kekuatannya harus juga diperhitungkan segi-segi keamanannya. Bentuk dari dinding pilar ini bias massif (*solid*), kotak atau beberapa

kotak (*cellular*), bias terdiri dari kolom-kolom (*trestle*) atau dari 1 kolom saja (*hammer head*).

Secara umum jembatan dapat dibuat dengan material kayu, rangka baja, beton bertulang dan beton prategang, pada saat ini, material yang banyak digunakan untuk pembangunan jembatan ataupun fly over adalah dengan konstruksi beton prategang. Begitupun dengan perencanaan abutmen jembatan PCI girder ini menggunakan balok girder dari beton prategang, girder dapat didesain efektif dan juga ekonomis namun mampu menanggung beban konstruksi yang telah direncanakan (Masnul, 2009:16). Jika menggunakan beton bertulang biasa, dimensi balok akan besar, sehingga beton dan baja tulangannya pun akan boros. Hal ini akan menyebabkan konstruksi tidak efektif, efisien dan ekonomis.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Girder merupakan balok yang terbuat dari beton atau baja dan berada di antara dua penyangga (*bisa berupa pier atau abutment*). Pada konstruksi jembatan, PCI girder bertugas menyalurkan beban berat girder dan beban kendaraan ke bagian struktur bawah yang bernama abutment. Berdasarkan latar belakang yang ada, permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini antara lain :

1. Bagaimana perencanaan Abutment jembatan PCI girder Bentang 40 M pada lokasi C-D-E sesuai SNI gempa jembatan 2016.
2. Bagaimana hasil perhitungan abutment PCI girder bentang 40 m.

## **1.3. Batasan Masalah**

Tugas akhir ini membatasi lingkup permasalahan pada perencanaan struktur atas meliputi:

1. Perencanaan abutment jembatan PCI girder bentang 40 M
2. Perhitungan yang dilakukan hanya pada abutment PCI girder bentang 40 M ,bagian yang dihitung meliputi : beban-beban yang bekerja.

#### **1.4. Tujuan**

Tujuan dari penyusunan skripsi ini yaitu mengetahui perencanaan abutment PCI girder bentang 40 m dilokasi situs C-D-E sesuai SNI gempa 2016

#### **1.5. Manfaat Penelitian**

Manfaat yang dapat diambil dari hasil penelitian ini antara lain :

1. Menambah ilmu pengetahuan mengenai tatacara merencanakan Abutment PCI girder pada Lokasi situs C-D-E.
2. Memberikan pengetahuan ketahanan abutment dengan beban beban yang bekerja pada perencanaan.

#### **1.6. Metodologi Penelitian**

Pengujian atau penelitian ini dilaksanakan dengan tahapan sebagai berikut :

1. Mempersiapkan atau merencanakan

Pada tahap ini merencanakan jadwal pelaksanaan skripsi dan mempersiapkan pengumpulan data desain abutment jembatan.

2. Mengelola data-data sekunder yang didapat.

3. Studi literatur

Studi literatur adalah metode pengumpulan data dengan mengadakan studi penelaahan terhadap buku-buku, literatur literatur, catatan-catatan, dan laporan-laporan yang ada hubungannya dengan judul : “PERENCANAAN ABUTMENT JEMBATAN PCI GIRDER BENTANG 40 M PADA LOKASI SITUS C-D-E SESUAI SNI GEMPA JEMBATAN 2016”.

Adapun langkah pelaksanaan penelitian dalam skripsi ini adalah :

a. Identifikasi Masalah

Menganalisa pengujian stabilisasi abutment jembatan PCI girder dilokasi C-D-E

b. Pengumpulan Data Pengumpulan data yang digunakan dalam penyusunan skripsi ini bersumber dari :

1. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diambil dari info orang-orang, didapat dari jurnal orang lain.

c. Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan cara menganalisa data dari data-data yang dikumpulkan

d. Hasil Penelitian

Hasil penelitian akan diperoleh setelah melakukan penelitian dan akan dibahas dan dilampirkan dalam BAB IV.

- e. Kesimpulan dan Saran Kesimpulan dan saran merupakan hasil akhir dari sebuah penelitian yang akan dibahas pada BAB V.

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 DEFINISI ABUTMENT SECARA UMUM**

Abutmen adalah bangunan bawah jembatan yang terletak pada kedua ujung jembatan, berfungsi sebagai pemikul seluruh beban pada ujung luar batang, pinggir dan gaya-gaya lainnya, serta melimpah ke pondasi.

Abutment merupakan bagian yang sangat penting dalam suatu jembatan berfungsi sebagai pemikul seluruh beban pada ujung luar batang, pinggir dan gaya-gaya lainnya, serta melimpah ke pondasi dan berfungsi dalam menopang ujung – ujung jembatan serta memberikan dukungan pada jembatan juga menjaga agar tidak terjadi kelongsoran dari struktur tanah yang diduduki atau kontak dengan jembatan.

#### **2.1 Struktur Abutment Jembatan**

Struktur konstruksi abutment dilengkapi dengan dinding sayap pada bagian samping kanan dan kirinya sehingga mampu menahan tanah dengan arah tegak lurus dari atas jalan. Model struktur abutment jembatan lama ataupun baru umumnya pada prinsipnya semua sama yaitu pendukung bangunan atas. Yang menjadi perhatian dalam pembangunan struktur abutment adalah kondisi lapangan seperti daya dukung tanah dasar dan level penurunan (seatlement) yang kemungkinan terjadi. Struktur abutment dapat dibuat dari bahan seperti batu atau beton bertulang dengan konstruksi yang

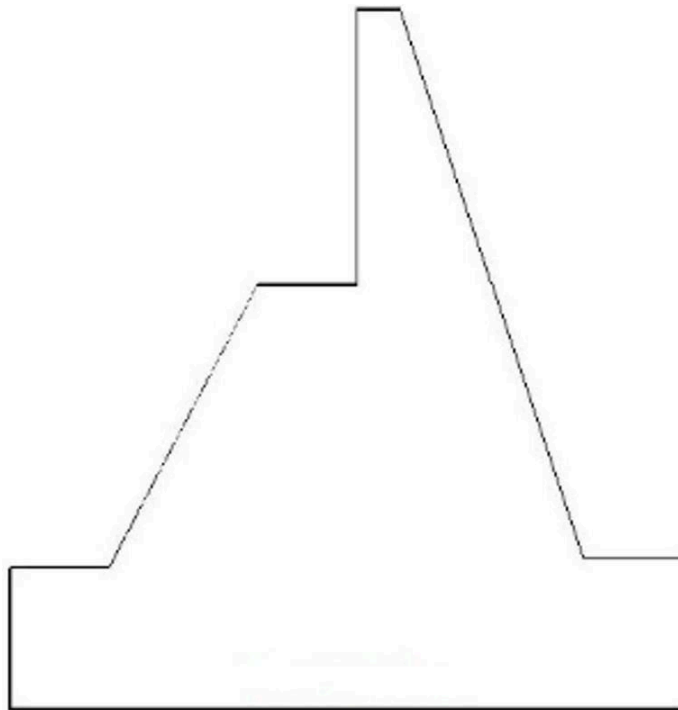
dibangun mirip dinding penahan tanah. Akan tetapi untuk perencanaannya harus memperhitungkan beban yang bekerja di atasnya. Dalam perencanaan struktur abutment selain beban-beban yang bekerja juga harus diperhatikan pengaruh kondisi lingkungan seperti kecepatan terpaan angin, aliran air, gempa, dan penyebab-penyebab lainnya. Kontraktor juga harus memperhatikan pemilihan bentuk atau jenis abutment yang akan digunakan. Dalam memilih harus menimbang beberapa factor kondisi lapangan secara teliti.

### **2.3 Jenis-jenis Abutment**

Jenis abutment cukup bermacam-macam bentuknya. Kontraktor harus memperhatikan beberapa hal dalam pemilihan jenis abutment, seperti bentuk bangunan atas yang akan digunakan, kondisi tanah yang akan dipasang pondasi, dan kondisi bangunannya.

#### **1. Abutment Tipe Gravitasi**

Jenis abutment gravitasi ini bekerja dengan menggunakan berat sendiri sehingga memperoleh kekuatan dan ketahanan untuk menahan beban-beban di atasnya. Banyak kontraktor memilih tipe abutment ini karena bentuknya yang sederhana dan pelaksanaan pemasangan tidak begitu rumit. Abutment jenis gravitasi ini cocok digunakan pada struktur yang tidak terlalu tinggi dengan bentang yang tidak terlalu panjang, serta memiliki tanah keras yang baik untuk peletakkan pondasinya. Material yang digunakan untuk pembuatan abutment ini adalah pasangan batu kali.

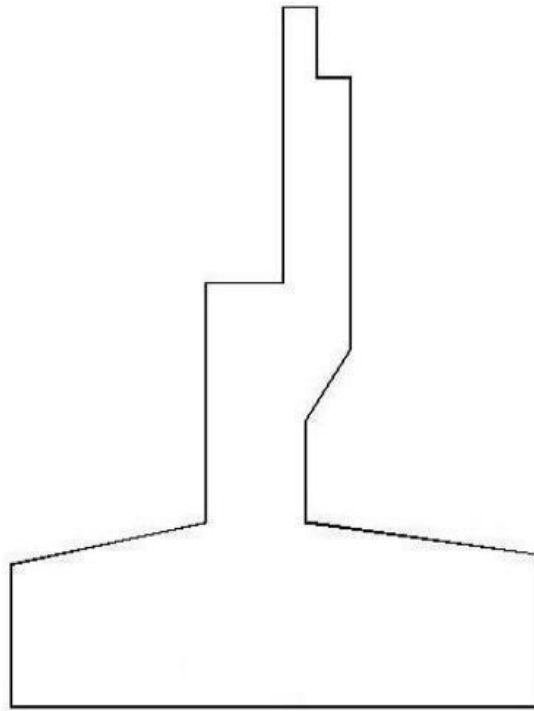


**Gambar 2.1** Abutment tipe gravitasi

*(Sumber : Goggle.com abutmen tipe gravitasi )*

## **2. Abutment T Terbalik**

Abutment jenis T terbalik merupakan abutment yang dilengkapi dengan balok kantilever tersusun dari suatu dinding memanjang. Balok ini berfungsi sebagai suatu plat kekuatan dari dinding. Beban-beban yang bekerja berasal dari berat abutment itu sendiri serta beban tanah diatas plat tumpuan/tumit. Abutment tipe T terbalik memiliki struktur lebih langsing dibandingkan abutment tipe gravitasi. Material yang diunakan bersal dari beton bertulang sehingga mampu digunakan pada konstruksi jembatan yang lebih tinggi dibandingkan abutment jenis gravitasi.

