

Site Specific Response Analysis (SSRA) Kampus UNP Air Tawar, Kota Padang

Oleh :

Merley Misriani¹⁾, Hendra Alexander²⁾, Desmon Hamid³⁾, Aguskamar⁴⁾, Wisafri⁵⁾

^{1), 2), 3), 4), 5)} Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Padang Kampus Unand Limau Manis Padang
Email : merlymisriani@yahoo.com¹⁾, hendra_alexander@yahoo.com²⁾,
desmon_hamid@yahoo.co.uk³⁾, aguskamar@yahoo.com⁴⁾, wisafrikoto@yahoo.co.id⁵⁾

Abstrack

In general, the seismic design provisions around the world present different criteria for local soil conditions depending on soil and rock properties to determine the design spectra representing seismic design. On the other hand, site-specific analysis results not only show the main characteristics of soil-rock profiles but also local soil characteristics where detailed studies are needed to review the earth response to earthquakes. In this study conducted Site Specific Response Analysis (SSRA) is to analyze the earthquake wave propagation from the bedrock to the surface layer. The data needed are ground stratification data and shear wave velocity parameters obtained from empirical correlation to N-SPT test drilling data. In addition, the required data is ground motion synthetic at baserocks used for the earthquake wave propagation obtained by Probabilistic Seismic Hazard Analysis (PSHA) 3-dimensional earthquake source referring from the results of previous research. SSRA is based on the theory of single-dimensional wave propagation in time domain using NERA (Non-linear Earthquake Response Analysis) program. Various inputs of earthquake movement are taken by considering suitable for Padang area. The results of this analysis are shown in the form of historical time acceleration graph and peak acceleration from each bore point location which is then processed to obtain amplification and response spectra design factors for the re-quake period of 475 years and 2475 years.

Keywords : Site Specific Response Analysis, Peak Surface Acceleration, Amplification Factor, respons spectra, NERA

Abstrak

Secara umum, ketentuan seismic design di seluruh dunia menyajikan kriteria yang berbeda untuk kondisi tanah lokal tergantung sifat-sifat tanah dan batuan untuk menentukan spektra desain yang mewakili seismic design. Di sisi lain, hasil analisis site specific tidak hanya menunjukkan sifat utama profil tanah-batuan tetapi juga karakteristik tanah lokal di mana perlu dilakukan penelitian rinci khusus meninjau respon tanah akibat gempa. Pada penelitian ini dilakukan Site Specific Response Analysis (SSRA) yaitu melakukan analisis perambatan gelombang gempa dari batuan dasar ke lapisan permukaan. Data-data yang diperlukan adalah data stratifikasi tanah dan parameter kecepatan gelombang geser yang didapatkan dari korelasi empiris terhadap data hasil pemboran uji N-SPT. Selain itu data yang diperlukan adalah ground motion synthetic batuan dasar yang digunakan untuk perambatan gelombang gempa yang diperoleh dengan metode Probabilistic Seismic Hazard Analysis (PSHA) sumber gempa 3 dimensi yang merujuk dari hasil penelitian sebelumnya. SSRA dilakukan berdasarkan teori perambatan gelombang geser satu dimensi dalam time domain dengan menggunakan program NERA (Non-linear Earthquake Response Analysis). Berbagai input gerakan gempa diambil dengan mempertimbangkan cocok untuk daerah Padang. Hasil dari analisa ini diperlihatkan dalam bentuk grafik percepatan time histories serta percepatan puncak dari masing-masing lokasi titik bor yang kemudian diolah untuk mendapatkan faktor amplifikasi dan respons spectra desain untuk periode ulang gempa 475 tahun dan 2475 tahun.

Kata kunci : Site Specific Response Analysis, Peak Surface Acceleration, Amplification Factor, respons spectra, NERA

PENDAHULUAN

Indonesia dikenal sebagai salah satu negara di dunia yang memiliki aktifitas kegempaan yang sangat tinggi. Indonesia menempati zona tektonik yang sangat aktif karena tiga lempeng besar dunia dan sembilan lempeng kecil lainnya saling bertemu di wilayah Indonesia dan membentuk jalur-jalur pertemuan lempeng yang kompleks (Bird, 2003). Keberadaan interaksi antar lempeng-lempeng ini menempatkan wilayah Indonesia sebagai wilayah yang sangat rawan terhadap gempa bumi (Milson *et al.*, 1992). Tingginya aktivitas kegempaan ini terlihat dari hasil pencatatan dimana dalam rentang waktu 1897-2009 terdapat lebih dari 14.000 kejadian gempa dengan magnituda $M > 5.0$. Dalam enam tahun terakhir telah tercatat berbagai aktifitas gempa besar di Indonesia, yaitu Gempa Aceh disertai tsunami tahun 2004 ($M_w = 9,2$), Gempa Nias tahun 2005 ($M_w = 8,7$), Gempa Jogja tahun 2006 ($M_w = 6,3$), Gempa Tasik tahun 2009 ($M_w = 7,4$) dan terakhir Gempa Padang tahun 2009 ($M_w = 7,6$). Gempa-gempa tersebut telah menyebabkan ribuan korban jiwa, keruntuhan dan kerusakan ribuan infrastruktur dan bangunan, serta dana trilyunan rupiah untuk rehabilitasi dan rekonstruksi.

