

Bidang Fokus	: Kebencanaan
Luaran	: Publikasi Pada Prociding Seminar International Terindeks <i>Scopus</i>
Kode/Rumpun Ilmu	: 421

**LAPORAN AKHIR PENELITIAN STRATEGIS
HIBAH BERSAING DANA RKAT FAKULTAS TEKNIK UNDIP
TAHUN ANGGARAN 2019**



**EVALUASI KETAHANAN GEDUNG DEKANAT FAKULTAS TEKNIK
UNDIP TERHADAP BEBAN GEMPA DENGAN MENGGUNAKAN DATA
ACCELERATION TIME HISTORIES HASIL MODIFIKASI METODE *SITE
SPECIFIC ANALYSIS***

Tim Pengusul :

Dr. Ir. Windu Partono. MSc. (NIP 195809291986021001)

Ir. Frida Kistiani, MT. (NIP 195907021987032001)

Undayani Cita Sari ST. MT. (NIP 199206142018032001)

Elsimanata Putro (NIM 21010114130126)

Wahyu Rahmat Ramadhan (NIM 21010114140199)

**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS DIPONEGORO
TAHUN 2019**

UPT PERPUSTAKAAN UNDIP
No. Daft. : 724/KI/FT/2019
Tgl. : 18-12-2019

HALAMAN PENGESAHAN
PROPOSAL PENELITIAN STRATEGIS

Judul Penelitian : Evaluasi Ketahanan Gedung Dekanat Fakultas Teknik Undip Terhadap Beban Gempa Dengan Menggunakan Data *Acceleration Time Histories* Hasil Modifikasi Metode *Site Specific Analysis*

Luaran : Publikasi Pada Prociding Seminar International Terindeks Scopus “AWAM International Conference on Civil Engineering 2019 (AICCE'19)”

”

Ketua Penelitian :
Nama : Dr. Ir. Windu Partono. MSc.
NIP/NIDN : 195809291986021001
Jabatan Fungsional : Lektor
Program Studi : Teknik Sipil
No HP : 08122837667
Alamat email : windu_bapake_dila@yahoo.com

Anggota Penelitian (1) :
Nama Anggota Peneliti : Ir. Frida Kistiani, MT.
NIP/NIDN : 195907021987032001
Program Studi : Teknik Sipil
No HP : 0811290030
Alamat e-mail : fridakistiani1@gmail.com

Anggota Penelitian (2) :
Nama Anggota Peneliti : Undayani Cita Sari ST. MT.
NIP/NIDN : 199206142018032001
Program Studi : Teknik Sipil
No HP : 085640364467

Alamat e-mail : undayanicita@yahoo.com

Anggota Mahasiswa : 1. Elsimanata Putro (NIM 21010114130126)
2. Wahyu Rahmat Ramadhan (NIM : 21010114140199)

Lama Penelitian : 7 (tujuh) bulan

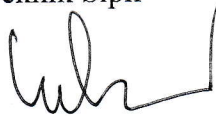
Biaya yang Diajukan : Rp. 20.000.000,00.-

Sumber Dana : RKAT Fakultas Teknik Undip Tahun 2019

Semarang, Oktober 2019

Ketua Peneliti

Mengetahui
Ketua Departemen
Teknik Sipil



Ilham Nurhuda St., MT., PhD.
NIP. 197602252000121001



Dr. Ir. Windu Partono. MSc.
NIP. 195809291986021001



Menyetujui
Dekan Fakultas Teknik Undip

Prof. Ir. M. Agung Wibowo MM., MSc., PhD.
NIP. 196702081994031005

RINGKASAN

Analisis struktur bangunan akibat peristiwa gempa dapat dilakukan dengan mengamati deformasi bangunan dan kekuatan elemen bangunan pada saat mengalami guncangan gempa. Evaluasi dapat dilakukan dengan menggunakan simulasi komputer maupun pengujian laboratorium dengan model pembebanan menggunakan *acceleration time histories*. Penggunaan *acceleration time histories* sebagai model pembebanan pada bangunan memungkinkan penerapan skenario dan model kejadian gempa akibat peristiwa gempa dengan magnitudo dan jarak episenter atau jarak bangunan ke sumber gempa tertentu. *Acceleration time histories* yang digunakan sebagai model pembebanan gempa pada bangunan diperoleh dari hasil analisis rambatan gelombang gempa (*Site Specific Analysis*) dari elevasi batuan dasar (*bedrock*) ke permukaan. *Site Specific Analysis* pada suatu titik pengamatan membutuhkan informasi tentang *acceleration time histories* di *bedrock*, elevasi *bedrock*, data dinamis tanah dari elevasi *bedrock* sampai ke permukaan dan data elevasi muka air tanah. Data dinamis tanah yang diperlukan pada *Site Specific Analysis* meliputi kecepatan rambat gelombang geser, *density*, modulus geser dan *damping ratio*. *Acceleration time histories* pada *bedrock* diperoleh dari hasil pencatatan guncangan tanah akibat satu kejadian gempa dengan menggunakan peralatan *seismograph* dan *accelerometer*.

Elevasi *bedrock* dapat diperkirakan dengan melakukan pengujian *microtremor* menggunakan peralatan *seismometer* pada lokasi pengamatan. Data *microtremor* diperoleh dari hasil perekaman gelombang ambien (*ambient vibration*) yang diperoleh atau ditangkap disekitar peralatan *seismometer*. Data dinamis tanah dapat diperoleh dari pekerjaan pengeboran, pengambilan sampel batuan dan tanah dan pengujian di laboratorium atau dapat juga diperoleh dari pendekatan empiris dengan menggunakan nilai N-SPT (*Standard Penetration Test*).

Penelitian ini bertujuan melakukan evaluasi ketahanan gedung baru Dekanat Fakultas Teknik Undip dengan menerapkan model gaya gempa yang bersumber dari Sesar Semarang dan Sesar Lasem masing-masing dengan magnitudo ± 6.6 Mw dan ± 6.5 Mw dengan jarak episenter gempa terhadap bangunan diambil sebesar ± 5 Km. Penelitian bertujuan membandingkan deformasi bangunan dan detail penulangan elemen struktur eksisting terhadap skenario gempa tersebut di atas. *Site Specific Analysis* dilakukan dengan membuat model lapisan tanah setebal 30 meter dan 50 meter di atas elevasi *bedrock*. Pemilihan kedalaman 30 meter dan 50 meter disebabkan data pengamatan pekerjaan pengeboran pada lokasi penelitian hanya sampai 30 meter sedangkan elevasi *bedrock* diperkirakan pada kedalaman 50 meter. Hasil pekerjaan pengeboran dan pengujian mikrotremor menunjukkan bahwa pada elevasi 30 meter sudah didapatkan lapisan batuan dengan nilai kecepatan rambat gelombang geser menurut pengujian mikrotremor sebesar 750 m/s (batuan kelas A). Hasil pengujian mikrotremor juga menunjukkan pada elevasi 50 meter di bawah permukaan tanah sudah didapatkan nilai kecepatan rambat gelombang 1500 m/s (batuan kelas A). Dari data tersebut maka analisis rambatan gelombang gempa dibuat dengan dua model yaitu model dengan kedalaman *bedrock* 50 meter (Model-1) dan model kedalaman *bedrock* 30 meter (Model-2). Dari kedua model tersebut akan diperoleh data *acceleration time histories* di permukaan yang selanjutnya akan digunakan pada analisis struktur. Hasil kedua analisis tersebut kemudian di bandingkan untuk mendapatkan gambaran perbedaan perilaku struktur (deformasi dan *drift ratio* lantai bangunan) dan kekuatan elemen struktur Gedung Dekanat Fakultas Teknik Undip.

PRAKATA

Puji dan syukur pertama-tama penulis panjatkan kehadirat Allah Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang yang telah memberikan rahmat-Nya sehingga penelitian strategis ini dapat diselesaikan. Penyelesaian penelitian dan pembuatan laporan ini tidak lepas dari kerja sama seluruh tim penelitian selama kurang lebih 7 (tujuh) bulan. Ucapan terima kasih tak lupa juga penulis sampaikan kepada Prof. Ir. M. Agung Wibowo, MM., MSc., PhD selaku Dekan Fakultas Teknik dan Ilham Nurhuda ST., MT. PhD. selaku Ketua Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Dioponegoro yang telah memberikan persetujuan terhadap usulan penelitian ini.

Penelitian strategis dengan judul: ” Evaluasi Ketahanan Gedung Dekanat Fakultas Teknik Undip Terhadap Beban Gempa Dengan Menggunakan Data *Acceleration Time Histories* Hasil Modifikasi Metode *Site Specific Analysis*” merupakan penelitian untuk mengevaluasi kemampuan sebuah bangunan eksisting (bangunan Dekanat Fakultas Teknik Undip) terhadap skenario beban gempa yang bersumber dari Sesar Semarang dan Sesar Lasem dengan kekuatan ± 6.5 Mw dan jarak episenter gempa ke lokasi bangunan ± 5 Km. Hasil penelitian ini akan memberikan manfaat yang sangat besar kepada konsep mitigasi gempa terutama terhadap kelayakan sebuah bangunan terhadap guncangan gempa. Penentuan skenario kegempaan dari sumber gempa Sesar Semarang dan Sesar Lasem merupakan kelanjutan dari hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Tim Revisi Peta Gempa tahun 2017 yang memberikan masukan tentang pentingnya evaluasi kelayakan bangunan terhadap peristiwa kegempaan yang bersumber dari Sesar Semarang dan Sesar Lasem.

Penulis berharap hasil penelitian ini dapat memberikan sumbangsih bagi perencanaan bangunan dan evaluasi kelayakan bangunan akibat beban gempa. Penulis juga berharap agar hasil penelitian ini dapat memberikan sumbangsih bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di Indonesia.

Semarang, Oktober 2019

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
RINGKASAN	iv
PRAKATA.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1.Latar Belakang.....	1
1.2.Identifikasi Masalah.....	4
1.3. Perumusan Masalah.....	5
1.4.Tujuan Penelitian	6
1.5.Manfaat Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1.Tinjauan Umum	7
2.2.Pemilihan ATH Untuk Analisis Struktur.....	8
2.3.Analisis Struktur Bangunan DFTU Dengan Menggunakan Dua Komponen ATH.....	10
2.4.Peta Jalan Penelitian	11
2.5.Kebaruan Penelitian.....	13
BAB III TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	15
3.1. Tujuan Penelitian	15
3.2. Lmanfaat Penelitian	15
BAB IV METODE PENELITIAN	16
4.1. Pendahuluan.....	16
4.2. Lokasi Penelitian.....	16
4.3. Tahapan Penelitian.....	17

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN.....	18
5.1. Hasil Investigasi Langan Menggunakan Array Mikrotremor	19
5.2. Hasil Penelitian Geoteknik	27
5.3. Pemilihan ATH, Perhitungan Spektra Target dan Analisis Response Spectral Matching	36
5.4. Analisis Rambatan Gelombang Gempa.....	44
5.5. Analisis Struktur Gedung Dekanat Fakultas Teknik Undip (DFTU)	55
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	62
6.1. Kesimpulan	62
6.2. Saran	62
DAFTAR PUSTAKA.....	64
LAMPIRAN.....	66

DAFTAR TABEL

TABEL 1.1. Data Sumber Gempa Sesar Aktif di Sekitar Kota Semarang	4
TABEL 5.1. Lokasi Titik Pengamatan Mikrotremor	26
TABEL 5.2. Hasil Perhitungan Situs Tanah Pada titik B1	34
TABEL 5.3. Hasil Perhitungan Situs Tanah Pada titik B2	34
TABEL 5.4. Hasil Perhitungan Situs Tanah Pada titik B3	35
TABEL 5.5. Hasil Analisis Deagregasi Hazard Gempa Kota Semarang.....	38
TABEL 5.6. Data Kejadian Gempa Northridge-01 Tahun 1994 yang Digunakan pada Skenario Gempa Sesar Semarang	39
TABEL 5.7. Data Kejadian Gempa Imperial Valley 1979 Yang Digunakan Sebagai Simulasi Gempa Sesar Lasem.....	39

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Lokasi Gedung Dekanat Fakultas Teknik Undip	2
Gambar 1.2. Tampak Depan Gedung Dekanat Fakultas Teknik Undip.....	2
Gambar 1.3. Jalur Sesar Aktif Pulau Jawa	3
Gambar 2.1. <i>Road Map</i> Penelitian Mikrozonasi Gempa Kota Semarang.....	14
Gambar 4.1. Lokasi Penelitian	18
Gambar 4.2. Alur Pikir Penelitian.....	18
Gambar 5.1. Peralatan <i>Microtremor</i> (a) dan contoh dua titik pengamatan di Dekanat FT Undip (b) dan di sekitar wilayah Departemen Teknik Sipil Undip (c).....	20
Gambar 5.2. Titik Pengamatan Mikrotremor di sekitar wilayah FT Undip.....	20
Gambar 5.3. Hasil Pengamatan Array Mikrotremor pada Posisi Potongan A-A.....	21
Gambar 5.4. Hasil Pengamatan Array Mikrotremor pada Posisi Potongan B-B	21
Gambar 5.5. Hasil Pengamatan Array Mikrotremor pada Posisi Potongan C-C	22
Gambar 5.6. Hasil Pengamatan Array Mikrotremor pada Posisi Potongan D-D.....	22
Gambar 5.7. Hasil Pengamatan Array Mikrotremor pada Posisi Potongan E-E.....	23
Gambar 5.8. Hasil Pengamatan Array Mikrotremor pada Posisi Potongan F-F	23
Gambar 5.9. Hasil Pengamatan Array Mikrotremor pada Posisi Potongan H-H.....	24
Gambar 5.10. Kontur Frekuwensi Dominan Wilayah Pengamatan	24
Gambar 5.11. Kontur Faktor Amplifikasi Wilayah Pengamatan	25
Gambar 5.12. Spektra HVSr titik 3 (a) dan 24 (b).....	25
Gambar 5.13. Kontur elevasi batuan dasar Kota Semarang [15] dan Posisi Gedung DFTU terhadap dua jalur sesar Semarang dan Lasem	27
Gambar 5.14. Hasil Pengeboran Titik B1	29
Gambar 5.15. Hasil Pengeboran Titik B2	30
Gambar 5.16. Hasil Pengeboran Titik B3	31
Gambar 5.17. Nilai NSPT pada Tiga Lokasi Pengeboran.....	32
Gambar 5.18. Nilai rata-rata NSPT pada Tiga Lokasi Pengeboran	33
Gambar 5.19. Peta Situs Tanah Kota Semarang	35

Gambar 5.20. Model Lapisan Tanah untuk Analisis Rambatan Gelombang Gempa (a) Model-1 dan (b) Model-2	36
Gambar 5.21. Kurva Deagregasi untuk Sumber Gempa Sesar Aktif Pada Periode 0.2 detik, 1 detik dan PGA.....	37
Gambar 5.22. Posisi Gedung DFTU terhadap Sumber Gempa Sesar Semarang dan Sesar Lasem	38
Gambar 5.23. ATH Gempa Northridge-01 Magnitudo 6.69 Jarak 5.26 Km	40
Gambar 5.24. ATH Gempa Imperial Valley-06 Magnitudo 6.53 Mw Jarak 5.09 Km	40
Gambar 5.25. Spektra Target Horizontal Gempa Northridge-01 Magnitudo 6.69 Jarak 5.26 Km	41
Gambar 5.26. Spektra Target Horizontal Gempa Imperial Valley-06 Magnitudo 6.53 Mw Jarak 5.09 Km	41
Gambar 5.27. <i>Original Acceleration Time Histories</i> Gempa Northridge-01 Magnitudo 6.69 Jarak 5.26 Km	42
Gambar 5.28. Target Spectra and <i>Original Acceleration Spectra</i> dihitung dari <i>Acceleration Time Histories</i> Gempa Northridge-01 Magnitudo 6.69 Jarak 5.26 Km	43
Gambar 5.29. <i>Matched Acceleration Time Histories</i> Gempa Northridge-01 Magnitudo 6.69 Jarak 5.26 Km (NS)	43
Gambar 5.30. <i>Matched Acceleration Time Histories</i> Gempa Northridge-01 Magnitudo 6.69 Jarak 5.26 Km (EW)	44
Gambar 5.31. <i>Original Acceleration Time Histories</i> Gempa Imperial Valley-06 Magnitudo 6.53 Mw Jarak 5.09 Km.....	45
Gambar 5.32. Target Spectra and <i>Original Acceleration Spectra</i> dihitung dari <i>Acceleration Time Histories</i> Gempa Imperial Valley-06 Magnitudo 6.53 Mw Jarak 5.09 Km ..	45
Gambar 5.33. <i>Matched Acceleration Time Histories</i> Gempa Imperial Valley-06 Magnitudo 6.53 Mw Jarak 5.09 Km (NS).....	46
Gambar 5.34. <i>Matched Acceleration Time Histories</i> Gempa Imperial Valley-06 Magnitudo 6.53 Mw Jarak 5.09 Km (EW).....	46
Gambar 5.35. Parameter Dinamis Tanah Lokasi Gedung DFTU	47
Gambar 5.36. SATH Permukaan Gempa Northridge-01 Magnitudo 6.69 Mw dan Jarak 5.26 Km (NS) untuk Model-1 dan Model-2 Lokasi Gedung DFTU	48
Gambar 5.37. SATH Permukaan Gempa Northridge-01 Magnitudo 6.69 Mw dan Jarak	

5.26 Km (EW) untuk Model-1 dan Model-2 Lokasi Gedung DFTU	48
Gambar 5.38. Spektra Percepatan Permukaan Gempa Northridge-01 Magnitudo 6.69 Mw dan Jarak 5.26 Km (NS) untuk Model-1 dan Model-2 Lokasi Gedung DFTU	49
Gambar 5.39. Spektra Percepatan Permukaan Gempa Northridge-01 Magnitudo 6.69 Mw dan Jarak 5.26 Km (EW) untuk Model-1 dan Model-2 Lokasi Gedung DFTU	49
Gambar 5.40. Profile PGA akibat Gempa Northridge-01 Magnitudo 6.69 Mw dan Jarak 5.26 Km untuk Model-1 dan Model-2 pada Lokasi Gedung DFTU.....	50
Gambar 5.41. SATH Permukaan Gempa Imperial Valley-06 Magnitudo 6.53 Mw dan Jarak 5.09 Km (NS) untuk Model-1 dan Model-2 Lokasi Gedung DFTU	51
Gambar 5.42. SATH Permukaan Gempa Imperial Valley-06 Magnitudo 6.53 Mw dan Jarak 5.09 Km (EW) untuk Model-1 dan Model-2 Lokasi Gedung DFTU.....	51
Gambar 5.43. Spektra Percepatan Permukaan Imperial Valley-06 Magnitudo 6.53 Mw dan Jarak 5.09 Km (NS) untuk Model-1 dan Model-2 Lokasi Gedung DFTU	52
Gambar 5.44. Spektra Percepatan Permukaan Imperial Valley-06 Magnitudo 6.53 Mw dan Jarak 5.09 Km (EW) untuk Model-1 dan Model-2 Lokasi Gedung DFTU	52
Gambar 5.45. Profile PGA akibat Gempa Imperial Valley-06 Magnitudo 6.53 Mw dan Jarak 5.09 Km untuk Model-1 dan Model-2 pada Lokasi Gedung DFTU	53
Gambar 5.46. Perbandingan Spektra Desain Gedung DFTU dengan Spektra Permukaan akibat Skenario Gempa Sesar Semarang dengan menggunakan Gempa Northridge-01 Magnitudo 6.69 Mw dan Jarak 5.26 Km	54
Gambar 5.47. Perbandingan Spektra Desain Gedung DFTU dengan Spektra Permukaan akibat Skenario Gempa Sesar Lasem dengan menggunakan Gempa Imperial Valley-06 Magnitudo 6.53 Mw dan Jarak 5.09 Km	55
Gambar 5.48. Tampak 3D Gedung DFTU	56
Gambar 5.49. Potongan X-X Portal Gedung DFTU	56
Gambar 5.50. Potongan Y-Y Portal Gedung DFTU	57
Gambar 5.51. Spektra Desain Gedung DFTU.....	58
Gambar 5.52. Deformasi Gedung DFTU Akibat Spektra Desain SNI 1726:2016	58
Gambar 5.53. Drift Ratio Lantai Gedung DFTU Akibat Spektra Desain SNI 1726:2016.....	59
Gambar 5.54. Deformasi Lantai Gedung DFTU Akibat Spektra Desain SNI 1726:2016 dan Skenario Gempa Northridge-01 Magnitudo 6.69 Mw dan Jarak 5.26 Km.....	59

Gambar 5.55. <i>Drift Ratio</i> Lantai Gedung DFTU Akibat Spektra Desain SNI 1726:2016 dan Skenario Gempa Northridge-01 Magnitudo 6.69 Mw dan Jarak 5.26 Km.....	60
Gambar 5.56. Deformasi Lantai Gedung DFTU Akibat Spektra Desain SNI 1726:2016 dan Skenario Gempa Imperial Valley-06 Magnitudo 6.53 Mw dan Jarak 5.09 Km.....	60
Gambar 5.57. <i>Drift Ratio</i> Lantai Gedung DFTU Akibat Spektra Desain SNI 1726:2016 dan Skenario Gempa Imperial Valley-06 Magnitudo 6.53 Mw dan Jarak 5.09 Km.....	61

BAB I

PENDAHULUAN

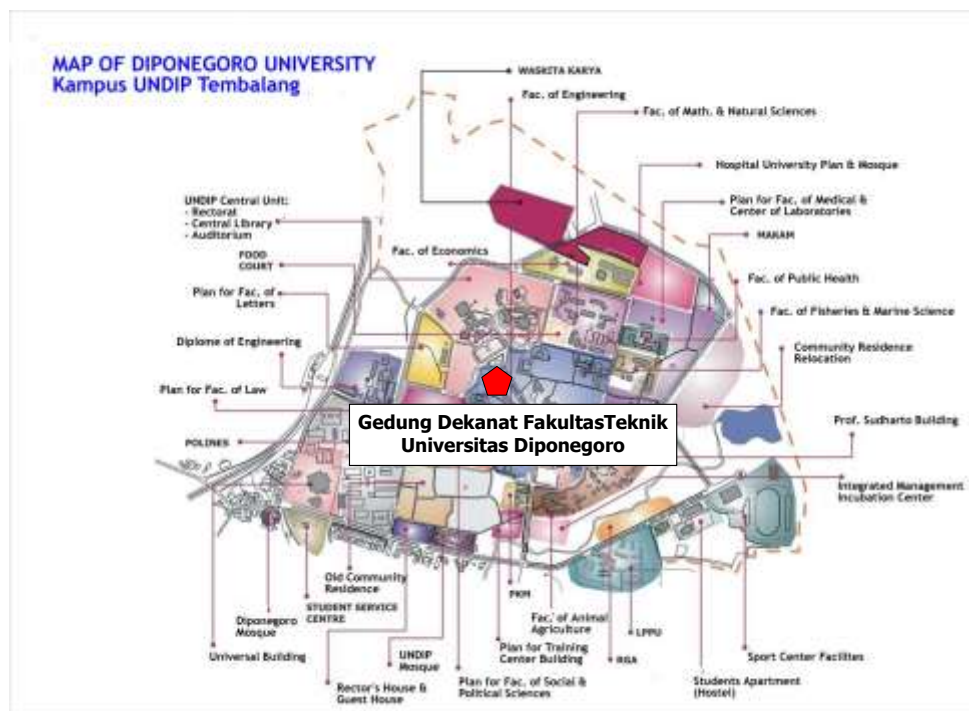
1.1.Latar Belakang.

Analisis struktur bangunan akibat peristiwa gempa dapat dilakukan dengan mengamati deformasi bangunan dan kekuatan elemen bangunan pada saat mengalami guncang gempa. Evaluasi dapat dilakukan dengan menggunakan simulasi komputer maupun pengujian laboratorium dengan model pembebanan menggunakan *Acceleration Time Histories* (ATH). Penggunaan ATH sebagai model pembebanan pada bangunan memungkinkan penerapan skenario dan model kejadian gempa akibat peristiwa gempa dengan magnitudo (M) dan jarak episenter (R) tertentu [1]. ATH yang digunakan sebagai model pembebanan gempa pada bangunan diperoleh dari hasil analisis rambatan gelombang gempa (*Site Specific Analysis/SSA*) dari elevasi batuan dasar (*bedrock*) ke permukaan [2], [3], [4] dan [5]. SSA pada suatu titik pengamatan membutuhkan informasi tentang ATH di *bedrock*, elevasi *bedrock*, data dinamis tanah dari *bedrock* sampai ke permukaan dan data elevasi muka air tanah [6]. Data dinamis tanah yang diperlukan pada SSA meliputi kecepatan rambat gelombang geser (V_s), *density* (γ), modulus geser (G) dan *damping ratio* (ξ). ATH pada *bedrock* diperoleh dari hasil pencatatan guncangan tanah akibat satu kejadian gempa dengan menggunakan peralatan *seismograph* dan *accelerometer*.

Elevasi *bedrock* dapat diperkirakan dengan melakukan pengujian *microtremor* menggunakan peralatan *seismometer* pada lokasi pengamatan. Data *microtremor* diperoleh dari hasil perekaman gelombang ambien (*ambient vibration*) yang diperoleh atau ditangkap disekitar perlatanan *seismometer* [7] dan [8]. Data dinamis tanah dapat diperoleh dari pekerjaan pengeboran, pengambilan sampel batuan dan tanah dan pengujian di laboratorium atau dapat juga diperoleh dari pendekatan empiris dengan menggunakan nilai N-SPT (*Standard Penetration Test*).

Persoalan mendasar yang selalu dihadapi pada perencanaan struktur maupun evaluasi ketahanan struktur terhadap guncangan gempa adalah tidak tersedianya data ATH dari sumber gempa yang terletak berdekatan dengan lokasi bangunan. Kondisi ini dimungkinkan karena belum adanya kejadian gempa atau peristiwa gempa dari sumber gempa yang terletak berdekatan dengan lokasi bangunan. Kondisi yang sama juga akan terjadi jika akan dilakukan analisis ketahanan gempa pada Gedung Dekanat Fakultas Teknik Undip (DFTU). Gambar 1.1

menunjukkan lokasi gedung DFTU dan Gambar 1.2. menunjukkan tampak depan dari gedung DFTU.

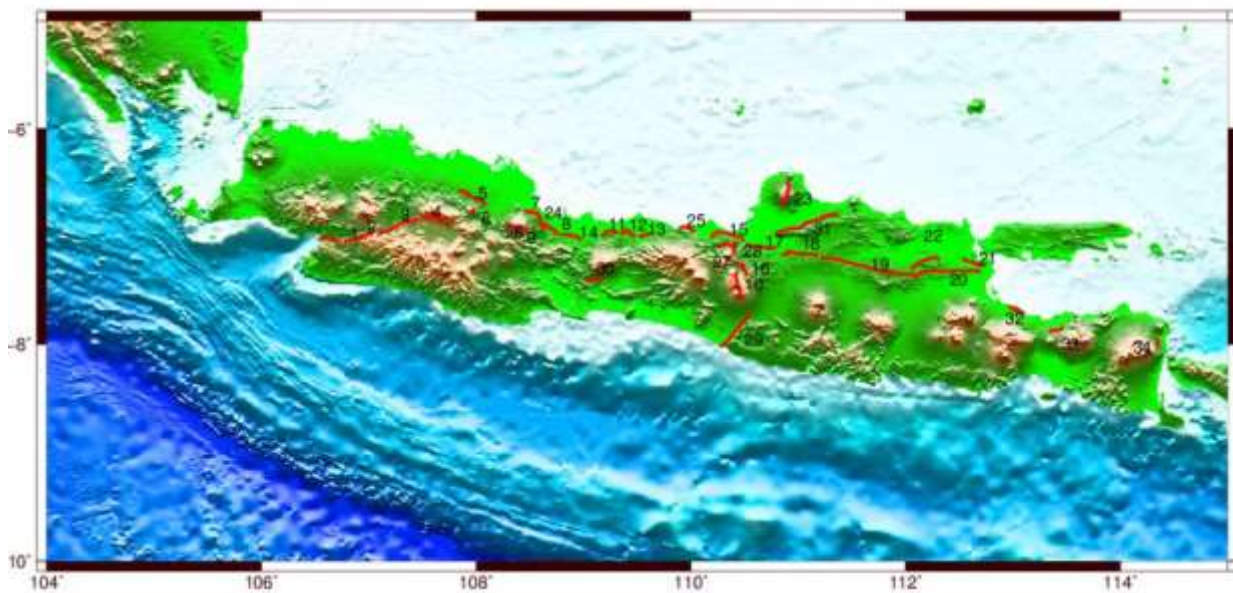


Gambar 1.1. Lokasi Gedung Dekanat Fakultas Teknik Undip



Gambar 1.2. Tampak Depan Gedung Dekanat Fakultas Teknik Undip

Berdasarkan masukan yang telah diberikan oleh PUSGEN (Pusat Studi Gempa Nasional) melalui buku Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia tahun 2017 [9] maka terdapat beberapa sumber gempa dengan mekanisme *Shallow Crustal Fault* yang terletak berdekatan dengan gedung DFTU. Gambar 1.3 menunjukkan peta sumber gempa sesar aktif di Pulau Jawa. Pada gambar tersebut terlihat ada enam sumber gempa yang terletak di sekitar Kota Semarang yaitu Sesar Weleri, Sesar Semarang, Sesar Rawapening, Sesar Demak, Sesar Purwodadi dan Sesar Lasem-Pati. Keenam sumber gempa sesar aktif sebagaimana terlihat pada gambar tersebut merupakan bagian atau segmen dari jalur sesar Baribis-Kendeng. Tabel 1.1 menunjukkan data keenam sumber gempa yang terletak di sekitar Kota Semarang. Dari keenam sumber gempa tersebut terdapat 2 sumber gempa yang letaknya dekat dengan DFTU dan berjarak ± 5 Km terhadap lokasi bangunan. Pada tabel tersebut terlihat perkiraan kekuatan gempa yang digunakan pada perencanaan bangunan tahan gempa. Dengan data tersebut maka semua bangunan yang berada di Kota Semarang diharapkan mampu menahan guncangan gempa yang bersumber dari Sesar Semarang dengan kekuatan ± 6.6 Mw dan Sesar Lasem dengan kekuatan ± 6.5 Mw. Pada tabel tersebut juga terlihat mekanisme kegempaan dari kedua sesar tersebut. Gedung DFTU yang telah selesai dibangun juga perlu dievaluasi tingkat ketahanannya terhadap skenario gempa dengan kekuatan 6.5 – 6.6 Mw dengan jarak episenter gempa ± 5 Km.



Gambar 1.3. Jalur Sesar Aktif Pulau Jawa [9]

Tabel 1.1. Data Sumber Gempa Sesar Aktif di Sekitar Kota Semarang

No	Sumber Gempa		<i>Slip-Rate</i>	Mekanisme	M _{max}
	Nama Sesar	Segmen	mm/yr		
1	Baribis-Kendeng Fold-Thrust Zone	Weleri	0,1	<i>Reverse-slip</i>	6,6
2		Semarang	0,1	<i>Reverse-slip</i>	6,6
3		Rawapening	0,1	<i>Reverse-slip</i>	6,5
4		Demak	0,1	<i>Reverse-slip</i>	6,6
5		Purwodadi	0,1	<i>Reverse-slip</i>	6,7
6		Lasem-Pati	0,1	<i>Strike-Slip</i>	6.5

Bangunan DFTU direncanakan dan dibangun menggunakan peraturan perencanaan gempa SNI 1726:2012 [10] dan peraturan beton SNI 2847:2013 [11] sehingga evaluasi ketahanan bangunan terhadap beban gempa harus berdasarkan kedua peraturan tersebut di atas. Perhitungan deformasi akibat beban gempa ATH juga mengacu pada peraturan perencanaan bangunan tahan gempa [10, 11]. Beban gempa ATH yang digunakan sebagai bahan evaluasi ketahanan struktur adalah beban gempa yang bersumber dari Sesar Semarang dan Sesar Lasem (Sesar Lasem -Pati dengan kekuatan masing-masing 6.6 Mw dan 6.5 Mw). Jika deformasi struktur dari bangunan DFTU yang dihitung dengan menggunakan peraturan [10 dan 11] lebih besar dibandingkan deformasi akibat beban gempa ATH maka bangunan dianggap mampu menahan beban gempa yang bersumber dari sesar aktif di sekitar Kota Semarang.

1.2. Identifikasi Masalah

Peraturan gempa untuk perencanaan bangunan gedung dan non gedung pada umumnya membahas tentang perencanaan atau desain bangunan baru. Banyak tenaga ahli Teknik Sipil yang telah memahami tentang bagaimana merencanakan bangunan tahan gempa. Tetapi sebaliknya setelah bangunan berdiri tidak banyak ahli Teknik Sipil yang mengetahui bagaimana mengevaluasi ketahanan bangunan terhadap guncangan gempa yang dihasilkan oleh satu skenario gempa tertentu (kekuatan dan jarak episenter gempa). Pengalaman menunjukkan banyak sekali bangunan yang hancur pada saat terjadi guncangan gempa. Peristiwa gempa Yogyakarta pada tahun 2006 menunjukkan adanya beberapa bangunan tinggi yang hancur akibat gempa dengan kekuatan 6.3 Mw.

Masalah penting yang sering dihadapi pada evaluasi bangunan gedung terhadap guncangan gempa dengan kekuatan dan jarak episenter tertentu adalah ketersediaan data ATH. Data ATH yang digunakan sebagai model beban gempa sering tidak dapat diperoleh dari peristiwa atau kejadian gempa yang bersumber dari sumber gempa terdekat terhadap lokasi bangunan. Kelangkaan data ATH karena belum pernah ada kejadian gempa dengan kekuatan rencana sesuai saran yang disampaikan pada [9]. Persoalan kedua adalah jarak episenter gempa yang juga sering tidak sesuai dengan jarak bangunan terhadap sumber gempa. Untuk mengatasi persoalan tersebut maka perlu dicari data gempa yang bersumber dari sumber gempa dari tempat lain dengan persyaratan adanya kesamaan antara mekanisme kegempaan, magnitudo dan jarak episenter gempa. Data yang diambil dari tempat lain juga harus dicocokkan dengan hasil perhitungan spektra gempa pada lokasi bangunan. Data spektra gempa dapat dihitung dengan menggunakan fungsi atenuasi (*Seismic Hazard Analysis*) dari sumber gempa dengan mekanisme, magnitudo dan jarak sesuai lokasi bangunan terhadap sumber gempa.

Masalah lain yang juga sering dihadapi adalah pemilihan model lapisan tanah untuk SSA. Pada daerah dengan elevasi *bedrock* yang sangat dalam sebagaimana terdapat pada wilayah utara Kota Semarang, maka data tanah sangat sulit dan mahal untuk didapatkan. Hal ini disebabkan karena elevasi *bedrock* diperkirakan berada pada kedalaman lebih dari 200 meter di bawah permukaan. Pengambilan sampel tanah dengan pengeboran sampai kedalaman tersebut sangat sulit dan mahal untuk dilaksanakan. Perlu dilakukan modifikasi pemodelan lapisan tanah pada SSA. Pada penelitian ini model lapisan tanah akan diambil sampai kedalaman 30 meter. Kedalaman *bedrock* pada lokasi DFTU diperkirakan berkisar antara 30–60 meter dari permukaan tanah.

1.3. Perumusan Masalah.

Berdasarkan uraian di atas maka masalah penting yang perlu diperhatikan pada penelitian ini adalah:

1. Apakah elevasi *bedrock* pada lokasi DFTU lebih dari 30 meter di bawah permukaan tanah.
2. Apakah data ATH diperoleh dari sumber gempa yang mempunyai mekanisme kegempaan sama dengan sumber gempa Sesar Semarang dan Sesar Lasem.
3. Apakah kekuatan gempa yang digunakan sama dengan kekuatan gempa yang disarankan oleh Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia 2017.

4. Apakah data ATH yang digunakan diperoleh dari kejadian gempa dengan episenter gempa yang sesuai.
5. Apakah data ATH yang digunakan merupakan data ATH yang telah dirambatkan ke permukaan tanah dari batuan dasar (*Bedrock*)
6. Apakah data elevasi *bedrock* dan data lapisan tanah di atas *bedrock* pada lokasi bangunan sudah diperoleh

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Umum

Analisis struktur bangunan tahan gempa pada umumnya dilakukan dengan menggunakan model beban gempa berbentuk repon spektra percepatan. Respon spektra percepatan dapat diperoleh dari peraturan perencanaan tahan gempa untuk gedung maupun non gedung [11] dan [12]. Salah satu hasil yang dapat diperoleh dengan model pembebanan gempa yang dikombinasikan dengan beban mati dan beban hidup adalah dimensi elemen struktur baik kolom dan balok maupun *shear wall*. Pada bangunan yang terbuat dari beton bertulang seperti bangunan DFTU maka hasil analisis struktur menghasilkan ukuran elemen struktur maupun perkuatan tulangan yang diperlukan pada setiap elemen struktur.

