

## RESPON SPEKTRUM DESAIN PADA LOKASI TEMPAT EVAKUASI SEMENTARA TSUNAMI DI KOTA PARIAMAN

Lestari Cendikia Dewi<sup>1)</sup>, Joko Prihantono<sup>1)</sup>, Dini Purbani<sup>1)</sup> & Mulyo Harris Pradono<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Peneliti pada Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Laut dan Pesisir, Balitbang KP-KKP

<sup>2)</sup>Pusat Teknologi Sumberdaya Lahan, Wilayah dan Mitigasi Bencana-BPPT

Diterima tanggal: 5 Januari 2014; Diterima setelah perbaikan: 27 Agustus 2014; Disetujui terbit tanggal 26 September 2014

### ABSTRAK

Kota Pariaman di Sumatra Barat termasuk ke dalam zona bahaya gempa dan tsunami. Kota ini hanya memiliki 12 Tempat Evakuasi Sementara (TES) tsunami yang belum mampu mengakomodasi semua permukiman di zona rawan tsunami. Penelitian tentang penentuan lokasi TES tambahan telah dilakukan dan menghasilkan 21 buah lokasi usulan menurut metode *network analysis*. TES tersebut berada di sepanjang pesisir Kota Pariaman yang rawan tsunami. Sehingga TES mutlak bersifat tahan gempa dan tsunami. Pembangunan TES yang tahan gempa membutuhkan informasi percepatan puncak di permukaan tanah. Penelitian ini ditujukan untuk menentukan respon spektrum desain yaitu percepatan puncak di permukaan tanah untuk berbagai periode alami pada lokasi TES yang diusulkan. Penelitian dilakukan pada 2013 dengan wilayah studi 0°33'00" - 0°40'43" LS dan 100°10'33" - 100°10'55" BT. Data yang digunakan adalah lokasi TES usulan hasil penelitandari literatur. Data kecepatan gelombang geser rata-rata setebal 30 m dari permukaan tanah digunakan untuk menentukan jenis tanah. Data percepatan puncak di batuan dasar diperoleh dari Peta *Hazard* Gempa Indonesia Tahun 2010. Perhitungan respon spektrum desain dilakukan dengan menggunakan aplikasi dari laman. Hasil menunjukkan bahwa semua TES yang diusulkan berada di atas jenis tanah sedang. Percepatan puncak di permukaan tanah mencapai maksimum dengan nilai antara 0,841 – 0,866 g. Respon spektrum desain di semua TES usulan menunjukkan kemiripan karena berada di atas jenis tanah yang sama yaitu tanah sedang dan memiliki nilai percepatan puncak di batuan dasar yang tidak jauh berbeda.

**Kata kunci:** gempa, tsunami, Tempat Evakuasi Sementara, percepatan puncak di permukaan tanah

### ABSTRACT

*Pariaman City in West Sumatera Province is classified as earthquake and tsunami hazard zone. This city only has 12 tsunami Temporary Evacuation Site (TES), which is not able to accommodate all settlements in tsunami hazard zone. Research on determining the location of an additional TES was performed and it produced 21 TES based on the network analysis method. Since the proposed TES is located along Pariaman City which hazardous to tsunami, then TES should resist to earthquake and tsunami. The construction of earthquake resisted TES needs a peak ground acceleration (PGA) information of the site. This research is aimed to determine design spectral response that peak acceleration on land surface for several natural periode in the proposed TES location. This research was done in 2013 with the study area 0° 33'00" S - 0°40'43" S and 100°10'33" - 100°10'55" E. The data that was used in this research is the proposed TES location from literatur. The average of the shear wave velocity 30 meters depth from the land surface was used for classifying the soil. PGA at the base rock was obtained from the Indonesia earthquake hazard map 2010. Design spectral response calculation was done by using application from web page. The result shows that all the proposed TES located on stiff soil type. PGA reach maximum in range value between 0.841 – 0.866 g. Design spectral response at all the proposed TES shows similarity because those are located on same soil type that is stiff soil and the PGA at base rock are not much different.*

