

**PERBANDINGAN DESAIN RESPON SPEKTRUM PADA PERMUKAAN TANAH
DI TEMPAT EVAKUASI KOTA BANDA ACEH BERDASARKAN SNI 1726-2002
DAN SNI 1726-2012 DENGAN PETA BAHAYA GEMPA 2017**

Rizcha Tasliya¹⁾

¹⁾Alumnus Geografi FKIP Unsyiah dan Mahasiswa Teknik Sipil, UNIDA.

Email: r.tasliya@live.com

ABSTRAK

Tempat evakuasi di Kota Banda Aceh dijadikan enam objek lokasi penelitian memiliki pedoman standar keamanan untuk menahan beban gempa. Standar yang dipakai SNI 1726-2002 telah diperbaharui dengan adanya SNI 1726-2012. Penyempurnaan standar peraturan ini memiliki aturan baru dengan metode *Probabilistic Seismic Hazard Analysis* (PSHA). Desain Respon spektrum dapat menghitung beban gempa yang dinamis dan gedung tidak beraturan. Parameter-parameter beban gempa desain respon spektrum dapat dihitung secara sistematis dari peta bahaya gempa 2017. Data sekunder diperoleh dari literatur dan perhitungan sesuai ketentuan kedua SNI dengan peta bahaya gempa 2017. Keseluruhan objek penelitian memiliki karakteristik tanah yang sama, yaitu tanah sedang. Perbandingan puncak permukaan tanah pada SNI 1726-2002 dan SNI 1726-2012 adalah 0,8 g. Perbedaan nilai *spectral acceleration* (S_a) pada tempat evakuasi dikaji agar dapat menjadi bangunan yang melindungi masyarakat ketika terjadi bencana alam.

PENDAHULUAN

Posisi Indonesia diapit oleh tiga lempeng, yaitu lempeng Australia, Pasifik dan Eurasia. Pergerakan lempeng-lempeng mengakibatkan Indonesia sering mengalami gempa. Gempa besar disertai tsunami terjadi di Provinsi Aceh pada tanggal 26 Desember 2004, gempa berkekuatan 9,1 sampai 9,3 Skala Richter (Deutsche Welle, 2014:1). Gempa-Tsunami menimbulkan banyak korban jiwa dikarenakan infrastruktur untuk penyelamatan diri atau tempat evakuasi yang belum memadai pada tahun 2004.

Berbagai cara pemerintah melakukan *recovery* pasca bencana gempa dan Tsunami dengan membuat gedung evakuasi atau *escape building* dari hasil bantuan Jepang di Kecamatan Meuraxa dan Museum Tsunami di Kecamatan Baiturrahman. Museum Tsunami dirancang oleh Seorang Arsitek, Ridwan kamil. Perencanaan bangunan yang aman dapat menahan beban gempa berdasarkan SNI yang selalu disempurnakan sesuai dengan perkembangan bidang terapannya.

Penyempurnaan SNI 1726-2002 dikarenakan gempa di Aceh pada tanggal 26 Desember 2004 terjadi percepatan puncak batuan maksimum 0,8 g (Agus,dkk., 2013:62). Peristiwa gempa Aceh dengan angka maksimum 0,8 g lebih besar dengan ketentuan percepatan puncak batuan maksimum 0,3 g pada zona 6 di SNI 1726-2002. Hasil penyempurnaan SNI 1726-2002 dengan peta gempa yang diperbarui data sesar aktif 81 di SNI 1726-2012 dan pada

tahun 2017 diperbarui lagi peta bahaya gempa tahun 2017 bertambah 251 sesar aktif (Asrurifak, dkk., 2017:70).

Perbedaan periode ulang SNI 1726-2002 dengan probilitas 10% dalam kurun waktu umur gedung 50 tahun dan SNI 1726-2012 dengan probilitas 2% dalam kurun waktu umur gedung 50 tahun (Agus,dkk., 2013:166). Peta bahaya gempa pada SNI 1726-2012 memiliki periode ulang 43 tahun, 475 tahun, dan 2475 tahun. Periode ulang untuk menentukan percepatan puncak batuan berdasarkan spektrum gempa 0,2 detik dan 1 detik dianggap lebih aman dibandingkan SNI terdahulu.

