

# ANALISIS PENGARUH VARIABILITAS TANAH PADA VARIABILITAS SPEKTRUM RESPON GEMPABUMI

*I Nyoman Sukanta<sup>1</sup>, Widjojo A. Prakoso<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Kepala Bidang Seismologi Teknik, Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika

<sup>2</sup>Kepala Laboratorium Geoteknik, Departemen Teknik Sipil – Universitas Indonesia

## ABSTRAK

Salah satu kompleks perkantoran yang terletak di Jalan Thamrin, Jakarta, dipilih sebagai lokasi penelitian. Hasil pemodelan data tanah, menghasilkan 3 lapisan tanah yang berbeda dengan kriteria jenis tanahnya cenderung lunak, dengan nilai N-SPT rata – rata = 11,23. Perhitungan percepatan puncak muka tanah (PGA) dan nilai spektrum respon di permukaan tanah menggunakan metoda analisis linier equivalen dengan simulasi Monte Carlo. Program aplikasi SHAKE2000 merupakan alat bantu dalam simulasi, dengan memasukkan beberapa asumsi sebagai data masukan. Data masukan dinamik menggunakan sumber gempabumi Elcentro dan Mexico yang mempunyai kandungan frekuensi berbeda. Asumsi nilai percepatan puncak batuan dasar (PBA) untuk kedua sumber gempabumi tersebut sebesar 0,18 g. Hasil analisis menunjukkan nilai spektrum respon dan percepatan puncak muka tanah sangat bervariasi. Gempabumi Elcentro menghasilkan nilai rata – rata PGA = 0,36 g dengan spektrum responnya = 1,0 g pada Tc = 0,6 detik. Untuk gempabumi Mexico menghasilkan nilai rata – rata PGA = 0,30 g dengan spektrum responnya = 0,9 g pada Tc = 0,6 detik. Artinya, variabilitas jenis tanah sangat berpengaruh terhadap variabilitas spektrum respon di permukaan tanah.

**Kata kunci :** jenis tanah, PGA, PBA, analisis linier equivalen, spektrum respon.

## ABSTRACT

One of the office complex located at Jalan Thamrin, Jakarta, was chosen as the location of the reseach. Results of data modeling soil, produces 3 different soil layers with soil type criteria tend to be soft, with a value of N-SPT average = 11.23. Calculation of peak ground acceleration (PGA) and the value of the response spectrum at ground surface using the method of equivalent linear analysis with Monte Carlo simulation. SHAKE2000 application software is a tool in the simulation, by including some assumptions as input data. Dynamic input data using Elcentro and Mexican earthquakes which have different frequency contents. Assumed value of peak base acceleration (PBA) for the two earthquakes was 0.18 g. The result of analysis was the value of response spectrum and peak ground acceleration is very different variable. Elcentro earthquake result average value of PGA = 0.36 g with the response spectrum = 0.6 sec at Tc = 1.0 g. For Mexican earthquake result average value of PGA = 0.30 g with the response spectrum = 0.6 sec at Tc = 0.9 g. That is , the variability of the soil types was influential affect the variability of the response spectrum at ground surface.

**Key words:** soil type, PGA, PBA, equivalent linear analysis, response spectrum

---

Naskah masuk : 22 Juli 2010

Naskah diterima : 7 November 2010

---

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 LATAR BELAKANG

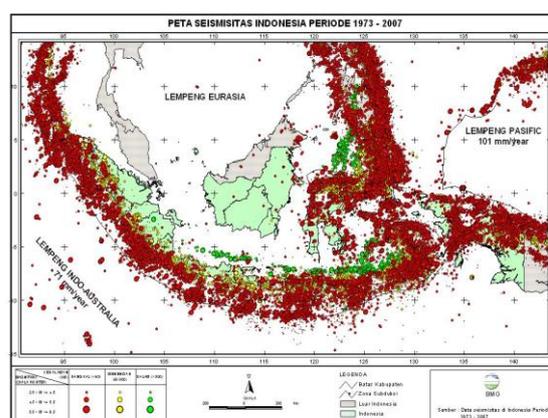
Kepulauan Indonesia merupakan salah satu wilayah yang sering dilanda gempa bumi. Hal ini disebabkan karena kondisi tektonik Indonesia yang berada pada daerah pertemuan 3 (tiga) lempeng besar dunia, yakni Lempeng Eurasia, Indo-Australia dan Pasifik, serta lempeng kecil seperti lempeng Filipina. Berdasarkan catatan Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG)<sup>1)</sup>, wilayah Indonesia digoncang gempa bumi mencapai puluhan kali setiap harinya, baik yang dirasakan oleh manusia, maupun yang hanya dapat direkam oleh alat pencatat gempa bumi; Gbr.1 menunjukkan gempa bumi yang terjadi pada periode 1973 – 2007. Untuk keperluan pembangunan infrastruktur, SNI-03-1726-2002<sup>2)</sup> tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung, membagi Indonesia menjadi 6 (enam) wilayah gempa berdasarkan karakterisasi percepatan puncak batuan dasar (*peak base acceleration*, PBA) sebagaimana ditampilkan sebagai Gbr.2. Jakarta, yang merupakan kota metropolitan dengan tingkat pembangunan yang tinggi, mempunyai tingkat kerawanan gempa bumi yang cukup tinggi. Jakarta masuk kedalam Wilayah 3 dengan nilai PBA sebesar 0,15g.

