

# **ANALISA RESPON SPEKTRA GEMPA DI PERMUKAAN BERDASARKAN PENDEKATAN *SITE SPECIFIC ANALYSIS***

**Renata A Wijaya dan Bianca Febriani**

**Dosen Pembimbing : Ir. Windu Partono, MSc dan Ir. Rudi Yunarto Adi, MT**

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

## **ABSTRAK**

Pada SNI 03-1726-2002 disebutkan bahwa pada perencanaan gempa suatu konstruksi bangunan harus ditinjau terhadap 4 buah akselerogram dari 4 gempa yang berbeda. Salah satunya Gempa *El Centro* di California (1940). Pada tahun 2010, Tim Revisi Gempa Indonesia mengeluarkan peta bencana gempa baru. Revisi ini dilakukan karena setelah dikeluarkannya SNI 03-1726-2002 terjadi beberapa gempa dengan magnitudo yang melebihi magnitudo maksimum perkiraan sebelumnya. Dalam penelitian ini akan dilakukan analisa respon spektra yang akan dituangkan dalam peta persebaran faktor amplifikasi dan spektra percepatan pada wilayah Kota Semarang. Dari peta tersebut akan dilakukan perbandingan nilai faktor amplifikasi yang diakibatkan oleh Gempa *El Centro* dengan ketiga gempa lainnya (*Hector Mine*, *Kobe*, dan *Loma Prieta*). Juga perbandingan nilai spektra percepatan (PGA, T=0.2, T=1) yang diakibatkan oleh Gempa *El Centro* dengan ketiga data gempa lainnya. Pada penelitian ini juga akan dicari nilai perbandingan respon spektra gempa antara hasil penelitian dengan respon spektra gempa yang terdapat pada SNI 03-1726-2002.

Kata kunci: akselerogram, respon spektra, faktor amplifikasi, spektra percepatan

*SNI 03-1726-2002 mentions that the seismic requirements for building construction design should be based on 4 accelerograms from 4 different earthquake events. One of them is El Centro (California, 1940). In 2010, Indonesian Earthquake revision team defined a new seismic hazard maps. Those efforts have led to revisal SNI 03-1726-2002, because after 2002, there was earthquakes, whose magnitude was bigger than the estimation before. This study will analyze the spectrum response that will be showed through maps of amplification factor distribution and acceleration spectrum on Semarang city area. From those maps, amplification factor value of El Centro earthquake will be compared to the others (Hector Mine, Kobe, and Loma Prieta). Also the comparison of acceleration spectrum value (PGA, T=0.2, T=1) that caused by Earthquake El Centro and the others. The last is the comparison of spectrum response that was the result of this study and the spectrum response from SNI 03-1726-2002.*

*Keywords: accelerogram, spectrum response, amplification factor, acceleration spectrum*

## PENDAHULUAN

Wilayah Negara Indonesia merupakan wilayah yang rawan terhadap bencana gempa bumi karena berada pada wilayah pertemuan Lempeng Filipina, Lempeng Eurasia dan Lempeng Pasifik. Karenanya, dalam perencanaan bangunan, terutama bangunan tinggi, aspek gempa menjadi hal penting untuk diperhitungkan. Kerusakan akibat gempa tidak hanya dipengaruhi oleh kekuatan gempa dan letak episentrum saja, melainkan dipengaruhi oleh profil tanahnya. Maka, diperlukan peta bencana gempa yang dapat menunjukkan tingkat kerusakan yang mungkin terjadi.

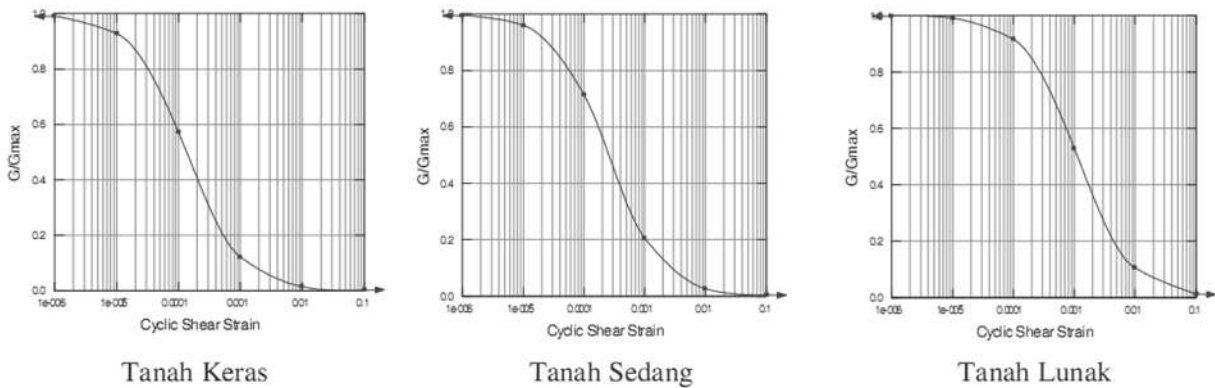
Pada SNI 03-1726-2002 disebutkan bahwa pada perencanaan gempa pada suatu konstruksi bangunan harus ditinjau 4 data gempa yang berbeda, salah satunya diambil dari Gempa *El Centro* di California (1940). Akan tetapi pada kenyataannya dalam perencanaan bangunan tahan gempa di Indonesia, banyak perencana hanya menggunakan data Gempa *El Centro* saja sebagai acuan perencanaan. Mereka bahkan tidak mengetahui data gempa mana yang harus mereka gunakan dalam perencanaan.