Perhitungan perencanaan struktur akibat beban gempa pada gedung yang tidak beraturan seperti Museum Tsunami dapat dihitung dengan metode analisis dinamis. Perbandingan perhitungan respon spektra pada permukaan tanah di tempat evakuasi. Apabila perbedaan respon spektra yang signifikan dalam penggunaan SNI 1726 2002 dan SNI 1726 2012 dengan peta bahaya gempa 2017 tidak ada perbedaan signifikan maka bangunan yang telah ada (eksisiting) dapat dipertahankan sebagai tempat evakuasi yang aman bagi masyarakat untuk digunakan selama berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada tahun 2018 di beberapa titik objek tempat evakuasi tsunami yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Lokasi objek penelitian

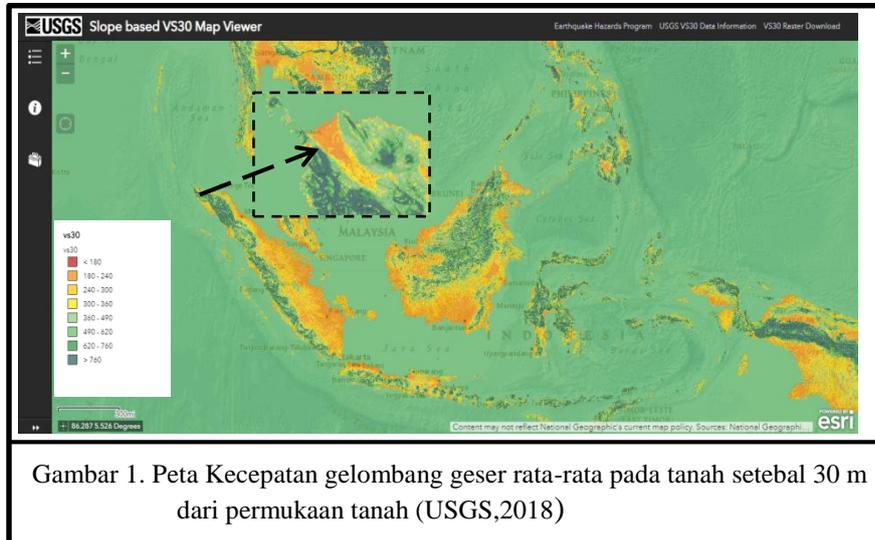
Lokasi Objek	Koordinat
<i>Escape Building</i> Alue Deah Teungoh, Kecamatan Meuraxa	5°33'49.36"LU-95°18'10.72"BT
<i>Escape Building</i> Pekan Bada Aceh, Kecamatan Meuraxa	5°32'6.45"LU-95°16'57.60"BT
<i>Escape Building</i> Ulee Lheue- TDRMC, UNSYIAH, Kecamatan Meuraxa	5°33'13.26"LU-95°17'8.84"BT
<i>Escape Building</i> Lambung, Kecamatan Meuraxa	5°33'16.85"LU-95°17'33.53"BT
<i>Escape Building</i> Deah Glumpang, Kecamatan Meuraxa	5°33'34.00"LU-95°17'36.35"BT
Museum Tsunami Aceh, Kecamatan Baiturrahman	5°32'52.58"LU-95°18'53.94"BT

Sumber: Google Earth, 2018

Data yang digunakan merupakan data sekunder adalah data kecepatan rambat gelombang geser rata-rata setebal 30 meter dari permukaan tanah (V_s30) diperoleh dari *United State Geological Survey* (USGS, 2018) untuk ditentukan jenis tanah berdasarkan Kementerian Pekerjaan Umum, 2010 dan data untuk menentukan parameter-parameter beban gempa yang dapat diperoleh dari Peta bahaya Gempa di SNI 1726-2002 dan SNI 1726-2012.

Klasifikasi Jenis Tanah

Data V_s30 diperoleh dari USGS dapat dilihat pada Gambar 1. Data V_s30 dapat diklasifikasikan jenis tanah sesuai dengan Kementerian Perkerjaan Umum, 2010 dapat dilihat pada Tabel 2. Pada dasarnya semakin keras suatu material tanah, maka kecepatan gelombang geser yang dilaluinya semakin besar (Dewi, dkk., 2014:164).