Percepatan gempa bumi permukaan tanah, selain merupakan fungsi dari percepatan gempa bumi batuan dasar, juga merupakan fungsi dari kondisi tanah permukaan pada sebuah lokasi<sup>3)</sup>. Dalam SNI-03-1726-2002<sup>2)</sup>, karakterisasi percepatan gempa bumi pada permukaan tanah yang digunakan adalah percepatan puncak permukaan tanah (*peak ground acceleration*, PGA) dan spektrum respon, sedang karakterisasi kondisi tanah permukaan yang digunakan adalah nilai rata-rata kecepatan rambat gelombang geser sedalam 30 m atau nilai kuat geser tanah yang mewakilinya. Tanah adalah material alami yang seringkali memiliki karakteristik dengan variabilitas yang signifikan<sup>4)</sup>. Makalah ini menelaah pengaruh variabilitas karakteristik tanah pada variabilitas spektrum respon melalui sebuah studi kasus.

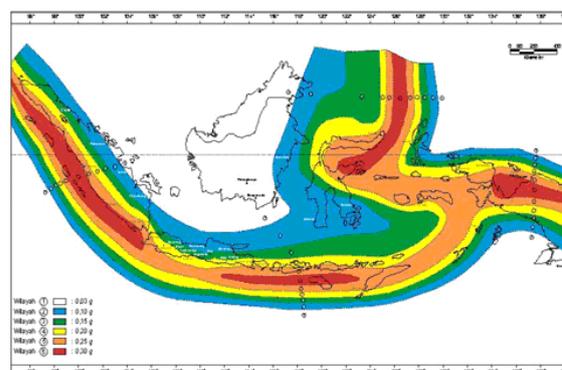
## 1.2 LINGKUP PENELITIAN

Dalam makalah ini, analisis pengaruh variabilitas tanah pada variabilitas spektrum respon gempa bumi dilakukan pada sebuah kompleks perkantoran yang terletak di Jalan Thamrin, Jakarta Pusat. Analisis menggunakan metode analisis linear ekuivalen<sup>5)</sup>.

Analisis dilakukan untuk dua catatan gempa bumi dengan kandungan frekuensi yang berbeda. Analisis variabilitas dilakukan dengan pendekatan simulasi Monte Carlo (Ang dan Tang<sup>5)</sup>).



Gambar 1. Seismisitas Wilayah Indonesia Periode 1973 – 2007 ( sumber : BMKG<sup>1)</sup>)



Gambar.2. Pembagian Wilayah Gempa Indonesia Berdasarkan PBA<sup>2)</sup>.

## II. KAJIAN PUSTAKA

### 2.1 KARAKTERISTIK TANAH

Jakarta mempunyai karakteristik tanah yang bervariasi. Penulis pernah melakukan pengukuran jenis tanah di Jakarta Utara, Jakarta Pusat, dan Jakarta Selatan, menghasilkan jenis

tanah yang bervariasi. Untuk itu perlu adanya evaluasi lebih lanjut mengenai variabilitas karakteristik tanah yang lebih detail serta pengaruhnya terhadap karakteristik gempa muka tanah untuk wilayah Jakarta.

Pada penelitian ini penulis menggunakan data tanah dari hasil uji penetrasi standar (*Standard Penetration Test*, SPT) pada lokasi tersebut, dengan cara menghitung dan mengelompokkan nilai rata-rata N-SPT serta memasukkan nilai indeks plastisitas, kecepatan gelombang geser, dan damping ratio untuk jenis tanah pada tiap-tiap lapisan sampai kedalaman 30 meter.