*Site Specific Analysis* adalah studi yang dilakukan dengan melakukan analisis perbesaran getaran gempa dari lapisan batuan dasar ke permukaan tanah. Data yang didapatkan dari analisis ini adalah percepatan spektra dan factor amplifikasi. Percepatan spektra terdiri dari 3 jenis yaitu pada saat  $T = 0$  detik,  $T = 0,2$  detik, dan  $T = 1$  detik. Faktor amplifikasi adalah faktor pembesaran percepatan gempa yang terjadi pada permukaan tanah akibat jenis tanah tertentu (Chopra, 1995).

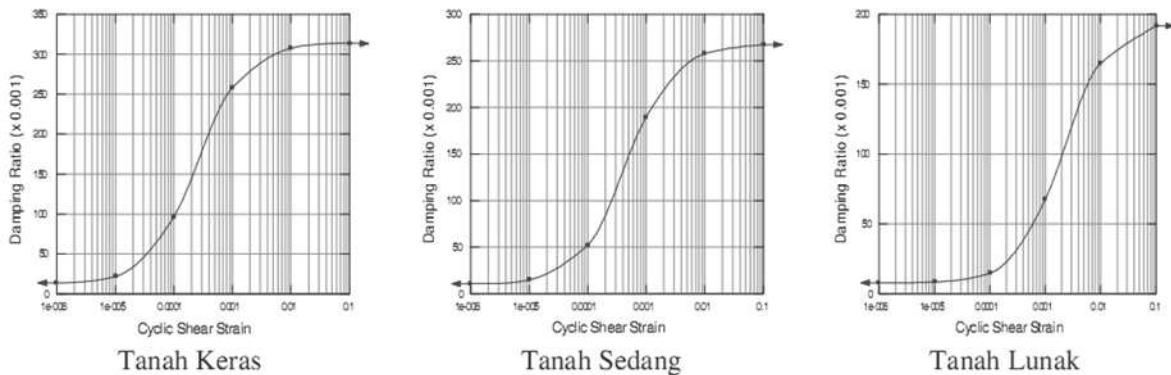
Data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah data N-SPT, data letak batuan dasar, data tanah, dan data gempa. Data N-SPT yang masih belum diketahui nilainya harus diinterpolasi terlebih dahulu dengan ketentuan sesuai SNI 1726-2012 yaitu nilai  $\overline{V_s}$  maksimum pada batuan dasar (kelas SB) adalah senilai 750 m/detik, dengan nilai N maksimum 305 pukulan/m. Lapisan batuan dasar tidak ikut dimasukkan untuk menghitung  $V_s$  di atas kedalaman 30 m. Terkecuali untuk titik dimana tanah pada kedalaman tersebut masih berupa batuan lunak (Robert A Bauer, 2007). Sedangkan untuk nilai kedalaman batuan dasar pada penelitian ini diambil dari Data elevasi batuan dasar untuk tiap titik di wilayah penelitian (Kota Semarang) diambil berdasarkan Peta Elevasi Batuan Dasar. Peta tersebut merupakan hasil penelitian dari “Studi Perambatan

Gelombang Geser pada Permukaan Tanah di Kota Semarang” yang dilakukan oleh Prof. Dr. Ir. Sri Prabandiyani RW.Msc, dkk pada tahun 2011.

Data tanah pada penelitian ini sendiri terdiri dari 2 jenis, yaitu tanah kelanauan dan tanah kepasiran. Perambatan getaran selama gempa bumi terjadi, menyebabkan tegangan geser siklik pada tanah (Purwanto, 2008). Tanah yang memikul beban dinamik akan mengalami perlemahan. Perlemahan tersebut bergantung pada regangan geser siklik yang dikenal sebagai *ratio G reduction* ( $G/G_{max}$ ). Ishibashi dan Zhang (1993) telah mengembangkan persamaan untuk memperkirakan rasio  $G/G_{max}$ . Variabel utamanya adalah indeks plastisitas (PI) dan tegangan batas (*confining pressure*).