Gambar 1. Peta Kecepatan gelombang geser rata-rata pada tanah setebal 30 m dari permukaan tanah (USGS,2018)

Tabel 2. Klasifikasi Jenis Tanah dari data Vs30

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

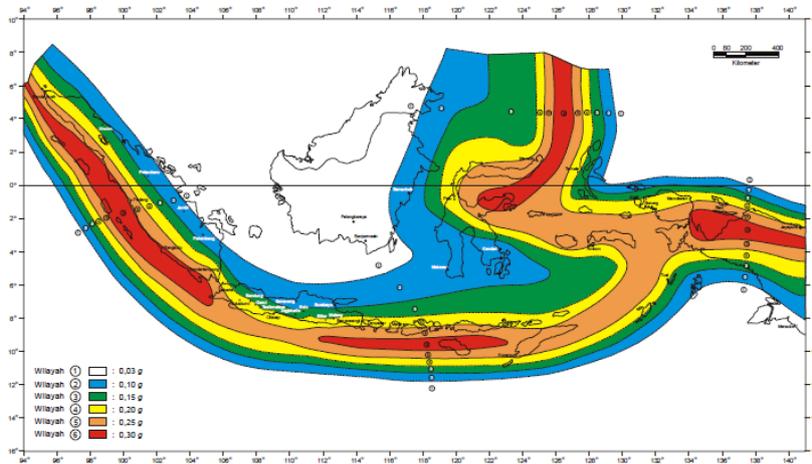
Sumber: Kementerian Perkerjaan Umum, 2010

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 Perkerjaan Umum, 2010). Respon spektrum desain menggunakan perhitungan SNI 1726-2002 dan SNI 1726-2012 .

a. Respon spektrum berdasarkan SNI 1726-2002

Ketetapan SNI 1726 2002 membagi Indonesia dalam 6 Wilayah Gempa menjelaskan Wilayah Gempa 1 dengan kegempaan paling rendah dan Wilayah Gempa 6 dengan kegempaan paling tinggi seperti ditunjukkan Gambar 2. Percepatan puncak batuan dasar dan percepatan puncak muka tanah (A_0) dapat dilihat pada Tabel 3. Masing-masing Wilayah Gempa ditetapkan respon spektra Gempa Rencana C-T seperti ditunjukkan dalam Gambar 3.



Gambar 2. Wilayah Gempa Indonesia dengan percepatan puncak bantuan dasar dengan periode ulang 500 tahun (SNI 1726-2002)

Tabel 3. Percepatan puncak batuan dasar dan percepatan puncak muka tanah untuk masing-masing Wilayah Gempa Indonesia

Wilayah Gempa	Percepatan puncak batuan dasar ('g')	Percepatan puncak muka tanah A_0 ('g')			
		Tanah Keras	Tanah Sedang	Tanah Lunak	Tanah Khusus
1	0,03	0,04	0,05	0,08	Diperlukan evaluasi khusus di setiap Lokasi
2	0,10	0,12	0,15	0,20	
3	0,15	0,18	0,23	0,30	
4	0,20	0,24	0,28	0,34	
5	0,25	0,28	0,32	0,36	
6	0,30	0,33	0,36	0,38	

Sumber: SNI 1726 2002

Percepatan respons maksimum (A_m) dan Faktor Respons Gempa (C) ditentukan oleh persamaan sebagai berikut :

$$A_m = 2,5 A_0 \dots\dots\dots 1)$$

$$C = A_m (T \leq T_c) \dots\dots\dots 2)$$

$$C = T/A_r (T > T_c) \dots\dots\dots 3)$$

Dengan:

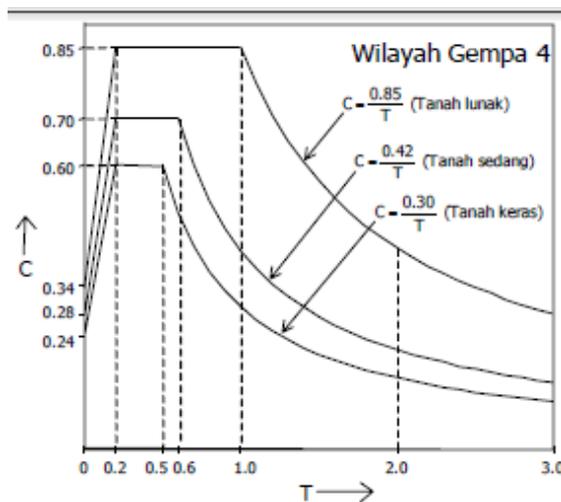
$$A_r = A_m T_c \dots\dots\dots 4)$$

Bedasarkan SNI 1726 2002 Kota Banda Aceh memiliki rincian A_m dan A_r di Wilayah 4 dapat dilihat pada Tabel 4, nilai-nilai A_m dan A_r dicantumkan untuk Wilayah Gempa dan jenis tanah masing-masing.

