

# Studi Analisis Percepatan Respon Spektrum Desain Bangunan di Kota Padang Panjang

Furqon Dawam Raharjo

PMG Muda Di Stasiun Geofisika Klas I Padang Panjang

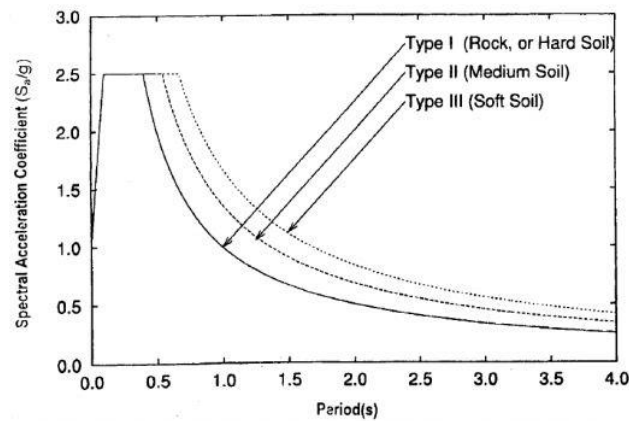
## I. PENDAHULUAN

Kota Padang Panjang termasuk salah satu kota yang berada di zona rawan bencana gempabumi, karena dilalui oleh dua segmen sesar aktif Sumatera yaitu segmen Sianok dan segmen Sumani. Sejarah kegempaan mencatat di Kota Padang Panjang pada tanggal 6 Maret 2007 pernah terjadi dua gempabumi kuat dan merusak. Gempa ini diakibatkan oleh aktivitas tektonik segmen sesar aktif Sianok dengan magnitudo momen ( $M_w$ ) 6.4 dan 6.3 berada pada kedalaman hiposenter dangkal 33 km dan 30 km (Gambar 1). Menurut data dari posko penanggulangan gempa Padang Panjang, peristiwa gempabumi ini telah merusakkan bangunan dan menelan korban jiwa diantaranya 707 Bangunan rusak berat, 1519 bangunan rusak sedang, 1843 bangunan rusak ringan dan 68 orang meninggal dunia. Kemudian pada tahun 1943 di segmen Sumani pernah terjadi gempabumi kuat dengan magnitudo momen  $M_w$  7.3. Pusat studi gempabumi nasional mengestimasi magnitudo maksimum di segmen sesar aktif Sianok dan Sumani sekitar  $M_w$  7.4 dan  $M_w$  7.1.



**Gambar 1.** Dokumentasi Kerusakan Bangunan Akibat Gempa di Kota Padang Panjang Pada Tanggal 6 Maret 2007 (Sumber : *EERI Special Earthquake Report* — May 2007)

Mengingat besarnya estimasi magnitudo gempabumi di segmen Sianok dan Sumani yang mengakibatkan terjadinya peristiwa gempabumi kuat dan merusak, maka pembangunan infrastruktur kota Padang Panjang memerlukan struktur bangunan yang tahan terhadap gaya gempabumi. Struktur bangunan tahan terhadap gaya gempa merupakan struktur yang tahan (tidak rusak dan tidak runtuh) jika terkena guncangan gempa (Dewi L.C, 2014). Perencanaan struktur bangunan tahan gempa memerlukan informasi geoteknik, yaitu diantaranya informasi nilai percepatan maksimum respon spektral desain ( $S_a$ ) dipermukaan tanah. Percepatan respon spektrum disain dipermukaan tanah merupakan skenario percepatan puncak dipermukaan tanah dengan berbagai periode getar alami akibat suatu guncangan gempa (Pawirodikromo, 2012). Periode getar alami yang dipakai pada studi ini adalah periode pendek (0.2 s) dan periode panjang (1 s) . Hal ini disebabkan karna energi terbesar gempabumi berada pada dua periode ini (Gupta, 1990)