Hasil perencanaan struktur sebagaimana telah disampaikan di atas perlu dievaluasi tingkat ketahanannya terhadap guncangan gempa yang dihasilkan oleh kejadian gempa tertentu. Evaluasi ketahanan sebuah bangunan terhadap satu kejadian gempa dengan kekuatan dan jarak tertentu dapat dilakukan dengan menggunakan ATH. Pemanfaatan ATH pada perhitungan struktur dapat dilakukan dengan menerapkan atau menggunakan tiga komponen *ATH* (Utara-Selatan/US, Timur-Barat/TB dan Vertikal/V) [13]. Pemanfaatan tiga komponen *ATH* pada perencanaan bangunan tahan gempa dapat digunakan untuk melihat apakah bangunan yang direncanakan tahan terhadap guncangan gempa yang ditimbulkan oleh peristiwa gempa dengan kekuatan dan jarak episenter tertentu. Penerapan model tiga komponen ATH pada analisis struktur juga dipengaruhi oleh sistim tumpuan atau pondasi yang digunakan pada bangunan. Model tumpuan jepit pada analisis struktur akan memberi dampak berkurangnya pengaruh ATH arah vertikal. Dari hasil kajian yang dilakukan oleh [13] terlihat pengaruh dari dua komponen horisontal ATH memberikan pengaruh yang jauh lebih besar dibandingkan ATH vertikal. Pemanfaatan dua komponen horisontal dari ATH (US dan TB) sangat diperlukan pada analisis struktur yang menggunakan model ATH.

Dua komponen ATH yang digunakan pada analisis struktur pada umumnya diperoleh dari kejadian gempa pada daerah lain dengan mekanisme kegempaan, kekuatan gempa dan jarak episenter gempa ke posisi bangunan sesuai dengan mekanisme kegempaan yang telah disampaikan pada [9], sedangkan jarak episenter gempa ditentukan dari jarak terdekat antara

posisi bangunan ke sumber gempa. Karena belum ada data pencatatan peristiwa gempa yang bersumber dari Sesar Semarang maupun Sesar Lasem dengan kekuatan masing-masing 6.6 Mw dan 6.5 Mw, maka data tersebut dapat diperoleh dari data kejadian gempa yang lain yang mempunyai mekanisme yang sama dengan mekanisme kegempaan dari Sesar Semarang maupun Sesar Lasem [14].

Data ATH yang diperoleh dari kejadian gempa dari tempat lain harus dicocokkan (*matching*) dengan mekanisme kegempaan yang mungkin akan terjadi akibat kejadian gempa yang bersumber dari Sesar Semarang dan Sesar Lasem. Metode yang sering digunakan untuk mencocokkan data ATH adalah dengan pendekatan *response spectral matching* (RSM). Analisis RSM harus dilakukan pada kedua komponen ATH. Hasil akhir dari analisis RSM berbentuk dua komponen horizontal *modified ATH* (MATH) arah US dan TB.

Dua komponen MATH hasil analisis RSM pada umumnya dicatat pada posisi batuan dasar (*bedrock*), maka MATH yang diperoleh juga terletak pada batuan dasar. MATH tersebut tidak dapat diaplikasikan secara langsung pada satu bangunan. MATH yang dapat digunakan adalah yang ada pada permukaan. Oleh sebab itu kedua komponen MATH pada batuan dasar tersebut harus dirambatkan ke permukaan (SSA) untuk menghasilkan *surface ATH* (SATH) di permukaan.

Persoalan penting yang diperlukan pada analisis rambatan gelombang gempa adalah penentuan elevasi batuan dasar. Penentuan elevasi batuan dasar dapat dilakukan dengan menggunakan dua metode pengujian yaitu dengan menggunakan *single station feedback seismometer* dan melakukan pengeboran sampai elevasi batuan dasar. Dengan menggunakan kedua metode tersebut maka akan diperoleh elevasi batuan dasar dan profil kecepatan rambat gelombang geser dari elevasi batuan dasar ke permukaan. Penentuan elevasi batuan dasar dengan menggunakan pengeboran sering mengalami kendala, biaya yang besar dan waktu yang lama jika elevasi batuan dasar sangat dalam. Pengembangan metode SSA sangat diperlukan untuk mengatasi persoalan yang berhubungan dengan elevasi batuan dasar yang sangat dalam.

2.2. Pemilihan ATH Untuk Analisis Struktur

Perhitungan RSP membutuhkan data response spektra target dari titik pengamatan atau posisi bangunan. Perhitungan response spektra target menggunakan fungsi atenuasi yaitu fungsi empiris yang diperlukan untuk menghitung nilai percepatan akibat gempa dengan kekuatan dan jarak

tertentu. Fungsi atenuasi yang akan digunakan pada perhitungan spektra arah horizontal ada tiga [15] yaitu fungsi Atenuasi Boore dan Atkinson [16], fungsi atenuasi Campbell dan Bozorgnia [17] dan fungsi atenuasi Chiou dan Youngs [18].

Perhitungan spektra percepatan dan ATH di permukaan merupakan tahapan penting pada perencanaan bangunan. Perhitungan spektra percepatan di permukaan dapat dilakukan dengan dua pendekatan. Pendekatan pertama dengan melakukan analisis perambatan gelombang gempa SSA dalam bentuk ATH dari batuan dasar ke permukaan [14]. Pendekatan kedua dengan menggunakan angka faktor amplifikasi tanah yang biasanya dapat diperoleh dari peraturan perencanaan bangunan tahan gempa [11, 12 dan 19]. Perhitungan ATH di permukaan dengan menggunakan SSA pada umumnya tidak disediakan dalam peraturan perencanaan gempa.

Untuk perhitungan perambatan gelombang gempa dari batuan dasar ke permukaan tanah, maka diperlukan informasi tentang elevasi batuan dasar dan profil lapisan tanah diatas batuan dasar sampai ke permukaan. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk memperkirakan elevasi batuan dasar adalah dengan melakukan penelitian gelombang ambien (*Microtremor*) dengan menggunakan *single station feedback seismometer* [15]. Penelitian *single station feedback seismometer* dilakukan dengan cara merekam gelombang ambien (*ambient vibrations*) yang dihasilkan dari pergerakan kendaraan atau benda bergerak lain di permukaan atau Gerakan yang bersumber dari Gerakan di dalam bumi. Gelombang ambien juga dapat dibangkitkan dengan cara memukulkan hammer di atas permukaan tanah yang kemudian menghasilkan gelombang yang ditangkap oleh *seismometer*.

Analisis rambatan gelombang gempa ke permukaan memerlukan data karakteristik lapisan tanah pada lokasi pengamatan atau pada lokasi bangunan. Karakteristik tanah setempat yang diperlukan pada analisis rambatan gelombang gempa adalah data *density*, modulus geser tanah, kecepatan rambat gelombang dan faktor redaman tanah atau *damping ratio* dan elevasi muka air tanah [20]. Besarnya nilai modulus geser tanah dan *damping ratio* akan memberikan gambaran tentang perilaku *non linier* dari tanah. Perilaku *non linier* dari tanah akan berpengaruh pada perhitungan amplifikasi dan frekuensi dari gelombang gempa pada saat sampai ke permukaan tanah. Pengukuran modulus geser tanah dilakukan pada kondisi regangan kecil [14, 20].

Analisis perambatan gelombang gempa dari batuan dasar ke permukaan tanah dilakukan dengan memodelkan perambatan gelombang geser secara vertikal pada media viskoelastik

(*viscoelastic media*) [14]. Metode analisis perambatan gelombang pada media viskoelastik dilakukan dengan dua cara atau dua pendekatan yaitu dengan pendekatan linear ekivalen (*equivalent linear*) dan menggunakan metode nonlinear [14]. Hasil akhir yang diperoleh dari analisis perambatan gelombang adalah gerakan gempa (SATH) di permukaan tanah.

2.3. Analisis Struktur Bangunan DFTU Dengan Menggunakan Dua Komponen ATH

Secara umum perencanaan bangunan tahan gempa bertujuan untuk melihat seberapa besar bentuk struktur dan ukuran setiap elemen struktur mampu menahan beban gempa yang bekerja padanya. Pada saat terjadi beban gempa ringan sampai sedang, maka bangunan tidak boleh mengalami kerusakan. Pada saat bangunan mengalami beban gempa kuat maka bangunan boleh mengalami kerusakan tetapi tidak boleh mengalami keruntuhan.

SATH yang diperoleh dari analisis rambatan gelombang gempa dapat digunakan untuk analisis struktur akibat beban gempa. SATH tersebut diperoleh dari catatan kejadian gempa sehingga dapat memberikan gambaran tentang berapa besar atau kekuatan gempa dan jarak sumber gempa yang memberikan pengaruh yang membahayakan bagi sebuah bangunan. Dengan menggunakan berbagai data ATH dari satu sumber gempa atau beberapa sumber gempa maka dapat dilakukan beberapa skenario kegempaan yang diaplikasikan pada struktur bangunan. Dari setiap skenario kejadian gempa atau SATH maka dapat dihitung ukuran elemen struktur yang diperlukan. Dari ukuran elemen struktur yang diperoleh akibat setiap skenario gempa kemudian dibandingkan dengan ukuran elemen struktur yang telah terpasang atau terbangun atau kondisi eksisting. Jika ukuran elemen struktur eksisting yang dihitung dengan menggunakan [10 dan 12] lebih besar atau sama dengan setiap skenario kejadian gempa maka bangunan diperkirakan mampu menahan guncangan gempa untuk setiap skenario kegempaan.

Adanya *software* komputer yang dapat membantu dalam analisis struktur menyebabkan kombinasi pembebanan yang akan diaplikasikan pada struktur menjadi lebih mudah. Dari setiap skenario kombinasi kekuatan gempa dan jarak *site* atau lokasi bangunan ke sumber gempa maka dapat diperoleh ukuran elemen struktur dan jumlah tulangan yang diperlukan pada setiap elemen struktur.

2.4.Peta Jalan Penelitian

Penelitian ketahanan bangunan DFTU akibat sumber gempa sesar Semarang dan Sesar Lasem merupakan bagian dari penelitian mikrozonasi gempa di Kota Semarang. Penelitian mikrozonasi gempa Kota Semarang sudah dimulai sejak tahun 2011 dan sampai saat ini masih belum selesai. Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian mitigasi gempa Kota Semarang. Penelitian yang telah dilaksanakan sejak tahun 2011 sampai tahun 2018 meliputi:

1. Penelitian *Hazard* Gempa Kota Semarang melalui pendekatan probabilistik (*Probabilistic Seismic Hazard Analysis/PSHA*). Penelitian ini dilakukan pada tahun 2011 dan menghasilkan peta distribusi percepatan gerakan tanah di batuan dasar (*Bedrock*).
2. Penelitian *single station feedback seismometer* untuk memperkirakan elevasi batuan dasar dilakukan pada tahun 2012 dan bertujuan untuk memperkirakan elevasi atau posisi batuan dasar. Dengan data elevasi batuan dasar tersebut maka dapat diperkirakan ketebalan lapisan sedimen yang akan merambatkan getaran gempa.
3. Penelitian elevasi batuan dasar dengan pengujian pengeboran. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk memverifikasi kedalaman batuan dasar yang telah diperoleh dari hasil penelitian pada tahun 2012. Penelitian dilakukan pada tahun 2013 pada lokasi di Kecamatan Tembalang. Dari hasil penelitian *single station feedback seismometer* kemudian dilakukan pengeboran pada 2 (dua) titik dengan elevasi batuan dasar kurang dari 30 meter dan 4 (empat) titik lainnya mempunyai elevasi batuan dasar lebih dari 30 meter.
4. Pada tahun 2014 dilakukan penelitian deterministik *hazard* gempa (*Deterministic Seismic Hazard Analysis/DSHA*). Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji besarnya guncangan gempa akibat satu sumber gempa tertentu. Penelitian ini dilakukan berdasarkan informasi yang diperoleh dari SNI 1726:2012 yang menunjukkan Kota Semarang sangat rentan terhadap guncangan gempa yang bersumber dari Sesar Lasem. Untuk mengkaji apakah bangunan yang telah direncanakan dengan menggunakan SNI 1726:2012 aman terhadap bahaya gempa yang bersumber dari Sesar Lasem, maka dilakukan penelitian deterministik *hazard* gempa pada 188 titik pengamatan akibat sumber gempa Sesar aktif. Semua titik tersebut merupakan hasil pengujian atau pekerjaan pengeboran diseluruh wilayah Kota Semarang. Simulasi dilakukan dengan menggunakan 4 contoh kejadian gempa dengan kekuatan antara 6.19 Mw sampai 7.14 Mw akibat sumber gempa sesar

aktif. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai *Peak Ground Acceleration* (PGA) mencapai 0.6 g akibat gempa dengan kekuatan minimum 6.15 Mw. Dengan kekuatan gempa 7.14 Mw menunjukkan nilai PGA mencapai 0.6 g dengan wilayah guncangan yang makin meluas dan lebih luas dibandingkan dampak akibat gempa dengan kekuatan 6.15 Mw. Nilai PGA tersebut hampir sama dengan nilai PGA yang dihitung dengan menggunakan SNI 1726:2012.

5. Persoalan penting yang dijumpai pada analisis *hazard* gempa deterministik adalah sulitnya mendapatkan perangkat lunak yang dapat digunakan untuk menghitung nilai spektra percepatan akibat sumber gempa Sesar Aktif (*Shallow Crustal Fault*). Pada tahun 2015 dilakukan penelitian untuk pembuatan software atau perangkat lunak yang dapat digunakan untuk perhitungan *hazard* gempa deterministik.
6. Pada tahun 2016 penelitian *hazard* gempa dilakukan dengan melakukan kajian tentang potensi munculnya sumber gempa sesar aktif disekitar wilayah Kota Semarang. Penelitian ini merupakan bagian dari pengembangan peta gempa wilayah Indonesia tahun 2016. Peta gempa Indonesia tahun 2016 merupakan pengembangan dari Peta Gempa Nasional tahun 2010. Studi pengembangan Peta Gempa Nasional Tahun 2016 dilakukan oleh Pusat Studi Gempa Nasional (PUSGEN). PUSGEN merupakan satu wadah dari para ahli gempa diseluruh Indonesia yang mempunyai tugas mengkaji secara berkelanjutan tingkat kerawanan wilayah Indonesia terhadap bahaya gempa. Berdasarkan hasil penelitian pada tahun 2016 maka diperoleh sumber gempa sesar aktif baru disekitar Kota Semarang. Sumber gempa sesar aktif tersebut diantaranya adalah Sesar Semarang, Sesar Weleri, Sesar Demak, Sesar Purwodadi, Sesar Pati, Sesar Rawapening yang berpotensi mengguncang Kota Semarang.
7. Pada tahun 2017 sudah dimulai penelitian atau kajian yang berhubungan dengan analisis tingkat kerentanan bangunan tinggi di Kota Semarang. Penelitian pada tahun 2017 dilakukan pada 8 (delapan) bangunan tinggi dengan ketinggian minimum 40 meter dan melibatkan sumber gempa sesar Lasem sebagai satu-satunya sumber gempa yang diskenariokan menghasilkan guncangan terhadap kedelaman bangunan tersebut. Analisis struktur dilakukan dengan mengaplikasikan lima ATH dari lima kejadian gempa dengan kekuatan antara 6 Mw sampai 7 Mw dengan jarak episenter gempa maksimum 20 Km.

8. Penelitian pada tahun 2018 berhubungan dengan analisis tingkat kerentanan bangunan tinggi di Kota Semarang dalam bentuk deformasi bangunan. Penelitian pada tahun 2018 dilakukan pada 2 (dua) bangunan tinggi dengan ketinggian minimum 40 meter dan melibatkan sumber gempa sesar Semarang sebagai sumber gempa yang diskenarioikan menghasilkan guncangan terhadap kedua bangunan tersebut. Analisis struktur dilakukan dengan mengaplikasikan 3 (tiga) komponen ATH (US, TB dan V) dari satu kejadian gempa dengan kekuatan antara 6.52 Mw dengan jarak episenter gempa masing-masing 5.07 Km, 6.97 Km dan 16.17 Km.

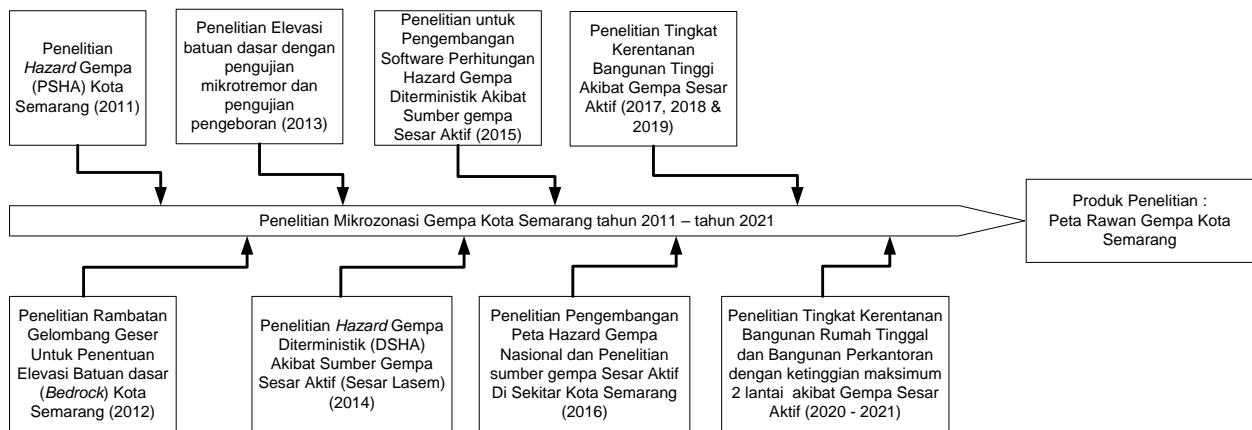
Berdasarkan peta jalan penelitian dari tahun 2011 sampai tahun 2018 maka penelitian mitigasi gempa Kota Semarang dilanjutkan pada tahun ini dengan penelitian tingkat kerentanan bangunan tinggi akibat sumber gempa sesar dangkal yaitu sesar Semarang dan Sesar Lasem dengan mengaplikasikan 2 (dua) komponen ATH untuk perhitungan dimensi elemen struktur. Pendekatan analisis pada penelitian tahun 2019 merupakan kelanjutan penelitian tahun 2017 dan 2018. Jika pada tahun 2017 dan 2018 menitik beratkan pada analisis stabilitas bangunan tinggi maka pada penelitian ini masih dilakukan analisis stabilitas bangunan dengan menggunakan SATH yang diperoleh dari modifikasi SSA. Bangunan yang akan dianalisis tidak sebanyak pada penelitian tahun 2018. Pada penelitian tahun 2019 hanya dilakukan pada 1 bangunan yang terletak pada Universitas Diponegoro. Bangunan terletak pada lapisan tanah sedang (SD). Kekuatan gempa yang dipilih juga tidak bervariasi tetapi berkisar pada nilai kekuatan 6.5 – 6.6 Mw dengan jarak episenter gempa ± 5 Km..

Berdasarkan penjelasan tentang peta jalan penelitian dari tahun 2011 sampai tahun 2018 dan rencana penelitian dari tahun 2019 sampai tahun 2021 maka peta jalan penelitian mikrozonasi gempa dan mitigasi gempa Kota Semarang dapat dilihat pada Gambar 2.1.

2.5. Kebaruan Penelitian

Penentuan elevasi batuan dasar akan lebih baik jika dilakukan dengan pengeboran. Dengan metode pengeboran maka akan didapatkan posisi atau elevasi batuan dasar secara nyata. Data fisik material batuan dapat diuji di laboratorium untuk mendapatkan sifat fisik material batuan dasar seperti density (γ), kecepatan rambat gelombang geser (V_s), modulus geser (G) dan faktor damping (ξ). Pekerjaan pengeboran menjadi sangat sulit dilakukan dan membutuhkan biaya yang

sangat besar jika elevasi batuan dasar sangat dalam atau lebih dari 100 meter sebagaimana terdapat pada bagian utara Kota Semarang. Dengan pengamatan *mocrotremor*, data yang diperoleh hanya perkiraan elevasi batuan dasar dan nilai Vs. Dengan cara ini biaya yang dikeluarkan jauh lebih murah dan peta elevasi batuan dasar juga dapat digambarkan lebih mudah. Nilai parameter dinamis batuan dapat diperoleh dengan pendekatan empiris dengan menggunakan nilai Vs. Penyederhanaan model lapisan tanah sangat diperlukan agar persoalan yang dihadapi pada SSA untuk elevasi bedrock yang sangat dalam dapat di perkecil. Dengan model lapisan tanah 30 meter diharapkan dapat membantu mempermudah SSA.



Gambar 2.1. Peta Jalan Penelitian Mikrozonasi Gempa Kota Semarang

BAB III

TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

1.1. Tujuan Penelitian.

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan analisis untuk mendapatkan data perkiraan elevasi *bedrock* dengan pengujian menggunakan *single station feedback seismometer* disekitar lokasi gedung baru DFTU Tembalang.
2. Melakukan modifikasi *site specific analysis* dengan model ketebalan lapisan tanah di atas *bedrock* 30 meter.
3. Melakukan evaluasi ketahanan bangunan gedung DFTU, dengan cara membandingkan deformasi dari bangunan akibat skenario gempa Sesar Semarang dan Sesar Lasem serta menggunakan ATH hasil SSA dari kejadian gempa dengan kekuatan 6.6 Mw dan 6.5 Mw dan jarak episenter ± 5 Km.

3.2. Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian tentang tingkat ketahanan bangunan DFTU maka dapat diperoleh manfaat sebagai berikut:

1. Kemampuan bangunan dalam mendukung guncangan gempa atau skenario kejadian gempa yang bersumber dari Sesar Semarang dan Sesar Lasem dapat diperkirakan.
2. Dengan adanya pengamatan *microtremor* untuk memperkirakan elevasi *bedrock* maka dapat diperoleh gambaran profil lapisan tanah dari permukaan sampai elevasi *bedrock*.
3. Data ATH yang diperoleh pada penelitian ini dapat digunakan untuk mengevaluasi ketahanan bangunan di lingkungan kampus Undip Tembalang.
4. Dengan modifikasi model SSA 30 meter maka dapat diperoleh penghematan biaya pengeboran untuk mendapatkan data tanah di atas *bedrock*.

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1. Pendahuluan

Penelitian SSA pada suatu titik pengamatan membutuhkan informasi tentang ATH di *batuan dasar*, elevasi batuan dasar, data dinamis tanah yang meliputi kecepatan rambat gelombang geser (V_s), *density* (γ), modulus geser (G), *damping ratio* (ξ) dan elevasi muka air tanah. Data ATH diperoleh dari hasil pencatatan kejadian gempa pada peralatan seismograph dan *accelerometer* yang dipasang pada satu stasiun pengamatan gempa. Data V_s , γ , ξ dan G dapat diperoleh dari hasil pengujian laboratorium maupun dari hasil penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti lain. Cara lain yang juga sering digunakan adalah menggunakan data N-SPT dan menggunakan rumus empiris antara nilai N-SPT dengan keempat data dinamis tanah tersebut.

Pada suatu daerah atau lokasi pengamatan yang belum pernah mendapatkan data kejadian gempa dari sumber gempa yang terdekat dengan wilayah tersebut maka data ATH dapat dicari dari pencatatan data gempa di tempat lain dengan persyaratan magnitudo dan jarak sumber gempa serta mekanisme kegempaan sama dengan sumber gempa terdekat dari lokasi pengamatan. Data ATH dari tempat lain harus dicocokkan (*matching*) dengan simulasi data gempa yang bersumber dari sumber gempa terdekat. Analisis yang digunakan untuk mencocokkan data ATH adalah RSM. Berdasarkan informasi dari [9] maka penelitian SSA di Kota Semarang dilakukan untuk sumber gempa Sesar Semarang dengan mekanisme *reverse fault* dan sudut kemiringan bidang sesar (*dip*) 45° . Skenario kegempaan yang akan digunakan adalah dengan magnitudo 6.6 Mw. Data gempa kedua yang digunakan pada penelitian ini adalah data sumber gempa Sesar Lasem yang memiliki mekanisme *Strike Slip* dengan sudut *dip* 90° dan magnitudo gempa 6.5 Mw. Jarak sumber gempa ke lokasi pengamatan bergantung pada jarak bangunan terhadap jalur Sesar Semarang dan Sesar Lasem

4.2. Lokasi Penelitian.

Penelitian dilakukan pada gedung DFTU dengan melakukan dua tahapan analisis. Analisis yang pertama adalah rambatan gelombang gempa dari elevasi bedrock ke permukaan untuk mendapatkan *ground motion* di permukaan. Setelah mendapatkan *ground motion* di permukaan

dilanjutkan dengan analisis yang kedua berupa perhitungan struktur gedung DFTU dengan model beban *ground motion* di permukaan. Gambar 4.1. menunjukkan lokasi penelitian.

4.3. Tahapan Penelitian

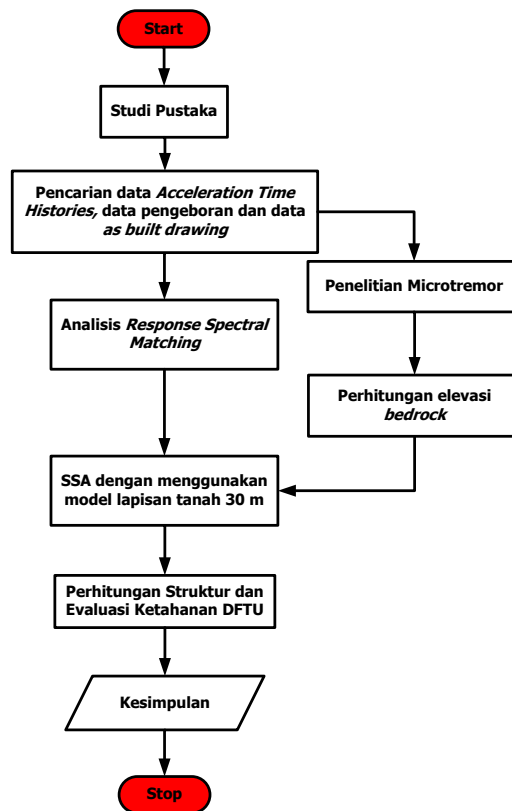
Berdasarkan uraian di atas maka tahapan penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pencarian dan pengumpulan data sekunder berupa data pengeboran di lokasi penelitian, data *as built drawing* gedung DFTU dan data *ATH*. Dari data pengeboran tanah maka dapat diperoleh profil lapisan tanah yang meliputi jenis tanah, nilai N-SPT (*Standar Penetration Test*) dan data properties tanah dari permukaan sampai kedalaman 30 meter atau sampai batas kedalaman pengeboran. Data bangunan yang diperlukan adalah data detail ukuran dan penulangan elemen struktur.
2. Survei *microtremor* dengan peralatan *single station feedback seismometer* untuk mendapatkan elevasi *batuan dasar* dan profil Vs dari elevasi *batuan dasar* sampai permukaan. Jumlah titik pengamatan *microtremor* sebanyak 26 titik dengan tujuan agar profil lapisan tanah berbentuk profil kecepatan rambat gelombang geser di sekitar lokasi penelitian dapat diperoleh dengan jelas.
3. Melakukan analisis *RSM* dengan menggunakan spektra target hasil analisis deterministic. Hasil analisis akan berbentuk *modified acceleration time histories* (MATH).
4. Perhitungan SSA dengan menggunakan data MATH dari skenario kejadian gempa Sesar Semarang dengan kekuatan 6.5 Mw dan Sesar Lasem dengan Magnitudo 6.5 Mw dan jarak \pm 5 Km.
5. Perhitungan struktur bangunan DFTU yang meliputi perhitungan dimensi kolom dan balok dan jumlah tulangan yang diperlukan pada elemen struktur tersebut dengan menggunakan beban gempa berupa *surface acceleration time histories* (SATH) akibat skenario gempa Sesar Semarang dan Sesar Lasem.
6. Melakukan evaluasi ketahanan bangunan DFTU dengan membandingkan deformasi bangunan eksisting dan hasil analisis akibat skenario dua gempa tersebut di atas.

Berdasarkan uraian tahapan penelitian di atas secara diagramatis alur tahapan penelitian SSA dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.1. Lokasi Penelitian



Gambar 4.2. Alur Pikir Penelitian

BAB V

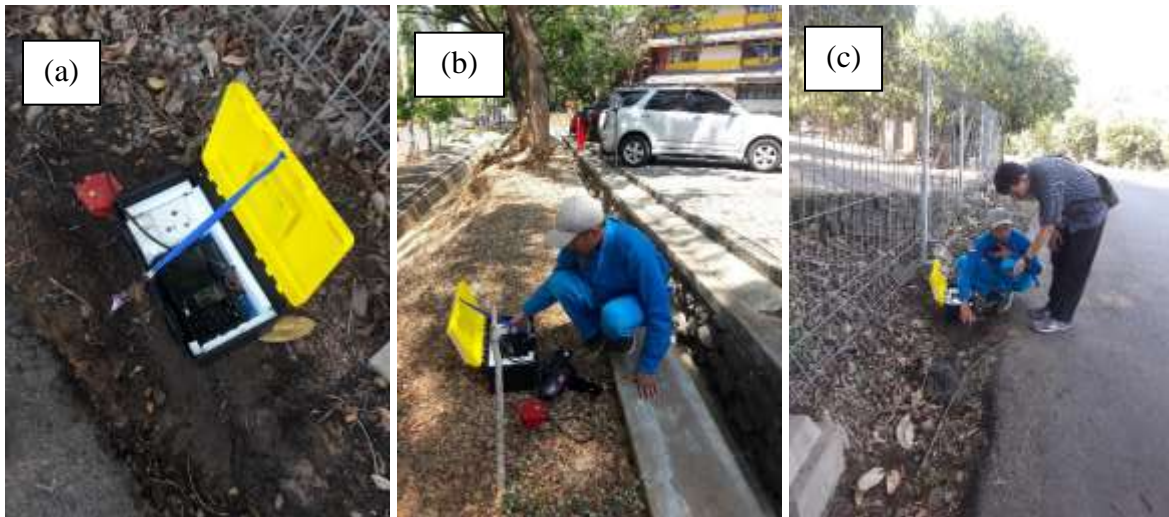
HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Hasil Investigasi Lapangan Menggunakan *Array Microtremor*

Penelitian untuk memperkirakan elevasi batuan dasar dan profil kecepatan rambat gelombang dari batuan dasar (*bedrock*) ke permukaan dilakukan dengan menggunakan peralatan *Single Station Feedback Seismometer*. Pada pengujian *single station feedback seismometer*, penentuan elevasi *bedrock* menggunakan gelombang ambien (*ambient vibration*) yang bersumber dari pergerakan tanah dan batuan di dalam bumi. Pengujian *single station feedback seismometer* dilakukan pada wilayah disekitar Lokasi Fakultas Teknik (Lokasi FT) dengan jumlah titik pengamatan sebanyak 26 titik. Lokasi FT meliputi daerah disekitar gedung Departemen Teknik Sipil, Departemen Teknik Geologi, Departemen Teknik Arsitektur, Departemen Teknik Pengembangan Wilayah dan Tata Kota dan disekitar Gedung Dekanat Fakultas Teknik Undip). Bangunan yang akan dikaji pada penelitian ini adalah gedung Dekanat Fakultas Teknik Undip (DFTU). Pemilihan beberapa area disekitar Gedung Fakultas Teknik tersebut sebagai objek lokasi penelitian mikrotremor agar mendapatkan gambaran yang lebih lengkap tentang elevasi batuan dasar dan profil kecepatan rambat gelombang geser. Gambar 5.1. menunjukkan contoh peralatan seismometer yang digunakan pada penelitian mikrotremor. Gambar 5.2. menunjukkan titik-titik pengamatan mikrotremor pada Lokasi Fakultas Teknik. Berdasarkan hasil pengamatan pada 26 titik tersebut kemudian dibuat garis hubung titik pengamatan atau titik potong secara larik atau *array* atau garis lurus untuk mendapatkan perkiraan elevasi batuan dasar dan profil kecepatan rambat gelombang geser.

Penelitian pada (Lokasi FT) menggunakan seismometer 100 Hz dengan lama waktu pengamatan 15 menit. Hasil pengujian lapangan berbentuk tiga komponen gelombang (*North-South / NS*, *East-West/EW* dan *Vertical/V*). Gambar 5.3. sampai Gambar 5.11. menunjukkan potongan array pengamatan mikrotremor pada Lokasi FT. Tabel 5.1 menunjukkan koordinat dari 26 lokasi pengamatan mikrotremor. Gambar 5.12 menunjukkan dua gambar spektra HVSR pada lokasi DFTU. Pada Tabel 5.1 juga terlihat frekuensi dominan dari setiap titik pengamatan. Dengan menggunakan data frekuensi dominan tersebut maka dapat diperkirakan elevasi batuan dasar pada setiap titik mikrotremor. Pada Tabel 5.1 terlihat elevasi permukaan tanah berkisar antara 204 m sampai 231 m dari permukaan laut. Dari hasil pengamatan mikrotremor pada

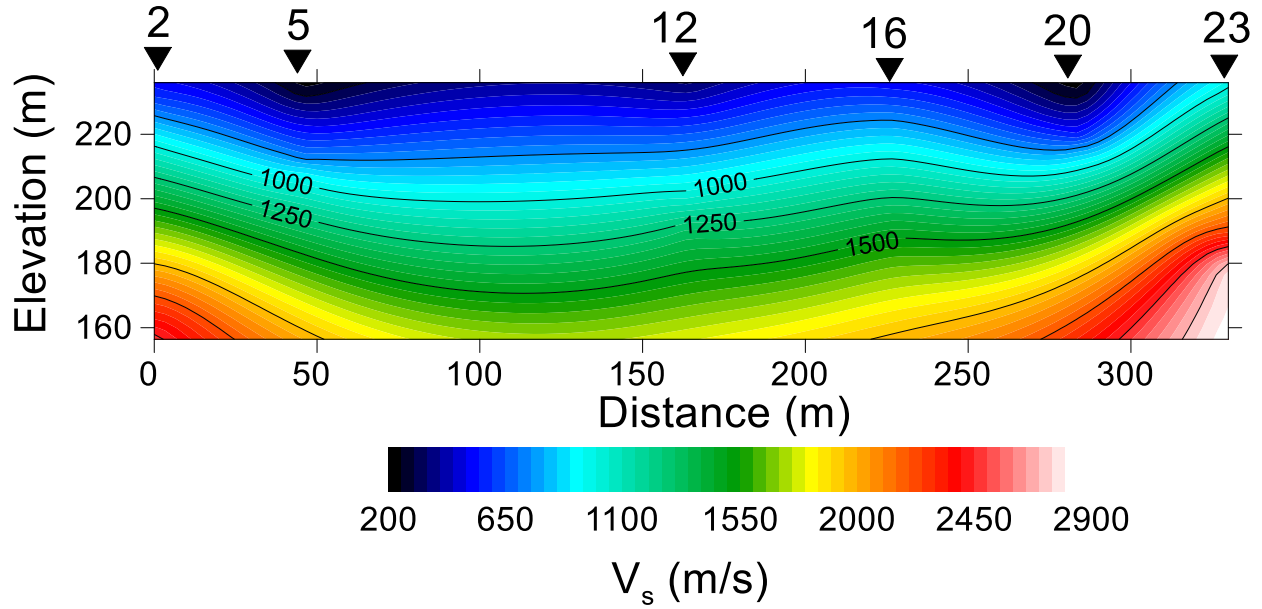
Lokasi FT elevasi batuan dasar (*bedrock*) terletak pada kedalaman 50 meter dibawah permukaan tanah setempat. Penentuan elevasi batuan dasar ditentukan dengan mengambil pendekatan nilai VS bedrock sebesar 1500 m/s (SNI 1726:2012). Hasil perhitungan nilai rata-rata VS30 dari 26 titik pengamatan mikrotremor sebesar 376 m/s.