Dalam perencanaan struktur bangunan tahan gempa, tujuan umum dari analisa struktur dinamis adalah memprediksi respons dari struktur terhadap pengaruh *ground motion* yang memiliki *Spectral Acceleration* (S_a) pada periode tertentu berdasarkan tingkat kemungkinan terlampaui (PE) 10% masa layan 50 tahun setara dengan 475 tahun dan tingkat kemungkinan terlampaui (PE) 2% masa layan bangunan 50 tahun setara dengan 2475 tahun. Prediksi respons struktur ditentukan dengan

memilih *ground motion* yang cocok dengan beberapa target spektra dan nantinya *ground motion* tersebut digunakan sebagai *input* dalam analisis dinamis.

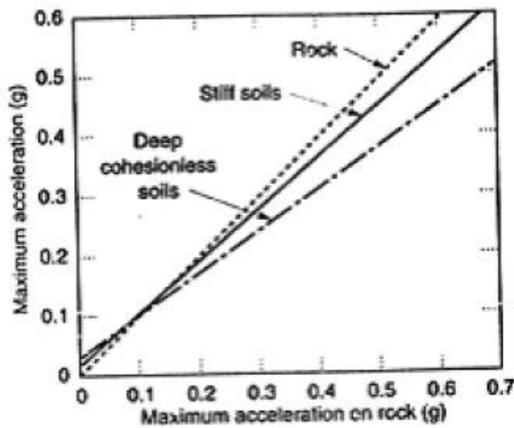
Dalam analisa struktur dinamis, *input motion* yang digunakan adalah *ground motion* dipermukaan tanah. Berhubung wilayah kota Padang khususnya daerah Air Tawar belum memiliki *ground motion* dipermukaan, maka dari itu penelitian ini akan menganalisis perambatan gelombang gempa dari batuan dasar ke lapisan permukaan tanah. Studi ini disebut dengan *Site Specific Response Analysis* (SSRA). SSRA dilakukan untuk mengetahui respons deposit tanah permukaan akibat *motion* di batuan dasar. Hasil dari penelitian ini digunakan sebagai input untuk penentuan beban gempa pada bangunan dalam analisa struktur dinamis.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui respons deposit tanah di permukaan akibat *motion* di batuan dasar, mendapatkan percepatan maksimum gempa dipermukaan (*peak surface acceleration/PBA*) dan mendapatkan respon spectra dipermukaan.

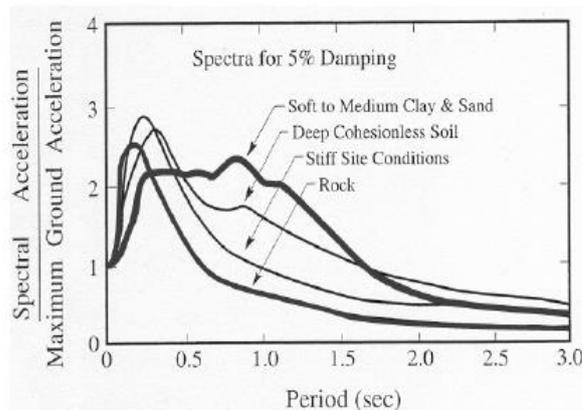
Respon Dinamik Tanah

Kondisi tanah seperti jenis lapisan tanah dan tebal lapisan tanah akan sangat mempengaruhi besar percepatan maksimum dan respon spectra yang terjadi dipermukaan. Hal tersebut dapat terlihat dari terjadinya variasi perubahan amplifikasi yang dipengaruhi oleh jenis tanah (Gambar 1) dan adanya pengaruh yang signifikan oleh jenis tanah terhadap bentuk respon spectra (Gambar 2). Jenis tanah lempung dan pasir dengan konsistensi soft-medium terlihat mengalami

rentang periode yang lebih lama dibandingkan rentang jenis tanah lainnya.



Gambar 1. Pengaruh jenis tanah terhadap perubahan percepatan (Kramer,S.L, 1996)



Gambar 2. Pengaruh jenis tanah terhadap bentuk respon spectra (Seed et al)

Parameter Dinamik Tanah

Sifat dan penyebaran kerusakan akibat gempa terutama dipengaruhi oleh respons tanah terhadap beban siklik. Respons tanah ini ditentukan oleh parameter tanah, dalam hal ini adalah parameter dinamik tanah. Parameter dinamik yang digunakan dalam analisis respons dinamik tanah adalah modulus geser maksimum (G_{max}), kecepatan rambat gelombang geser (V_s) dan damping (ξ).

Parameter dinamik tanah dapat ditentukan dengan tes lapangan atau tes laboratorium. Tes lapangan dibagi dua, yaitu *low-strain test* (*seismic refecton test, seismic refraction test, seismic cross hole test, seismic down-hole/up-hole test*) dan *high-strain test* (*standard penetration test, cone penetration test, dilatometer test, dan pressuremeter test*). Sebagaimana tes lapangan, tes laboratorium juga dibagi menjadi *low-strain test* (*resonant column test, ultrasonic pulse test, piezoelectric bender element test*) dan *high-strain test* (*cyclic triaxial test, cyclic direct simple shear test, cyclic torsional shear test*).

