

ANALISIS PERBANDINGAN MODEL RESPON SPEKTRA DESAIN SNI 03-1726-2002, RSNI 2010 DAN METODE PSHA

Suyadi¹⁾

Abstract

Seismic load rules for the building as outlined in the SNI 03-1726-2002 which divided Indonesian area in the 6 (six) earthquake regions. It is different to that in RSNI 03-1726-xxxx, which divided Indonesia area > 6 the seismic zone. In addition earthquake time period use 500 years, while the RSNI 03-1726-xxxx uses 475 years and 2475 years earthquake time period. In the arrangement of Peak Ground Acceleration values (PGA) is also used different attenuation formula's in both standard. That's why research needs to be done to it by taking locations is Kalibalok intersection (Bandar Lampung) and Way Robok (West Lampung) as objects. The study focused on the shape of the response spectra design, in consideration seismic load can be analyzed with dynamic analysis methods which one with the response spectra. For add to the model, it was also use the method PSHA calculations PGA for both locations. Based on the SPT test data that has been carried out by PT. Plato Isoiki, it turns out the two locations including the classification in stiff soil profile. Refer to result of the response spectra shape's in both locations is different. At the Kalibalok maximum value of acceleration response spectra if the design is made according to the results of PSHA calculations with one sigma models. Whereas for area Robok Way maximum acceleration value is obtained if the design response spectra are arranged according RSNI-03-1726-xxxx. This is because when the earthquake time period, the attenuation function and seismic zoning is different.

Keywords: Respon spektra, PGA, seismic zoning.

Abstrak

Peraturan pembebanan gempa untuk gedung yang dituangkan dalam SNI 03-1726-2002 membagi Negara Indonesia dalam 6 (enam) wilayah gempa. Hal ini berbeda dengan yang ada pada RSNI 03-1726-xxxx, dimana wilayah Indonesia terbagi > 6 zonasi gempa. Selain itu kala ulang gempa yang digunakan adalah kala ulang gempa 500 tahun, sedangkan pada RSNI 03-1726-xxxx menggunakan kala ulang gempa 475 tahun dan 2475 tahun. Dalam penyusunan nilai Peak Ground Acceleration (PGA) pada kedua standard di atas juga digunakan rumus atenuasi yang berbeda. Karena itulah perlu dilakukan penelitian terhadap hal tersebut dengan mengambil sampel lokasi persimpangan Kalibalok (Bandar Lampung) dan lokasi Way Robok (Lampung Barat). Penelitian difokuskan pada bentuk respon spektra desain yang ada, mengingat beban gempa dapat dianalisis dengan analisis dinamis yang salah satunya dengan metode respon spektra. Untuk menambah bentuk model, maka dilakukan juga perhitungan PGA dengan metode PSHA untuk kedua lokasi tersebut. Berdasarkan data uji SPT yang telah dilaksanakan oleh PT. Plato Isoiki, ternyata kedua lokasi termasuk pada klasifikasi tanah sedang. Dengan mengacu pada masing-masing standard diperoleh bentuk respon spektra dengan pola yang tidak sama pada kedua lokasi. Pada lokasi persimpangan Kalibalok nilai akselerasi maksimum jika respon spektra desain dibuat menurut hasil perhitungan PSHA dengan model one sigma. Sedangkan untuk daerah Way Robok nilai akselerasi maksimum diperoleh jika respon spektra desain disusun menurut RSNI 03-1726-xxxx. Hal ini disebabkan karena kala ulang gempa, fungsi atenuasi dan pembagian zone gempa yang tidak sama.

Kata kunci: Respon spektra, PGA, Zone gempa.

¹⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No 1 Gedong Meneng, Bandar Lampung. Surel: adi_unila@yahoo.co.id

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Telah kita ketahui bersama bahwa peraturan pembebanan gempa yang ada di Indonesia (SNI 03-1726-2002) akan dilakukan perubahan, antara lain terhadap besarnya nilai akselerasi gempa (PGA). Dalam peraturan gempa RSNI03-1726-xxxx yang akan berlaku bahwa untuk menentukan besarnya nilai PGA suatu lokasi tidak bisa secara langsung menggunakan peta seperti pada penggunaan peta gempa SNI 03-1726-2002 (Budiono, 2009). Beberapa variabel harus diketahui untuk dapat menentukan besarnya nilai PGA pada lokasi yang bersangkutan.