Jenis tanah pada kedalaman sampai 30 meter sangat bervariasi, sehingga penentuan pembagian jenis tanah biasanya ditentukan sampai kedalaman tersebut. Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk menentukan variabilitas jenis tanah, salah satunya adalah *in situ test* yakni Standar Penetration Test (SPT). Penyelidikan SPT telah menggunakan standard ASTM D 1586<sup>6</sup>, sehingga mendapatkan nilai N-SPT rata-rata, yang dapat menentukan jenis tanahnya. Parameter geoteknik sangat berguna untuk analisa seismik. Karakteristik / sifat tanah sangat berguna untuk analisa dinamis tanah, sehingga dapat diketahui kekakuan tanah, material redaman dan kuat geser tanah. Perilaku dinamis tanah ini dapat diketahui dengan mengukur kecepatan gelombang geser pada tanah. Di dalam perhitungan, kecepatan gelombang geser dapat digunakan untuk mengetahui kekakuan tanah pada regangan kecil. Kecepatan gelombang geser dapat ditentukan dengan cara membuat pemodelan lapisan batuan dengan sumber getarnya ditentukan sendiri. Umumnya metode ini berhubungan dengan hasil test SPT, sehingga hubungan secara empiris antara jumlah pukulan N-SPT dengan kecepatan gelombang geser telah diketahui. Menurut badan dunia dari Amerika yakni *National Earthquake Hazard Reduction Program (NEHRP)*<sup>7</sup> kriteria tanah untuk ketebalan lapisan tanah sampai 30 m, dibagi menjadi 6 (enam) jenis, yakni jenis tanah A, B, C, D, E dan F. Pembagian jenis tanah ini berdasarkan pada kecepatan rambat rata-rata gelombang geser. Sedangkan di dalam SNI 03-1726-2002, karakteristik lapisan tanah setebal 30 m dibagi menjadi 4 (empat) jenis, yakni tanah keras, tanah sedang, tanah lunak dan tanah khusus. Jenis tanah ini diklasifikasikan

berdasarkan kecepatan rambat gelombang geser rata-rata ( $\bar{v}_s$ ), nilai hasil tes N-SPT ( $\bar{N}$ ) dan kuat geser niralir rata-rata ( $\bar{S}_u$ ).

Variabilitas tanah dan tebal lapisan tanah yang dilalui oleh gelombang geser gempabumi dapat menentukan besarnya percepatan puncak muka tanah. Disamping itu, sangat dipengaruhi juga oleh percepatan puncak batuan dasar.

## 2.2 ANALISIS LINIER EKUIVALEN

Pengaruh kondisi tanah permukaan pada PGA dan spektrum respon gempabumi pada permukaan tanah dapat dilakukan dengan beberapa pendekatan<sup>3)</sup>. Salah satu pendekatan yang banyak digunakan adalah pendekatan 1-dimensi. Salah satu metode dari pendekatan ini adalah metode analisis linier ekuivalen yang dikembangkan oleh H.B. Seed dan rekan dari University of California Berkeley<sup>8)</sup>. Beberapa asumsi dasar dalam metode ini adalah sebagai berikut:

- Pada arah vertikal, tanah dibagi menjadi beberapa lapisan serta tanah dibatasi oleh sebuah batuan dasar pada bagian bawah dan dibatasi oleh permukaan tanah pada bagian atas. Setiap lapisan tanah didefinisikan mempunyai nilai modulus geser, damping ratio kritis, densitas dan ketebalan, yang berhubungan dengan frekuensi.
- Pada arah horisontal, tanah merupakan sistem yang memanjang tidak terbatas.
- Respon pada sistem ini diakibatkan oleh penjalaran gelombang geser dari batuan dasar menuju ke permukaan tanah.
- Gelombang geser diberikan sebagai nilai akselerasi yang interval waktunya sama. Pengulangan siklik dari riwayat waktu akselerasi dimasukkan di dalam penyelesaian matematis.
- Ketergantungan regangan modulus dan redaman dihitung dari prosedur ekuivalent linier berdasarkan rata-rata, tingkat strain efektif dihitung untuk masing – masing lapisan.

Untuk mempercepat proses analisis, digunakan software aplikasi yaitu SHAKE2000<sup>9)</sup>.

## III. DATA

### 3.1 KATEGORI JENIS TANAH

Pengukuran jenis tanah pada lokasi penelitian menggunakan metode N-SPT.

Pengukuran dibagi menjadi 3 lokasi, dengan total titik pengukuran sebanyak 27 titik. Pada lokasi I terdapat 5 titik pengukuran, lokasi II terdapat 8 titik pengukuran dan lokasi III, terdapat 14 titik pengukuran. Data selengkapnya dapat dilihat pada Tabel I.

Pemodelan jenis tanah diperlukan untuk menyederhanakan masalah, caranya adalah menentukan jenis tanah dan melihat profil borelog hasil N-SPT-nya. Dari kedua cara ini, maka dapat mengetahui jenis – jenis tanah pada lokasi penelitian.

Dari hasil borelog mendapatkan 3 jenis tanah pada semua titik pengukuran. Jenis tanah pertama didominasi oleh jenis tanah lempung lanau, jenis tanah kedua didominasi oleh jenis tanah pasir halus lanau, dan jenis tanah ketiga didominasi oleh jenis tanah pasir halus sampai dengan kasar. Untuk lapisan dibawahnya diasumsikan sebagai batuan (rock). Pemodelan jenis tanah untuk tiap titik pengamatan di lokasi penelitian dapat dilihat pada tabel II.