**Gambar 2.** Grafik Respon Spektra Desain Dengan Berbagai Periode Getar Alami (Li Bo, 2015)

Setiap getaran bangunan yang disebabkan oleh guncangan gempa bumi akan menghasilkan periode getaran bangunan. Jika bangunan tersebut memiliki spektra akselerasi melebihi spektra akselerasi gempa rencana, maka kemungkinan bangunan tersebut akan runtuh (Sunardi dkk, 2013). Desain respon spektrum dipermukaan tergantung pada mekanisme energi sumber gempa bumi, jarak *episenter*, kedalaman, magnitudo, kondisi tanah, sistem peredaman dan beberapa periode getaran alami (Pawirodikromo, 2012). Secara teoritis respon spektra desain yang menghubungkan antara spektra akselerasi dengan periode getar alami pada batuan dasar terlihat seperti Gambar 2. Untuk bangunan penting seperti reaktor nuklir, pelabuhan, bandara, bangunan gedung dan lainnya harus mengacu pada nilai percepatan respon spektra desain. Respon spektra desain tersebut dapat memberikan informasi karakteristik geoteknik seperti sifat dinamis dan kerentanan seismik.

Percepatan maksimum respon spektra desain yang disimbolkan dengan  $S_a$  dihitung pada periode pendek dengan simbol  $S_s$  pada periode 0,2 second dan periode panjang dengan simbol  $S_1$  pada periode 1.0 second. Nilai percepatan respon spektra pada periode pendek menggambarkan periode getar struktur bangunan terpendek atau bangunan 2 tingkat sedangkan untuk periode panjang mewakili periode getar struktur untuk bangunan lebih dari 2 tingkat (Taranath, 2010). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dan menentukan nilai percepatan respon spektra desain dipermukaan tanah lunak, tanah sedang dan tanah keras pada periode ulang gempa rencana 2500 tahun. Hasil yang diperoleh diharapkan dapat digunakan oleh para *engineer* sipil untuk merencanakan struktur bangunan yang tahan terhadap gaya gempa di wilayah Kota Padang Panjang.

## II. METODE

Analisis percepatan respon spektra desain permukaan tanah Kota Padang Panjang dilakukan dengan menggunakan periode ulang gempa rencana 2500 tahun. Nilai  $S_s$  dan  $S_1$  diperoleh dari peta sumber dan bahaya gempayang dibuat oleh Tim Pusat Gempa Nasional (PUSGEN) pada tahun 2017. Dimana nilai  $S_s$  dan  $S_1$  di Kota Padang Panjang berkisar 3.0 g dan 2.0 g. Setelah mengetahui kedua nilai tersebut kita akan memperoleh nilai faktor amplifikasi periode pendek ( $F_v$ ) dan periode panjang ( $F_a$ ) dengan menggunakan acuan tabel amplifikasi respon spektrum pada Tabel 1 dan Tabel 2. Perhitungan ini dilakukan untuk tiga klasifikasi jenis tanah yakni tanah keras, tanah sedang dan tanah lunak.

**Tabel 1.** Faktor amplifikasi respon spektrum untuk period pendek (0.2 detik)( $F_v$ )  
(SNI 1726-2012)

Jenis Klasifikasi Tanah	$S_s < 0.25$	$S_s = 0.5$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.0$	$S_s > 1.25$
Tanah Keras	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
Tanah Sedang	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
Tanah Lunak	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9

**Tabel 2**Faktor amplifikasi respon spektrum untuk periode panjang (1 detik)( $F_a$ )  
(SNI 1726-2012)

Jenis Klasifikasi Tanah	$S_1 < 0.25$	$S_1 = 0.5$	$S_1 = 0.75$	$S_1 = 1.0$	$S_1 > 1.25$
Tanah Keras	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
Tanah Sedang	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
Tanah Lunak	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4

Jika nilai  $F_v, F_a, S_s$  dan  $S_1$  sudah diketahui maka dapat digunakan untuk menghitung percepatan respon spektra desain dipermukaan tanah dengan menggunakan persamaan berikut :

$$S_a = sds \times \left( 0.4 + 0.6 \frac{T}{T_0} \right)$$

$$sds = \mu \times sms \text{ dan } sds_1 = \mu \times sms_1$$

$$sms = F_a \times S_s \text{ dan } sm_1 = F_v \times S_1 \quad (3)$$

$$S_a = S_{d1}, T_0 \leq 0 \leq T_s \quad (4)$$

$$S_a = \frac{S_{d1}}{T}, T > T_s \quad (5)$$

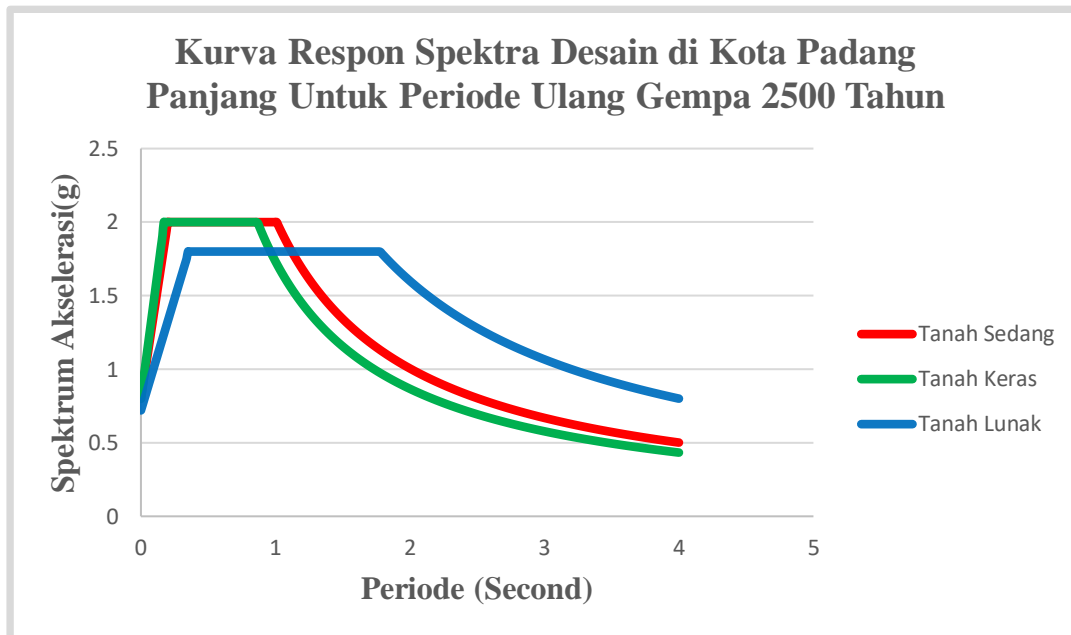
$$T_0 = 0.2 T_s \quad (6)$$

$$T_s = \frac{S_{d1}}{S_{Ds}} \quad (7)$$

Dimana  $S_a$  merupakan percepatan spektra desain di permukaan tanah,  $sms$  adalah nilai percepatan tanah dipermukaan pada periode pendek,  $sm_1$  adalah nilai percepatan tanah dipermukaan pada periode panjang, dan  $\mu$  adalah daktilitas bangunan bernilai  $2/3$ ,  $sds$  adalah percepatan respon spektrum desain periode pendek,  $sds_1$  adalah percepatan respon spektrum desain periode panjang,  $F_a$  adalah faktor amplifikasi periode panjang,  $F_v$  adalah faktor amplifikasi periode pendek,  $T$  adalah periode getar alami bangunan,  $T_0$  merupakan periode getar pada 0 detik dan  $T_s$  merupakan periode getar akhir.

### III. HASIL DAN DISKUSI

Berdasarkan hasil perhitungan nilai spektrum desain dengan menggunakan metoda diatas diperoleh data seperti yang ditampilkan pada kurva gambar 2. Berdasarkan dari gambar 2 diperoleh nilai percepatan maksimum spektrum desain di Kota Padang Panjang adalah sebesar 2,0 g untuk tanah keras dan tanah sedang. Sedangkan untuk tanah lunak sebesar 1,8 g. Nilai percepatan respon spektra yang diperoleh tergolong tinggi, hal ini disebabkan karena Kota Padang Panjang dilalui oleh zona tektonik sesar aktif. Sehingga menjadikan daerah Kota padang Panjang termasuk daerah *regime stress* dan membahayakan untuk bangunan – bangunan bertingkat



**Gambar 2.** Kurva Respon Spektra Desain Di Kota Padang Panjang Dengan Periode Ulang gempa 2500 tahun.

Pada gambar 2, secara analisis tanah lunak (garis biru) mempunyai nilai percepatan maksimum respon spektrum desain yang lebih rendah dibanding tanah sedang dan tanah keras, hal ini terjadi karena jenis tanah lunak mempunyai getaran dengan frekuensi rendah (*low frequency*) dan sebaliknya untuk tanah sedang dan tanah keras mempunyai getaran dengan frekuensi tinggi (*high frequency*) (Sunardi dkk, 2019). Selain itu tanah lunak mempunyai nilai periode getar alami yang cukup panjang, hal ini dipengaruhi oleh kondisi lokal geologi setempat atau disebutnya *local site effect*, sehingga apabila guncangan gempa bumi melewati jenis tanah lunak, waktu getarannya cukup lama, kemungkinan akan terjadi amplifikasi yang cukup tinggi (Suntoko dkk, 2019).