Untuk menentukan besarnya nilai PGA (*peak ground acceleration*) dapat juga dengan melakukan analisis untuk mengestimasi besaran kuantitatif dari guncangan gempa pada suatu lokasi tertentu. Dari nilai PGA dapat dibuat grafik respon spektra desain yang bisa digunakan sebagai input beban gempa dengan metode dinamis (Suyadi, 2011). Seperti telah dimuat dalam peraturan standar perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan gedung, bahwa pengaruh gempa rencana terhadap struktur dapat dianalisis dengan metode statik ekuivalen dan analisis respon dinamis khususnya untuk tipe struktur bangunan yang tidak beraturan (Dewobroto, 2005). Salah satu metode yang digunakan adalah dengan metoda analisis ragam spektrum respon dengan memakai **Spektrum Respon Gempa Rencana**.

Sesuai uraian di atas, maka cukup menarik untuk melakukan analisis perbedaan respon spektra gempa rencana berdasarkan SNI 03-1726-2002, RSNI 03-1726-xxxx dan metode PSHA. Objek penelitian ini difokuskan pada persimpangan Kalibalok di daerah Bandar Lampung dan Way Robok di daerah Lampung Barat.

1.2. Batasan Masalah

Karena banyaknya aspek dan teori yang melandasi bentuk spektrum respon gempa rencana, maka dalam analisis ini dibatasi pada beberapa aspek antara lain :

1. Respon spektra gempa rencana yang ditinjau dengan bentuk 2 dimensi.
2. Perhitungan nilai PGA dengan metode PSHA menggunakan persamaan atenuasi Donovan 1970.
3. Data gempa yang digunakan untuk analisis PSHA hasil download dari **USGS** meliputi radius 500 km dari lokasi yang ditinjau.
4. Lokasi yang ditinjau adalah daerah persimpangan antara jalan Pangeran Antasari-Pangeran Tirtayasa dengan jalan Soekarno-Hatta (persimpangan Kalibalok) Kota Madya Bandar Lampung dan Lokasi Way Robok Kabupaten Lampung Barat.
5. Faktor amplifikasi respon spektrum rencana menurut Newmark Hall tipe one sigma dan median dengan damping 5%.
6. Model elastis respon spektra desain hasil perhitungan PSHA digunakan metode Newmark Hall.
7. Data uji SPT diperoleh dari hasil soil investigation yang dilaksanakan oleh PT. Plato Isoki.
8. Analisis resiko gempa menggunakan periode ulang gempa selain SNI 03-1726-2002 adalah 2500 tahun dengan umur bangunan (t) = 50 tahun.

2. METODE PELAKSANAAN

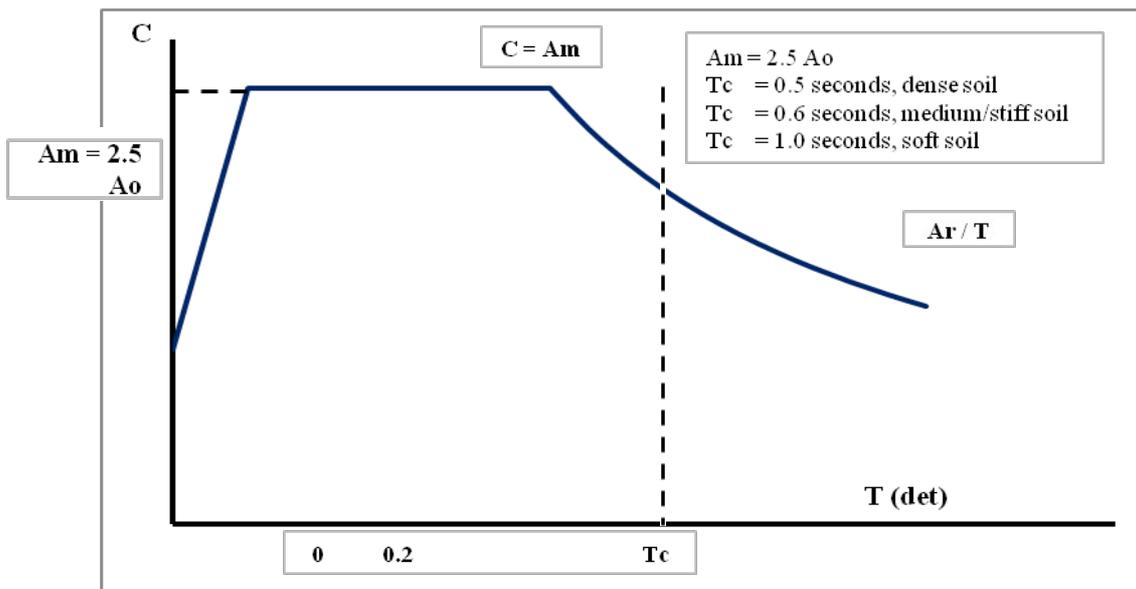
Untuk memberikan gambaran bentuk respon spektra dari ketiga model yang dianalisis, maka digunakan beberapa dasar analisis sebagai berikut :

