

IMPLIKASI PENGGUNAAN PETA GEMPA 2010 PADA PERENCANAAN GEDUNG DI KOTA YOGYAKARTA

Yoyong Arfiadi

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Jl. Babarsari 44, PO Box 1086, Yogyakarta, 55281

email: yoyong@mail.uajy.ac.id

Abstract: Implications of the use of the 2010 seismic map and new building code to the moment frame systems are considered in this paper. The building to be considered is a four-story building having normal usage. A comparative study of base shear designs for Yogyakarta City for soft, medium, and hard soils are discussed. Analyses result in that for medium-rise buildings built on the soft soils, base shear design of RSNI 03-1726-201X is smaller than the one of SNI 03-1726-2002, albeit with small differences. For medium-rise buildings built on medium soils, base shear design of RSNI 03-1726-201X is larger than the one of SNI 03-1726-2002. The base shear ratio of RSNI 03-1726-201X to SNI 03-1726-2002 can be as high as 1.4. Similarly, for medium-rise buildings built on hard soils, base shear design of RSNI 03-1726-201X is about 70% larger than the one of SNI 03-1726-2002. In addition, base shear designs of RSNI 03-1726-201X for buildings on soft soils are smaller than base shear designs for buildings on medium and hard soils. These conditions are due to the value of design spectral response acceleration parameters of RSNI 03-1726-201X for soft soils are smaller than the ones for medium and hard soils, in the range of building's period considered in this paper.

Keywords: 2010 seismic map, RSNI 03-1726-201X, return period, base shear, Yogyakarta City, risk

Abstrak: Dalam tulisan ini dibahas implikasi penggunaan peta gempa 2010 dan peraturan yang baru pada suatu sistem struktur rangka momen. Gedung yang ditinjau adalah gedung dengan penggunaan normal dan dengan jumlah lantai 4. Sebagai perbandingan dibahas desain gaya geser dasar pada struktur tersebut di Kota Yogyakarta untuk berbagai jenis tanah (klas situs), yaitu untuk tanah lunak, sedang dan keras. Dari hasil analisis diperoleh bahwa untuk gedung bertingkat sedang yang dibangun di atas tanah lunak, nilai gaya geser dasar berdasarkan RSNI 03-1726-201X lebih kecil dari nilai gaya geser yang dihitung berdasarkan SNI 03-1726-2002, walaupun dengan selisih yang tidak terlalu besar. Untuk gedung bertingkat sedang yang dibangun di atas tanah dengan kekerasan sedang, nilai gaya geser dasar dari RSNI 03-1726-201X lebih besar dari gaya geser dasar yang dihitung dengan SNI 03-1726-2002. Rasio gaya geser yang dihitung dengan RSNI 03-1726-201X terhadap gaya geser yang dihitung dengan SNI 03-1726-2002 dapat mencapai 1,4. Demikian juga untuk gedung bertingkat sedang yang dibangun di atas tanah keras, gaya geser dasar yang dihitung dengan RSNI 03-1726-201X kira-kira 70% lebih besar dari gaya geser dasar yang dihitung dengan SNI 03-1726-2002. Selain itu gaya geser yang dihitung dengan RSNI 03-1726-201X pada tanah lunak lebih kecil dari gaya geser pada tanah sedang dan keras. Hal ini terjadi karena parameter spektral respons percepatan desain pada RSNI 03-1726-201X mempunyai nilai yang kecil untuk tanah lunak dibandingkan dengan nilai parameter spektral respons percepatan desain pada tanah sedang dan keras, untuk rentang perioda struktur yang ditinjau.

Kata kunci: peta gempa 2010, RSNI 03-1726-201X, perioda ulang, geser dasar, Kota Yogyakarta, risiko

PENDAHULUAN

Dalam beberapa waktu yang akan datang peraturan gempa yang sekarang berlaku, yaitu SNI 1726-2002 akan digantikan dengan peraturan yang baru. Pada tahun 2010 telah ditandatangani peta wilayah gempa yang baru

oleh Menteri Pekerjaan Umum, yang harus digunakan sebagai dasar perencanaan gedung-gedung di Indonesia. Peta gempa ini dan peraturan yang mengikutinya merupakan pengganti peraturan gempa 2002 (SNI 03 1726-2002). Jika SNI 03 1726-2002 secara umum mengacu pada UBC 1997, SNI gempa yang

akan datang (SNI-03-1726-201X) secara umum mengacu pada ASCE/SEI 7-10 (2010). Perbedaan yang paling mendasar adalah dalam pengambilan perioda ulang gempa. Pada SNI 03-1726-2002, peta gempa didasarkan pada 10% kemungkinan terlampaui dalam 50 tahun (perioda ulang 500 tahun), sedangkan peta gempa 2010 didasarkan pada 2% kemungkinan terlampaui dalam 50 tahun (perioda ulang 2500 tahun). Selain itu pada SNI 03-1726-2002, peta gempa dibagi berdasarkan wilayah gempa 1 sampai dengan 6, sedangkan pada peta gempa 2010 level percepatan disajikan dalam bentuk kontur (Kementerian Pekerjaan Umum, 2010).

Kejadian-kejadian gempa besar setelah SNI 03-1726-2002 disusun, misal gempa Aceh 2004 ($M_w = 9,2$), gempa Yogya ($M_w = 6,3$), gempa Nias 2005 ($M_w = 8,7$) dan gempa Padang 2009 ($M_w = 7,6$) merupakan salah satu sebab perlunya dibuat peta gempa yang baru (Irsyam dkk., 2010). Sebagai tambahan, dengan perkembangan dalam peraturan gempa di negara maju, terutama Amerika Serikat, menyebabkan perlunya peraturan gempa Indonesia disesuaikan dengan perkembangan terbaru. Peta gempa 2010 di antaranya didasarkan pada persamaan-persamaan atenuasi terbaru (Power dkk., 2008) yang saat ini diusulkan dalam proyek NGA (*Next Generation Attenuation*). Dengan diberlakukannya peta gempa dan peraturan yang baru, maka tentu hasil desain juga akan berubah.