Data percepatan maksimum respon spektrum desain pada periode ulang gempa rencana 2500 tahun yang diperoleh dari studi ini dibutuhkan untuk pembangunan infrastruktur bangunan bertingkat, seperti apartemen, hotel, rumah sakit dll. Jika pembangunan infrastruktur bertingkat di Kota Padang Panjang dibangun diatas tanah lunak, tanah sedang dan Tanah keras, maka bangunan tersebut harus di-*setting* dengan nilai percepatan tanah maksimum yang dihasilkan oleh respon spectra desain pada masing- masing jenis tanah. Hal ini dilakukan untuk mengurangi resiko kerusakan yang ditimbulkan oleh

getaran gempa bumi dimasa yang akan datang. Disamping itu data ini juga bisa digunakan sebagai bahan untuk mitigasi bencana gempa bumi di Kota Padang Panjang.

#### IV. KESIMPULAN

Nilai percepatan tanah maksimum respon spektra desain di Kota Padang Panjang dengan periode ulang gempa rencana 2500 tahun untuk jenis klasifikasi tanah lunak sebesar 1.8 g, jenis klasifikasi tanah sedang dan tanah keras sebesar 2.0 g.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Dewi, L.C, "Respon Spektrum Desain Pada Lokasi Tempat Evakuasi Sementara Tsunami Di Kota Pariaman", *J. Segara Vol. 10*, hal. 163-169, (2014).
- Gupta, K.A, "Respon Spectrum Method In Seismic Analysis And Design Structure", *Blackwell Scientific Publication*, North Carolina State University, 1990.
- Hiola, H, F, M. dan Sunardi, B., "The Acceleration Respon Spectrum And Effective Duration Of Lebak Earthquake January 23, 2018 In Jakarta Region", *Jurnal Fisika dan Aplikasinya Vol.4*, hal.21-29, (2019).
- [https://www.eeri.org/lfe/pdf/Indonesia\\_WesternSumatra\\_SR\\_May07\\_diaksespada tanggal 23 Maret 2020](https://www.eeri.org/lfe/pdf/Indonesia_WesternSumatra_SR_May07_diaksespada tanggal 23 Maret 2020).
- Kementerian Pekerjaan Umum. (2002). Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung, SNI 03 1726 2012. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum
- Li Bo, " Respon Spectra For Seismic Analysis And Design ", *Thesis S2*, University of Waterloo, Canada, 2015.
- Pawirodikromo, W, "Seimologi Teknik Dan Rekayasa Kegempaan", *Putaka Pelajar*, Universitas Islam Indonesia, 2012.
- Sunardi, B, dkk., " Studi Perbandingan Respon Spektra Kota Bantul Berdasarkan SNI 03-1726-2002 Dan RSNI-201X Untuk Evaluasi Pelaksanaan Bangunan Tahan Gempa", *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Prasarana Wilayah (ATPW)*, Surabaya, 2013.
- Sunardi, B, dkk., "Acceleration Respons Spectra For M.7.4 Donggala Earthquake And Comparison With Design Spectra", *Journal of Sustainable Engineering: Proceedings Series 1(1)*, hal. 22-26, (2019).
- Suntoko, H, dkk., "Analisis Respon Spektrum Desain Gedung Reaktor RDE Menggunakan SAP2000", *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir Vol. 21*, No.1, hal.1-7, (2019).
- PUSGEN., "Peta Sumber Dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017", Kab. Bandung, 2017.

Padang Panjang, 9 Januari 2023

Di koreksi dan di setujui oleh :  
Kepala Stasiun Geofisika Klas I Padang Panjang  
  
Dr. Syarif Ahadi, ST, MT  