**Gambar 1** Grafik *G Reduction* terhadap *Cyclic Shear Strain* untuk berbagai jenis tanah (Studi Analisis Stabilitas Pada Lereng Galian Dengan Metode Elemen Hingga, 2007)

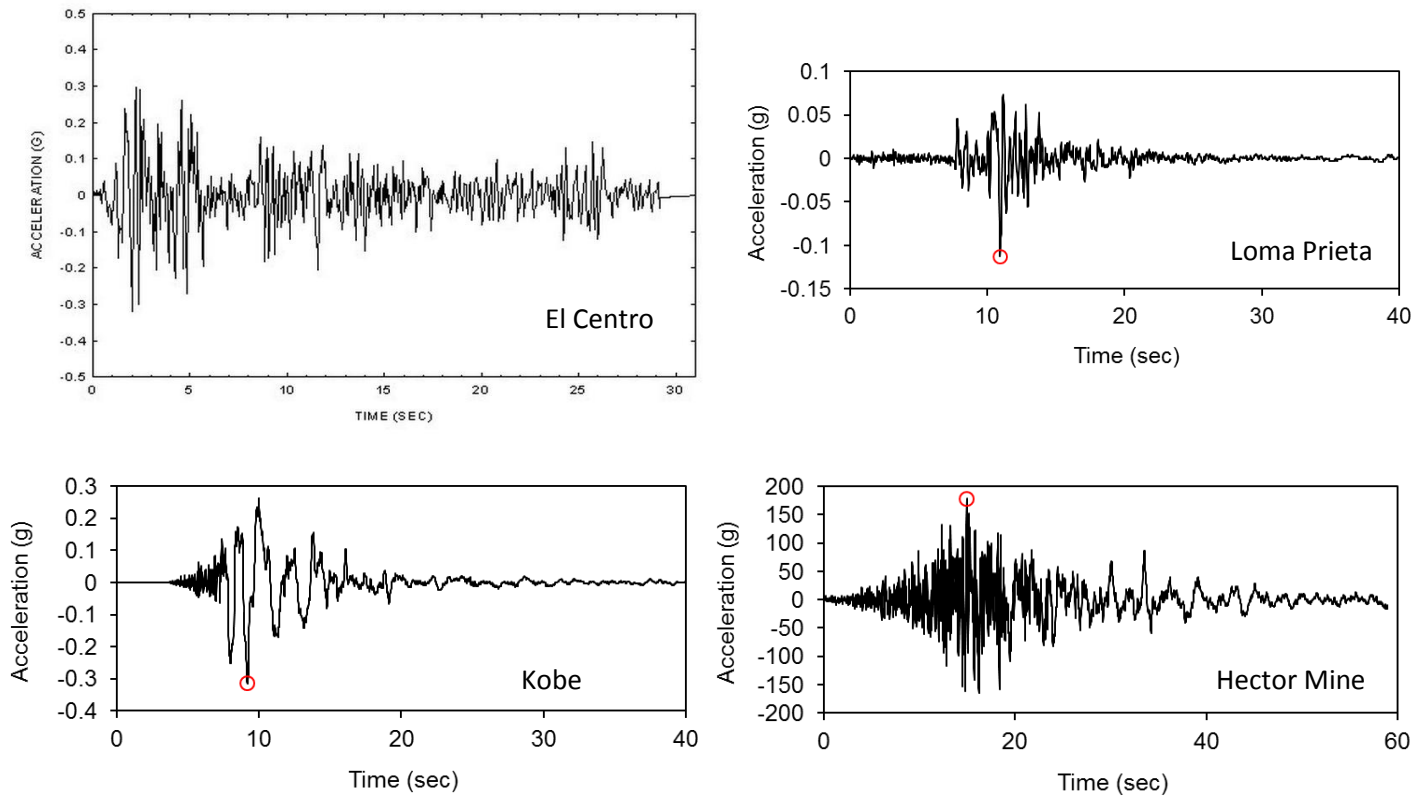


**Gambar 2** Grafik *Damping Ratio* terhadap *Cyclic Shear Strain* untuk berbagai jenis tanah (Studi Analisis Stabilitas Pada Lereng Galian Dengan Metode Elemen Hingga, 2007)

Dari gambar 1 dapat dilihat bahwa tanah dengan indeks plastisitas tinggi (tanah lunak) mempunyai nilai normalisasi modulus geser relatif lebih besar pada suatu regangan geser tertentu dibanding dengan tanah dengan indeks plastisitas yang relatif rendah (tanah keras). Kekuatan dari tanah lunak, misalnya tanah pasir, akan menurun sangat cepat ( $G/G_{max}$  menurun drastis) pada regangan geser yang semakin besar. Sedangkan pada gambar 2 dapat dilihat pengaruh indeks plastisitas (PI) terhadap rasio redaman pada suatu regangan geser tertentu. Rasio redaman akan meningkat pada regangan geser yang semakin besar. Pada gambar tersebut juga dapat dilihat bahwa untuk nilai regangan geser tertentu, rasio redaman pada tanah keras lebih besar daripada rasio redaman pada tanah lunak. (Purwanto, 2008).