PETA GEMPA INDONESIA 2010

Peta gempa Indonesia 2010 (Kementerian Pekerjaan Umum, 2010) terdiri dari beberapa peta dengan perioda ulang gempa tertentu yang tergantung dari persentase kemungkinan dilampauinya suatu gempa selama kurun waktu (masa layanan bangunan) tertentu. Kelompok peta gempa yang pertama adalah peta gempa dengan kemungkinan terlampaui 10% dalam 50 tahun. Peta yang kedua adalah peta gempa dengan kemungkinan terlampaui sebesar 10% dalam 100 tahun. Peta yang ketiga adalah peta gempa dengan kemungkinan terlampaui sebesar 2% selama 50 tahun. Peta tersebut menunjukkan perioda ulang gempa yang dapat dihitung dengan persamaan (FEMA 451 B, 2007):

$$T_R = \frac{T_E}{\ln[1 - \text{pr}(m > M_a)]} \quad (1)$$

dengan T_R = perioda ulang gempa, T_E = masa layanan bangunan yang ditinjau dan $\text{pr}(m > M_a)$ = probabilitas terjadinya gempa dengan magnitude m yang lebih besar dari M_a . Nilai-nilai perioda ulang gempa biasanya dibulatkan ke atas.

Mengikuti perkembangan dalam peraturan bangunan terkini (ASCE/SEI 7-10, 2010; *Building Seismic Safety Council*, 2009), peta gempa yang digunakan untuk perencanaan dalam peraturan gempa yang akan datang (RSNI 03-726-201X) adalah berdasarkan 2% kemungkinan terlampaui dalam 50 tahun, atau gempa dengan perioda ulang 2500 tahun. Peta gempa tersebut dikembangkan berdasarkan persamaan atenuasi yang sesuai (Irsyam dkk., 2010), termasuk persamaan atenuasi dalam proyek NGA (*Next Generation Attenuation*).

Gempa yang dipakai sebagai dasar perencanaan adalah merupakan gempa maksimum yang dipertimbangkan dengan risiko tertarget (*risk-targeted maximum considered earthquake*). Menurut FEMA P-749 (*National Institute of Building Sciences*, 2010), gempa ini diharapkan menyebabkan probabilitas yang kecil (10% atau lebih kecil) suatu struktur, dengan fungsi penggunaan yang umum, akan runtuh oleh guncangan gempa. Pada peraturan gempa yang baru, level risiko kerusakan yang diambil adalah sebesar 1% sesuai dengan ASCE/SEI 7-10 (2010) atau FEMA P-750 (*Building Seismic Safety Council*, 2009)

Dalam tulisan ini pengaruh penggunaan peta gempa 2010 yang akan diadopsi dalam peraturan yang akan datang ditinjau. Hasil hitungan gaya geser dasar akibat gempa pada SNI 03-1726-2002 dan RSNI 03-1726-201X dibandingkan untuk mengetahui pengaruhnya pada gedung bertingkat sedang (lebih kurang 4 tingkat) yang banyak dibangun di kota Yogyakarta.

PENENTUAN GAYA GESER DASAR LATERAL

Menurut RSNI 03-1726-201X dan ASCE/SEI 7-10, gaya geser dasar seismik dalam arah

yang ditetapkan dapat dihitung dengan persamaan:

$$V = C_s W \quad (2)$$

dengan

C_s = koefisien respons seismik,

W = berat seismik efektif.

Koefisien respons seismik dihitung berdasarkan persamaan:

$$C_s = \frac{S_{DS}}{(R/I_e)} \quad (3)$$

dengan

S_{DS} = parameter percepatan spektrum respons desain dalam rentang perioda pendek,

R = faktor modifikasi respons,

I_e = faktor keutamaan gempa.

Nilai C_s yang dihitung dengan persamaan (3) tidak perlu lebih besar dari

$$C_s = \frac{S_{DI}}{T(R/I_e)} \quad (4)$$

dengan,

S_{DI} = parameter spektral respons percepatan desain pada perioda 1 detik,

T = perioda fundamental struktur,

R = faktor modifikasi respons.

Nilai C_s minimum ditentukan dengan persamaan:

$$C_s \min = 0,044 S_{DS} I_e \geq 0,01 \quad (5)$$

Untuk daerah dengan nilai $S_1 \geq 0,6g$, nilai C_s minimum harus diambil sebesar:

$$C_s \min = \frac{0,5 S_1}{(R/I_e)}, \text{ untuk } S_1 \geq 0,6g \quad (6)$$

dengan

S_1 = parameter spektral respons percepatan maksimum risiko tertarget ($MCE_R = \text{risk-targeted maximum considered earthquake}$) yang ditetapkan pada perioda 1 detik.

Nilai S_1 dapat diperoleh dari peta gempa yang diterbitkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum (2010) atau dari program Desain Spektra Indonesia (http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/). Tampilan program Desain Spektra Indonesia dapat dilihat pada Gambar 1. Untuk analisis dalam tulisan ini, nilai-nilai spektral percepatan desain

didasarkan pada program Desain Spektra Indonesia tersebut.