1. Bentuk respon spektra sesuai SNI 03-1726-2002 menurut Uniform Building Code (UBC) 1997, dengan data sesuai “Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung” SKSNI 03-1726-2002.
2. Bentuk respon spektra gempa rencana RSNI 03-1726-xxxx dengan nilai spektra percepatan untuk periode pendek 0.2 detik di batuan dasar (S_s) dan periode 1 detik (S_1) sesuai Peta Revisi Gempa Indonesia pada tahun 2010.
3. Respon spektra desain gempa rencana dengan PGA menurut hasil perhitungan PSHA metode Newmark Hall.

3. ANALISIS RESPON SPEKTRA GEMPA RENCANA

3.1. Analisis Respon Spektra Gempa Rencana sesuai SNI 03-1726-2002

Peta ini dibuat berdasarkan hasil analisis probabilistik bahaya gempa (probabilistic seismic hazard analysis) yang telah dilakukan untuk seluruh wilayah Indonesia berdasarkan data seismotoniik mutakhir yang tersedia saat ini. Gempa Rencana ditetapkan pada SNI 03-1726-2002 mempunyai perioda ulang 500 tahun, dengan probabilitas terjadinya terbatas pada 10% selama umur gedung 50 tahun (SNI, 2002). Bentuk respon spektra desain untuk peraturan ini didasarkan pada Uniform Building Code (UBC, 1997). Adapun bentuk dari grafik respon spektra tersebut seperti terlihat pada gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Bentuk respon spektra desain sesuai SNI 03-1726-2002

3.2. Analisis Respon Spektra Gempa Rencana berdasar RSNI 03-1726-xxxx

Sesuai RSNI 03-1726-xxxx bahwa parameter S_s (percepatan batuan dasar pada perioda pendek) dan S_1 (percepatan batuan dasar pada perioda 1 detik) harus ditetapkan masing-masing dari respons spektral percepatan 0,2 detik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismik. respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER) di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi seismik pada perioda 0,2 detik dan perioda 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran perioda pendek (F_a) dan faktor amplifikasi terkait per-

cepatan yang mewakili getaran periode 1 detik (F_v) seperti tercantum pada tabel di bawah ini.

Tabel 1. Koefisien periode 0.2 detik (F_a)

Klasifikasi Site	S _s				
	S _s ≤ 0.25	S _s = 0.5	S _s = 0.75	S _s = 1.0	S _s ≥ 1.25
Batuan Keras (SA)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Bauan (SB)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Tanah sangat pada 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	0.9	0.9
Tanah khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

Tabel 2. Koefisien periode 1.0 detik (F_v)

Klasifikasi Site	S ₁				
	S ₁ ≤ 0.1	S ₁ = 0.2	S ₁ = 0.3	S ₁ = 0.4	S ₁ ≥ 0.5
Batuan Keras (SA)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Bauan (SB)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Tanah sangat pada dan Batuan lunak (SC)	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
Tanah sedang (SD)	2.4	2.0	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

Parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek (S_{MS}) dan periode 1 detik (S_{MI}) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs.