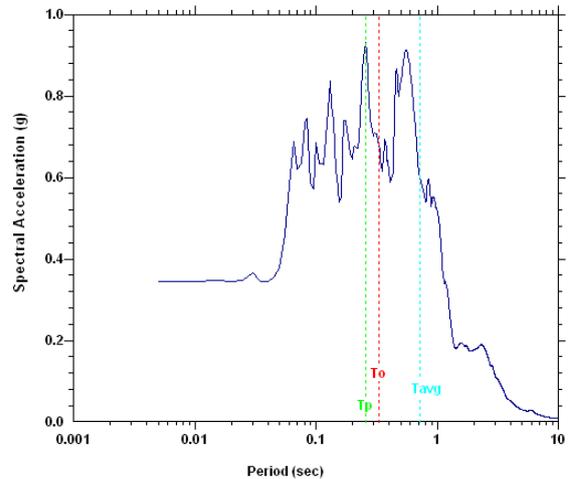
Dari pemodelan tabel II, perhitung nilai N-SPT rata-rata, sebesar 11,233. Menurut SNI 03-1726-2002<sup>2)</sup>, nilai tersebut masuk ke dalam kategori jenis tanah cenderung lunak.

### 3.2 INPUT MOTION

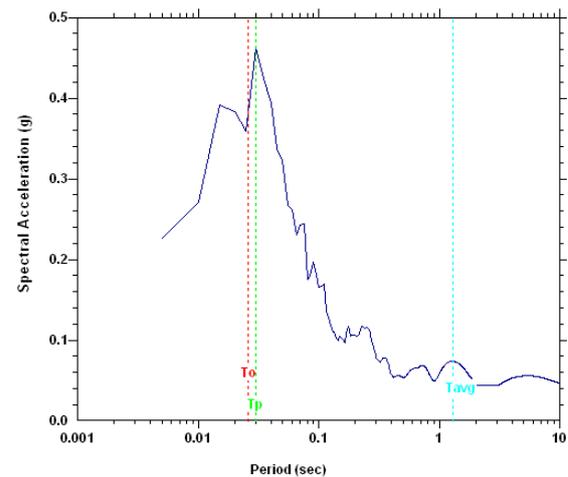
Analisis pengaruh variabilitas tanah terhadap variabilitas PGA dan spektrum respon menggunakan 2 (dua) catatan gempa bumi, yakni gempa bumi Elcentro yang terjadi pada tahun 1942 dan gempa bumi Mexico yang terjadi pada tahun 1985. Kedua sumber gempa bumi ini mempunyai karakteristik yang berbeda. Perbedaan secara umum adalah kedua gempa bumi tersebut terjadi dengan mekanisme yang berbeda; gempa bumi Elcentro terjadi akibat patahan lokal, sedangkan gempa bumi Mexico terjadi akibat adanya pergerakan antar lempeng di daerah subduksi. Kedua sumber gempa bumi ini juga mempunyai kandungan frekuensi yang berbeda; gempa bumi Elcentro mempunyai nilai periode spektral dominan sebesar 0,255 detik, dengan nilai percepatan maksimumnya sebesar 0,343 g, sedang gempa bumi Mexico mempunyai nilai periode spektral dominan sebesar 0,03 detik, dengan nilai percepatan maksimumnya sebesar 0,151 g.

Asumsi yang digunakan untuk kedua sumber gempa ini mempunyai nilai percepatan

puncak batuan dasar (PBA) sebesar 0,18 g di kedalaman 30 m. Hal ini mengacu pada pembagian wilayah kegempaan Jakarta berada pada wilayah 3.



Gambar 3a). Kandungan frekuensi Gempabumi Elcentro



Gambar 3b). Kandungan frekuensi Gempabumi Mexico

Pada gambar 3a dan 3b menunjukkan kandungan frekuensi kedua sumber gempa bumi yang menjadi data masukan dinamik. Untuk gempa bumi Elcentro mempunyai kandungan frekuensi = 3,02 Hz atau  $T = 0,33$  detik. Sedangkan gempa bumi Mexico mempunyai kandungan frekuensi = 38,46 Hz atau  $T = 0,026$  detik.