**Keywords:** earthquake, tsunami Temporary Evacuation Site, Peak Ground Acceleration

### PENDAHULUAN

Sumatra Barat termasuk ke dalam zona bahaya gempa dan tsunami tingkat tinggi. Hal ini terjadi karena Sumatra Barat relatif dekat dengan zona subduksi Lempeng Indo-Australia terhadap Lempeng Eurasia, dan Sesar Besar Sumatra (*Sumatera Fault Zone*). Studi tingkat bahaya gempa telah dilakukan oleh Prihantono *et. al.* (2013) menggunakan metode *Probabilistic Seismic Hazard Analysis* (PSHA) dalam menentukan percepatan puncak di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 10% dalam 50 tahun. Hasil studi tersebut menyatakan bahwa Sumatra Barat memiliki tingkat bahaya gempa yang tinggi dengan percepatan puncak di batuan dasar sebesar 0,1 – 1,25 g (Prihantono *et. al.*, 2013). Studi lain menyebutkan percepatan puncak di batuan dasar pada periode

ulang 500 tahun di wilayah Propinsi Sumatra Barat adalah dalam kisaran 0,2 – 0,35 g (Delfebiyadi, 2009). Sengara *et al.* (2009) menjelaskan bahwa untuk periode ulang 475 tahun, percepatan puncak di batuan dasar berkisar 0,36 – 0,38 g berpotensi terjadi di sepanjang pesisir Sumatra Barat, sementara sepanjang Sesar Besar Sumatra mencapai 0,5 – 0,7 g.

Fakta sejarah menyebutkan bahwa pada 1797 terjadi gempa (Mw 8,4) diikuti tsunami di Mentawai (Sieh, 2006). Gempa yang diikuti tsunami tersebut dikhawatirkan datang kembali dalam waktu dekat karena setelah gempa dan tsunami Aceh 2004 terjadi migrasi akumulasi *strain* ke arah selatan (Sieh, 2006). Hal ini terbukti dengan terjadinya gempa Nias pada 2005. Kekhawatiran ini seyogyanya ditindaklanjuti

Korespondensi Penulis:

Jl. Pasir Putih I Ancol Timur, Jakarta Utara 14430. Email: ciwi\_lcd@yahoo.co.id

dengan persiapan menghadapi bencana gempa dan tsunami.

Kesiapsiagaan bencana gempa bumi dan tsunami di Sumatera Barat kini sudah mulai dilakukan. Namun pelaksanaannya belum optimal di beberapa wilayah seperti Kota Pariaman. Kota ini memiliki 12 Tempat Evakuasi Sementara (TES) yang hanya bisa dijangkau oleh sebagian kecil permukiman rawan tsunami (Purbani *et al.*, 2014). Karena itu Purbani *et al.* (2014) melakukan studi penentuan lokasi Tempat Evakuasi Sementara tsunami di Kota Pariaman menggunakan metode *network analysis*. Metode ini memperhitungkan kemampuan manula mengevakuasi diri selama 12 menit yaitu mencapai 541 m dengan memperhatikan jaringan jalan dan konsentrasi permukiman (Purbani *et al.*, 2014). Hasil studi menyatakan bahwa Kota Pariaman membutuhkan 21 Tempat Evakuasi Sementara tambahan yang dapat dijangkau dari permukiman rawan tsunami (Purbani *et al.*, 2014).

Tempat Evakuasi Sementara (TES) merupakan tempat pertama bagi penduduk untuk menyelamatkan diri dari terjangan tsunami selama bencana terjadi, yaitu hanya beberapa jam. Setelah itu, korban dipindahkan ke Tempat Evakuasi Akhir selama beberapa hari. Tempat Evakuasi Sementara (TES) selayaknya bisa dijangkau dari permukiman rawan tsunami dan karena itulah TES berada di zona rawan tsunami. Bangunan ini mutlak bersifat tahan gempa dan tsunami. Struktur tahan gempa adalah struktur yang tahan (tidak rusak dan tidak runtuh) apabila dilanda gempa, bukan struktur yang semata-mata (dalam perencanaan) sudah diperhitungkan dengan beban gempa (Tjokrodimulyo, 2007 dalam Hariyanto, 2011). Pembangunan struktur tahan gempa membutuhkan informasi mengenai percepatan puncak di permukaan tanah. Percepatan puncak di permukaan tanah merupakan nilai terbesar percepatan tanah pada suatu tempat akibat getaran gempa bumi dalam periode waktu tertentu (Zeia, 2009). Studi ini menindaklanjuti penelitian Purbani *et al.* (2014) dengan tujuan menentukan percepatan puncak di permukaan tanah pada berbagai periode alami untuk kebutuhan gedung TES tahan gempa.