LEVEL PERCEPATAN GEMPA MAXIMUM YANG DIPERTIMBANGKAN DENGAN RISIKO TERTARGET

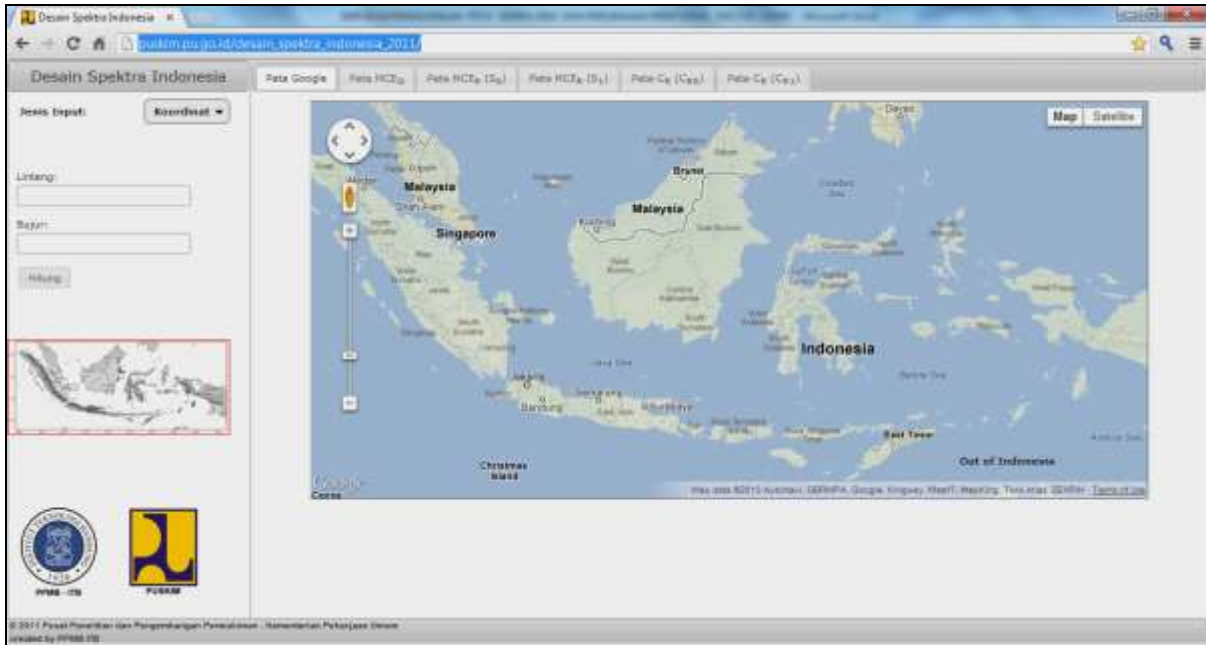
Perlu dicatat bahwa, berbeda dengan nilai percepatan maksimum pada peraturan terdahulu (SNI 03-1726-2002, ASCE 7-05), percepatan gempa dalam peraturan gempa yang baru (ASCE/SEI 7-10, RSNI 03-1726-201X) sudah memperhitungkan agar struktur mempunyai probabilitas keruntuhan yang seragam (*uniform collapse probability*) untuk semua lokasi.

Sebagai gambaran, bahwa sebelum ASCE/SEI 7-10 (2010), beberapa peraturan sudah menggunakan nilai gempa maksimum yang dipertimbangkan (*Maximum Considered Earthquake = MCE*), misalnya pada ASCE 7-05 (2005) yaitu gempa dengan *uniform hazard* untuk probabilitas kemungkinan terlampaui sebesar 2% dalam 50 tahun, atau dengan perioda ulang 2500 tahun. Walaupun demikian, tidak ada jaminan bahwa dengan level *MCE* ini suatu struktur akan mempunyai tingkat probabilitas keruntuhan yang sama. Dengan kata lain *MCE* adalah (Luco dkk., 2007) gempa maksimum tetapi tanpa ketidakpastian dalam kapasitas keruntuhan (*no uncertainty in collapse capacity*) atau dengan kata lain gempa dengan level bahaya yang sama (*uniform hazard*).

Dalam ASCE/SEI 7-10 guncangan tanah dengan risiko tertarget (*risk-targeted ground motion = MCE_R*) diambil sebagai gempa yang menghasilkan probabilitas keruntuhan (risiko keruntuhan) 1% dalam 50 tahun. Nilai ini didasarkan dari hasil hitungan terhadap probabilitas keruntuhan dalam 50 tahun pada struktur yang dibangun di bagian barat Amerika Serikat (Luco dkk., 2007). Untuk itu gempa dengan *uniform hazard* (dengan 2% kemungkinan terlampaui dalam 50 tahun) disesuaikan agar mempunyai frekuensi keruntuhan tahunan yang seragam (*uniform annual frequency of collapse*) atau dengan kata lain mempunyai level risiko yang sama (Luco dkk., 2007; *National Institute of Building Sciences*, 2010). Perbedaan level bahaya gempa dari beberapa peraturan bangunan yang ada dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan bahaya gempa pada beberapa peraturan bangunan

	UBC 97/ SNI-03-1726-2002	ASCE 7-05	ASCE 7-10/ SNI-03-1726-201x
Perioda ulang gempa	500 tahun (10% terlampaui dalam 50 tahun)	2500 tahun (2% terlampaui dalam 50 tahun)	2500 tahun (2% terlampaui dalam 50 tahun)
Respons spektrum	-	Level bahaya yang sama (<i>uniform hazard</i>)	Level risiko yang sama (<i>uniform risk</i>)



Gambar 1. Tampilan program Desain Spektra Indonesia (http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain Spektra_indonesia_2011/)

Terdapat dua parameter yang penting untuk perencanaan sebagai parameter gempa maksimum yang dipertimbangkan dengan risiko tertarget, yaitu S_1 dan S_s . S_1 adalah parameter spektral percepatan maksimum yang dipertimbangkan dengan risiko tertarget pada perioda 1 detik, dan S_s adalah parameter spektral percepatan maksimum yang dipertimbangkan dengan risiko tertarget pada perioda pendek 0,2 detik.

SPEKTRA DESAIN

Mengacu pada ASCE/SEI 7-10 (2010), nilai parameter spektral desain baik untuk perioda pendek (S_{DS}) maupun perioda 1 detik (S_{D1}) yang digunakan pada persamaan (3) sampai dengan (5) diperoleh dari persamaan:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \tag{7a}$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \tag{7b}$$

dengan:

S_{MS} = parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan dengan risiko tertarget (*risk-targeted maximum considered earthquake = MCE_R*) pada perioda 0,2 detik, yang disesuaikan dengan klasifikasi situs,

S_{M1} = parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan dengan risiko tertarget (*risk-targeted maximum considered earthquake = MCE_R*) pada perioda 1 detik, yang disesuaikan dengan klasifikasi situs.