Tabel 1. Pemodelan jenis tanah hasil pengukuran N-SPT di lokasi penelitian  
 Ket : N = Nilai N-SPT hasil pengukuran ; T = Tebal lapisan tanah (m)

NO	LOKASI	Jenis Tanah 1		Jenis Tanah 2		Jenis Tanah 3	
		N	T	N	T	N	T
1	I - 1	4	12	10	8	21	10
2	I - 2	5	12	13	8	9	10
3	I - 3	3	9	11	11	9	10
4	I - 4	4	18	6	5	9	7
5	I - 5	6	19	11	6	25	5
6	II - 1	3	10	7	8	25	12
7	II - 2	6	18	25	6.5	60	5.5
8	II - 3	6	8	4	10	9	12
9	II - 4	4	17	7	6	11	7
10	II - 5	9	8	10	12	13	10
11	II - 6	5	10	16	6	13	14
12	II - 7	4	13	9	8	39	9
13	II - 8	6	17	16	6	44	7
14	III - 1	5	8	14	9	31	13
15	III - 2	6	13	30	12	24	5
16	III - 3	13	10	20	9	37	11
17	III - 4	4	13	14	6	30	11
18	III - 5	6	10	37	10	46	10
19	III - 6	2	10	38	6	49	14
20	III - 7	9	8	16	8	42	14
21	III - 8	6	8	23	8	37	14
22	III - 9	3	10	26	6	25	14
23	III - 10	11	10	15	7	40	13
24	III - 11	7	9	15	7	39	14
25	III - 12	1	7	14	6	39	17
26	III - 13	8	11	24	6	37	13
27	III - 14	3	6	8	10	26	14

Tabel 2. Pemodelan lapisan tanah di lokasi penelitian

	TEBAL	N
LAP. JENIS 1	11	6
LAP. JENIS 2	8	17
LAP. JENIS 3	11	30
BATUAN DASAR		60
	30	

N-SPT rata – rata = 11,233

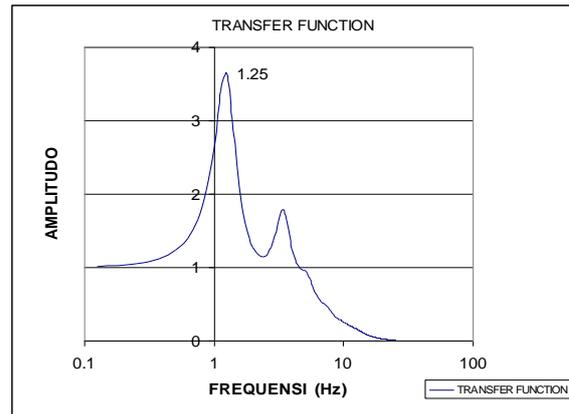
#### IV. ANALISA DATA

##### 4.1 ASUMSI – ASUMSI

Sebelum memulai analisa data tanah dengan metoda equivalen linier analisis, ada beberapa asumsi yang dibuat, khususnya untuk modulus reduksi dan ratio redaman untuk tiap – tiap jenis tanah di lokasi penelitian. Asumsi - asumsi tersebut adalah :

- Nilai Ketebalan tanah menggunakan pemodelan lapisan tanah yang telah dibuat pada tabel 2.
- Reduksi modulus untuk jenis tanah clay PI = 0 – 10 dan PI = 10 – 20, menggunakan grafik dari Sun et. al. (shake91)<sup>10)</sup>;
- Reduksi modulus untuk jenis tanah sand average, menggunakan grafik dari Seed & Idriss. (shake91)<sup>10)</sup>
- Reduksi modulus untuk jenis tanah gravel, menggunakan grafik dari Seed et. al. (shake91)<sup>10)</sup>
- Reduksi modulus untuk jenis tanah rock, menggunakan grafik dari Idriss<sup>10)</sup>
- Reduksi modulus untuk jenis tanah gravel, menggunakan grafik dari Seed et. al.<sup>10)</sup>
- Rasio redaman untuk jenis tanah clay PI = 10 – 20 dan PI = 20 – 40, menggunakan grafik dari Sun et. al.<sup>10)</sup>
- Rasio redaman untuk jenis tanah sand average, menggunakan grafik dari Seed & Idriss.<sup>10)</sup>
- Rasio redaman untuk jenis tanah gravel, menggunakan grafik dari Seed et. al.<sup>10)</sup>
- Rasio redaman untuk jenis tanah rock, menggunakan grafik dari Idriss.<sup>10)</sup>
- Nilai modulus geser menggunakan hasil perhitungan dari software aplikasi Shake2000.

Langkah selanjutnya adalah menentukan frekuensi alami dari pemodelan jenis tanah tersebut. Hasilnya seperti gambar 3.