Berdasarkan opensha.org, dalam analisis bencana gempa, data kecepatan rambat gelombang geser ( $V_s$ ) pada suatu area penting karena  $V_s$  memberikan indikasi apakah respon getaran gempa yang diperkirakan pada *earthquake rupture* mungkin menjadi lebih tinggi. Misalnya, pada tanah keras (dengan nilai  $\overline{V_s}$  yang lebih tinggi) gelombang gempa akan menyebabkan amplifikasi yang lebih kecil daripada daerah cekungan bersedimen (dengan nilai  $\overline{V_s}$  yang lebih rendah). Pada penelitian ini, ada 4 rumus  $V_s$  yang digunakan yaitu berdasarkan Imai (1977), Ohta dan Goto (1978), Imai dan Tonouchi (1982), dan Sykora dan Stokoe (1983). Untuk rumus Sykora dan Stokoe hanya digunakan untuk tanah kepasiran (Wair,dkk, 2012).

Kemudian data gempa yang digunakan adalah data gempa El Centro yang terjadi pada tahun 1940, Loma Prieta pada tahun 1989, Kobe pada tahun 1995, dan Hector Mine pada tahun 1999 (Wikipedia). Data yang digunakan berupa *time histories* dan akselerogram dari masing-masing data gempa.



**Gambar 3** Akselerogram Gempa El Centro, Loma Prieta, Kobe, dan Hector Mine

(Sumber : usgs.gov dan vibrationdata.com)

Hasil yang diharapkan dari studi ini adalah dibuatnya peta distribusi pada wilayah kota Semarang yang dapat menunjukkan :

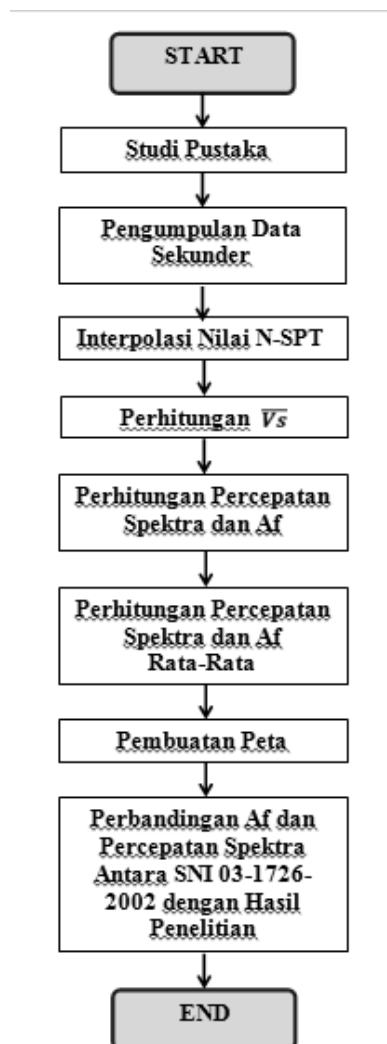
1. Perbandingan nilai faktor amplifikasi yang diakibatkan oleh data Gempa *El Centro* dengan ketiga data gempa lainnya, yaitu: Gempa *Hector Mine*, Gempa *Kobe*, dan Gempa *Loma Prieta*.
2. Perbandingan nilai spektra percepatan ( PGA,  $T=0.2$ ,  $T=1$ ) di permukaan yang diakibatkan oleh data Gempa *El Centro* dengan ketiga data gempa lainnya, yaitu: Gempa *Hector Mine*, Gempa *Kobe*, dan Gempa *Loma Prieta*.
3. Perbandingan respon spektra gempa antara hasil penelitian dengan respon spektra gempa yang terdapat pada SNI 03-1726-2002.

# METODE PENELITIAN

## 1. Data Penelitian

Pada penelitian ini, data sekunder yang digunakan adalah data hasil pengeboran, yaitu data N-SPT, *boring-log*, dan berat jenis dari tiap lapisan tanah. Untuk menentukan elevasi batuan dasar, maka digunakan peta elevasi batuan dasar Kota Semarang. Peta tersebut merupakan hasil penelitian dari “*Studi Perambatan Gelombang Geser pada Permukaan Tanah di Kota Semarang*” yang dilakukan oleh Prof. Dr. Ir. Sri Prabandiyani RW.Msc dkk pada tahun 2011. Data lain yang dibutuhkan adalah 4 data gempa (*El Centro, Loma Prieta, Kobe* dan *Hector Mine*) berupa akselerogram yang didapat dari studi pustaka sebelumnya.