Beberapa korelasi empiris berikut ini dapat dipergunakan sebagai korelasi antara parameter dinamik tanah dengan nilai N-SPT. Tabel 1. Korelasi parameter dinamik tanah dengan nilai N_{SPT} pada tanah berpasir

Referensi	Korelasi
Seed et al (1983)	$G_{max} = 6220 N$ (kPa)
Seed et al (1984)	$G_{max} = 1000 K_{2max}(\sigma'_m)^{0,5}$ (psf) $K_{2max} = 20 (N_1)_{60}^{0,34}$
Seed et al (1986)	$G_{max} = 35 \times 1000 (N)_{60}^{0,34} (\sigma'_v)^{0,4}$ (lb/ft ²)
Imai dan Tonouchi (1982)	$G_{max} = 325 (N)_{60}^{0,68}$ (ksf) $V_s = 350 (N)_{60}^{0,314}$ (fps)
Sykora dan Stokoe (1983)	$V_s = 350 (N)_{60}^{0,27}$ (fps)

Parameter G_{max} dan V_s pada tanah lempung juga dapat ditentukan berdasarkan korelasi empiris dengan *undrained shear strength*, S_u , seperti tertera pada Tabel 2.

Tabel 2. Korelasi empiris parameter dinamik tanah dengan nilai Su pada tanah lempung

Referensi	Korelasi	Keterangan
Seed dan Idriss (1970)	$G_{max} = 1000 \text{ to } 3000 \text{ Su}$	
Hara et al (1974)	$G_{max} = 516 \text{ Su}$	G_{max} dan Su dalam kg/cm^2
Arango (1978)	$G_{max} = 1790 \text{ Su}$ $G_{max} = 1163 \text{ Su}$ $G_{max} = 813 \text{ Su}$	Hasil test UCS Hasil test UU Hasil test Cu
Anderson et al (1978)	$G_{max} = 1200 \text{ to } 1800 \text{ Su}$	
Locat dan Beausejour(1987)	$G_{max} = 0,379.Su^{1,05}$	G_{max} dalam MPa dan Su dalam kPa
Paolini et al (1989)	$G_{max} = 500 \text{ to } 600 \text{ Su}$	Hasil test UU dan lab. Vane shear
Bouckovalas et al (1989)	$G_{max} = 800 \text{ Su}$ $G_{max} = 1800 \text{ Su}$	Hasil insitu Vane shear Hasil test UU

Tabel 3. Korelasi empiris parameter dinamik tanah dengan nilai N_{SPT} pada lempung.

Referensi	Korelasi G _{max} (kPa)	Korelasi Vs (m/s)	Koefisien Korelasi
Ohsaki & Iwasaki (1973)	$G_{max} = 11500.N^{0,8}$		0,888
Ohta & Goto (1978)		$V_s = 85,3.N^{0,341}$	0,72
Imai & Tonouchi (1982)	$G_{max} = 14070.N^{0,68}$	$V_s = 96,9.N^{0,314}$	0,867 0,868

Faktor Amplifikasi

Faktor amplifikasi tanah adalah rasio intensitas maksimum gerakan tanah permukaan terhadap intensitas maksimum gerakan di batuan dasar yang biasanya diambil pada batuan singkapan (*outcrop*). Faktor ini tergantung pada tingkat kekakuan batuan dasar, dimana semakin kaku batuan dasar maka semakin besar faktor amplifikasi yang terjadi.

Site Klas

SNI 1726 – 2012 pasal 6.1.2 kelas situs, berdasarkan sifat-sifat tanah pada situs, maka situs harus diklasifikasi sebagai kelas situs SA, SB, SC, SD, SE, atau SF yang mengikuti pasal 5.3 bila sifat-sifat tanah tidak teridentifikasi secara jelas sehingga tidak bisa ditentukan kelas situsnya, maka kelas situs SE dapat digunakan kecuali jika pemerintah atau dinas yang berwenang memiliki data geoteknik yang dapat menentukan kelas situs SF.

Berdasarkan SNI 1726 – 2012 pasal 5.3 definisi kelas situs, tipe kelas situs harus ditetapkan sesuai dengan definisi dari table 4 dan pasal-pasal berikut :

Tabel 4. Klasifikasi situs

Kelas situs	Error! Reference source not found.(m/dtk)	Error! Reference source not found. atau Error! Reference source not found.	Error! Reference source not found.(kPa)
SA (batuan Keras)	> 1500	N/A	N/A
SB (batuan Keras, sangat padat dan batuan lunak)	750 - 1500	N/A	N/A
SC (tanah padat dan batuan lunak)	350 - 750	> 50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 - 350	15 - 50	50 - 100

METODOLOGI PENELITIAN

Secara garis besar ada dua tahap, tahap pengumpulan data tanah dan data *input motion* di batuan dasar. Data tanah untuk bahan analisis menggunakan data sekunder dari lokasi penyelidikan tanah di kota Padang. Data tanah diolah manual untuk mendapatkan profil lapisan tanah dan kecepatan gelombang geser diperoleh dari korelasi empiris terhadap data hasil pemboran dan uji N-SPT. Data *input motion* di batuan dasar sebagai sumber gempa

didapat dari hasil penelitian sebelumnya (Misriani M, 2011) dimana hasil penelitian tersebut memperoleh *ground motion synthetic* yang dikembangkan berdasarkan metode PSHA sumber gempa 3D. Data tanah dan *time histories (ground motion synthetic)* dibatuan dasar digunakan sebagai input dalam analisis perambatan gelombang gempa yang dilakukan dengan bantuan program NERA. Output yang dihasilkan *peak surface acceleration (PBA)*, grafik distribusi percepatan vs kedalaman tanah dan response spectra dipermukaan.