## METODE PENELITIAN

### Waktu, tempat dan data

Studi ini dilakukan pada 2013 dengan wilayah studi Kota Pariaman. Kota Pariaman terletak di Propinsi Sumatera Barat dengan batas wilayah administratif 0°33'00'' - 0°40'43''LS dan 100°10'33'' - 100°10'55'' BT (Pemerintah Kota Pariaman, 2010). Data yang digunakan adalah data sekunder berupa 21 lokasi Tempat Evakuasi Sementara berdasarkan hasil penelitian Purbani *et al.* (2014). Selain itu data kecepatan rambat gelombang geser rata-rata setebal 30 m dari permukaan tanah (Vs30) digunakan untuk penentuan jenis tanah (Kementerian Pekerjaan Umum, 2010). Data sekunder ini diperoleh dari *United State Geological Survey* (USGS, 2013). Data lainnya adalah percepatan puncak di batuan dasar untuk setiap lokasi Tempat Evakuasi Sementara yang diperoleh dari Peta *Hazard* Gempa Indonesia 2010 (Kementerian Pekerjaan Umum, 2010).

### Klasifikasi jenis tanah

Klasifikasi jenis tanah dilakukan menurut kecepatan gelombang geser rata-rata pada tanah setebal 30 m dari permukaan (Vs30) (Kementerian Pekerjaan Umum, 2010). Pada dasarnya semakin keras suatu material tanah, maka kecepatan gelombang geser yang melaluinya semakin besar. Data yang diperoleh dari USGS di wilayah studi berjumlah 180 berupa lokasi dan nilai Vs30. Data tersebut diinterpolasi linier pada 21 lokasi Tempat Evakuasi Sementara (TES). Selanjutnya jenis tanah di 21 lokasi tersebut diklasifikasikan berdasarkan pada kisaran nilai Vs30 sebagaimana ditunjukkan oleh Tabel 1 (Kementerian Pekerjaan Umum, 2010).

### Respon spektrum desain

Respon spektrum adalah nilai yang menggambarkan respon maksimum dari sistem berderajat kebebasan tunggal pada berbagai frekuensi alami (periode alami) teredam akibat suatu goyangan tanah (Kementerian Pekerjaan Umum, 2010). Dalam studi ini respon maksimum berupa variabel percepatan guncangan maksimum di permukaan tanah yang

Tabel 1. Klasifikasi jenis tanah berdasarkan Vs30

Jenis Tanah	Vs30 (m/s)
Batuan keras	$Vs30 \geq 1500$
Batuan	$750 < Vs30 \leq 1500$
Tanah sangat padat dan batuan lunak	$350 < Vs30 \leq 750$
Tanah sedang	$175 < Vs30 \leq 350$
Tanah lunak	$Vs30 < 175$

Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum, 2010.

dinyatakan dalam g (percepatan gravitasi). Respon spektrum percepatan di permukaan tanah untuk periode pendek (SMS) dan periode 1 s (SM1) diperoleh dari perkalian antara koefisien amplifikasi untuk periode pendek (Fa) dan periode 1 s (Fv) dengan spektrum percepatan di batuan dasar untuk periode pendek (Ss) dan periode 1 s (S1) (Kementerian Pekerjaan Umum, 2010). Nilai percepatan puncak di batuan dasar baik periode pendek maupun periode 1 s diperoleh dari Peta *Hazard* Gempa Indonesia 2010 (Kementerian Pekerjaan Umum, 2010). Secara matematis hubungan di atas ditunjukkan oleh persamaan (1) dan (2) (Kementerian Pekerjaan Umum, 2010).

$$S_{MS} = F_a S_s \dots\dots\dots 1)$$

$$S_{M1} = F_v S_1 \dots\dots\dots 2)$$

Koefisien amplifikasi untuk periode pendek (Fa) dan periode 1 s (Fv) ditentukan menurut jenis tanah dan percepatan puncak di batuan dasar sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 2 dan 3 (Kementerian Pekerjaan Umum, 2010).

Respon spektrum desain merupakan skenario percepatan puncak di permukaan tanah untuk berbagai periode alami akibat suatu guncangan. Respon spektrum desain untuk periode pendek (SDS) dan periode 1 s (SD1) masing-masing diperoleh dengan perkalian antara SMS dan SM1 dengan konstanta redaman,  $\mu$ . Indonesia menggunakan nilai  $\mu = 2/3$  tahun. Secara matematis hubungan tersebut diberikan oleh persamaan (3) dan (4) (Kementerian Pekerjaan Umum, 2010).

$$S_{DS} = \mu S_{MS} \dots\dots\dots 3)$$

$$S_{D1} = \mu S_{M1} \dots\dots\dots 4)$$

Respon spektrum desain (Sa) di permukaan tanah untuk setiap periode alami (T) ditentukan oleh persamaan (5) – (9) dengan kurva ditunjukkan oleh Gambar 1 (Kementerian Pekerjaan Umum, 2010).