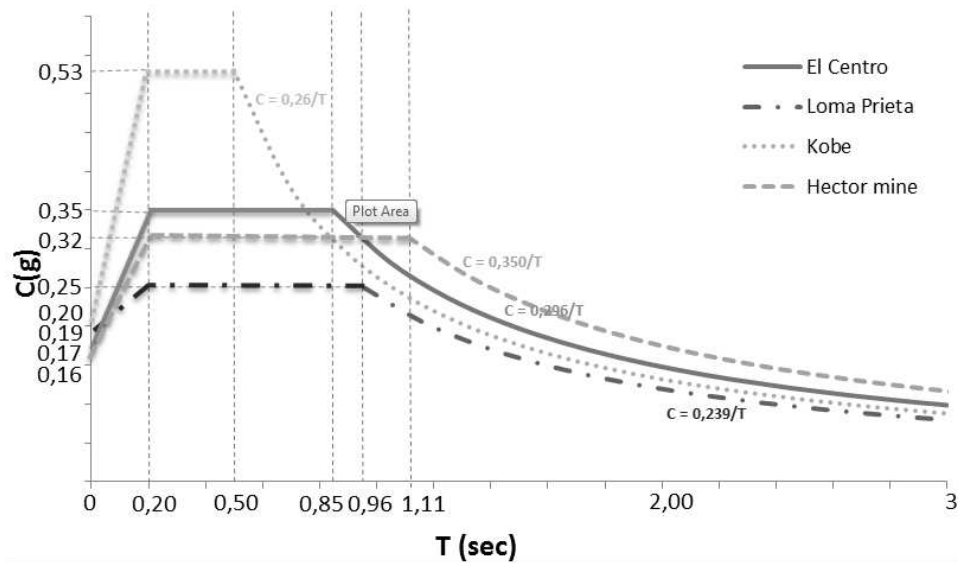
## 2. Rancangan Penelitian



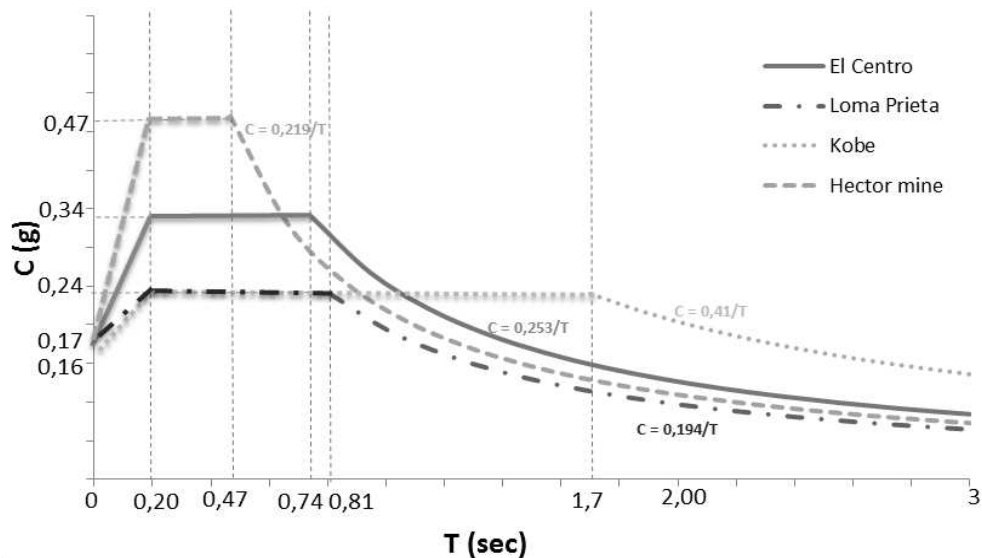
Gambar 1 Diagram Alir Metodologi Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

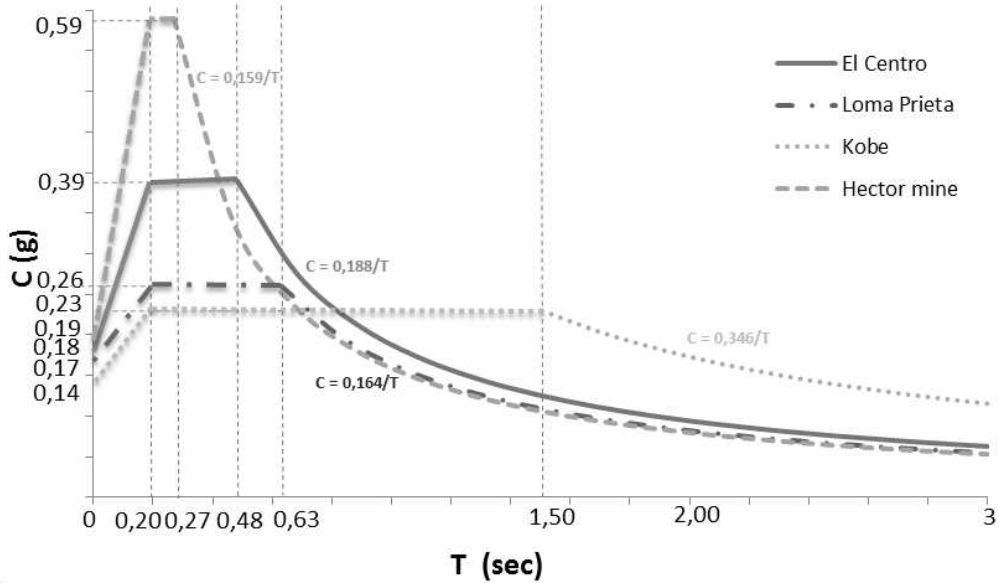
Hasil pengolahan data dengan program NERA (*Non –Linier Earthquake Site Response Analysis*) kemudian dibuat peta distribusi dengan menggunakan program ArcView GIS 3.3. Dari peta tersebut, terdapat kecenderungan wilayah kota Semarang terbagi menjadi 3, yaitu wilayah Utara, Tengah, dan Selatan. Kemudian dapat dilakukan analisa apakah penggunaan Gempa El Centro sebagai acuan tunggal sudah aman atau belum. Analisa dilakukan dalam bentuk diagram spektra sebagai berikut :