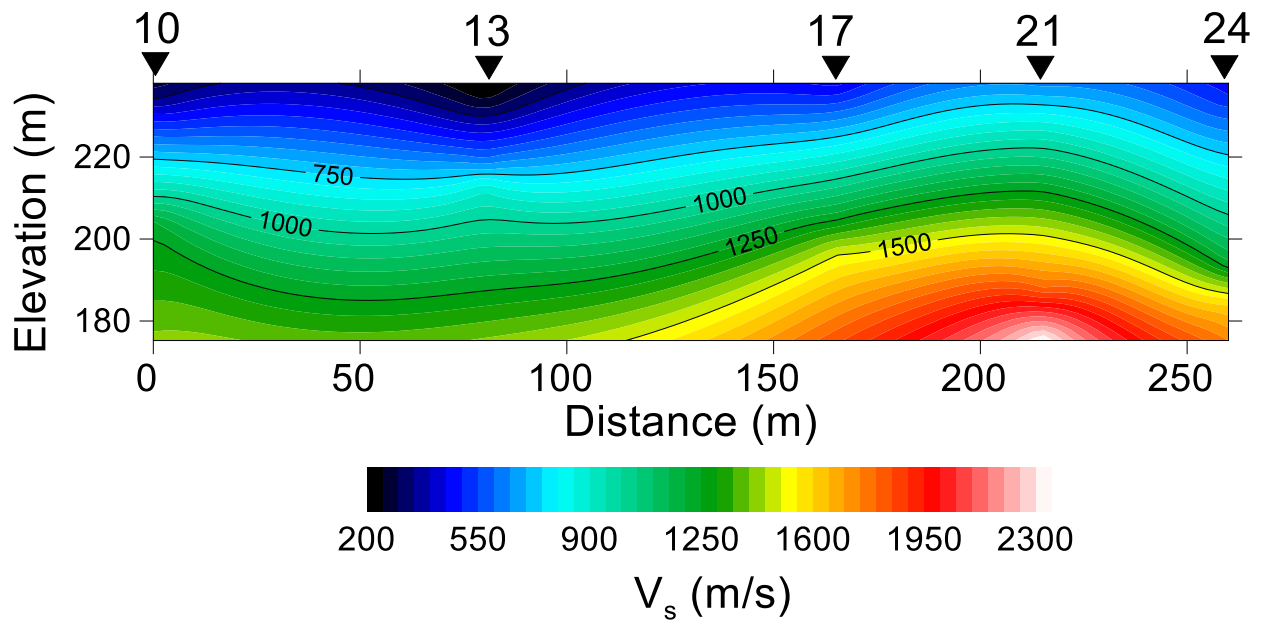
Gambar 5.1. Peralatan *Microtremor* (a) dan contoh dua titik pengamatan di Dekanat FT Undip (b) dan di sekitar wilayah Departemen Teknik Sipil Undip (c)



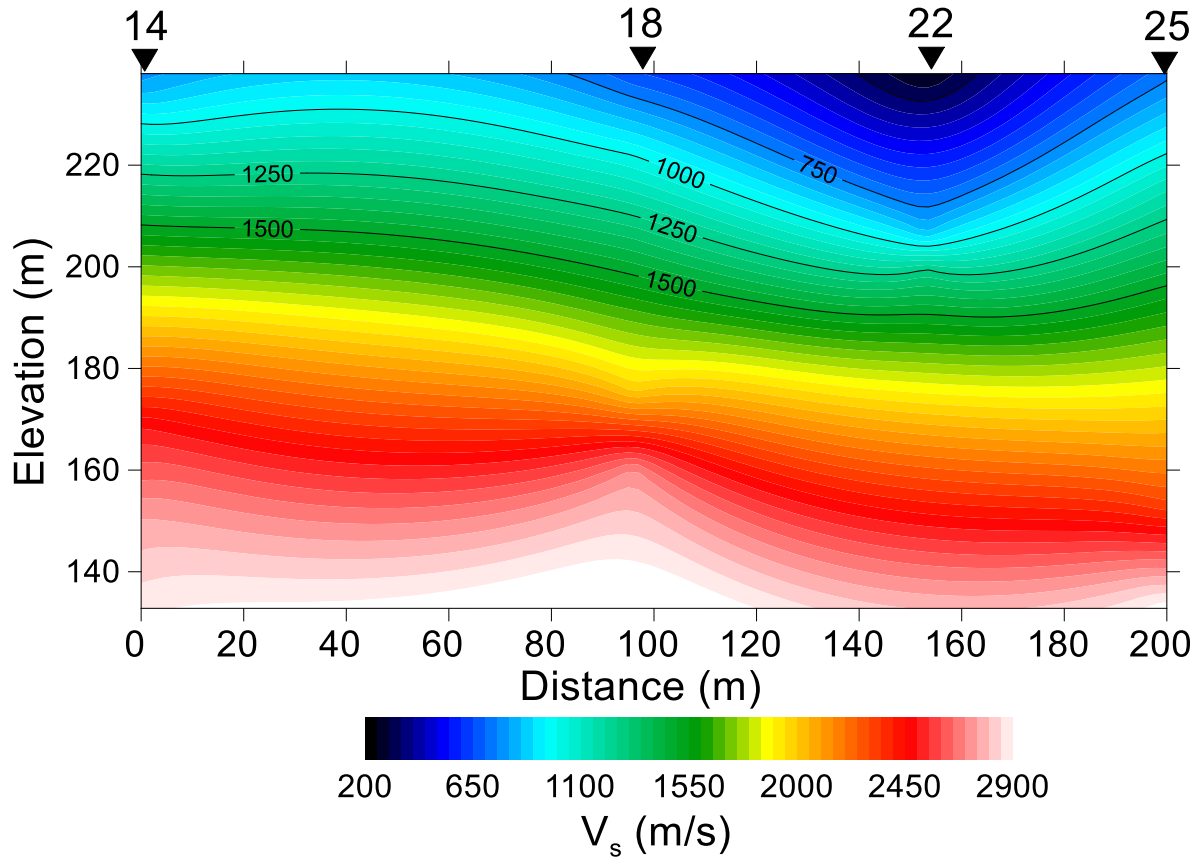
Gambar 5.2. Titik Pengamatan Mikrotremor di sekitar wilayah FT Undip



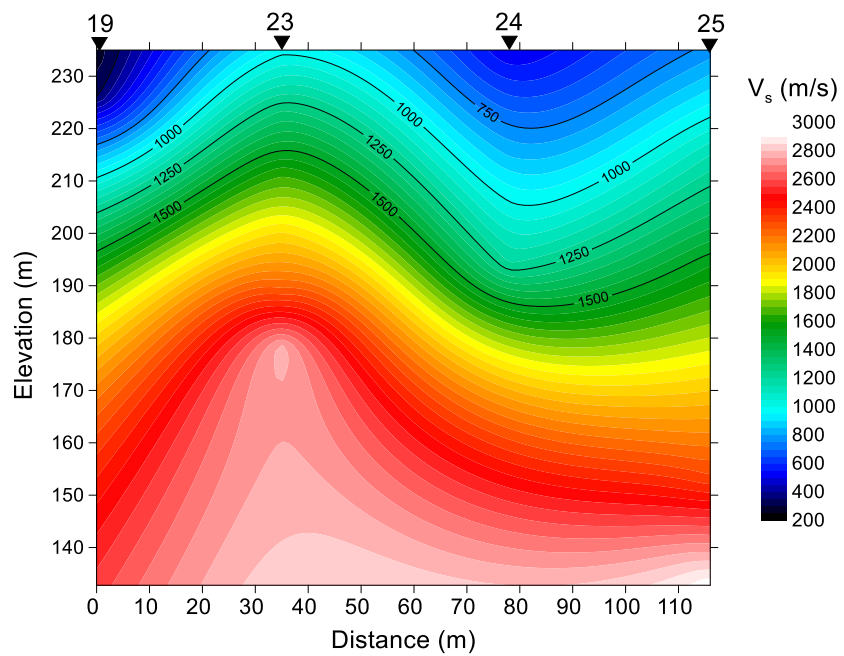
Gambar 5.3. Hasil Pengamatan Array Mikrotremor pada Posisi Potongan A-A



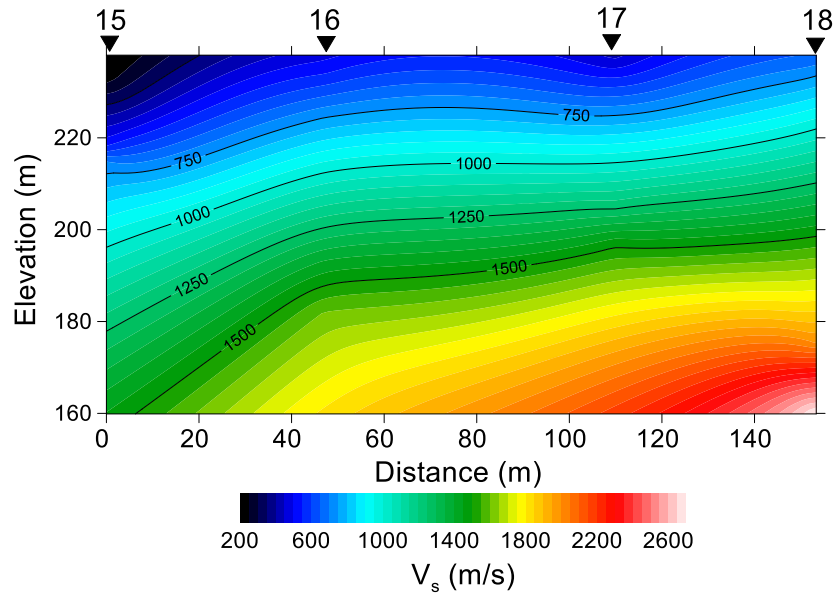
Gambar 5.4. Hasil Pengamatan Array Mikrotremor pada Posisi Potongan B-B



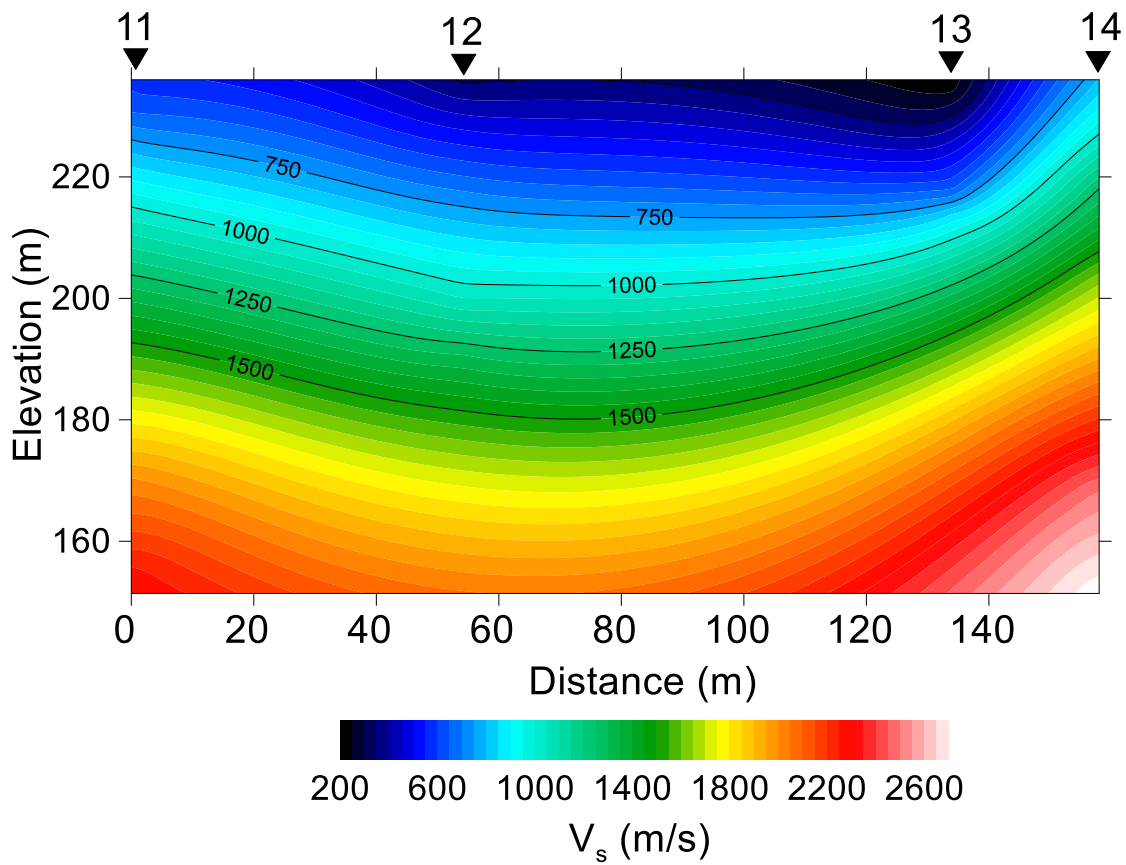
Gambar 5.5. Hasil Pengamatan Array Mikrotremor pada Posisi Potongan C-C



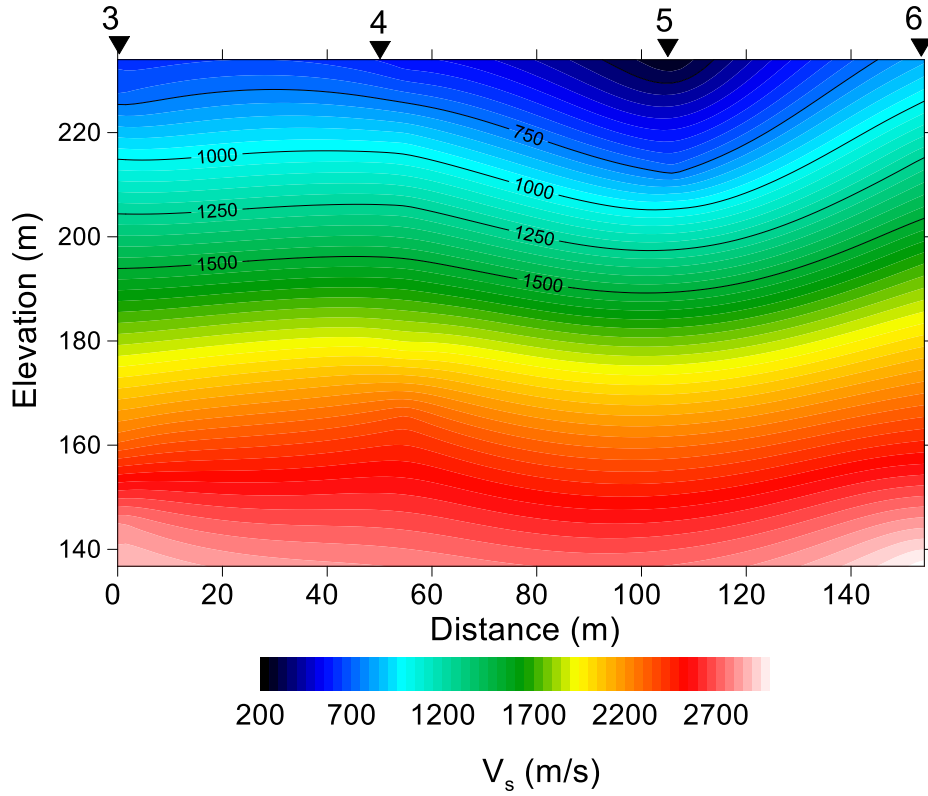
Gambar 5.6. Hasil Pengamatan Array Mikrotremor pada Posisi Potongan D-D



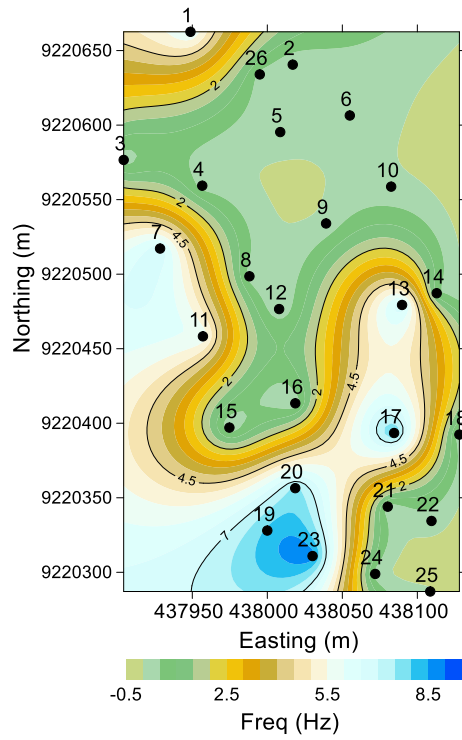
Gambar 5.7. Hasil Pengamatan Array Mikrotremor pada Posisi Potongan E-E



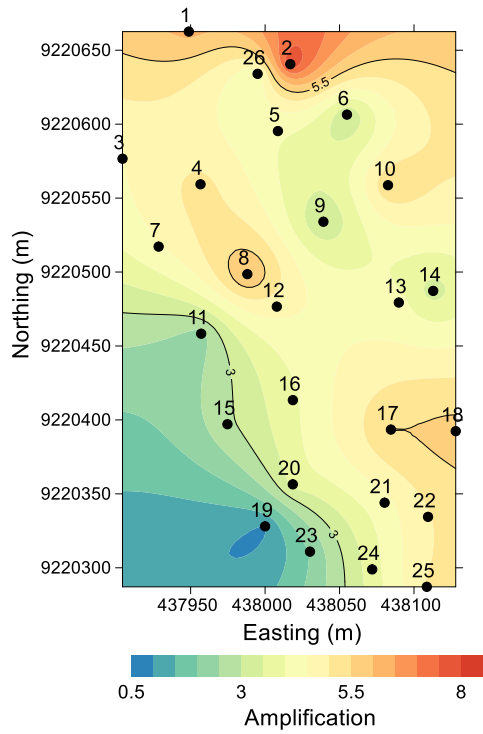
Gambar 5.8. Hasil Pengamatan Array Mikrotremor pada Posisi Potongan F-F



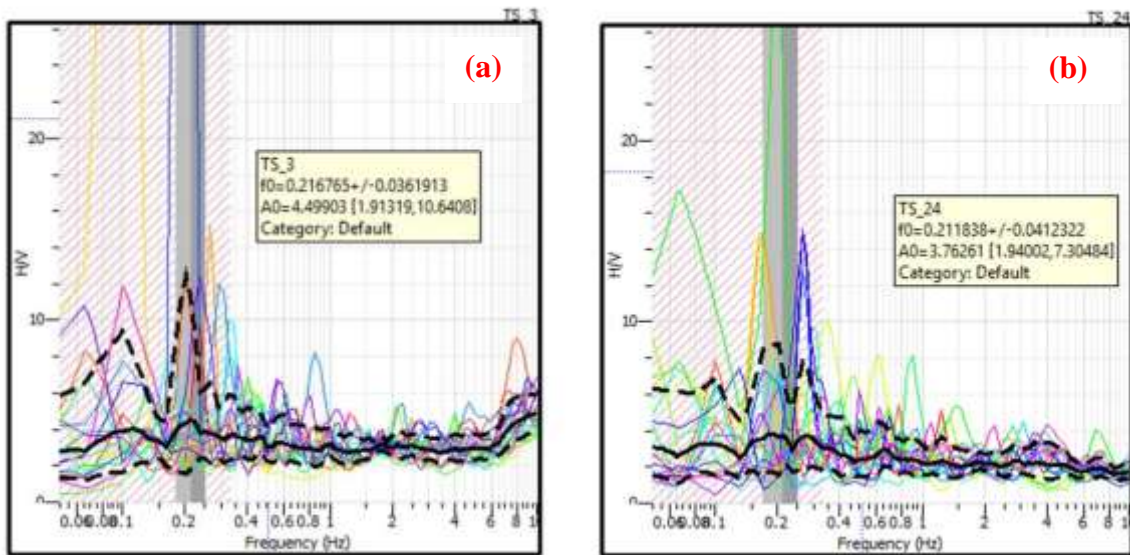
Gambar 5.9. Hasil Pengamatan Array Mikrotremor pada Posisi Potongan G-G



Gambar 5.10. Kontur Frekuwensi Dominan Wilayah Pengamatan



Gambar 5.11. Kontur Faktor Amplifikasi Wilayah Pengamatan

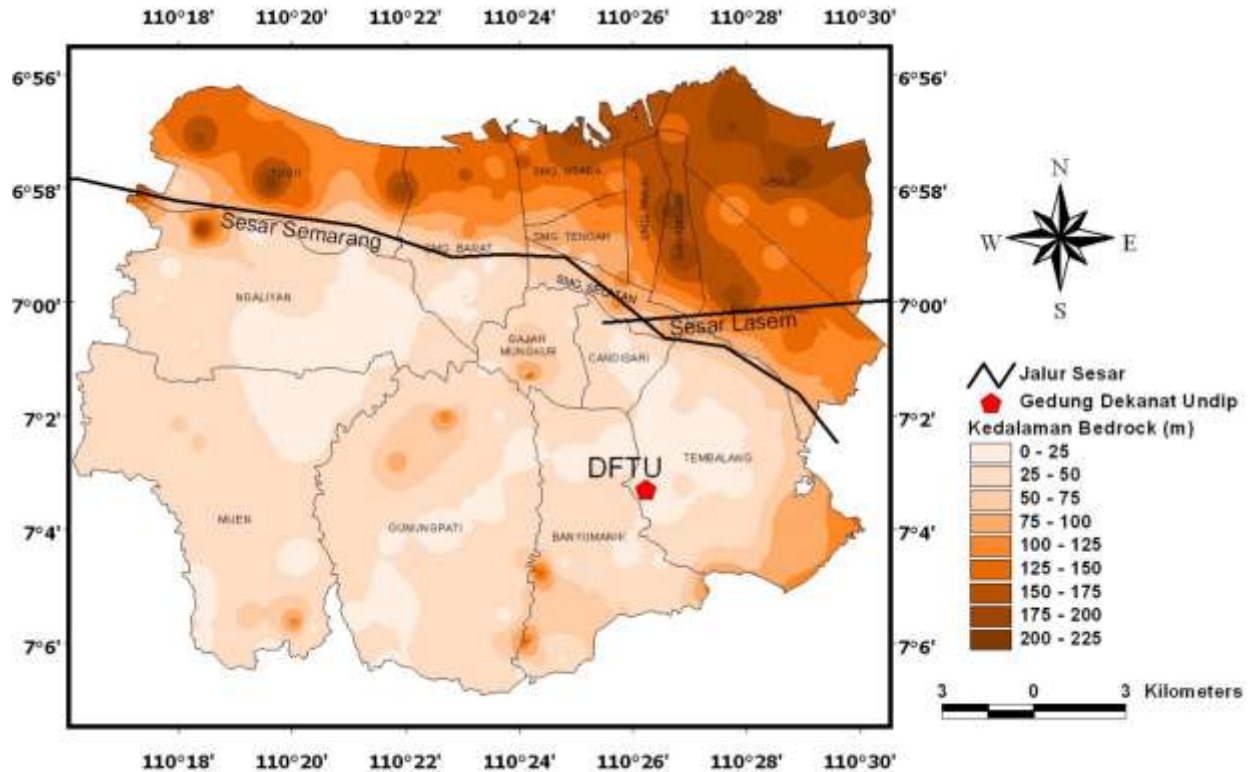


Gambar 5.12. Spektra HVSR titik 3 (a) dan 24 (b)

Tabel 5.1. Lokasi Titik Pengamatan Mikrotremor

Titik	x	y	Easting	Northing	elev (m)
1	-7.05022	110.438150	437948.8	9220663	228
2	-7.05042	110.438767	438016.9	9220641	233
3	-7.05099	110.437746	437904.3	9220577	228
4	-7.051150	110.438220	437956.6	9220559	232
5	-7.050825	110.438691	438008.6	9220595	234
6	-7.05073	110.439111	438055	9220606	234
7	-7.051531	110.437965	437928.5	9220517	230
8	-7.051700	110.438504	437988.1	9220499	234
9	-7.051380	110.438967	438039.2	9220534	236
10	-7.05116	110.439360	438082.5	9220559	236
11	-7.05206	110.438223	437957.1	9220458	232
12	-7.0519	110.438683	438007.9	9220477	236
13	-7.05188	110.439425	438089.8	9220479	235
14	-7.0518	110.439634	438112.9	9220487	236
15	-7.05262	110.438382	437974.7	9220397	233
16	-7.05247	110.438780	438018.7	9220413	235
17	-7.05265	110.439376	438084.5	9220393	238
18	-7.05266	110.439770	438128	9220392	238
19	-7.05324	110.438610	438000	9220328	233
20	-7.05299	110.438779	438018.6	9220356	234
21	-7.0531	110.439337	438080.3	9220344	238
22	-7.05319	110.439601	438109.4	9220334	238
23	-7.0534	110.438883	438030.2	9220311	234
24	-7.05351	110.439261	438071.9	9220299	235
25	-7.05361	110.439593	438108.6	9220287	235
26	-7.05048	110.438568	437995	9220634	232

Partono pada tahun 2015 [15] telah melakukan penelitian elevasi batuan dasar pada wilayah Kota Semarang. Penelitian elevasi batuan dasar dilakukan dengan menggunakan peralatan *single station feedback seismometer* tanpa melakukan analisis array mikrotremor. Perhitungan elevasi batuan dasar ditentukan berdasarkan hasil pengamatan atau perhitungan distribusi frekuensi dominan pada Kota Semarang. Gambar 5.13 menunjukkan peta distribusi elevasi batuan dasar wilayah Kota Semarang. Hasil penelitian tahun 2015 mempunyai kemiripan dengan hasil penelitian pada Lokasi Fakultas Teknik. Hasil penelitian tahun 2015 menunjukkan elevasi batuan dasar pada Lokasi Fakultas Teknik berkisar pada kedalaman 40 – 50 meter.



Gambar 5.13. Kontur elevasi batuan dasar Kota Semarang [15] dan Posisi Gedung DFTU terhadap dua jalur sesar Semarang dan Lasem

5.2. Hasil Penelitian Geoteknik

Evaluasi stabilitas sebuah bangunan terhadap guncangan gempa membutuhkan data lapisan dari batuan dasar sampai ke permukaan. Data lapisan tanah tersebut diperlukan untuk analisis rambatan gelombang gempa dari batuan dasar ke permukaan. Data lain yang diperlukan pada analisis rambatan gelombang gempa adalah data *density* tanah dari elevasi batuan dasar sampai ke permukaan, data VS30 (kecepatan rambat gelombang geser pada 30 meter lapisan tanah teratas), data dinamis tanah seperti data damping dan data modulus geser tanah. Data VS30 juga dapat digunakan untuk melihat kondisi tanah atau situs tanah tempat bangunan berdiri. Menurut SNI 1726:2012 lapisan tanah tempat bangunan berdiri dapat dikelompokkan menjadi situs SC (tanah keras), SD (tanah sedang), SE (tanah lunak) dan SF (tanah khusus). Situs tanah SF penentuannya tidak didasarkan pada nilai VS30 tetapi ditentukan oleh plastisitas lapisan tanah. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Partono pada tahun 2015, lokasi bangunan DFTU terletak pada tanah tipe sedang (SD) dengan nilai VS30 antara 175 – 350 m/s. Data tanah

diambil dari 3 lokasi pengeboran dengan kedalaman sampai 30 meter pada lokasi bangunan gedung DFTU, Universitas Diponegoro. Gambar 5.14 sampai Gambar 5.16 menunjukkan data booring pada tiga titik pengamatan pada lokasi Gedung Dekanat Fakultas Teknik Undip. Tabel 5.2 sampai Table 5.4 menunjukkan hasil perhitungan nilai VS30 pada ke tiga lokasi pengeboran tersebut. Gambar 5.17. menunjukkan perubahan nilai N-SPT sampai kedalaman 30 meter yang digunakan pada perhitungan *site class* atau koefisien situs pada Gedung DFTU. Gambar 5.18 menunjukkan nilai NSPT rata-rata dari tiga titik pengeboran yang akan digunakan pada analisis rambatan gelombang gempa. Dari hasil pengamatan pada tiga titik lokasi pengeboran terlihat lapisan batu pasir dijumpai pada elevasi antara 25 – 30 meter. Hal ini menunjukkan bahwa elevasi batuan dasar diperkirakan berada pada elevasi 40 – 50 meter dari permukaan tanah setempat. Jenis batuan yang ditemukan pada lokasi penelitian diperkirakan berupa batu pasir.

Perhitungan N rata-rata sampai 30 meter (N30) dilakukan pada ketiga titik pengeboran. Nilai N30 sangat diperlukan pada penentuan situs tanah untuk perhitungan spektra desain. Dari hasil perhitungan nilai N30 pada ketiga titik pengeboran terlihat nilai N30 terletak diantara 15 sampai 50. Hasil perhitungan N30 menunjukkan lokasi bangunan DFTU terletak pada situs tanah SD [10]. Berdasarkan kajian yang telah dilakukan oleh [15] sebagaimana terlihat pada Gambar 5.19, lokasi Gedung DFTU juga terletak pada situs tanah SD.

Hasil penelitian geoteknik dan penelitian mikrotremor kemudian dilakukan pembuatan model lapisan tanah yang akan digunakan pada analisis rambatan gelombang gempa dari batuan dasar ke permukaan. Dari hasil penelitian mikrotremor dengan mengambil lapisan batuan keras (SA) dengan kecepatan rambat gelombang geser minimum 1500 m/s maka diperoleh posisi batuan dasar (*bedrock*) diperkirakan berada pada kedalaman 50 meter. Sedangkan lapisan batuan (SB) dengan nilai minimum kecepatan rambat gelombang geser minimum 750 m/s diperkirakan kedalaman batuan dasar berada pada kedalaman 30 meter. Berdasarkan hasil penelitian mikrotremor maka akan dikembangkan dua model lapisan tanah yaitu Model-1 dengan ketebalan 50 meter dan Model-2 dengan ketebalan 30 meter. Gambar 5.20. menunjukkan model lapisan tanah yang digunakan pada analisis rambatan gelombang gempa.



BORE LOG

Project :		Perencanaan Gedung Utama Dekanat Fakultas Teknik UNDIP		Location : Kompleks Kampus UNDIP Tembalang Semarang, Jawa Tengah		Bore Hole No : BH. 1		Page 1	
Date of drilling	November 2009	Descripted by	: Andy R.A.S, ST	Coordinate	X:				
Bore Machine	Kano Boring	Checked by	: Ir. M uhrozi, MS		Y:				
Pump	Sunchin	Date of photograph	:	Elevation					
Master bore	Suyono	Sample store at	: Semarang	Inclination	90°				
Drilling methode	Rotary			Azimuth					
Diameter of hole	73 mm	Ground Water Depth	: - 8.00 meter						
Date	Depth (m)	Thickness (m)	sample	Symbol	Layer Tipe	DESCRIPTION	Field Test		
							SPT		
							Depth (m)	N	10 30 50
November 2009	0.00				Lanau Kelempungan	teguh, warna merah kecoklatan			
	2.00	4.00							
	3.00								
	4.00				Lanau Kepasiran	kaku sampai sangat kaku, warna coklat		3.00	12
	5.00	4.50	5.00					3.45	
	6.00								
	7.00							6.00	35
	8.00							6.45	
	9.00	2.00	9.50		Lanau Kepasiran	keras, warna abu-abu kecoklatan		9.00	56
	10.00		10.00					9.45	
	11.00								
	12.00	4.00			Lanau Kepasiran (PADAS)	sedikit kerikil, keras, warna coklat abu-abu		12.00	58
	13.00							12.45	
	14.00	1.00	14.50		Pasir Kerikilan	padat, warna abu-abu kecoklatan		15.00	>60
	15.00		15.00					15.50	>60
	16.00	2.00			Batu Pasir (PADAS)	tersementasi lemah, warna coklat			
	17.00								
	18.00	3.00			Pasir Kerikilan	campur batu, padat warna abu-abu kecoklatan		18.00	>60
	19.00		19.50					18.45	
	20.00	1.00	20.00		Batu Pasir	warna abu-abu			
	21.00							21.00	>60
	22.00							21.45	
	23.00	3.00			Pasir Kerikilan	campur batu, padat warna coklat abu-abu			
	24.00							24.00	>60
	25.00		24.50					24.45	
	26.00		25.00						
	27.00	6.00			Batu Pasir	warna abu-abu		27.00	>60
	28.00							27.45	
	29.00								
	30.00		29.50					30.00	>60
		30.00					30.45		
NOTE :									

Gambar 5.14. Hasil Pengeboran Titik B1



BORE LOG

Project : Perencanaan Gedung Utama Dekanat Fakultas Teknik UNDIP		Location : Kompleks Kampus UNDIP Tembalang Semarang, Jawa Tengah		Bore Hole No : BH 2 Page 1					
Date of drilling	November 2009	Described by	: Andy RAS, ST	Coordinate	X:				
Bore Machine	Kano Boring	Checked by	: Ir. M udrozi, MS	Coordinate	Y:				
Pump	Sunchin	Date of photograph	:	Elevation	:				
Master bore	Suyono	Sample store at	: Semarang	Inclination	90°				
Drilling methode	Rotary	Ground Water Depth	: - 8.50 meter	Azimuth	:				
Diameter of hole	73 mm								
Date	Depth (m)	Thickness (m)	sample	Symbol	Layer Tipe	DESCRIPTION	Field Test		
							SPT		
							Depth (m)	N	10 30 50
November 2009	0.00								
	1				Lanau				
	2	3.50			Kelempungan	teguh, warna merah kecoklatan			
	3						3.00	19	
	4	3.50					3.45		
	5	2.50	4.50 5.00		Lanau	kaku sampai keras, warna coklat			
	6	6.00			Kepasiran		6.00	46	
	7						6.45		
	8	4.00			Lanau	keras, tersisipi batu padas, warna coklat			
	9				Kepasiran	abu-abu			
	10	10.00	9.50 10.00				9.00	52	
	11	2.50			Boulder	sedikit lanau, keras, warna abu-abu			
	12				Kerikilan	kecoklatan	12.00	>60	
	13	12.50					12.45		
	14	2.50			Lanau	campur batu dan kerikil, keras warna abu-			
	15	15.00	14.50 15.00		Kepasiran	abu kecoklatan	15.00	>60	
	16						15.50		
	17	3.00			Pasir	sedikit lanau & boulder, keras, warna abu-			
	18				Kerikilan	(PADAS)			
	18.00						18.00	>60	
	19	2.00	19.50 20.00		Pasir	campur kerikil, keras warna abu-abu			
	20	20.00			Kelanauan	(PADAS)			
	21	2.00			Pasir	tersementasi lemah, campur batu, padat	21.00	>60	
	22				Kerikilan	warna coklat abu-abu	21.45		
	23								
	24		24.50 25.00				24.00	>60	
	25						24.45		
	26	8.00			Batu Pasir	warna abu-abu			
	27						27.00	>60	
	28						27.45		
29									
30	30.00	29.50 30.00				30.00	>60		
						30.45			
NOTE :									

Gambar 5.15. Hasil Pengeboran Titik B2

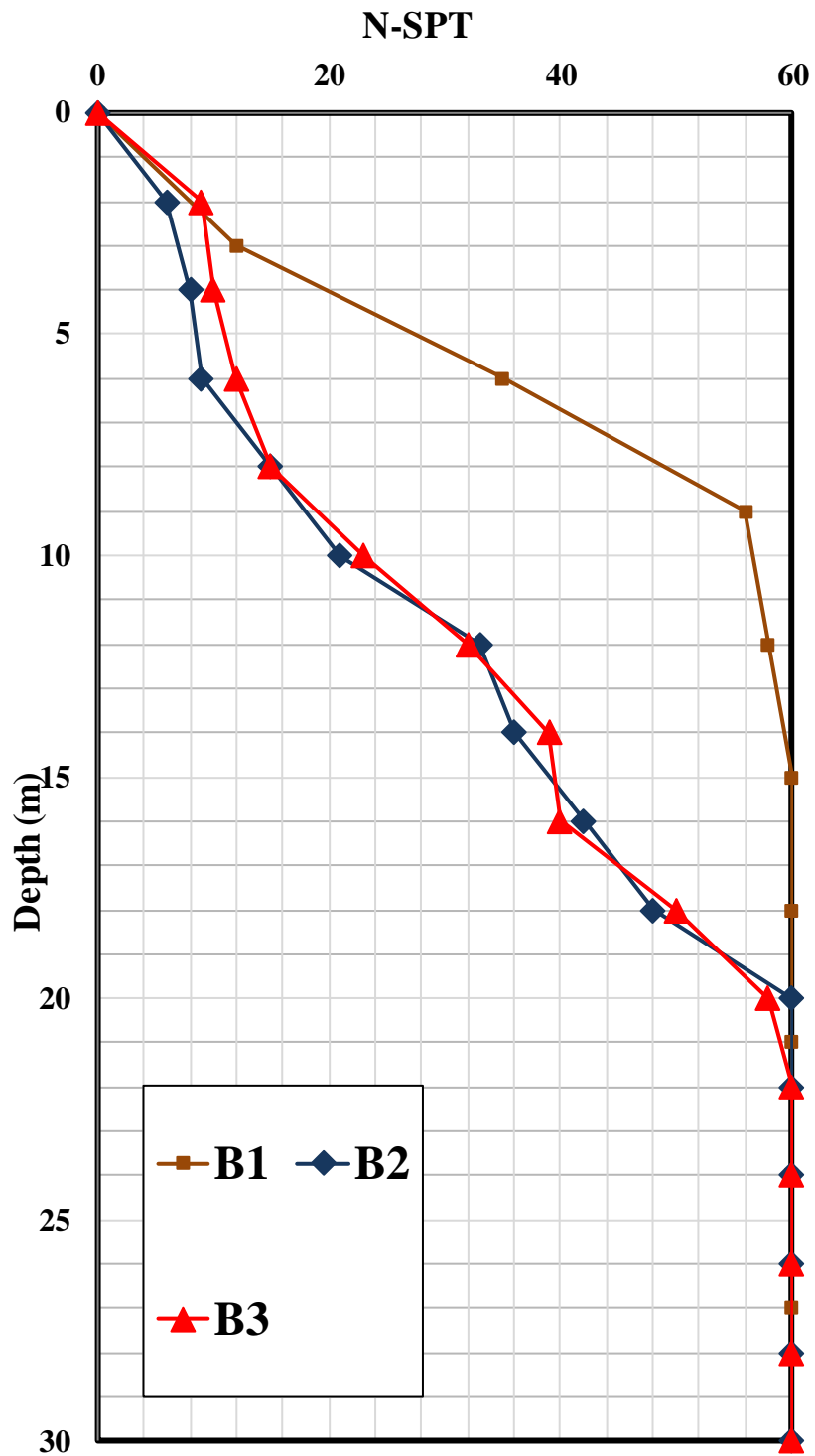


BORE LOG

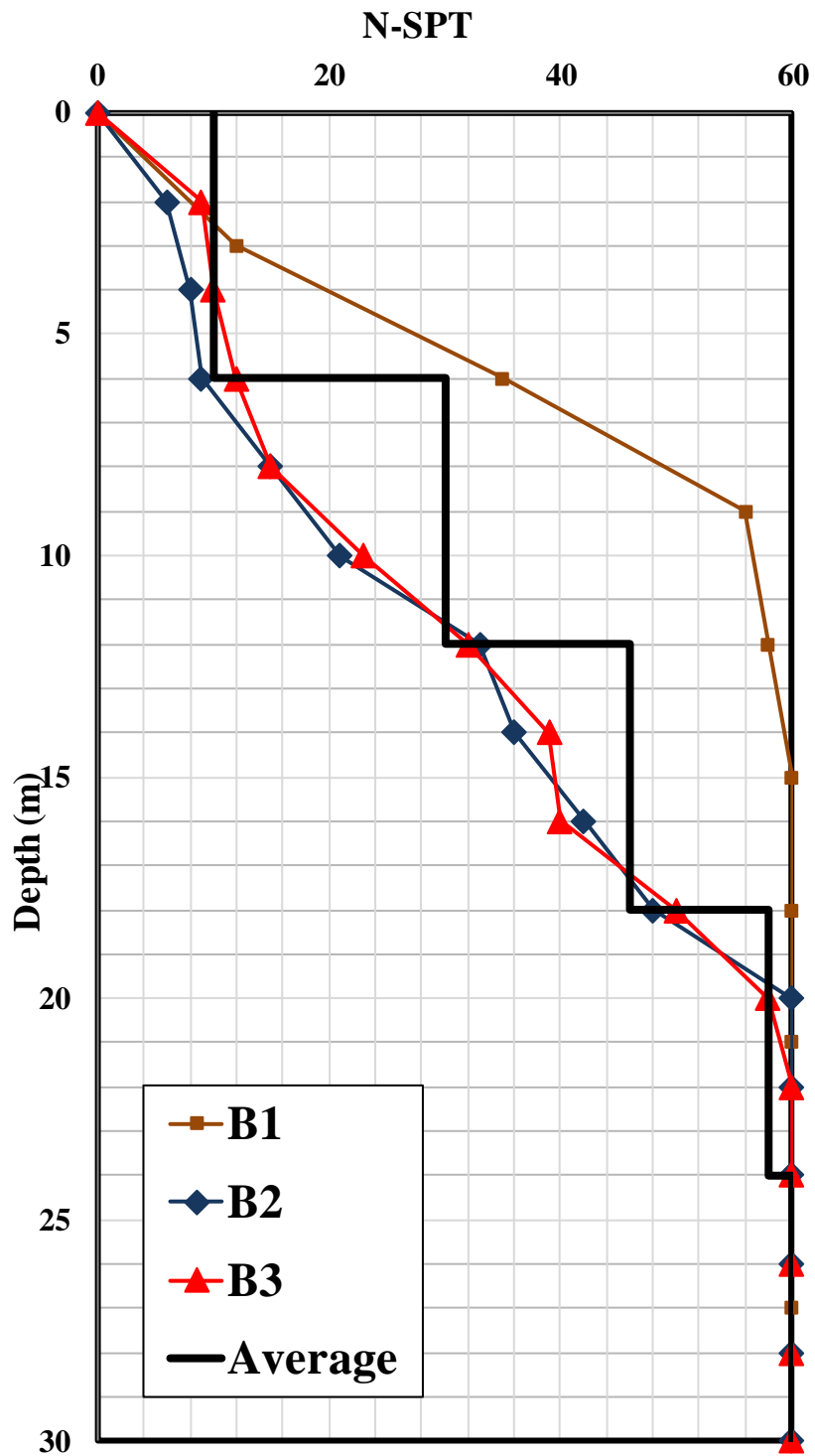
Project :		Location :		Bore Hole No :						
Perencanaan Gedung Utama Dekanat Fakultas Teknik UNDIP		Kompleks Kampus UNDIP Tembalang Semarang, Jawa Tengah		BH. 3 Page 1						
Date of drilling	November 2009	Described by	: Andy R.A.S, ST	Coordinate X:						
Bore Machine	Kano Boring	Checked by	: Ir. Muhrozi, M.S	Coordinate Y:						
Pump	Sunchin	Date of photograph	:	Elevation						
Master bore	Suyono	Sample store at	: Semarang	Inclination	90°					
Drilling methode	Rotary	Ground Water Depth	: - 8.00 meter	Azimuth						
Diameter of hole	73 mm			Field Test						
				SPT						
Date	Depth (m)	Depth (m)	Thickness (m)	sample	Symbol	Layer Tipe	DESCRIPTION	Depth (m)	N	
November 2009	0.00					Lanau Kelempungan	teguh, warna merah kecoklatan		10	
	2	4.00						3.00	6	
	3							3.45		
	4	4.00		4.50			Lanau Kepasiran	kaku sampai sangat kaku, warna coklat		42
	5			5.00				6.00		
	6	3.00						6.45		
	7	7.00								
	8									
	9			9.50			Lanau Kepasiran	sangat kaku sampai keras, warna coklat muda	9.00	53
	10			10.00				9.45		
	11	8.00								
	12							12.00		
	13							12.45		
	14			14.50						
	15	15.00		15.00			Lanau Kepasiran	campur kerikil, keras, warna coklat muda	15.00	>60
	16							15.50		
	17	3.00								
	18							18.00		
	19	18.00					Pasir Kelanauan (PADAS)	Campur kerikil dan boulder, keras warna abu-abu kecoklatan	18.45	>60
	20			19.50						
	21	4.00		20.00						
	22							21.00		
	23							21.45		
	24			24.50			Pasir Kerikilan	campur batu, padat warna coklat abu-abu	24.00	>60
	25	4.00		25.00				24.45		
	26	26.00								
	27							27.00		
	28						Batu Pasir	warna abu-abu	27.45	>60
	29									
	30	30.00		29.50				30.00		
			30.00				30.45			

NOTE :

Gambar 5.16. Hasil Pengeboran Titik B3



Gambar 5.17. Nilai NSPT pada Tiga Lokasi Pengeboran



Gambar 5.18. Nilai rata-rata NSPT pada Tiga Lokasi Pengeboran

Tabel 5.2. Hasil Perhitungan Situs Tanah Pada titik B1

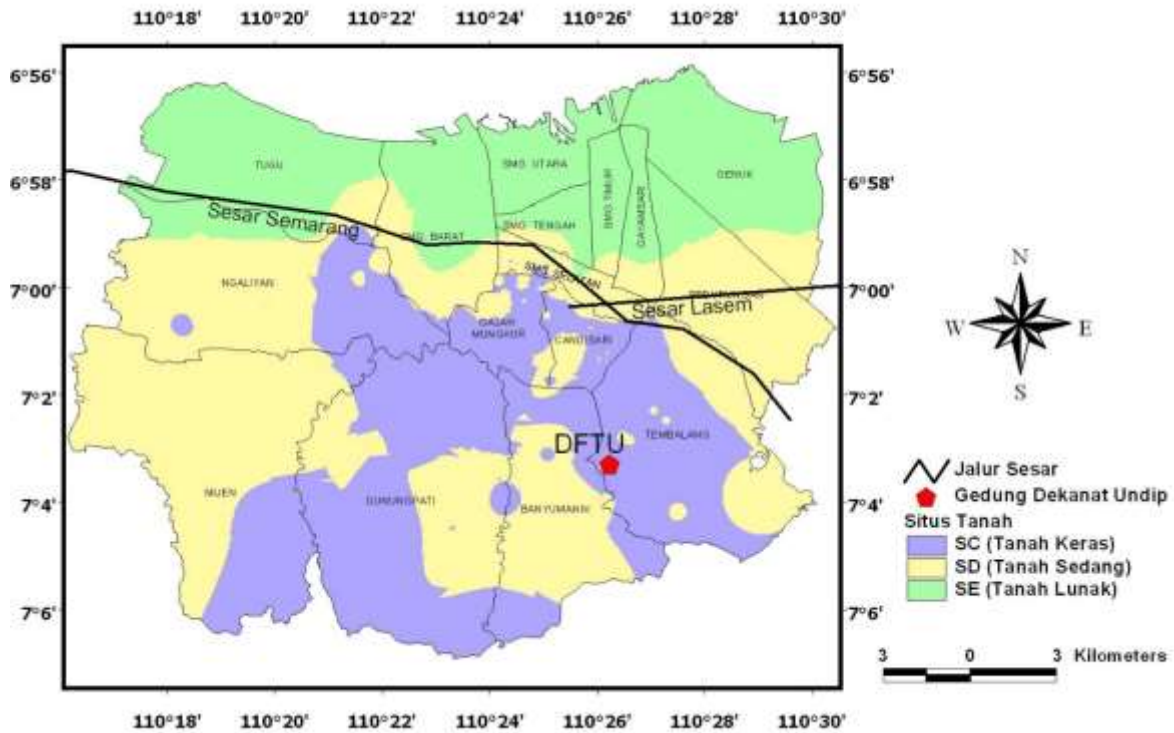
Elevasi	N-SPT	Tebal (m)	di/Ni	Nrata-rata	Situs Tanah
0	0				
2	12	2	0.16667		
4	24	2	0.08333		
6	35	2	0.05714		
8	46	2	0.04348		
10	56	2	0.03571		
12	58	2	0.03448		
14	60	2	0.03333		
16	60	2	0.03333		
18	60	2	0.03333		
20	60	2	0.03333		
22	60	2	0.03333		
24	60	2	0.03333		
26	60	2	0.03333		
28	60	2	0.03333		
30	60	2	0.03333		
		30	0.72082	41.619373	SD

Tabel 5.3. Hasil Perhitungan Situs Tanah Pada titik B2

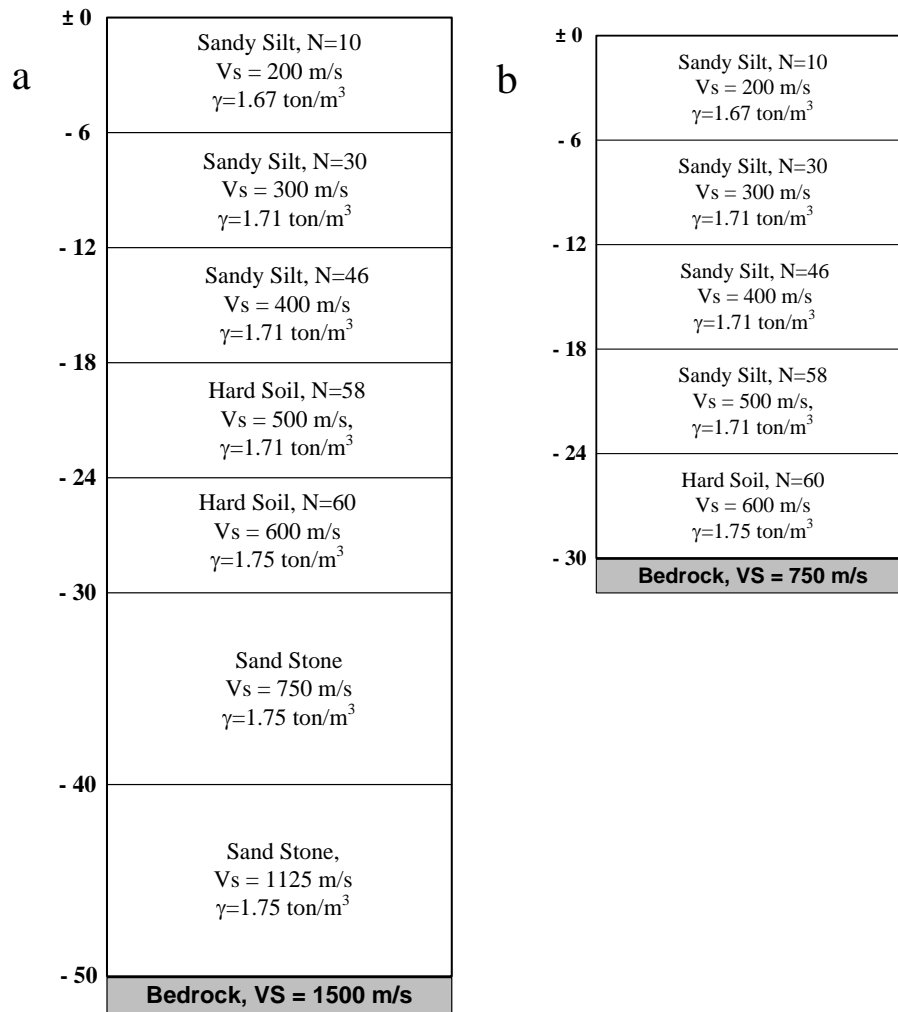
Elevasi	N-SPT	Tebal (m)	di/Ni	Nrata-rata	Situs Tanah
0	0				
2	6	2	0.33333		
4	8	2	0.25		
6	9	2	0.22222		
8	15	2	0.13333		
10	21	2	0.09524		
12	33	2	0.06061		
14	36	2	0.05556		
16	42	2	0.04762		
18	48	2	0.04167		
20	60	2	0.03333		
22	60	2	0.03333		
24	60	2	0.03333		
26	60	2	0.03333		
28	60	2	0.03333		
30	60	2	0.03333		
		30	1.43957	20.839494	SD

Tabel 5.4. Hasil Perhitungan Situs Tanah Pada titik B3

Elevasi	N-SPT	Tebal (m)	di/Ni	Nrata-rata	Situs Tanah
0	0				
2	9	2	0.222222		
4	10	2	0.2		
6	12	2	0.166667		
8	15	2	0.133333		
10	23	2	0.086957		
12	32	2	0.0625		
14	39	2	0.051282		
16	40	2	0.05		
18	50	2	0.04		
20	58	2	0.034483		
22	60	2	0.033333		
24	60	2	0.033333		
26	60	2	0.033333		
28	60	2	0.033333		
30	60	2	0.033333		
		30	1.21411	24.709453	SD



Gambar 5.19. Peta Situs Tanah Kota Semarang [15]

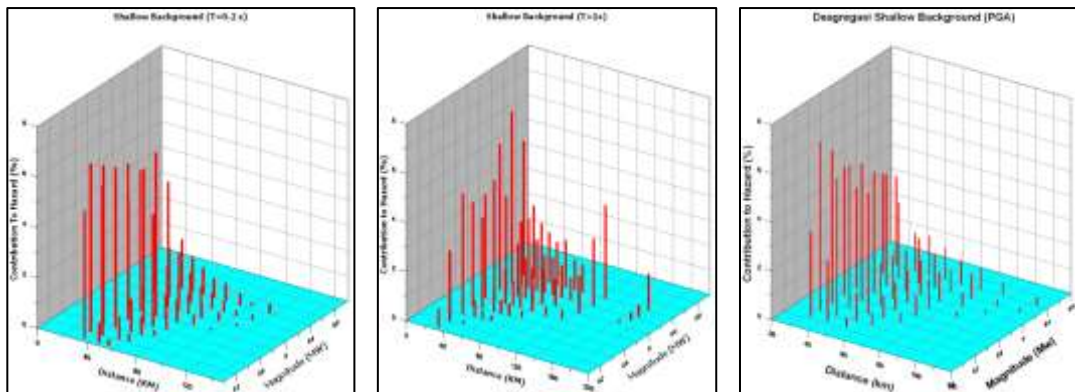


Gambar 5.20. Model Lapisan Tanah untuk Analisis Rambatan Gelombang Gempa (a) Model-1 dan (b) Model-2

5.3. Pemilihan *ATH*, Perhitungan Spektra Target dan Analisis *Response Spectral Matching*

Analisa rambatan gelombang gempa dari batuan dasar ke permukaan membutuhkan data *ATH* akibat kejadian gempa dengan skenario tertentu. Skenario kegempaan yang sering diambil sebagai bahan pertimbangan pemilihan *ATH* berhubungan dengan mekanisme dari sumber gempa, magnitudo gempa dan jarak episenter gempa ke titik pengamatan atau bangunan. Analisis skenario kegempaan yang diperlukan pada suatu titik pengamatan atau suatu wilayah ditentukan berdasarkan hasil analisis deagregasi *hazard* gempa. Hasil analisis deagregasi *hazard* gempa berupa nilai magnituda (*M*) dan jarak episenter (*R*) yang mewakili satu sumber gempa. Nilai *M* dan *R* yang diperoleh pada analisis deagregasi digunakan untuk memilih data hasil

pencatatan *time histories* yang cocok dengan lokasi sumber gempa pada analisis *hazard* gempa. Partono [15] telah melakukan analisis deagregasi *hazard* dengan hasil sebagaimana terlihat pada Gambar 5.21. Gambar tersebut menunjukkan hasil analisis deagregasi *hazard* yang telah dilakukan oleh [15]. Hasil analisis deagregasi *hazard* tersebut digunakan sebagai acuan untuk memilih data *ATH* untuk lokasi Fakultas Teknik Undip.



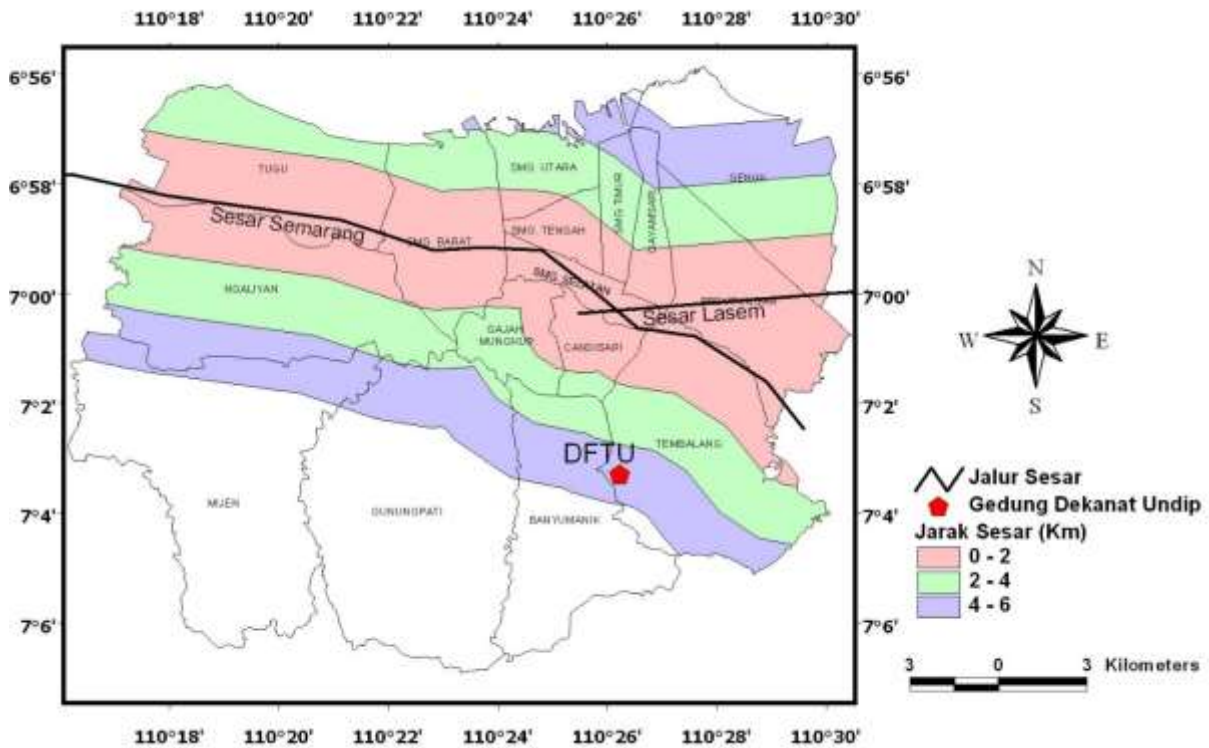
Gambar 5.21. Kurva Deagregasi untuk Sumber Gempa Sesar Aktif Pada Periode 0.2 detik, 1 detik dan PGA.

Pada penelitian ini semua data gempa yang dipilih ditentukan berdasarkan analisis *hazard* gempa deterministik. Sumber gempa, nilai *M* dan *R* yang digunakan pada penelitian ini selanjutnya akan digunakan sebagai dasar untuk menentukan spektra target. Spektra target ditentukan berdasarkan nilai *PGA*, spektra 0.2 detik dan spektra 1 detik. Tabel 5.5 menunjukkan nilai *M* maksimum dan *R* maksimum yang digunakan untuk menentukan spektra target dengan pendekatan *deterministic hazard*. Pada penelitian ini sumber gempa yang akan dipilih adalah Sesar Semarang dengan mekanisme *Reverse Fault*, jarak sumber gempa atau *R* maksimum 10 Km dan magnitudo gempa minimum 6.64 Mw. Karena belum ada data kejadian gempa yang bersumber dari Sesar Semarang, data gempa yang digunakan pada penelitian ini adalah gempa Northridge-01 California tahun 1994 dengan kekuatan 6.69 Mw dan jarak sumber gempa 5.26 Km. Pemilihan jarak sumber gempa tersebut didasarkan pada pertimbangan jarak sumber gempa dengan potensi guncangan terbesar akibat gempa dengan magnitudo dan jarak berkisar pada 6.5 Mw dan 5 Km. Penentuan jarak sumber gempa juga diperkirakan berdasarkan jarak bangunan terhadap Sesar Semarang. Gambar 5.22 menunjukkan perkiraan jarak bangunan terhadap jalur Sesar Semarang dan Sesar Lasem. Jarak Gedung DFTU ke kedua jalur sesar tersebut terletak

diantara jarak 5 – 6 Km. Karena Sesar Semarang mempunyai mekanisme yang berbeda dengan Sesar Lasem, dimana Sesar Lasem mempunyai mekanisme *Strike-Slip*, maka skenario kejadian gempa Sesar Lasem dilakukan dengan mencari data gempa sebagaimana terlihat pada Tabel 5.8. Kejadian gempa yang diambil sebagai skenario gempa Sesar Lasem adalah gempa Imperial Valley 1979 dengan kekuatan 6.53 Mw. Data gempa yang digunakan yang mewakili Sesar Lasem diambil pada jarak episenter gempa 5.83 Km. Gambar 5.23 menunjukkan ATH yang bersumber dari gempa Northridge-01 dengan magnitudo 6.69 Mw dan episenter gempa 5.26 Km. Gambar 5.24 menunjukkan data ATH yang bersumber dari gempa Imperial Valley 1979 6.51 Mw dan jarak episenter gempa 5.09 Km.

Tabel 5.5. Hasil Analisis Deagregasi Hazard Gempa Kota Semarang [15]

Sumber Gempa	Spektra 0.2 detik		Spektra 1 detik		PGA	
	Jarak (km)	Magnituda (Mw)	Jarak (km)	Magnituda (Mw)	Jarak (km)	Magnituda (Mw)
<i>Shallow Crustal Fault</i>	36	6.64	41	6.65	32	6.64



Gambar 5.22. Posisi Gedung DFTU terhadap Sumber Gempa Sesar Semarang dan Sesar Lasem

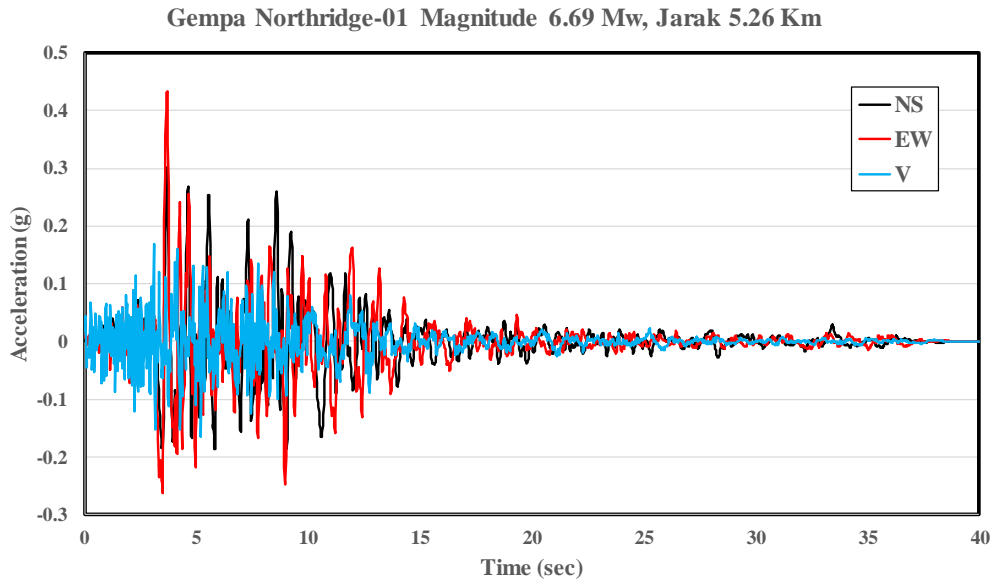
Tabel 5.6. Data Kejadian Gempa Northridge-01 Tahun 1994 yang Digunakan pada Skenario Gempa Sesar Semarang

Result ID	Station Name	Magnitude (Mw)	Mechanism	Rjb (Km)	Rrup (Km)	VS30 (m/s)
1	Beverly Hills - 14145 Mulhol	6.69	Reverse	9.94	17.15	355.81
2	LA - Chalon Rd	6.69	Reverse	9.87	20.45	740.05
3	LA 00	6.69	Reverse	9.87	19.07	706.22
4	N Hollywood - Coldwater Can	6.69	Reverse	7.89	12.51	326.47
5	Pacoima Kagel Canyon	6.69	Reverse	5.26	7.26	508.08
6	Pardee - SCE	6.69	Reverse	5.54	7.46	325.67
7	Sun Valley - Roscoe Blvd	6.69	Reverse	5.59	10.05	320.93

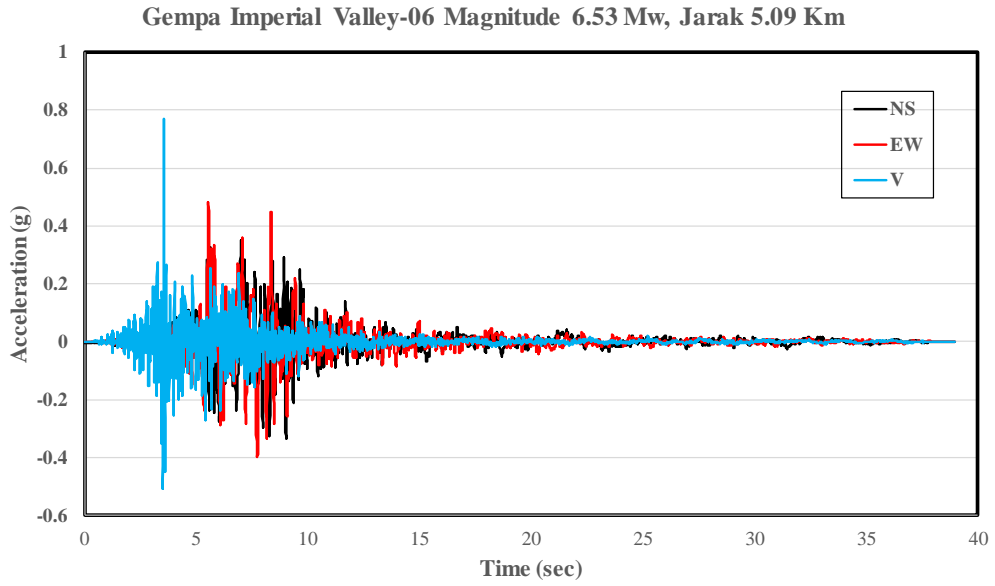
Tabel 5.7. Data Kejadian Gempa Imperial Valley 1979 Yang Digunakan Sebagai Simulasi Gempa Sesar Lasem

Result ID	Station Name	Magnitude	Mechanism	Rjb (km)	Rrup (km)	Vs30 (m/sec)
1	"Brawley Airport"	6.53	strike slip	8.54	10.42	208.71
2	"Chihuahua"	6.53	strike slip	7.29	7.29	242.05
3	"EC County Center FF"	6.53	strike slip	7.31	7.31	192.05
4	"El Centro Array #10"	6.53	strike slip	8.6	8.6	202.85
5	"El Centro Differential Array"	6.53	strike slip	5.09	5.09	202.26
6	"Holtville Post Office"	6.53	strike slip	5.35	7.5	202.89

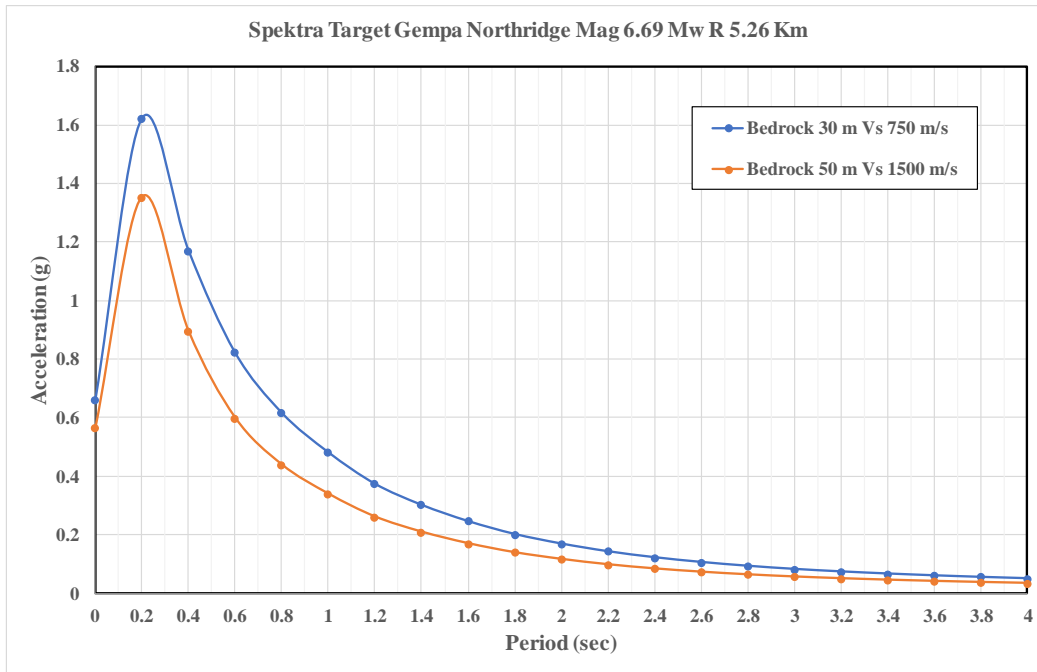
Tiga komponen ATH yang diperoleh dari setiap stasiun pengamatan atau jarak episenter yang berbeda tidak dapat digunakan secara langsung pada analisis rambatan gelombang gempa ke permukaan (*Site Specific Analysis/SSA*). Semua ATH harus diskalakan (*matching*) dengan target spektra yang dihitung dengan pendekatan deterministic (*Deterministic Seismic Hazard Analysis/DSHA*). Semua ATH pertama-tama harus diubah menjadi spektra percepatan yang selanjutnya spektra percepatan tersebut dapat digunakan pada analisis *Response Spectral Matching*. Gambar 5.24 menunjukkan hasil perhitungan spektra target dari gempa Northridge-01 arah horizontal dengan magnitudo 6.69 Mw dan jarak episenter gempa 5.26 Mw. Gambar 5.25 menunjukkan hasil perhitungan spektra target dari gempa Imperial Valley-06 arah horizontal dengan magnitudo 6.53 Mw dan jarak episenter gempa 5.09 Mw.



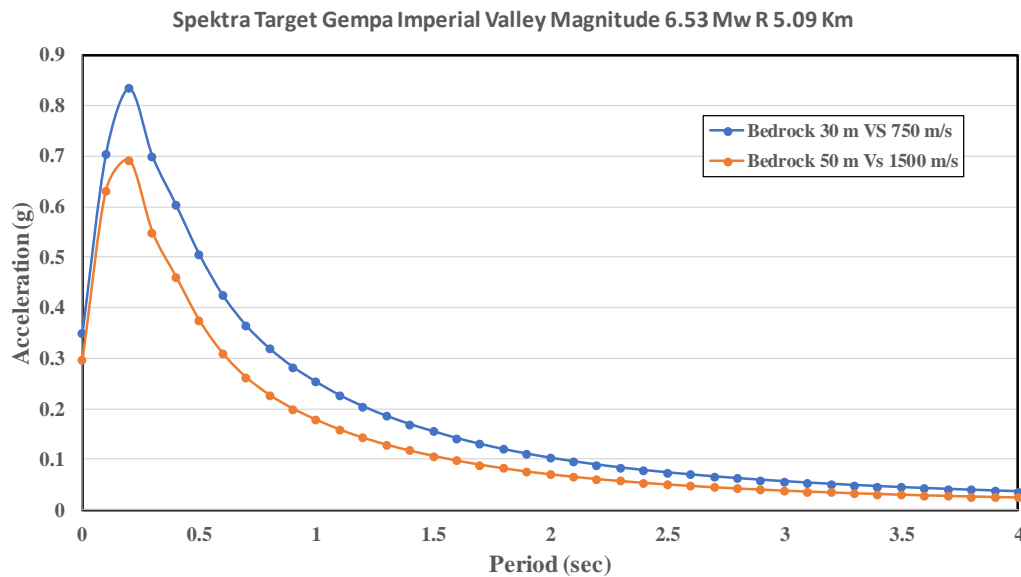
Gambar 5.23. ATH Gempa Northridge-01 Magnitudo 6.69 Jarak 5.26 Km



Gambar 5.24. ATH Gempa Imperial Valley-06 Magnitudo 6.53 Mw Jarak 5.09 Km



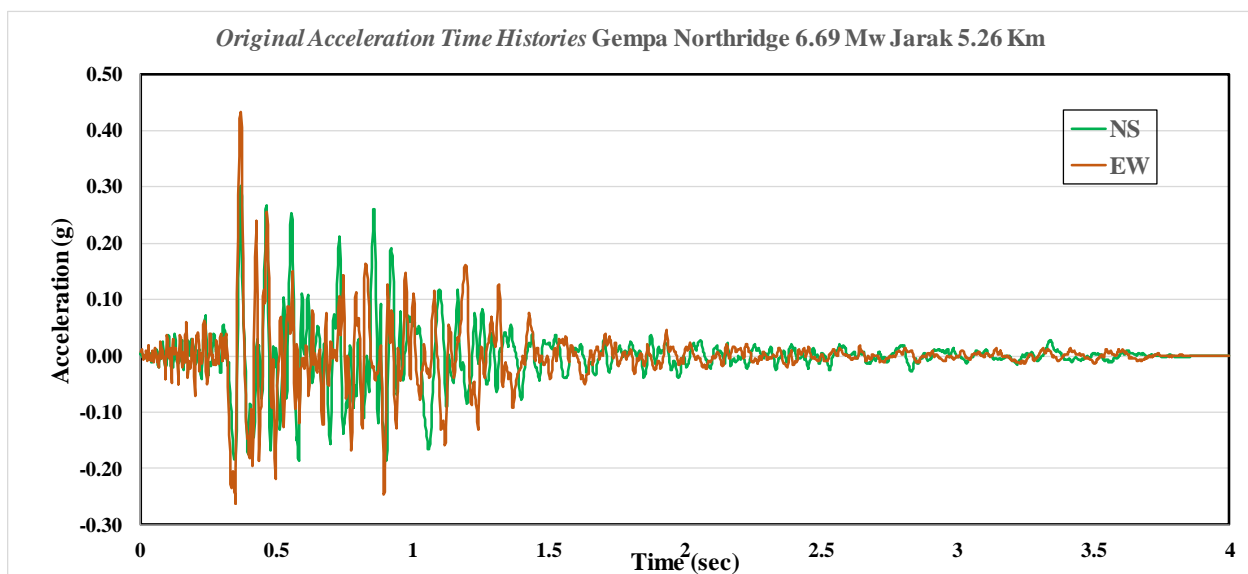
Gambar 5.25 Spektra Target Horizontal Gempa Northridge-01 Magnitudo 6.69 Jarak 5.26 Km



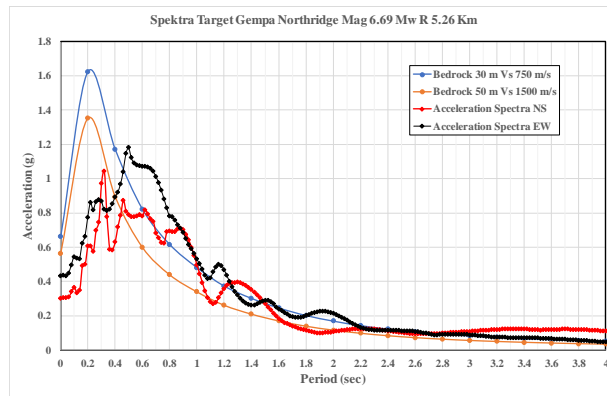
Gambar 5.26. Spektra Target Horizontal Gempa Imperial Valley-06 Magnitudo 6.53 Mw Jarak 5.09 Km

Pada analisis *RSM* hanya dilakukan untuk gempa arah horizontal (US dan EW). Dua komponen ATH yang diperoleh dari setiap stasiun pengamatan atau jarak episenter yang berbeda

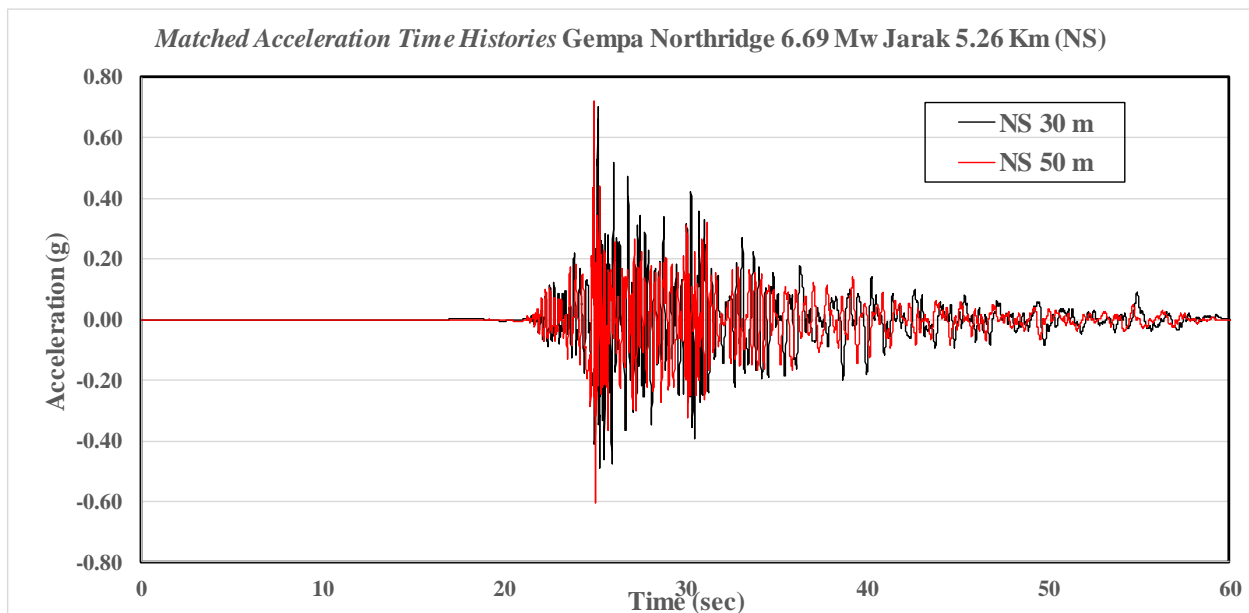
tidak dapat digunakan secara langsung pada analisis rambatan gelombang gempa ke permukaan (*Site Specific Analysis/SSA*). Kedua komponen ATH harus diskalakan (*matching*) dengan target spektra yang dihitung dengan pendekatan deterministic (*Deterministic Seismic Hazard Analysis/DSHA*). Semua ATH pertama-tama harus diubah menjadi spektra percepatan yang selanjutnya spektra percepatan tersebut dapat digunakan pada analisis *Response Spectral Matching*. Gambar 5.27 menunjukkan dua komponen ATH untuk gempa Northridge-01 magnitudo 6.69 jarak 5.26 Km sedangkan Gambar 5.28 menunjukkan spektra percepatan target untuk model 50 meter (Model-1) dan 30 meter (Model-2). Pada gambar tersebut juga terlihat kurva spektra percepatan hasil analisis dengan menggunakan ATH dari gempa Northridge-01 magnitudo 6.69 jarak 5.26 Km komponen NS dan EW. Kedua spektra percepatan tersebut merupakan dua arah gempa hasil perhitungan dua komponen spektra dari dua sumber gempa Northridge-01 Magnitudo 6.69 Jarak 5.26 Km dan Imperial Valley-06 Magnitudo 6.53 Mw Jarak 5.09 Km. Hasil analisis dengan menggunakan dua model spektra target dapat dilihat pada Gambar 5.29 dan Gambar 5.30. Gambar 5.29 menunjukkan MATH untuk gempa arah NS hasil analisis dengan Model-1 dan Model-2. Gambar 5.30 menunjukkan MATH untuk gempa arah EW hasil analisis dengan Model-1 dan Model-2. MATH hasil analisis kedua arah gempa dengan menggunakan dua model spektra target menunjukkan nilai PGA yang hampir sama yaitu berkisar antara 0.6 g sampai 0.8 g.



Gambar 5.27. Original Acceleration Time Histories Gempa Northridge-01 Magnitudo 6.69 Jarak 5.26 Km



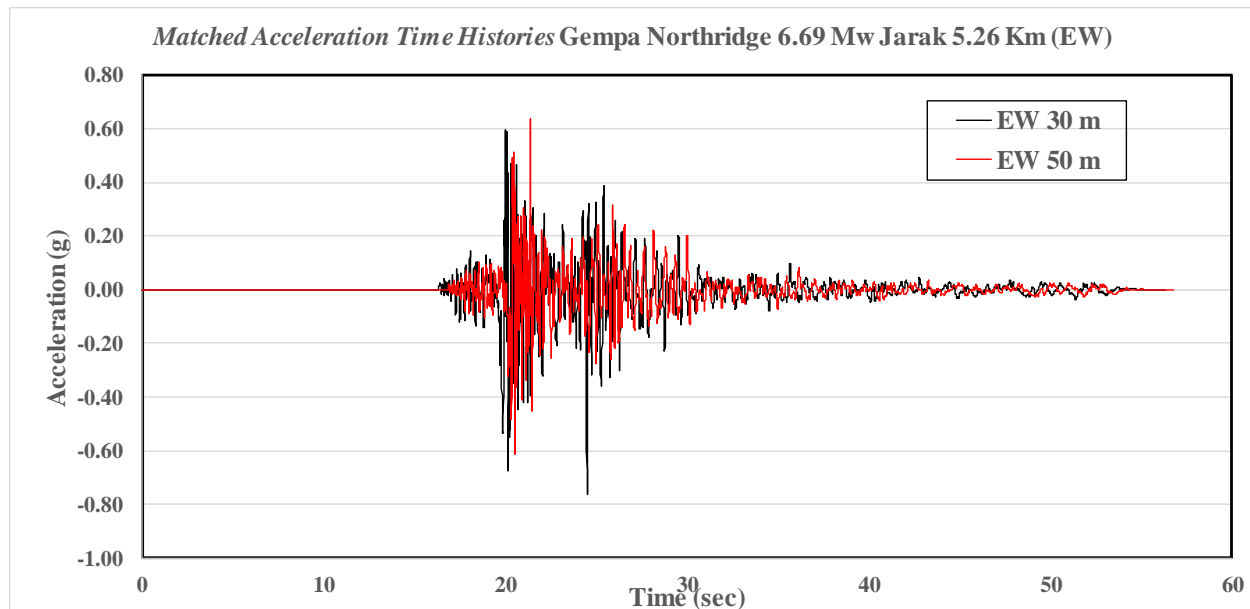
Gambar 5.28. Target Spectra and *Original Acceleration Spectra* dihitung dari *Acceleration Time Histories* Gempa Northridge-01 Magnitudo 6.69 Jarak 5.26 Km



Gambar 5.29. *Matched Acceleration Time Histories* Gempa Northridge-01 Magnitudo 6.69 Jarak 5.26 Km (NS)

Gambar 5.31 menunjukkan dua komponen ATH untuk gempa Imperial Valley-06 Magnitudo 6.53 Mw Jarak 5.09 Km sedangkan Gambar 5.32 menunjukkan spektra percepatan target untuk model 50 meter (Model-1) dan 30 meter (Model-2) akibat gempa dengan skenario gempa Sesar Lasem. Pada gambar tersebut juga terlihat kurva spektra percepatan hasil analisis dengan menggunakan ATH dari gempa Imperial Valley-06 Magnitudo 6.53 Mw Jarak 5.09 Km komponen NS dan EW. Kedua spektra percepatan tersebut kemudian dicocokkan (*matching*)

dengan metode analisis spectral matching. Hasil analisis *spectral matching* dengan menggunakan dua model spektra target dapat dilihat pada Gambar 5.33 dan Gambar 5.34. Gambar 5.33 menunjukkan MATH untuk gempa arah NS hasil analisis dengan Model-1 dan Model-2. Gambar 5.34 menunjukkan MATH untuk gempa arah EW hasil analisis dengan Model-1 dan Model-2. MATH hasil analisis kedua arah gempa dengan menggunakan dua model spektra target menunjukkan nilai PGA yang hampir sama yaitu berkisar antara 0.3 g sampai 0.4 g.

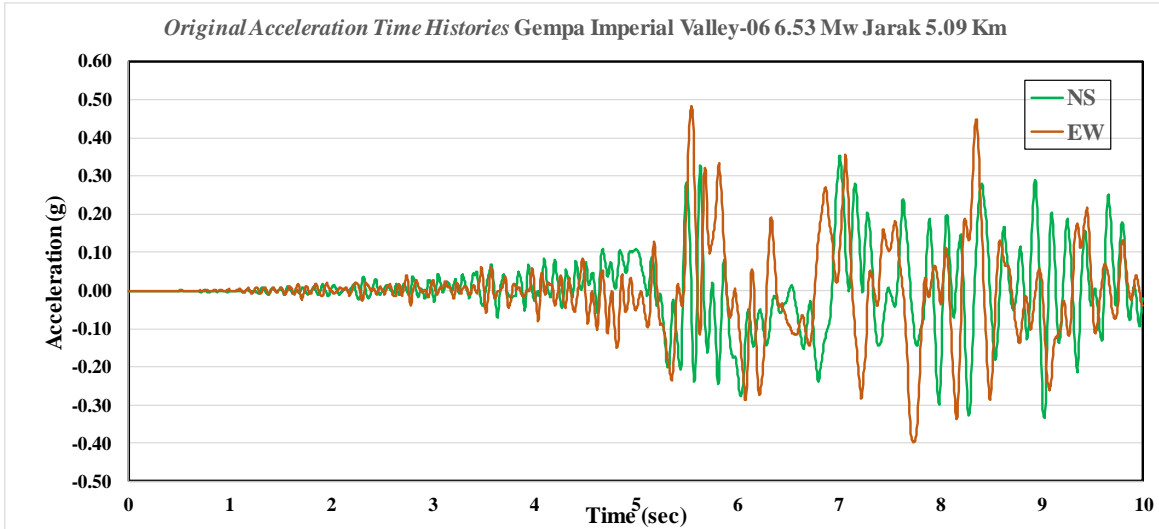


Gambar 5.30. Matched Acceleration Time Histories Gempa Northridge-01 Magnitudo 6.69 Jarak 5.26 Km (EW)

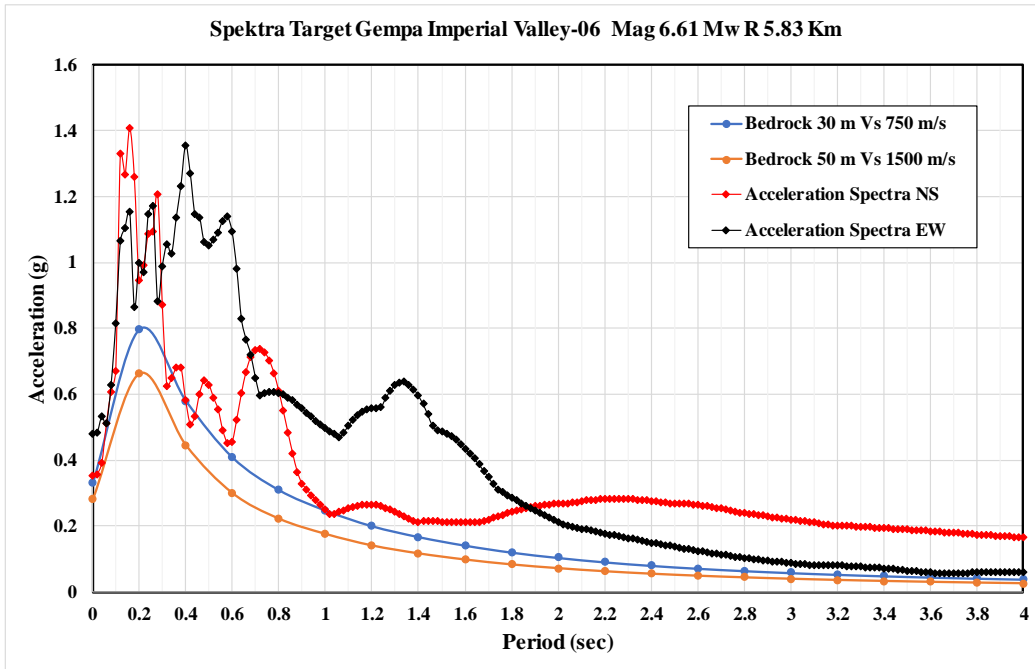
5.4. Analisis Rambatan Gelombang Gempa

Analisis perambatan gelombang gempa dari batuan dasar ke permukaan (*Site Specific Analysis/SSA*) bertujuan untuk mendapatkan nilai spektra percepatan tanah dan SATH di permukaan. Besar kecilnya percepatan tanah di permukaan sangat berpengaruh terhadap kuat tidaknya goyangan yang terjadi pada bangunan akibat peristiwa gempa. Secara umum SSA dapat dilakukan dengan menggunakan data MATH dari hasil analisis *response spectral matching*. MATH yang diperoleh di batuan dasar kemudian dirambatkan ke permukaan untuk mendapatkan nilai spektra percepatan tanah di permukaan dan SATH. Data yang diperlukan pada analisis rambatan gelombang geser ke permukaan adalah data dinamis tanah dan elevasi batuan dasar.

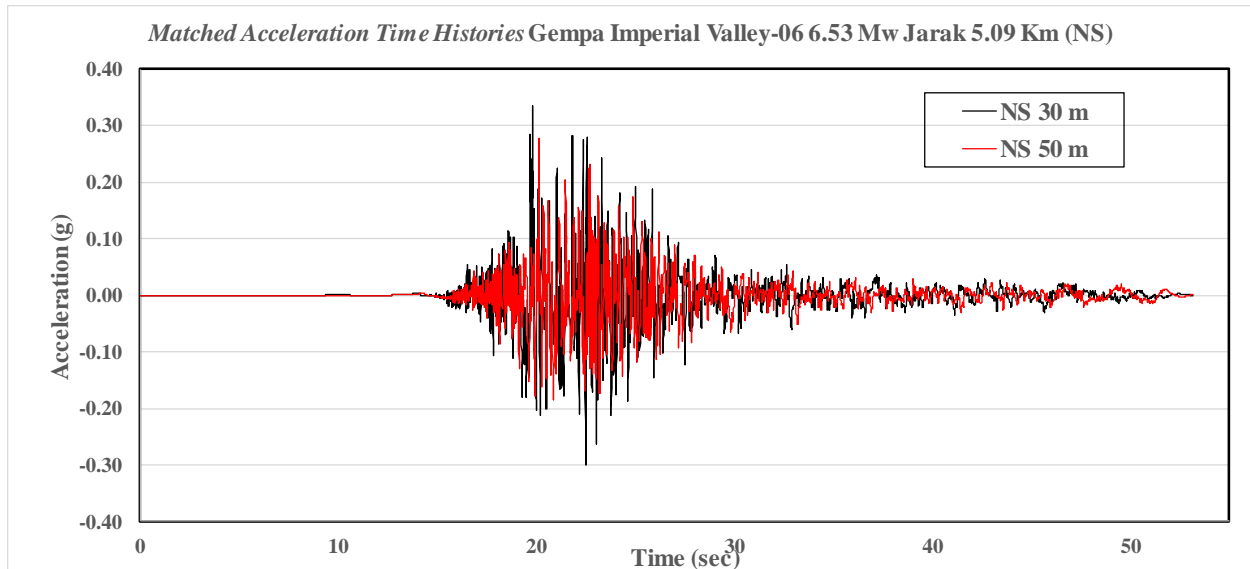
Gambar 5.35 menunjukkan data dinamis tanah untuk empat jenis tanah yang ada di wilayah studi yaitu *clay* yang diambil dari [21 dan 22]; data dinamis tanah *sand* (pasir) yang diambil dari [23]; data dinamis tanah untuk jenis *gravel* [24] dan data dinamis untuk jenis batuan (*rock*) [25].



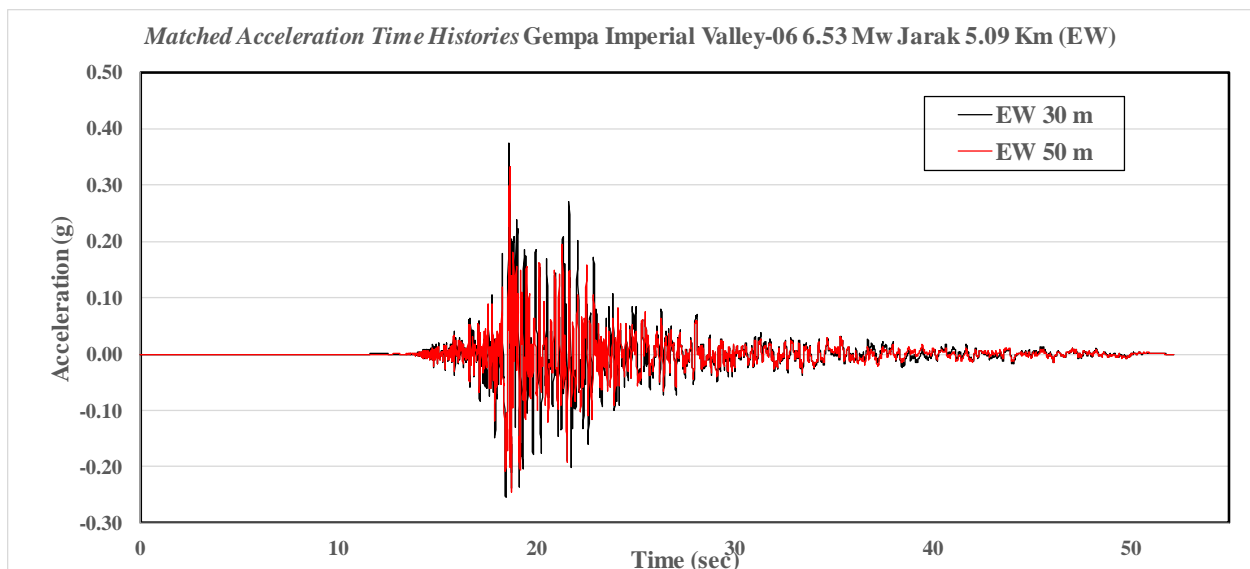
Gambar 5.31. Original Acceleration Time Histories Gempa Imperial Valley-06 Magnitudo 6.53 Mw Jarak 5.09 Km



Gambar 5.32. Target Spectra and *Original Acceleration Spectra* dihitung dari *Acceleration Time Histories* Gempa Imperial Valley-06 Magnitudo 6.53 Mw Jarak 5.09 Km



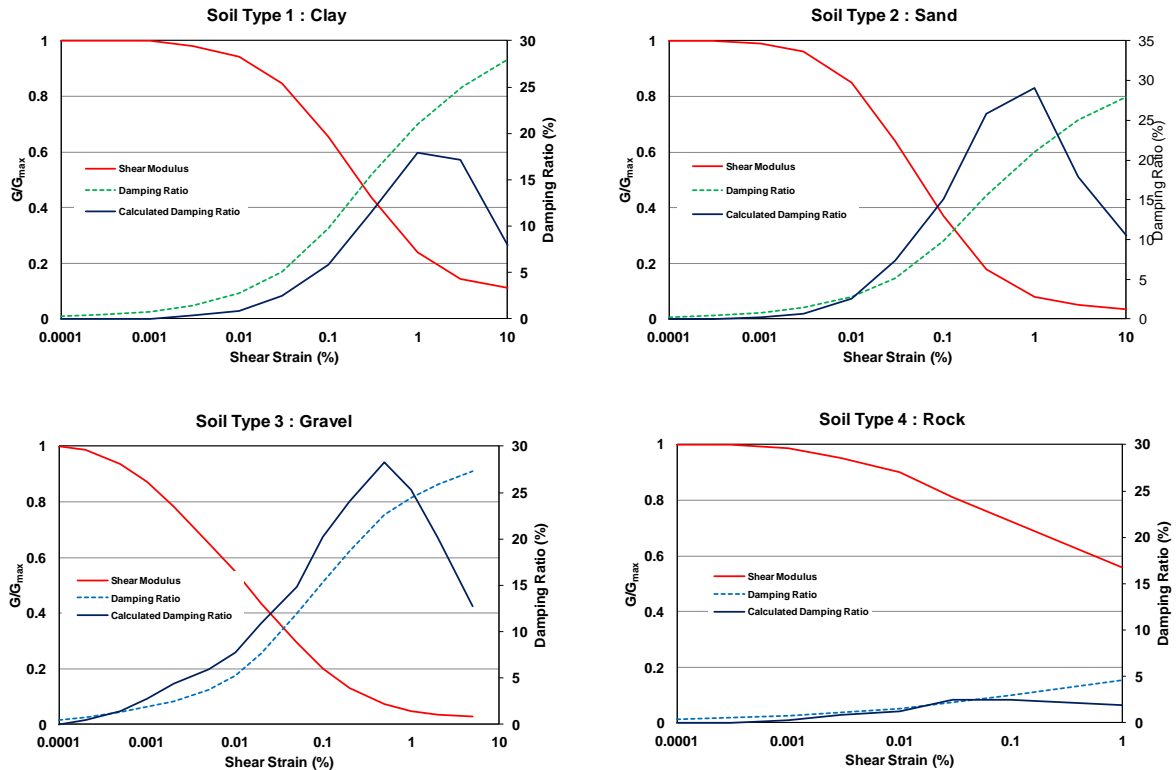
Gambar 5.33. Matched Acceleration Time Histories Gempa Imperial Valley-06 Magnitudo 6.53 Mw Jarak 5.09 Km (NS)



Gambar 5.34 Matched Acceleration Time Histories Gempa Imperial Valley-06 Magnitudo 6.53 Mw Jarak 5.09 Km (EW)

Perhitungan spektra percepatan tanah dan MATH di permukaan ditentukan berdasarkan hasil analisis perambatan gelombang gempa dari batuan dasar ke permukaan tanah. Dari hasil analisis SSA pada lokasi DFTU maka akan diperoleh dua MATH dengan arah NS (North-South/Utara-Selatan) dan EW (East-West/Timur-Barat) di permukaan. Gambar 5.36 dan Gambar 5.37 menunjukkan SATH di permukaan (*surface*) hasil analisis SSA untuk simulasi gempa Northridge-01 Magnitudo 6.69 Mw dan jarak episenter gempa 5.26 Km dengan model ketebalan

sedimen 50 meter (Model-1) dan 30 meter (Model-2). Kedua gambar tersebut diperoleh dari hasil analisis SSA pada lapisan tanah gedung DFTU di Tembalang.

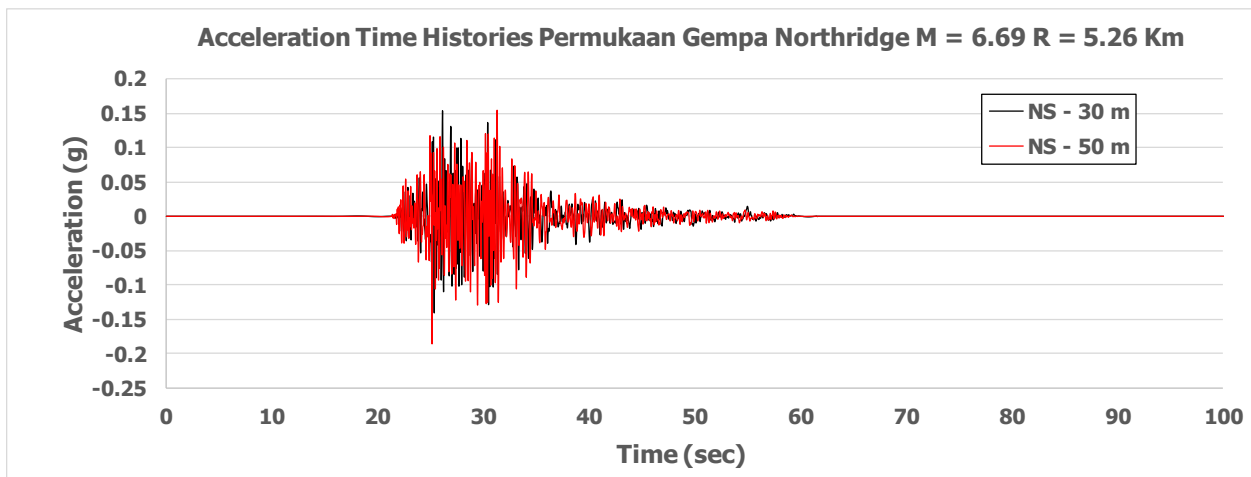


Gambar 5.35. Parameter Dinamis Tanah Lokasi Gedung DFTU

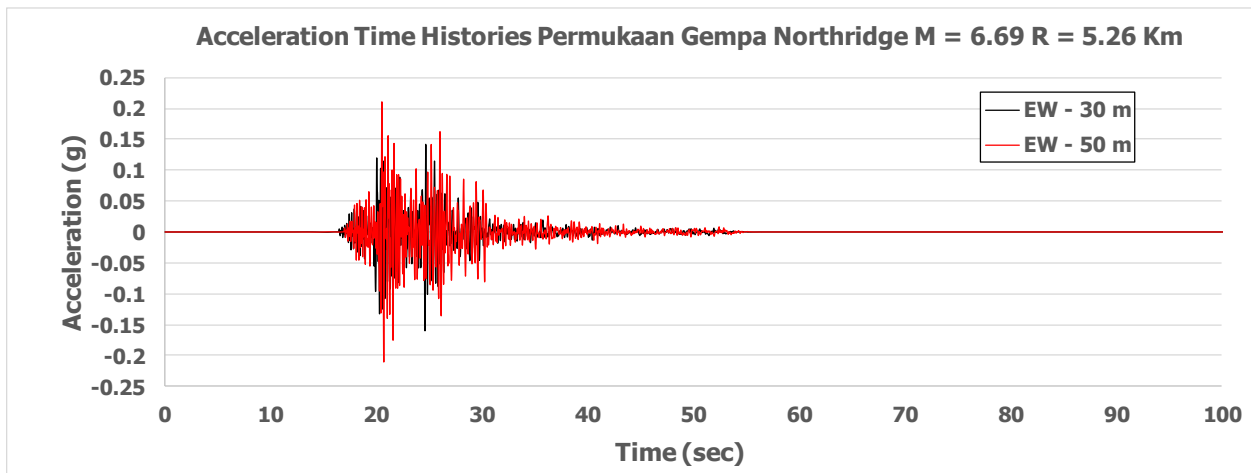
Dari hasil analisis SSA pada lokasi DFTU juga akan diperoleh spektra percepatan di permukaan untuk dua arah NS (North-South/Utara-Selatan) dan EW (East-West/Timur-Barat) di permukaan. Gambar 5.38 dan Gambar 5.39 menunjukkan spektra permukaan hasil analisis SSA untuk simulasi gempa Northridge-01 Magnitudo 6.69 Mw dan jarak episenter gempa 5.26 Km untuk Model-1 dan Model-2. Dari hasil analisis SSA terlihat spektra percepatan yang dikembangkan dengan menggunakan Model-1 sedikit lebih besar dibandingkan dengan menggunakan Model-2 baik untuk arah gempa NS maupun EW.

Pada SSA perlu dikaji tentang perubahan nilai percepatan gerakan tanah puncak (*Peak Ground Acceleration / PGA*) dari elevasi *bedrock* ke permukaan. Evaluasi perubahan nilai PGA dilakukan sesuai dengan model lapisan tanah baik Model-1 maupun Model-2 sebagaimana telah disampaikan pada Gambar 5.20. Gambar 5.40 menunjukkan profil perubahan nilai PGA akibat

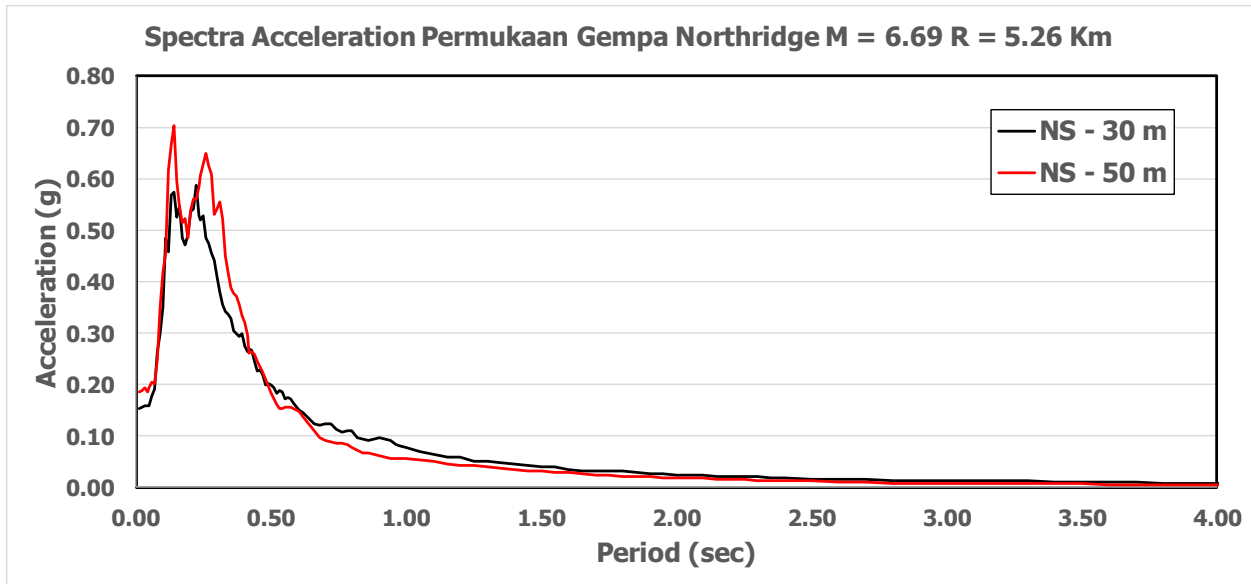
gempa Northridge-01 Magnitudo 6.69 Mw dan jarak episenter gempa 5.26 Km untuk Model-1 dan Model-2. Dari gambar tersebut terlihat nilai PGA untuk Model-1 relatif lebih besar dibandingkan Model-2 baik untuk arah gempa NS maupun EW. Perbedaan nilai PGA di permukaan untuk Model-1 dan Model-2 adalah 0.03g sedangkan untuk arah EW adalah 0.05 g. Perubahan nilai PGA dari elevasi batuan dasar akibat gempa dengan arah NS relatif tidak terlalu besar. Nilai perubahan atau profil PGA dari batuan dasar untuk gempa arah NS baik Model-1 maupun Model-2 sangat kecil.



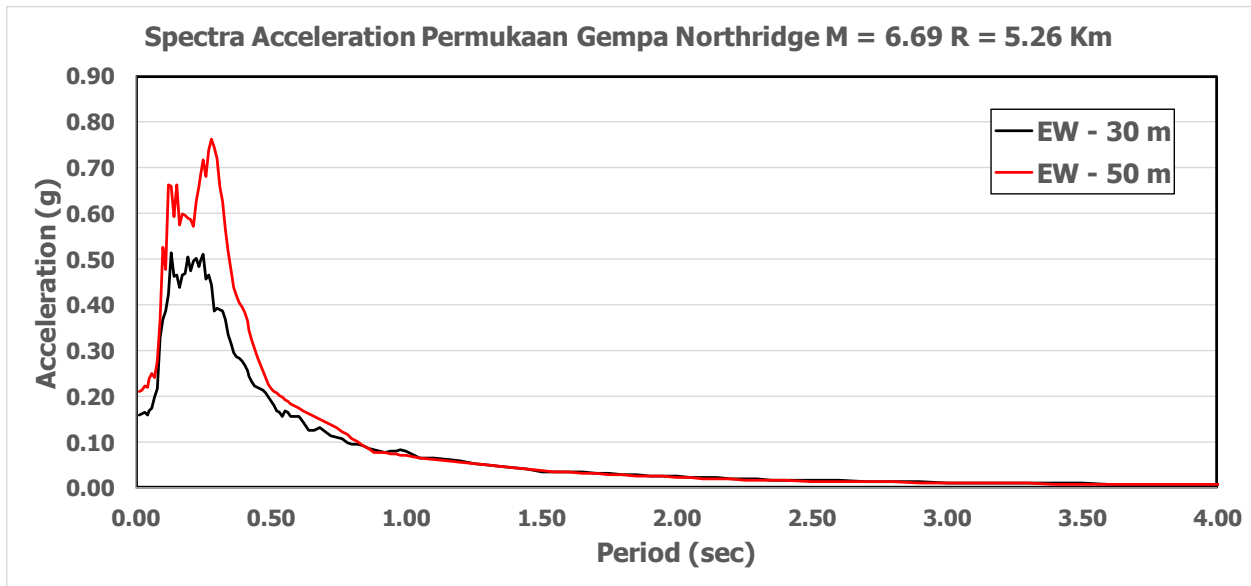
Gambar 5.36. SATH Permukaan Gempa Northridge-01 Magnitudo 6.69 Mw dan Jarak 5.26 Km (NS) untuk Model-1 dan Model-2 Lokasi Gedung DFTU



Gambar 5.37. SATH Permukaan Gempa Northridge-01 Magnitudo 6.69 Mw dan Jarak 5.26 Km (EW) untuk Model-1 dan Model-2 Lokasi Gedung DFTU



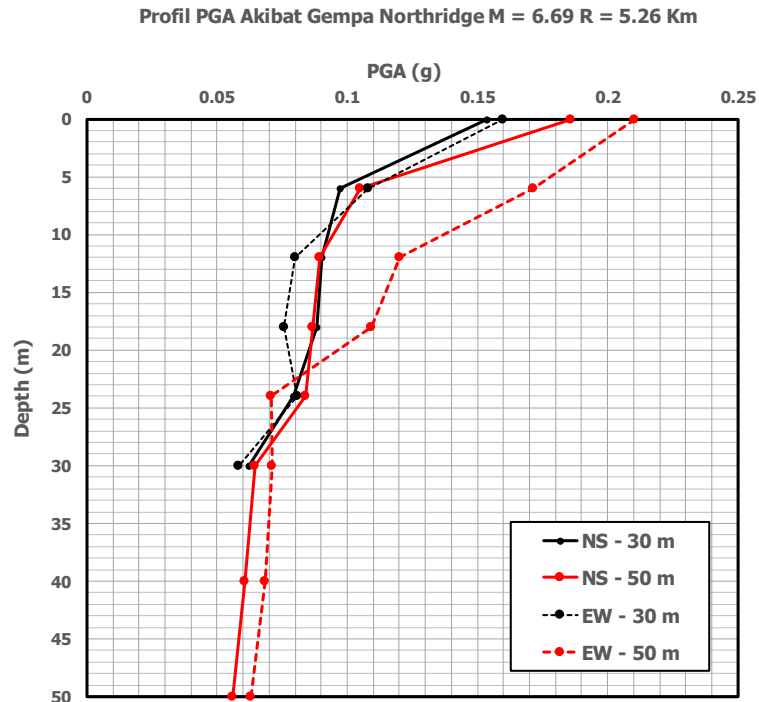
Gambar 5.38. Spektra Percepatan Permukaan Gempa Northridge-01 Magnitudo 6.69 Mw dan Jarak 5.26 Km (NS) untuk Model-1 dan Model-2 Lokasi Gedung DFTU



Gambar 5.39. Spektra Percepatan Permukaan Gempa Northridge-01 Magnitudo 6.69 Mw dan Jarak 5.26 Km (EW) untuk Model-1 dan Model-2 Lokasi Gedung DFTU

SSA juga dilakukan pada lokasi DFTU akibat skenario gempa Sesar Lasem yang dimodelkan dengan kejadian gempa Imperial Valley-06 dengan magnitudo 6.53 Mw dan jarak episenter gempa 5.09 Km. SSA dilakukan dengan pendekatan yang sama seperti skenario gempa yang bersumber dari Sesar Semarang. Gambar 5.41 dan Gambar 5.42 menunjukkan SATH

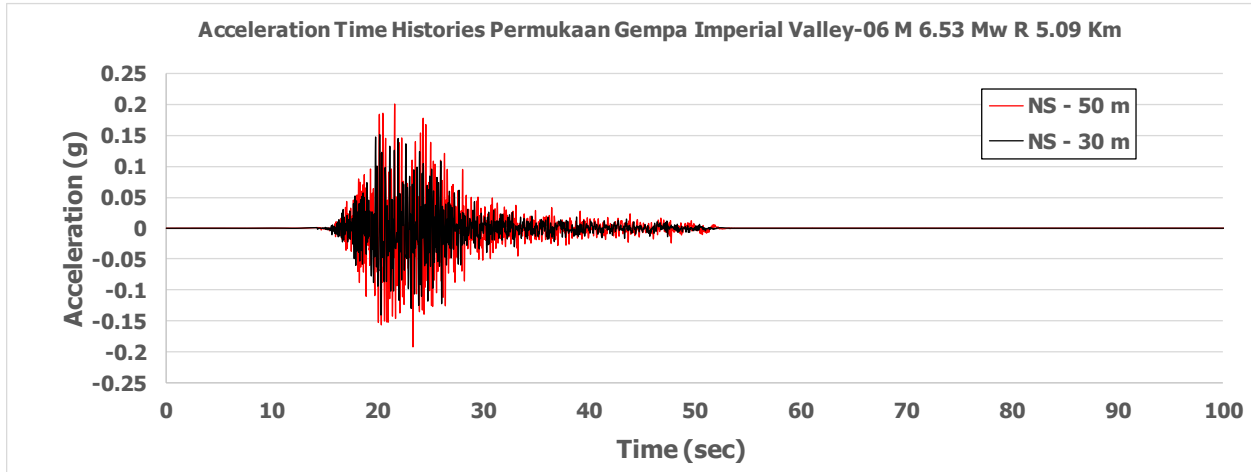
permukaan, Gambar 5.43 dan Gambar 5.44 menunjukkan spektra percepatan di permukaan. Gambar 5.45 menunjukkan perbandingan profil PGA untuk Model-1 dan Model-2 akibat gempa Imperial Valley-06 dengan magnitudo 6.53 Mw dan jarak episenter gempa 5.09 Km.