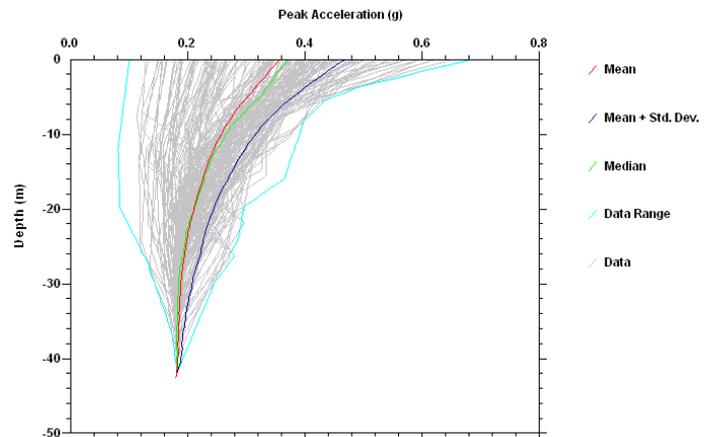
Gambar 4. Frekuensi alami pemodelan jenis tanah di lokasi penelitian.

Pada gambar 4 menunjukkan frekuensi alami pemodelan jenis tanah di lokasi penelitian sebesar 1,25 Hz atau  $T = 0,8$  dt.

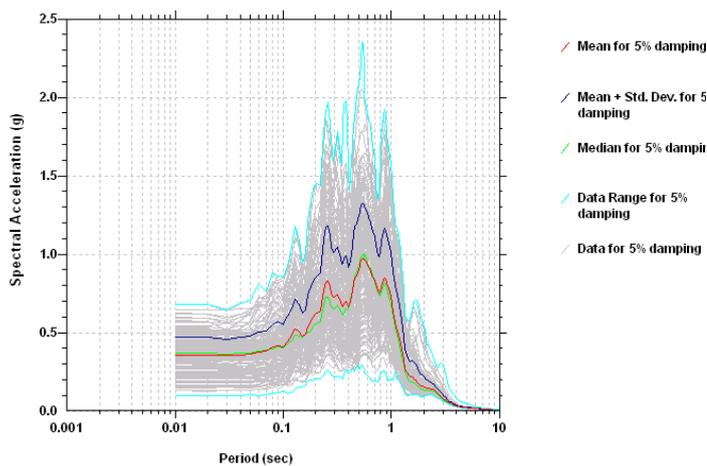
#### 4.1 HASIL ANALISIS

Analisis pemodelan jenis tanah menggunakan software aplikasi Shake2000 sebagai alat bantu. Semua asumsi parameter-parameter dimasukan sebagai data masukkan. Analisa dilakukan pada masing – masing input motion.

A. Gempabumi Elcentro, mendapatkan nilai percepatan maksimum muka tanah dan spektrum respon seperti gambar 5 dan 6.



Gambar 5. Percepatan puncak muka tanah terhadap kedalaman dari gempa Elcentro



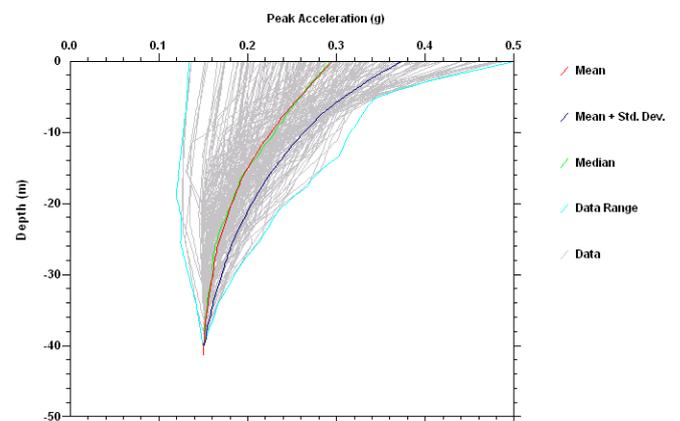
Gambar 6. Spektrum respon di permukaan tanah dengan redaman sebesar 5% untuk sumber gempa Elcentro

Grafik percepatan pada gambar 5 menunjukkan, dengan memasukan nilai percepatan puncak batuan dasar sebesar 0,18g di kedalaman sekitar 42 m, terjadi perubahan percepatan sampai di permukaan tanah. Perubahan nilai tersebut membentuk suatu kurva yang terus meningkat mengikuti perubahan kedalaman. Interval nilai percepatan muka tanah berada pada 0,10g sampai 0,70g. Nilai rata – rata dan nilai tengah dari percepatan mempunyai kurva yang hampir berimpit sepanjang perubahan kedalaman dari base rock sampai permukaan tanah. Nilai rata – rata percepatan puncak muka tanah sebesar 0,36g. Variabilitas tanah dari base rock sampai permukaan tanah sangat besar pengaruhnya terhadap nilai percepatan puncak muka tanah. Hal ini menunjukkan bahwa percepatan puncak muka tanah bisa mencapai 2 kali percepatan puncak batuan dasar untuk jenis tanah yang cenderung lunak. SNI 03-1726-2002<sup>2)</sup> menyatakan, untuk tanah lunak yang mempunyai percepatan puncak muka tanah sebesar 0,36g maka percepatan puncak batuan dasarnya sebesar 0,25g. Sedangkan hasil penelitian ini menunjukkan bahwa, untuk tanah lunak dengan nilai rata-rata percepatan puncak muka tanah sebesar 0,36g, hanya membutuhkan percepatan puncak batuan dasar sebesar 0,18g saja.