$$S_a = S_{DS} \left( 0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right), T < T_0 \dots\dots\dots 5)$$

$$S_a = S_{DS1} \quad T_0 \leq 0 \leq T_s \dots\dots\dots 6)$$

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T}, T > T_s \dots\dots\dots 7)$$

$$T_0 = 0,2 T_s \dots\dots\dots 8)$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \dots\dots\dots 9)$$

Bangunan tahan gempa harus bisa mengakomodir spektrum respon desain di permukaan tanah di bawahnya. Perhitungan respon spektrum desain ini menggunakan alat berupa aplikasi dari laman Puslitbang Cipta Karya Kemenentrian Pekerjaan Umum (PU, 2011)

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada 2002 pemerintah melalui Kementerian Pekerjaan Umum telah mengeluarkan Peta *Hazard* Gempa Indonesia untuk keperluan tata cara perencanaan ketahanan gempa pada Bangunan Gedung SNI 03-1726-2002 (Kementerian Pekerjaan Umum, 2002). Peta tersebut kemudian diganti dengan dikeluarkannya Peta *Hazard* Gempa Indonesia 2010 sebagai acuan dasar perencanaan dan perancangan infrastruktur tahan gempa. Dalam hal struktur tahan tsunami, pemerintah mengeluarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 06/PRT/M/2009 tentang Pedoman Perencanaan Umum Pembangunan Infrastruktur di Kawasan Rawan Tsunami (Kementerian Pekerjaan Umum, 2009). Dengan demikian perencanaan bangunan Tempat Evakuasi Sementara tahan gempa dalam studi ini mengacu pada Peta *Hazard* Indonesia Tahun 2010.

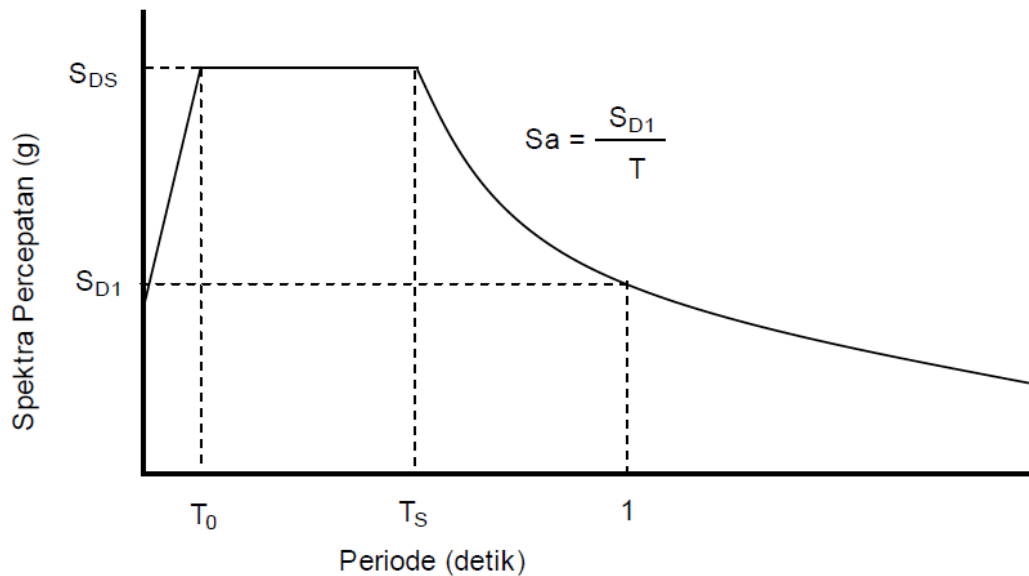
Karakteristik gempa bumi yang diperlukan untuk mendesain struktur tahan gempa adalah nilai percepatan puncak gempa, nilai kecepatan puncak gempa, nilai perpindahan tanah maksimum, durasi gempa dan frekuensi gempa (ITB, 2011). Pada penelitian ini karakter gempa yang di pilih adalah percepatan puncak gempa di batuan dasar yang dikonversikan ke percepatan puncak di permukaan tanah. Variabel ini diwujudkan dalam bentuk respon spektrum desain.

Respon spektrum desain bergantung pada jenis

Tabel 2. Koefisien amplifikasi periode pendek, Fa

Jenis Tanah	Ss (g)				
	≤0,25	0,5	0,75	1	≥1,25
Batuan keras	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Batuan	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Tanah sangat padat dan batuan lunak	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

Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum, 2010.



Gambar 1. Respon spektrum desain untuk berbagai periode dari periode nol,  $T_0$ ,  $T_S$ , 1 s dst. Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum, 2010

Tabel 3. Koefisien amplifikasi periode 1 s,  $F_v$ .

Jenis Tanah	S1 (g)				
	≤0,1	0,2	0,3	0,4	≥0,5
Batuan keras	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Batuan	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Tanah sangat padat dan batuan lunak	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

Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum, 2010.

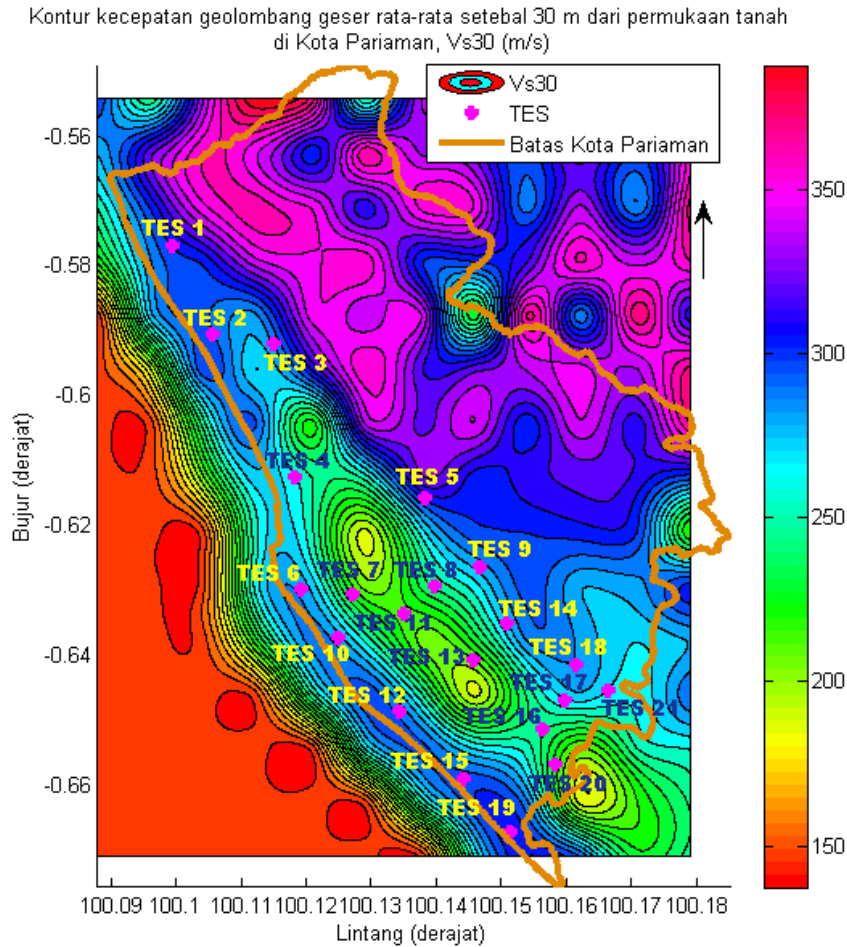
tanah dan percepatan maksimum di batuan dasar (Kementerian Pekerjaan Umum, 2010). Semakin padat tanah maka nilai percepatan tanah maksimum semakin kecil (Hadi *et al.* 2012). Hasil interpolasi linier dari kecepatan gelombang geser rata-rata setebal 30 m dari permukaan tanah ditunjukkan oleh Gambar 2. Garis tebal berwarna coklat merupakan batas administrasi Kota Pariaman dengan pesisir yang menghadap Samudera Indonesia berada di barat daya. Pada gambar tersebut terlihat bahwa semakin ke barat daya nilai Vs30 semakin rendah yang berarti jenis tanah semakin lunak. Semakin ke timur laut nilai Vs30 semakin tinggi yang berarti jenis tanah semakin keras. Hal ini sesuai dengan keadaan di Kota Pariaman yaitu bagian barat daya merupakan daerah pesisir yang memiliki tanah semakin lunak. Sedangkan di bagian timur laut Kota Pariaman mendekati bukit barisan dengan tanah yang semakin keras.

Tempat Evakuasi Sementara (TES) yang diusulkan oleh Purbani *et al.* (2014), selanjutnya disebut TES, yaitu TES 1 – TES 21 menyebar di sepanjang pesisir dari barat laut sampai tenggara. Pada kontur Vs30 terlihat bahwa lokasi TES berada pada kisaran

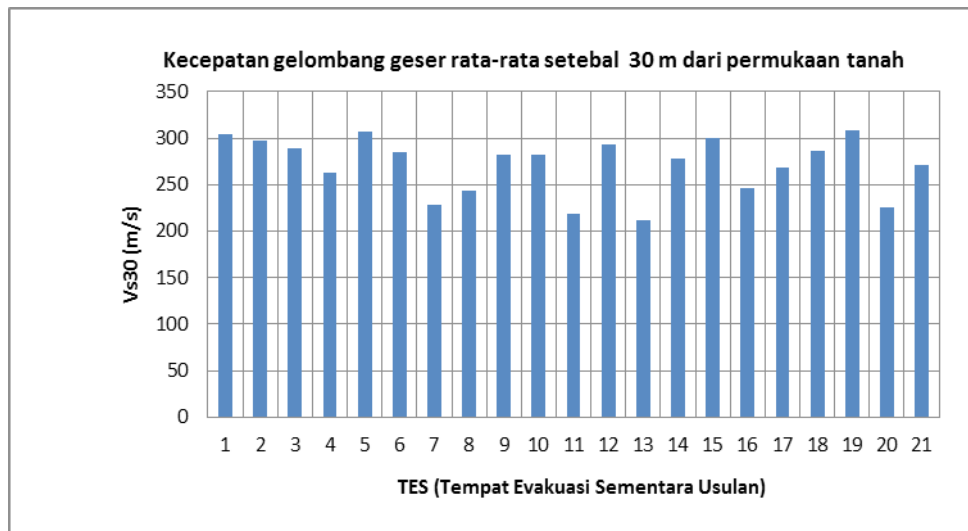
warna hijau sampai ungu muda. Pada Gambar 3 diperlihatkan hasil interpolasi linier nilai Vs30 di setiap TES. Kisaran nilai Vs30 pada semua lokasi TES usulan adalah 200 m/s - 350 m/s. Nilai Vs30 tertinggi berada pada tanah di atas TES 19, dengan nilai mendekati 308,6514 m/s. Dari Tabel 1 dapat ditarik kesimpulan bahwa semua TES usulan, yaitu TES 1 – TES 21 berlokasi di tipe tanah sedang. Kesimpulan ini berguna untuk menentukan koefisien amplifikasi spektrum percepatan di batuan dasar yang nilainya tergantung pada jenis tanah sesuai Tabel 2 dan Tabel 3.

Hasil respon spektrum desain di permukaan tanah untuk setiap lokasi TES ditunjukkan oleh Gambar 4. Pada gambar tersebut ditunjukkan percepatan puncak di permukaan tanah monoton naik dari periode nol sampai di bawah periode  $T_0$ . Percepatan puncak ini mencapai maksimum pada periode  $T_0$  sampai  $T_S$  dengan nilai tetap yaitu SDS. Kemudian Percepatan puncak di permukaan tanah menurun di atas periode TS.

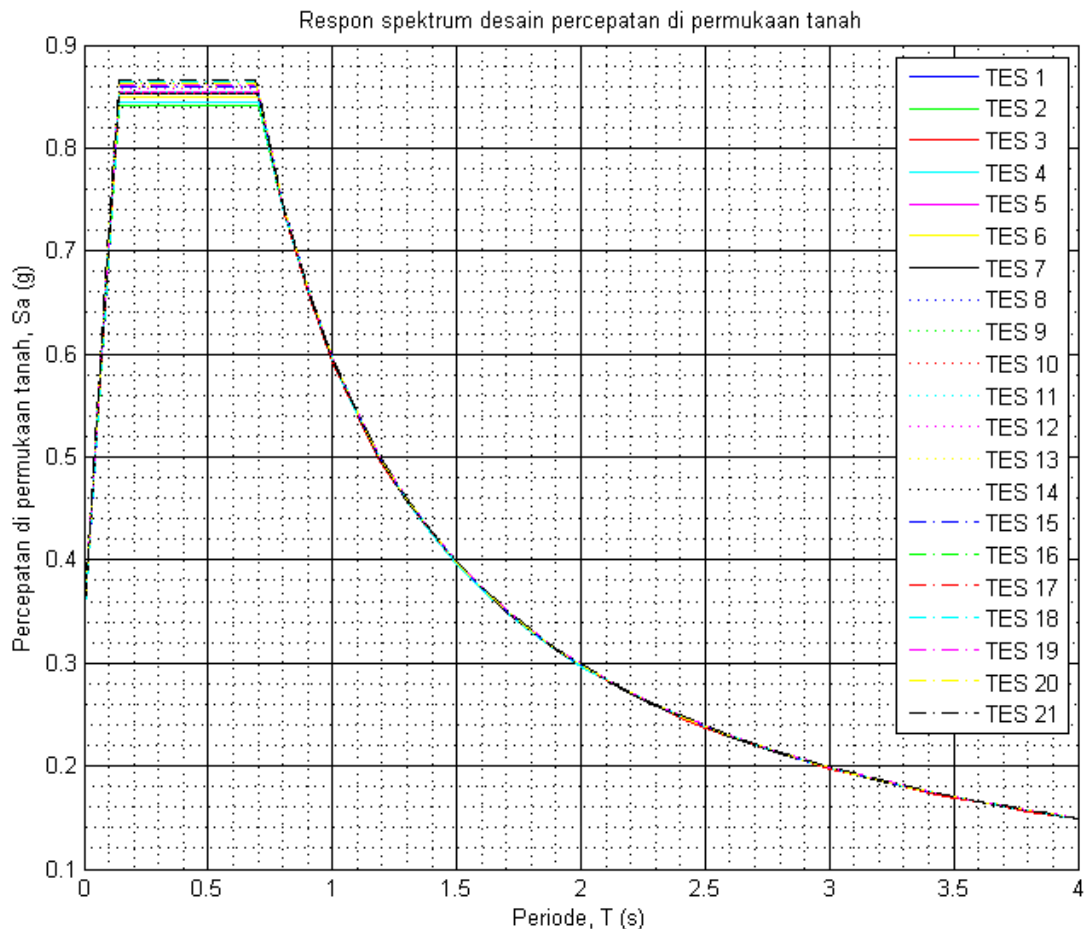
Percepatan puncak di permukaan tanah pada periode  $T = 0$  memiliki nilai antara 0,3364 – 0,3464 g.



Gambar 2. Kontur kecepatan gelombang geser rata-rata setebal 30 m dari permukaan tanah (Vs30) di wilayah studi. Warna menunjukkan nilai Vs30. Bintang ungu muda (\*) menunjukkan lokasi Tempat Evakuasi Sementara (TES) yang diusulkan hasil penelitian Purbani, *et al.* (2014) dengan notasi TES 1 – TES 21. Garis tebal berwarna coklat menunjukkan batas administrasi Kota Pariaman.



Gambar 3. Kecepatan gelombang geser rata-rata setebal 30 m dari permukaan tanah (Vs30) di lokasi Tempat Evakuasi Sementara, yaitu TES 1 – TES 21.



Gambar 4. Respon spektrum desain pada permukaan tanah di lokasi Tempat Evakuasi Sementara (TES) untuk TES 1 – TES 21.

Nilai maksimum percepatan puncak pada  $T = 0$  berada pada lokasi TES 21, sedangkan nilai minimumnya berada pada lokasi TES 1. Percepatan puncak di permukaan tanah mencapai maksimum (SDS) antara periode  $T_0$  dan  $T_S$  yaitu dengan kisaran nilai 0,841 – 0,866 g. Nilai SDS tertinggi berada pada lokasi TES 21, sedangkan SDS terendah berada di lokasi TES 1. Pada periode  $T = 1$  s, nilai percepatan puncak di permukaan tanah (SD1) memiliki kisaran nilai 0,593 – 0,598 g. Nilai SD1 tertinggi berada di lokasi TES 21 dan TES 19, sedangkan SD1 terendah berada di lokasi TES 1, TES 2 dan TES 3.

Hasil perhitungan respon spektrum desain di 21 lokasi Tempat Evakuasi Sementara yang diusulkan di Kota Pariaman menunjukkan kemiripan, sebagaimana yang terlihat pada Gambar 4. Hal ini terjadi karena semua lokasi Tempat Evakuasi Sementara relatif berdekatan dengan nilai percepatan puncak di batuan dasar yang tidak jauh berbeda. Selain itu, semua TES usulan ini berada pada lokasi dengan jenis tanah yang sama yaitu tanah sedang. Sehingga nilai amplifikasi percepatan puncak memiliki kemiripan bergantung

pada percepatan puncak di batuan dasar yang memiliki variasi kecil di semua lokasi TES.

**KESIMPULAN**

Tempat Evakuasi Sementara (TES) yang diusulkan Purbani *et al.* (2014) berada di sepanjang pesisir dengan respon spektrum desain yang memiliki kemiripan. Percepatan puncak di permukaan tanah mencapai maksimum dengan nilai antara 0,841 – 0,866 g. Kemiripan ini terjadi karena 21 TES tersebut berada pada lokasi dengan jenis tanah yang sama yaitu tanah sedang dan memiliki nilai percepatan puncak di batuan dasar yang tidak jauh berbeda.