Faktor 2/3 pada persamaan (6) dan (7) merupakan kebalikan dari 1,5. Nilai 1,5 ini dianggap sebagai faktor keamanan (Building Seismic Safety Council, 2009) yang telah ada pada struktur yang dibangun berdasarkan gempa dengan perioda ulang 500 tahun (10%

kemungkinan terlampaui dalam 50 tahun). Gempa dengan perioda ulang 500 tahun telah dipakai sebagai dasar pada perencanaan gedung dalam peraturan bangunan sebelumnya, misalnya dalam UBC-97 dan SNI-03-1726-2002.

Nilai S_{MS} dan S_{MI} , diperoleh dari S_s dan S_1 dengan mengalikan dengan suatu faktor amplifikasi, tergantung dari jenis tanah (klasifikasi situs) tempat di mana gedung akan dibangun. Hal ini dilakukan karena nilai percepatan maksimum yang dipertimbangkan dengan risiko tertarget (MCE_R) diturunkan pada batuan dasar (situs klas SB). Sesuai dengan ASCE/SEI 7-10 (2010):

$$S_{MS} = F_a S_s \tag{8a}$$

$$S_{MI} = F_v S_1 \tag{8b}$$

Nilai F_a dan F_v dapat dilihat pada Tabel 2 dan 3 (ASCE/SEI 7-10, RSNI 03-1726-201X), dengan nilai-nilai antara dapat diinterpolasi.

Notasi SS pada Tabel 2 dan 3 adalah tanah yang memerlukan investigasi geoteknik secara spesifik. Sedangkan klasifikasi situs (jenis tanah) SA sampai dengan SF adalah sama dengan ketentuan dalam SNI 03-1726-2002.

KATEGORI DESAIN SEISMIK

Suatu struktur menurut RSNI 03-1726-201X dan ASCE/SEI 7-10 harus ditentukan Kategori Desain Seismik-nya (*Seismic Design Category*). Kategori Desain Seismik (KDS) digunakan untuk untuk menentukan sistem struktur yang diperbolehkan, batasan ketinggian dan ketidakberaturan gedung, komponen struktur yang harus direncanakan untuk menahan gempa, dan analisis gaya lateral yang harus dilakukan (*Building Seismic Safety Council, 2004*). KDS ditentukan berdasarkan: (1) kategori risiko gedung dan parameter respons percepatan desain pada perioda pendek (S_{DS}), dan (2) kategori risiko dan parameter respons percepatan desain pada perioda 1 detik (S_{D1}). Setiap gedung yang dirancang harus ditentukan dengan KDS yang paling menentukan dari Tabel 4 dan 5. KDS A adalah KDS dengan persyaratan yang paling longgar, sedangkan KDS F adalah KDS dengan persyaratan yang paling tinggi. Struktur dengan kategori risiko I, II atau III yang dibangun di lokasi dengan $S_1 \geq 0,75$ (g) harus ditetapkan sebagai KDS E. Struktur dengan kategori risiko IV yang terletak di daerah dengan $S_1 \geq 0,75$ (g) harus ditetapkan sebagai KDS F.

Tabel 2. Koefisien perioda pendek F_a

Klasifikasi situs	S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
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 sangat padat dan batuan lunak (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	1,1	1,0
Tanah khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

Tabel 3. Koefisien perioda pendek F_v

Klasifikasi situs	S_1				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
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 sangat padat dan batuan lunak (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	1,1	1,0
Tanah khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

Tabel 4. Kategori Desain Seismik (KDS) berdasarkan kategori risiko dan S_{DS}

Nilai S_{DS}	KDS	
	Kategori risiko I atau II atau III	Kategori risiko IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$S_{DS} \geq 0,50$	D	D

Tabel 5. Kategori Desain Seismik (KDS) berdasarkan kategori risiko dan S_{D1}

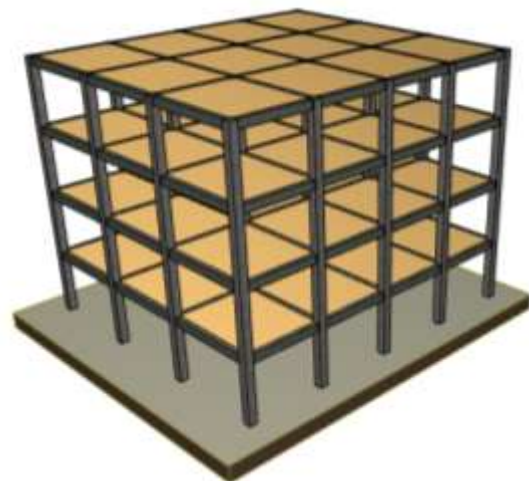
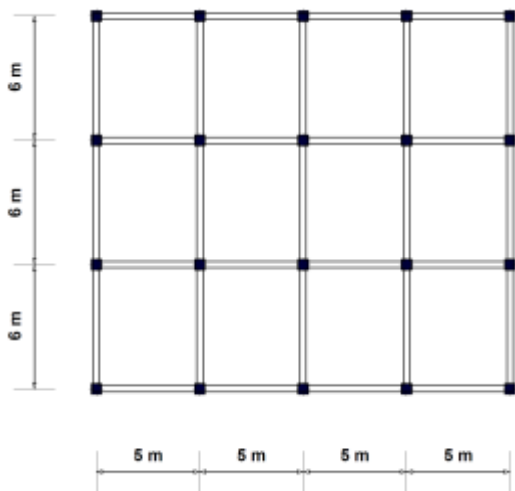
Nilai S_{D1}	KDS	
	Kategori risiko I atau II atau III	Kategori risiko IV
$S_{D1} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,33$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$S_{D1} \geq 0,20$	D	D

PERBANDINGAN GAYA GESER DASAR RENCANA

Nilai gaya geser dasar pada suatu gedung ditinjau berdasarkan SNI-03-1726-2002 dan draft SNI-03-1726-201X. Ditinjau suatu gedung empat lantai seperti terlihat pada Gambar 2. Ukuran balok: 300 x 500 (mm), ukuran kolom tingkat 1: 500 x 500 (mm), kolom lainnya: 450 x 450 (mm), dan tebal plat lantai: 160 mm. Gedung digunakan untuk kantor. Beban mati

atap: 5,29 kN/m². Beban mati lantai lainnya: 6,41 kN/m² (termasuk berat partisi, finishing, dan berat mekanikal/elektrikal). Untuk SNI-03-1726-2002, beban hidup tereduksi: atap = 0,3 kN/m², dan kantor = 0,75 kN/m². Tinggi tingkat tipikal = 3,8 m, kecuali tingkat paling bawah = 4 m.