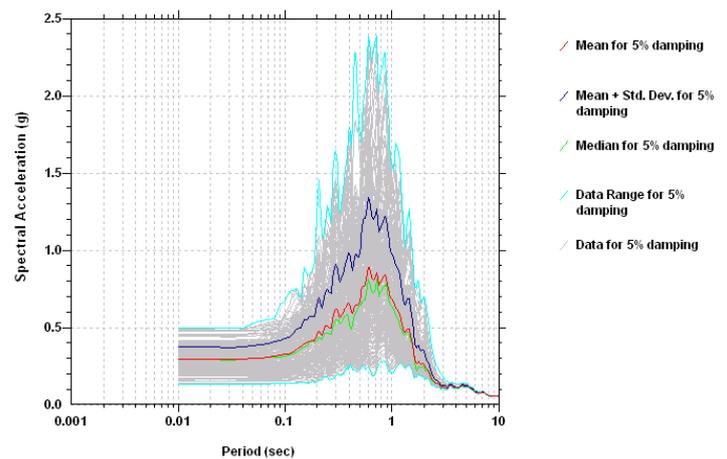
Grafik spektrum respon pada gambar 6 menunjukkan, untuk Jakarta yang berada pada wilayah 3 dengan jenis tanah cenderung lunak, dengan faktor redaman sebesar 5 %, menghasilkan spektrum respon pada kisaran  $T_c = 0,6$  dt, nilai spektrum respon maksimum

berada pada kisaran 0,2g sampai 2,3g. Spektrum respons maksimum rata – rata di permukaan tanah sebesar 1,0g. Sedangkan pada SNI 03-1726-2002<sup>2)</sup> menyatakan bahwa untuk tanah lunak pada wilayah 3, dengan faktor redaman sebesar 5%, spektrum respons berada pada  $T_c = 1$  detik, dan nilai spektrum maksimum sebesar 0,75g.

B. Gempabumi Mexico sebagai input motion, mendapatkan nilai percepatan maksimum muka tanah dan spektrum respon yang ditunjukkan pada gambar 7 dan 8.



Gambar 7. Percepatan puncak muka tanah terhadap kedalaman dari gempa Mexico



Gbr 8. Spektrum respon di permukaan tanah dengan redaman sebesar 5% untuk sumber gempa Mexico

Grafik percepatan pada gambar 7 menyatakan bahwa dengan memasukan nilai percepatan puncak batuan dasar sebesar 0,18g di kedalaman sekitar 42 m, terjadi perubahan

percepatan sampai di permukaan tanah. Perubahan nilai tersebut membentuk suatu kurva yang terus meningkat mengikuti perubahan kedalaman. Interval nilai percepatan muka tanah berada pada 0,13g sampai 0,50g. Nilai rata – rata dan nilai tengah dari percepatan mempunyai kurva yang hampir berimpit sepanjang perubahan kedalaman dari base rock sampai permukaan tanah. Nilai rata – rata percepatan puncak muka tanah sebesar 0,30g. Variabilitas tanah dari base rock sampai permukaan tanah sangat besar pengaruhnya terhadap nilai percepatan puncak muka tanah. Hal ini menunjukkan bahwa percepatan puncak muka tanah lebih besar dari percepatan puncak batuan dasar untuk jenis tanah yang cenderung lunak. SNI 03-1726-2002<sup>2)</sup> menyatakan, untuk tanah lunak yang mempunyai percepatan puncak muka tanah sebesar 0,30g maka percepatan puncak batuan dasarnya sebesar 0,15g. Sedangkan dalam penelitian ini menunjukkan bahwa untuk tanah lunak dengan nilai rata-rata percepatan puncak muka tanah sebesar 0,30g, membutuhkan percepatan puncak batuan dasar sebesar 0,18g.

Grafik spektrum respon pada gambar 8 menunjukkan, untuk Jakarta yang berada pada wilayah 3 dengan jenis tanah cenderung lunak, dengan faktor redaman sebesar 5 %, menghasilkan spektrum respon pada kisaran  $T_c=0,6$  dt, nilai spektrum respon maksimum berada pada kisaran 0,20g sampai dengan 2,40g. Spektrum respons maksimum rata-rata di permukaan tanah sebesar 0,90g. Sedangkan SNI 03-1726-2002<sup>2)</sup> menyatakan bahwa untuk tanah lunak pada wilayah 3, dengan faktor redaman sebesar 5%, spektrum respons berada pada  $T_c = 1$  detik, dan nilai spektrum maksimum sebesar 0,75g.