**SARAN**

Informasi Tempat Evakuasi Sementara (TES) yang diusulkan oleh Purbani *et al.* (2014) dengan dilengkapi oleh hasil penelitian ini berupa respon spektrum desain diharapkan dapat ditindaklanjuti oleh pihak pemangku kepentingan untuk pembangunan TES yang tahan gempa. Penelitian ini sebaiknya dilanjutkan dengan

penelitian dalam pembuatan desain bangunan tahan gempa dan tahan tsunami yang mempertimbangkan hasil respon spektrum desain ini.

## **PERSANTUNAN**

Penulis menghaturkan terimakasih kepada Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Laut dan Pesisir atas dukungan terhadap penelitian ini.

## **DAFTAR PUSTAKA**

Data Vs30

(<http://earthquake.usgs.gov/hazards/apps/vs30/predefined.php> diakses 23 Mei 2013)

Delfebriyadi. (2009). Peta Respons Spektrum Provinsi Sumatera Barat untuk Perencanaan Bangunan Gedung Tahan Gempa. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Andalas*. Vol: 16. No: 2.

Desain Spektra Indonesia

([http://puskim.pu.go.id/desain\\_spektra\\_indonesia\\_2011/](http://puskim.pu.go.id/desain_spektra_indonesia_2011/). diakses 25 Mei 2013)

Hadi, A. I., Farid, M. & Fauzi, Y. (2012). Pemetaan Percepatan Getaran Tanah Maksimum dan Kerentanan Seismik Akibat Gempa Bumi untuk Mendukung Rencana Tata Ruang dan Wilayah (RTRW) Kota Bengkulu. *Simetri, Jurnal Ilmu Fisika Indonesia*. Vol: 1. No: 2(D).

Hariyanto, Agus. (2011). Analisis Kinerja Struktur Pada Bangunan Bertingkat Tidak Beraturan dengan Analisis Dinamik Menggunakan Metode Analisis Respons Spektrum. Tesis. Universitas Sebelas Maret. Surakarta. 89 hlm.

ITB, (2011). *Rekayasa Kegempaan*. Bandung: Penerbit ITB. 190 hlm.

Kementerian Pekerjaan Umum. (2002). *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung, SNI 03 1726 2002*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.

Kementerian Pekerjaan Umum. (2009). *Pedoman Perencanaan Umum Pembangunan Infrastruktur di Kawasan Rawan Tsunami, Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 06/PRT/M/2009*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.

Kementerian Pekerjaan Umum. (2010). *Peta Hazard Gempa Indonesia sebagai Acuan Dasar Perencanaan dan Perancangan Infrastruktur Tahan Gempa*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum. 22 hlm.

Pemerintah Kota Pariaman. (2010). *Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Pariaman 2010-1030*. Pariaman: Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (Bappeda) Kota Pariaman. 183 hlm.

Prihantono, J., Guntur, P., Purbani, D., Dewi, L. C., & Bramawanto, R. (2013). *Studi Bahaya Guncangan Tanah Menggunakan Metode Probabilistik Sebagai Upaya Mitigasi Bencana Gempa Bumi Di Pesisir Propinsi Sumatera Barat*. Segara.

Purbani, D., Ardiyansyah, Dewi, L. C., Prihantono, J., & Bramawanto, R. (2014). *Penentuan Tempat Evakuasi Sementara (TES) Dan Tempat Evakuasi Akhir (TEA) Untuk Gempa Bumi Dan Tsunami Dengan Pendekatan Sistem Informasi Geografis, Kota Pariaman Propinsi Sumatera Barat*. Segara.

Sengara, I. W., Sukamdo, P., Suhinda, T., Putra, H.G. & Hakam, A. (2009). *Seismic Hazard Zoning for West Sumatera and Microzonation of City of Padang*. *Proceedings of the International Symposium on Geoinformatics and Zoning for Hazard Mapping*. In Kyoto Tersa 2 – 4 December, 2009, Kyoto Japan.

Sieh, Kerry. (2006). *Sumatran Megathrust Earthquakes: from Science to Saving Lives*. *The Royal Society. Philosophical Transactions. Mathematical Physical & Engineering Sciences*. Vol 364. No. 1845. *Extreme Natural Hazards*. Pp 1947-1963. Pu

Zeia, Tati. (2009). *Penentuan Percepatan Maksimum Permukaan Tanah di Daerah Jawa Barat dengan Metode Mc. Guirre R.K.*. Ilmu dan Budaya.