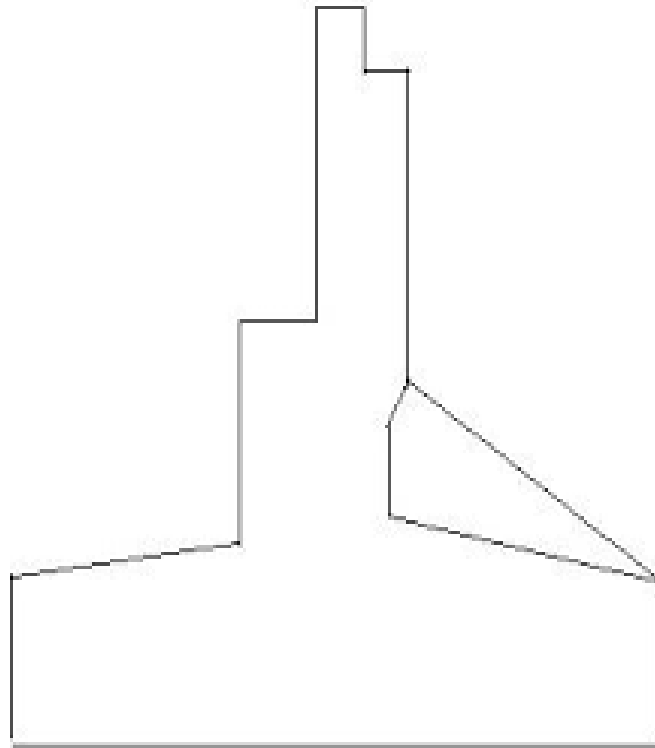


**Gambar 2.2** Abutment tipe T Terbalik

*(Sumber : Goggle.com abutmen tipe T terbalik )*

### **3. Abutment Tipe Dengan Penopang**

Struktur abutment tipe ini memiliki kemiripan dengan abutment tipe T terbalik. Bedanya pada sisi belakangnya(counterfort) dilengkapi penopang sehingga mampu memperkecil gaya yang bekerja pada dinding yang memanjang dan pada tumpuannya. Material penyusunnya juga sama dengan abutment tipe T terbalik, yaitu menggunakan material beton bertulang. Abutment tipe ini digunakan pada struktur jembatan yang tinggi.

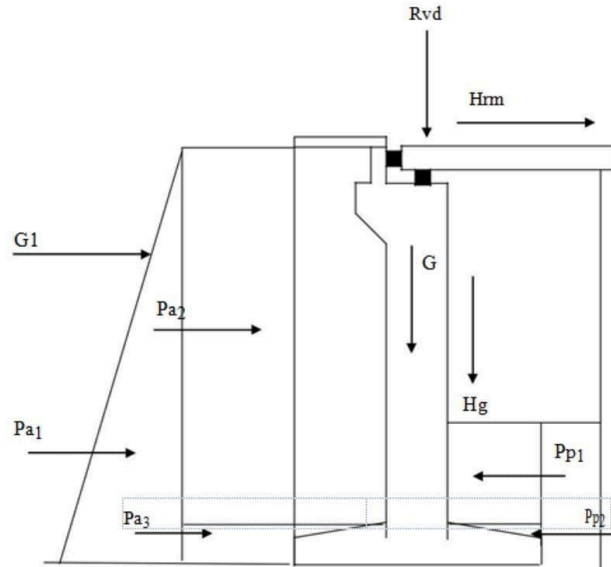


**Gambar 2.3** Abutment tipe dengan penopang  
(Sumber : Goggle.com abutmen tipe dengan penopang)

## **2.4 Perencanaan Abutment**

### **2.4.1 Kriteria Perencanaan Abutment**

Pada perencanaan abutment jembatan ini akan diperhitungkan gaya-gaya dan beban yang akan bekerja pada abutment tersebut. Gaya- gaya yang akan bekerja pada struktur tersebut dapat digambarkan sebagai berikut :



**Gambar 2.4** gaya-gaya dan beban yang akan bekerja pada abutment  
 (Sumber : Artikel tesk 8426-1-10-20210606 perencanaan struktur bawah abutment )

Dimana:

- Pa1, Pa2, Pa3 : Gaya tekan aktif tanah pada belakang abutment
- Pp1, Pp2 : Gaya tekan pasif tanah pada depan abutment
- G : Berat sendiri abutment
- G1 : Gaya gempa akibat bangunan atas
- Hg : Gaya gesek akibat tumpuan bergerak
- Hrm : Gaya akibat rem
- Rvd : Gaya tekan akibat beban dari atas

#### 2.4.2 Gaya-gaya Pada Abutment

Gaya yang bekerja pada abutment :

- a) Gaya akibat beban mati

b) Gaya horizontal akibat beban gesekan tumpuan bergerak (Hg)

$$H_{\text{gesekan}} = \text{koefisien gesek} \cdot R_{vd} \dots \dots \dots (2.1)$$

$$R_{vd} = P/2 = \dots \dots \dots (2.2)$$

c) Gaya muatan Hidup

$$R = \frac{q}{27} \times l = \dots \dots \dots (2.3)$$

$$R = \frac{p}{27} \times k \times l = \dots \dots \dots (2.4)$$

$$k = \text{Koefisien kejut} = 1 + \dots \dots \dots (2.5)$$

d) Gaya akibat rem dan traksi

Diperhitungkan sebesar 5% dari beban D tanpa koefisien kejut dengan titik tangkap 1,8 m diatas permukaan lantai kendaraan.

e) Gaya Gempa akibat bangunan atas

$$G1 = K \cdot R_{vd} \dots \dots \dots (2.6)$$

f) Gaya horizontal tanah

$$K = t^2 \left( 45 - \frac{\theta}{2} \right) \dots \dots \dots (2.7)$$

$$K = t^2 \left( 45 + \frac{\theta}{2} \right) \dots \dots \dots (2.6)$$

$$P = K \cdot q \cdot h1 \cdot b \dots \dots \dots (2.6)$$

$$P = (h1 \cdot H1 \cdot K \cdot Y1) \cdot 1/2 \dots \dots \dots (2.6)$$

### 2.4.3 Daya Dukung Tanah Dasar Pondasi

Daya dukung tanah dasar pondasi berdasarkan rumus terzaghi untuk pondasi persegi pada tanah:

$$q_u = 1,3 c N_c + q N_q + 0,4 \gamma B N_\gamma \dots \dots \dots (2.12)$$

Dimana :

$N_c, N_q, N_\gamma$  adalah faktor-2 daya dukung yang nilainya bergantung dari nilai  $\Phi$

$C$  = nilai kohesi tanah

$$q = \gamma t \times D_f$$

$B$  = lebar pondas

$$Q = q / s \dots \dots \dots (2.13)$$

Daya dukung pondasi dangkal dengan N-SPT

a) Pondasi telapak Meyerhoff (1956-1974)

$$q_a = \frac{N}{F_1} K_a, \text{ untuk } B \leq 4\text{ft} \dots \dots \dots (2.14)$$

$$q_a = \frac{N}{F_2} \left( B = \frac{F_3}{B} \right)^2, \text{ untuk } B > 4\text{ft} \dots \dots \dots (2.15)$$

Dimana:

$q_a$  = kapasitas daya dukung izin untuk penurunan (settlement) yang diperkenankan tidak melampaui 25mm

$$K_a = 1 + 0,33 (D/\beta) \leq 1,33$$

$F$  = faktor koreksi yang bertindak seolah-olah sebagai faktor Keamanan, dimana besarnya.

**Tabel 2.1** Faktor koreksi F

	$N_{55}$	$N_{70}$
	S1(m)	S1(m)
F1	0,05	0.04

F2	0,08	0,06
F3	0,3	0,3

(Sumber : 3112105044-Undergraduate\_Theses Perencanaanabutment dan pondasi pilar jembatan cable stayed di lemah ireng, semarang )

b) Pondasi Pelat ( MAT/Raft)  $A = \pi r^2$

$$q_a = \frac{N}{F_2} K_d \dots \dots \dots (2.16)$$

**2.4.4 Penurunan Pondasi Dangkal**

$$E_s = \beta_0 \sqrt{0 + \beta_1 \cdot N} \dots \dots \dots (2.17)$$

Dimana nilai  $\beta_0$  &  $\beta_1$  =

ADA GAMBAR NILAI

Cara Meyerhof (1956-1965 )

a) Untuk  $B \leq 4ft$  (1,2 m )

$$\frac{\delta}{B_r} = \frac{U_4 \cdot q'' / \sigma_r}{N \cdot K} \dots \dots \dots (2.18)$$

b) Untuk Untuk  $B > 4ft$  (1,2 m)

$$\frac{\delta}{B_r} = \frac{U_4 \cdot q'' / \sigma_r}{N \cdot K} \frac{B}{B+B_r} \dots \dots \dots (2.19)$$

Dimana :

$\delta$  = Penurunan

$B_r$  = Lebar Referensi = 1ft = 0,25 m

$q''$  = Tegangan tanah Netto

$\sigma_r$  = Tegangan Referensi = 100 kPa

N = Nilai SPT rerata

$K_d$  = Faktor kedalaman =  $1 + 0,33 = D/B \leq 1,33$

B = Lebar Pondasi

### 2.4.5 Perhitungan Stabilitas Abutment

1. Syarat aman terhadap geser

$$S = \frac{\sum V \cdot \frac{2}{3} \cdot \varphi + C \cdot B}{\sum P} \dots\dots\dots(2.20)$$

