

## PERBANDINGAN MODEL ANALISIS BEBAN GEMPA ANTARA PERATURAN GEMPA TAHUN 2005 DENGAN PETA GEMPA 2010 TERHADAP JEMBATAN EKSISTING

<sup>1</sup>N. Retno Setiati, dan <sup>2</sup>Indra Kusuma Aprianto

<sup>1</sup>Pusat Litbang Jalan dan Jembatan, Jl. A.H. Nasution No. 264 Bandung 40294

E-mail : [retnoseiati@yahoo.com](mailto:retnoseiati@yahoo.com)

**Abstrak.** Secara umum jembatan-jembatan di Indonesia pada mulanya dirancang menggunakan Peraturan Perencanaan Jembatan mulai dari SKBI No. 1.3.28 tahun 1987 sampai berkembang ke Peraturan Pembebanan untuk Jembatan RSNI T-02-2005. Indonesia yang berada pada zona tektonik yang sangat aktif merupakan wilayah yang sangat rawan terhadap gempa bumi. Gempa tersebut menyebabkan terjadinya keruntuhan dan kerusakan ribuan infrastruktur termasuk jembatan. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui perubahan besarnya beban gempa berdasarkan Peraturan Pembebanan Untuk Jembatan Tahun 2005 terhadap Peta Gempa Indonesia 2010 dalam kaitannya dengan kekuatan jembatan eksisting di Indonesia. Metodologi yang digunakan meliputi kajian pembebanan untuk jembatan, pembuatan model struktur, analisis desain struktur jembatan berdasarkan Peraturan Pembebanan 2005 dan Peta Gempa 2010, selanjutnya dilakukan perbandingan hasil kajian beban gempa terhadap struktur jembatan. Sebagai batasan masalah, dibuat studi kasus perancangan jembatan Cisambeng II.

Berdasarkan analisis dan evaluasi, diperoleh bahwa dengan Peta Gempa 2010 terjadi perubahan gaya akibat gempa pada struktur abutment dan pondasi, dimana gaya yang terjadi mengalami peningkatan koefisien gempa 3 (tiga) kali lebih besar dibandingkan Peraturan Pembebanan Tahun 2005.

**Kata kunci** : jembatan eksisting, zona gempa, peta gempa, pembebanan, Cisambeng II

### 1. Pendahuluan

Jembatan merupakan salah satu infrastruktur jalan yang menghubungkan suatu wilayah ke wilayah lainnya. Oleh karena fungsi jembatan sebagai penghubung urat nadi perekonomian, maka sudah seharusnya suatu struktur jembatan memiliki persyaratan-persyaratan tertentu dalam suatu kriteria desain, baik dari segi kekuatan, kekakuan, daya layan, dan juga syarat ekonomis.

Syarat suatu desain jembatan harus memperhitungkan faktor beban yang bekerja baik beban hidup, beban mati, beban akibat pengaruh suhu, beban rem, dan beban lainnya termasuk adalah beban gempa.

Pada umumnya tipe kerusakan yang terjadi akibat gempa kebanyakan adalah dikarenakan struktur belum memenuhi persyaratan desain, demikian juga rancangan struktur juga masih belum memenuhi syarat terjadinya kerusakan bangunan akibat gempa dan juga likuifaksi.

Saat ini ada peraturan yang terbaru untuk mendesain struktur jembatan akibat gempa yaitu Peta Gempa Indonesia 2010. Perubahan analisis perhitungan gaya gempa terhadap struktur jembatan dari Peraturan Pembebanan 2005 kepada Peta Gempa 2010 dimaksudkan untuk mengantisipasi terjadinya kerusakan infrastruktur dan mengurangi korban jiwa akibat gempa besar yang terjadi dalam kurun waktu terakhir ini. Sebelumnya jembatan di Indonesia dirancang dengan menggunakan peraturan tahun 1987 sampai peraturan tahun 2005. Seiring dengan terjadinya gempa besar dalam tahun-tahun terakhir ini (misalnya gempa Aceh yang disertai tsunami tahun 2004 (Mw = 9,2), gempa Nias tahun 2005 (Mw = 8,7), gempa Jogja tahun 2006 (Mw = 6,3), dan terakhir gempa Padang tahun 2009 (Mw = 7,6) perlu dikaji kembali kekuatan struktur jembatan dengan menggunakan Peta Gempa Indonesia 2010.

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui besarnya peningkatan gaya akibat gempa dari Peraturan Pembebanan Tahun 2005 terhadap Peta Gempa 2010. Analisis perancangan struktur jembatan terhadap beban akan dibatasi untuk struktur jembatan rangka baja Cisambeng II. Jembatan Cisambeng II terletak di jalur Jalan Nasional Majalengka–Cirebon, tepatnya di Km.CRB 41+641 dengan panjang 50 m. Beberapa tahun terakhir diketahui bahwa kondisi lantai beton jembatan tersebut mulai mengalami kerusakan (retak dan pecah).

Jembatan Cisambeng II dirancang menggunakan Peraturan Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya SKBI No.1.3.28.1987. Namun demikian, peraturan SKBI tersebut telah mengalami revisi dan menjadi peraturan terbaru yaitu Peraturan Pembebanan untuk Jembatan RSNI T-02-2005. Dengan adanya kejadian beberapa gempa di Indonesia maka pemerintah telah menerbitkan peraturan gempa dan Peta zona gempa terbaru. Sehingga, perlu dilakukan perancangan ulang jembatan Cisambeng II tersebut.

## 2. Kajian Pustaka

Gempa dahsyat yang melanda Indonesia tiga tahun terakhir yang telah menimbulkan korban terhadap manusia dan harta benda yang cukup besar di antaranya gempa/tsunami Aceh 9 skala Richter, gempa Nias 8,7 skala Richter, gempa Yogyakarta 5,9 skala Richter, gempa Bengkulu 7,9 skala Richter (<http://www.voaislam.com/news/indonesia/2009/09/02/982/3586-unit-rumah-rusak-akibat-gempa-bumi>). Beberapa kerusakan infrastruktur akibat gempa dapat dilihat pada Gambar 1 sampai Gambar 3 berikut.



**Gambar 1.** Siar Muai Jembatan yang Terputus



**Gambar 2.** Lepasnya Struktur Bangunan Atas Dari Pilar Jembatan



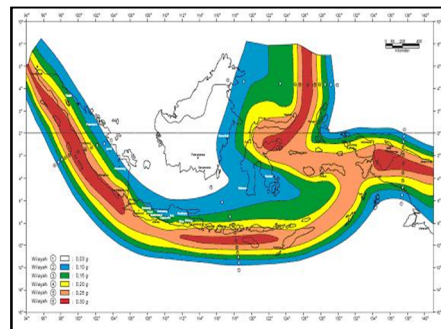
**Gambar 3.** Retak Berat Pada Struktur Pilar

Saat ini peraturan untuk mendesain gempa di Indonesia masih menggunakan SNI 1726 yang diterbitkan pada tahun 2002. Peraturan tersebut telah banyak mengalami revisi menjadi RSNI T – 02 – 2005 (Standar Pembebanan Untuk Jembatan). Untuk selanjutnya perhitungan beban gempa yang ada dalam peraturan RSNI T – 02 – 2005 tersebut disesuaikan dengan Peta Gempa 2010.

**2.1 SNI-03-1726-2002 (Stándar perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan dan gedung)**

Berdasarkan SNI-03-1726-2002, wilayah gempa Indonesia dibagi menjadi 6 (enam) wilayah (Tabel 1).

Zona	Interval $a_{maks}$ .
1	0,03 g
2	0,10 g
3	0,15 g
4	0,20 g
5	0,25 g
6	0,30 g



**Tabel 1.** Wilayah Gempa Berdasarkan SNI-03-1726-2002

**Gambar 4.** Peta Wilayah Gempa Indonesia 2002

Peta wilayah gempa Indonesia dapat dilihat di Gambar 4.

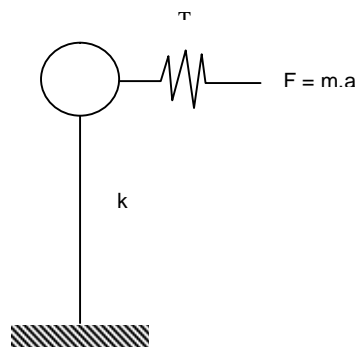
Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam perhitungan desain untuk gaya gempa berdasarkan peta gempa ini di antaranya :

- Gempa horisontal  
 Gaya gempa horisontal yang terjadi pada struktur jembatan dapat dimodelkan seperti Gambar 5. berikut :

$$V = \frac{C_1}{R} IW_T \dots\dots (1)$$

Keterangan :

$C_1$  adalah faktor respons gempa ; I adalah faktor keutamaan bangunan ;  $W_T$  adalah berat total (termasuk beban hidup) ; R adalah faktor reduksi gempa



**Gambar 5.** Model Gaya Gempa Horisontal pada Struktur Jembatan

Faktor yang membedakan gaya gempa pada ke enam wilayah Indonesia adalah  $C_1$ , sedangkan faktor lainnya adalah tetap sama.

- Gempa vertikal

Gaya gempa vertikal dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$V = \frac{C_v}{R} IW_T \quad \dots\dots (2)$$

$$C_v = \Psi A_0 I \quad \dots\dots (3)$$

Keterangan :

$C_v$  adalah koefisien gempa vertikal ;  $\Psi$  adalah faktor respons gempa vertikal ;  $A_0$  adalah faktor tanah ;  $I$  adalah faktor keutamaan bangunan ;  $R$  adalah faktor reduksi ;  $W_T$  adalah berat total bangunan.

## 2.2 RSNI T-02-2005 (Standar Pembebanan untuk Jembatan)

Beban rencana gempa minimum diperoleh dari rumus berikut :

$$T^*_{EQ} = K_h IW_T \quad \dots\dots (4)$$

$$K_h = CS \quad \dots\dots (5)$$

keterangan :

$T^*_{EQ}$  adalah gaya geser dasar total dalam arah yang ditinjau (kN) ;

$K_h$  adalah koefisien beban gempa horizontal ;

$C$  adalah koefisien geser dasar untuk daerah, waktu dan kondisi setempat ;

$I$  adalah faktor kepentingan

$S$  adalah faktor tipe bangunan

$W_T$  adalah berat total nominal bangunan yang mempengaruhi percepatan gempa,

diambil sebagai beban mati ditambah beban mati tambahan (kN). Berikut gambar peta gempa 2005 (Gambar 6).



**Gambar 6.** Wilayah gempa periode ulang 500 tahun

Peta gempa untuk periode ulang 100 tahun, 200 tahun, 500 tahun dan 1000 tahun (Tabel 2) menunjukkan akselerasi di batuan dasar sebagai berikut:

**Tabel 2.** Akselerasi puncak PGA di batuan dasar sesuai periode ulang

PGA (g)	100 tahun	200 tahun	500 tahun	1000 tahun
Wilayah 1	0,40-0,46	0,47-0,53	0,53 – 0,60	0,59-0,67
Wilayah 2	0,35-0,38	0,40-0,44	0,46 – 0,50	0,52-0,56
Wilayah 3	0,27-0,30	0,32-0,35	0,36 – 0,40	0,40-0,45
Wilayah 4	0,20-0,23	0,23-0,26	0,26 – 0,30	0,29-0,34
Wilayah 5	0,11-0,15	0,13-0,18	0,15 – 0,20	0,17-0,22
Wilayah 6	0,04-0,08	0,04-0,09	0,05 – 0,10	0,06-0,11

### 2.3 Peta Gempa Indonesia 2010

Peta Gempa Indonesia 2010 merupakan peta percepatan puncak (PGA) dan respon spektra percepatan 0,2 detik dan 1,0 detik di batuan dasar ( $S_B$ ) yang mewakili tiga level hazard (potensi bahaya) gempa 500, 1000 dan 2500 tahun dengan kemungkinan terlampaui 10% dalam 50 tahun, 10% dalam 100 tahun, dan 2% dalam 50 tahun. Besarnya percepatan puncak di permukaan tanah ditentukan dengan mengalikan faktor amplifikasi percepatan ( $F_{PGA}$ ) dengan besar percepatan puncak di batuan dasar. Besarnya  $F_{PGA}$  tergantung dari klasifikasi jenis tanah. Nilai  $F_{PGA}$  ditentukan dari Tabel 3.

**Tabel 3.** Besarnya nilai faktor amplifikasi  $F_{PGA}$  untuk nilai percepatan puncak di permukaan tanah

Klasifikasi Jenis Tanah	$S_{PGA}$				
	$PGA \leq 0.1$	$PGA 0.2$	$PGA 0.3$	$PGA 0.4$	$PGA \geq 0.5$
Site Tanah Keras (SC)	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
Site Tanah Sedang (SD)	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
Site Tanah Lunak (SE)	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
Site Tanah Khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

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

Keterangan :

$S_{PGA}$  adalah nilai percepatan puncak di batuan dasar ( $S_B$ ) mengacu pada Peta Gempa Indonesia 2010 ;  
SS adalah lokasi yang memerlukan investigasi geoteknik dan analisis respon dinamik spesifik

### 2.4 Penentuan Respon Spektra di Permukaan Tanah

Untuk penentuan respon spektra di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi pada periode pendek ( $T = 0,2$  detik) dan periode 1,0 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek ( $F_a$ ) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1,0 detik ( $F_v$ ). Tabel 4 dan Tabel 5 memberikan nilai-nilai  $F_a$  dan  $F_v$  tersebut untuk berbagai klasifikasi jenis tanah.

**Tabel 4.** Besarnya nilai faktor amplifikasi untuk periode pendek ( $F_a$ )

Jenis Tanah	$S_s$				
	$\leq 0.25$	0.5	0.75	1.0	$\geq 1.25$
Site Tanah Keras (SC)	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
Site Tanah Sedang (SD)	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
Site Tanah Lunak (SE)	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
Site Tanah Khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

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

**Tabel 5.** Besarnya nilai faktor amplifikasi untuk periode 1 detik ( $F_v$ )

Jenis Tanah	$S_1$				
	$\leq 0.1$	0.2	0.3	0.4	$\geq 0.5$
Site Tanah Keras (SC)	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
Site Tanah Sedang (SD)	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
Site Tanah Lunak (SE)	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
Site Tanah Khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

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

Respon spektra di permukaan tanah ditentukan dari 2 (dua) nilai percepatan puncak yang mengacu pada peta gempa Indonesia 2010 ( $S_S$  dan  $S_1$ ), serta nilai faktor amplifikasi  $F_a$  dan  $F_v$ . Rumus respon spektra adalah :

$$S_{DS} = F_a \times S_S \quad \dots (6)$$

$$S_{D1} = F_v \times S_1 \quad \dots (7)$$

Untuk periode lebih kecil dari  $T_0$ , respon spektra percepatan,  $S_a$  didapatkan dari persamaan berikut :

$$S_a = S_{DS} \left( 0.4 + 0.6 \frac{T}{T_0} \right) \quad \dots (8)$$

1. Untuk periode lebih besar atau sama dengan  $T_0$ , dan lebih kecil atau sama dengan  $T_S$ , respon spektra percepatan,  $S_a$  adalah sama dengan  $S_{DS}$ .
2. Untuk periode lebih besar dari  $T_S$ , respon spektra percepatan,  $S_a$  didapatkan dari persamaan berikut :

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad \dots (9)$$

Keterangan :

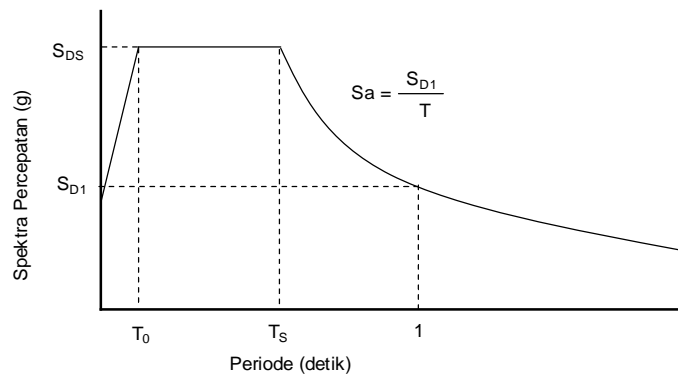
$S_{DS}$  = nilai spektra permukaan tanah pada periode pendek ( $T = 0,2$  detik)

$S_{D1}$  = nilai spektra permukaan tanah pada periode 1,0 detik

$$T_0 = 0.2 T_s \quad \dots (10)$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad \dots (11)$$

Penggunaan masing-masing persamaan dalam membentuk respon spektra di permukaan seperti diperlihatkan pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Bentuk tipikal respon spektra di permukaan tanah

Pada perencanaan bangunan dan infrastruktur, respon spektra desain yang digunakan merupakan respon spektra di atas dikalikan dengan suatu faktor tertentu sesuai dengan peraturan yang berlaku.

### 3. Hipotesis

Struktur jembatan yang didesain dengan menggunakan Peta Gempa Indonesia 2010 akan mengalami peningkatan kapasitas lebih besar dibandingkan dengan RSNI T-02-2005 (Standar Pembebanan untuk Jembatan).

## 4. Metodologi

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

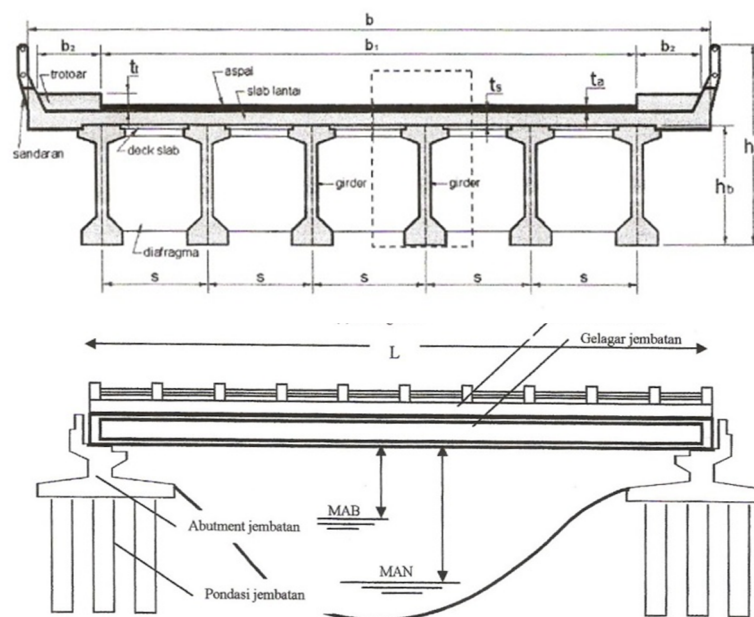
- Penentuan tipe jembatan yang akan digunakan sebagai studi kasus. Tipe jembatan Cisambeng II merupakan struktur jembatan prategang dengan bentang 50 meter menggunakan fondasi borepile.
- Membuat model analisis struktur jembatan.
- Menghitung nilai kapasitas jembatan Cisambeng II yang ada (jembatan eksisting).
- Melakukan analisis perhitungan beban (termasuk beban gempa) berdasarkan RSNI T – 02 – 2005 (Standar Pembebanan Untuk Jembatan).
- Melakukan analisis perhitungan beban gempa berdasarkan Peta Gempa 2010.
- Membandingkan hasil analisis desain dari struktur jembatan Cisambeng II.

## 5 Hasil dan Analisis

Data teknis perancangan jembatan Cisambeng II adalah sebagai berikut :

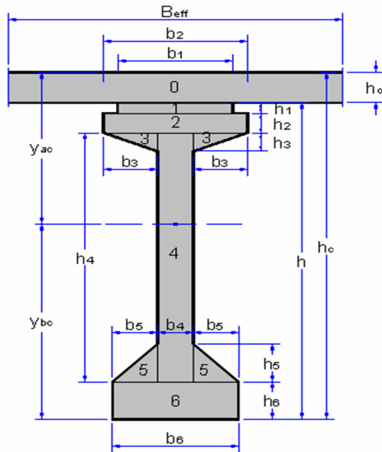
- Nama jembatan : Jembatan Cisambeng II
- Lebar jembatan : 7 meter
- Lebar trotoar : 2 x 1,2 meter
- Struktur bangunan atas : beton prategang ( $f_c' 58 \text{ MPa}$ )
- Panjang bentang : 50 meter
- Jenis strands : 7 wire super strands ASTM A -416 grade 270
- Mutu beton lantai dan abutment  $f_c' 29 \text{ MPa}$
- Mutu baja tulangan  $f_y 390 \text{ MPa}$

Gambar 8. menunjukkan potongan melintang dan memanjang dari jembatan Cisambeng II.



**Gambar 8.** Potongan Melintang dan Memanjang Jembatan Cisambeng II

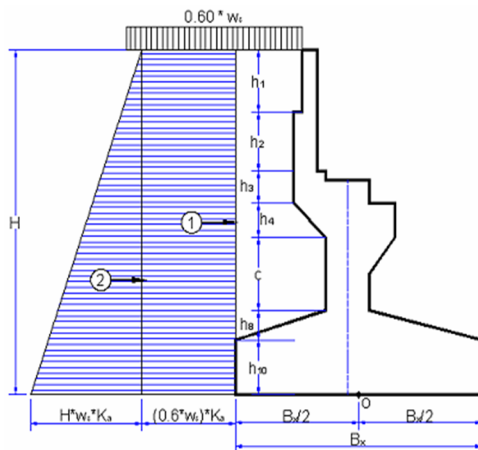
Dimensi penampang jembatan dapat dilihat pada gambar 9.



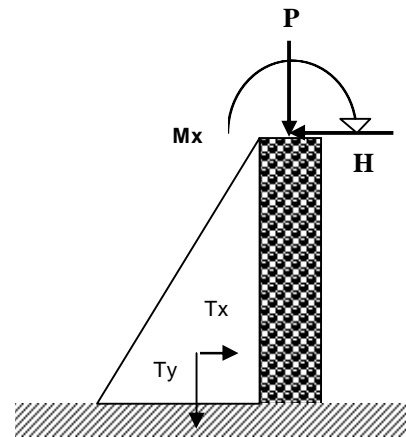
No	Dimensi		Luas Tampang	Jarak Thdp Alas	Statis Momen	Inersia Momen	Inersia Momen
	Lebar (m)	Tinggi (m)					
0	0,93	0,20	0,18607	2,450	0,45586	1,11686	0,00062
1	0,64	0,07	0,04480	2,315	0,10371	0,24009	0,00002
2	0,80	0,18	0,14400	2,190	0,31536	0,69064	0,00039
3	0,25	0,15	0,03750	2,050	0,07688	0,15759	0,00005
4	0,30	1,80	0,54000	1,200	0,64800	0,77760	0,14580
5	0,25	0,30	0,07500	0,400	0,03000	0,01200	0,00038
6	0,80	0,30	0,24000	0,150	0,03600	0,00540	0,00180
Total			1,26737		1,66581	3,00018	0,14905

Gambar 9. Ukuran penampang gelagar beton prategang

Penelitian ini difokuskan pada perilaku struktur bangunan bawah, dikarenakan gempa yang terjadi merupakan gempa yang berasal dari pusat gempa dan merambat ke permukaan tanah.



Gambar 10(a). Gaya-gaya yang bekerja pada abutment



Gambar 10(b). Permodelan struktur abutment

Dari rekapitulasi kombinasi beban, diperoleh gaya-gaya dalam maksimum berdasarkan batas layan dan batas ultimate yang bekerja pada struktur abutment (Tabel 6a dan Tabel 6b).

No.	Aksi / Beban	Vertikal	Horizontal		Momen	
		P	T <sub>x</sub>	T <sub>y</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>
		(kN)	(kN)	(kN)	(kN.m)	(kN.m)
1	Kombinasi - 1	7,112.29	1,680.07	0.00	1,309.25	0.00
2	Kombinasi - 2	6,130.26	1,680.07	0.00	1,505.65	0.00
3	Kombinasi - 3	5,926.04	1,651.82	0.00	1,041.74	0.00
4	Kombinasi - 4	5,926.04	1,555.07	0.00	796.50	0.00
5	Kombinasi - 5	5,951.24	1,555.07	68.91	791.46	442.55
6	Kombinasi - 6	5,926.04	1,555.07	0.00	796.50	0.00

Tabel 6a. Gaya-gaya dalam berdasarkan batas layan

yaNo.	Aksi / Beban	Vertikal	Horizontal		Momen	
		P	T <sub>x</sub>	T <sub>y</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>
		(kN)	(kN)	(kN)	(kN.m)	(kN.m)
1	Kombinasi - 1	10,076.31	2,168.83	0.00	1,747.74	0.00
2	Kombinasi - 2	8,308.65	1,943.83	0.00	751.28	0.00
3	Kombinasi - 3	7,941.06	1,943.83	0.00	824.79	0.00
4	Kombinasi - 4	7,971.30	1,943.83	82.69	818.75	531.06
5	Kombinasi - 5	7,941.06	6,154.35	1,505.90	16,422.75	5,520.51
6	Kombinasi - 6	7,941.06	1,943.83	0.00	824.79	0.00

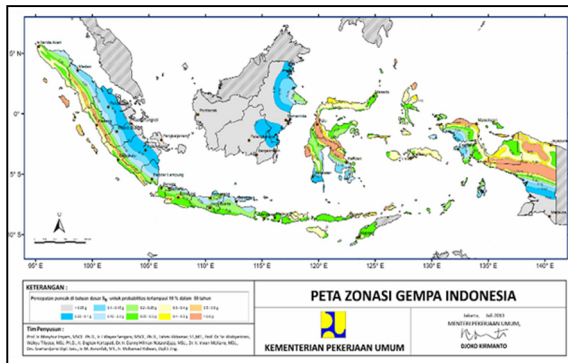
Tabel 6b. Gaya-gaya dalam berdasarkan batas ultimate



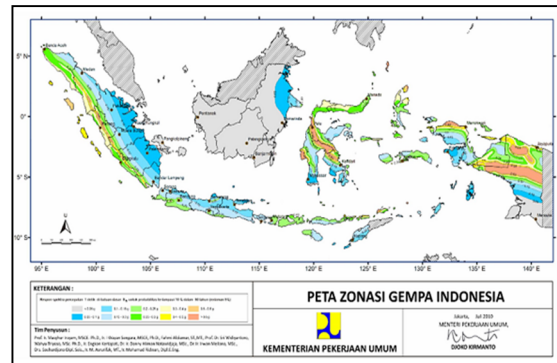
Dari gaya dalam tersebut diperoleh desain perancangan jembatan Cisambeng II yang mengacu pada Standar Pembebanan Untuk Jembatan (RSNI T-02-2005) dengan penyesuaian peta gempa 2010.

Prosedur Analisis Perhitungan Beban Gempa Berdasarkan Peta Gempa Indonesia 2010 adalah sebagai berikut :

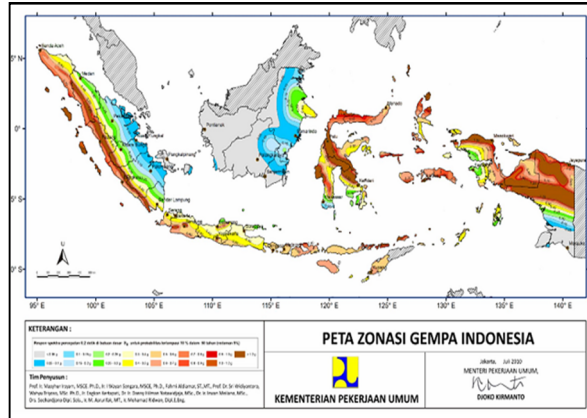
1. Dalam kajian ini digunakan peta gempa dengan level gempa terlampaui 10% dalam 50 tahun atau level hazard (potensi bahaya) gempa 500 tahun, dikarenakan jembatan Cisambeng II merupakan jembatan sederhana di atas dua tumpuan dengan bentang 50 m dan tidak memiliki pilar di tengah bentang (Gambar 11, Gambar 12, Gambar 13).



**Gambar 11.** Peta percepatan puncak di batuan dasar ( $S_B$ ) untuk probabilitas terlampaui 10% dalam 50 tahun



**Gambar 12.** Peta respon spektra percepatan 0,2 detik di batuan dasar ( $S_B$ ) untuk probabilitas terlampaui 10% dalam 50 tahun



**Gambar 13.** Peta respon spektra percepatan 1,0 detik di batuan dasar ( $S_B$ ) untuk probabilitas terlampaui 10% dalam 50 tahun

2. Menghitung berat total struktur ( $W_T$ )

Beban yang bekerja :

- Berat sendiri  $P_{MS} = 5,587.16$  kN yang terdiri atas struktur atas ( $P_{MS1}$  adalah 4.879,85 kN) dan struktur bawah ( $P_{MS2}$  adalah 707,31 kN).
- Beban akibat beban mati tambahan ( $P_{MA}$  adalah 338,88 kN).

Maka beban total struktur yang bekerja adalah :

$$W_T = P_{MS1} + P_{MS2} + P_{MA}$$

$$W_T = 5926,04 \text{ kN}$$

Menentukan nilai periode getar (T) berdasarkan bentuk konstruksi :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{W_{TP}}{(g \cdot K_p)}} = 0,13$$

3. Menentukan jenis klasifikasi tanah

Jenis tanah pada jembatan Cisambeng II merupakan tanah keras. Dari hasil pengujian tanah diperoleh nilai SPT  $N = 54,50 < 50$  yang merupakan batasan untuk klasifikasi jenis tanah sangat padat dan batuan lunak (SC) dari Tabel 7.

**Tabel 7.** Klasifikasi jenis tanah dari korelasi penyelidikan lapangan dan laboratorium

Klasifikasi Jenis Tanah	$\bar{V}_s$ (m/s)	$\bar{N}$	$\bar{S}_u$ (kPa)
D. Tanah Sedang	$175 < \bar{V}_s \leq 350$	$15 \leq \bar{N} \leq 50$	$50 \leq \bar{S}_u \leq 100$
E. Tanah Lunak	$\bar{V}_s < 175$	$\bar{N} < 15$	$\bar{S}_u < 50$
F. Lokasi yang membutuhkan penyelidikan geoteknik dan analisis respon dinamik spesifik	Atau setiap profil lapisan tanah dengan ketebalan lebih dari 3 m dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ , 2. Kadar air ( $w$ ) $\geq 40\%$ , dan 3. Kuat geser tak terdrainase $\bar{S}_{ug} < 25$ kPa		
	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 $> 3$ m) - Plastisitas tinggi (ketebalan $H > 7.5$ m dengan $PI > 75$ ) - Lapisan lempung lunak/medium kaku dengan ketebalan $H > 35$ m		

4. Menentukan percepatan puncak di permukaan tanah

Menggunakan peta pada Gambar 11. didapat nilai koefisien respon ( $S_{PGA}$ ) = 0,40g dan diplotkan dalam tabel didapat faktor amplifikasinya ( $F_{PGA}$ ) = 1,00 maka di dapat nilai percepatan puncak :

$$PGA_M = F_{PGA} \times S_{PGA} = 1,00 \times 0,40 = 0,40$$

5. Menentukan respon spektra di permukaan tanah

- Untuk periode pendek

Berdasarkan gambar 12. didapat nilai koefisien respon ( $S_S$ ) = 0,75g. Plotkan dalam tabel didapat faktor amplifikasi periode pendek ( $F_a$ ) = 1,10 maka nilai respon spektra pada periode pendek adalah :

$$S_{DS} = F_a \times S_S = 0,825$$

- Untuk periode 1 detik

Berdasarkan gambar 13. didapat nilai koefisien respon ( $S_1$ ) = 0,30g. Plotkan dalam tabel didapat faktor amplifikasi periode pendek ( $F_v$ ) = 1,50 maka nilai respon spektra pada periode pendek adalah :

$$S_{D1} = F_1 \times S_1 = 0,45$$

6. Menghitung nilai  $T_0$  dan  $T_s$  dari nilai  $S_{DS}$  dan  $S_{D1}$

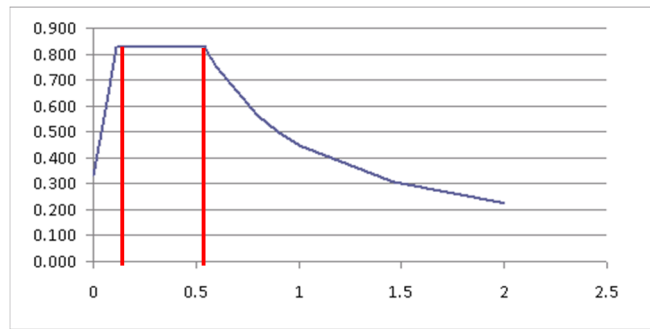
Untuk nilai  $T_s$  didapat nilai sebagai berikut :

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0,45}{0,825} = 0,55$$

Sedangkan untuk nilai  $T_0$  sebagai berikut :

$$T_0 = 0,2 \times T_s = 0,2 \times 0,55 = 0,11$$

Sehingga didapat bentuk tipikal respon spektra seperti berikut :

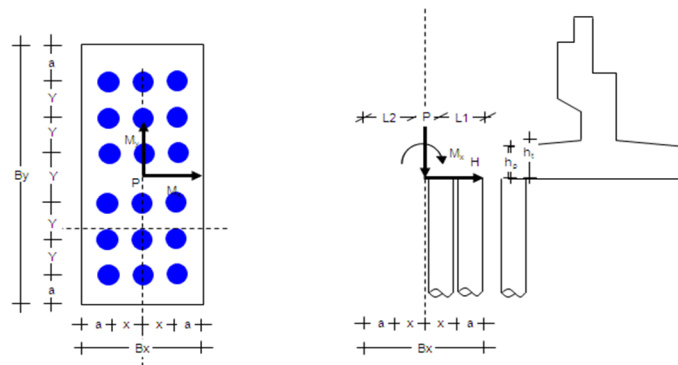


Gambar 14. Respon spectra

7. Membandingkan nilai periode  $T$  dengan  $T_0$   
 Berdasarkan prosedur ke-2 bahwa nilai  $T = 0,13$  lebih besar dari nilai  $T_0 (= 0,11)$  maka dari grafik respon spektra diperoleh nilai  $S_a = S_{DS} = 0,825$
8. Menghitung beban gempa dengan prosedur sebagai berikut :
  - 1) Menentukan nilai koefisien modifikasi respon ( $R_d$ ). Dari tabel 8. faktor modifikasi respon ( $R_d$ ) untuk bangunan bawah digunakan sebagai koefisien modifikasi penyaluran beban ke bangunan bawah. Untuk jembatan Cisambeng II, kategori kepentingan adalah 1,5.

Tabel 8. Faktor modifikasi respon ( $R_d$ )

Bangunan bawah	Kategori kepentingan		
	Sangat penting	Penting	Lainnya
Pilar tipe dinding	1,5	1,5	2,0
Tiang/kolom beton bertulang			
Tiang vertikal	1,5	2,0	3,0
Tiang miring	1,5	1,5	2,0
Kolom tunggal	1,5	2,0	3,0
Tiang baja dan komposit			
Tiang vertikal	1,5	3,5	5,0
Tiang miring	1,5	2,0	3,0
Kolom majemuk	1,5	3,5	5,0



Gambar 15. Penampang dan perletakan pondasi dalam

- 2) Menghitung beban gempa  $T_{EQ}$ . Untuk mendapatkan nilai kekuatan gempa, digunakan rumus bahwa nilai  $C$  adalah koefisien respon elastis yang didapat dari nilai  $S_a = 0,825$  dan  $W_t$  merupakan berat komponen abutment. Persamaan untuk beban gempa adalah :

$$T_{EQ} = \frac{C}{R_d} W_t = \frac{0,825}{1,5} W_t = 0,55xW_t$$

## 3) Menghitung beban horizontal pada abutment

Berdasarkan rumus dalam point 2) dapat diketahui beban horizontal pada abutment yaitu :

$$T_{EQ} = 0,55xW_t = 3259,32kN$$

Setelah dilakukan analisis perhitungan beban, dibuat analisis desain perencanaan struktur jembatan Cisambeng II. Untuk desain abutment dan pondasi dapat dilihat pada Gambar 15. Hasil desain dari struktur jembatan Cisambeng II dapat dilihat pada Tabel 9.

**Tabel 9.** Hasil desain struktur jembatan Cisambeng II

Elemen Struktur	Perancangan awal	RSNI T-02-2005 (dengan penyesuaian peta gempa 2010)
1. Struktur pelat lantai jembatan a. Tebal pelat lantai b. Tulangan c. Mutu beton	t = 200 mm <u>Tulangan pokok :</u> D13 – 150 As = 928, 69 mm <sup>2</sup> <u>Tulangan sebaran :</u> D13 – 150 As = 928, 69 mm <sup>2</sup>	t = 200 mm <u>Tulangan pokok :</u> D16 – 100 As = 928, 69 mm <sup>2</sup> <u>Tulangan sebaran :</u> D16 – 150 As = 928, 69 mm <sup>2</sup>
2. Struktur girder a. Jenis konstruksi b. Mutu beton c. Tipe baja prategang d. Gaya prategang awal (P <sub>ti</sub> ) e. Momen retak yang dihasilkan oleh penampang (M <sub>cr</sub> ) f. Momen batas ultimit yang dihasilkan oleh penampang (M <sub>u</sub> )	Beton prategang K700 7 wire super strands ASTM A-416 grade 270 P <sub>ti</sub> = 12.384,97 kN M <sub>cr</sub> = 19.673,63 kNm Sedangkan momen yang dihasilkan oleh beban bekerja : M <sub>total</sub> = 11.745,15 kNm M <sub>batas</sub> = 24.082,70 kNm Sedangkan momen ultimit yang dihasilkan oleh beban bekerja : M <sub>u</sub> = 17.083,61 kNm	Beton prategang f <sub>c</sub> ' = 60 MPa 7 wire super strands ASTM A-416 grade 270 P <sub>ti</sub> = 12.469,19 kN M <sub>cr</sub> = 19.800,99 kNm Sedangkan momen yang dihasilkan oleh beban bekerja : M <sub>total</sub> = 12.189,89 kNm M <sub>batas</sub> = 24.082,70 kNm Sedangkan momen ultimit yang dihasilkan oleh beban bekerja : M <sub>u</sub> = 17.629,12 kNm
3. Struktur abutment a. Jenis konstruksi b. Mutu beton c. Tulangan i. Back wall atas ii. Back wall bawah iii. Breast wall iv. Kaki pondasi (pile cap) v. Corbel	Beton bertulang cor ditempat K250 D16 – 100 As = 928, 69 mm <sup>2</sup> D16 – 100 As = 928, 69 mm <sup>2</sup> D16 – 100 As = 928, 69 mm <sup>2</sup> D16 – 100 As = 928, 69 mm <sup>2</sup> Tidak ada	Beton bertulang cor ditempat f <sub>c</sub> ' = 30 MPa D25 – 100 As = 2.946,43 mm <sup>2</sup> D25 – 100 As = 2.946,43 mm <sup>2</sup> D32 – 100 As = 3.249,95 mm <sup>2</sup> D30 – 100 As = 7.071,43 mm <sup>2</sup> D32 – 50 As = 14.482,29 mm <sup>2</sup>

4. Struktur pondasi		
a. Tipe pondasi	Bore Pile	Tiang Pancang
b. Kapasitas dukung	1200 kN	1200 kN
c. Jumlah dan diameter tiang	10 - 1000 mm	18 - 500 mm
d. Kedalaman	14 m (cor insitu)	15 m (precast)
e. Mutu beton	K350	$f'_c = 30$ MPa

## 6. Pembahasan

Berdasarkan Tabel 9, dapat dilihat bahwa :

- Pada struktur lantai jembatan didapat ketebalan yang sama antara perancangan awal dengan perancangan akhir, akan tetapi pada luas tulangan pokok mengalami peningkatan sebesar 2,2 kali sedangkan untuk tulangan sebaran peningkatan sebesar 1,5 kali,
- Terhadap struktur girder jembatan untuk profil yang digunakan mempunyai kesamaan dikarenakan berdasarkan hasil kajian studi kasus sebelumnya (Aprianto,2010) menyimpulkan bahwa profil masih dapat memikul beban yang bekerja sedangkan perbedaannya terletak pada penarikan awal tendon ( $P_{ti}$ ) yang nantinya akan menjadi tegangan efektif ( $P_{eff}$ ) yaitu dari perancangan sebelumnya penarikan akan dilakukan sebesar = 12.384,97 kN sedangkan pada perancangan yang baru dengan penarikan tendon = 12.469,19 kN. Nilai dari gaya prategang dipengaruhi oleh hanya beban mati struktur, yaitu berat sendiri struktur ditambah beban pekerja dan alat.
- Terhadap struktur abutment terjadi signifikan pada abutment dan tulangannya hal ini disebabkan adanya pengaruh koefisien gempa, karena koefisien gempa ini akan berpengaruh pada beban gempa lateral yang bekerja. Jika menggunakan peraturan lama didapat koefisien gempa = 0,17 sedangkan dengan menggunakan peta gempa Indonesia 2010 didapat koefisien gempa sebesar = 0.55 peningkatan 3 kali.
- Terhadap struktur pondasi dapat dilihat perbandingannya, dengan adanya peningkatan aktivitas beban yang terjadi pada struktur atasnya berpengaruh pada pondasi yang digunakan.

## 7. Kesimpulan dan Saran

### 7.1 Kesimpulan

- Berdasarkan hasil analisis, penggunaan peta gempa 2010 terhadap perancangan jembatan eksisting pada kenyataannya dapat meningkatkan nilai koefisien gempa, terutama untuk struktur bangunan bawah jembatan. Peningkatan nilai koefisien gempa ini berpengaruh pada beban gempa lateral. Perhitungan koefisien gempa berdasarkan *peraturan lama menggunakan koefisien geser dasar plastis (A.R.S/Z), dimana faktor daktilitas rata-rata adalah 4, faktor risiko adalah 1 dan redaman adalah 5%. Parameter-parameter tersebut digunakan sebagai koefisien gempa dalam analisis statis.*
- Dengan terjadinya beberapa gempa besar dalam 6 tahun terakhir, seperti gempa Aceh disertai tsunami tahun 2004 ( $M_w = 9,2$ ), Gempa Nias tahun 2005 ( $M_w = 8,7$ ), gempa Jogja tahun 2006 ( $M_w = 6,3$ ), dan terakhir gempa Padang tahun 2009 ( $M_w = 7,6$ ) maka koefisien dalam peraturan gempa terbaru menggunakan pendekatan probabilitas, dimana setiap faktor daktilitasnya perlu diperhitungkan secara rinci.

## 7.2 Saran

Akibat terjadinya beberapa gempa dalam 6 tahun terakhir, perlu adanya sistem perkuatan jembatan-jembatan eksisting untuk mengantisipasi terjadinya kerusakan terhadap infrastruktur.

## 8. Daftar Pustaka

- Aprianto, Indra Kusuma, 2010 : Laporan Tugas Akhir Program D4 Pusbiktek – Politeknik Negeri Bandung, “Perancangan Elemen Struktur Jembatan Cisambeng II”.
- Badan Standar Nasional (BSN) 2002. Standar perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan dan gedung SNI-03-1726-2002 : Pusat Penelitian dan Pengembangan Prasarana Transportasi, Badan Penelitian dan Pengembangan Kimpraswil.
- Badan Standar Nasional (BSN) 2004. Standar Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan RSNI T-12-2004. Bandung : Pusat Penelitian dan Pengembangan Prasarana Transportasi, Badan Penelitian dan Pengembangan Kimpraswil.
- Badan Standar Nasional (BSN). 2005. Standar Pembebanan Untuk Jembatan RSNI T-02-2005. Bandung : Pusat Penelitian dan Pengembangan Prasarana Transportasi, Badan Penelitian dan Pengembangan eks. Departemen Kimpraswil
- Budiadi, Andri. 2009. Desain Praktis Beton Prategang. Bandung : Politeknik Negeri Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1992. Bagian 6 - *Bridge Management System (BMS 1992)*. Jakarta : Dirjen Bina Marga – Direktorat Bina Program Jalan Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan.
- Kusuma, Gideon. 1993. Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang. Jakarta : Erlangga
- Lin, TY. 200. Desain Struktur Beton Prategang. Jakarta : Binarupa Aksara
- Ringkasan Hasil Studi Tim Revisi Peta Gempa Indonesia 2010, Irsyam Mansyur dkk, Juli 2010
- Website : [http://www.voa\\_islam.com/news/indonesia/2009/09/02/982/3586\\_unit\\_rumah\\_rusak\\_akibat\\_gempa\\_bumi](http://www.voa_islam.com/news/indonesia/2009/09/02/982/3586_unit_rumah_rusak_akibat_gempa_bumi)