

Site Specific Response Analysis Kota Padang dari *Input motion Conditional Mean Spectrum (CMS)* Menggunakan Software NERA

Merley Misriani[#]

[#] *Civil Engineering Department, Politeknik Negeri Padang, Kampus Unand Limau Manis, Padang, 25163, Indonesia*
E-mail: merlymisriani@yahoo.com

ABSTRAK

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 (Sa)* pada periode tertentu berdasarkan tingkat kemungkinan terlampaui (*Probability of Excedence/PE*) 10% atau 2% masa layan bangunan 50 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 struktur. Pada paper ini menyajikan analisis perambatan gelombang gempa dari batuan dasar ke lapisan permukaan (*Site Specific Response Analysis/ SSRA*). Data-data yang diperlukan adalah data stratifikasi tanah dan parameter kecepatan gelombang geser yang didapatkan dari korelasi empiris terhadap data hasil pemboran dan uji N-SPT. *Ground motion synthetic* batuan dasar yang digunakan untuk perambatan gelombang gempa diperoleh dari hasil penelitian sebelumnya yang mengadopsi pendekatan statistik *Conditional Mean Spectrum (CMS)* agar *ground motion* yang dihasilkan dipermukaan cocok dengan prediksi masalah respon struktur yang sebenarnya. SSRA dilakukan berdasarkan teori perambatan gelombang geser satu dimensi dalam *time domain* dengan menggunakan program *Non-linear Earthquake Response Analysis (NERA)*. Hasilnya diperoleh percepatan maksimum gempa dipermukaan (*peak surface acceleration/ PBA*) berbeda-beda di kedua lokasi tergantung pada faktor amplifikasi, karakteristik dan jenis gempa yang terjadi. Direkomendasikan respons spectra desain untuk periode ulang 475 tahun dan 2475 tahun wilayah 4 kelas tanah sedang (S_D) untuk kedua lokasi tersebut. Data-data tersebut digunakan sebagai input dalam penentuan beban gempa pada bangunan dalam analisis struktur dinamis.

Kata kunci : SSRA, *Peak Surface Acceleration*, *Amplification Factor*, respons spectra, NERA

PENDAHULUAN

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 periode ulang gempa 475 tahun dan tingkat kemungkinan terlampaui (PE) 2% masa layan bangunan 50 tahun setara dengan periode ulang gempa 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. Studi pengembangan *ground motion synthetic* berdasarkan metode Probabilistic Seismic Hazard Analysis (PSHA) model sumber gempa 3D dengan mengadopsi pendekatan *Conditional Mean Spectrum* (CMS) kota Padang Sumatera Barat (Merly, 2011). Studi ini dikembangkan dalam mendapatkan *ground motion* di batuan dasar yang cocok dengan target spektra. Dalam analisa struktur dinamis, *input motion* yang digunakan adalah *ground motion* dipermukaan tanah. Berhubung wilayah kota Padang khususnya daerah Air Tawar dan Simpang Aru belum memiliki *ground motion* dipermukaan, maka dari itu pada paper ini akan menyajikan hasil 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* dibatuan dasar. Hasil dari penelitian ini digunakan sebagai

input untuk penentuan beban gempa pada bangunan dalam analisa struktur dinamis.

Penelitian ini dilakukan karena Kota Padang belum memiliki *input motion* di lapisan permukaan tanah dalam analisa struktur dinamis. Maka dari itu dilakukan analisis perambatan gelombang gempa dari batuan dasar ke permukaan (SRA) dengan menggunakan *input motion* dibatuan dasar yang telah dikembangkan berdasarkan metode *Probabilitas Seismic Hazard Analysis* (PSHA) sumber gempa 3 dimensi dengan mengadopsi pendekatan statistik *Conditional Means Spectrum* (CMS).

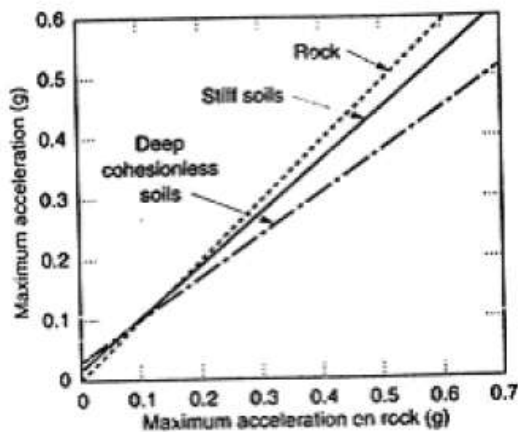
Hasil studi ini bertujuan untuk mengetahui respons deposit tanah permukaan akibat *motion* dibatuan dasar, mendapatkan percepatan maksimum gempa dipermukaan (*peak surface acceleration/PBA*), faktor amplifikasi dan respon spectra dipermukaan. *Ground motion* akan lebih tepat digambarkan dalam bentuk *acceleration time histories*. *Acceleration time histories* dapat digunakan untuk menentukan *ground motion* desain spesifik dilokasi studi (*site specific design ground motion*) yang menggambarkan respon tanah dipermukaan akibat perambatan gelombang gempa. *Acceleration time histories* diperoleh dari pencatatan instrumentasi dilokasi tinjau. Pada kenyataannya, data *acceleration time histories* di Indonesia masih sangat kurang dan lebih banyak berupa informasi mengenai lokasi episenter gempa, magnitude, kedalaman dan mekanisme gempa. Guna mengatasi hal ini, *acceleration time histories* dapat diperoleh dari metode alternatif sebagai berikut :

- a. Menggunakan catatan *time histories* dari daerah yang memiliki kondisi geologi dan seismologi serupa dengan lokasi studi

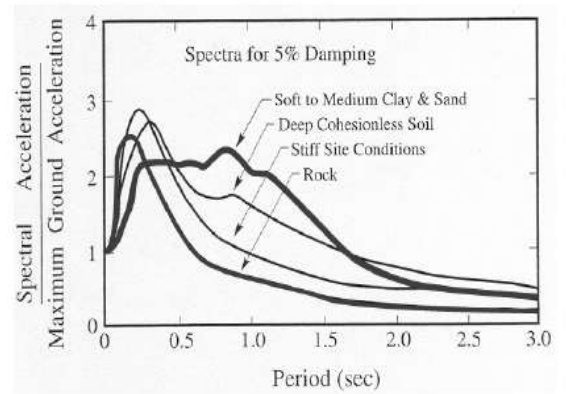
- b. Menggunakan catatan *time histories* dari lokasi lain yang kemudian di *match*-kan dengan target spektra batuan dasar (percepatan maksimum dan periode)
- c. Membuat *motion* gempa sintetis yang disesuaikan terhadap kondisi geologi dan seismologi lokasi studi.

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)

Teori Perambatan Gelombang 1-Dimensi

Teori perambatan gelombang geser 1-dimensi dikemukakan pertama kali oleh Kanai (1951) dan dikembangkan lebih lanjut oleh Lysmer, Seed, dan Schanbel (1972). Perambatan vertikal gelombang geser adalah perambatan gelombang yang hanya akan menyebabkan perpindahan dalam arah horizontal. Analisis dengan model gelombang 1-dimensi ini dapat dilakukan dengan metode linier-ekivalen.

Parameter Dinamis 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 refraction 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 empiris parameter dinamik tanah dengan nilai N-SPT.

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 S_u

Referensi	Korelasi	Keterangan
Seed dan Idriss (1970)	$G_{max} = 1000 \text{ to } 3000 S_u$	
Hara et al (1974)	$G_{max} = 516 S_u$	G_{max} dan S_u dalam kg/cm ²
Arango (1978)	$G_{max} = 1790 S_u$ $G_{max} = 1163 S_u$ $G_{max} = 813 S_u$	Hasil test UCS Hasil test UU Hasil test Cu
Anderson et al (1978)	$G_{max} = 1200 \text{ to } 1800 S_u$	
Locat dan Beausejour(1987)	$G_{max} = 0,379.S_u^{1,05}$	G_{max} dalam MPa dan S_u dalam kPa
Paolini et al (1989)	$G_{max} = 500 \text{ to } 600 S_u$	Hasil test UU dan lab. Vane shear
Bouckovalas et al (1989)	$G_{max} = 800 S_u$ $G_{max} = 1800 S_u$	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 V_s (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 situs, 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	\bar{V}_s (m/dtk)	\bar{N} atau \bar{N}_{ch}	\bar{S}_u (kPa)
SA (batuan Keras)	> 1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 - 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 - 750	> 50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 - 350	15 - 50	50 - 100

METODOLOGI

Secara garis besar ada dua tahap, pertama tahap pengumpulan data tanah dan data *input motion* di batuan dasar. Data tanah untuk bahan analisis menggunakan data sekunder dari proyek-proyek pengujian tanah untuk dua lokasi di kota Padang yaitu kampus UNP Air Tawar dan Jembatan Pulau Aia Simpang Aru. Data tanah tersebut diolah manual untuk mendapatkan profil lapisan tanah dan kecepatan gelombang geser yang diperoleh dari korelasi empiris terhadap data

hasil pemboran dan uji N-SPT. Data *input motion* dibatuan dasar sebagai sumber gempa didapat dari hasil penelitian sebelumnya, dimana hasil penelitian tersebut memperoleh *ground motion synthetic* yang dikembangkan berdasarkan metode pendekatan statistic *Conditional Mean Spectrum*, CMS (Misriani, 2011). Kemudian tahap analisis perambatan gelombang gempa yang dilakukan dengan bantuan program NERA (Bardet dan Tobita, 2001). Program ini menerapkan pendekatan domain waktu sifat tanah non linier dimana modulus gesernya turunan fungsi dari peningkatan regangan, sedangkan redaman meningkat sebagai fungsi dari regangan yang meningkat. Analisis perambatan gelombang gempa menggunakan program ini mengindikasikan nilai percepatan maksimum untuk periode ulang gempa 475 tahun dan 2475 tahun untuk kedua lokasi studi. *Site Specific Response Analysis* (SSRA) telah dilakukan untuk Teluk Bayur (Kota Padang) menggunakan Software NERA yang menghasilkan nilai percepatan maksimum di lapisan permukaan tanah (a_{max}), faktor amplifikasi dan respon spectra (Misriani, 2017).

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Data masukan yaitu sifat dinamis tanah di beberapa lokasi penyelidikan tanah serta input gerakan gempa yang telah diskalakan dan ditargetkan pada beberapa periode target spektra. Sedangkan data keluaran ditampilkan dalam bentuk time history percepatan gempa dipermukaan serta nilai percepatan maksimum yang kemudian diolah menjadi satu response spectra untuk periode ulang gempa 475 tahun dan 2475 tahun.

Stratifikasi tanah dan parameter dinamis tanah pada suatu lokasi ditentukan berdasarkan pada data hasil pengeboran dengan kedalaman lebih dari 30 m dari lapisan permukaan. Parameter dinamis tanah yang diperlukan dalam analisis perambatan gelombang geser adalah Kecepatan gelombang geser (V_s) dan Modulus Geser Dinamik (G_{max}). Modulus Geser Dinamik Maksimum (G_{max}) biasanya dikorelasikan dengan Kecepatan Gelombang Geser (V_s). Besarnya kecepatan gelombang geser atau modulus geser dinamik dapat ditentukan berdasarkan korelasi empiris dengan menggunakan data pengujian lapangan N-SPT.

Pada studi ini, parameter dinamik tanah yang digunakan adalah kecepatan gelombang geser yang diperoleh berdasarkan data hasil penyelidikan NSPT yang dilakukan pada lokasi penyelidikan. Data parameter dinamik tanah tersebut kemudian digunakan sebagai data primer dalam analisis perambatan gelombang gempa dari batuan dasar ke permukaan tanah. Berikut profil lapisan tanah lokasi penyelidikan.

Tabel 4. Profile lapisan tanah (Air Tawar)

No Lapis	Depth (m)	N-SPT	Jenis tanah
1	0 - 2	32	Pasir
2	2 - 4	32	Pasir
3	4 - 6	31	Pasir
4	6 - 8	31	Pasir
5	8 - 11	32	Pasir
6	11 - 14	30	Pasir
7	14 - 17	4	Pasir
8	17 - 18	5	Lempung
9	18 - 20	5	Lempung
10	20 - 22	6	Lempung
11	22 - 25	8	Lempung
12	25 - 28	21	Lempung

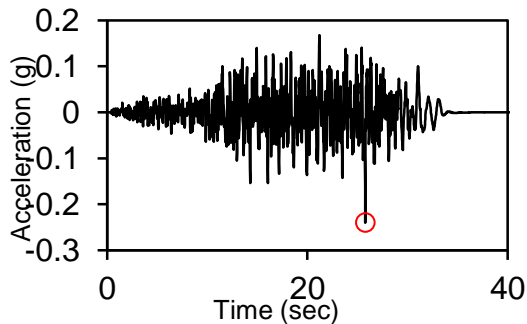
13	28 - 31	32	Lempung
14	31 - 34	38	Lempung
15	34 - 36	31	Lempung
16	36 - 38	37	Lempung
17	38 - 40	38	Lempung
18	40 42	40	Lempung
19	42 44	45	Lempung
20	44 46	42	Lempung
21	46 48	50	Lempung
22	48 50	60	Lempung
23	52 54	56	Lempung
24	54 56	30	Lempung
25	56 58	60	Lempung

Tabel 5. Profile lapisan tanah (Simpang Aru)

No Lapis	Kedalaman (m)	N-SPT	Jenis tanah
1	0-1	13	Lempung
2	1-2	13	Lempung
3	2-3	13	Lempung
4	3-4	16	Lempung
5	4-6	35	Pasir
6	6-8	35	Pasir
7	8-10	45	Pasir
8	10-10.5	42	Pasir
9	10.5-13.5	50	Pasir
10	13.5-15.5	60	Pasir
11	15.5-18	56	Pasir
12	18-18.5	30	Pasir
13	18.5-20.5	40	Pasir
14	20.5-22.5	45	Pasir
15	22.5-24.5	50	Pasir
16	24.5-26.5	50	Pasir
17	26.5-28.5	55	Pasir
18	28.5-30.5	60	Lempung
19	30.5-32.5	60	Pasir

Setelah data profil lapisan tanah dan parameter dinamis tanah diperoleh, maka proses analisis perambatan gelombang gempa dari batuan dasar ke permukaan dilakukan dengan bantuan software NERA. *Ground motion synthetic* di batuan dasar juga digunakan sebagai data masukan pada

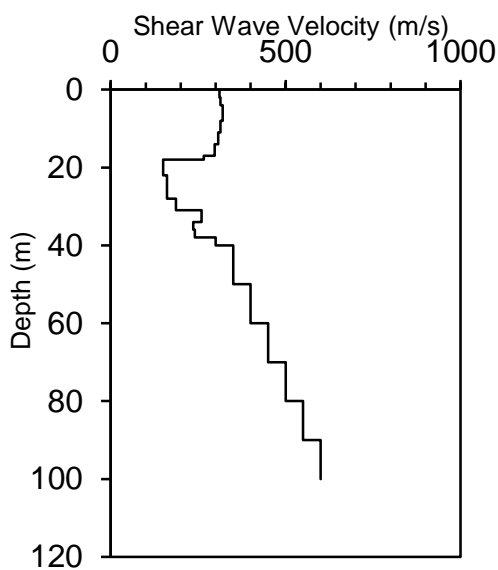
software tersebut. Dimana *input motion* yang digunakan untuk masing-masing periode spectra (PGA, 0.2 detik, 1.0 detik dan 2.0 detik) yang masing-masing nya terdiri dari 5 pencatatan sumber gempa sehingga diperoleh 20 sumber gempa dari seluruh dunia. Berikut ditampilkan *input motion* CMS di batuan dasar yang digunakan untuk lokasi Air Tawar dan



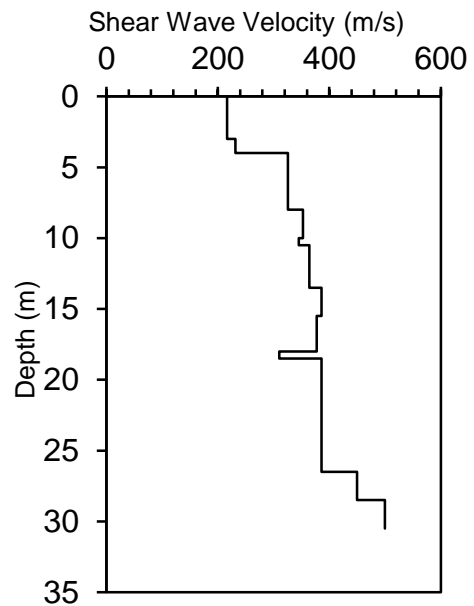
SP.Aru pada periode target spectra 1.0 detik periode ulang gempa 475 tahun.

Gambar 3. *Ground motion synthetic* CMS di batuan dasar Periode Ulang gempa 475 tahun (PGA/ $a_{max} = 0.24g$ periode target 1.0 detik) lokasi Air Tawar dan Sp.Aru

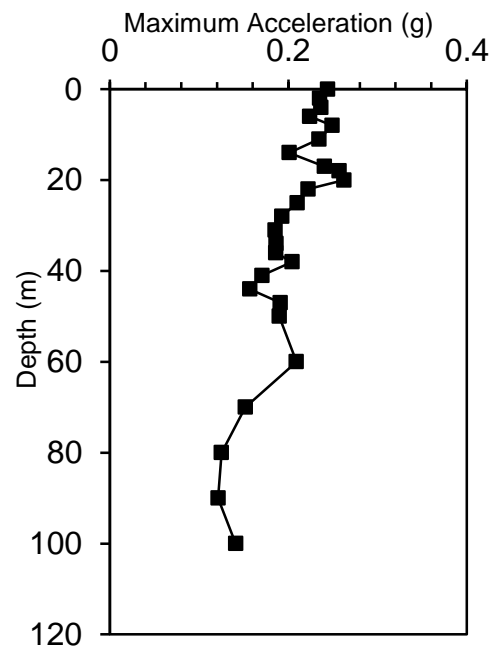
Berikut hasil *running* program NERA.



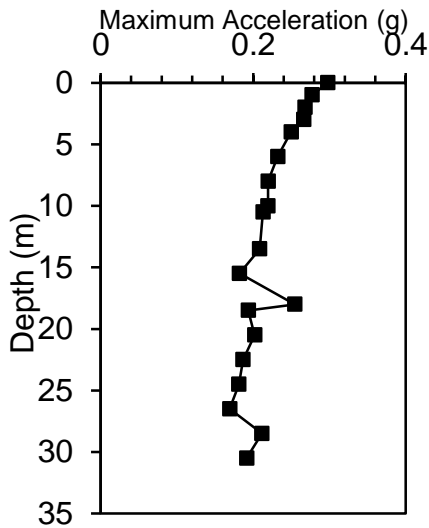
Gambar 4. Kecepatan gelombang geser vs Kedalaman (Air Tawar)



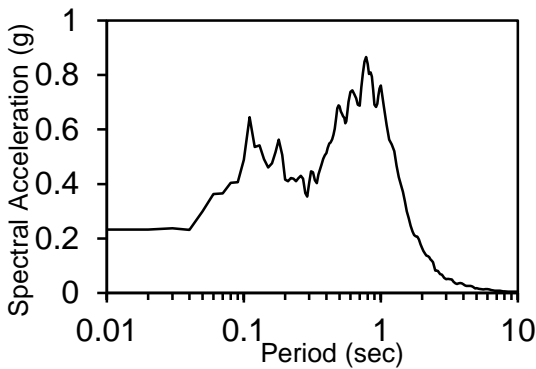
Gambar 5. Kecepatan gelombang geser vs Kedalaman (Simpang Aru)



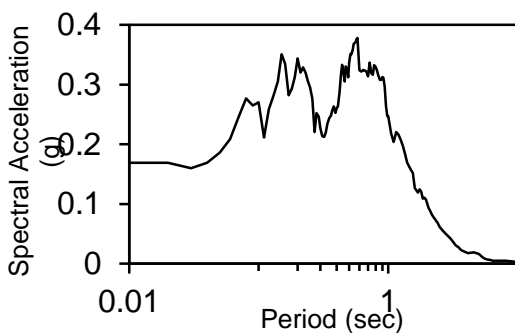
Gambar 6. Percepatan maksimum gelombang gempa dari batuan dasar ke permukaan periode 1.0 detik PE 475 tahun (Air Tawar)



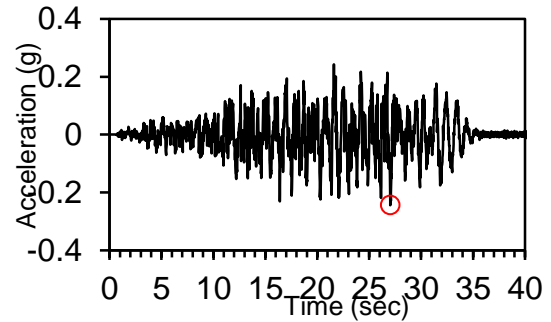
Gambar 7. Percepatan maksimum gelombang gempa dari batuan dasar ke permukaan periode 1.0 detik PE 475 tahun (Sp.Aru)



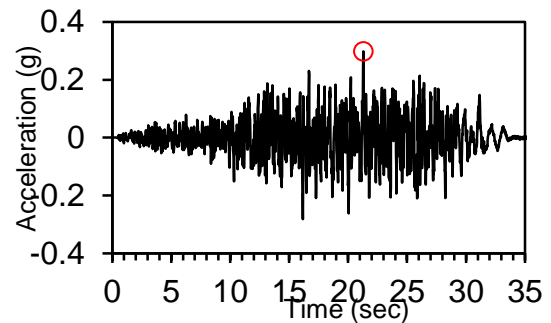
Gambar 8. Spectra Acceleration dari batuan dasar ke permukaan periode 1.0 detik PE 475 tahun (Air Tawar)



Gambar 9. Spectra Acceleration dari batuan dasar ke permukaan periode 1.0 detik PE 475 tahun (Sp.Aru)



Gambar 10. *Ground motion synthetic* dipermukaan lapisan tanah periode target spectra 1.0 detik PE 475 tahun, $PBA/a_{max} = 0.244g$ (Air Tawar)



Gambar 11. *Ground motion synthetic* dipermukaan lapisan tanah periode target spectra 1.0 detik PE 475 tahun, $PBA/a_{max} = 0.298g$ (Sp.Aru)

Faktor amplifikasi perambatan gelombang gempa periode target spektra 1.0 detik PE 475 tahun untuk lokasi air tawar dan Sp. Aru antara lain :

$$\text{Faktor amplifikasi} = \frac{PBA}{PGA} = \frac{0.244}{0.24} = 1.02 \text{ (Air tawar)}$$

$$\text{Faktor amplifikasi} = \frac{PBA}{PGA} = \frac{0.298}{0.24} = 1.24 \text{ (Sp. Aru)}$$

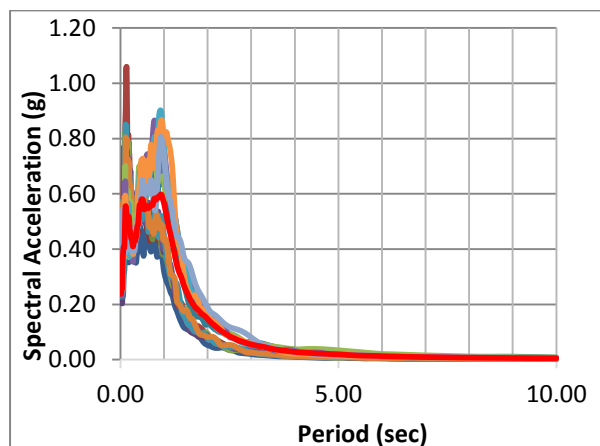
Nilai faktor amplifikasi daerah tersebut lebih besar dari 1. Hal ini menunjukkan bahwa faktor amplifikasi/ pengerasan dari batuan dasar ke permukaan semakin besar. Dimana semakin besar faktor amplifikasi yang terjadi maka semakin kaku batuan dasar. Karena

faktor amplifikasi ini dipengaruhi oleh kedalaman lapisan tanah keras, klasifikasi tanah dan berat volumenya.

Conditional Mean Spectrum (CMS)

Pilihan lain dalam memilih target spectrum dalam analisis perambatan gelombang gempa berdasarkan Uniform Hazard Spectra (UHS) adalah dengan mengadopsi pendekatan statistic Conditional Mean Spectrum, CMS (Baker, 2011). Prosedur CMS ini dihitung berdasarkan pada periode yang di targetkan. Perhitungan Spectra Acceleration (Sa) dengan pendekatan ini menggunakan metode Probabilistic Seismic Hazard Analysis (PSHA).

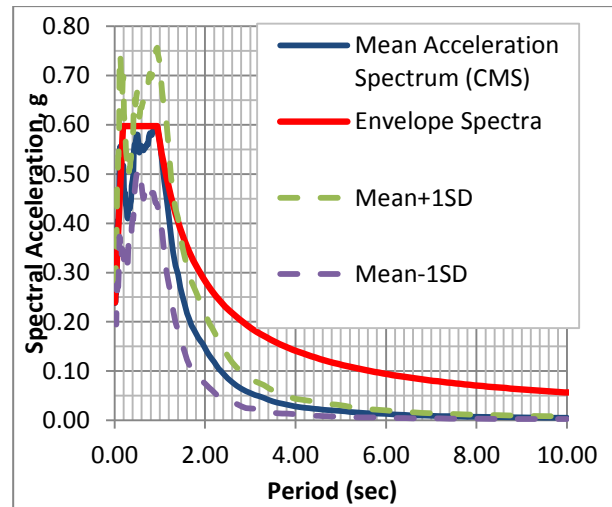
Site Specific Response Analysis dilakukan menggunakan data percepatan gempa terpilih yang cocok dengan perhitungan CMS pada periode yang ditargetkan $T = 1.0$ detik seperti yang terlihat pada gambar 12.



Gambar 12. Percepatan spectra kondisi *mean spectrum* (CMS) PE 475 tahun (Air tawar)

Percepatan spectra yang diperoleh pada lapisan permukaan tanah yang sesuai dengan kondisi *mean*, *mean+1SD* dan selubung spectra dapat dilihat pada gambar 13. Tujuan metode CMS ini adalah untuk memperoleh

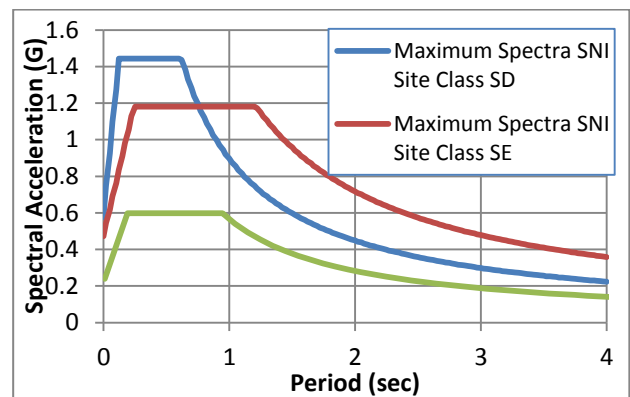
data percepatan gempa yang cocok dengan periode yang ditargetkan.



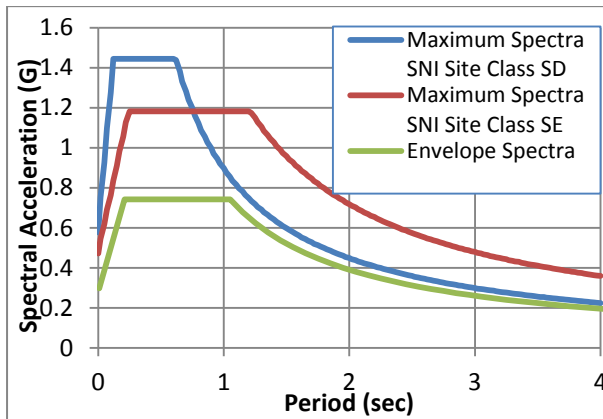
Gambar 13. Percepatan spectra di lapisan permukaan sesuai kondisi *mean*, *mean+1SD*, *mean-1SD* dan selubung spectra PE 475 tahun (Air tawar)

Rekomendasi Respons Spektrum Permukaan Disain

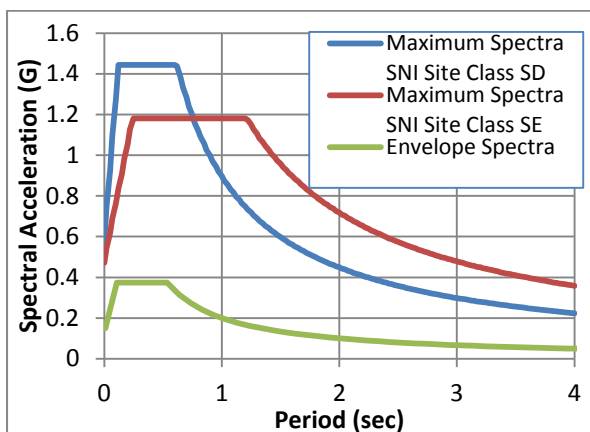
Perbandingan antara rekomendasi respons spectra percepatan desain untuk lokasi kajian yang dihasilkan pada penelitian ini dengan standar yang berlaku SNI 1726-2012 terlampir pada gambar dibawah ini. Dimana klasifikasi tanah yang diperoleh dari hasil penelitian ini adalah klasifikasi jenis Tanah sedang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



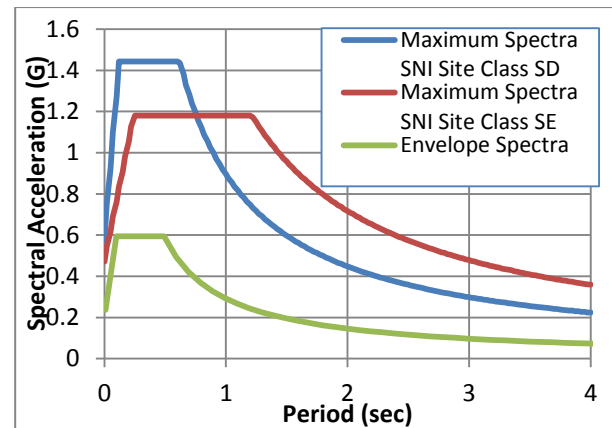
Gambar 14. Perbandingan respons spectra desain antara hasil penelitian berdasarkan nilai *average* dan standar yang berlaku SNI 1726-2012 (Periode ulang gempa 475 tahun, lokasi Air tawar)



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



Gambar 16. Perbandingan respons spectra desain antara hasil penelitian berdasarkan nilai *average* dan standar yang berlaku SNI 1726-2012 (Periode ulang gempa 475 tahun, lokasi Sp.Aru)



Gambar 17. Perbandingan respons spectra desain antara hasil penelitian berdasarkan nilai *average* dan standar yang berlaku SNI 1726-2012 (Periode ulang gempa 2475 tahun, lokasi Sp.Aru)

KESIMPULAN DAN SARAN

Analisis perambatan gelombang gempa dari batuan dasar ke lapisan permukaan tanah berbeda-beda pada setiap lokasi di muka bumi. Hal ini dipengaruhi oleh Faktor Amplifikasi/ pembesaran, karakteristik dan jenis gempa yang terjadi.

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.

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.

Respons spectra desain hasil penelitian untuk periode ulang 475 tahun dan 2475 tahun wilayah 4 kelas tanah sedang (S_D) direkomendasikan untuk kedua lokasi tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Anbazhagan 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.
- Asrurifak, M., et al. (2013). Pengembangan Peta Klasifikasi Tanah dan Kedalaman Batuan Dasar untuk Menunjang Pembuatan Peta Mikrozonasi Jakarta dengan Menggunakan Mikrotremor Array. *Pertemuan Ilmiah Tahunan – XVII HATTI*. 17(7).
- Bardet, J., P., Tobita, T, (2001), NERA A Computer Program for Non-linear Earthquake site Response Analyses of Layered Soil Deposits, Department of Civil Engineering, University of Southern California.
- 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.
- Kramer., Steven L.1996. Geotechnical Earthquake Engineering. Practice Hall, NJ.
- 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. (2017). Site Response Analysis (SRA) Teluk Bayur (Kota Padang) Menggunakan Software NERA. *Jurnal Rekayasa Sipil Politeknik Negeri Padang, Vol XIV No.1 April, 2017*. Padang.
- Misriani.,M. (2017). Site Response Analysis for Dormitory Building of LPMP Sumbar from Conditional Mean Spectrum Input Motion (CMS) Using NERA Software. *International Conference on Applied Sciences in Engineering, Bussines, Linguistic and Information Technology*, Oktober 13-15, 2017. Padang.
- 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*.
- 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.