Dari hitungan berdasarkan SNI-03-1726-2002 dan RSNI-03-1726-201X diperoleh hasil seperti terlihat pada Tabel 6, 7, dan 8, berturut-turut untuk tanah lunak, sedang dan keras.



Gambar 2. Gedung yang ditinjau

Tabel 6. Perbandingan hasil hitungan untuk tanah lunak untuk Kota Yogyakarta

RSNI 03-1726-201X		SNI 03-1726-2002	
Parameter	Nilai	Parameter	Nilai
PGA (g)	0.529	PGA (g)	0.15
S _s (g)	1.21		
S ₁ (g)	0.444		
F _a	0.9		
F _v	2.4		
S _{MS} (g)	1.089		
S _{MI} (g)	1.065		
S _{DS} (g)	0.726	C	0.75
S _{D1} (g)	0.71		
T ₀ (detik)	0.196	T ₀ (detik)	0,2
T _s (detik)	0.978	T _c (detik)	1
KDS	D		
R	8	R	8.5
I	1	I	1
T (detik)	0.55	T (detik)	0.55
C _s	0.09075	C I/R	0.08823529
W (kN)	12072.72	W _t (kN)	12990.7
V (kN)	1095.59934	V (kN)	1146.24

Tabel 7. Perbandingan hasil hitungan untuk tanah sedang untuk Kota Yogyakarta

RSNI 03-1726-201X		SNI 03-1726-2002	
Parameter	Nilai	Parameter	Nilai
PGA (g)	0.529	PGA (g)	0,15
S _s (g)	1.21		
S ₁ (g)	0.444		
F _a	1.016		
F _v	1.556		
S _{MS} (g)	1.229		
S _{MI} (g)	0.691		
S _{DS} (g)	0.82	C	0.55
S _{D1} (g)	0.46		
T ₀ (detik)	0.112	T ₀ (detik)	0.2
T _s (detik)	0.562	T _c (detik)	0.6
KDS	D		
R	8	R	8.5
I	1	I	1
T (detik)	0.55	T (detik)	0.55
C _s	0.1025	C I/R	0.064705882
W (kN)	12072.72	W _t (kN)	12990.7
V (kN)	1237.4538	V (kN)	840.576

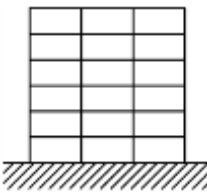
Tabel 8. Perbandingan hasil hitungan untuk tanah keras untuk kota Yogyakarta

RSNI 03-1726-201X		SNI 03-1726-2002	
Parameter	Nilai	Parameter	Nilai
PGA (g)	0.529	PGA (g)	0,15
S_s (g)	1.21		
S_1 (g)	0.444		
F_a	1		
F_v	1.356		
S_{MS} (g)	1.21		
S_{MI} (g)	0.602		
S_{DS} (g)	0.807	C	0.45
S_{DI} (g)	0.401		
T_0 (detik)	0.099	T_0 (detik)	0.2
T_s (detik)	0.497	T_c (detik)	0.5
KDS	D		
R	8	R	8.5
I	1	I	1
T (detik)	0.55	T (detik)	0.55
C_s	0.09113636	C / R	0.0491979
W (kN)	12072.72	W_t (kN)	12990.7
V (kN)	1100.2638	V (kN)	639.11564

Perlu dicatat bahwa untuk penentuan level pendetailan pada sistem rangka momen berdasarkan RSNI 03-1726-201X diperoleh dari Tabel 4 dan 5. Sesuai dengan kategori risiko, nilai S_s dan S_1 , menurut Tabel 4 dan 5 struktur termasuk dalam KDS D, baik untuk tanah lunak, sedang dan keras. Untuk itu struktur yang didirikan di Kota Yogyakarta harus didesain sebagai sistem rangka momen khusus, berdasarkan Gambar 3.

Dari hasil analisis pada Tabel 6, 7 dan 8 dapat dilihat bahwa untuk Kota Yogyakarta untuk bangunan dengan jumlah tingkat lebih kurang

4, yang dibangun di atas tanah lunak, nilai gaya geser dasar dari RSNI 03-1726-201X lebih kecil dari gaya geser yang dihitung dengan SNI 03-1726-2002. Walau pun demikian selisih nilai gaya geser dasar yang terjadi tidak terlalu besar. Sedangkan untuk tanah sedang dan keras, nilai gaya geser dasar yang diperoleh berdasarkan RSNI 03-1726-201X lebih besar dibandingkan dengan gaya geser yang dihitung dengan SNI 03-1726-2002. Selisih nilai gaya geser untuk tanah sedang sebesar 47,2 %, sedangkan selisih nilai untuk tanah keras sebesar 72,2 %.