Dari pembahasan untuk kedua sumber gempa tersebut terlihat bahwa nilai percepatan maksimum muka tanah dan nilai spektrum menghasilkan nilai yang berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa ada beberapa faktor seperti jenis tanah, nilai percepatan puncak batuan dasar, asumsi-asumsi yang digunakan dalam perhitungan matematis, serta metoda yang digunakan, sangat berpengaruh terhadap hasil yang didapat.

## V. RANGKUMAN DAN DISKUSI

Dari hasil analisa yang dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Lokasi penelitian terletak pada wilayah 3 dalam wilayah gempa yang ditetapkan pada SNI 03-1726-2002<sup>2)</sup> dan mempunyai variabilitas jenis tanah yang bervariasi dengan jenis tanah cenderung lunak dengan nilai rata – rata  $N-SPT=11,233$
2. Jika dibandingkan dengan SNI 03-1726-2002<sup>2)</sup> hasil penelitian ini menyatakan bahwa :
  - a. Gempa Elcentro,
    - Hasil PGA rata – rata terhadap kedalaman bernilai 0,36 g dengan  $PBA=0,18g$ . Pada SNI menyatakan PGA rata –rata = 0,36g dengan  $PBA = 0,25g$
    - Spektrum respon hasil penelitian sebesar 1,0 g pada  $T_c = 0,6$  dt. Pada SNI menyatakan nilai spektrum respon sebesar 0, 75 pada  $T_c = 1$  dt.
  - b. Gempa Mexico
    - Hasil PGA rata – rata terhadap kedalaman bernilai 0,30 g dengan  $PBA=0,18g$ . dengan  $A_m = 1,0g$ . Pada SNI menyatakan PGA rata – rata = 0,30g dengan  $PBA = 0,15g$
    - Spektrum respon hasil penelitian sebesar 0,9 g pada  $T_c = 0,3$  dt dengan  $A_m = 0,9g$ . Pada SNI menyatakan nilai spektrum respon sebesar 0, 75 pada  $T_c = 1$  dt.
3. Percepatan puncak muka tanah dan spektrum respons di permukaan tanah, dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jenis tanah, sumber gempabumi sebagai input motion, nilai percepatan puncak batuan dasar, asumsi – asumsi yang digunakan dalam perhitungan matematis, serta metoda yang digunakan.
4. Perlu adanya evaluasi lebih lanjut tentang pembagian wilayah gempa, nilai percepatan puncak muka tanah dan nilai spektrum respons untuk tiap jenis tanah yang terdapat di dalam aturan SNI 03-1726-2002, sehingga hasil yang tercantum dalam peraturan yang berlaku secara nasional, menjadi lebih akurat.

## VI. DAFTAR PUSTAKA

- <sup>1)</sup>Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika, 2008. *Peta Seismisitas Indonesia Periode 1973 - 2007*, Jakarta.
- <sup>2)</sup>Badan Standarisasi Nasional, 2002. *SNI 03-1726-2002: Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung*, Jakarta.
- <sup>3)</sup>Kramer, S.L., 1996. *Geotechnical Earthquake Engineering*, University of Washington, USA.
- <sup>4)</sup>Kulhawy, F.H. 1992. On Evaluation of Static Soil Properties. *In: Seed RB and Boulanger RW (eds), Stab and Perform of Slopes and Embankments II (GSP 31)*, ASCE, New York, 95-115.
- <sup>5)</sup>Ang, A. H-S. and Tang, W.H. 1984. *Probability Concepts in Engineering Planning and Design, Vol. II: Decision, Resik, and Reliability*, J. Wiley & Sons
- <sup>6)</sup>American Society for Testing and Materials, 1999. *Standard Test Method for Penetration Test and Split-Barrel Sampling of Soils (D1586)*, Annual Book of Standards 04.08, ASTM, Philadelphia.
- <sup>7)</sup>*National Earthquake Hazard Reduction Program (NEHRP)*
- <sup>8)</sup>Seed, H.B., Wong, R.T., Idriss, I.M., and Tokimatsu, K. (1986). Moduli and damping factors for dynamic analyses of cohesionless soils," *Journal of Geotechnical Engineering*, ASCE, Vol. 112, No. 11, pp. 1016-1032.
- <sup>9)</sup>Gustavo, A.O., 2004, *SHAKE2000 User's Manual*, University of California, USA,
- <sup>10)</sup>Seed, H.B. and Idriss, I.M. (1970). "Soil moduli and damping factors for dynamic response analyses," Report No. EERC 70-10, Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley.