

# PERBANDINGAN SPEKTRA DESAIN BEBERAPA KOTA BESAR DI INDONESIA DALAM SNI GEMPA 2012 DAN SNI GEMPA 2002 (233S)

Yoyong Arfiadi<sup>1</sup> dan Iman Satyarno<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Program Studi Teknik Sipil, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Jl. Babarsari 44 Yogyakarta*

*Email: yoyong@mail.uajy.ac.id*

<sup>2</sup>*Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada, Jl. Grafika 2 Yogyakarta*

*Email: iman@tsipil.ugm.ac.id*

## ABSTRAK

Baru-baru ini telah diterbitkan peraturan gempa yang baru, yaitu tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung (SNI 1726:2012) menggantikan peraturan gempa sebelumnya. Dengan diterbitkannya SNI 1726:2012 salah satu masalah yang perlu mendapat perhatian adalah berkenaan dengan keamanan gedung yang dibangun berdasarkan peraturan gempa sebelumnya. Dalam tulisan ini spektra desain yang ada dalam SNI 1726:2012 dibandingkan dengan spektra desain dalam SNI 1726-2002, untuk 15 kota besar yaitu: Yogyakarta, Jakarta, Bandung, Surabaya, Semarang, Surakarta, Denpasar, Medan, Banda Aceh, Padang, Makassar, Palu, Manado, Palembang, dan Jayapura. Dari hasil perbandingan tampak bahwa beberapa kota mengalami kenaikan nilai spektrum desain percepatannya, tetapi beberapa kota juga mengalami penurunan. Kenaikan terbesar terjadi di kota Semarang dan Palu dengan kenaikan sebesar 2,18 kali pada kondisi tanah keras. Penurunan yang cukup signifikan terjadi untuk kota Denpasar yaitu sebesar 0,67 kali pada kondisi tanah lunak. Beberapa kota mengalami penurunan nilai spektra percepatan desain pada periode pendek untuk semua kondisi tanah, baik tanah keras, sedang, dan lunak; yaitu untuk kota-kota Denpasar, Medan, Makassar, dan Palembang. Untuk kondisi tanah yang berbeda, suatu kota dapat mengalami kenaikan dan penurunan nilai spektra desainnya. Kota Jakarta, Yogyakarta, Surakarta, Banda Aceh, dan Padang, mengalami penurunan nilai spektra desain untuk kondisi tanah lunak saja. Dari 15 kota yang diamati, urutan nilai nominal spektra percepatan desain pada periode pendek untuk tanah keras terbesar terjadi pada kota Palu, Jayapura, Bandung, Banda Aceh, Padang dan Yogyakarta dengan nilai spektra percepatan desain pada periode pendek masing-masing sebesar 1,308 g, 1 g, 0,983 g, 0,899 g, dan 0,807 g yang akan terjadi pada kebanyakan gedung pada umumnya dengan jumlah lantai antara 2 sampai 8. Mengingat cukup besarnya kenaikan spektra percepatan desain pada beberapa kota besar ini, maka sangat perlu untuk segera dilakukan evaluasi keamanan bangunan-bangunan yang sudah terbangun dengan peraturan sebelumnya terutama untuk bangunan penting seperti rumah sakit dan bangunan penting lainnya

Kata kunci: gempa, spektra desain, SNI Gempa 2012, tata cara perencanaan ketahanan gempa, evaluasi keamanan

## 1. PENDAHULUAN

Saat ini telah disahkan tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung atau SNI 1726:2012 (selanjutnya disebut dengan SNI Gempa 2012) sebagai pengganti tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan gedung atau SNI 03-1726-2002 (selanjutnya disebut SNI Gempa 2002). SNI Gempa 2012 mengacu pada perkembangan peraturan gempa modern (terutama peraturan di Amerika Serikat) seperti FEMA P-750 (Building Seismic Safety Council, 2009) dan ASCE/SEI 7-10 (2010). Awal perlunya merevisi SNI Gempa 2002 mengacu pada studi yang dilakukan oleh Irsyam dkk (2010). Studi yang dilakukan Irsyam dkk. (2010) untuk pengembangan peta gempa Indonesia telah memperhatikan data kegempaan Indonesia yang berasal dari katalog gempa terbaru sampai tahun 2009, dan dengan memperhatikan fungsi atenuasi yang sesuai, termasuk dari NGA (*Next Generation Attenuation*). Ringkasan studi fungsi atenuasi NGA dapat dilihat pada Power dkk. (2008).

Jika diperhatikan, secara umum SNI Gempa 2012 (Badan Standardisasi Nasional, 2012) mengacu pada ASCE 7-10, sedangkan SNI Gempa 2002 (Badan Standardisasi Nasional, 2002) mengacu pada UBC 97. ASCE 7-10 merupakan revisi dari peraturan ASCE 7-05 (2005). Dalam ASCE 7-05 gempa tertimbang maksimum ( $MCE = \textit{maximum considered earthquake}$ ) terpetakan diambil sebagai yang terkecil dari guncangan tanah probabilistik atau guncangan tanah deterministik. Guncangan tanah probabilistik didasarkan pada percepatan gempa dengan 2%

kemungkinan terlampaui dalam 50 tahun atau gempa dengan perioda ulang sekitar 2500 tahun. Sedangkan guncangan tanah deterministik diambil sebagai 1,5 kali median respons spektral percepatan untuk suatu karakteristik gempa pada patahan aktif yang diketahui dalam suatu wilayah. Dengan gempa ini, maka bangunan yang direncanakan sesuai ASCE 7-05 merupakan bangunan dengan bahaya yang seragam (*uniform hazard*), tetapi akan mempunyai kemungkinan keruntuhan (*collapse probability*) yang tidak seragam (Luco dkk, 2007, Building Seismic Safety Council, 2012). Seperti diketahui pengambilan gempa dengan 2% kemungkinan terlampaui dalam 50 tahun dalam ASCE 7-05 tidak menyebabkan risiko keruntuhan yang seragam (*uniform risk*).

Dalam ASCE 7-10 guncangan tanah probabilistik diambil sebagai gempa dengan risiko tertarget, yaitu dengan 1% risiko keruntuhan yang seragam. Sedangkan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko tertarget ( $MCE_R$ ) diambil sebagai yang terkecil dari guncangan tanah probabilistik dan deterministik. Selain perbedaan dalam pengambilan guncangan tanah probabilistik, yaitu dari bahaya seragam (2% kemungkinan terlampaui dalam 50 tahun) menjadi risiko seragam (1% risiko runtuh dalam 50 tahun), pengambilan guncangan tanah deterministik juga berbeda. Dalam ASCE 7-05 guncangan tanah deterministik diambil sebagai 150% median guncangan tanah, sedangkan dalam ASCE 7-10 guncangan tanah deterministik diambil sebagai guncangan tanah dengan 84<sup>th</sup> *percentile*. Nilai 84<sup>th</sup> *percentile ground motion* selanjutnya didekati dengan 180% nilai mediannya. Perbedaan lain antara ASCE 7-10 dan ASCE 7-05 adalah dalam ASCE 7-05 digunakan *geometric mean ground motion* untuk 2 arah horisontal guncangan tanah yang berbeda, sedangkan dalam ASCE 7-10 digunakan *maximum-direction ground motion* (Building Seismic Safety Council, 2012). Karena SNI Gempa 2012 mengacu pada ASCE 7-10 maka tentunya sudah memperhatikan hal-hal tersebut di atas.

SNI Gempa 2002 didasarkan pada UBC 97, sehingga peta gempa yang dikembangkan didasarkan pada 10% kemungkinan terlampaui dalam 50 tahun, yaitu gempa dengan perioda ulang sekitar 500 tahun. Karena UBC 97 banyak digunakan sebelumnya untuk perencanaan gempa di bagian barat Amerika, sedangkan terdapat pengambilan perioda ulang yang berbeda, maka selanjutnya diadakan penyesuaian dalam ASCE 7-05 dan ASCE 7-10, di mana bangunan yang dibangun berdasarkan UBC 97 dianggap mempunyai faktor keamanan sebesar 1,5. Dengan demikian spektral percepatan desain pada ASCE 7-10 diambil sebesar 2/3 spektral percepatan maksimum. Angka 2/3 merupakan kebalikan dari 1,5 yang dianggap sebagai faktor keamanan yang dipunyai struktur yang direncanakan dengan peraturan gempa sebelumnya.

Dengan diberlakukannya SNI Gempa 2012 maka semua gedung saat ini harus direncanakan dengan peraturan yang baru, dan bangunan yang sudah ada harus dievaluasi keamanannya terhadap peraturan yang baru ini. Beberapa skema penanganan terhadap bangunan yang sudah ada sebagai akibat adanya peraturan yang baru ini juga tentunya harus dibuat untuk mengetahui dan meningkatkan keamanannya. Untuk mengetahui sejauh mana perbedaan antara nilai spektra percepatan desain berdasarkan SNI Gempa 2002 dan SNI Gempa 2012 ditinjau pada uraian selanjutnya.

## 2. SPEKTRUM RESPONS DESAIN SNI GEMPA 2012

Spektrum respons desain ( $S_a$ ) dalam SNI Gempa 2012 diambil seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Spektrum respons tersebut merupakan modifikasi dari spektrum respons desain ASCE 7-10, di mana transisi perioda panjang  $T_L$  yang ada pada ASCE 7-10 tidak didefinisikan dalam SNI Gempa 2012.

Parameter percepatan spektral desain diambil sebagai berikut:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (1)$$

$$S_{DI} = \frac{2}{3} S_{MI} \quad (2)$$

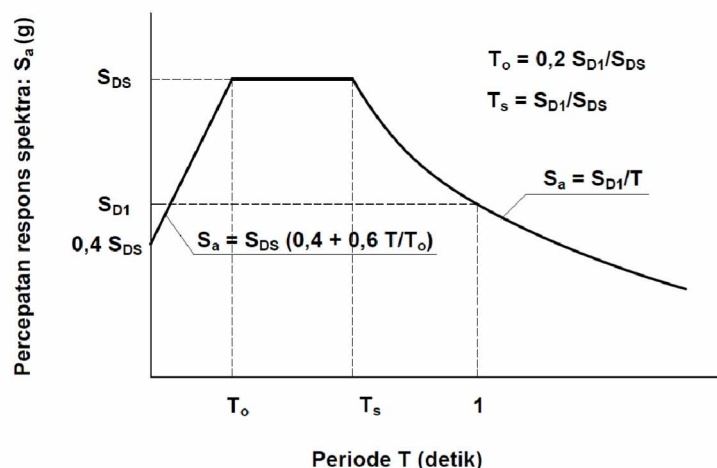
dengan  $S_{DS}$  = parameter respons spektral percepatan pada perioda pendek, dengan 5% redaman kritis,  $S_{DI}$  = parameter respons spektral percepatan pada perioda 1 detik, dengan 5% redaman kritis,  $S_{MS}$  = parameter respons spektral percepatan  $MCE_R$  pada perioda pendek yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs,  $S_{MI}$  = parameter respons spektral percepatan  $MCE_R$  pada perioda 1 detik yang sudah disesuaikan dengan pengaruh kelas situs.

Nilai  $S_{MS}$  dan  $S_{MI}$  ditentukan dengan persamaan:

$$S_{MS} = F_a S_s \quad (3)$$

$$S_{MI} = F_v S_1 \quad (4)$$

dengan  $S_s$  = parameter respons spektral percepatan gempa  $MCE_R$  terpetakan pada perioda pendek, dengan 5% redaman kritik di batuan dasar,  $S_1$  = parameter respons spektral percepatan gempa  $MCE_R$  terpetakan pada perioda 1 detik, dengan 5% redaman kritik di batuan dasar,  $F_a$  = koefisien situs untuk perioda pendek (pada perioda 0,2 detik), dan  $F_v$  = koefisien situs untuk perioda panjang (pada perioda 1 detik).



Gambar 1. Respons spektra percepatan pada SNI Gempa 2012

Nilai  $F_a$  dan  $F_v$  diambil berturut-turut sesuai dengan Tabel 1 dan Tabel 2 (Tabel 4 dan Tabel 5 pada SNI Gempa 2012)

Tabel 1. Koefisien situs 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 2. Koefisien situs perioda panjang  $F_v$

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)	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
Tanah sedang (SD)	2,4	2	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

Notasi SS pada Tabel 1 dan 2 berarti situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik.