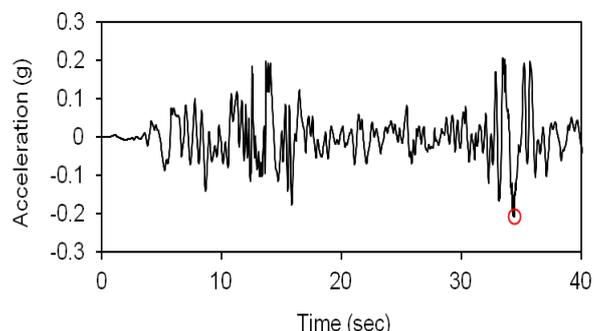
HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang diperlukan dalam analisis perambatan gelombang gempa 1D (*Site Specific Response Analysis/SSRA*) adalah data tanah dan scenario gempa (*input motion* dibatuan dasar). Data tanah yang digunakan adalah data bor dalam > 30 m daerah Kampus UNP Air tawar Kota Padang. Sementara itu, data *input motion* di batuan dasar sudah ada dari hasil penelitian penulis sebelumnya.

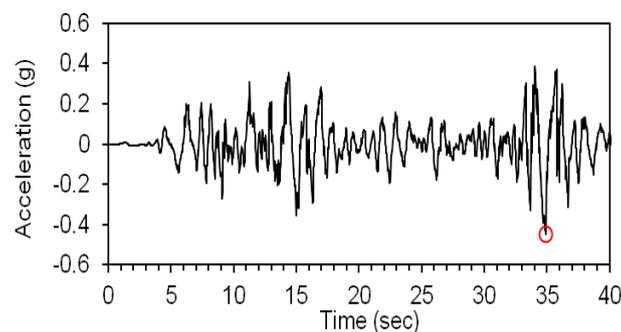
Analisa mengenai perambatan gelombang gempa ini diproses dengan menggunakan program NERA. Data masukan berupa input gerakan gempa yang telah diskalakan serta sifat dinamis tanah di lokasi tersebut untuk 4 titik bor dalam penyelidikan tanah.

Dengan menggunakan software NERA, data masukan berupa sifat dinamis dari tiap lapisan tanah di analisa dengan membandingkan beberapa input gerakan yang berbeda. Output dari NERA berupa grafik yang memperlihatkan *time history* dan percepatan puncak masing-masing titik bor dengan gempa yang berbeda-beda. Pada gambar berikut diperlihatkan pengaruh keadaan dan karakteristik lapisan tanah pada lokasi berbeda

dengan memberikan satu gempa yang sama, yaitu gempa El Centro 270 dengan kemungkinan terjadi gempa 10% dalam 50 tahun (475 tahun).



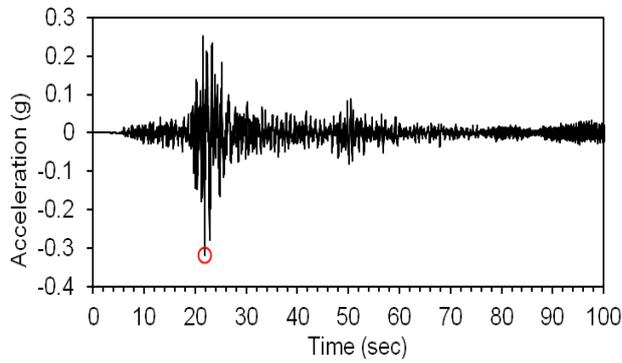
Gambar 1. Input ground motion dibatuan dasar pada periode PGA Bor 1 (PGA/ a_{max} = 0.2082g)



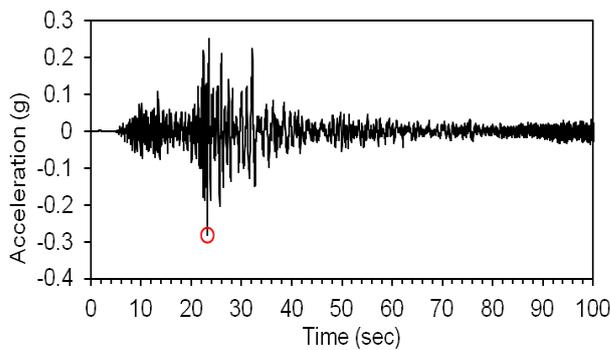
Gambar 2. Output ground motion dipermukaan tanah pada periode PGA Bor 1 (PBA/ a_{max} = 0.446g)

Faktor Amplifikasi = Peak Base Acceleration/ Peak Ground Acceleration = 0.446/0.2082 = 2.14

Sedangkan perbandingan dari pengaruh gempa berbeda untuk lokasi yang sama dengan kemungkinan terjadi gempa 10% dalam 50 tahun (475 tahun) ditampilkan pada gambar berikut ini.



(a) Gempa KOCAELI/ CNA 090



(b) Gempa KOCAELI/ ATS-UP

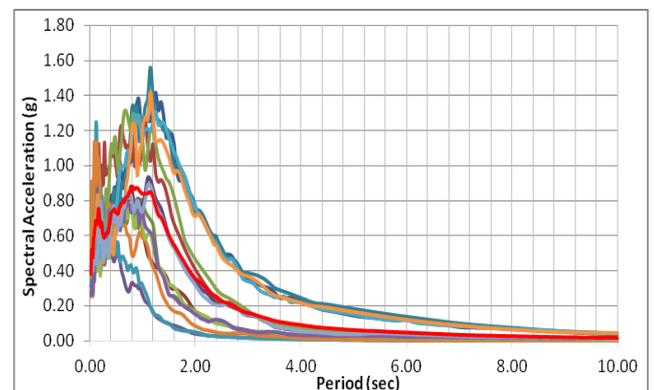
Gambar 3. Percepatan *Time History* di titik Bor 1 dengan 2 gempa berbeda pada Lapisan Permukaan

Analisis perambatan gelombang gempa dari batuan dasar (*base rock*) menuju lapisan permukaan (*ground surface*) dipelajari dengan menggunakan software NERA. Hasil dari analisa perambatan gelombang ini pada beberapa titik bor di satu lokasi menunjukkan perbedaan percepatan puncak pada lapisan permukaan yang beragam. Hal ini disebabkan kondisi tanah yang berbeda dari masing-masing titik penyelidikan yang tergantung kepada keadaan butir dari tanah tersebut. Tanah berbutir halus seperti lempung dan lanau cenderung akan memberikan nilai pengerasan yang lebih besar dibandingkan dengan tanah berbutir kasar seperti pasir dan kerikil. Dimana keadaan butir tanah ini akan mempengaruhi keras atau lunaknya lapisan tanah. Selain itu pengerasan dari perambatan gelombang gempa juga bergantung kepada

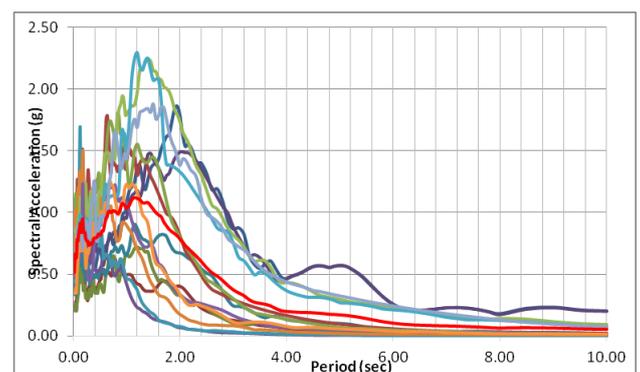
berat volume (γ) dari tanah. Disini diperlihatkan bahwa berat volume tanah berbanding terbalik dengan faktor pengerasan.

Selain dari pengaruh keadaan dan sifat dinamis dari tanah faktor pengerasan ini juga dapat dipengaruhi oleh bentuk dan jenis gempa yang terjadi pada suatu daerah. Gempa yang mempunyai durasi atau *time history* yang relatif cepat dan rapat akan memberikan faktor pengerasan yang besar serta daya rusak yang tinggi.

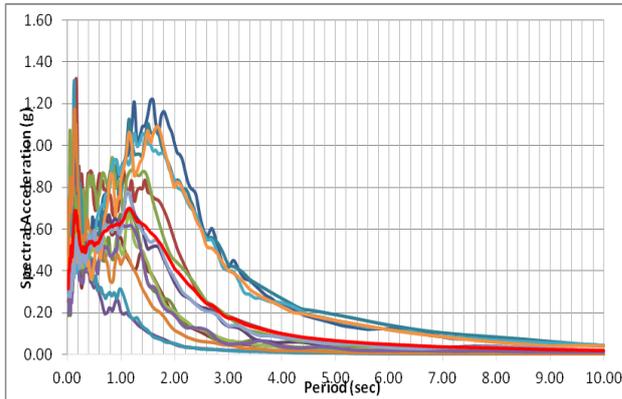
Berikut adalah bentuk respons spectra percepatan di permukaan tanah untuk lokasi kajian yang merupakan hasil perambatan gelombang gempa dari batuan dasar ke permukaan. Ada 15 *input motion synthetic* yang digunakan dalam tahapan analisis.



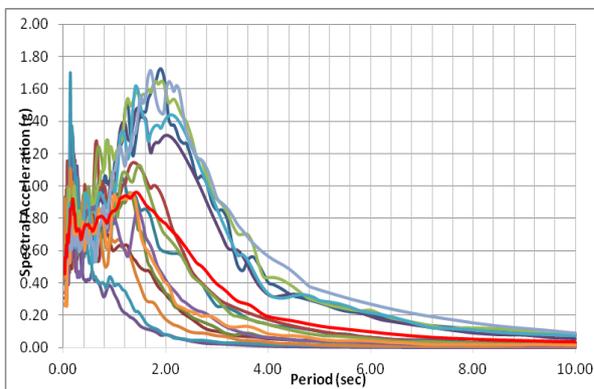
Gambar 4. Percepatan spektra di lapisan permukaan menggunakan 15 *input motion* Periode Ulang Gempa 475 tahun (Bor 1)



Gambar 5. Percepatan spektra di lapisan permukaan menggunakan 15 *input motion* Periode Ulang Gempa 2475 tahun (Bor 1)



Gambar 6. Percepatan spektra di lapisan permukaan menggunakan 15 *input motion* Periode Ulang Gempa 475 tahun (Bor 4)

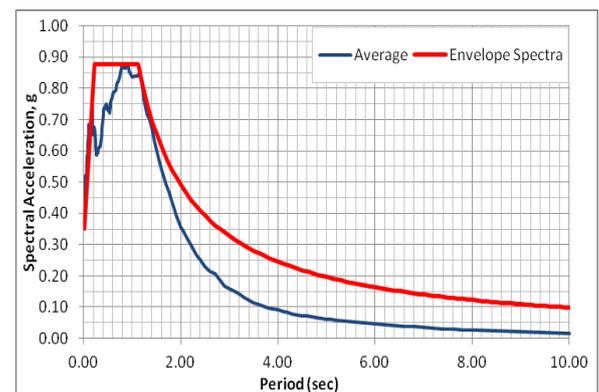


Gambar 7. Percepatan spektra di lapisan permukaan menggunakan 15 *input motion* Periode Ulang Gempa 2475 tahun (Bor 4)

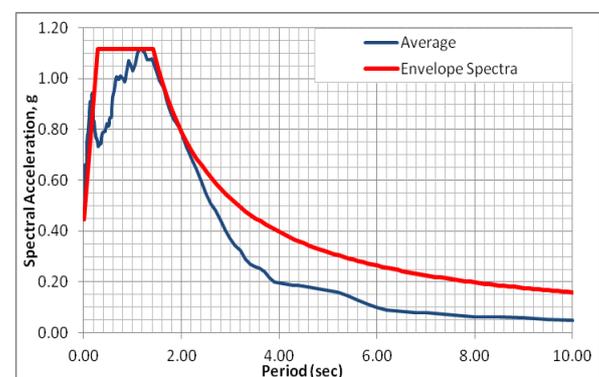
REKOMENDASI RESPONS SPEKTRUM PERMUKAAN DESAIN

Untuk memperoleh respons spectra desain perlu dilakukan modifikasi terhadap selubung standard. Untuk mendapatkan percepatan gempa maksimum yang direkomendasikan, maka percepatan maksimum hasil analisa resiko gempa ditampilkan dalam bentuk tripartite menggunakan persamaan Newmark dan Hall dengan mempertimbangkan bentang-bentang

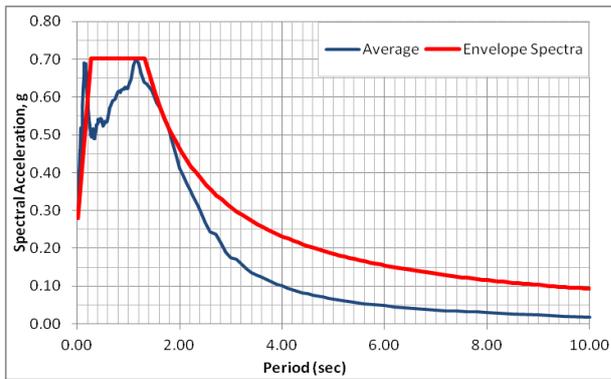
nilai *spectral acceleration*, *spectral velocity* dan *spectral displacement* yang bernilai konstan. Respons spectra desain untuk lokasi kajian dibuat berdasarkan pada nilai rata-rata respons spectra hasil analisis respons dinamik tanah dan respons spectra desain berdasarkan pada nilai rata-rata respons spectra hasil analisis respons dinamik tanah ditambah satu standard deviasi. Rekomendasi respons spectra percepatan desain untuk lokasi kajian dapat dilihat pada gambar berikut ini.



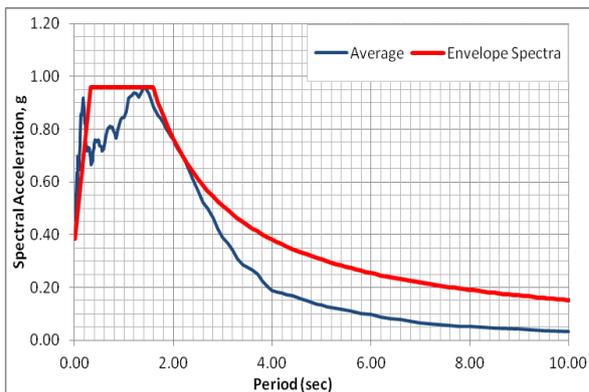
Gambar 8. Rekomendasi respons spectra percepatan desain untuk Periode Ulang 475 tahun berdasarkan nilai rata-rata (average) lokasi Bor 1



Gambar 9. Rekomendasi respons spectra percepatan desain untuk Periode Ulang 2475 tahun berdasarkan nilai rata-rata (average) lokasi Bor 1

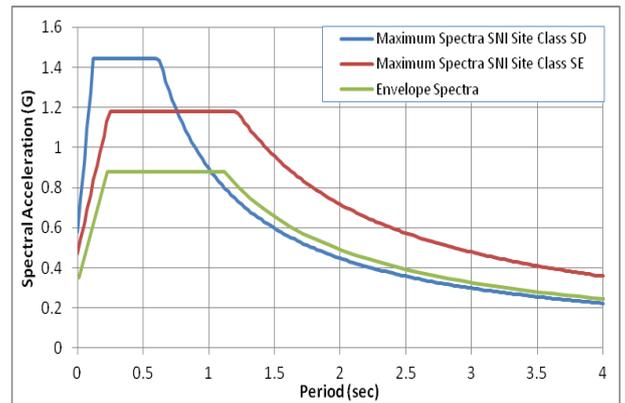


Gambar 10. Rekomendasi respons spectra percepatan desain untuk Periode Ulang 475 tahun berdasarkan nilai rata-rata (average) lokasi Bor 4

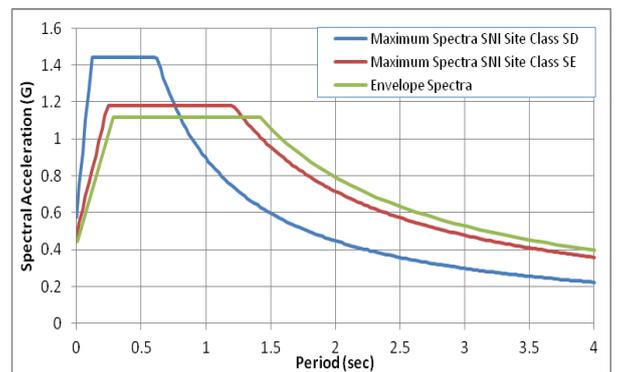


Gambar 11. Rekomendasi respons spectra percepatan desain untuk Periode Ulang 2475 tahun berdasarkan nilai rata-rata (average) lokasi Bor 4

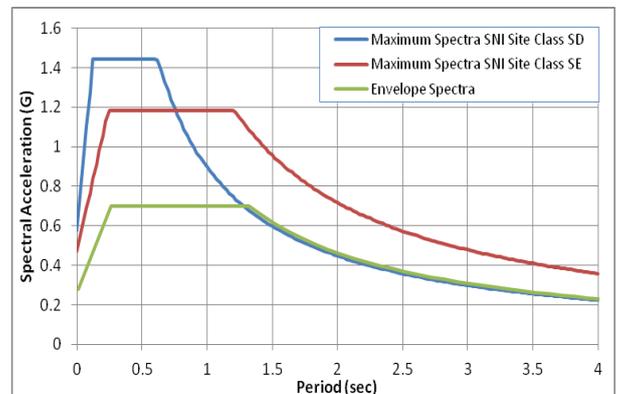
Perbandingan antara rekomendasi respons spectra percepatan desain untuk lokasi kajian yang dihasilkan pada penelitian ini dengan standar yang berlaku SNI 1726-2012 terlampir pada gambar dibawah ini. Dimana klasifikasi tanah yang diperoleh dari hasil penelitian ini adalah klasifikasi jenis Tanah sedang (S_b). Klasifikasi jenis tanah tersebut diperoleh dari nilai rata-rata kecepatan gelombang geser (V_s) dan N-SPT untuk setiap kedalaman tanah.



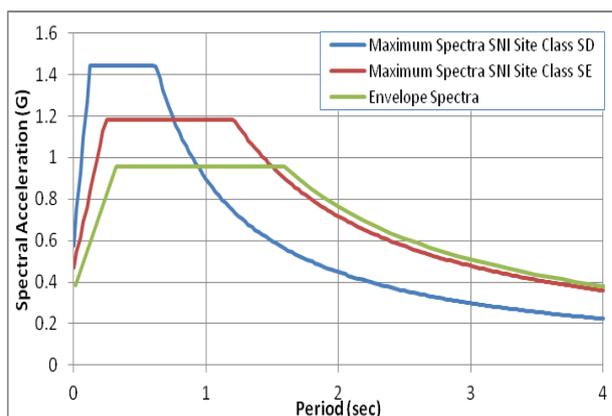
Gambar 12. Perbandingan respons spectra desain antara hasil penelitian berdasarkan nilai average dan standar yang berlaku SNI 1726-2012 (Periode ulang gempa 475, Bor 1)



Gambar 13. Perbandingan respons spectra desain antara hasil penelitian berdasarkan nilai average dan standar yang berlaku SNI 1726-2012 (Periode ulang gempa 2475, Bor 1)



Gambar 14. Perbandingan respons spectra desain antara hasil penelitian berdasarkan nilai average dan standar yang berlaku SNI 1726-2012 (Periode ulang gempa 475, Bor 4)



Gambar 15. Perbandingan respons spectra desain antara hasil penelitian berdasarkan nilai *average* dan standar yang berlaku SNI 1726-2012 (Periode ulang gempa 2475, Bor 4)