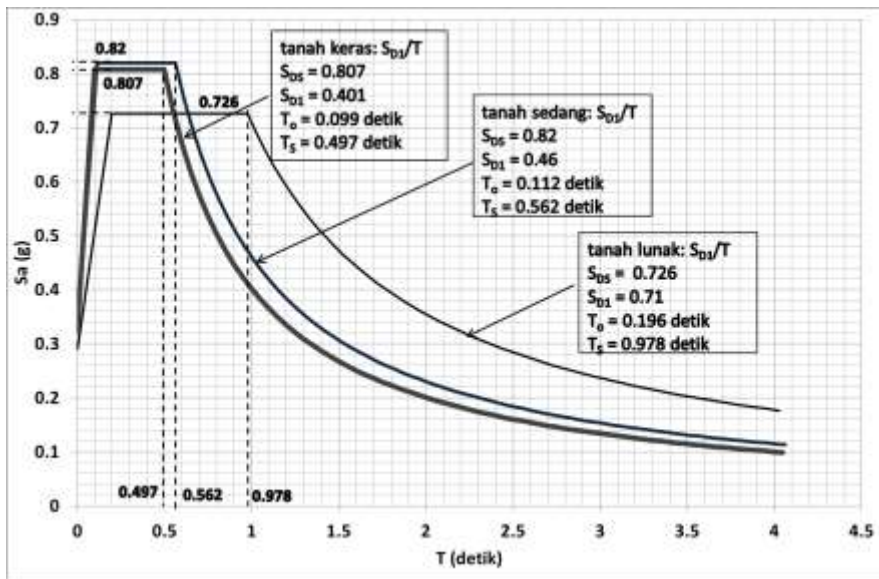
Sistem penahan beban lateral		KDS						R	Ω_o	C_d
		A	B	C	D	E	F			
 Sistem Rangka Pemikul Momen	Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa	TB	TB	X	X	X	X	3	3	2,5
	Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah	TB	TB	TB	X	X	X	5	3	4,5
	Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus	TB	TB	TB	TB	TB	TB	8	3	5,5

Gambar 3. Pemilihan tipe struktur dan level pendetailan untuk struktur beton (TB = tinggi gedung tak dibatasi, XX = tidak diijinkan).

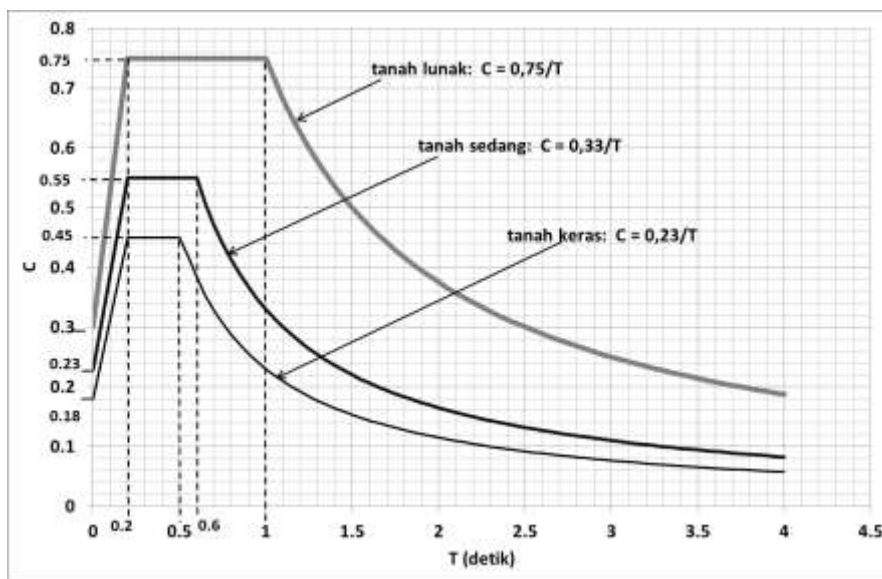
Perlu dicatat pula bahwa dari hasil analisis pada Tabel 6, 7 dan 8, tampak bahwa gaya geser untuk tanah lunak berdasarkan RSNI 03-1726-201X mempunyai nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan gaya geser untuk tanah sedang dan keras. Untuk kondisi tanah sedang, nilai gaya geser lebih besar dari gaya geser pada kondisi tanah keras. Hal ini tampak lebih jelas lagi dengan menggambar grafik respons spektra percepatan desain seperti terlihat pada Gambar 4. Pada perioda lebih kecil dari 0.5 detik nilai spektral percepatan desain untuk tanah lunak selalu lebih kecil dari spektral percepatan desain untuk tanah sedang dan keras.

Sedangkan untuk kondisi tanah sedang nilai spektral respons percepatan sedikit lebih besar dibandingkan dengan spektral percepatan pada kondisi tanah keras.

Hal ini berbeda dengan gaya geser yang dihitung dengan SNI 03-1726-2002. Nilai gaya geser untuk tanah lunak selalu lebih besar dari gaya geser pada tanah sedang. Demikian juga nilai gaya geser untuk tanah sedang selalu lebih besar dari gaya geser untuk tanah keras. Hal ini tampak nyata dari grafik respons percepatan seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



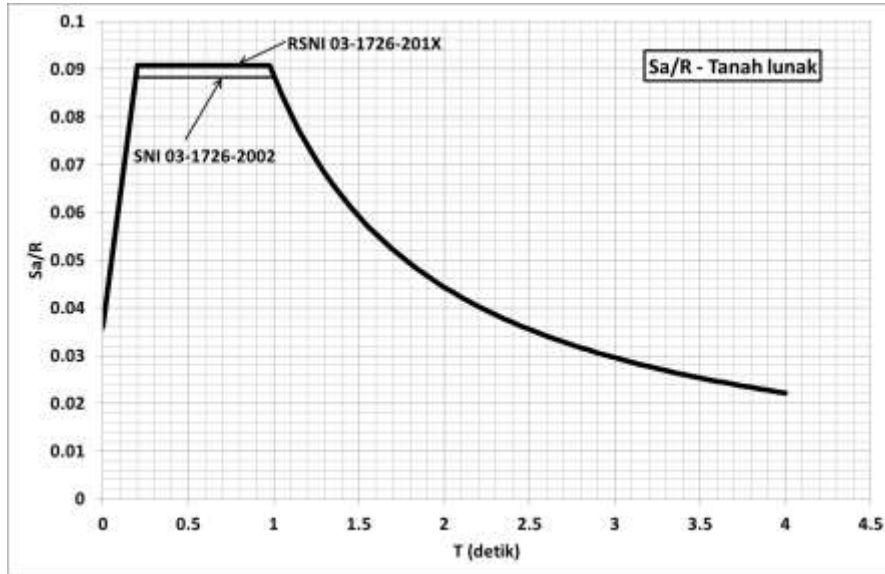
Gambar 4. Spektrum respons percepatan RSNI 03-1726-201X untuk Kota Yogyakarta