Tabel 4. Spektrum respons gempa rencana

Wilayah Gempa	Tanah Keras Tc= 0,5 det		Tanah Sedang Tc= 0,6 det		Tanah Lunak Tc= 1,0 det	
	Am	Ar	Am	Ar	Am	Ar
1	0,10	0,05	0,13	0,08	0,20	0,20
2	0,30	0,15	0,38	0,23	0,50	0,50
3	0,45	0,23	0,55	0,33	0,75	0,75
4	0,60	0,30	0,70	0,42	0,85	0,85
5	0,70	0,35	0,83	0,50	0,90	0,90
6	0,83	0,42	0,90	0,54	0,95	0,95

Sumber: SNI 1726 2002



Gambar 3. Respon Spektrum Gempa Terencana di Wilayah Gempa 4 khususnya Kota Banda Aceh (SNI 1726 2002)

b. Respon spektrum berdasarkan SNI 1726-2012

Respon spektrum pada SNI 1726-2012 dengan peta bahaya gempa 2017 diperhitungkan nilai periode pendek (S_s) di Gambar 4 dan Periode 1 detik (S_1) di Gambar 5. Setelah data periode gempa didapatkan maka penentuan nilai Koefisien periode pendek (F_a) dan nilai Koefisien periode 1 detik (F_v) dapat dilihat di Tabel 5. F_a dan F_v dengan Respon spektrum percepatan di permukaan tanah untuk periode pendek (S_{MS}) dan periode 1 detik (S_{M1}). Secara statatis hubungannya dapat ditunjukkan dengan persamaan (5) dan (6).

$$S_{MS} = F_a \times S_s \dots\dots\dots 5)$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 \dots\dots\dots 6)$$

Hasil perhitungan persamaan (5) dan (6) untuk memperoleh Respon spektrum desain untuk periode pendek (S_{DS}) dan periode 1 detik (S_{D1}) dengan konstanta rendaman $\mu = 2/3$ tahun dapat diperoleh dari persamaaan (7) dan (8) (Kementerian Pekerjaan Umum, 2010)

$$S_{DS} = \mu S_{MS} \dots\dots\dots 7)$$

$$S_{D1} = \mu S_{M1} \dots\dots\dots 8)$$

Respon spektrum desain di permukaan tanah untuk setiap periode alami (T) ditentukan oleh persamaan (9) dan (10) dan penentuan kurva respon spektrum desain ditunjukkan pada Gambar 6 dengan persamaan (11)-(13)