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian ini dapat ditarik kesimpulan bahwa perambatan gelombang gempa dari batuan dasar menuju lapisan permukaan tanah berbeda-beda pada setiap lokasi di muka bumi. Hal ini dipengaruhi oleh :

1. Faktor Amplifikasi/ pembesaran
Goncangan gempa yang sampai di permukaan tanah pada umumnya akan mengalami pembesaran atau amplifikasi. Faktor amplifikasi ini tergantung dari kondisi dan keadaan dari lapisan tanah pada daerah tersebut, dimana tergantung dari kedalaman lapisan tanah keras, klasifikasi tanah dan berat volumenya.
2. Karakteristik dan jenis gempa yang terjadi
Karakteristik dan jenis gempa yang terjadi juga dapat mempengaruhi pengerasan perambatan gempa kepermukaan bumi, yang ditunjukkan dengan semakin cepat dan rapatnya durasi atau *time history* dari gempa tersebut.
3. Respons spectra desain berdasarkan SNI-1726-2012 dengan periode ulang 475 tahun dan 2475 tahun pada wilayah 4

kelas tanah sedang (S_D) untuk lokasi Bor 1 dan Bor 4 memberikan rentang percepatan desain sebesar 0.577g di $T = 0.01$ detik ; 1.44g di periode pendek ($T = 0.2$ detik) ; 0.898g untuk periode 1.0 detik dan 0.449g untuk periode 2.0 detik. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan pada kelas tanah tersebut utk lokasi Bor 4 periode ulang gempa 475 tahun didapatkan nilai rentang percepatan desain berdasarkan nilai *average* sebesar 0.32g di $T = 0.01$ detik ; 0.59g di periode pendek ($T = 0.2$ detik) ; 0.63g untuk periode 1.0 detik dan 0.41g untuk periode 2.0 detik.

DAFTAR PUSTAKA

- Anaperta Y.M. (2011). Peta lokal wilayah gempa untuk daerah padang. Jurnal Teknologi informasi dan pendidikan Vol. 4 No. 1 September 2011. Padang.
- Anbazzhagan P., Sitharam T.G., Divya. (2007). Site Response Analysis Based On Site Specific Soil, Properties Using Geotechnical and Geophysical Tests : Correlations Between G_{max} and N_{60} . *Fifth International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering*, Paper No. 1286 June 25-28, 2007.
- Baker, J.W. (2010) : The Conditional Mean Spectrum : A Tool For Ground Motion Selection, *ASCE Journal of Structural Engineering (in press)*, Department of Civil & Environmental Engineering, Stanford University, Stanford, USA.
- C.B. Crouse. Site Response Analysis and its Link to Structural Analysis, Design, and Code Requirements. URS Corporation.

- Delfebriyadi. (2009) : Peta Respons Spektrum Provinsi Sumatera Barat untuk Perencanaan Bangunan Gedung Tahan Gempa, *Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*, Vol.16 No.2 Agustus 2009.
- Gloria M.Estrada. (2010). Analysis of Earthquake Site Response and Site Classification For Seismic Design Practice. *Fifth International Conference on Recent Advanced in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics*. May 24-29, 2010. Colombia.
- Gokce Tonuk., Atilla Ansal., dkk. (2014). Site Specific response analysis for performance based design earthquake characteristics. *Bulletin Earthquake Engineering (2014) 12 :1091-1105*. Istanbul, Turkey.
- Misriani. M (2011). Studi Pengembangan Ground Motion Synthetic Berdasarkan Metode Probabilistic Seismic Hazard Analysis Sumber Gempa 3D dengan Mengadopsi Pendekatan Conditional Mean Spectrum Kota Padang Sumatera Barat (Indonesia). Thesis ITB Bandung.
- Misriani.,M. (2016). Pengembangan Ground Motion Synthetic Berdasarkan Metode Probabilistic Seismic Hazard Analysis Model Sumber Gempa 3d Teluk Bayur Kota Padang (Indonesia). *National Conference of Applied Sciences, Engineering, Business and Information Technology*. Politeknik Negeri Padang, 15-16 oktober 2016.
- Misriani.,M. (2016). Site Response Analysis (SRA) Teluk Bayur (Kota Padang) menggunakan Software NERA. *Laporan Akhir Penelitian Dosen Pemula Politeknik Negeri Padang*. Padang, 2016.
- Sengara I.W. (2012). Investigation on Risk-Targeted Seismic Design Criteria for a High-rise Building in Jakarta-Indonesia. 15 WCEE. Lisboa 2012.
- Sengara I.W., Sukamta D., Sumiartha P. (2008) Site Response Analysis For Seismic Design of a 48-Storey Tower Building in Jakarta. *International Conference On Earthquake Engineering and Disaster Mitigation*, April 14-15, 2008. Jakarta.
- Sengara I.W., Addifa., Mulia A. (2015). Seismic Time-History Ground Motions for a Specific Site In Jakarta. *Jurnal Teknologi (Sciences and Engineering) 77:1 (2015) 127-136*.
- SNI 03-1726-2012, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.
- Zheng, W., Petersen, M.M, dkk. (2010). Site Specific Response Analysis In The New Madrid Seismic Zone. *Fifth International Conference on Recent Advanced in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics an Symposium in Honor of Professor I.M. Idriss*, May 24-29, 2010, San Diego California.