**Gambar 3** Diagram spektra perbandingan untuk wilayah utara



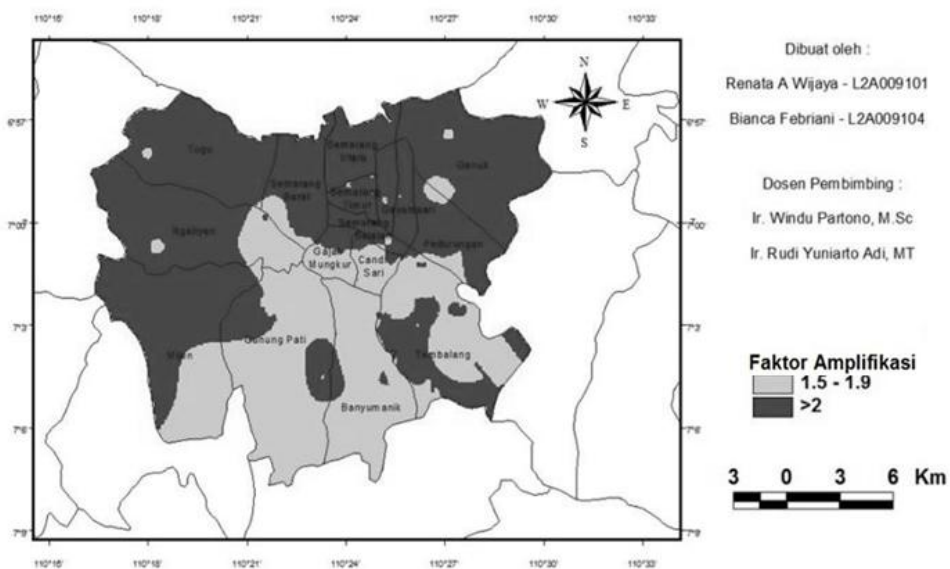
**Gambar 4** Diagram spektra perbandingan untuk wilayah tengah



**Gambar 5** Diagram spektra perbandingan untuk wilayah selatan

Dari perbandingan diagram di atas, terlihat bahwa pada ketiga wilayah, respon spektra yang dihasilkan tidak lebih besar dari ketiga gempa lainnya.

Analisa selanjutnya adalah perbandingan hasil penelitian dengan SNI 03-1726-2002. Parameter yang dibandingkan adalah faktor amplifikasi dan respons spektra. Untuk perbandingan factor amplifikasi, wilayah kota Semarang dibuat peta yang menunjukkan klasifikasi jenis tanah sesuai dengan ketentuan SNI 2002 yaitu faktor amplifikasi pada tanah keras sebesar 1.2, tanah sedang sebesar 1.5, tanah lunak sebesar 2.0.