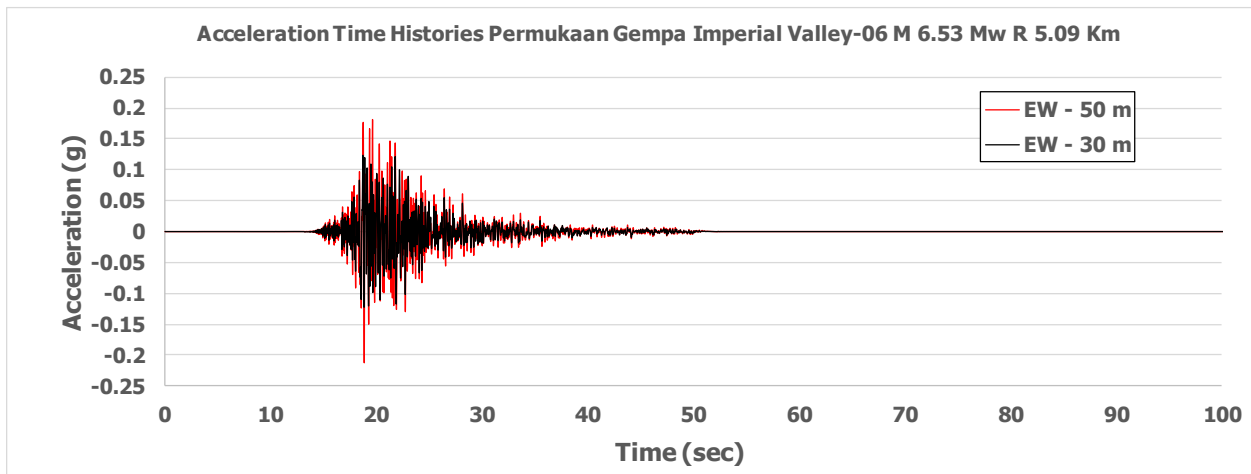
Gambar 5.40. Profile PGA akibat Gempa Northridge-01 Magnitudo 6.69 Mw dan Jarak 5.26 Km untuk Model-1 dan Model-2 pada Lokasi Gedung DFTU

Hasil SSA yang dilakukan pada lokasi gedung DFTU menunjukkan nilai spektra percepatan yang dikembangkan dengan Model-1 lebih besar dibandingkan menggunakan Model-2. Profil PGA yang diperoleh dari SSA dengan menggunakan Model-1 juga lebih besar dibandingkan dengan menggunakan Model-2. Hasil kajian yang dilakukan dengan menggunakan Model-1 dari dua skenario kejadian gempa Sesar Semarang dan Sesar Lasem lebih besar dibandingkan dengan menggunakan Model-2. Dari hasil analisis ini menunjukkan bahwa penggunaan model *bedrock* dengan nilai kecepatan rambat gelombang geser (V_s) sebesar 1500 m/s akan menghasilkan nilai spektra percepatan permukaan maupun nilai PGA yang lebih besar jika dibandingkan dengan menggunakan nilai V_s sebesar 750 m/s. Dari hasil analisis dengan menggunakan dua model lapisan tanah terlihat perubahan signifikan dari nilai terjadi setelah gempa merambat dari elevasi -30 meter sampai ke permukaan. Pada saat gempa bergerak dari

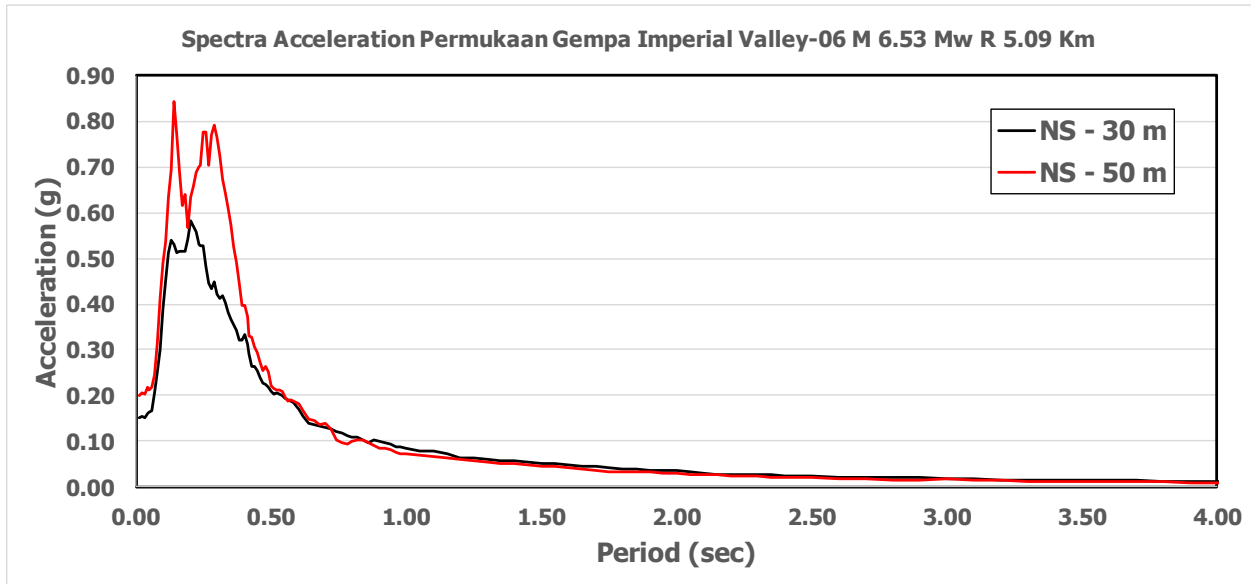
elevasi – 50 meter sampai – 30 meter terlihat perubahan nilai PGA tidak besar. Dari hasil analisis ini menunjukkan bahwa analisis rambatan gelombang gempa dapat di modelkan dengan model lapisan tanah 30 meter. Nilai percepatan gerakan tanah pada elevasi bedrock dengan model 30 meter sebaiknya diambil sebesar 1500 m/s.



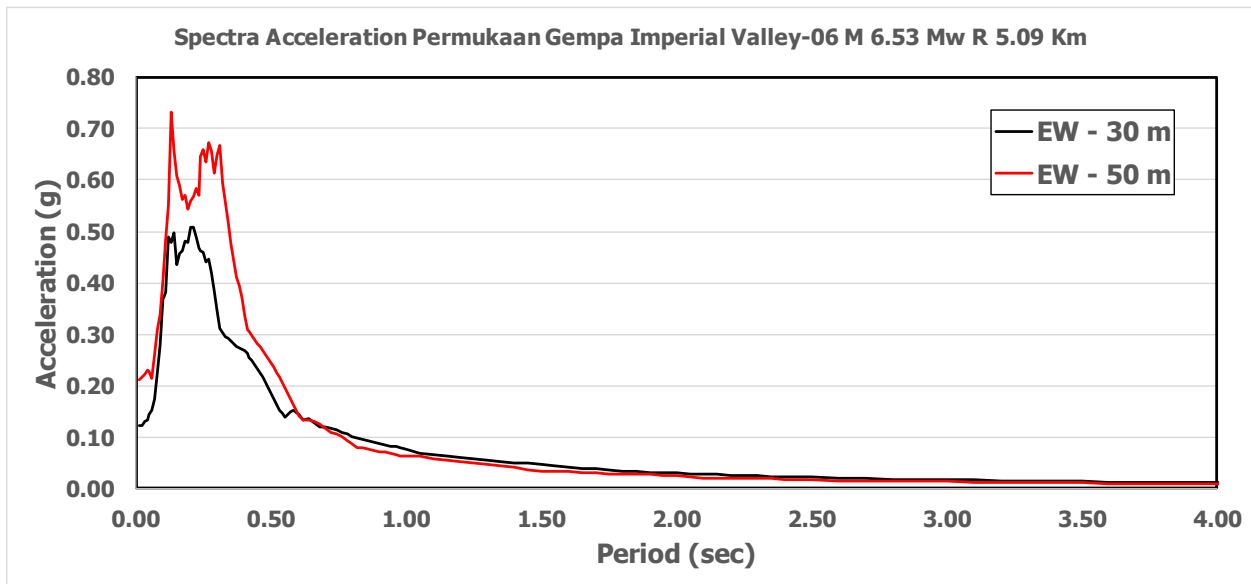
Gambar 5.41. SATH Permukaan Gempa Imperial Valley-06 Magnitudo 6.53 Mw dan Jarak 5.09 Km (NS) untuk Model-1 dan Model-2 Lokasi Gedung DFTU



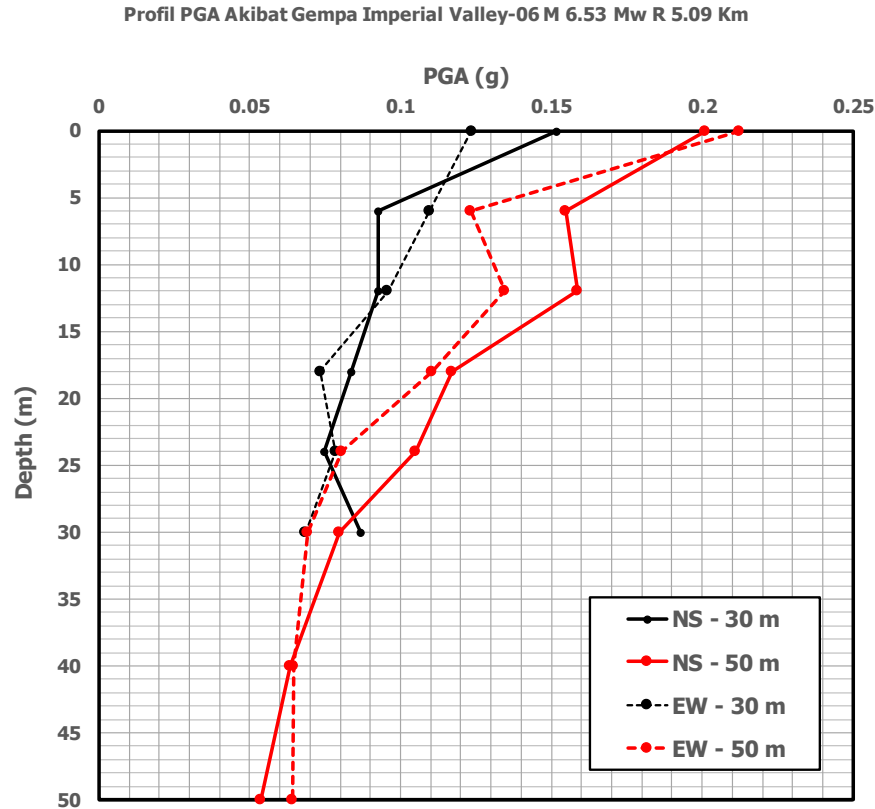
Gambar 5.42. SATH Permukaan Gempa Imperial Valley-06 Magnitudo 6.53 Mw dan Jarak 5.09 Km (EW) untuk Model-1 dan Model-2 Lokasi Gedung DFTU



Gambar 5.43. Spektra Percepatan Permukaan Imperial Valley-06 Magnitudo 6.53 Mw dan Jarak 5.09 Km (NS) untuk Model-1 dan Model-2 Lokasi Gedung DFTU



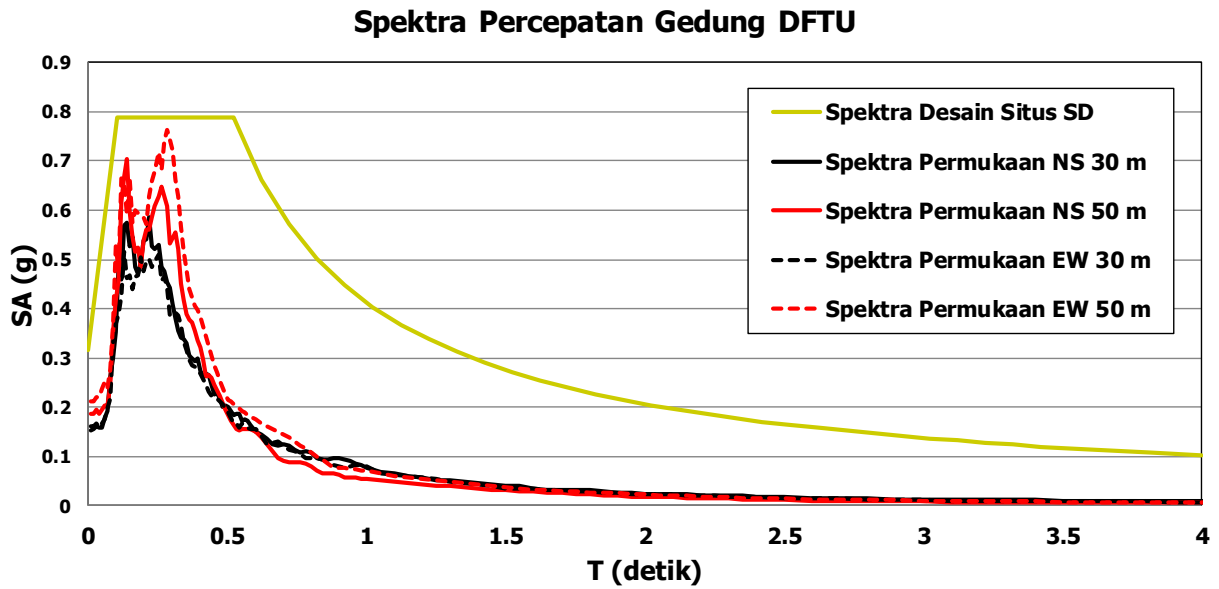
Gambar 5.44. Spektra Percepatan Permukaan Imperial Valley-06 Magnitudo 6.53 Mw dan Jarak 5.09 Km (EW) untuk Model-1 dan Model-2 Lokasi Gedung DFTU



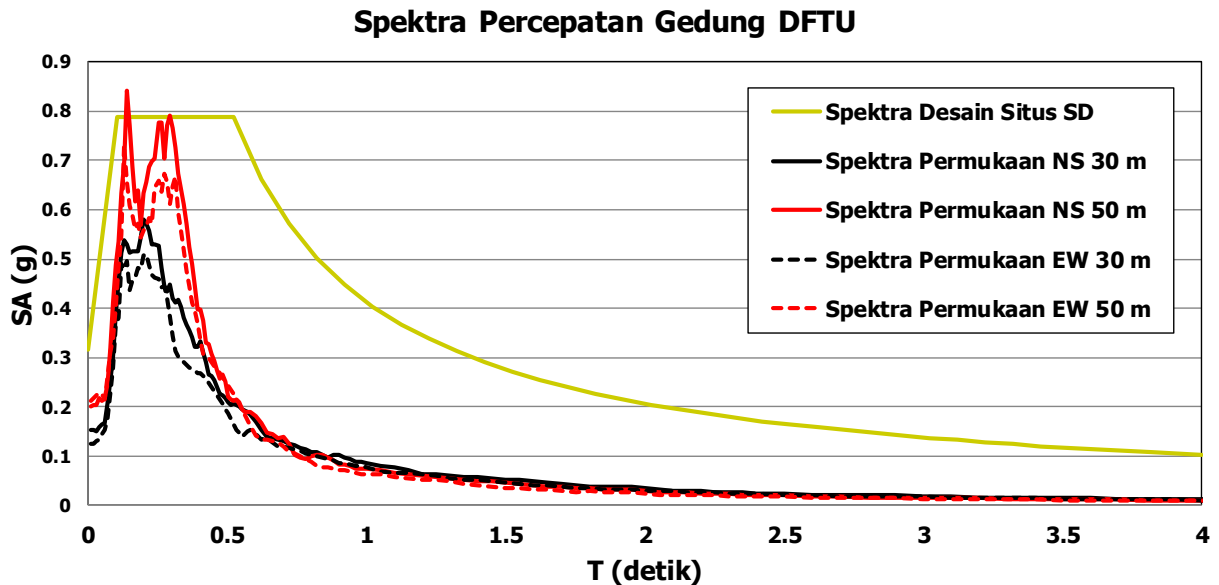
Gambar 5.45. Profile PGA akibat Gempa Imperial Valley-06 Magnitudo 6.53 Mw dan Jarak 5.09 Km untuk Model-1 dan Model-2 pada Lokasi Gedung DFTU

Spektra percepatan permukaan yang diperoleh dari hasil SSA untuk dua skenario gempa Sesar Semarang dan Sesar Lasem perlu dievaluasi terhadap spektra desain yang diperoleh dengan menggunakan SNI 1726:2012. Evaluasi dilakukan terhadap dua model lapisan tanah Model-1 dan Model-2. Evaluasi spektra percepatan permukaan hasil SSA dilakukan terhadap spektra desain situs tanah SD atau tanah sedang. Gambar 5.46 menunjukkan hasil evaluasi perbandingan spektra desain gedung DFTU dengan spektra permukaan akibat skenario gempa Sesar Semarang dengan skenario gempa Northridge-01 Magnitudo 6.69 Mw dan jarak episenter gempa 5.26 Km. Gambar 5.47 menunjukkan hasil evaluasi spektra desain gedung DFTU terhadap spektra permukaan akibat skenario gempa Sesar Lasem yang dimodelkan akibat gempa Imperial Valley-06 Magnitudo 6.53 Mw dan jarak episenter gempa 5.09 Km. Dari hasil analisis komparasi spektra percepatan terlihat spektra percepatan desain menurut SNI 1726:2012 lebih

besar dibandingkan spektra permukaan hasil SSA akibat skenario kedua sumber gempa Sesar Semarang dan Sesar Lasem.



Gambar 5.46. Perbandingan Spektra Desain Gedung DFTU dengan Spektra Permukaan akibat Skenario Gempa Sesar Semarang dengan menggunakan Gempa Northridge-01 Magnitudo 6.69 Mw dan Jarak 5.26 Km



Gambar 5.47. Perbandingan Spektra Desain Gedung DFTU dengan Spektra Permukaan akibat Skenario Gempa Sesar Lasem dengan menggunakan Gempa Imperial Valley-06 Magnitudo 6.53 Mw dan Jarak 5.09 Km

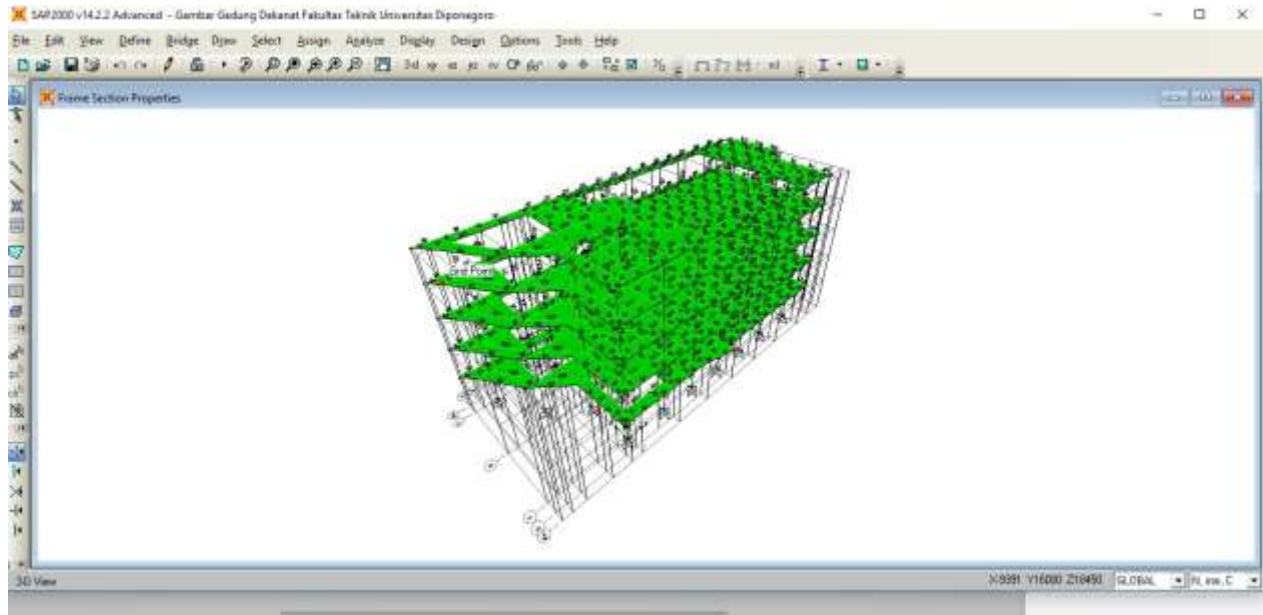
5.5. Analisis Struktur Gedung Dekanat Fakultas Teknik Undip (DFTU)

Analisis struktur ini dilakukan dengan tujuan untuk melakukan evaluasi terhadap bangunan yang telah direncanakan atau yang telah dibangun dengan menggunakan peraturan SNI 1726:2012. Evaluasi yang dilakukan pada bangunan hanya ditinjau terhadap stabilitas bangunan dalam bentuk deformasi dan *drift ratio* bangunan. Deformasi pada bangunan ditinjau dengan dua pendekatan yaitu deformasi dengan menggunakan spektra percepatan menurut SNI 1726:2012 dan deformasi pada bangunan dengan menggunakan dua komponen SATH (NS dan EW). Analisis akibat SATH arah vertikal tidak dilakukan pada penelitian ini. SATH yang digunakan pada bangunan diambil dari hasil analisa perambatan gelombang gempa dari batuan dasar ke permukaan pada lokasi bangunan dengan menggunakan dua model lapisan tanah yaitu Model-1 dan Model-2. Gelombang gempa yang disimulasikan pada analisis ini adalah gelombang gempa yang bersumber dari skenario gempa Sesar Semarang (*reverse fault*) yang diwakili oleh data gempa atau data SATH dari peristiwa gempa Northridge-01 dengan Magnitudo 6.69 Mw dan jarak episenter gempa 5.26 Km. Skenario gempa kedua adalah akibat sumber gempa Sesar Lasem (*Strike Slip*) yang diwakili oleh gempa Imperial Valley-06 dengan Magnitudo 6.53 Mw dan Jarak episenter 5.09 Km. Kedua skenario kegempaan dipilih karena belum pernah ada peristiwa kegempaan yang bersumber dari Sesar Semarang maupun sesar Lasem dengan magnitudo berkisar 6.6 Mw. Jarak episenter gempa dipilih berdasarkan data pencatatan peristiwa gempa dengan jarak stasiun gempa sesuai dengan kedua data episenter gempa tersebut.

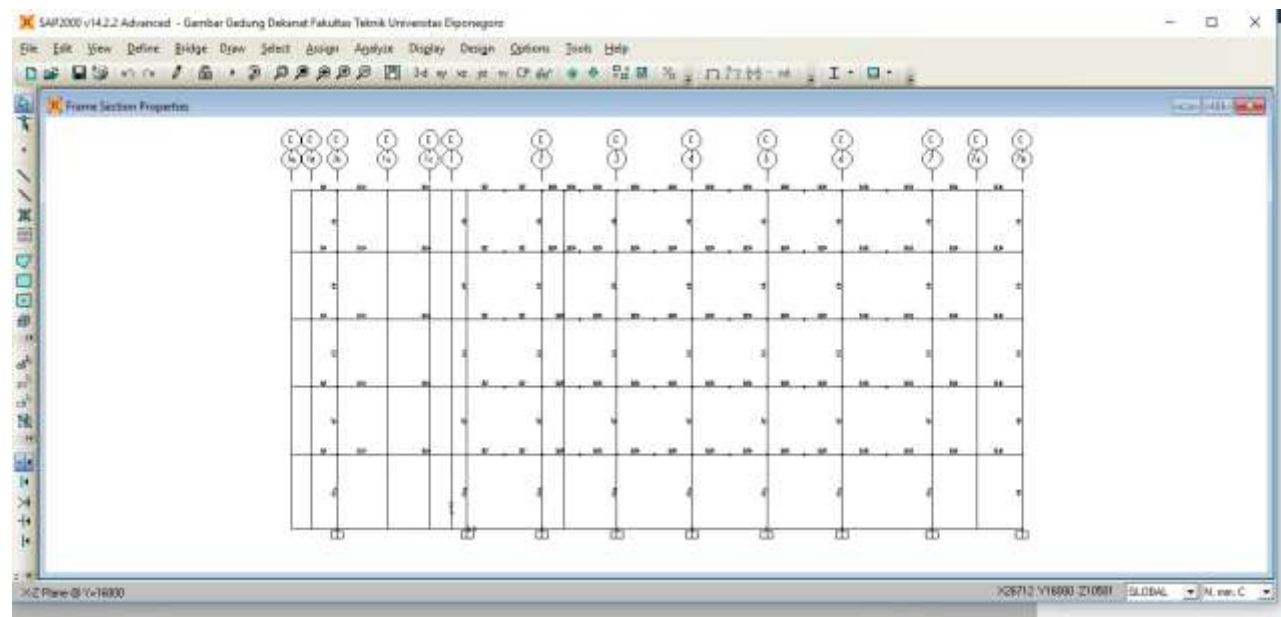
Pada penelitian 2017 telah diperoleh korelasi antara tingkat stabilitas bangunan terhadap spektra percepatan SNI 1726:2012 dan spektra percepatan yang dihitung dengan menggunakan SATH. Jika spektra percepatan yang dihitung dengan menggunakan SNI 1726:2012 lebih besar dibandingkan spektra percepatan yang dihitung menggunakan *acceleration time histories* maka akan diperoleh stabilitas bangunan (deformasi dan *drift ratio*) berdasarkan SATH lebih kecil dibandingkan stabilitas bangunan yang dihitung dengan menggunakan response spektra SNI 1726:2012. Kondisi sebaliknya akan terjadi jika spektra percepatan yang dihitung dengan menggunakan SNI 1726:2012 lebih kecil dibandingkan dengan menggunakan ATH.

Bangunan DFTU mempunyai ketinggian 22.25 meter dengan ukuran denah bangunan 48.68 x 20 meter². Bangunan terdiri dari 5 lantai dan terbuat dari beton bertulang. Bangunan terbuat dari beton bertulang dengan mutu beton sama yaitu 35 Mpa dan mutu baja U-40. Semua data struktur yang digunakan pada bangunan diambil dari data eksisting perencanaan kedua

bangunan tersebut. Gambar 5.48 sampai Gambar 5.50 menunjukkan gambar struktur 3D, gambar portal potongan arah X dan arah Y secara berurutan. Perencanaan tahan gempa pada struktur DFTU menggunakan spektra percepatan desain sebagaimana terlihat pada Gambar 5.51.



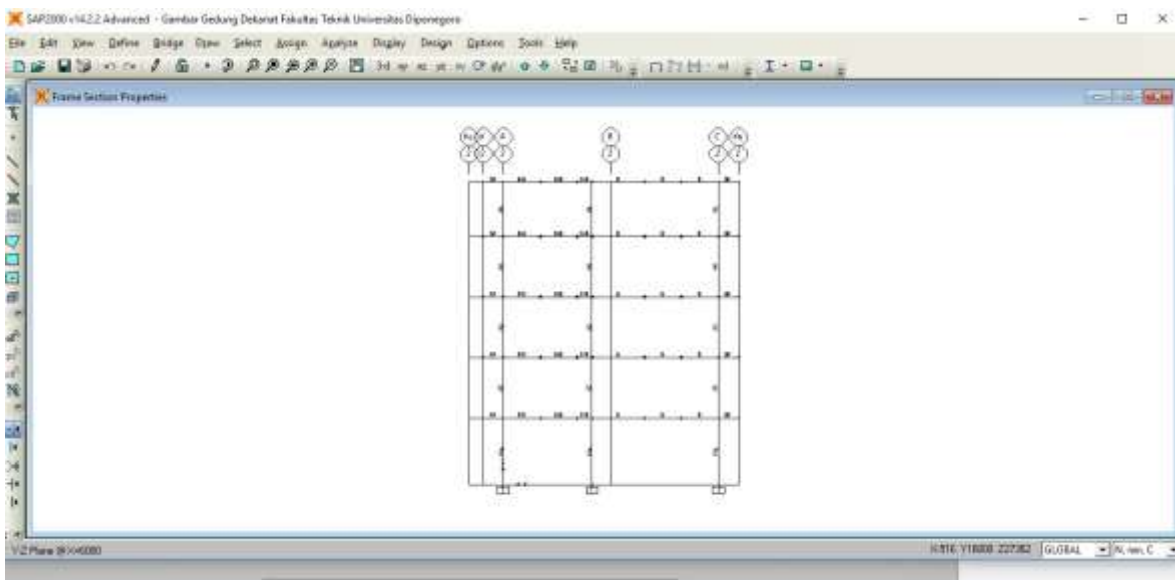
Gambar 5.48. Tampak 3D Gedung DFTU



Gambar 5.49. Potongan X-X Portal Gedung DFTU

Hasil analisis sebagaimana terlihat pada Gambar 5.52 dan Gambar 5.53 menunjukkan deformasi bangunan DFTU dengan pembebanan spektra SNI 1726:2012. Nilai deformasi

bangunan dan *drift ratio* tersebut kemudian dibandingkan dengan skenario gempa akibat Sesar Semarang dengan menggunakan data gempa dari Northridge-01 dengan Magnitudo 6.69 Mw dan jarak episenter gempa 5.26 Km. Deformasi bangunan akibat spektra desain juga dibandingkan dengan nilai deformasi dan *drift ratio* akibat skenario gempa Sesar Lasem dengan menggunakan data gempa dari Imperial Valley-06 dengan Magnitudo 6.53 Mw dan Jarak episenter 5.09 Km. Gambar 5.54 dan Gambar 5.55 menunjukkan komparasi hasil perhitungan deformasi dan *drift ratio* bangunan DFTU akibat beban gempa spektra SNI 1726:2012 dan beban gempa sesar Semarang. Gambar 5.56 dan Gambar 5.57 menunjukkan hasil komparasi deformasi bangunan DFTU yang dihitung dengan menggunakan spektra SNI 1726:2012 dan skenario gempa Sesar Lasem.

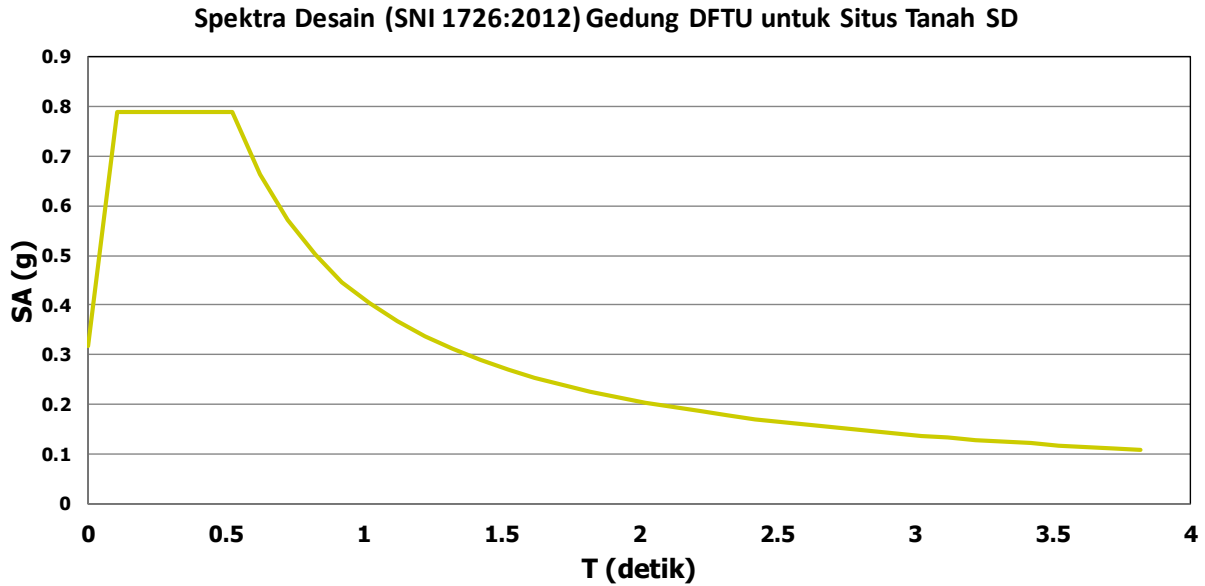


Gambar 5.50. Potongan Y-Y Portal Gedung DFTU

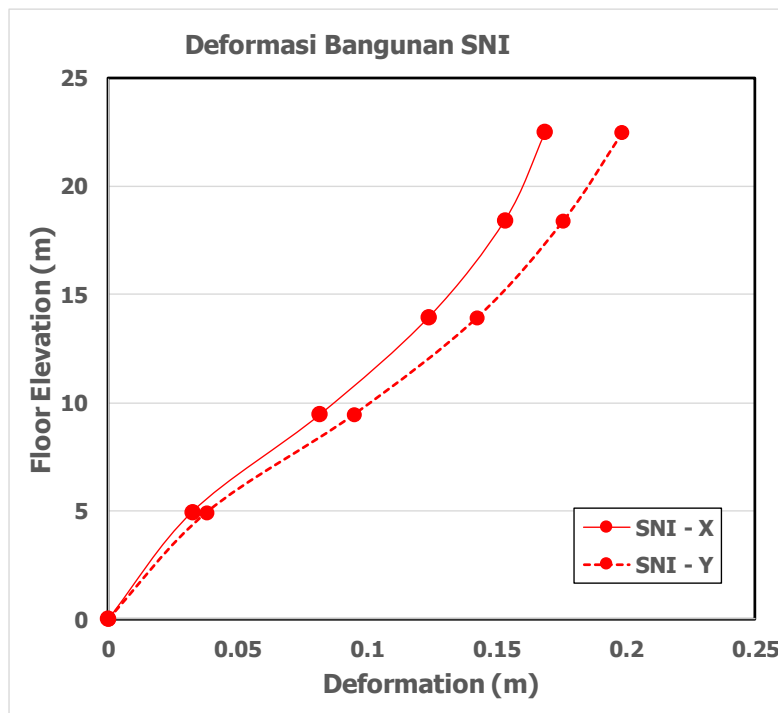
Dari hasil analisis komparasi deformasi dan *drift ratio* dari gedung DFTU dengan menggunakan dua model lapisan tanah Model-1 dan Model 2 terlihat deformasi dan *drift ratio* bangunan hampir sama. Hal ini menunjukkan bahwa model lapisan tanah 30 meter Model-2 dapat digunakan sebagai alternatif analisis SSA untuk mendapatkan SATH dan spektra percepatan di permukaan akibat skenario kejadian gempa tertentu.