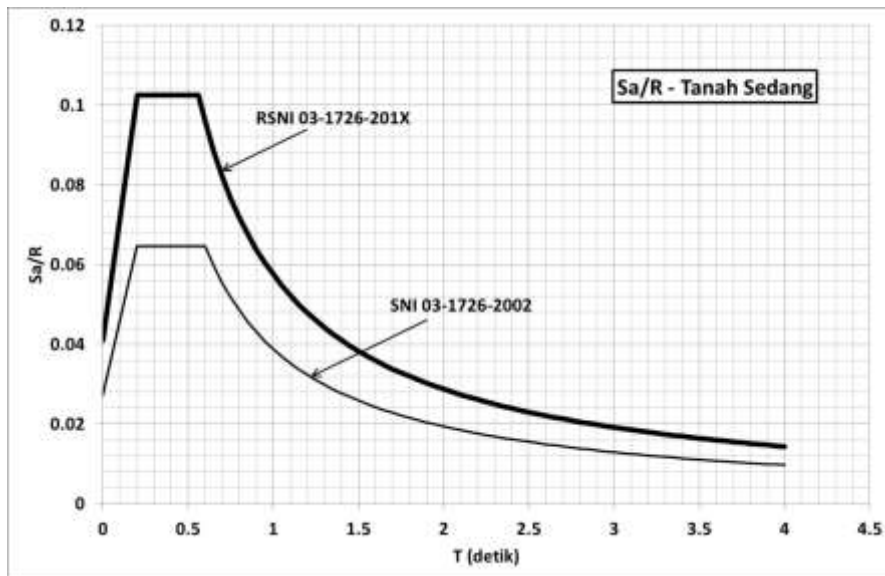
Gambar 5. Spektrum respons percepatan SNI 03-1726-2002 untuk wilayah 3

Untuk memberikan gambaran yang lebih mendalam, grafik-grafik S_a/R yang diperoleh dari RSNI 03-1726-201X dan SNI 03-1726-2002 dibandingkan untuk kondisi tanah lunak, tanah sedang dan tanah keras pada Gambar 6, 7 dan 8. Dalam hal ini S_a adalah spektral percepatan desain, dan R adalah faktor modifikasi respons. Untuk rangka momen

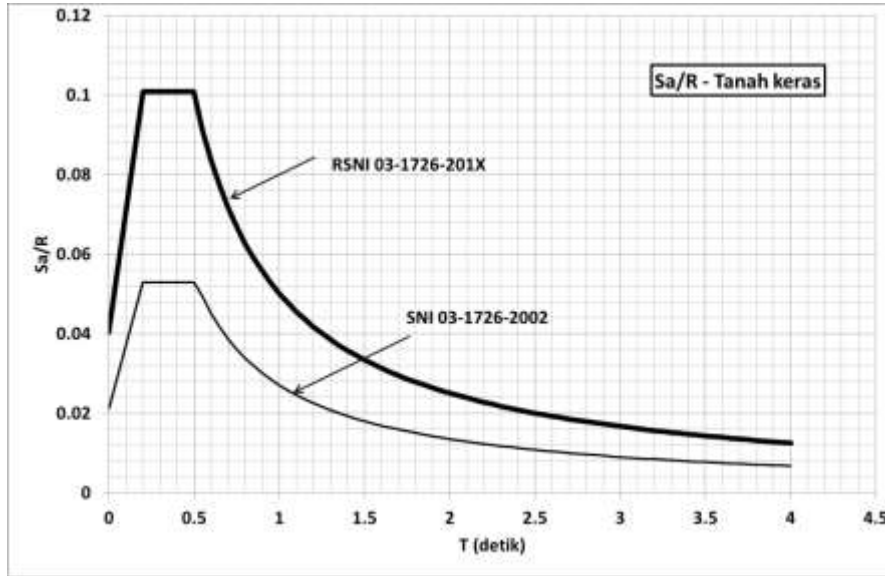
khusus $R = 8$ pada RSNI 03-1726-201X dan $R = 8,5$ pada SNI 03-1726-2002. Pada Gambar 6 dapat dilihat bahwa nilai S_a/R untuk tanah lunak dari RSNI 03-1726-201X hampir sama dengan S_a/R dari SNI 03-1726-2002. Sedangkan nilai S_a/R untuk tanah sedang pada RSNI 03-1726-201X lebih besar dari S_a/R pada SNI 03-1726-2002, seperti ditunjukkan pada Gambar 7 dan 8.