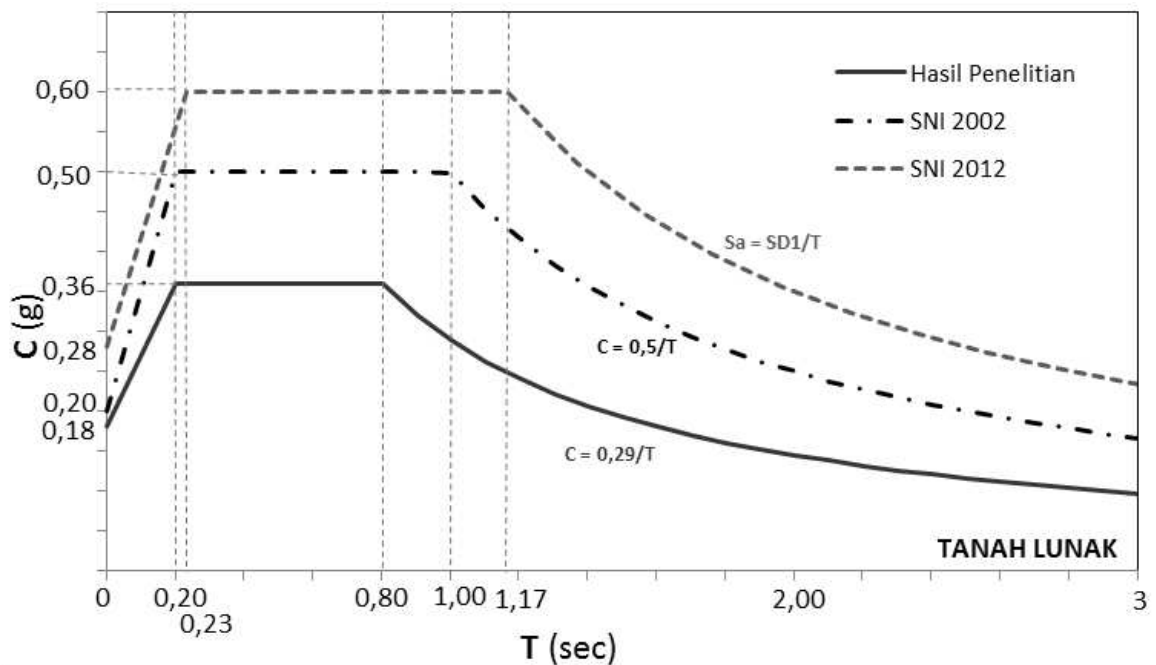


**Gambar 6** Klasifikasi jenis tanah berdasarkan SNI 2002



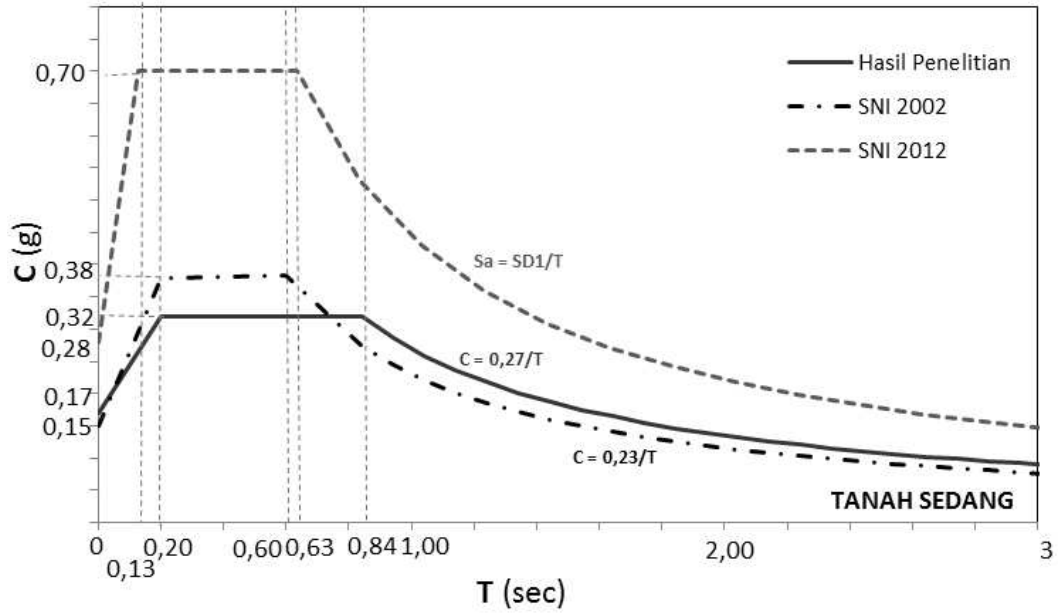
Dari gambar di atas dapat diketahui bahwa wilayah Kota Semarang didominasi dengan jenis tanah sedang dan lunak. Dengan persebaran tanah lunak berada di bagian utara dan barat Kota Semarang. Tanah sedang sebagian besar berada di bagian selatan Kota Semarang. Sementara untuk kategori tanah keras hanya terjadi di satu titik penelitian. Titik tersebut kemudian dihapuskan karena kemungkinan besar data pada titik tersebut *error*.

Setelah mengetahui persebaran jenis tanah di Kota Semarang, maka kita dapat membandingkan respon spektra dari rata-rata gempa pada setiap wilayah bagian Semarang. Perbandingan respon spektra tersebut ditunjukkan pada gambar 6 sampai 7.



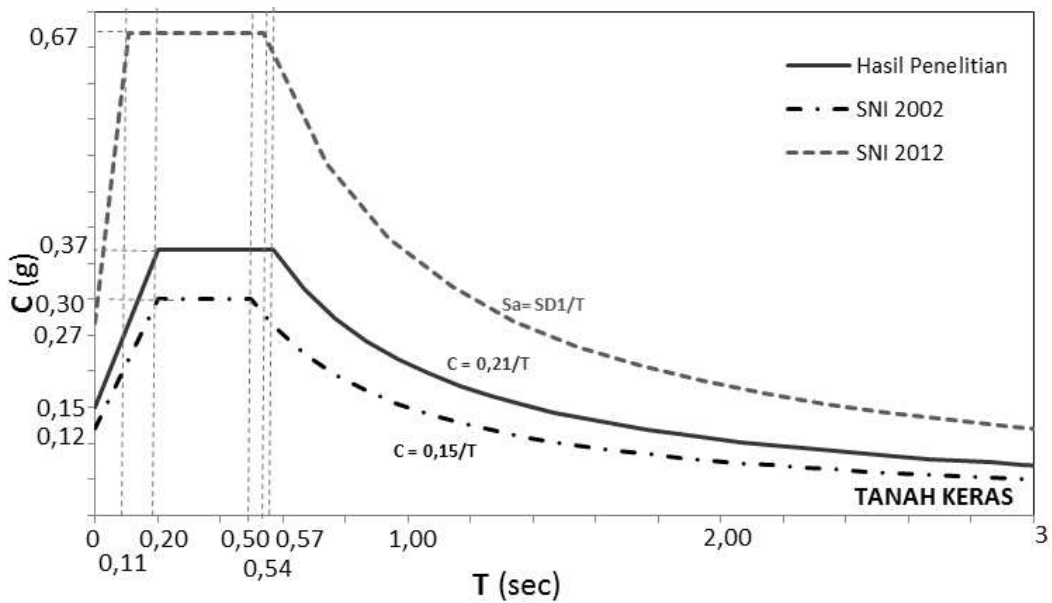
**Gambar 7** Perbandingan respon spektra gempa pada Semarang bagian utara