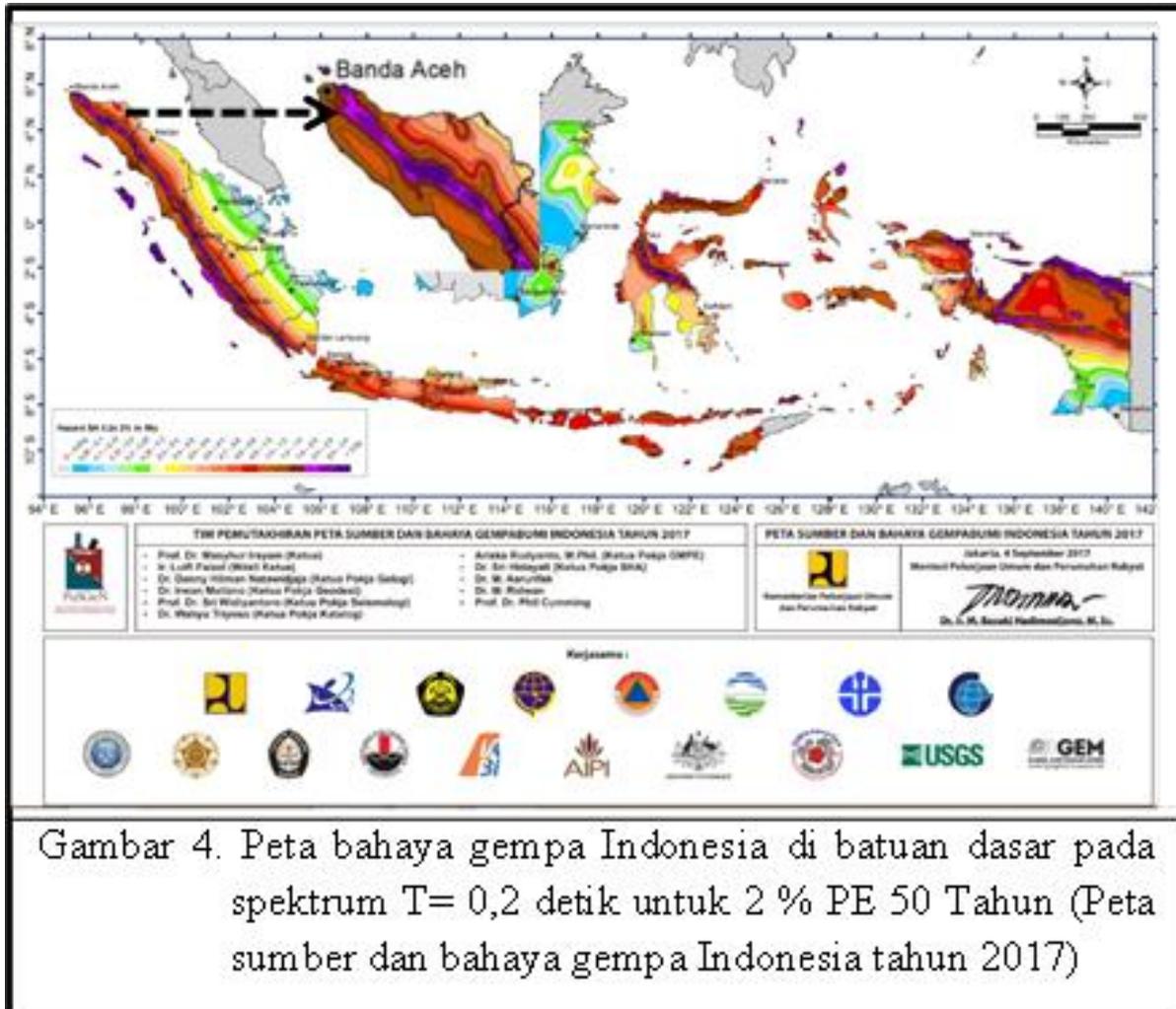
$$T_0 = 0,2 T_s \dots\dots\dots 9)$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \dots\dots\dots 10)$$

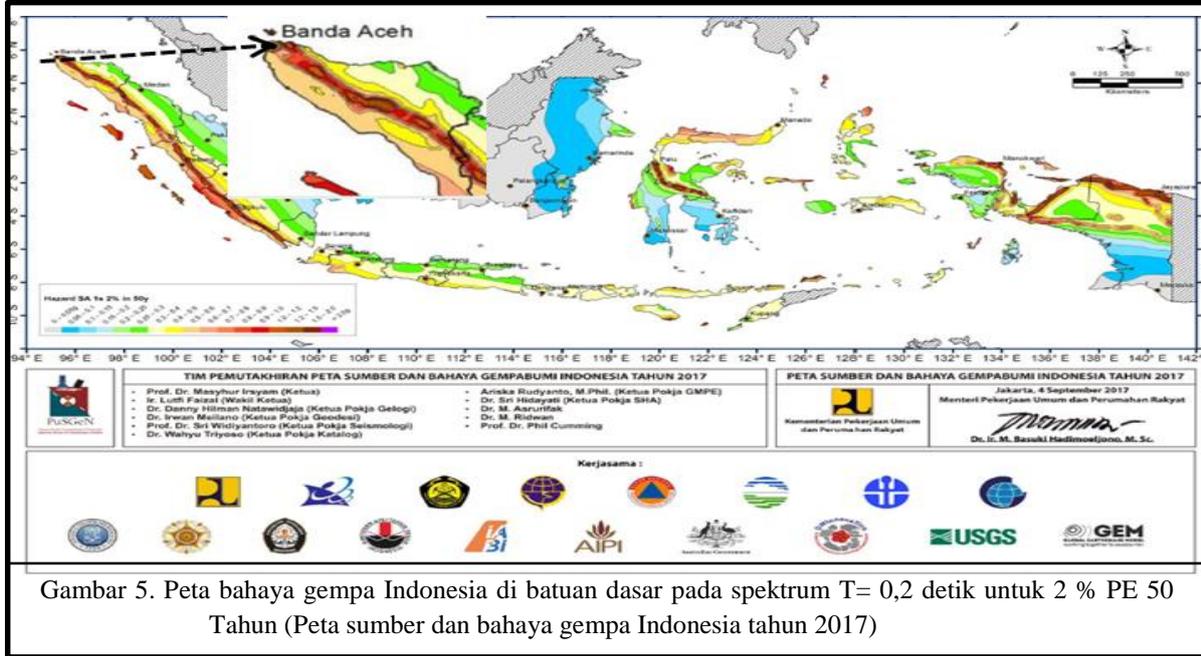
$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right), T < T_0 \dots\dots\dots 11)$$

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T}, T > T_s \dots\dots\dots 12)$$

$$S_a = S_{DS1}, T_0 \geq T \geq T_s \dots\dots\dots 13)$$



Gambar 4. Peta bahaya gempa Indonesia di batuan dasar pada spektrum $T=0,2$ detik untuk 2 % PE 50 Tahun (Peta sumber dan bahaya gempa Indonesia tahun 2017)

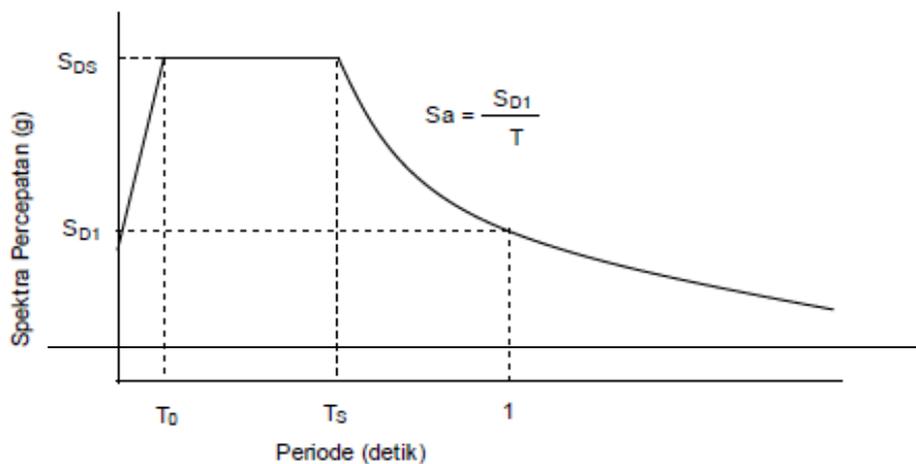


Gambar 5. Peta bahaya gempa Indonesia di batuan dasar pada spektrum T= 0,2 detik untuk 2 % PE 50 Tahun (Peta sumber dan bahaya gempa Indonesia tahun 2017)

Tabel 5. Nilai koefisien F_a dan F_v

Jenis Tanah	S_s (g)					S_1 (g)				
	$\leq 0,25$	0,5	0,75	1	$\geq 1,25$	$\leq 0,1$	0,2	0,3	0,4	$\geq 0,5$
Batuan Keras	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Batuan	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	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	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
Tanah sedang	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5
Tanah lunak	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum, 2010



Gambar 6. Bentuk tipikal respon spektrum desain di permukaan tanah (SNI 1726-2012)