Dimana

$$S_{MS} = F_a + S_s \quad [1]$$

$$S_{MI} = F_v \cdot S_1 \quad [2]$$

Dari nilai koefisien tersebut akan diperoleh nilai parameter respon spektra desain periode pendek (S_{DS}) dan periode 1 detik (S_{DI}) dengan rumus sebagai berikut :

$$S_{DS} = \mu \cdot S_{MS} \quad [3]$$

Dimana:

$$S_{MS} = S_s \cdot F_a$$

$$S_{DI} = \mu \cdot S_{MI} \quad [4]$$

Dimana:

$$S_{MI} = S_1 \cdot F_v$$

μ = konstanta yang tergantung pada peraturan perencanaan bangunan
 Sesuai RSNI 03-1726-xxx, bila spektrum respons desain diperlukan oleh tata cara ini dan prosedur gerak tanah dari spesifik-situs tidak digunakan, maka kurva spektrum respons

desain harus dikembangkan dengan mengacu Gambar 2 dengan ketentuan sebagai berikut :

1. $T < T_0$

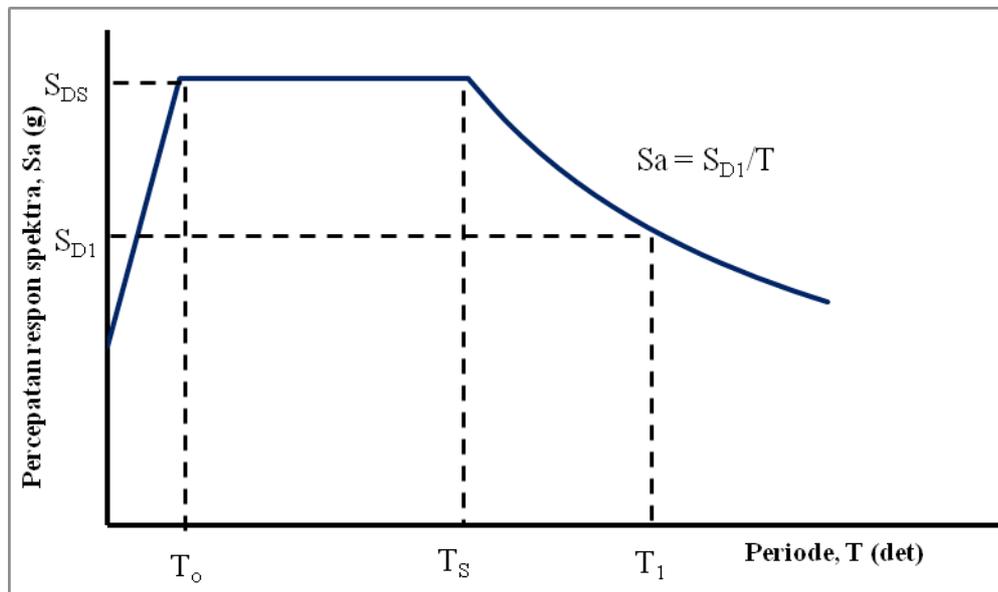
Maka
$$S_a = S_{DS} \left[0,4 + 0,6 \left(\frac{T}{T_0} \right) \right] \quad [5]$$

2. $T_0 < T < T_s$

Maka
$$S_a = S_{DS} \quad [6]$$

3. $T > T_s$

Maka
$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad [7]$$



Gambar 2. Grafik respon spektra desain sesuai RSNI 03-1726-xxxx

3.3. Analisis Akselerasi Gempa dengan Metode PSHA

Contoh data analisis untuk perhitungan ini di lokasi simpang Kalibalok adalah sebagai berikut :

- Bumi dianggap bulat dengan $R = 6377$ Km
- Terdapat hubungan regresi linier antara percepatan gempa dan N (*Annual Exceedance Rate*) dengan metode Gumbel.
- Data gempa didownload dari USGS Link to USGS Home Page <http://www.usgs.gov>, dengan cakupan data (*coverage area*) 500 km.
- Distribusi magnitudo gempa dihitung berdasarkan data kegempaan yang tersedia sebagai diagram frikuensi magnitudo Gutenberg-Richter
- Rumus percepatan digunakan metode Donovan 1970 sebagai berikut