Dari hasil komparasi deformasi dan *drift ratio* bangunan DFTU dengan dua skenario gempa Sesar Semarang dan Sesar Lasem terlihat nilai deformasi dan drift ratio bangunan lebih kecil dari nilai yang sama yang dihitung dengan menggunakan spektra SNI 1726:2012. Hal ini

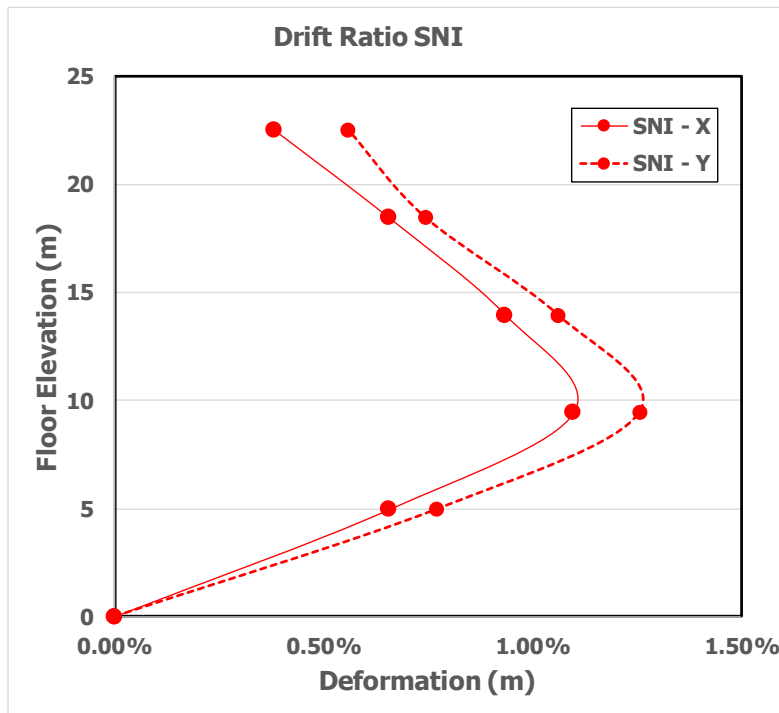
menunjukkan bahwa bangunan DFTU diperkirakan kuat menahan guncangan gempa yang ditimbulkan oleh skenario gempa Sesar Semarang dan Sesar Lasem dengan kekuatan 6.6 Mw dan jarak episenter gempa ke lokasi bangunan 5 Km.



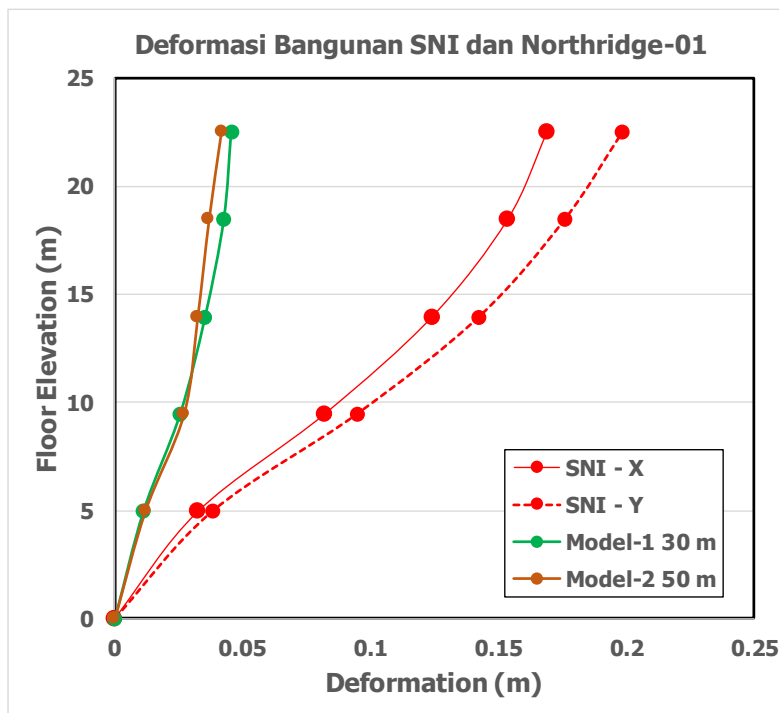
Gambar 5.51. Spektra Desain Gedung DFTU



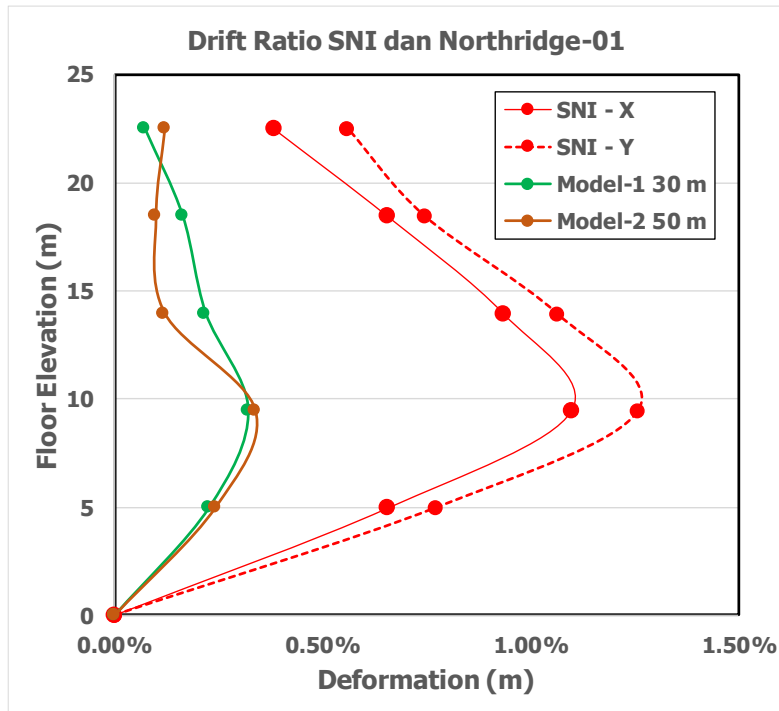
Gambar 5.52. Deformasi Gedung DFTU Akibat Spektra Desain SNI 1726:2016



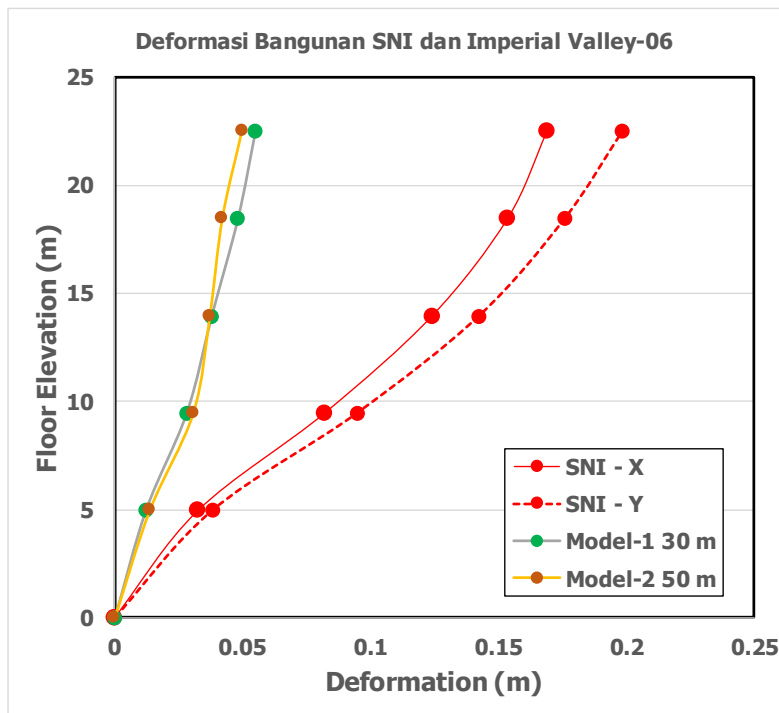
Gambar 5.53. Drift Ratio Lantai Gedung DFTU Akibat Spektra Desain SNI 1726:2016



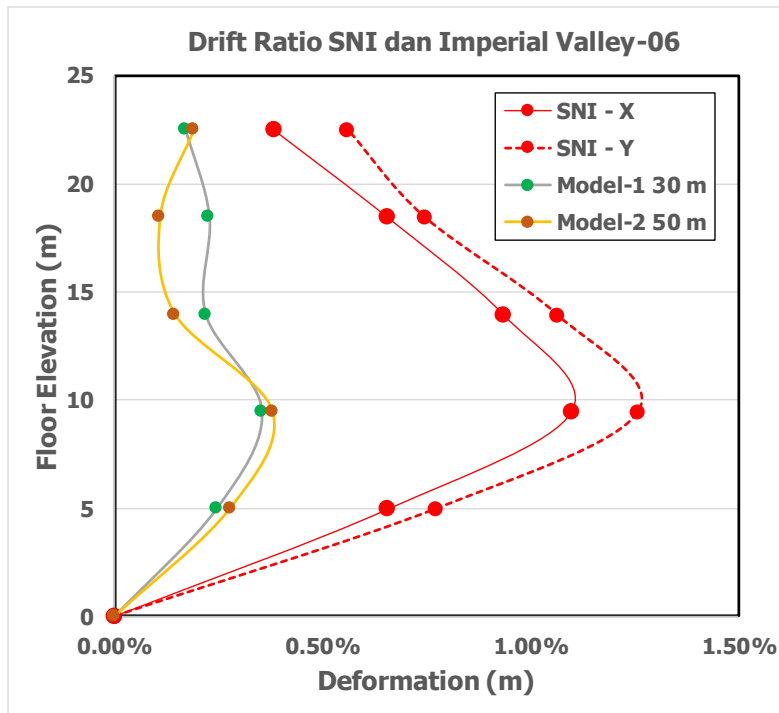
Gambar 5.54. Deformasi Lantai Gedung DFTU Akibat Spektra Desain SNI 1726:2016 dan Skenario Gempa Northridge-01 Magnitudo 6.69 Mw dan Jarak 5.26 Km



Gambar 5.55. *Drift Ratio* Lantai Gedung DFTU Akibat Spektra Desain SNI 1726:2016 dan Skenario Gempa Northridge-01 Magnitudo 6.69 Mw dan Jarak 5.26 Km



Gambar 5.56. Deformasi Lantai Gedung DFTU Akibat Spektra Desain SNI 1726:2016 dan Skenario Gempa Imperial Valley-06 Magnitudo 6.53 Mw dan Jarak 5.09 Km



Gambar 5.57. *Drift Ratio* Lantai Gedung DFTU Akibat Spektra Desain SNI 1726:2016 dan Skenario Gempa Imperial Valley-06 Magnitudo 6.53 Mw dan Jarak 5.09 Km

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis struktur pada Gedung DFTU dengan menggunakan dua model lapisan tanah Model-1 dengan elevasi bedrock 50 meter dan Model-2 dengan elevasi bedrock 30 meter maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Bangunan DFTU diperkirakan mempunyai kemampuan menahan gempa yang bersumber dari gempa Sesar Semarang dan Sesar Lasem dengan kekuatan berkisar pada magnitude 6.6 Mw dengan jarak sumber gempa ke lokasi bangunan 5 Km. Hal ini ditunjukkan dengan deformasi maupun *drift ratio* yang lebih kecil jika dibandingkan dengan deformasi dan *drift ratio* bangunan DFTU dengan menggunakan spektra desain SNI 1726:2012.
2. Hasil analisis dengan menggunakan dua model lapisan tanah menunjukkan deformasi dan *drift ratio* bangunan hampir sama. Dengan hasil analisis ini menunjukkan model lapisan tanah dengan kedalaman *bedrock* 30 meter dapat digunakan sebagai alternatif pada perencanaan maupun evaluasi kerentanan bangunan.
3. Hasil analisis rambatan gelombang gempa dengan menggunakan Model-1 dan Model 2 menunjukkan nilai PGA di permukaan yang dihitung dengan menggunakan Model-1 lebih besar dibandingkan dengan hasil analisis dengan menggunakan Model-2. Perbedaan nilai PGA yang diperoleh dengan kedua model tersebut kurang dari 0.1 g.
4. Hasil analisis terhadap profil PGA yang dihitung dengan menggunakan kedua model lapisan tanah menunjukkan bahwa perubahan terbesar nilai PGA terjadi pada saat gelombang gempa merambat dari elevasi 30 meter sampai ke permukaan.

6.2. Saran

Evaluasi tingkat kerentanan bangunan pada penelitian ini hanya ditinjau dari besarnya deformasi lantai bangunan dan nilai *drift ratio* lantai bangunan. Evaluasi ini masih belum lengkap karena belum meninjau segi kekuatan dari bangunan. Evaluasi kerentanan bangunan juga di tinjau terhadap scenario gempa dengan magnitude ± 6.6 Mw dan jarak sumber gempa ke bangunan ± 5 Km. Beberapa hal yang perlu diperhatikan pada penelitian yang akan datang:

1. Perlu dikaji tingkat kerentanan bangunan dengan meninjau kekuatan dari elemen struktur seperti pelat, balok, kolom dan elemen struktur lain.
2. Perlu di kaji tingkat kerentanan bangunan akibat skenario gempa dengan kekuatan lebih besar dari 6.6 Mw dengan jarak sumber gempa ± 5 Km.

DAFTAR PUSTAKA

1. W. Partono, M. Irsyam, I. D Atmanto, A.R.A. Setiaji, S. Purnomo and R. Y. Setiawan, MATEC Web of Conferences **195**, 02011, 2018.
2. U.S. Department of Commerce National Institute of Standards and Technology, Selecting and Scaling Earthquake Ground Motions for Performing Response-History Analyses, 2011.
3. S. Mazzoni, M. Hachem & M. Sinclair, An Improved Approach for Ground Motion Suite Selection and Modification for Use in Response History Analysis, 15 WCEE, Lisboa, 2012.
4. B.M. Hutapea, M. Asrurifak, Hendriyawan, M. Irsyam, Jurnal Teknologi, 77:11, 17–24, 2015.
5. B.A. Bradley, Benefits of Site-Specific Hazard Analysis For Seismic Design in New Zealand, Bulletin of the New Zealand Society for Earthquake Engineering, Vol. 48, No. 2, 2015.
6. P. Thomas, I. Wong, and J. Zachariasen, Update to The Site-Specific Seismic Hazard Analyses and Development of Seismic Design Ground Motions, Stanford University California, 2013.
7. M. Ridwan, Afnimar, S. Widiyantoro, M. Irsyam and H., J. Math. Fund. Sci., Vol. 46, No. 3, 313-327, 2014.
8. M. Asrurifak, M. Irsyam , B.M. Hutapea, M. Ridwan, A. V. Pramatatya dan D. Dharmawansyah, Pengembangan Peta Klasifikasi Tanah dan Kedalaman Batuan Dasar untuk Menunjang Pembuatan Peta Mikrozonasi Jakarta Dengan Menggunakan Mikrotremor Array, 17th Annual Scientific Meeting Jakarta, 13-14, 2013.
9. Pusat Studi Bencana Gempa Nasional, Peta Sumber Dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017, Pusat Litbang dan Permukiman, Badan Penelitian dan Pengembangan, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2017.
10. SNI 1726:2012, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, Badan Standardisasi Nasional, ICS 91.120.25:91.080.01, 2012.
11. SNI 2847:2013, Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, Badan Standardisasi Nasional, ICS 91.080.40, 2013.
12. SNI 1726:2002, Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung, Departemen Pekerjaan Umum, 2002.
13. Windu Partono, Yulita Arni Priastiwi, Nuroji, Indrastono Dwi Atmanto, Bambang Pardoyo, Trinita Octaviani Gultom and Yanuar Tampubolon, Structural analysis using three-component acceleration time histories caused by shallow crustal fault earthquakes with a maximum magnitude of 7 Mw, MATEC Web of Conferences, **258** 5805029 (2019)
14. Irsyam M., Sengara I.W., Aldiamar F., Widiyantoro S., Triyoso W., Natawijaya D.H., Kertapati E., Meilano I., Suhardjono, Asrurifak M. dan Ridwan M., 2010, Ringkasan Hasil Studi Tim Revisi Peta Gempa Indonesia 2010, 1 Juli, 2010, Bandung.
15. Partono W., 2015, Pembuatan Peta Mikrozonasi Gempa Kota Semarang Melalui Pengembangan Program Seismic Hazard Dengan Mempertimbangkan Kondisi Fragility Bnagunan, Desertasi Doktor Teknik Sipil Undip.
16. Boore D.M. dan Atkinson G.M., 2008, Ground-Motion Prediction Equations for the Average Horizontal Component of PGA, PGV, and 5%-Damped PSA at Spectral Periods between 0.01 s and 10.0 s, Earthquake Spectra, Volume 24, No. 1, pp. 99-138, Earthquake Engineering Research Institute.
17. Campbell K.W., dan Bozorgnia Y., 2008, NGA Ground Motion Model for the Geometric Mean Horizontal Component of PGA, PGV, PGD and 5% Damped Linear Elastic Response

- Spectra for Periods Ranging from 0.01 to 10 s, *Earthquake Spectra*, Volume 24, No. 1, pp. 139-171, Earthquake Engineering Research Institute.
18. Chiou, B. S. J. dan Youngs, R. R., 2008, NGA Model for Average Horizontal Component of Peak Ground Motion and Response Spectra, PEER 2008/09, Pacific Engineering Research Center, College of Engineering, University of California, Berkeley, xv+94+A61+B6+C6+D15+E40+F14+G33+H13p.
 19. Asrurifak M., 2010, "Peta Respon Spektra Indonesia Untuk Perencanaan Struktur Bangunan Tahan Gempa Dengan Model Sumber Gempa Tiga Dimensi Dalam Analisis Probabilitas", Disertasi Doktor Teknik Sipil, Institut Teknologi Bandung, xxviii + 283.
 20. Kramer, S. L., 1996, *Geotechnical Earthquake Engineering*, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey 07458, xviii+653p.
 21. Seed H.B. and Sun J.H., 1989, Implication of site effects in the Mexico City earthquake of September 19, 1985 for earthquake-resistance-design in the San Francisco Bay Area of California, Report No. UCB/EERC/-89/03, University of California, Berkeley, California.
 22. Idriss I.M., 1990, Response of Soft Soil Sites During Earthquakes, Proceedings of the Memorial Symposium to Honor Professor Harry Bolton Seed, University of California, Berkeley, May, 1990.
 23. Seed H.B. dan Idriss I.M., 1970, Soil Moduli and Damping Factors for Dynamic Response of Analysis, Report No. EERC 70-10, Earthquake Engineering Research Centre, University of California.
 24. Seed, H.B., Wong R.T., Idris I.M. dan Tokimatsu K., 1986, Moduli and Damping Factors for Dynamic Analysis of Cohesionless Soils, *J. Geotechn. Eng. Div., ASCE*, Vol. 112 No. 11, November, pp. 1016 – 1032.
 25. P. Schnabel, H. Bolton Seed and J. Lysmer, 1972, Modification of seismograph records for effects of local soil conditions, *Bulletin of The Seismological Society of America*, Volume 62 No. 6, December 1972.

LAMPIRAN

LAMPIRAN I

Susunan Organisasi Tim Peneliti Dan Pembagian Tugas

No	Nama / NIP/ NIDN/ NIM	Departemen	Bidang Ilmu	Alokasi Waktu (jam/minggu)	Uraian Tugas
1	Dr. Ir. Windu Partono. MSc. NIP 195809291986021001	Teknik Sipil	Struktur & Geoteknik	8	Penanggung Jawab, Koordinasi dan Pengawasan Pelaksanaan
2	Ir. Frida Kistiani, MT. NIP 195907021987032001	Teknik Sipil	Struktur	6	Pelaksana Penelitian di Lapangan dan di Laboratorium
3	Undayani Cita Sari ST. MT NIP 199206142018032001	Teknik Sipil	Geoteknik	6	Pelaksana Penelitian di Lapangan dan di Laboratorium
3	Elsimanata Putro (NIM 21010114130126)	Teknik Sipil	Geoteknik & Struktur	10	Membantu Pelaksanaan Penelitian di Laboratorium Komputasi
4	Wahyu Rahmat Ramadhan (NIM 21010114140199)	Teknik Sipil	Geoteknik & Struktur	10	Membantu Pelaksanaan Penelitian di Laboratorium Komputasi

LAMPIRAN II
Biodata Ketua dan Anggota Dosen dan Mahasiswa

Curriculum Vitae

Nama : Dr. Ir. Windu Partono, MSc.
NIP : 195809291986021001
Universitas : Diponegoro
Fakultas/Jurusan : Teknik/ Sipil
Tempat/Tanggal Lahir : Semarang, 29 September 1958
Agama : Islam
Pekerjaan : Dosen Fak. Teknik UNDIP
Bidang Keahlian : Struktur dan Geoteknik
Alamat Rumah : Jl. Karonsih Utara Raya 234, Ngaliyan, Semarang.

II. PENDIDIKAN

1. SD Kristen Gergaji, Semarang, Lulus tahun 1971
2. SMP Domenico Savio, Semarang, Lulus tahun 1974
3. SMA Loyola, Semarang, Lulus tahun 1977
4. S-1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Bandung. Lulus tahun 1984.
5. S-2 Bidang Computer Science, University of Wales, Cardiff, UK, Lulus tahun 1991.
6. S-3 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Lulus tahun 2015

III. PENGALAMAN PEKERJAAN

1. **1986 - sekarang** : Dosen Jurusan Teknik Sipil , Fakultas Teknik , Universitas Diponegoro
2. **2002 – 2004** : Ketua Program Ekstensi Jurusan Teknik Sipil, Universitas Diponegoro.
3. **2001 – 2009** : Sekretaris Laboratorium Komputasi, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Diponegoro.
4. **2008 – 2012** : Ketua Laboratorium Komputasi, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Diponegoro.

IV. KARYA ILMIAH / PUBLIKASI

1. **Windu Partono**, Sri Tudjono, Pengaruh Gesekan Horizontal Perletakan Pada Lendutan Balok, Majalah Pilar, Volume 9 No. 9, April, 2000, p25-30.
2. Pranoto SA, **Windu Partono**, Studi Analisa Forensik Konstruksi Parapet Batu Kali, Majalah Pilar, Vol 12 No 1, April 2003, p40-44
3. **Windu Partono**, Evaluasi Kelayakan Pendanaan Proyek Dengan Teknik Pemrograman Linier, Majalah Teknik , Vol 28 No. 1, April 2007, p1-8.
4. **Windu Partono**, Masyhur Irsyam, Sri Prabandiyani RW., Syamsul Maarif, Aplikasi Metode HVSR Pada Perhitungan Faktor Amplifikasi Tanah di Kota Semarang, Jurnal MKTS, Vol 19 No 2, Desember 2013, p125-134

5. **Windu Partono**, Masyhur Irsyam, Sri Prabandiyani RW., Syamsul Maarif, Komparasi Nilai Faktor Amplifikasi Tanah dengan Pendekatan SSA dan HVSR pada Wilayah Kecamatan Tembalang Kota Semarang, *Majalah Teknik*, Volume 34 No.3, Desember 2013, p 134-217..
6. SPR Wardani, Masyhur Irsyam, **Windu Partono**, Syamsul Maarif, Bedrock Elevation Measurement Using Ambient Vibrations and Ultrasonic Pulse Test, *Geotechnics and Catastrophic Flooding Events – Iai (ed)*, Taylor & Francis Group, London, 2015, p 385-390.
7. **Windu Partono**, Masyhur Irsyam, Sri Prabandiyani Retno Wardani, Syamsul Maarif, Persepsi Pengembangan Peta Rawan Gempa Kota Semarang Melalui Penelitian Hazard Gempa Deterministik, *Majalah Teknik*, Vol 36 No. 1, Juli 2015, p 24-31.
8. **Windu Partono**, Sri Prabandiyani Retno Wardani, Masyhur Irsyam, Syamsul Maarif, Development of Seismic Microzonation Maps of Semarang Indonesia, *Jurnal Teknologi*, Vol 77 No. 11, Nopember 2015, p 99-107.
9. **Windu Partono**, Sri Prabandiyani Retno Wardani, Masyhur Irsyam, Syamsul Maarif, Seismic Microzonation of Semarang Indonesia Based on Site Response Analysis Using 30 m Soil Deposit Model, *Jurnal Teknologi*, Vol 78 No. 8-5, 2016, p 31-38.
10. Listiyono Budi, Sukamta, **Windu Partono**, 2017, Optimization Analysis of Size and Distance of Hexagonal Hole in Castellated Steel Beams, *Procedia Engineering*, Elsevier, 171(2017) 1092-1099.
11. **Windu Partono**, Masyhur Irsyam and Sri Prabandiyani Retno Wardani, Development of site class and site coefficient maps of Semarang, Indonesia using field shear wave velocity data, *MATEC Web of Conference* 101, 05010 (2017), DOI: 10.1051/mateconf/2017 10105010.
12. Undayani Cita Sari, Sri Prabandiyani Retno Wardani, Suharyanto and **Windu Partono**, Influence of pore water pressure to seepage and stability of embankment dam (case study of Sermo Dam Yogyakarta, Indonesia), *MATEC Web of Conference* 101, 05007 (2017), DOI: 10.1051/mateconf/201710105007.
13. **Windu Partono**, Masyhur Irsyam and Sri Prabandiyani Retno Wardani, Development of Acceleration Time Histories for Semarang, Indonesia, Due to Shallow Crustal Fault Earthquakes, *AIP Conference Proceedings* **1903**, 090004 (2017), American Institute of Physics, pp. 090004-1 - 090004-9.
14. **Windu Partono**, Bambang Pardoyo, Indrastono Dwi Atmanto, Lisa Azizah and Rouli Dian Chintami, Sensitivity Analysis of Tall Buildings in Semarang, Indonesia Due to Fault Earthquakes with Maximum 7 Mw, *AIP Conference Proceedings* **1903**, 090004 (2017), American Institute of Physics, pp. 020008-1 - 090004-7.
15. **Windu Partono**, Listiyono Budi, Siti Hardiyati, Sukamta, Optimasi Distribusi Lubang Pada Balok Baja Kastela, *Teknik*, 39 (1), 2018, p 1-8.
16. **Windu Partono**, Yulita Arni Priastiwi, Nuroji, Indrastono Dwi Atmanto, Bambang Pardoyo, Trinita Octaviani Gultom and Yanuar Tampubolon, Structural analysis using three-component acceleration time histories caused by shallow crustal fault earthquakes with a maximum magnitude of 7 Mw, *MATEC Web of Conference* 258, 05029 (2019), DOI: 10.1051/mateconf/201925805029.
17. Undayani Cita Sari, **Windu Partono**, Sri Prabandiyani Retno Wardani, Displacement Analysis of Dam Based on Material Parameters using Numerical Simulation and

V. RIWAYAT PENELITIAN

1. **HIBAH MAGISTER TEKNIK SIPIL UNDIP**
Sri Prabandiyani R.W **dan Windu Partono**, Studi Pengembangan Peta *Hazard* Gempa Kota Semarang, Hibah Program Magister Teknik Sipil, Undip. Tahun Anggaran 2011
2. **HIBAH MAGISTER TEKNIK SIPIL UNDIP**
Sri Prabandiyani R.W **dan Windu Partono**, Studi Perambatan Gelombang Geser Pada Permukaan Tanah di Kota Semarang, Hibah Program Magister Teknik Sipil, Undip. Tahun Anggaran 2012.
3. **HIBAH DISERTASI DOKTOR**
Windu Partono, Studi Pengembangan Peta Mikrozonasi Gempa Kota Semarang, Hibah Program Pascasarjana Universitas Diponegoro. Tahun Anggaran 2012.
4. **HIBAH FAKULTAS TEKNIK UNDIP**
Sri Prabandiyani R.W, **Windu Partono**, Studi Komparasi Nilai Frekuensi Dominan Lapisan Tanah Berdasarkan Analisis Perambatan Gelombang Ambien dan Gelombang Gempa di Kota Semarang, Hibah Fakultas Teknik Undip. Tahun Anggaran 2013.
5. **HIBAH JURUSAN TEKNIK SIPIL UNDIP**
Sri Prabandiyani R.W, **Windu Partono**, Pengembangan Peta Rawan Gempa Kota Semarang Berdasarkan Analisa *Hazard* Deterministik, Hibah Jurusan Teknik Sipil, Undip. Tahun Anggaran 2014.
6. **HIBAH JURUSAN TEKNIK SIPIL UNDIP**
Windu Partono, Indrastono DA, Kresno Wikan Sadono, Pembuatan Program Hazard Gempa untuk Perhitungan Percepatan Gerakan Tanah Akibat Sumber Gempa Sesar Aktif, Hibah Bersaing Dana DIPA Fakultas Teknik Undip. Tahun Anggaran 2015.
7. **HIBAH JURUSAN TEKNIK SIPIL UNDIP**
Windu Partono, Siti Hardiyati, Listiyono Budi, Optimasi Ukuran dan Jarak Lubang Heksagonal Pada Balok Kastela, Hibah Bersaing Dana DIPA Fakultas Teknik Undip, Undip. Tahun Anggaran 2016.
8. **HIBAH JURUSAN TEKNIK SIPIL UNDIP**
Windu Partono, Bambang Pardoyo, Indrastono Dwi Atmanto, Lisa Azizah and Rouli Dian Chintami, Evaluasi Tingkat Kerentanan Bangunan Tinggi di Kota Semarang Akibat Sumber Gempa Sesar Aktif, Hibah Bersaing Dana DIPA Fakultas Teknik Undip, Tahun Anggaran 2017.
9. **HIBAH JURUSAN TEKNIK SIPIL UNDIP**
Windu Partono, Indrastono Dwi Atmanto, Andi Retno Ari Setiaji, Sigit Purnomo, Robby Yanuar Setiawan, Evaluasi Stabilitas Bangunan Tinggi Di Kota Semarang Dengan Menggunakan Tiga Komponen Acceleration Time Histories Akibat Skenario Gempa Sesar Semarang Dengan Kekuatan 6.5 Mw, Hibah Bersaing Dana RKAT Fakultas Teknik Undip, Tahun Anggaran 2018.

VI. MAKALAH SEMINAR INTERNASIONAL

1. Listiyono Budi, Sukamta, **Windu Partono**, Optimization Analysis of Size and Distance of Hexagonal Hole in Castellated Steel Beams, The 3rd International Conference on

- Sustainable Civil Engineering Structures and Construction Materials 2016, SCESCM 2016, September 2016, Bali, Indonesia.
2. **Windu Partono**, Masyhur Irsyam, Sri Prabandiyani Retno Wardani, Development of Site Class and Site Coefficient Maps of Semarang Using Real VS30, Sriwijaya International Conference on Engineering, Science and Technology (SICEST) 2016, Nopember 2016, Pulau Bangka, Indonesia.
 3. Udayani Cita Sari, Sri Prabandiyani Retno Wardani, Suharyanto, **Windu Partono**, Influence of pore water pressure to seepage and stability of embankment dam (case study of Sermo Dam Yogyakarta, Indonesia), Sriwijaya International Conference on Engineering, Science and Technology (SICEST) 2016, Nopember 2016, Pulau Bangka, Indonesia.
 4. **Windu Partono**, Masyhur Irsyam and Sri Prabandiyani Retno Wardani, Development of Acceleration Time Histories for Semarang, Indonesia, Due to Shallow Crustal Fault Earthquakes, International Conference on Construction and Building Engineering (ICONBUILD-2017), Palembang, Indonesia, Agustus 2017.
 5. **Windu Partono**, Masyhur Irsyam and Sri Prabandiyani Retno Wardani, Sensitivity Analysis of Tall Buildings in Semarang, Indonesia Due to Fault Earthquakes with Maximum 7 Mw, International Conference on Construction and Building Engineering (ICONBUILD-2017), Palembang, Indonesia, Agustus 2017.
 6. **Windu Partono**, Masyhur Irsyam and Sri Prabandiyani Retno Wardani, Development of seismic risk microzonation map for Semarang due to Semarang fault earthquake scenario with maximum magnitude 6.9 Mw, 2nd International Joint Conference on Advanced Engineering and Technology & International Symposium on Advanced Mechanical and Power Engineering (IJCAET & ISAMPE 2017), Denpasar Bali, Indonesia, Agustus 2017.
 7. **Windu Partono**, Masyhur Irsyam and Sri Prabandiyani Retno Wardani, Development of acceleration time histories for Semarang, Indonesia, 2nd International Joint Conference on Advanced Engineering and Technology & International Symposium on Advanced Mechanical and Power Engineering (IJCAET & ISAMPE 2017), Denpasar Bali, Indonesia, Agustus 2017.
 8. Udayani Cita Sari, Abdul Rochim, **Windu Partono**, The Influence of Seismic Load to Deformation of Dam, THE INFLUENCE OF SEISMIC LOAD TO DEFORMATION OF DAM, 3rd International Conference on Coastal and Delta Areas (ICCD3), Sultan Agung Islamic University, September, 2017.
 9. **Windu Partono**, Yulita Arni Priastiwi, Nuroji, Indrastono Dwi Atmanto, Bambang Pardoyo, Trinita Octaviani Gultom and Yanuar Tampubolon, Structural analysis using three-component acceleration time histories caused by shallow crustal fault earthquakes with a maximum magnitude of 7 Mw, 4th International Conference on Sustainable Civil Engineering Structures and Construction Materials (SCESCM), Yogyakarta, Indonesia, September. 2018.
 10. Udayani Cita Sari, **Windu Partono**, Sri Prabandiyani Retno Wardani, Displacement Analysis of Dam Based on Material Parameters using Numerical Simulation and Monitoring Instrumentation, 4th International Conference on Sustainable Civil Engineering Structures and Construction Materials (SCESCM), Yogyakarta, Indonesia, September. 2018.

VII. MAKALAH SEMINAR NASIONAL

1. **Windu Partono**, Sri Prabandiyani Retno Wardani, Pengembangan Peta Elevasi Batuan Dasar Kota Semarang Melalui Penelitian Single Station Feedback Seismometer, Seminar Nasional Geoteknik 2014, Pembicara, 10 – 11 Juni 2014, Yogyakarta.
2. Udayani Cita Sari, Sri Prabandiyani Retno Wardani, Suharyanto, **Windu Partono**, Analisis Tekanan Air Pori Menggunakan Metode Elemen Hingga Dengan Pemodelan Mohr Coulomb Pada Plaxis, Konferensi Nasional Teknik Sipil 10, Menuju Masyarakat Industri Konstruksi Berdaya Saing Tinggi dan Pembangunan Infrastruktur Berkelanjutan, Oktober 2016, Yogyakarta.
3. Vemi Widodoanindyawati¹, Sri Prabandiyani Retno Wardani, **Windu Partono**, 2016, Analisa Efektifitas Kedalaman Pemasangan PVD Studi Kasus Konstruksi Timbunan Apron Bandara Ahmad Yani Semarang, Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2016. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta, 8 November 2016.
4. Udayani Cita Sari, Sri Prabandiyani Retno Wardani, **Windu Partono**, Suharyanto, Analisis Sensitivitas Parameter Koefisien Permeabilitas dan Modulus Young Terhadap Debit Rembesan dan Penurunan pada Bendungan Urugan, Seminar Nasional Teknik 2017, Inovasi Teknologi Berkelanjutan untuk Meningkatkan Daya Saing Bangsa, Universitas Muhammadiyah Purwokerto, Purwokerto, Oktober 2017.

VIII. PENGABDIAN MASYARAKAT

1. **Windu Partono**, Sri Prabandiyani Retno Wardani, Siti Hardiyati, Muhrozi, Indrastono, Bambang Pardoyo, Kresno Wikan Sadono, "Bantuan Teknis Penanganan Longsoran Tanah Pada Komplek Perumahan Menjangan Asri RT13/RW02 Kelurahan Kalipancur Semarang", Semarang, Maret-Oktober 2015.
2. **Windu Partono**, Sri Prabandiyani Retno Wardani, Siti Hardiyati, Muhrozi, Indrastono, Bambang Pardoyo, Kresno Wikan sadono, Andi Retno Ari Setiaji, Ali Imron dan Dina Sarah, "Bantuan Teknis Perencanaan Struktur Dan Penelitian Tanah Bangunan Masjid Bilal Bin Rabah, Kelurahan Bubakan, Kecamatan Mijen, Kota Semarang", Semarang, Maret-Oktober 2016.
3. **Windu Partono**, Sri Prabandiyani Retno Wardani, Siti Hardiyati, Muhrozi, Indrastono, Lisa Azizah dan Dian Chintami, "Bantuan Teknis Evaluasi Kerentanan Bangunan Terhadap bahaya Gempa Pada Perumahan Bale Nirvana Kecamatan Mijen, Semarang", Semarang, Maret-Juni 2017.
4. **Windu Partono**, Sri Prabandiyani Retno Wardani, Siti Hardiyati, Yulita Arni Priastiwi, Udayani Cita Sari, Sigit Purnomo, Robby Yanuar Setiawan, "Sosialisasi Mikrozonasi Gempa Surabaya Sesuai Peraturan Dan Peta Sumber Dan Bahaya Gempa Tahun 2017", Surabaya, Februari-Juni 2018.

IX. PERAN SERTA AKTIF DALAM PERTEMUAN INTERNASIONAL dan NASIONAL

1. The First International Seminar on Geotechnical Engineering, "Geotechnical Engineering Application for Mitigation of Natural Disaster", 2002, Semarang, Indonesia.
2. The 2nd International Seminar on Geotechnical and Transportation Engineering: "Roads on Problematic Soils" Semarang – Indonesia, 24 – 25 February 2004
3. The International Conference Geotechnical Engineering for Disaster Mitigation and Rehabilitation. Singapore, 12-13 December 2005.

4. The 4th International Conference on Disaster Prevention and Rehabilitation, Semarang 10-11 September 2007.
5. The 3rd International Conference on Geotechnical Engineering for Disaster Mitigation and Rehabilitation 2011 combined with the 5th International Conference on Geotechnical and Highway Engineering – Practical Applications, Challenges and Opportunities and One Day International Symposium on Recent Advances in Geotechnical Engineering 17 – 20 May 2011.
6. Geographical Information Science and Natural Disaster Management, Practical Project Work with ESRI Software ArcGis, Thailand, 27th – 31 August, 2012.