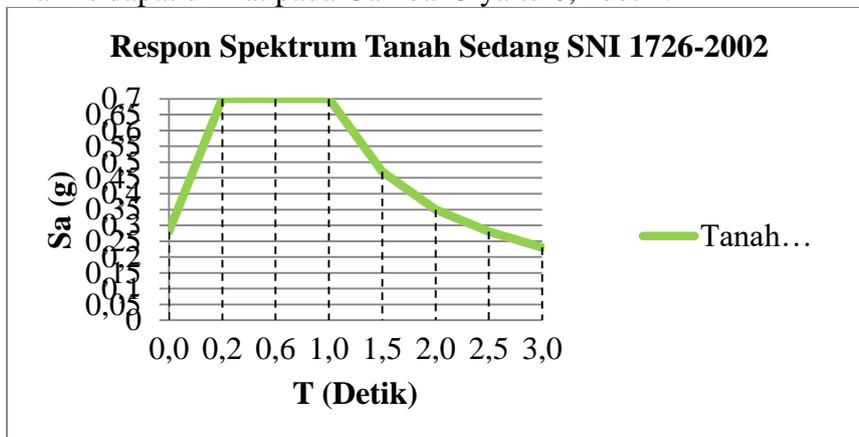
HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Klasifikasi jenis Tanah

Kota Banda Aceh hampir semua memiliki sifat karakteristik jenis tanah sedang yang dapat dilihat pada Gambar 1 dan nilai V_{s30} di objek penelitian yaitu 240-300 dapat diklasifikasikan berdasarkan pada Tabel 2.

b. Respon spektrum SNI 1726-2002

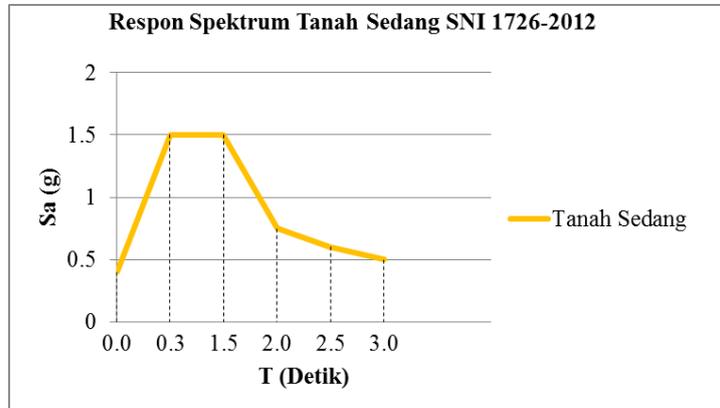
Posisi Objek penelitian terletak di Wilayah 4 dengan percepatan puncak batuan dasar 0,20 g pada Gambar 2. Nilai percepatan puncak muka tanah (A_0) untuk tanah sedang di Tabel 3 adalah 0,28 g. Tabel 4 terdapat $T_c = 0,6$ detik untuk tanah sedang, untuk wilayah 4 mempunyai nilai percepatan respon maksimum (A_m) dan nilai A_r adalah 0,70 dan 0,42. Menentukan nilai T_s dapat dilihat pada Gambar 3 yaitu 0,2 detik.



Gambar 7. Respon Spektrumtempat objek penelitian berada di tanah sedang berdasarkan SNI 1726-2002

c. Respon Spektrum SNI 1726-2012

Peta bahaya gempa 2017 dapat diperoleh data nilai $S_s = 1,5$ g memperoleh nilai $F_a = 1,0$ g dan $S_1 = 1,5$ g maka $F_v = 1,5$ g. Menentukan nilai parameter-parameter desain respon spektrum SNI 1726-2012 dengan cara sebagai berikut: S_{MS} dengan persamaan (5) memperoleh 1,5 g dan Persamaan (7) nilai $S_{DS} = 1$ g. Persamaan (6) memperoleh nilai $S_{M1} = 2,25$ g dan Persamaan (8) nilai $S_{D1} = 1,5$ g. Periode alami untuk desain respon spektrum dapat diketahui dari persamaan (9) dan (10) adalah $T_0 = 0,3$ dan $T_s = 1,5$. Penggambaran respon spektrum menggunakan persamaan (11)-(13).

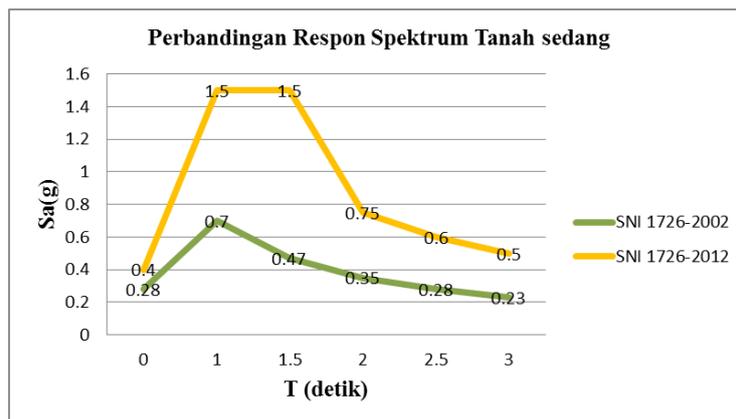


Gambar 8. Respon Spektrum tempat objek penelitian berada di tanah sedang berdasarkan SNI 1726-2012