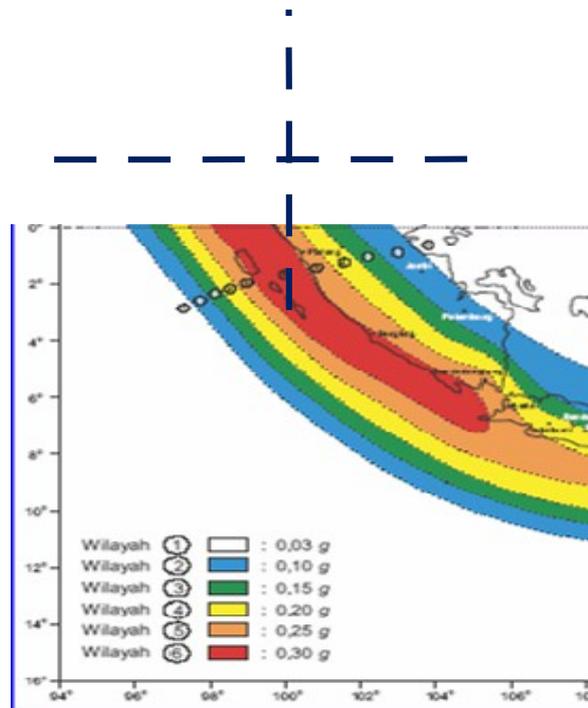
$$a = \frac{1080 e^{0,5M}}{(R=25)^{1,32}} \quad [8]$$

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari beberapa perhitungan dan analisis terhadap data yang ada dan mempunyai keterkaitan dengan bentuk respon spektra desain dapat dijelaskan seperti di bawah ini.

4.1. Respon Spektra Gempa Rencana sesuai SNI 03-1726-2002

Lokasi persimpangan Kali Balok terletak pada 5.398° LS dan 105.289° BT, sehingga jika di lihat pada peta gempa yang ada pada SNI 03-1726-2002 seperti pada gambar di bawah ini termasuk pada wilayah gempa 5. Sedangkan lokasi Way Robok terletak pada 5.0051° LS dan 104.1220° BT.



Gambar 3. Zone Gempa lokasi persimpangan Kalibalok sesuai RSNI 03-1726-201x

Jika didasarkan pada data hasil soil investigation yang dilakukan oleh PT. Plato Isoiki, untuk lokasi persimpangan Kalibalok maka diperoleh nilai $\tilde{N} = 32,5$ sehingga termasuk klasifikasi tanah sedang (*stiff soil profile*). Berdasarkan bentuk respon spektra yang ada pada SNI 03-1726-2002 untuk wilayah gempa 5, diperoleh nilai $C_a = 0,32$ dan $C_v = 0,5$. Sehingga jika dibuat rangkaian data untuk grafik respon spektra seperti tercantum pada tabel di bawah ini

Tabel 3. Data respon spectra desain sesuai SNI 03-1726-2002.

T (sec)	Sa (g)	T (sec)	Sa (g)
0	0.32	1.6	0.3125
0.125	0.83	1.7	0.294118
0.625	0.83	1.8	0.277778
0.7	0.714286	1.9	0.263158
0.8	0.625	2	0.25
0.9	0.555556	2.1	0.238095
1	0.5	2.2	0.227273
1.1	0.454545	2.3	0.217391
1.2	0.416667	2.4	0.208333
1.3	0.384615	2.5	0.2
1.4	0.357143	10	0.05
1.5	0.333333		

4.2. Respon spektra gempa rencana berdasar RSNI 03-1726-xxxx

Bentuk respon spektra desain digunakan level gempa 2% dalam 50 tahun (gempa 2475 tahun). Dari peta gempa diperoleh nilai $S_s = 0,75$ g dan $S_1 = 0,3$ g sehingga sesuai tabel yang ada diperoleh nilai-nilai $F_a = 1,2$ dan $F_v = 1,6$. Sehingga selanjutnya dapat dihitung nilai-nilai :

$$\begin{aligned}
 S_{MS} &= F_a \times S_s = 0,90 & S_{M1} &= F_v \times S_1 = 0,48 \\
 S_{DS} &= 2/3 \times S_{MS} = 0,60 & S_{D1} &= 2/3 \times S_{M1} = 0,32
 \end{aligned}$$