Dimana :

V = Berat abutment dan tanah diatas tanah yang kontak dengan abutment

$\varphi$  = Faktor lekatan atau hambatan antara tanah dan Pondasi

C = Karakteristik adhesi antara tanah dengan Abutment

$P_a$  = Resultan gaya horizontal tekanan tanah

B = Lebar dimensi pondasi diatas tanah

2. Syarat Aman Terhadap Guling

$$S = \frac{\sum M}{\sum M} \dots\dots\dots(2.21)$$

Dimana :

$M_g$  = Momen guling yang diakibatkan dari gaya Tekanan tanah kearah sisi dalam abutment

$M_p$  = Momen penahan yang dihasilkan dari gaya Berat abutment dan tanah diatas pondasi Untuk melawan untuk melawan momen guling

3. Syarat aman terhadap eksentrisitas

$$e = \frac{B}{2} - \frac{\Sigma M - \Sigma M}{\Sigma V} < \frac{B}{e} \dots\dots\dots(2.22)$$

Dimana :

Mg = Momen guling yang diakibatkan dari gaya Tekanan tanah kearah sisi

dalam abutment

Mp = Momen penahan yang dihasilkan dari gayaBerat abutment dan tanah diatas pondasi Untuk melawan untuk melawan momen guling

B = Lebar pondasi

V = Gaya vertical (abutment bebas, atas dan tanah)

4. Kontrol terhadap Tegangan

$$\sigma_{B.L} = \frac{\Sigma V}{B} - (\pm \frac{\theta e}{B}) \dots\dots\dots(2.23)$$

$$\sigma_m = Qd \text{ (ok)}$$

$$\sigma_m \leq Qd \text{ (ok)}$$

**2.4.6 Penulangan Abutment**

Batas-batas penulangan pada abutment menggunakan rumus yang sama pada penulangan struktur seperti berikut :

$$\rho b = \left( \frac{U.B.\beta.F'C}{f} \right) \times \left( \frac{6}{6+f} \right) \dots\dots\dots(2.24)$$

Dengan nilai  $\beta = 0,85$  untuk  $f'c = 30$  Mpa atau  $<$  dari 30 Mpa, dan apabila nilai  $f'c >$  dari 30 Mpa maka akan direduksi sebesar 0,05 setiap peningkatan sebesar 7 Mpa

$$\rho m = 0,75 \times \rho b \dots\dots\dots(2.25)$$

$$\rho m = \frac{1,4}{f} \dots\dots\dots(2.26)$$

$$\rho q = \frac{f}{U,8.F'C} \dots\dots\dots(2.28)$$

$$R = \frac{M}{b.d^2} \dots\dots\dots(2.29)$$

$$A = \rho_p \cdot b \cdot d \dots\dots\dots(2.30)$$

$$n = \frac{A}{L.l.i.t} \dots\dots\dots(2.32)$$

Kontrol tulungan geser

$$V = \frac{1}{e} \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d \dots\dots\dots(2.33)$$

$$\Phi \cdot V_c < V_u < 3 \cdot \phi \cdot V_c \dots\dots\dots(2.33)$$

$$V_p = \frac{v - \theta V}{\theta} \dots\dots\dots(2.34)$$

$$A = 2 \left( \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \right) \dots\dots\dots(2.35)$$

$$V_a = \frac{A \cdot f \cdot d}{s} \dots\dots\dots(2.36)$$

$$S_a > V_p(a) \dots\dots\dots(2.37)$$

## 2.5 Analisa Pembebanan

### 2.5.1 Ketentuan Perncaanaan Pembebanan

Dalam perencanaan jembatan ini digunakan beberapa acuan standart pembebanan sebagai berikut :

- a) Pembebanan untuk jembatan ( SNI 1725 :2016 )
- b) Standar perencanaan ketahanan gempa untuk jembatan ( SNI 2833:2008)

Perencanaan pembebanan pada jembatan ini berdasarkan peraturan pembebanan untuk jembatan SNI 03-1725-1989 dan SNI 1725 :2016 pembebanan tersebut antara lain :

- a) Beban Mati / tetap (Berat sendiri )

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

**Tabel 2.2-** Berat isi untuk beban mati

No	Bahan	Kayu keras ( <i>hard wood</i> )	Kerapatan massa ( <i>kg/m<sup>3</sup></i> )
1	Lapisan permukaan beraspal ( <i>bituminous wearing surfaces</i> )	22,0	2245
2	Besi tuang ( <i>cast iron</i> ) 71,0 7240	71,0	7240
3	Timbunan tanah dipadatkan ( <i>compacted sand, silt or clay</i> )	17,2	1755
4	Kerikil dipadatkan ( <i>rolled gravel, macadam or ballast</i> )	18,8-22,7 5	1920-2315
5	Beton aspal ( <i>asphalt concrete</i> )	22,0	20001250-
6	Beton ringan ( <i>low density</i> )	12,25-19,6	1250-2000
7	Beton f'c < 35 MPa	22,0-25,0	2320

	$35 < f$	$22 + 0,022 f^{\circ}c$	$2240 + 2,29 f^{\circ}c$
8	Baja ( <i>steel</i> )	78,5	7850
9	Kayu ( <i>ringan</i> )	7,8	800
10	Kayu keras ( <i>hard wood</i> )	11,0	1125

(Sumber: SNI\_1725\_2016\_Pembebanan\_untuk\_jembatan)

Massa setiap bagian bangunan harus dihitung berdasarkan dimensi yang tertera dalam gambar dan berat jenis bahan yang digunakan. Berat dari bagian-bagian bangunan tersebut adalah massa dikalikan dengan percepatan gravitasi (g). Percepatan gravitasi yang digunakan dalam standar ini adalah 9,81 m/detik<sup>2</sup>. Besarnya kerapatan massa dan berat isi untuk berbagai macam bahan diberikan dalam Tabel 2.1

Pengambilan kerapatan massa yang besar, aman untuk suatu keadaan batas akan tetapi tidak untuk keadaan yang lainnya. Untuk mengatasi hal tersebut dapat digunakan faktor beban berkurang. Akan tetapi, apabila kerapatan massa diambil dari suatu jajaran nilai, dan nilai yang sebenarnya tidak bisa ditentukan dengan tepat, perencana harus memilih di antara nilai tersebut yang memberikan keadaan yang paling kritis. Beban mati jembatan merupakan kumpulan berat setiap komponen struktural dan nonstruktural. Setiap komponen ini harus dianggap sebagai suatu kesatuan aksi yang tidak terpisahkan pada waktu menerapkan faktor beban normal dan faktor beban berkurang. Perencana jembatan harus menggunakan keahliannya di dalam menentukan komponen-komponen tersebut.

a) Beban Mati Tambahan

Beban mati tambahan adalah berat seluruh bahan yang membentuk suatu beban pada

jembatan yang merupakan elemen nonstruktural, dan besarnya dapat berubah selama umur jembatan. Dalam hal tertentu, nilai faktor beban mati tambahan yang berbeda dengan ketentuan pada Tabel 2.2 boleh digunakan dengan persetujuan instansi yang berwenang. Hal ini bisa dilakukan apabila instansi tersebut melakukan pengawasan terhadap beban mati tambahan pada jembatan, sehingga tidak dilampaui selama umur jembatan.

**Tabel 2.3** Faktor Beban untuk beban mati tambahan

Tipe beban	Faktor beban ( $\gamma MA$ )			
	Keadaan Batas Layan ( $\gamma^s MA$ )		Keadaan Batas Ultimit ( $\gamma^u MA$ )	
	Keadaan		Biasa	Terkurangi
Tetap	Umum	1,00(1)	2,00	0,70
	Khusus terawasi	1,00	1,40	0,80

Catatan (1) : Faktor beban layan sebesar 1,3 digunakan untuk berat utilitas

(Sumber: SNI\_1725\_2016\_Pembebanan\_untuk\_jembatan)

b1. Ketebalan yang diizinkan untuk pelapisan kembali permukaan

Semua jembatan harus direncanakan untuk bisa memikul beban tambahan yang berupa aspal beton setebal 50 mm untuk pelapisan kembali di kemudian hari kecuali ditentukan lain oleh instansi yang berwenang. Lapisan ini harus ditambahkan pada lapisan permukaan yang tercantum dalam gambar rencana.

b) Berat sendiri (MS)

Berat sendiri adalah berat bagian tersebut dan elemen-elemen struktural lain yang dipikulnya, termasuk dalam hal ini adalah berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktural, ditambah dengan elemen nonstruktural yang dianggap tetap. Adapun faktor beban yang digunakan untuk berat sendiri dapat dilihat pada Tabel 2.4

**Tabel 2.4** – faktor beban untuk berat sendiri

Tipe beban	Faktor beban ( $\gamma Ms$ )			
	Keadaan Batas Layan ( $\gamma^s Ms$ )		Keadaan Batas Ultimit ( $\gamma^u Ms$ )	
	Bahan		biasa	Terkurangi
Tetap	Baja	1,00	1,10	0,90
	Aluminium	1,00	1,10	0,90
	Beton pracetak	1,00	1,20	0,85
	Beton di cor ditempat	1,00	1,30	0,75
	Kayu	1,00	1,40	0,70

(Sumber: SNI\_1725\_2016\_Pembebanan\_untuk\_jembatan)

c) Beban akibat tekanan tanah (TA)