Pada gambar 7 terlihat bahwa respon spektra hasil penelitian menunjukkan nilai yang lebih besar dari ketentuan tanah sedang dari SNI 2002. Sehingga, wilayah Semarang bagian utara didominasi oleh tanah lunak sesuai dengan ketentuan SNI 2002. Dibandingkan dengan SNI 2012, diagram hasil penelitian lebih rendah, sehingga mengindikasikan kategori tanah yang lebih keras.



**Gambar 8** Perbandingan respon spektra gempa pada Semarang bagian tengah

Pada gambar 8 di atas, terlihat bahwa respon spektra pada SNI 2002 lebih besar dari pada respon spektra hasil penelitian. Hal ini menunjukkan bahwa tanah tersebut lebih keras daripada ketentuan SNI 2002, tetapi masih pada batasan tanah sedang. Sehingga tanah pada wilayah Semarang bagian tengah didominasi oleh tanah sedang sesuai dengan ketentuan SNI 2002. Dibandingkan dengan SNI 2012, diagram hasil penelitian lebih rendah, sehingga mengindikasikan kategori tanah yang lebih keras



**Gambar 9** Perbandingan respon spektra gempa pada Semarang bagian selatan

Pada gambar 9 di atas terlihat bahwa respon spektra hasil penelitian lebih besar daripada respon spektra pada ketentuan SNI 2002. Respon spektra dari hasil penelitian menunjukkan bahwa tanah tersebut adalah kategori tanah sedang. Hal ini tidak sesuai dengan ketentuan SNI 2002 yang seharusnya berupa tanah keras. Dibandingkan dengan SNI 2012, diagram hasil penelitian lebih rendah, sehingga mengindikasikan kategori tanah yang lebih keras, namun lebih lunak dari SNI 2002.

## **KESIMPULAN**

Perbandingan nilai faktor amplifikasi ( $A_f$ ) menunjukkan bahwa Gempa El Centro lebih kecil dari ketiga gempa lainnya. Karena  $A_f$  ketiga gempa lainnya lebih besar, maka perancangan struktur anti gempa selama ini, yang hanya menggunakan Gempa El Centro sebagai acuan tunggal kurang aman.

Perbandingan nilai percepatan spektra (PGA,  $T=0,2$ ,  $T=1$ ) menunjukkan bahwa Gempa El Centro lebih kecil dari ketiga gempa lainnya. Karena percepatan spektra (PGA,  $T=0,2$ ,  $T=1$ ) ketiga gempa lainnya lebih besar, maka perancangan struktur anti gempa selama ini, yang hanya menggunakan Gempa El Centro sebagai acuan tunggal kurang aman.

Berdasarkan ketentuan SNI 03-1726-2002, wilayah gempa 2, memiliki 3 jenis tanah, yaitu tanah keras, sedang dan lunak. Namun, berdasarkan hasil penelitian, Kota Semarang yang berada pada wilayah gempa 2, terdiri oleh jenis tanah lunak di bagian utara dan barat, dan jenis tanah sedang di bagian selatan. Sedangkan tanah keras, hanya muncul pada satu titik saja. Maka klasifikasi tanah pada SNI 03-1726-2002 kurang valid.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Bauer, Robert A. 2007. *Shear Wave Velocity, Geology, Geotechnical Data of Earth Materials in the Central U.S Urban Hazard Mapping Areas*.
- Bernard R Wair, dkk. 2012. *Guidelines for Estimation of Shear Wave Velocity Profiles*.
- Chopra, Anil K. 1995. *Dynamic of Structures : Theory and Applications to Earthquake Engineering*. Prentice-Hall Inc. : New Jersey.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2002. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung : SNI 03 – 1726 - 2002*.

Goro, Lambang Garup. 2007. *Studi Analisis Stabilitas Pada Lereng Galian dengan Metode Elemen Hingga*.

Kementerian Pekerjaan Umum. 2010. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung : SNI 1726 – 2012*.

Purwanto, Edy. 2008. *Nilai Modulus Geser Tanah Berdasarkan Rumus Hardin Drnevich (1972) dan Menard (1965)*.

Sri Prabandiyani R W dan Windu Partono. 2011. *Studi Perambatan Gelombang Geser pada Permukaan Tanah di Kota Semarang*.

Tim Revisi Peta Gempa Indonesia. 2010. *Ringkasan Hasil Studi Tim Revisi Gempa Indonesia 2010*.

[www.opensha.org](http://www.opensha.org)

[www.usgs.gov](http://www.usgs.gov)

[www.vibrationdata.com](http://www.vibrationdata.com)

[www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)