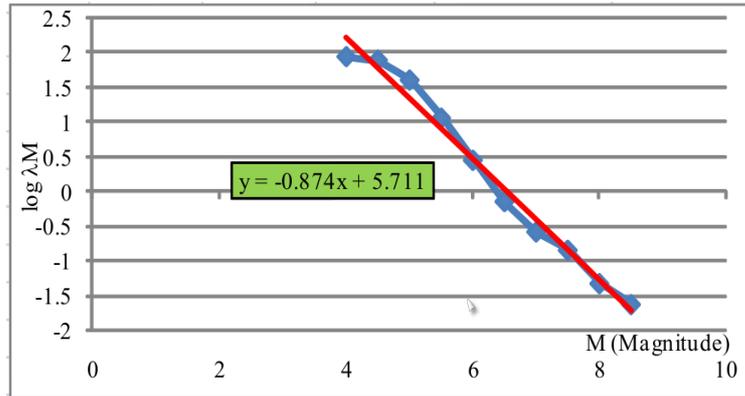
Dari data-data S_{DS} dan S_{D1} dapat dihitung data respon spektra sesuai acuan pada Gambar 2 sebagai berikut,

Tabel 4. Respon Spektrum Rencana berdasarkan peta hazard gempa Indonesia 2010 periode ulang 2475 tahun *site D*

T (sec)	a (g)	T (sec)	a (g)
0,000	0,2400	1,600	0,2000
0,100	0,5775	1,700	0,1882
0,107	0,6000	1,800	0,1778
0,350	0,6000	1,900	0,1684
0,533	0,6000	2,000	0,1600
0,700	0,4571	2,100	0,1524
0,800	0,4000	2,200	0,1455
0,900	0,3556	2,300	0,1391
1,000	0,3200	2,400	0,1333
1,400	0,2286	2,500	0,1280
1,500	0,2133	10,000	0,0320

4.3. Respon spektra gempa rencana berdasar perhitungan metode PSHA

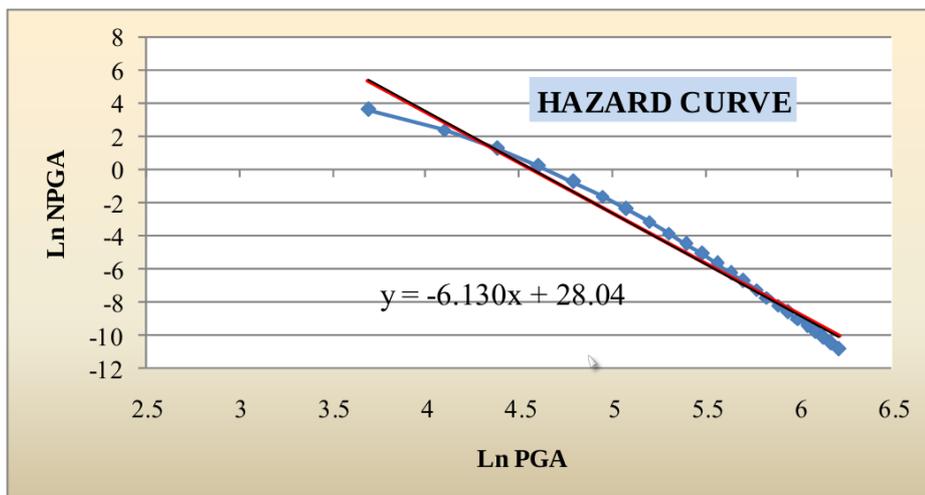
Jumlah data kejadian gempa yang dihitung 3.585 titik yang terekam selama 41 tahun (mulai 22 Januari 1973 sampai dengan 21 Maret 2013). Dari hasil perhitungan dengan mengambil nilai $m_0 = 4.0$ dan $\mu = 8.5$, dapat dibuat grafik hubungan antara $\log \lambda M$ dengan M dengan model yang digunakan adalah Gutenberg-Richter (1944) seperti terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Regresi linier metode Gutenberg – Richter.