Koefisien tekanan tanah nominal harus dihitung berdasarkan sifat-sifat tanah. Sifat-sifat tanah (kepadatan, kadar kelembaban, kohesi sudut geser dalam dan lain sebagainya) harus diperoleh berdasarkan hasil pengukuran dan pengujian tanah baik di lapangan ataupun laboratorium. Bila tidak diperoleh data yang cukup maka karakteristik tanah dapat ditentukan sesuai dengan ketentuan pada pasal ini. Tekanan tanah lateral

mempunyai hubungan yang tidak linier dengan sifat-sifat bahan tanah. Tekanan tanah lateral pada keadaan batas daya layan dihitung berdasarkan nilai nominal dari  $s \gamma$ ,  $c$  dan  $f \phi$ . Tekanan tanah lateral pada keadaan batas kekuatan dihitung dengan menggunakan nilai nominal dari  $s \gamma$  dan nilai rencana dari  $c$  serta  $f \phi$ . Nilai-nilai rencana dari  $c$  serta  $f \phi$  diperoleh dari nilai nominal dengan menggunakan faktor reduksi kekuatan. Kemudian “Hak cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk KT 91-01 Bahan Konstruksi Bangunan & Rekayasa Sipil, dan tidak untuk dikomersialkan” SNI 1725:2016 © BSN 2016 15 dari 67 tekanan tanah lateral yang diperoleh masih berupa nilai nominal dan selanjutnya harus dikalikan dengan faktor beban yang sesuai seperti yang tercantum pada tabel 2.5

**Tabel 2.5** – faktor beban akibat tekanan tanah

Tipe beban	Faktor beban ( $\gamma TA$ )			
	Keadaan Batas Layan ( $\gamma^s TA$ )		Keadaan Batas Ultimit ( $\gamma^u TA$ )	
	Tekanan tanah		Biasa	Terkurangi
Tetap	Tekanan tanah vertikal	1,00	1,25	0,80
	Tekanan tanah lateral			
	- Aktif	1,00	1,25	0,80
	- Pasif	1,00	1,40	0,70
	- diam	1,00	(1)	
Catatan (1) : Tekanan tanah lateral dalam keadaan diam biasanya tidak diperhitungkan pada keadaan batas ultimit.				

*(Sumber: SNI\_1725\_2016\_Pembebanan\_untuk\_jembatan )*

Tanah di belakang dinding penahan biasanya mendapatkan beban tambahan yang bekerja apabila beban lalu lintas bekerja pada bagian daerah keruntuhan aktif teoritis. Besarnya beban tambahan ini adalah setara dengan tanah setebal 0,7 m yang bekerja secara merata pada bagian tanah yang dilewati oleh beban lalu lintas tersebut. Beban tambahan ini hanya diterapkan untuk menghitung tekanan tanah dalam arah lateral saja, dan faktor beban yang digunakan harus sama seperti yang telah ditentukan dalam menghitung tekanan tanah arah lateral. Faktor pengaruh pengurangan dari beban tambahan ini tidak perlu diperhitungkan. Tekanan tanah lateral dalam keadaan diam umumnya tidak diperhitungkan pada keadaan batas kekuatan. Apabila keadaan demikian timbul, maka faktor beban untuk keadaan batas kekuatan yang digunakan untuk menghitung nilai rencana dari tekanan tanah dalam keadaan diam harus sama seperti untuk tekanan tanah dalam keadaan aktif. Faktor beban pada keadaan batas daya layan untuk tekanan tanah dalam keadaan diam adalah 1,0, tetapi harus hati-hati dalam pemilihan nilai nominal yang memadai pada waktu menghitung tekanan tanah.

d) Beban Hidup lajur “D” TD”

Beban lajur „D” TD merupakan beban akibat distribusi lalulintas pada struktur atas yang terdiri dari

1) Beban Garis Terpusat BGT

Menurut SNI 1725:2016 Pasal 8.3.1 , beban garis terpusat BGT, atau knife edge load, KEL harus ditempatkan tegak lurus terhadap arah lalulintas jembatan. Besarnya diambil sebesar 49 KN/m yang ditempatkan pada setiap tengah bentang jembatan.

Sedangkan untuk mendapatkan momen lentur negative maksimum pada jembatan menerus. BGT kedua identic haurs ditempatkan pada posisi dalam arah melintang jembatan pada bentang lainnya.

## 2) Beban Terbagi Rata “ BTR”

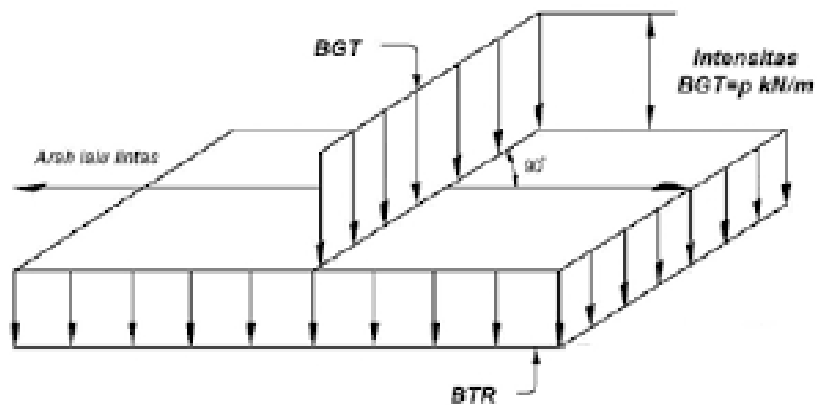
Menurut SNI 1725:2016 Pasal 8.3.1 untuk beban hidup terbagi rata BTR atau uniform distributed load UDL, diambil sebagai fungsi terhadap panjang jembatan dimana besarnya BTR yang diambil dapat direncanakan sebagai berikut :

$$\text{Jika } L \leq 30 \text{ m} : q = 9,0 \text{ kPa}$$

$$\text{Jika } L > 30 \text{ m} : q = 9,0 (0.5 + 15/L) \text{ kPa}$$

Keterangan :

q adalah intensitas bebat terbagi rata BTR dalam arah memanjang jembatan L adalah panjang total jembatan yang dibebani (meter) ilustrasi pembebanan hidup lajur D, TD, baik beban garis terpusat BGT mau beban terbagi rata BTR,KEL, dapat dilihat dari gambar 1, dimana konfigurasi pembebanan tertentu untuk elemen-elemen struktur tertentu juga harus diperhatikan untuk mendapatkan pembebanan yang memberikan gaya paling maksimum.



**Gambar 2.5** Konfigurasi beban BGT da BTR pada struktur atas Beban Hidup Truk “T” TT

(Sumber: SNI\_1725\_2016\_Pembebanan\_untuk\_jembatan )

Beban lalu lintas lain selain beban lajur D, adalah beban akibat truck “T” TT, merupakan tekanan roda-roda truck. Pembebanan truck TT, terdiri atas kendaraan truck semitrailer yang mempunyai susunan dan berat gander. Adapun beban as roda dari truck dapat ditentukan sebagai berikut :

- (a) As depan 50 Kn, beban satu titik roda depan 25 kN
- (b) As tengah dan belakang 225 Kn, beban satu titikk roda tengah atu belakang 112,5 Kn
- (c) Panjang truck minimum adalah 9 m atau 29,52 ft dan panjang truck maksimum 14 m atau 49,93 ft panjang diukur dari as depan hingga as paing belakang.

### 3) Beban Hidup Rem

Beban hidup ditempatkan disemua lajur rencana. Untuk jembatan dimasa yang akan dating semua lajur diubah menjadi satu arah. Beban tersebut diasumsikan bekerja secara horizontal, arah memanjang beban rem diambil yang terbesar dari ;

- a) 25 % dari beban truck desain

b) 5% diambil dari beban truck rencana ditambah beban lajur terbagi rata (BTR)

#### 4) Beban Angin

Menurut SNI 1725:2016 , beban angina harus diasumsikan terdistribusikan secara merata pada permukaan terekspose oleh angin. Secara keseluruhan, perencanaan stuktur jembatan menggunakan struktur jembatan yang massif sehingga beban angina berpengaruh kecil terhadap struktur jembatan, oleh karena itu, dalam perencanaan ini beban angina diabaikan.

#### 5) Beban Gempa

Jembatan harus direncanakan agar memiliki kemungkinan kecil untuk runtuh namun dapat mengalami kerusakan dan gangguan pelayanan akibat gempa. Beban gempa dijadikan sebagai gaya horizontal yang ditentukan berdasarkan perkalian antara koefisien respons elastis ( $C_{sm}$ ) dengan berat struktur ekuivalen.

$$EQ = \frac{C_{sm}}{R_d \times W_t}$$

Dimana :

EQ = Gaya gempa horizontal statis  $C_{sm}$  = Koefisien respon gempa

$R_d$  = Faktor modifikasi respon

$W_t$  = Berat total struktur terdiri dari beban mati dan beban hidup kN

## 2.6 Faktor beban dan kombinasi pembebanan

Gaya total terfaktor yang digunakan dalam perencanaan harus dihitung dengan

menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Q = \sum \eta_i \gamma_i Q_i$$

Keterangan :

$\eta_i$  = adalah faktor pengubah respons sesuai Persamaan 2 atau 3 pada SNI pembebanan jembatan 2016

$\gamma_i$  = adalah faktor beban

$Q_i$  = adalah gaya atau beban yang bekerja pada jembatan

Komponen dan sambungan pada jembatan harus memenuhi Persamaan 1 untuk kombinasi beban-beban ekstrem seperti yang ditentukan pada setiap keadaan batas sebagai berikut :

Kuat I :Kombinasi pembebanan yang memperhitungkan gaya-gaya yang timbul pada jembatan dalam keadaan normal tanpa memperhitungkan beban angin. Pada keadaan batas ini, semua gaya nominal yang terjadi dikalikan dengan faktor beban yang sesuai.

Kuat II :Kombinasi pembebanan yang berkaitan dengan penggunaan jembatan untuk memikul beban kendaraan khusus yang ditentukan pemilik tanpa memperhitungkan beban angin.

Kuat III :Kombinasi pembebanan dengan jembatan dikenai beban angin berkecepatan 90 km/jam hingga 126 km/jam.

Kuat IV :Kombinasi pembebanan untuk memperhitungkan kemungkinan adanya rasio beban mati dengan beban hidup yang besar.

Kuat V :Kombinasi pembebanan berkaitan dengan operasional normal jembatan

dengan memperhitungkan beban angin berkecepatan 90 km/jam hingga 126 km/jam.

Ekstrem I :Kombinasi pembebanan gempa. Faktor beban hidup  $\gamma$  EQ yang mempertimbangkan bekerjanya beban hidup pada saat gempa berlangsung harus ditentukan berdasarkan kepentingan jembatan.

Ekstrem II :Kombinasi pembebanan yang meninjau kombinasi antara beban hidup berkurang dengan beban yang timbul akibat tumbukan kapal, tumbukan kendaraan, banjir atau beban hidrolika lainnya, kecuali untuk kasus pembebanan akibat tumbukan kendaraan (TC). Kasus pembebanan akibat banjir tidak boleh dikombinasikan dengan beban akibat tumbukan kendaraan dan tumbukan kapal

Layan I :Kombinasi pembebanan yang berkaitan dengan operasional jembatan dengan semua beban mempunyai nilai nominal serta memperhitungkan adanya beban angin berkecepatan 90 km/jam hingga 126 km/jam. Kombinasi ini juga digunakan untuk mengontrol lendutan pada goronggorong baja, pelat pelapis terowongan, pipa termoplastik serta untuk mengontrol lebar retak struktur beton bertulang; dan juga untuk analisis tegangan tarik pada penampang melintang jembatan beton segmental. Kombinasi pembebanan ini juga harus digunakan untuk investigasi stabilitas lereng.

Layan II :Kombinasi pembebanan yang ditujukan untuk mencegah terjadinya pelelehan pada struktur baja dan selip pada sambungan akibat beban

kendaraan.

Layan III :Kombinasi pembebanan untuk menghitung tegangan tarik pada arah memanjang jembatan beton pratekan dengan tujuan untuk mengontrol besarnya retak dan tegangan utama tarik pada bagian badan dari jembatan beton segmental.

Layan IV :Kombinasi pembebanan untuk menghitung tegangan tarik pada kolom beton pratekan dengan tujuan untuk mengontrol besarnya retak.

Fatik :Kombinasi beban fatik dan fraktur sehubungan dengan umur fatik akibat induksi beban yang waktunya tak terbatas.

Faktor beban untuk setiap beban untuk setiap kombinasi pembebanan harus diambil seperti yang ditentukan dalam Tabel 1. Perencana harus menyelidiki bagian parsial dari kombinasi pembebanan yang dapat terjadi harus diinvestigasi dimana setiap beban yang diindikasikan untuk diperhitungkan dalam kombinasi pembebanan harus dikalikan dengan faktor beban yang sesuai. Hasil perkalian harus dijumlahkan sebagaimana ditentukan dalam Persamaan 1 dan dikalikan dengan faktor pengubah seperti yang ditentukan dalam Pasal 5. Faktor beban harus dipilih sedemikian rupa untuk menghasilkan kondisi ekstrem akibat beban yang bekerja. Untuk setiap kombinasi pembebanan harus diselidiki kondisi ekstrem maksimum dan minimum. Dalam kombinasi pembebanan dimana efek salah satu gaya mengurangi efek gaya yang lain, maka harus digunakan faktor beban terkurangi untuk gaya yang mengurangi tersebut. Untuk beban permanen, harus dipilih faktor beban yang menghasilkan kombinasi pembebanan kritis. Jika pengaruh beban permanen adalah meningkatkan stabilitas atau

kekuatan komponen jembatan, maka perencana harus memperhitungkan pengaruh faktor beban terkurangi (minimum). Untuk beban akibat temperatur seragam (EUn), terdapat dua faktor beban. Dalam hal ini nilai terbesar digunakan untuk menghitung deformasi sedangkan nilai terkecil digunakan untuk menghitung semua efek lainnya. Perencana dapat menggunakan  $\gamma_n EU = 0,50$  untuk keadaan batas kekuatan asalkan perhitungan dilakukan dengan memakai momen inersia bruto untuk menghitung kekakuan kolom atau pilar. Jika perencana melakukan analisis yang lebih rinci dimana perhitungan dilakukan dengan memakai momen inersia penampang retak yang diperoleh dari hasil analisis untuk menghitung kekakuan kolom atau pilar, maka perencana harus menggunakan  $\gamma_n EU = 1,00$  untuk keadaan batas kekuatan. Sama halnya seperti sebelumnya, untuk keadaan batas kekuatan perencana dapat menggunakan faktor beban = 0,50 untuk  $\gamma PR$  dan  $\gamma SH$  saat menghitung pengaruh masing-masing gaya pada jembatan non-segmental jika perencana menggunakan momen inersia bruto pada waktu menghitung kekakuan kolom atau pilar yang menggunakan struktur beton. Jika kolom atau pilar menggunakan struktur baja, maka harus digunakan faktor beban = 1,00 untuk  $\gamma_n EU$ ,  $\gamma PR$  dan  $\gamma SH$ . Evaluasi stabilitas global timbunan, serta lereng dengan atau tanpa fondasi dangkal atau fondasi dalam harus diselidiki pada Kondisi Layan I dengan menggunakan faktor tahanan yang berlaku.

Untuk jembatan boks girder baja yang memenuhi ketentuan pada Peraturan Perencanaan Jembatan Baja, faktor beban untuk beban kendaraan TT dan TD harus diambil sebesar 2,0.

Faktor beban untuk beban gradien temperatur ( $\gamma_{TG}$ ) ditentukan berdasarkan kondisi pekerjaan. Jika tidak ada hal yang bisa menyebabkan perubahan nilai, maka  $\gamma_{TG}$  dapat diambil sebagai berikut :

0,00 : untuk keadaan batas kekuatan dan keadaan batas ekstrim,

1,00 : untuk keadaan batas daya layan dimana beban hidup tidak ada, dan 0,50 : pada keadaan batas daya layan dimana beban hidup bekerja.

Faktor beban untuk beban akibat penurunan ( $\gamma_{SE}$ ) ditentukan berdasarkan kondisi proyek. “Hak cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk KT 91-01 Bahan Konstruksi Bangunan & Rekayasa Sipil, dan tidak untuk dikomersialkan” SNI 1725:2016 © BSN 2016 10 dari 67 Jika tidak ada hal yang bisa menyebabkan perubahan nilai, maka  $\gamma_{SE}$  dapat diambil sebesar 1,0. Kombinasi pembebanan yang memperhitungkan penurunan fondasi juga harus memperhitungkan kondisi bila penurunan tidak terjadi. Untuk jembatan yang dibangun secara segmental, maka kombinasi pembebanan sebagai berikut harus diselidiki pada keadaan batas daya layan yaitu kombinasi antara beban mati (MS), beban mati tambahan (MA), tekanan tanah (TA), beban arus dan hanyutan (EU), susut (SH), gaya akibat pelaksanaan (PL), dan prategang (PR).

**Table 2.6** – kombinasi beban dan faktor beban

Keadaan	MS	TT	EU	EWs	EWI	BF	EUn	TG	ES	Gunakan salah satu
batas	M	TD								
	A	TB								
	TA	TR								

	PR PL SH	TP								EQ	TC	TV
Kuat I	$\gamma_P$	1,8	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	$\gamma_{TG}$	$\gamma_{ES}$	-	-	-
Kuat II	$\gamma_P$	1,4	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	$\gamma_{TG}$	$\gamma_{ES}$	-	-	-
Kuat III	$\gamma_P$	-	1,00	1,40	-	1,00	0,50/1,20	$\gamma_{TG}$	$\gamma_{ES}$	-	-	-
Kuat IV	$\gamma_P$	-	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	-	-	-	-	-
Kuat V	$\gamma_P$	-	1,00	0,40	1,00	1,00	0,50/1,20	$\gamma_{TG}$	$\gamma_{ES}$	-	-	-
Ekstrem I	$\gamma_P$	$\gamma_{EQ}$	1,00	-	-	1,00	-	-	-	1,00	-	-
Ekstrem II	$\gamma_P$	0,5 0	1,00	-	-	1,00	-	-	-	-	1,00	1,00
Layan I	1,0 0	1,0 0	1,00	0,30	1,00	1,00	1,00/1,20	$\gamma_{TG}$	$\gamma_{ES}$	-	-	-
Layan II	1,0 0	1,3 0	1,00	-	-	1,00	1,00/1,20	-	-	-	-	-
Layan III	1,0 0	0,80	1,00	-	-	1,00	1,00/1,20	$\gamma_{TG}$	$\gamma_{ES}$	-	-	-

Layan IV	1,0 0	-	1,00	0,70	-	1,00	1,00/1,20	-	1,00	-	-	-
Fatik (TD &TTR)	-	0,7 5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Catatan :  $\gamma$  pdapat berupa  $\gamma_{MS}, \gamma_{MA}, \gamma_{TA}, \gamma_{PR}, \gamma_{PL}, \gamma_{SH}$  tergantung beban yang ditinjau

$\gamma_{EQ}$  adalah faktor beban hidup kondisi gempa

(Sumber: SNI\_1725\_2016\_Pembebanan\_untuk\_jembatan )

Jika komponen pracetak dan prategang digunakan dan dikombinasikan dengan balok baja, pengaruh dari hal-hal berikut harus diperhitungkan sebagai beban konstruksi (PL) :

- Friksi antara dek pracetak dan balok baja jika penarikan strand longitudinal pada pelat pracetak dilakukan sebelum pelat disatukan dengan balok menjadi penampang komposit.
- Gaya induksi pada balok baja dan shear connector jika penarikan tendon/strand longitudinal pada pelat pracetak dilakukan setelah dek disatukan dengan balok menjadi penampang komposit.
- Pengaruh adanya rangkai dan susut yang berbeda pada balok baja dan pelat beton.

Faktor beban  $\gamma$  untuk beban hidup pada keadaan batas ekstrem I harus

ditentukan berdasarkan kondisi spesifik jembatan. Sebagai pedoman dapat digunakan

faktor  $\gamma$  sebagai berikut :

$\gamma_{EQ} = 0,5$  (jembatan sangat penting)

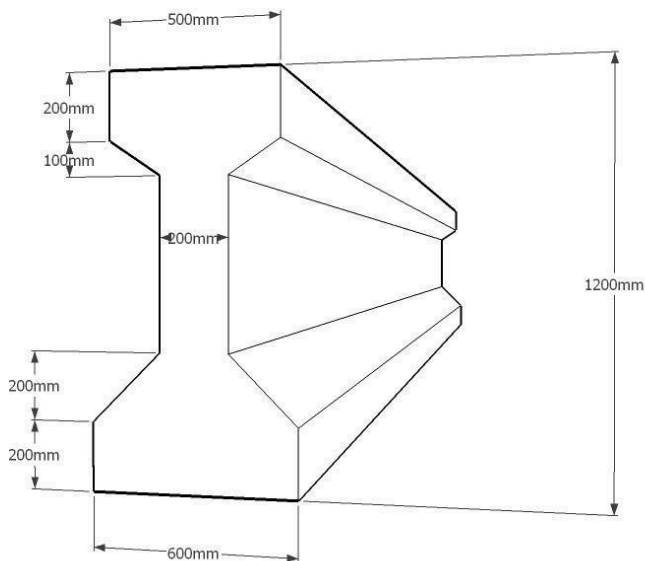
$\gamma_{EQ} = 0,3$  (jembatan penting)

$\gamma_{EQ} = 0$  (jembatan standar)

## 2.7. Jembatan Girder

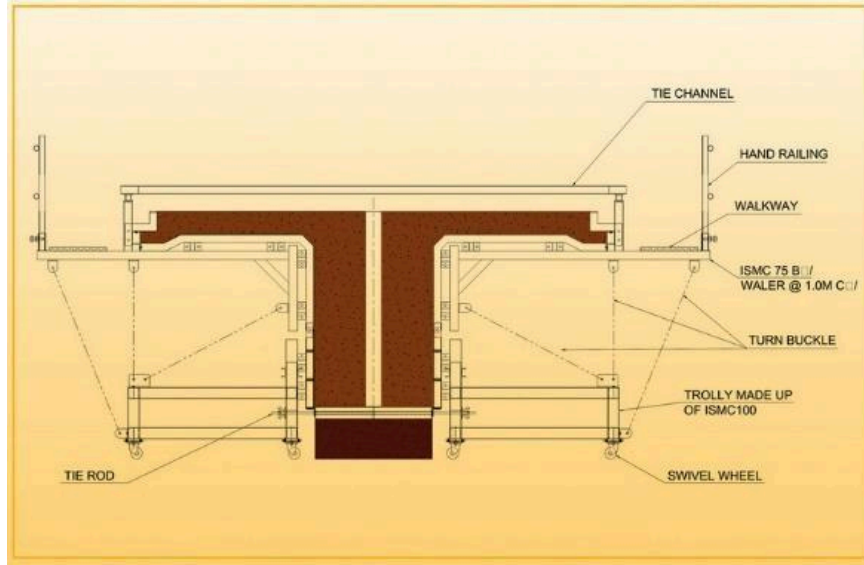
Girder atau gelagar jembatan merupakan balok yang akan mendukung semua beban yang bekerja pada jembatan kemudian meneruskannya ke struktur bawah jembatan. Girder diletakkan memanjang diantara dua penyangga (abutment dan pilar). Bahan girder umumnya merupakan profil baja bentuk H, kanal atau I namun itu semua tergantung perencanaannya. Menurut system perancangannya, girder dapat terbuat dari beton dengan bentuk I *girder*, *box*, maupun T *girder* serta pelaksanaan pembuatan girdernya dapat dilakukan secara on-site atau precast.

T girder merupakan struktur atas jembatan yang terbentuk T yang biasanya terdiri dari elemen beton prategang, baja komposit atau beton bertulang, keuntungan dari pada t-girder ini yaitu waktu pelaksanaan proyek menjadi lebih cepat karena slab jalan sudah menyatu dengan gelagarnya. Bentuk penampang dari t-girder dapat direncanakan sesuai keinginan dengan variasi tinggi dan jumlah t-girder sendiri baik tunggal ataupun ganda. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.6 dibawah ini



**Gambar 2.6** I Girder struktur Atas Jembatan Berbentuk I  
 (Sumber: SNI\_1725\_2016\_Pembebanan\_untuk\_jembatan )

Box girder adalah struktur atas jembatan terdiri dari balok-balok penopang utama yang berbentuk kotak berongga. box Girder biasanya terdiri dari elemen beton prategang, baja, komposit, dan beton bertulang. Salah satu keuntungan dari jembatan box girder yaitu ketahanan torsi yang lebih baik, yang sangat bermanfaat untuk aplikasi jembatan yang melengkung. Bentuk penampang dari box girder umumnya adalah persegi atau trapezium dan dapat direncanakan dengan single sel maupun multi sel. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.7 dibawah ini.



**Gambar 2.7 T Girder**  
*(Sumber Pengadaan Enprocurement)*

### 2.7.1 Preliminary Design

Perencanaan perancangan jembatan dapat di katakan merupakan bagian dari unsur - unsur seni dalam bidang rekayasa.

Gambar 2.7.1 detail dimensi penampang T girder.

Adapun pedoman preliminary design tumpang melintang box girder menurut ( Podolny, W, dan Muller, J.M.1982) adalah sebagai berikut :

1. Tafsiran tinggi box girder (H)

Untuk menentukan tinggi balok (H), digunakan rumus.

$$\frac{L}{15} \leq H \leq \frac{L}{30}$$

2. Ketebalan minimum web box girder

- a. Jika terdapat saluran atau duct tebal web minimum adalah 200 mm
- b. Jika terdapat saluran atau duct tebal minimum adalah 250 mm
- c. Jika terdapat angker tendon tebal minimum adalah 350 mm
- d. Jika gelagar menggunakan strand 12,5 mm tebal minimum adalah 300 mm

3. Ketebalan minimum top flange box girder

- a. Untuk lebar antar badan box  $< 3$  m, maka  $t_f = 175$  mm
- b. Untuk lebar antar badan box antara 3m – 4,5 m maka  $t_f = 200$  mm
- c. Untuk lebar antar badan box antara 4,5 m – 7,5 m maka  $t_f = 250$  m
- d. Untuk lebar antar badan box  $> 7,5$  m, maka digunakan system rib atau hollowslab

4. Ketebalan minimum bottom flange box girder

- a. Jika pada flange tidak diletakkan saluran atau duck, maka  $b_f = 175$  mm
- b. Jika pada flange diletakan saluran atau dutch, maka  $b_f = 200$  mm

## 2.8 Bahaya Gempa

Bahaya gempa pada jembatan harus dikarakterisasi dengan menggunakan respon spectra percepatan dan faktor situs untuk kelas situs yang sesuai. Respon spectra percepatan dapat ditentukan baik dengan prosedur umum (pasal 5.2,1) atau berdasarkan prosedur spesifik situs (pasal 5.2.2). prosedur spesifik situs dilakukan jika terdapat kondisi sebagai berikut:

- Jembatan berjarak 10 km dari patahan aktif
- Situs termasuk situs kategori situs kelas F sesuai tabel 2.8.1

Bila riwayat percepatan digunakan untuk karakteristik bahaya gempa pada situs tertentu, Maka riwayat percepatan tersebut harus sesuai pasal 6.3.4.1 SNI 2833:2016 Pembebanan untuk jembatan .

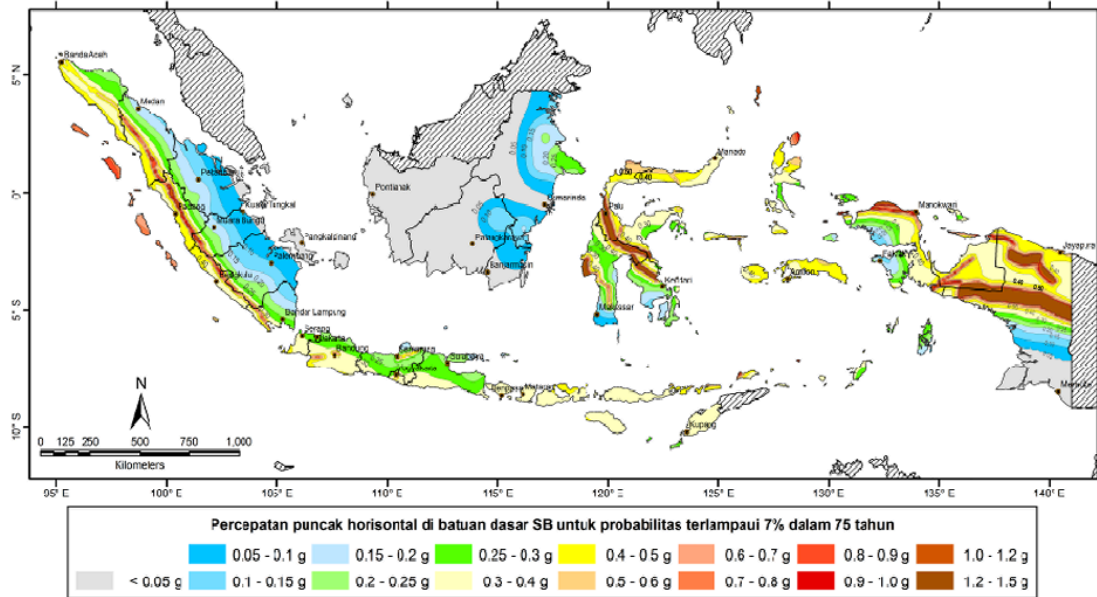
### 2.8.1 Prosedur Umum

Peta gempa dalam ketentuan ini meliputi peta percepatan puncak batuan dasar (PGA) dan respon spectra percepatan 0,2 detik dan 1 detik dibatuan dasar yang mewakili level hazard (potensi bahaya) gempa 1000 tahun dengan kemungkinan terlampaui 7% dalam 75 tahun.

**Tabel 2.7** – penjelasan peta gempa

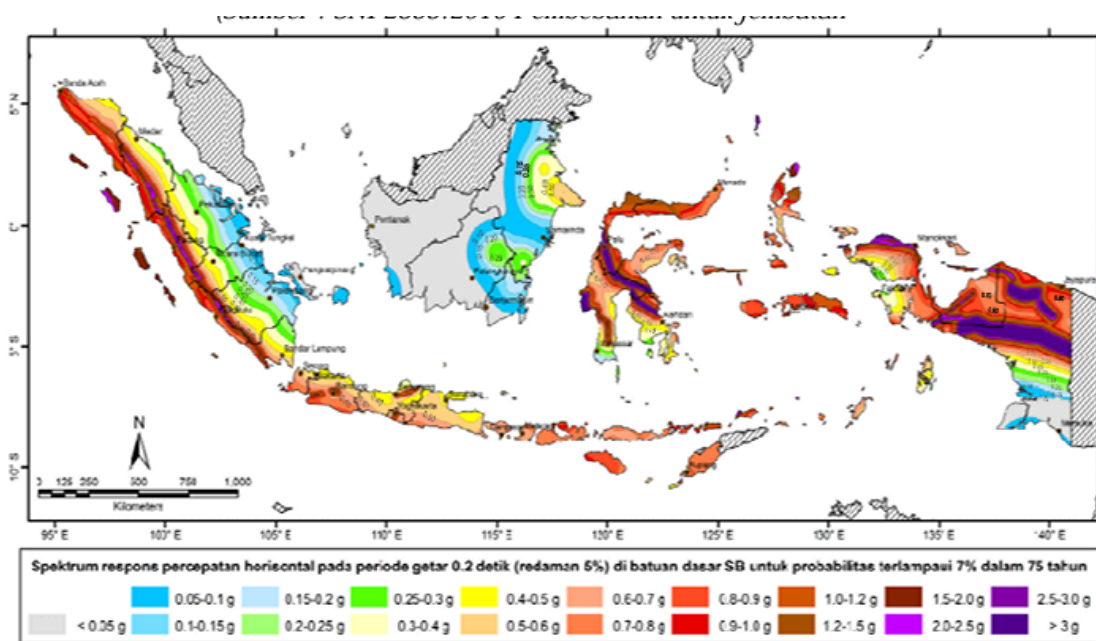
NO	NO GAMBAR	LEVEL GEMPA	KETERANGAN
1	GAMBAR 2.8	7% dalam 75 tahun (gempa $\approx$ 1000 tahun)	Peta percepatan puncak dibatuan dasar(PGA)
2	GAMBAR 2.9		Peta respon spectra percepatan 0,2 detik dibatuan dasar Ss
3	GAMBAR 2.10		Peta respons spectra percepatan 1,0 detik dibatuan dasar(S1)

(Sumber : SNI 2833:2016 Pembebanan untuk jembatan)



**Gambar 2.8.**– Peta Respons spectra percepatan 1 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun

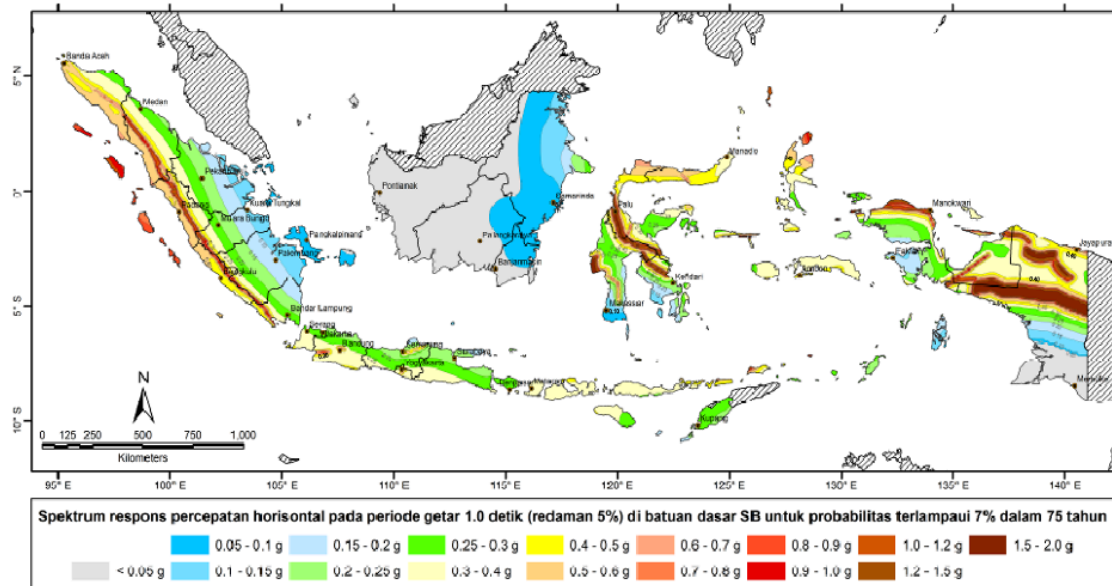
(Sumber : SNI 2833:2016 Pembebanan untuk jembatan)



**Gambar 2.9.**– Peta Respons spectra percepatan 1 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7%

dalam 75 tahun

(Sumber : SNI 2833:2016 Pembebanan untuk jembatan)



**Gambar 2.10.** - Peta respon spektra percepatan 0.2 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun

(Sumber : SNI 2833:2016 Pembebanan untuk jembatan)

## 2.8.2 Prosedur Spesifik Situs

Prosedur spesifik situs dapat dilakukan untuk pembuatan respons spectra rencana dan dapat dilakukan di lokasi manapun sesuai dengan persetujuan pemilik pekerjaan. Tujuan dari analisis probabilitas gerak tanah situs spesifik adalah untuk menghasilkan respons spectra percepatan yang memperhitungkan kemungkinan terlampaui 7% dalam 75 tahun pada nilai spectra pada rentang periode yang ditentukan. Pada analisis ini harus ditetapkan hal-hal sebagai berikut:

- Sumber gempa yang berkontribusi disekitar situs yang ditinjau
- Batas atas magnitude gempa untuk tiap sumber gempa
- Medan dari hubungan atenuasi untuk nilai spectra respons percepatan dan deviasi

standart yang terkait

- Hubungan magnitudo dan pengulangan yang terjadi untuk tiap sumber gempa
- Hubungan panjang runtuh patahan untuk tiap patahan yang berkontribusi

Ketidakpastian dalam pemodelan sumber gempa dan parameter harus diperhitungkan dalam analisis. Dokumen analisis bahaya gempa harus ditelaah oleh tenaga ahli yang terkait. Bila analisis untuk menentukan pengaruh situs diperlukan sesuai **pasal 5.3** sesuai situs F , pengaruh kondisi tanah local harus ditentukan berdasarkan penyidikan geoteknik dan analisis respons dinamik situs. Untuk situs yang terletak dalam jarak 10 km dari patahan aktif atau patahan dangkal, maka pengaruh dari patahan terhadap gerak tanah harus diperhitungkan karena dapat berpengaruh signifikan terhadap jembatan. Spectra deterministic dapat digunakan pada daerah yang telah diketahui patahan aktif bila spectra deterministic tidak lebih kecil duapertiga respons spectra probabilistic pada periode  $0,5 T_f$ , hingga  $2T_f$ , dengan  $T_f$  adalah periode fundamental jembatan. Bilamana penggunaan spectra deterministic lebih sesuai maka spectra tersebut harus

- Merupakan nilai terluar (envelope) dari nilai median spectra yang dihitung untuk magnitudo gempa maksimum karakteristik pada patahan umum yang diketahui, atau
- Spectra deterministic dapat ditentukan untuk tiap patahan dan tanpa adanya spectra control, maka tiap spectra harus digunakan.

Bila respons spectra ditentukan berdasarkan kajian spesifik situs, maka spectra tersebut tidak boleh lebih kecil dari duapertiga ( $2/3$ ) dari respons spectra yang diperoleh

berdasarkan prosedur umum pada periode  $0,5 T_f$  hingga  $2T_f$  pada spectra dengan  $T_f$  adalah periode fundamental jembatan.

## 2.9 Pengaruh Situs

### 2.9.1 Defenisi Kelas Situs

Klasifikasi situs pada pasal ini ditentukan untuk lapisab setebal 30 m sesuai dengan yang didasarkan pada kolerasi dengan hasil penyelidikan tanah lapangan dan laboratorium sesuai tabel 2.9.1

**Tabel 2.8.-** Kelas Situs

Kelas situs	$V_s$ (m/s)	N	Su (kPa)
A. Batuan Keras	$V_s \geq 1500$	N/A	N/A
B. Batuan	$750 < V_s < 1500$	N/A	N/A
C. Tanah sangat padat dan Batuan sangat lunak	$350 < V_s < 750$	$N > 50$	$Su \geq 100$
D. Tanah Sedang	$175 < V_s < 350$	$15 < N < 50$	$50 \leq Su \leq 100$
E. Tanah Lunak	$V_s < 175$	$N < 15$	$Su < 50$
	Atau setiap profil lapisan tanah dengan ketebalan lebih dari 3 m dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ , 2. Kadar air ( $w$ ) $> 40\%$ , dan 3. Kuat geser tak terdrainase $< 25$ kPa		

F. Lokasi yang membutuhkan penyelidikan geoteknik dan analisis respon dinamik spesifik	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik seperti : - Rentan dan berpotensi gagal terhadap beban gempa seperti likuifaksi, tanah lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung organik tinggi dan/atau gambut (dengan ketebalan > 3m) - Plastisitas tinggi (ketebalan H > 7,5m dengan PI > 75) - Lapisan lempung lunak/medium kaku dengan ketebalan H > 35m
--	--

Catatan : N/A = tidak dapat digunakan

(Sumber : SNI 2833:2016 Pembebanan untuk jembatan)

Disarankan menggunakan sedikitnya dua jenis penyelidikan tanah yang berbeda dalam pengklasifikasian jenis tanah ini. Pada tabel 2.9.1  $V_s$ ,  $N$ , dan  $S_u$  adalah nilai rata – rata berbobot cepat rambat gelombang geser, hasil uji penetrasi standart, dan kuat geser tak terdrainase dengan tebal lapisan tanah sebagai besaran pembobotnya dan harus dihitung persamaan- persamaan sebagai berikut :

$$\bar{V}_s = \frac{\sum_{i=1}^m t_i}{\sum_{i=1}^m \left(\frac{t_i}{V_{si}}\right)} \quad \bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^m t_i}{\sum_{i=1}^m \left(\frac{t_i}{N_i}\right)} \quad \bar{S}_u = \frac{\sum_{i=1}^m t_i}{\sum_{i=1}^m \left(\frac{t_i}{S_{ui}}\right)}$$

Keterangan

Ti = tebal lapisan tanah

Vsi = kecepatan rambat gelombang geser melalui lapisan tanah ke i

Ni = Nilai hasil uji penetrasi standar lapisan tanah ke i

Sui = kuat geser tanah terdrainase lapisan tanah ke i

M = jumlah lapisan tanah yang ada diatas batuan dasar

$$\sum_{i=1}^m t_i = 30 \text{ m}$$

2. ....