Gambar 6. Perbandingan nilai S_a/R pada kondisi tanah lunak



Gambar 7. Perbandingan nilai S_a/R pada kondisi tanah sedang

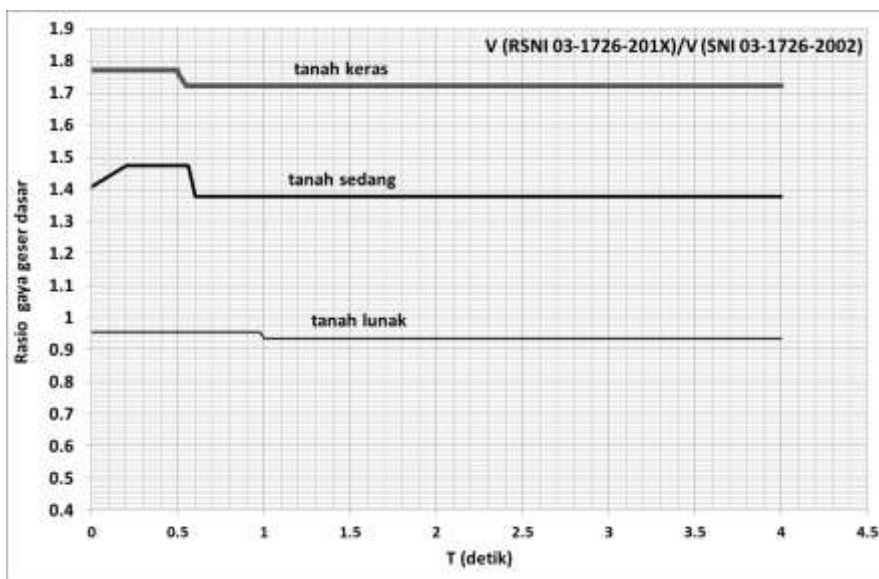


Gambar 8. Perbandingan nilai S_a/R pada kondisi tanah keras

Selanjutnya dengan menganggap rasio berat gedung sama untuk waktu getar yang berbeda, dapat dibuat grafik yang menunjukkan rasio gaya geser dasar yang dihitung dengan RSNI 03-1726-201X terhadap gaya geser yang dihitung dengan SNI 03-1726-2002. Hasil hitungan disajikan pada Gambar 9. Pada Gambar 9 tampak bahwa untuk kondisi tanah lunak, rasio gaya geser lebih kecil dari 1 untuk semua perioda getaran. Hal ini menunjukkan bahwa gaya geser berdasarkan RSNI 03 1726-201X lebih kecil dari gaya geser yang dihitung berdasarkan SNI 03 1726-2002. Nilai rasio ini mendekati satu.

Untuk kondisi tanah sedang, rasio gaya geser berada di antara 1,3 sampai dengan 1,5; sedangkan untuk kondisi tanah keras, nilai rasio gaya geser di antara 1,7 sampai dengan 1,8.

Berdasarkan perbandingan ini, maka ada kemungkinan gedung yang telah dibangun dan dirancang dengan SNI 03-1726-2002 menerima beban geser yang lebih besar, terutama untuk gedung yang dibangun di atas tanah sedang dan keras. Untuk itu diperlukan evaluasi pada gedung-gedung, terutama yang dibangun di atas tanah sedang dan keras.



Gambar 9. Rasio gaya geser RSNI 03-1726-201X terhadap gaya geser SNI 03-1726-2002

KESIMPULAN

Peta gempa Indonesia 2010 telah ditandatangani oleh Menteri Pekerjaan Umum pada tahun 2010. Dalam peta gempa tersebut periode ulang gempa yang diambil adalah 2500 tahun (2% kemungkinan terlampaui dalam 50 tahun). Dalam hal ini, spektral percepatan yang diambil disesuaikan dengan ASCE/SEI 7-10, yang menghasilkan tingkat risiko yang sama (*uniform risk*) di semua lokasi. Dengan diberlakukannya peta gempa 2010 yang diadopsi oleh RSNI 03-1726-201X, beberapa kesimpulan diperoleh sebagai berikut ini. (1) Nilai gaya geser pada RSNI 03-1726-201X untuk kota Yogyakarta pada kondisi tanah lunak lebih kecil dari gaya geser berdasarkan SNI 03-1726-2002, walaupun dengan selisih yang tidak begitu besar (rasio mendekati 1). Sedangkan untuk kondisi tanah sedang, gaya geser berdasarkan RSNI 03-1726-201X kira-kira 40% lebih besar dari gaya geser yang dihitung berdasar SNI 03-1726-2002. Bahkan untuk kondisi tanah keras, gaya geser berdasar RSNI 03-1726-201X dapat mencapai hampir 1,8 kali gaya geser yang dihitung berdasarkan SNI 03-1726-2002. (2) Untuk kondisi tanah lunak, pada gedung dengan periode pendek (lebih kecil dari 0,5 detik) nilai spektral percepatan pada RSNI 03-1726-201X lebih kecil dibandingkan spektral respons pada kondisi tanah sedang dan keras. Pada kondisi tanah sedang, nilai spektral percepatan sedikit lebih besar dari spektrum percepatan pada kondisi tanah keras. (3) Perlu dilakukan evaluasi pada gedung-gedung di Yogyakarta, terutama yang berdiri di atas tanah sedang dan keras.

DAFTAR PUSTAKA

- ASCE 7-05, 2005, *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*, American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia.
- ASCE/SEI 7-10, 2010, *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*, American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia.
- Building Seismic Safety Council, 2004, *NEHRP Recommended Seismic Provisions for New Buildings and Other Structures (FEMA 450) 2003 edition, Part I: Provisions*, Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C.
- Building Seismic Safety Council, 2009, *NEHRP Recommended Seismic Provisions for New Buildings and Other Structures (FEMA P-750)*, Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C.
- Desain Spektra Indonesia, diakses 21 Maret 2013, http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2002, *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur bangunan Gedung, SNI 1726-2002*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Permukiman, Bandung.
- FEMA 451 B, 2007, *NEHRP recommended Provisions for New Buildings and Other Structures: Training and Instruction Materials*, Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C.
- Kementerian Pekerjaan Umum, 2010, *Peta Hazard Gempa Indonesia 2010 sebagai Acuan Dasar Perencanaan dan Perancangan Infrastruktur Tahan Gempa*, Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Irsyam, M., Sengara, IW. Aldiamar, F., Widiyantoro, S., Triyoso, W., Hilman, D., Kertapati, E, Meilno, I., Asrurifak, M. Ridwan, M, dan Suhardjono, 2010, *Ringkasan Hasil Studi Tim Revisi Peta Gempa Indonesia 2010 (edisi 2)*. Kementerian Pekerjaan Umum, Bandung.
- Luco, N., 2009, Preparation of new seismic design maps for building codes. *EERI Seminar on Next Generation Attenuation Model*, September.
- Luco, N. Elingwood, B.R., Hamburger, R.O., Hooper, J.D., Kimball, J.K., dan Kircher, C.A., 2007, Risk-targeted versus current seismic design maps for the conterminous United States, *Proceedings 2007 Structural Engineering Association California (SEAOC) Convention*, Lake Tahoe, CA., 163-175.
- National Institute of Building Sciences, 2010, *Earthquake-Resistant Design Concepts: an Introduction to the NEHRP Recommended Seismic Provisions for New Buildings and Other Structures FEMA P-749*. Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C.

- Power, M., Chiou, B., Abrahamson, N., Bozorgnia dan Shantz , 2008, An overview of the NGA project. *Earthquake Spectra*, 24(1), 3-21.
- RSNI 03-1726-201X , 2010, *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Draft RSNI 03-1726-2002, 145 halaman.