Dari perhitungan Magnitude Event Rate, kemudian dilanjutkan dengan perhitungan dari nilai PGA tertentu dari 20 cm/detik² sampai dengan 500 cm/detik². Dengan rumus percepatan tanah dihitung dengan persamaan atenuasi dari Donovan (1970), maka diperoleh nilai NPGA tiap-tiap nilai PGA. Selanjutnya dibuat grafik hubungan antara Ln PGA dan dengan Ln NPGA yang hasilnya seperti pada Gambar 5.

Dengan resiko gempa 10% untuk 50 tahun (kala ulang 500 tahun), maka dapat dihitung nilai PGA. Dari hasil perhitungan diperoleh nilai PGA lebih besar dibandingkan dengan nilai PGA yang tercantum pada SNI 03-1726-2002 yaitu sebesar 0,3 g. Selanjutnya dibuat bentuk respon spektra desain dengan faktor amplifikasi dari Newmark-Hall menggunakan faktor $\xi = 5\%$ dari 2 (dua) metode one sigma dan median diperoleh data sebagai mana dipresentasikan dalam Tabel 5.

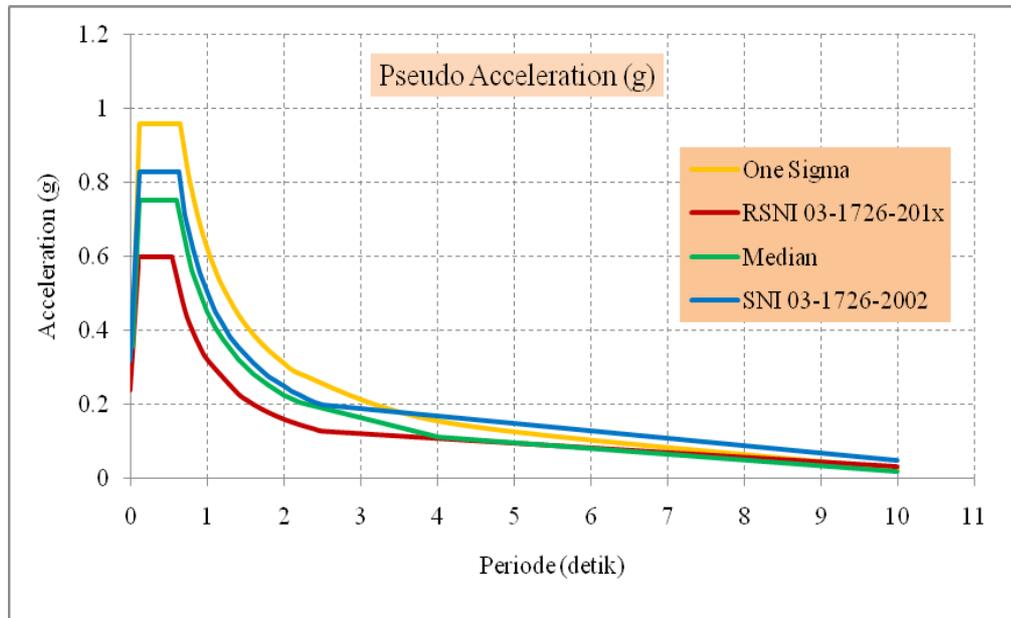


Gambar 5. Grafik hubungan antara Ln PGA dengan Ln NPGA.

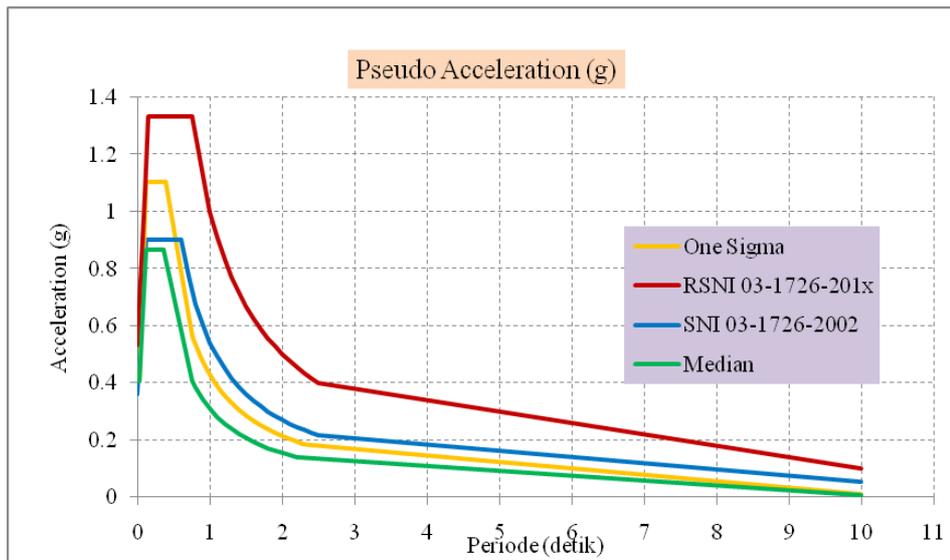
Tabel 5. Respon Spektrum Rencana berdasarkan metode one sigma dan median dengan faktor $\xi = 5\%$.

T	a (g)	
	One sigma	Median
0,030	0,3545	0,3545
0,125	0,9607	0,7516
0,599	0,9607	0,7516
0,750	0,8364	0,6001
0,800	0,7842	0,5626
0,900	0,6970	0,5000
1,000	0,6273	0,4500
1,100	0,5703	0,4091
1,200	0,5228	0,3750
1,400	0,4481	0,3215
1,600	0,3921	0,2813
1,800	0,3485	0,2500
2,000	0,3137	0,2250
2,200	0,2852	0,2046
4,014	0,1507	0,1121
10,000	0,0261	0,0181

Dari semua data tentang *pseudo acceleration* (g) dapat dibuat ke dalam bentuk grafik sehingga terlihat jelas perbedaan yang ada seperti pada grafik di bawah ini.



Gambar 6. Respon spektra desain lokasi simpang Kalibalok Bandar Lampung .



Gambar 7. Respon spektra desain lokasi Way Robok Lampung Barat.

Dari grafik di atas terlihat bahwa nilai akselerasi maksimum respon spektra untuk wilayah persimpangan Kalibalok (Bandar Lampung) berbeda dengan wilayah Way Robok (Lampung Barat). Perbedaan tersebut terlihat pada besarnya akselerasi puncak, dimana pada gambar 6, akselerasi maksimum terbesar terdapat pada perhitungan PSHA dengan model one sigma. Sedangkan pada gambar 7 untuk wilayah Way Robok (Lampung Barat) akselerasi maksimum terletak pada bentuk respon spektra sesuai dengan RSNI 03-1726-xxxx. Hal ini antara lain disebabkan oleh kala ulang gempa, fungsi atenuasi dan pembagian zone gempa yang tidak sama.

5. SIMPULAN

Dari analisis ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Besarnya akselerasi puncak untuk wilayah persimpangan Kalibalok (Bandar Lampung) diperoleh dari perhitungan PGA dengan metode PSHA model one sigma.
2. Besarnya akselerasi puncak untuk wilayah Way Robok (Lampung Barat) diperoleh dari perhitungan PGA sesuai dengan RSNI 03-1726-xxxx.
3. Perbedaan metode yang menghasilkan akselerasi terbesar disebabkan oleh beberapa hal antara lain kala ulang gempa, persamaan atenuasi dan pembagian jumlah zone (wilayah) gempa, sehingga disarankan untuk melakukan penelitian lanjutan terhadap pembagian zone gempa dengan perhitungan PGA dengan metode PSHA.

DAFTAR PUSTAKA

- Budiono, Bambang, 2009, *Rekayasa Kegempaan, Catatan Kuliah*, Penerbit ITB, Bandung-Indonesia.
- Dewobroto, Wiryanto, 2005, *Evaluasi Kinerja Struktur Baja Tahan Gempa dengan Analisa Pushover*, Civil Engineering National Conference: Sustainability Construction & Structural Engineering Based on Profesionalism Unika Soegijapranata, Semarang.
- Suyadi, 2011, *Analisis Perilaku Pier Tinggi pada Jembatan Bentang Menerus terhadap Beban Gempa*, Bandung, Indonesia.