Untuk penentuan respons spectra dipermukaan tanah, diperlukan satu faktor imflikasi untuk PGA, periode pendek ( $T = 0,2$  detik) dan 1 detik. Faktor amplikasi meliputi amflikasi getaran terkait percepatan pada batuan dasar ( $F_{PGA}$ ) faktor amflikasi periode pendek ( $F_a$ ) dan faktor amflikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik ( $F_v$ ). **Tabel 2.9.1** dan **Tabel 2.9.2** memberikan nilai-nilai  $F_{PGA}$ ,  $F_a$ , dan  $F_v$  untuk berbagai klasifikasi jenis tanah.

**Tabel 2.9.-** faktor amflikasi untuk PGA dan 0,2 detik ( $F_{PGA}/F_a$ )

Kelas situs	PGA ≤ ,1	PGA = 0,2	PGA = 0,3	PGA = 0,4	PGA > 0,5
	Ss ≤ 0.25	Ss = 0.5	Ss = 0.75	Ss = 1.0	Ss ≥ 1.25
Batuan Keras (SA)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Batuan (SB)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Tanah Keras (SC)	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
Tanah Sedang (SD)	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
Tanah Lunak (SE)	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
Tanah Khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

Catatan : untuk nilai –nilai antara dapat dilakukan interpolasi linear

(Sumber : SNI 2833:2016 Pembebanan untuk jembatan)

Keterangan :

PGA = percepatan puncak batuan dasar sesuai peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun gambar 1

Ss = Parameter respons spektra percepatan gempa untuk periode pendek ( $T=0,2$  detik) dengan probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun gambar 2

SS = Lokasi yang memerlukan investigasi geoteknik dan analisis respons dinamik spesifik.

Kelas situs	$S1 \leq 0.1$	$S1 = 0.2$	$S1 = 0.3$	$S1 = 0.4$	$S1 \geq 0.5$
Batuan Keras (SA)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Batuan (SB)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Tanah Keras (SC)	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
Tanah Sedang (SD)	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
Tanah Lunak (SE)	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
Tanah Khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

**Catatan** : Untuk nilai-nilai antara dapat dilakukan interpolasi linier

(Sumber : SNI 2833:2016 Pembebanan untuk jembatan)

S1 = Parameter respons spektra percepatan gempa untuk periode 1 detik dengan metode probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun sesuai gambar 2.8.1.3.

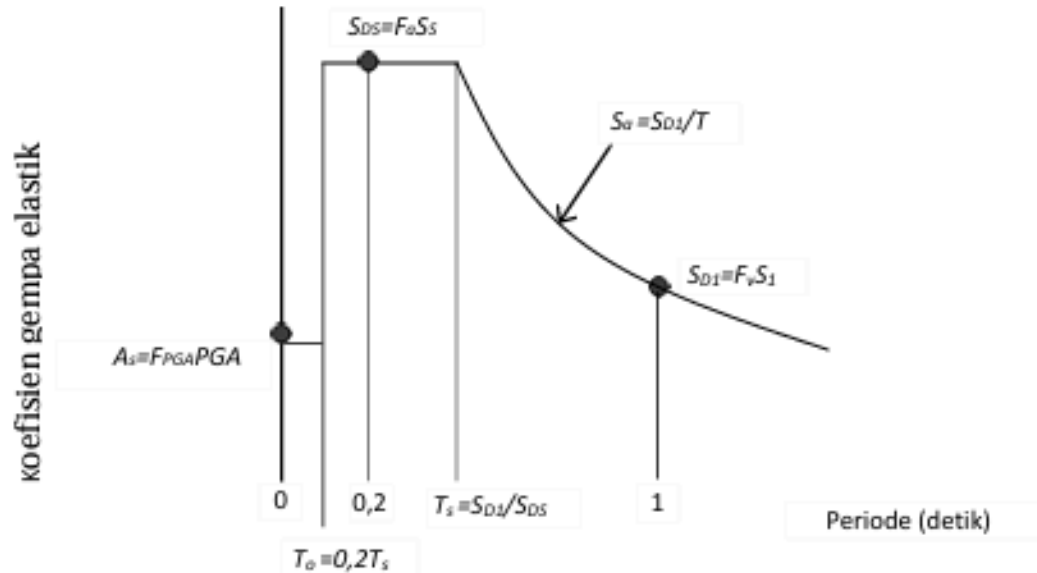
SS = Lokasi yang memerlukan investigasi geoteknik dan analisis respons dinamik spesifik.

## 2.10 Karakteristik Bahaya Gempa

### 2.10.1 Respons Spektra Rencana

Respons spektra adalah nilai yang menggambarkan respons maksimum sistem

berderajat-kebebasan- tunggal pada berbagai frekuensi alami teredam akibat suatu goyangan tanah. Untuk kebutuhan praktis, maka respons spektra dibuat dalam bentuk yang sudah disederhanakan.



**Gambar 2.11.** – bentuk tipikal respons spektra dipermukaan tanah

(Sumber : SNI 2833:2016 Pembebanan untuk jembatan)

Respons spektra dipermukaan tanah ditentukan dari 3 nilai percepatan puncak yang mengacu pada peta gempa Indonesia dengan probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun (PGA, S<sub>s</sub>, S<sub>i</sub>) serta nilai faktor amplikasi F<sub>PGA</sub>, F<sub>a</sub>, F<sub>v</sub>, perumusan respons spektra :

$$A_s = F_{PGA} \times PGA$$

$$S_{DS} = F_a \times S_s$$

$$S_{DS} = F_v \times S_1$$

### 2.10.2 Koefisien Gempa Respons Elastis

1. Untuk periode lebih kecil dari  $T_0$ , koefisien respons gempa elastis ( $C_{sm}$ ) didapatkan dari persamaan :

$$C_{sm} = (S_{DS} - A_s) \frac{T}{T_0} + A_s$$

2. Untuk periode lebih besar atau sama dengan  $T_0$ , dan lebih kecil atau sama dengan  $T_s$ , respons spektra percepatan  $C_{sm}$  adalah  $S_{DS}$

3. Untuk periode lebih besar dari  $T_s$ , koefisien respons gempa elastis  $C_{sm}$  didapatkan dari persamaan :

$$C_{sm} = \frac{S_{D1}}{T}$$

**Keterangan:**

$S_{DS}$  adalah nilai spektra permukaan tanah pada periode pendek ( $T=0,2$  detik).

$S_{D1}$  adalah nilai spectra permukaan tanahh pada periode 1,0 detik

$T_0$  0,2  $T_s$        $T_z = \frac{S_{dD1}}{S_{DS}}$

$S_{DI}$  adalah nilai spektra permukaan tanah pada periode 1,0 detik  
 $T_0 = 0,2 T_s$   $T_s = \frac{SD1}{SDs}$

Penggunaan masing- masing persamaan dapat membentuk respons spektra diatas permukaan tanah seperti digambar 4.

### 2.10.3 Klasifikasi Operasional

Pemilik pekerjaan atau pihak yang berwenang harus dapat mengklasifikasikan jembatan kedalam satu dari tiga kategori sebagai berikut:

- Jembatan sangat penting ( critical bridgeas )
- Jembatan penting ( essential bridges)
- Jembatan lainnya ( other bridges)

Jembatan penting harus dapat dilalui kendaraan darurat dan untuk kepentingan keamanan pertahanan beberapa hari setelah mengalami rencana dengan periode ulang 1000 tahun. Untuk jembatan sangat penting, maka jembatan harus bisa dilalui semua kendaraan ( lalulintas normal) dan kendaraan darurat dan untuk keamanan setelah mengalami gempa dengan periode ukang 1000 tahun. Jembatan lainnya ialah jembatan yang dapat dilalui kendaraan darurat dengan terbatas setelah mengalami gempa rencana periode ulang 1000 tahun.

### 2.10.4 Katerogri Kerja Seismik

Setiap jembatan harus ditetapkan dalam salah satu empat zona gempa berdasarkan percepatan periode 1 detik.

**Tabel 2.11** kategori tersebut menggambarkan variasi resiko seismik dan digunakan untuk penentuan metode analisis, panjang tumpuan minimum, detail perencasnaan kolom serta prosedur desai pondasi dan kepala jembatan.

**Tabel 2.11** – Zona Gempa

<b>Koefisien percepatan (SDI)</b>	<b>Zona gemp a</b>
$SDI \leq 0,15$	1
$0,15 < SDI \leq 0,30$	2
$0,30 < SDI \leq 0,50$	3
$SDI > 0,50$	4

**Catatan :**  $SDI = F_v \times S1$   
(Sumber : SNI 2833:2016 Pembebanan untuk jembatan)

SDI adalah nilai spektra permukaan tanah pada periode 1,0 detik  $F_v$  adalah nilai faktor amplifikasi untuk periode 1 detik ( $F_v$ )

S1 adalah parameter respons spektra percepatan gempa untuk periode 1,0 detik mengacu pada Peta Gempa Indonesia dengan probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun (**Gambar 2.9**).