d. Perbandingan Respon Spektrum pada SNI 1726-2002 dan SNI 1726-2012

Keseluruhan Objek penelitian berada di tanah sedang pada SNI 1726-2002 mempunyai nilai *spectral acceleration* (Sa) maksimum adalah 0,7 g sedangkan berdasarkan SNI 1726-2012 mempunyai nilai 1,5 g dapat dilihat pada Gambar 9. Penambahan data sesar aktif pada SNI 1726-2012 dengan menggunakan metode *Probabilistic Seismic Hazard Analysis* (PSHA). Probabilitas beban gempa 2 % untuk umur gedung 50 tahun memiliki periode ulang gempa rencana selama 2475 tahun.

Perbedaan nilai *spectral acceleration* (Sa) maksimum juga dialami beberapa kota lain di Indonesia, salah satunya Kota Tarutung pada tanah sedang memiliki perbedaan Sa adalah 0,3g (Sari, 2013:284). Dari hasil perbandingan terhadap 15 kota besar di Indonesia, maka ada kota-kota yang mengalami kenaikan baik untuk nilai spektral percepatan pada perioda pendek mau pun nilai spektral pada perioda 1 detik; ada pula yang mengalami penurunan (Afriadi, dkk., 2013:305).



Gambar 9. Perbandingan Respon Spektrum tempat objek penelitian berada di tanah sedang berdasarkan SNI 1726-2002 dan SNI 1726-2012

PENUTUP

Tempat evakuasi yang dipilih sebagai objek penelitian berada di tanah sedang memiliki perbedaan nilai *spectral acceleration* (Sa) pada SNI 1726-2002 dan SNI 1726-2012 adalah

0,8 g. Peningkatan nilai *Spectral acceleration* (Sa) maksimum pada SNI 1726-2012 menjadi pedoman pengevaluasian bangunan tempat evakuasi yang telah ada dan pedoman perencanaan pembangunan gedung tempat evakuasi yang baru.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus dan Syafri Wardi. 2013. *Rekayasa Gempa perencanaan Struktur gedung Berdasarkan Peraturan Gempa Indonesia Terbaru (SNI 03-1726-2012)*. Yogyakarta: Andi.
- Arfiadi, Yoyong dan Iman Satyarno. 2013. *Perbandingan Spektra Desain Beberapa Kota Besar di Indonesia dalam SNI Gempa 2012 Dan SNI Gempa 2002*. Konferensi Nasional Teknik Sipil 7 (KoNTekS 7). S: 299-306.
- Asrurifak, Muhammad, dkk .2017. *Peta Gempa Indonesia 2017 Dan Aplikasinya Untuk Perencanaan Gedung Dan Infrasatrurktur Tahan Gempa*. Workshop dipresentasikan pada Pengurangan Risiko Bencana Gempa Kota Surabaya dan Jawa Timur , oktober 19, Surabaya.
- Anonim. 2014. *Kronologi Bencana Tsunami 2004 di Aceh* (Online), (<http://www.dw.com>., diakses pada tanggal 20 Januari 2016).
- 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.
- Dewi, Lestari Cendikia, Joko Prihantono, Dini Purbani, dan Mulyo Harris Pradono. 2014. *Respon Spektrum Desain Pada Lokasi Tempat Evakuasi Sementara Tsunami di Kota Pariaman*. 163-169
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukima -Kementerian Pekerjaan Umum. 2012. *Desain Respon Spectra* (Online), (http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/., diakses 27 Juli 2016)
- Sari, Meassa Monikha . 2013. *Studi Perbandingan Respon Spektra Kota Tarutung Berdasarkan SNI 03-1726-2002 dan SNI 1726:2012 Untuk Evaluasi Pelaksanaan Bangunan Tahan Gempa*. Konferensi Nasional Teknik Sipil 7 (KoNTekS 7). S: 277-284.