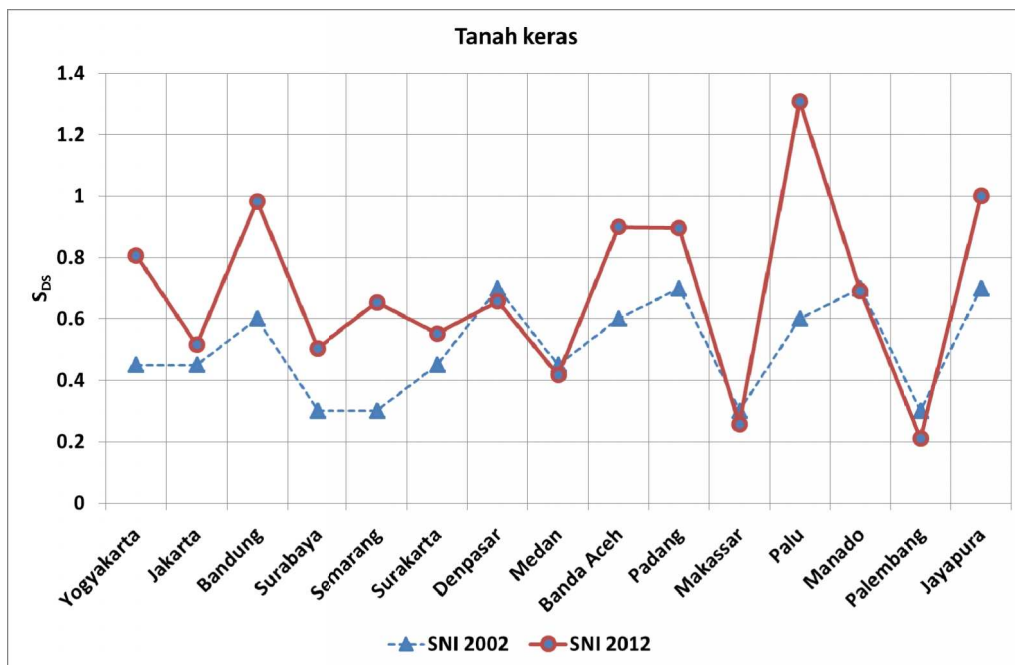
### 3. PERBANDINGAN SPEKTRA DESAIN SNI GEMPA 2012 DAN SNI GEMPA 2002

Nilai-nilai  $S_s$  dan  $S_1$  dapat dilihat pada Gambar 9 dan Gambar 10 dalam SNI Gempa 2012. Dalam tulisan ini spektra desain SNI Gempa 2012 diambil berdasarkan perangkat lunak Desain Spektra Indonesia (2013), yang dapat dilihat pada situs [http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain\\_spektra\\_indonesia\\_2011/](http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/). Dalam SNI Gempa 2002, walaupun notasi  $S_{DS}$  dan  $S_{D1}$  tidak dikenal, diambil padanan: (a) bagian datar nilai C pada SNI Gempa 2002 sebagai  $S_{DS}$ , dan (b) angka pada bagian lengkung di  $T = 1$  detik pada SNI Gempa 2002 sebagai nilai  $S_{D1}$ . Dengan pendekatan padanan ini maka khusus untuk tanah lunak dalam SNI 2002 nilai  $S_{DS}$  akan sama dengan  $S_{D1}$ . Perbandingan spektra desain dilakukan untuk 15 kota besar di Indonesia, yaitu: Yogyakarta, Jakarta, Bandung, Surabaya, Semarang, Surakarta, Denpasar, Medan, Banda Aceh, Padang, Makassar, Palu, Manado, Palembang dan Jayapura. Nilai spektra

desain,  $S_{DS}$  dan  $S_{D1}$  untuk 15 kota tersebut untuk kondisi klas situs SC (tanah keras), SD (tanah sedang) dan SE (tanah lunak) dibandingkan dalam suatu grafik untuk melihat perubahannya. Khusus untuk kota Yogyakarta, perbandingan spektra desain dan gaya geser dasar dapat dilihat pada Arfiadi (2013).

**Klas situs SC (tanah keras)**

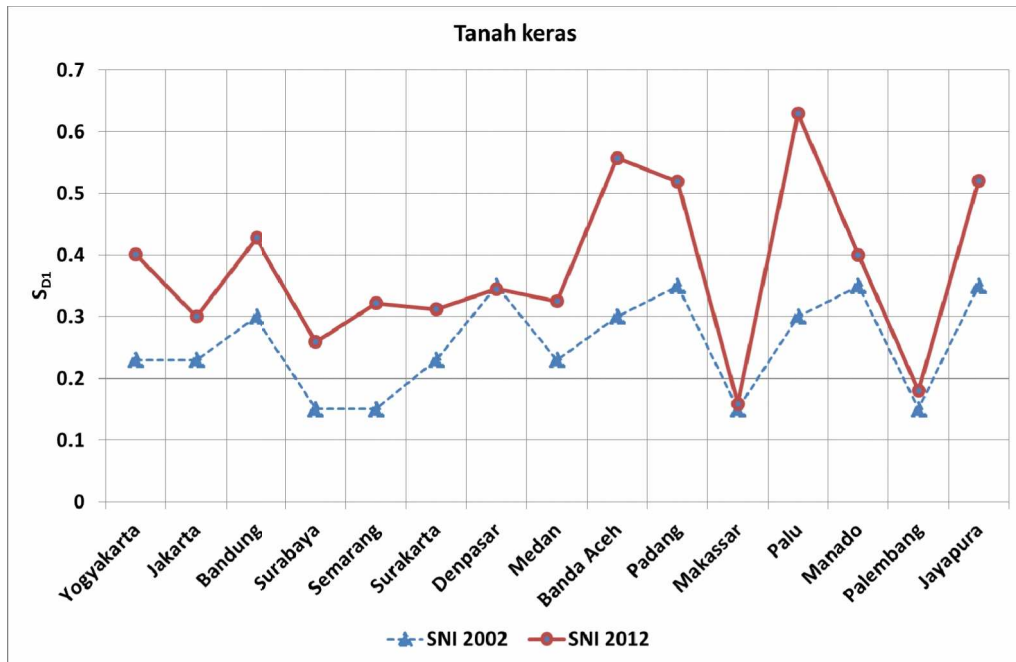
Untuk klas situs SC (tanah keras) nilai-nilai  $S_{DS}$  untuk 15 kota besar ditunjukkan pada Gambar 2. Tampak bahwa ada kota-kota yang, dengan berlakunya SNI Gempa 2012, nilai spektra respons percepatan pada perioda pendek  $S_{DS}$  bertambah besar ada pula yang menjadi kecil. Ada beberapa kota mempunyai nilai  $S_{DS}$  yang berubah (menjadi kecil atau besar) tetapi nilainya hampir sama, yaitu kota-kota: Jakarta, Denpasar, Medan Makassar dan Palembang. Dari 15 kota yang diamati, hanya 5 kota yang mempunyai nilai  $S_{DS}$  lebih kecil dari SNI Gempa 2002, yaitu untuk kota-kota: Denpasar, Medan, Makassar, Manado, dan Palembang. Rasio nilai  $S_{DS}$  untuk kota-kota tersebut adalah 0,94; 0,93; 0,86; 0,99 dan 0,70. Nilai  $S_{DS}$  SNI Gempa 2012 untuk 10 kota yang lain lebih besar dari nilai  $S_{DS}$  SNI Gempa 2002. Pertambahan nilai yang terbesar terjadi untuk kota Semarang dan Palu, yang bertambah menjadi 2,18 kali nilai pada SNI Gempa 2002. Setelah itu kota Yogyakarta, Surabaya dan Bandung naik berturut-turut menjadi 1,79; 1,68 dan 1,64 kali. Kota lainnya, yaitu Banda Aceh, Jayapura, Padang, Surakarta dan Jakarta, naik berturut-turut menjadi 1,5; 1,43; 1,28; 1,22 dan 1,14 kali  $S_{DS}$  SNI Gempa 2002. Urutan besarnya nilai spektra percepatan desain pada perioda pendek untuk tanah keras terbesar terjadi pada kota Palu, Jayapura, Bandung, Banda Aceh, Padang dan Yogyakarta dengan nilai  $S_{DS}$  masing-masing sebesar 1,308 g, 1 g, 0,983 g, 0,899 g, 0,896 g, dan 0,807 g.



Gambar 2. Perbandingan spektral percepatan desain pada perioda pendek untuk tanah keras

Untuk spektral percepatan pada perioda 1 detik  $S_{D1}$  pada kondisi tanah keras, semua kota naik nilainya kecuali untuk kota Denpasar yang menjadi 0,99 kali  $S_{D1}$  SNI Gempa 2002, seperti terlihat pada Gambar 3. Kenaikan terbesar terjadi pada kota-kota: Semarang, Palu, Banda Aceh, Yogyakarta dan Surabaya yang naik menjadi 2,15; 2,10; 1,86; 1,74 dan 1,73.

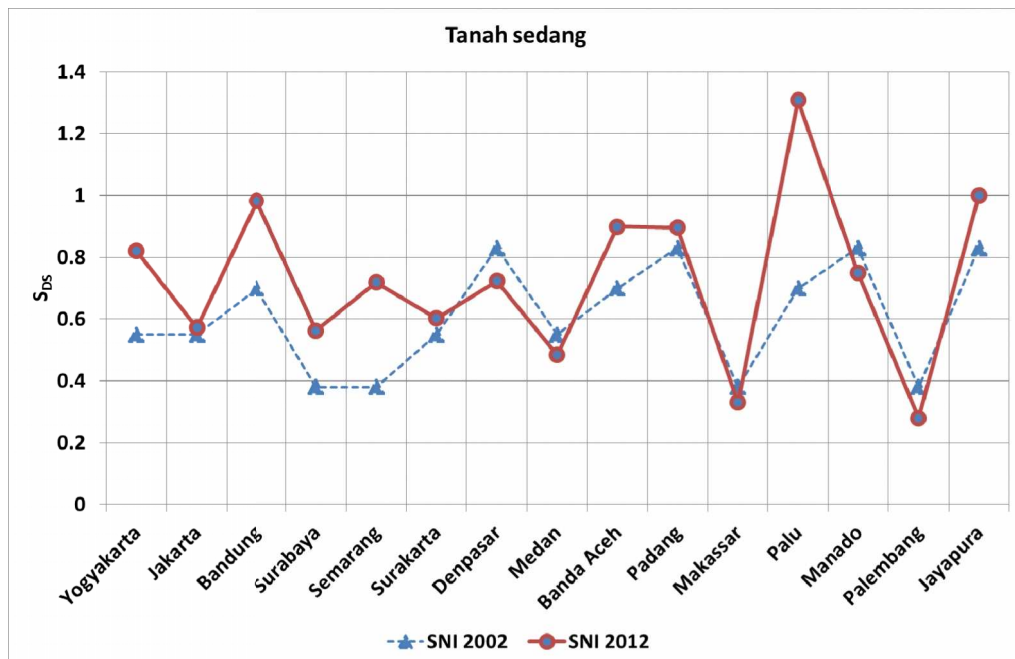
Dari perbandingan ini tampak bahwa beberapa kota mempunyai kenaikan yang signifikan baik untuk spektral percepatan pada perioda pendek, yang berpengaruh pada gedung antara 2 sampai 8 lantai, maupun spektral percepatan pada perioda 1 detik, yang berpengaruh pada gedung kira-kira di atas 10 lantai. Untuk kota-kota tersebut perlu dilakukan evaluasi terhadap keamanan gedung-gedung yang dibangun berdasarkan SNI Gempa 2002.



Gambar 3. Perbandingan spektral percepatan desain pada periode 1 detik untuk tanah keras

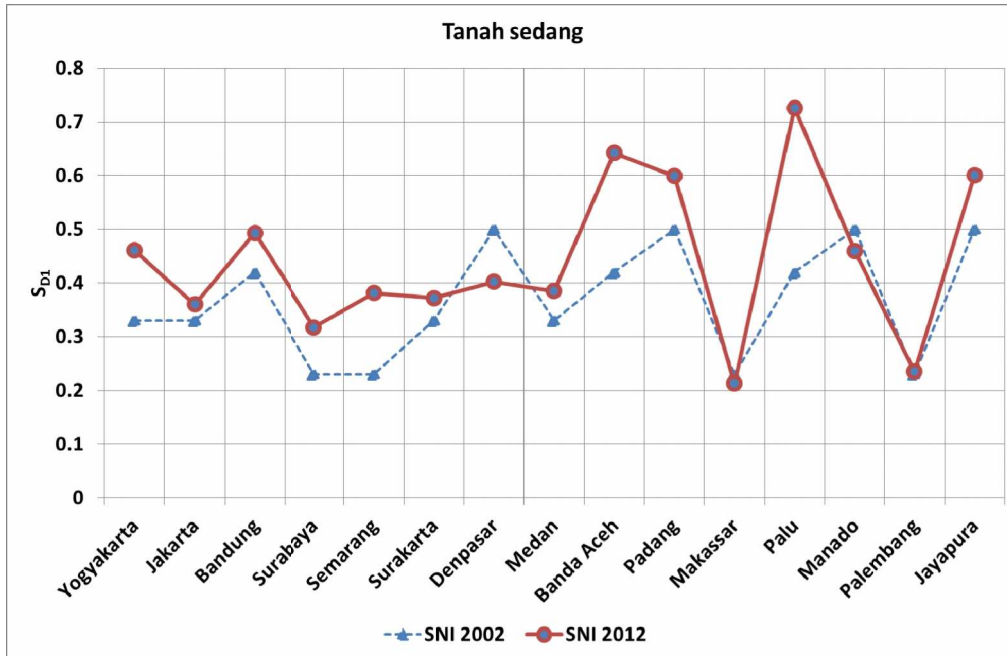
**Klas situs SD (tanah sedang)**

Untuk klas situs SD (tanah sedang), nilai-nilai  $S_{DS}$  untuk 15 kota besar ditunjukkan pada Gambar 4. Tampak bahwa kenaikan terbesar terjadi pada kota Semarang dan Palu, yaitu sebesar 1,9 kali nilai pada SNI Gempa 2002. Selanjutnya kota Surabaya dan Yogyakarta menjadi 1,5 kali nilai pada SNI Gempa 2002, diikuti oleh kota Bandung, yang menjadi 1,4 kali nilai pada SNI Gempa 2002. Seperti pada kondisi tanah keras, 5 kota mempunyai nilai  $S_{DS}$  yang lebih kecil bila dibandingkan dengan SNI Gempa 2002, yaitu untuk kota-kota: Denpasar, Medan, Makassar, Manado, dan Palembang. Kota-kota seperti: Padang, Surakarta, Jakarta, Denpasar, Medan, Manado, dan Makassar, walaupun nilai  $S_{DS}$  berubah, tetapi perubahannya kurang lebih hanya 10%.



Gambar 4. Perbandingan spektral percepatan desain pada periode pendek untuk tanah sedang

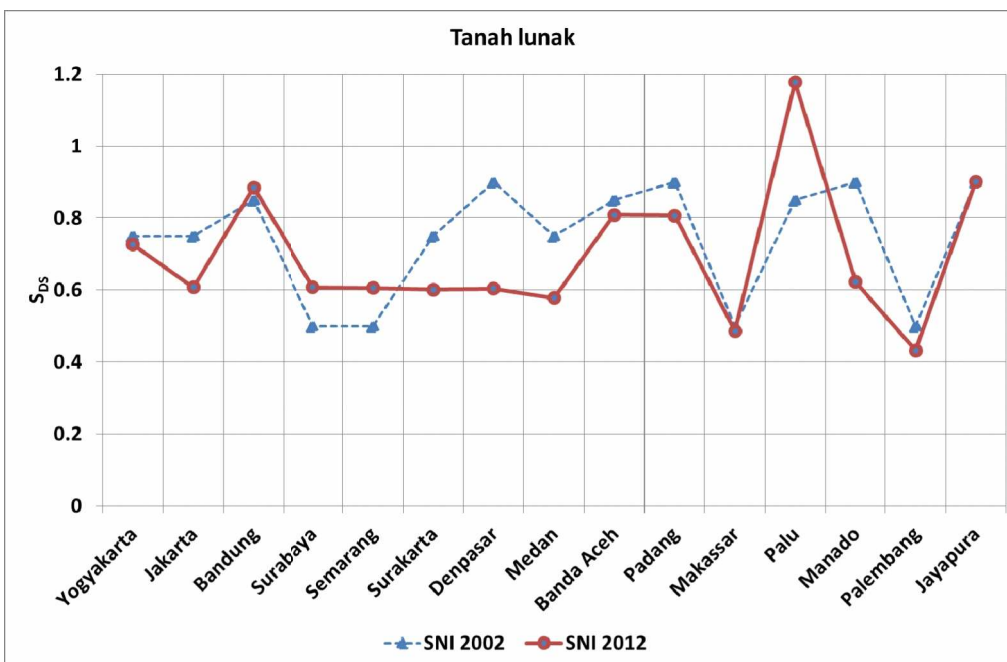
Untuk spektral perioda 1 detik  $S_{D1}$  nilai-nilai ditunjukkan pada Gambar 5. Pada perioda 1 detik, kota Semarang dan Palu mengalami peningkatan spektral percepatan yang terbesar, yaitu 1,7 kali nilai pada SNI Gempa 2002. Di bawah kota Semarang dan Palu adalah kota Banda Aceh, yang mengalami peningkatan sebesar 1,5 kali dari SNI Gempa 2002, diikuti oleh Yogyakarta dan Surabaya, yang mengalami peningkatan sebesar 1,4 kali nilai pada SNI Gempa 2002.



Gambar 5. Perbandingan spektral percepatan desain pada perioda 1 detik untuk tanah sedang

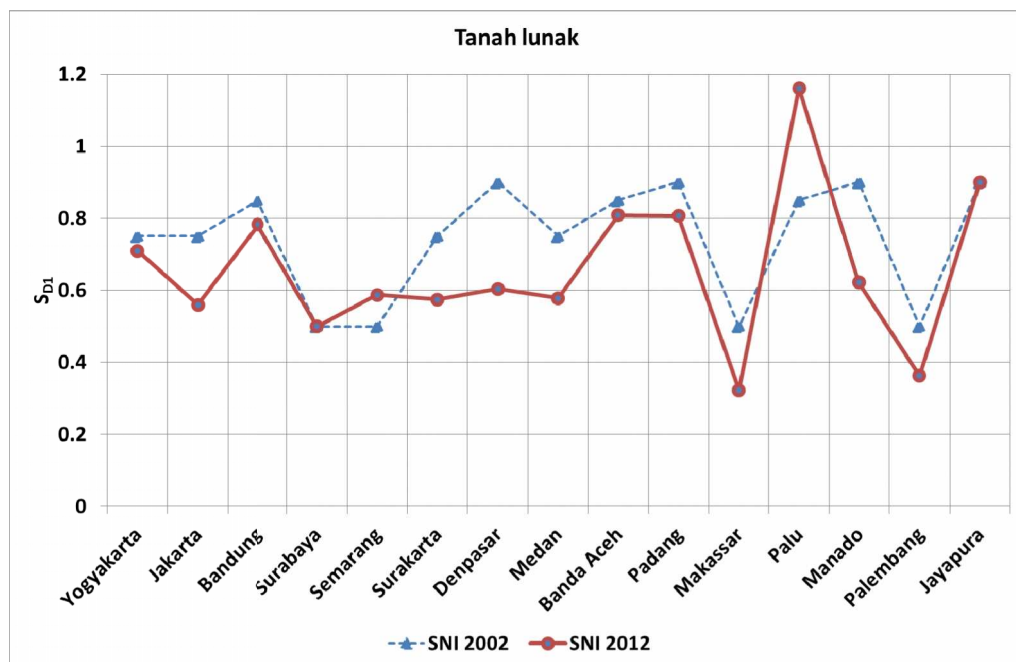
**Klas situs SE (tanah lunak)**

Untuk klas situs SE (tanah lunak), nilai-nilai  $S_{DS}$  untuk 15 kota besar ditunjukkan pada Gambar 6. Tampak bahwa untuk kondisi tanah lunak, ada 10 kota yang nilai spektral percepatan pada perioda pendeknya turun. Untuk kota Denpasar penurunan menjadi 0,67 kali nilai pada SNI Gempa 2002. Kenaikan terbesar terjadi pada kota Palu, yaitu sebesar 1,39 kali nilai pada SNI Gempa 2002.



Gambar 6. Perbandingan spektral percepatan desain pada perioda pendek untuk tanah lunak

Nilai-nilai  $S_{D1}$  untuk tanah lunak dapat dilihat pada Gambar 7. Nilai  $S_{D1}$  yang mengalami kenaikan hanya terjadi pada kota Palu dan Semarang, masing-masing menjadi 1,37 dan 1,18 kali nilai pada SNI Gempa 2002. Di kota-kota lain, nilai  $S_{D1}$  mengalami penurunan atau sama. Penurunan nilai  $S_{D1}$  terbesar terjadi untuk kota Denpasar, yaitu sebesar 0,67 kali nilai pada SNI Gempa 2002.



Gambar 7. Perbandingan spektral percepatan desain pada periode 1 detik untuk tanah lunak

Perlu dicatat di sini bahwa karena nilai  $T_s$  pada Gambar 1 untuk beberapa kota, yaitu: Banda Aceh, Denpasar, Jayapura, Manado, Medan, dan Padang, lebih besar dari 1 detik, sedangkan nilai  $S_{D1}$  yang diperoleh dari persamaan (2) atau dari situs [http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain\\_spektra\\_indonesia\\_2011/](http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/) nilainya lebih besar dari  $S_{DS}$ , maka nilai spektral percepatan desain pada 1 detik diambil sama dengan  $S_{DS}$ , sesuai dengan Gambar 1.

Dari analisis dan grafik-grafik yang disajikan, tampak bahwa beberapa kota mengalami penurunan nilai spektra percepatan desain pada periode pendek untuk semua kondisi tanah, baik tanah keras, sedang, dan lunak; yaitu untuk kota-kota: Denpasar, Medan, Makassar, dan Palembang. Untuk kondisi tanah yang berbeda, suatu kota dapat mengalami kenaikan dan penurunan nilai spektra desainnya. Kota Jakarta, Yogyakarta, Surakarta, Banda Aceh, dan Padang, mengalami penurunan nilai spektra desain untuk kondisi tanah lunak saja. Dari 15 kota yang diamati, urutan nilai nominal spektra percepatan desain pada periode pendek untuk tanah keras terbesar terjadi pada kota Palu, Jayapura, Bandung, Banda Aceh, Padang dan Yogyakarta dengan nilai spektral percepatan desain pada periode pendek masing-masing sebesar 1,308 g, 1 g, 0,983 g, 0,899 g, 0,896 g, dan 0,807 g yang akan terjadi pada kebanyakan gedung pada umumnya dengan jumlah lantai antara 2 sampai 8.

#### 4. KESIMPULAN

Nilai-nilai spektral percepatan desain berdasarkan SNI Gempa 2012 telah disajikan untuk 15 kota besar di Indonesia. Nilai-nilai spektra tersebut dibandingkan dengan nilai spektra pada SNI Gempa 2002. Dari hasil perbandingan terhadap 15 kota besar di Indonesia, maka ada kota-kota yang mengalami kenaikan baik untuk nilai spektral percepatan pada periode pendek maupun nilai spektral pada periode 1 detik; ada pula yang mengalami penurunan. Untuk kota-kota yang mengalami kenaikan spektra desain, baik pada periode pendek (yang mempengaruhi gedung sekitar 2 sampai 8 lantai) maupun periode 1 detik (yang mempengaruhi gedung 10 lantai atau lebih), maka gedung-gedung di kota-kota tersebut perlu dievaluasi ketahanannya terhadap gempa, terutama untuk bangunan penting seperti rumah sakit dan bangunan penting lainnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arfiadi, Y., 2013, "Implikasi penggunaan peta gempa 2010 pada perencanaan gedung di kota Yogyakarta". *Jurnal Teknik Sipil*, Vol. 12, No. 2, 104-116, Program Studi Teknik Sipil, UAJY, Yogyakarta.
- 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.
- Badan Standardisasi Nasional, 2002, *SNI 03-1726-2002: Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung*. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional, 2012, *SNI 1726:2012: Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung*. Jakarta.
- 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.
- Building Seismic Safety Council, 2012, *2009 NEHRP Recommended Seismic Provisions: Design Examples: FEMA P-751*, Washington, D.C.
- Desain Spektra Indonesia, diakses 21 Maret 2013, [http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain\\_spektra\\_indonesia\\_2011/](http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/).
- 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. 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.
- Power, M., Chiou, B., Abrahamson, N., Bozorgnia dan Shantz, 2008, "An overview of the NGA project". *Earthquake Spectra*, 24(1), 3-21.