Semarang, Maret 2019



Dr. Ir. Windu Partono, MSc.
NIP 195809291986021001

BIODATA

Nama Lengkap : Ir. Frida Kistiani, MT.
 NIP : 19590702 198703 2 001
 Tempat Tanggal Lahir : Surakarta, 2 Juli 1959
 Jenis Kelamin : Perempuan
 Status Perkawinan : Kawin
 Agama : Katolik
 Alamat Rumah : Jl. Ngesrep Barat III Kompleks RD PLN Hidro II/13, RT 05/ RW
 06, Semarang 5062
 Telp. No : 024-7474240
 HP. No : 0811290030
 Email : fridakistiani1@gmail.com
 Alamat Kantor : Fakultas Teknik
 Jurusan Teknik Sipil
 Universitas Diponegoro
 Jl. Prof. H. Soedarto, SH. Tembalang
 Jabatan Akademik : Lektor
 Golongan/Pangkat : IIIC

RIWAYAT PENDIDIKAN PERGURUAN TINGGI

Tahun Lulus	Program Pendidikan	Perguruan Tinggi	Jurusan
2010	Magister (S2)	Universitas Diponegoro Semarang	Teknik Sipil / Manajemen Konstruksi
1986	Sarjana (S1)	Universitas Diponegoro Semarang	Teknik Sipil

PELATIHAN PROFESSIONAL

Tahun	Jenis Pelatihan (Dalam/Luar Negeri)	Penyelenggara	Jangka Waktu
2017	Peserta Workshop Implementasi Kurikulum 2017 dan Pengentasan Kurikulum 2012 Serta Persiapan International Undergraduate Program (IUP)	Program Studi S1 Teknik Sipil FT.UNDIP	
2012	Pelatihan Student Centre Learning (SCL)	Universitas Diponegoro, Semarang	5 Hari
2009	Penataran Dosen Wali Angkatan XXXII – XXXIII	Universitas Diponegoro, Semarang	16-28 Maret
2008	Kursus singkat :	PT Rekayasa Industri,	16-17 Juni

Tahun	Jenis Pelatihan (Dalam/Luar Negeri)	Penyelenggara	Jangka Waktu
	Project Management and EPCC	Jakarta	
2007	Pelatihan Applied Approach (AA)	Universitas Diponegoro, Semarang	03 –10 November
1992	Pelatihan Penggunaan Konstruksi Fero semen	Lembaga Penelitian Institut Teknologi Bandung bekerja sama dengan Proyek Induk Pengembangan Wilayah Sungai Bengawan Solo GAPENSI Komisariat Wilayah Surakarta	3 Oktober– 30 Nopember

PENGALAMAN MENGAJAR

Mata Kuliah	Program Pendidikan	Institusi/Jurusan/ Program Studi	Semester/Tahun Akademik
Perencanaan Pengendalian dan Manajemen Proyek	Sarjana (S1)	Teknik Sipil, Universitas Diponegoro	Gasal, 2015 s/d Sekarang
Ekonomi Rekayasa dan Kewira Usahaan	Sarjana (S1)	Teknik Sipil, Universitas Diponegoro	Genap 2015 s/d Sekarang.
Manajemen Konstruksi	Sarjana (S1)	Teknik Sipil, Universitas Diponegoro	Genap 2011 s/d Sekarang.
Teknologi Bahan Konstruksi	Sarjana (S1)	Teknik Sipil, Universitas Diponegoro	Gasal, 1988 s/d Sekarang
Struktur Kayu	Sarjana (S1)	Teknik Sipil, Universitas Diponegoro	Gasal, 1988 s/d Sekarang
Struktur Kayu	Diploma (D3)	LPPU, Universitas Diponegoro	Genap, 1994 s/d Sekarang
Mekanika Teknik	Diploma (D3)	LPPU , Universitas Diponegoro	Gasal, 1993 s/d 2000
Statika	Sarjana (S1)	Teknik Sipil, Universitas Diponegoro	Gasal, 2002 s/d 2008
Perancangan Jembatan	Sarjana (S1)	Teknik Sipil Universitas Diponegoro	2003-2005

PRODUK BAHAN AJAR

Mata Kuliah	Program Pendidikan	Jenis Bahan Ajar	Semester/Tahun Akademik
Teknologi Bahan Konstruksi	S1	Buku Ajar (cetak)	Gasal/2005

PENGALAMAN PENELITIAN

Tahun	Judul Penelitian	Ketua/ Anggota Tim	Sumber Dana
2015	TINJAUAN <i>LIFE CYCLE ASSESSMENT</i> PADA FLEXIBLE PAVEMENT	Anggota	DIPA Fakultas Teknik UNDIP
2014	APLIKASI MANAJEMEN RISIKO PADA PROYEK <i>PERFORMANCE BASED CONTRACTS</i> DITINJAU DARI <i>LIFE CYCLE PROJECT</i> (Studi Kasus Pada Proyek Pemeliharaan Jalan Semarang-Bawen)	Anggota	DIPA Fakultas Teknik UNDIP
2013	Evaluasi Kinerja Klien Proyek Pemerintah Dengan Metode <i>Customer Satisfaction Index</i> dan <i>Importance Performance Analysis</i>	Anggota	DIPA Fakultas Teknik UNDIP
2012	Prioritas Biaya Kualitas Dalam Perusahaan Jasa Konstruksi. (Studi Kasus PT ADHI KARYA)	Anggota	DIPA Fakultas Teknik UNDIP
2011	TEKNIK PEMROGRAMAN LINIER (Studi Kasus: Proyek-proyek dengan Kontrak Unit Price).	Ketua	DIPA Fakultas Teknik UNDIP
2005	Peningkatan Proses Belajar Mengajar (PBM) Mata Kuliah Struktur Kayu dengan model ajar interaktif.	Anggota	Research Grant Teaching, Grant TPSDP UNDIP

KARYA ILMIAH

A. Jurnal

Tahun	Judul	Penerbit/Jurnal
2018	Model of Indonesian Traditional Market Revitalization : Case of Study of Five Metropolitan Cities in Java Island	American Scientific Publisher (ASP)
2017	Model Simulasi Risiko Rantai Pasok	Media Komunikasi Teknik Sipil Universitas Diponegoro

2006	Tinjauan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Kayu berdasarkan PKKI 1961,SNI M. 27-1991-03 dan SNI M. 25-1991-03	Media Komunikasi Teknik Sipil Universitas Diponegoro
2006	Kegagalan Bangunan dari Sisi Industri Konstruksi	Media Komunikasi Teknik Sipil Universitas Diponegoro

KONFERENSI / SEMINAR / LOKAKARYA / SIMPOSIUM

Tahun	Judul Kegiatan	Penyelenggara	Peserta/ Pembicara
2010	Diseminasi Produk-produk Pengaturan Jasa Konstruksi di Lingkungan Pemerintah/Aparat Yustisia/BUMN/BUMD/SWASTA (Pengguna Jasa)/Perguruan Tinggi	Badan Pembinaan Konstruksi-Kementrian Pekerjaan Umum	Peserta
2010	Penulisan Artikel Ilmiah untuk Dipublikasikan pada Jurnal Terakreditasi	Badan Kejuruan Sipil-BMPTTSSI	Peserta
2010	Desain Penelitian Bidang Teknik Sipil	Fakultas Teknik-Universitas Diponegoro	Peserta
2009	Pendayagunaan Air Tanah Berbasis Cekungan Air Tanah	Pusat Lingkungan Geologi Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral-Fakultas Teknik Universitas Diponegoro	Peserta
2009	Seminar Nasional : Wilayah Sungai, Daerah Aliran Sungai, dan Cekungan Air Tanah	Departemen Pekerjaan umum – Universitas Diponegoro	Peserta
2009	Effective and Efficient Irrigation System Managemen	Fakultas Teknik - Universitas Diponegoro	Peserta
2008	Pengembangan Energi Baru Terbarukan	Dinas Pertambangan dan Energi –Program Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro	Peserta
2008	Seminar Internasional : Interaksi Tata Ruang dan Air	Fakultas Teknik Universitas Diponegoro	Peserta
2007	Improving Human Communities through International Coperation	Universitas Diponegoro, Kementrian PekerjaanUmum dan International Society for Soil Mechanics and Geolotechnical Engineering (ISSMGE)	Peserta
2007	Seminar Nasional “Pengembangan Baja Berwawasan Lingkungan”	Asosiasi masyarakat baja –Universitas Diponegoo	Peserta

Tahun	Judul Kegiatan	Penyelenggara	Peserta/ Pembicara
2007	Lokakarya Optimalisasi Penyediaan Informasi Guna Mendukung Pengelolaan Air Tanah	Universitas Diponegoro	Peserta
2005	Seminar & Workshop on Dissemination of The Improved and Innovative Teaching-Learning Models	Fakultas Teknik Universitas Diponegoro	Peserta
2005	Seminar Internasional "Technological Professional Skills Development Sub Sector Project (TPSDP)	SPMU-TPSDP UNDIP, Forum Diskusi Ilmiah Teknik Sipil	Peserta
2005	The International Seminar in Civil Engineering	TPSDP-Fakultas Teknik Universitas Diponegoro	Peserta
2002	Seminar Nasional : Perlindungan Konsumen Jasa Konstruksi di Era Otonomi Daerah	YLKJK dan Universitas Diponegoro	Peserta
2002	Seminar Internasional : Construction and Risk Management	PT Utama Karya dan Universitas Diponegoro	Peserta
2002	International Seminar on Geotechnical Engineering "Geotechnical Engineering Application for Mitigation of Natural Disaster"	Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Kementrian Energi dan Dumberdaya Mineral, Kementrian Pekerjaan umum dan Infrastruktur Regional	Peserta

KEGIATAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT

Pengabdian Pada Masyarakat		
Tahun	Jenis>Nama Kegiatan	Tempat
2018	Sosialisasi Penanaman Pohon Durian untuk Peningkatan Ekonomi Lokal dan Konservasi Lingkungan di Dukuh Nggrejah Grobogan Jawa Tengah	Grobogan
2017	Pengabdian Masyarakat Pemetaan Manajemen Bisnis Perusahaan Precast Songpit Seju Wilayah Jawa Tengah	
2017	Memberikan Ceramah pada Masyarakat "Perencanaan Pengembangan Pondok Pesantren MADROSATUL QUR'AINIL AZIZIYYAH Kelurahan Bringin- Ngaliyan, Semarang"	Semarang
2015	Sosialisasi K3 (Kesehatan Dan Keselamatan Kerja) di Sekolah Menengah Kejuruan Negeri 2 Salatiga.	Salatiga
2015	Sosialisasi Rumah Sehat dan Tahan Gempa di	Kudus

Pengabdian Pada Masyarakat		
Tahun	Jenis>Nama Kegiatan	Tempat
	Kecamatan Bae Kb. Kudus ,	
2015	Evaluasi Struktur Gedung Sekolah Mataram	
2015	Penelitian dan Review Design Gedung Balairung Universitas Kristen Satya Wacana Salatiga	Salatiga
2014	Masyarakat Jurusan Teknik Sipil dengan judul "Pengecekan Struktur Kelayakan Gedung CPOB PT.Phapros Jl.Simongan , Semarang"	Semarang
2014	Penelitian dan Review Design Gedung Balairung Universitas Kristen Satya Wacana Salatiga	Salatiga
2013	Penerapan Model SDP (Sendrainpod) untuk menampung air dan sedimen pada DAS Cokroyasan Provinsi Jawa Tengah	Kudus
2013	Usaha Pengamanan pantai Dengan Penanaman Mangrove di Desa Bedono Kecamatan Sayung Kab. Demak	Demak
2013	Perencanaan Perluasan Lantai Masjid An-Nur Perum Payung Mas , Semarang	Semarang
2013	Bantuan Teknis Perencanaan dan Pengawasan Pembangunan Pengembangan Msuhola Sirodjuddin RT.04 RW.VII Tumpuksari Kel. Banyumanik Semarang	Semarang
2013	Melakukan Pengabdian Masyarakat : Evaluasi Struktur Masjid Agung Kalten	Klaten
2012	Pengabdian Masyarakat Tim Perencanaan Masjid Al-Mukhlisin, Jl.Taman Blimbing No.4 Peterongan Semarang	Semarang
2012	Workshop Sosialisasi SNI Dilingkungan Akademisi	Semarang
2011	Pelatihan K3 Bagi Pekerja Konstruksi	Semarang
2011	Penghijauan Lereng Gunung Merapi	
2010	Pelatihan K3 Bagi Mandor	Semarang
2010	Pemberdayaan Masyarakat Dalam Upaya Pengembangan Energi Alternatif Biogas	Kelurahan Kemijen Kecamatan Semarang Timur
2009	Perencanaan dan Pengawasan Teknis Peningkatan Jembatan Jalan Lingkungan Saptamarga III Timur	Kelurahan Jangli, Kecamatan Tembalang , Semarang
2009	Pemberdayaan Masyarakat Dalam Upaya pengurangan Debit Banjir dengan Biopori	Kecamatan Tembalang, Semarang.
2009	Layanan TekniK Pelaksanaan Pekerjaan Peningkatan Jalan dan Jembatan Desa Prampelan Kel Beji, Kecamatan Ungaran Timur-Kabupaten Semarang	Desa Prampelan Kel Beji, Kecamatan Ungaran Timur-Kabupaten Semarang
2009	Layanan Teknik Perencanaan Peningkatan Jalan	Kel Jangli , Kecamatan

Pengabdian Pada Masyarakat		
Tahun	Jenis>Nama Kegiatan	Tempat
	Lingkungan Ruas Jalan Tamtama Timur I-II RW I-Kel Jangli , Kecamatan Tembalang-Kota Semarang	Tembalang-Kota Semarang
2009	Evaluasi Keamanan Struktur Puskesmas Guntur II Desa Pamongan Kecamatan Guntur Kabupaten Demak	Desa Pamongan Kecamatan Guntur Kabupaten Demak
2005	Perencanaan dan Konsultasi Teknis Pembangunan Pondok Pesantren Darut Tholabah Desa Doro, Kecamatan Doro Kabupaten Pekalongan	Desa Doro, Kecamatan Doro Kabupaten Pekalongan
2005	Perencanaan dan Pengawasan Pelaksanaan Pembangunan Mushola Sirojuddin Tumpuksari Kelurahan Banyumanik, Kecamatan Banyumanik, Kota Madya Semarang.	Banyumanik, Semarang

Semarang, Maret 2019

Ir. Frida Kistiani, MT.
195907021987032001

CURRICULUM VITAE

DATA PERSONAL

Nama Lengkap : Undayani Cita Sari, ST., MT.
Tempat, Tanggal Lahir : Semarang, 14 Juni 1992
Alamat : Perum Dolog Pasadena No. 90. RT. 004/ RW. 001,
Tlogosari Wetan, Semarang, Jawa Tengah, Indonesia - 50196
Nomor HP : +62 856 4036 4467
E-mail : undayanicita@yahoo.com

PENDIDIKAN FORMAL

Tahun	Penjelasan
2015 - 2016	S2 Teknik Sipil, Universitas Diponegoro
2010 – 2014	S1 Teknik Sipil, Universitas Diponegoro
2007 – 2010	SMA Negeri 3 Semarang, Jawa Tengah
2004 - 2007	SMP Negeri 2 Semarang, Jawa Tengah
1998 - 2004	SD Negeri Pedurungan Tengah 02 – 03 Semarang, Jawa Tengah

PENDIDIKAN INFORMAL

Tahun	Pendidikan	Lembaga/ Instansi	Lama Pelatihan
2015	Pelatihan Ahli Pengawas Konstruksi Bangunan Gedung	Lembaga Pengembangan Jasa Konstruksi (LPJK)	Distance learning = 30 hari Uji kompetensi = 1 hari
2014	Pelatihan Kepala Pengawas Pekerjaan Jalan dan Jembatan	Balai Peningkatan Keahlian Konstruksi (BPKK)	Distance learning = 30 hari Uji kompetensi = 1 hari
2012	Training Kelembagaan	Teknik Sipil Universitas Diponegoro	2 hari
2011	SAP Lanjut	Teknik Sipil Universitas Diponegoro	6 hari
	SAP 2000	Art School	24 jam
2010	AutoCad	LPK Budiman	40 jam

TRAINING/COURSE/SEMINAR

Tahun	Training/Course/Seminar	Lembaga/ Instansi
2018	Seminar Polder Development	Teknik Sipil, Universitas Diponegoro
	Workshop Water Management	Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung
2017	Short Course HAKI (Kegagalan struktur dan pondasi, memahami ketentuan CODE)	HAKI Jawa Tengah dan Universitas Diponegoro
	Inovasi dalam Pengembangan Smartcity yang Berwawasan Lingkungan	Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung
2015	Teori dan Aplikasi Kestabilan Lereng	Teknik Sipil, Universitas Diponegoro
	Pengenalan Building Information Modelling (BIM) dengan Menggunakan Perangkat Lunak TEKLA	Teknik Sipil, Universitas Diponegoro dan TEKLA Company
	Supply Chain Management for Construction Projects	Teknik Sipil, Universitas Diponegoro
2014	Menuju Bendungan yang Aman dan Lestari	Teknik Sipil, Universitas Diponegoro
	Guest Lectures on Bio-Inspired Engineering and Self Healing Materials	Teknik Sipil, Universitas Diponegoro dan TU Delft
2013	Wika Beton Goes to Campus (Workshop)	Wika Beton
2012	Menuju Penanggulangan Bencana Secara Terpadu dan Berkelanjutan	Teknik Sipil, Universitas Diponegoro
	Increasing Engineer's Value Through Innovation	Indocement
2011	Aplikasi Manajemen Resiko dalam Proyek Jalan Tol Kesiapan SDM Konstruksi dalam Persaingan Global	Teknik Sipil, Universitas Diponegoro

PENGALAMAN ORGANISASI

Tahun	Posisi	Organisasi
2012 – 2013	Staff Ahli Riset dan Teknologi	Himpunan Mahasiswa Sipil (HMS)
2011 – 2012	Staff Riset dan Teknologi	Himpunan Mahasiswa Sipil (HMS)

PENGALAMAN KERJA

Periode	Posisi	Instansi
2016 - 2017	Staff Teknik	Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Pemali Juana
2014 - 2015	Staff Hidrologi	CV. Purwatata Kinerja

Else

Tahun	Penjelasan
2017	Moderator Workshop on Cities Resilient Development
	Committee The 3 rd International Conference on Coastal and Delta Areas
2016	Floor Assistance Pertemuan Ilmiah Tahunan (PIT) XXXIII dan Kongres XII HATHI
2014	Wisudawan aktivis organisasi
	Peserta terbaik “Pelatihan Kepala Pengawas Pekerjaan Jalan dan Jembatan”
2012 - 2013	Asisten mahasiswa mata kuliah Rekayasa Pondasi dan Menggambar Struktur Bangunan
2011 - 2012	Penerima beasiswa PPA Dikti
2011	Winner Program Kreativitas Mahasiswa, Leadership Training Teknik Sipil, Universitas Diponegoro

TULISAN ILMIAH

2017	Full paper diterima pada “Seminar Nasional Teknik” Judul : “Analisis Sensitivitas Parameter Koefisien Permeabilitas dan Modulus Young terhadap Debit Rembesan dan Penurunan pada Bendungan” Presentasi : Purwokerto, Indonesia, 7 Oktober 2017 Publikasi : Prosiding SENATEK, pp 465-470. ISBN : 978-602-6697-17-2
	Full paper diterima pada “The 3rd International Conference on Coastal and Delta Areas 2017” Judul : “The Influence of Seismic Load to Deformation of Dam” Presentasi : Semarang, Indonesia, 26 September 2017 Publikasi : Prosiding ICCDA3
	Full paper diterima pada “Congress and National Seminar INACID 2017” Judul : “Water Resources and Its Role in Agriculture and Industry as Impeller of National Growth Development” Presentasi : Jambi, Indonesia, 10–11 Maret 2017

2016	<p>Full paper diterima pada “SICEST 2016” Judul : “Influence of Pore Water Pressure to Seepage and Stability of Embankment Dam (Case study of Sermo Dam Yogyakarta, Indonesia)” Presentasi : Bangka Island, Indonesia, 9-10 November 2016 Publikasi : Scopus Publication on MATEC Web of Conferences (EDP Sciences-France) 101, 05007, DOI: 10.1051/710105007matecconf/201</p>
	<p>Full paper diterima pada “Konferensi Nasional Teknik Sipil 10” Judul : “Analisis Tekanan Air Pori Menggunakan Metode Elemen Hingga dengan Pemodelan Mohr-Coulomb pada PLAXIS” Presentasi : Yogyakarta, Indonesia, 26-27 Oktober 2016 Publikasi : Prosiding KoNTekS 10, Vol. 2, No. 237, Hal. 675-683/ Tahun 2016 ISBN: 978-602-60286-0-0</p>
2015	<p>National Call For Essay 2015 Gadjah Mada University Judul : “Peran Pemuda dan Pengaruh Mental Bangsa Indonesia Terhadap Pengentasan Kemiskinan Sebagai Bagian dari Pembangunan Nasional”</p>
2014	<p>Judul : “Perencanaan Rehabilitasi Kolam Detensi Melati, Jakarta Pusat” Publikasi : Jurnal Karya Teknik Sipil, Vol. 3, No.4, Tahun 2014, pp 785–795</p>

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa hal-hal yang tertulis di atas adalah benar.

Semarang, Maret 2019



Undayani Cita Sari, ST., MT.
 199206142018032001



ELSIMANATA PUTRO

Civil Engineering Student

PERSONAL

NAME :
Elsimanata Putro

BIRTH DATE :
6 September 1998

BIRTH PLACE :
Lahat

ADDRESS :
Jalan ~~Bawaradapur~~ ~~Uluks~~
Selatan 1
No.1B RT001/013, Jakarta Timur

CONTACT

PHONE:
081393408200

EMAIL:
elsimanata.putro@gmail.com

LINKED IN:
[Elsimanata Putro](#)

EDUCATION

~~Universitas Diponegoro (Departemen Teknik Sipil)~~
2014 - Present

SMAN 61 Jakarta
2011 - 2014

SMPN 92 Jakarta
2009 - 2011

SDN 09 ~~Bawaradapur~~ Jakarta Timur
2003 - 2009

ORGANIZATION EXPERIENCE

~~Himpunan Mahasiswa Sipil-Undip (Kebus Umum)~~
2017

~~Himpunan Mahasiswa Sipil-Undip (Wakil Kebus Umum)~~
2014

~~Himpunan Mahasiswa Sipil-Undip (Staff)~~
2015

ACHIEVEMENT

Finalist International Roof Truss Design Competition UGM
2017

~~Beserta Terbaik 2 LKMMD FT Uodip~~
2015

TRAINING

Auto Cad Course
2015

Tekda Foundation Course
2018



WAHYU RAHMAT RAMADHAN

Civil Engineering Student

PERSONAL

NAME :
Wahyu ~~Rahmat~~ Ramadhan

BIRTH DATE :
4 February 1996

BIRTH PLACE :
Jakarta

ADDRESS :
Jalan ~~Dewi Sartika~~ no. 183, RT
002/ RW 015
~~Kelurahan Beluanga Jaya~~
~~Kecamatan Medan Satria~~
Kota Bekasi

CONTACT

PHONE:
+62 857 8269 0906

EMAIL:
wamadhan01@gmail.com

EDUCATION

~~Universitas Dianegera (Departemen Teknik Sipil)~~
2014 - Present

~~SMAN 4 Kota Bekasi~~
2011 - 2014

~~SMPN 5 Kota Bekasi~~
2009 - 2011

~~SD Taman Harapan~~ Kota Bekasi
2003 - 2009

ORGANIZATION EXPERIENCE

~~Biro Pengembangan Profesionalisme Sipil (Ketua, Divisi)~~
2017

~~Biro Pengembangan Profesionalisme Sipil (Staff)~~
2016

ACHIEVEMENT

~~Finalist DAM Innovation Contest Civil Engineering Innovation
Contest UNDIP~~
2017

TRAINING

~~Tekda Foundation Course~~
2017



LAMPIRAN III
Luaran Penelitian (Paper no 1)

Development of Design Acceleration Response Spectrum for Building Based on New Indonesian Seismic Hazard Maps 2017

Windu Partono^{1,*}, Masyhur Irsyam², I Wayan Sengara², Asrurifak³, Frida Kistiani¹ and Undayani Cita Sari¹

¹ Civil Engineering Department, Engineering Faculty, Diponegoro University, Semarang 50275 (Indonesia)
windu_bapake_dila@yahoo.com

² Civil Engineering Department, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Bandung Institute of Technology, Bandung 40132 (Indonesia).

³ Research Center for Disaster Mitigation, Bandung Institute of Technology, Bandung 40132 (Indonesia)

Abstract Research and development of Indonesian Seismic Hazard Maps in 2017 (ISHM-2017) has a direct impact on the development of seismic resistance code for building design in Indonesia. The development of new Indonesian seismic code for building and non building design is still on-going and following the development of ASCE/SEI 7-16. This paper describes the development of design acceleration response spectrum (DARS) for building design. The DARS-2019 is developed following the same method describes in the Indonesian seismic code (SNI 1726:2012) and ASCE/SEI 7-16. The study for developing DARS-2019 was performed at 35 cities in Central Java and Yogyakarta Provinces, Indonesia. A comparative study with 2012 seismic code (DARS-2012) was also performed in this study to evaluate the improvement of DARS at those 35 cities. The analysis was performed for three different site soil classes (hard soil/SC, medium soil/SD and soft soil/SE). The purpose of this study is to evaluate the direct impact of the new ISHM-2017 on the DARS-2019. Based on the analysis conducted at 35 cities, the improvement of DARS-2019 compared to DARS-2012 for site classes SC, SD and SE are less than 0.1 g except for site class SC at five cities located close to Opak fault trace.

Keywords: hazard map, seismic code, acceleration spectrum, site soil class

1 Introduction

Development of seismic code for building design based on seismic hazard maps research has already conducted in 2012. The 2012 Indonesian Seismic Code (SNI 1726:2012) for building and non building design was developed based on 2010 seismic hazard maps research. The research of 2010 Indonesian Seismic Hazard Maps (ISHM) was conducted by the Team for Revision of Seismic Hazard Maps 2010. The new ISHM-2017 was developed by The National Center for Earthquake Studies 2017 (PUSGEN, 2017). One of the most important information obtained from this research related with the new seismic sources which are detected and spread at the whole area of the country especially the additional of shallow crustal fault sources. A good example of additional shallow crustal fault sources from 5 (ISHM-2010) to 25 (ISHM-2017) are detected at the Java Island. There is no significant improvement of 2017 subduction sources surrounding the Java Island.

SNI 1726:2012 was developed based on the development of ISHM-2010. The improvement of SNI 1726 is still on-going and following the development of the new ISHM-2017. One of the important data or information needed for building resistance design is the information of design

acceleration response spectrum (DARS) at the building location. Based on the SNI 1726:2012 the DARS at the building location can be developed by conducting three basic steps, development of maximum considered risk targeted acceleration spectrum (MCE_R) at the bedrock position, development of surface acceleration spectrum (SM_S , SM_I and PGA_M) and finally the DARS is calculated using SM_S and SM_I surface acceleration spectral and following the same method described by SNI 1726:2012 and ASCE/SEI 7-16.

The MCE_R accelerations spectrum are divided into three different acceleration spectra such as short period (S_s), long period (S_l) and PGA (Peak Ground Acceleration) (Sengara et al., 2015 and Luco et al., 2007). All three acceleration spectra are calculated by combining Risk Targeted Ground Motion (RTGM) for 1% probability of collapse in 50 years with 84th percentile deterministic seismic hazard analysis. Following the same method proposed by ASCE/SEI 7-16 the new S_s and S_l acceleration spectra are calculated by adjusting direction factors 1.1 and 1.3 for short and long period respectively. The logarithmic standard deviation (β) used for the S_s and S_l acceleration spectrum calculation is 0.65.

The surface acceleration S_{MS} (short period), S_{MI} (long period) and PGA_M (Peak Ground Acceleration) are calculated by multiplying the three acceleration spectra S_s , S_l and PGA with site coefficients F_a , F_v and F_{PGA} respectively. For the new Indonesian seismic code, the three site coefficients are developed using the same values proposed by Stewart and Seyhan (2013). For specific site or building location, the three site coefficients are calculated based on site class data and following the same method described by SNI 1726:2012.

The DARS for building resistance design is developed using two S_{DS} and S_{DI} values which represent short and long period design spectra acceleration respectively. S_{DS} and S_{DI} are equal to two third (2/3) of S_{MS} and S_{MI} values and calculated using the same method described in SNI 1726:2012. The new Indonesian seismic code introduces long transition period (T_L) for developing new DARS-2019. T_L is a period on DARS-2019 which is separating the constant displacement and constant velocity and usually greater than 4 second (Fauzi et al. (2011), Smersini et al. (2012) and Jarallah and Taki (2017)). The DARS-2019 with T_L values is developed using the same procedure proposed by ASCE/SEI 7-16.

The MCE_R (S_s , S_l and PGA) and T_L data of Indonesia (national data) are developed by PUSGEN which are spread from (94° longitude, 8° latitude) through (142° longitude, -12° latitude) with 0.1° interval (\pm 11.05 Km) on both directions longitude and latitude. The S_s , S_l , PGA and T_L at specific position usually obtained from the same values at the closest distance points (national data positions). Fig. 1 shows S_s map and Fig. 2 shows S_l map and the positions of national data surroundings the study area.

This paper presents the development of MCE_R and T_L values at specific location (specific city) by conducting three different methods. The first method (method-1) for developing MCE_R and T_L values is conducted by calculating the average of MCE_R and T_L at four closest points. The second method (method-2) is conducted by adjusting the MCE_R and T_L values at the closest point. And the last method (method-3) is conducted by using weighting factor calculated from four closest points. The weighting factor is calculated using four distance values at four closest points. The MCE_R and T_L values are calculated at 35 cities in Central Java and Yogyakarta Provinces. The positions of all cities can be seen in Fig. 1 and Fig. 2. The DARS-2019 for site class SC, SD and SE at specific city are then developed based on the MCE_R (S_s and S_l) and T_L values at the specific point and calculated based on ASCE/SEI 7-16.

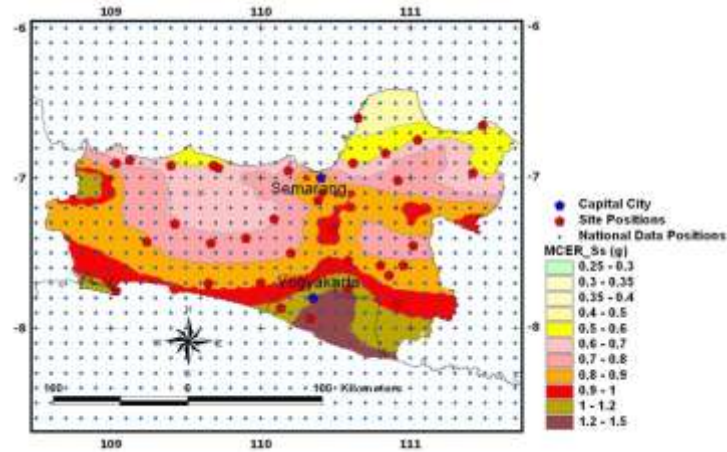


Fig. 1 MCE_{R-S_s} map of Central Java and Yogyakarta Provinces

2 Methodology

The development of DARS-2019 for site class SC, SD and SE at specific location or site are calculated using the following algorithms:

1. Find the MCE_R acceleration spectrum acceleration (S_s , S_1 and PGA) and T_L from national data points.
2. Find all points with maximum 15 Km distance from site position and then find 4 closest points to site position.
3. Find the MCE_R (S_s , S_1 and PGA) and T_L values of four closest points.

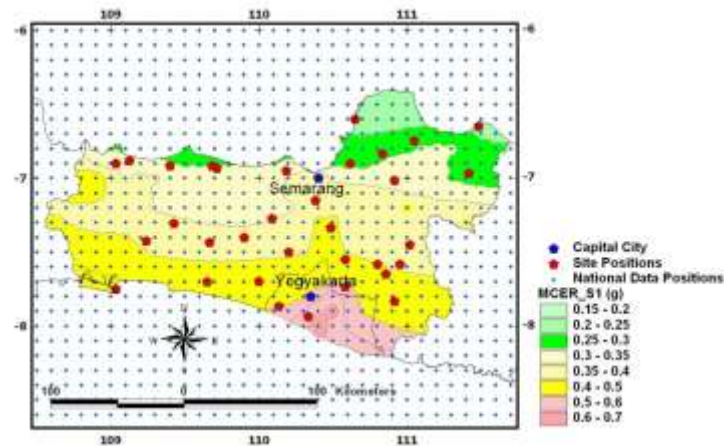


Fig. 2 MCE_{R-S₁} map of Central Java and Yogyakarta Provinces

4. Sort the MCE_R and T_L data of four points based on the distance of each point to site position from minimum to maximum.
5. Find the average of MCE_R and T_L values of all four points (method-1)
6. Find the MCE_R and T_L values of the closest point (method-2)
7. Find the MCE_R and T_L values of site based on the weighting factor of four points (method-3) and following the “Eqs. (1), (2) and (3)”. The “ $w(i)$ ” in Eq.1 is the weighting factor of points number “ i ” where $i = 1$ to 4. The $d(i)$ value is the distance of point no “ i ” to site position. The $MCE_R(i)$ and $T_L(i)$ are MCE_R and T_L value at point no “ i ”.
8. Calculate the S_{MS} , S_{M1} and PGAM following the same method proposed by SNI 1726:2012 and utilizing site factor proposed by Stewart and Seyhan (2013).
9. Calculate the S_{DS} and S_{D1} using the same method proposed by SNI 1726:2012.
10. Develop the DARS-2019 based on ASCE/SEI 7-16.

$$w(i) = \frac{1/d(i)}{\sum_{i=1}^4 1/d(i)} \quad (1)$$

$$MCE_R = \sum_{i=1}^4 w(i) * MCE_R(i) \quad (2)$$

$$T_L = \sum_{i=1}^4 w(i) * T_L(i) \quad (3)$$

Table 1 shows an example of MCE_R and T_L calculation for Yogyakarta, the capital city of Yogyakarta Province, with the coordinate (110.35, -7.8). Based on the distance of site to national data points there are six points with the distance less than 15 km to Yogyakarta. Based on method-1 the S_S , S_1 , PGA and T_L values of Yogyakarta are 1.2635g, 0.54475g, 0.53g and 13 sec respectively. By applying the second method (method-2) the S_S , S_1 , PGA and T_L values of Yogyakarta are 1.069g ($1g = 9.81 \text{ m/sec}^2$), 0.493g, 0.465g and 20 sec respectively. And finally by conducting method-3 the S_S , S_1 , PGA and T_L values of Yogyakarta are 1.211384g, 0.533551g, 0.516982g and 13 sec respectively. Table 2 shows another example of MCE_R and T_L calculation for Semarang, the capital city of Central Java Province, with the coordinate (104.0, -7.0). Following the same steps conducted for Yogyakarta, there are 5 (five) closest points to Semarang. Table 3 shows three different pair of S_S and S_1 results calculated at Semarang using three different methods.

Table 1 MCER- S_s , S_1 , PGA and TL example calculation for Yogyakarta

Point No	Longitude	Latitude	Distance (Km)	S_s (g)	S_1 (g)	PGA (g)	T_L (sec)
1	110.3	-7.8	5.5148	1.069	0.493	0.465	20
2	110.4	-7.8	5.5148	1.238	0.538	0.527	6
3	110.3	-7.9	12.3578	1.247	0.548	0.528	20
4	110.4	-7.9	12.3578	1.5	0.6	0.6	6
5	110.3	-7.9	12.3583	0.941	0.45	0.408	20
6	110.4	-7.9	12.3583	1.006	0.465	0.432	20

Table 2 MCER- S_s , S_1 , PGA and TL example calculation for Semarang

Point No	Longitude	Latitude	Distance (Km)	S_s (g)	S_1 (g)	PGA (g)	T_L (sec)
1	104.0	-7.0	0	0.911	0.391	0.406	6
2	110.3	-7.0	11.05	0.936	0.395	0.419	6
3	110.5	-7.0	11.05	0.774	0.344	0.337	20
4	110.4	-6.9	11.05	0.658	0.305	0.289	20
6	110.4	-7.1	11.05	0.919	0.383	0.402	20

By using S_s and S_1 values and applying site factor proposed by Stewart and Seyhan (2013), and following ASCE/SEI 07-2016, the DARS-2019 for site class SC, SD and SE for Yogyakarta are presented in Fig. 5. Fig. 6 shows an example of DARS-2019 for site class SC, SD and SE for Semarang. All DARS-2019 as can be seen in Fig. 5 and Fig. 6 are developed from S_s and S_1 results calculated using method-3.

Table 3 S_s and S_1 acceleration spectrum calculated using three different methods

City	Method-1		Method-2		Method- 3	
	S_s (g)	S_1 (g)	S_s (g)	S_1 (g)	S_s (g)	S_1 (g)
Yogyakarta	1.264	0.555	1.069	0.493	1.221	0.534
Semarang	0.8198	0.3588	0.911	0.391	0.911	0.391

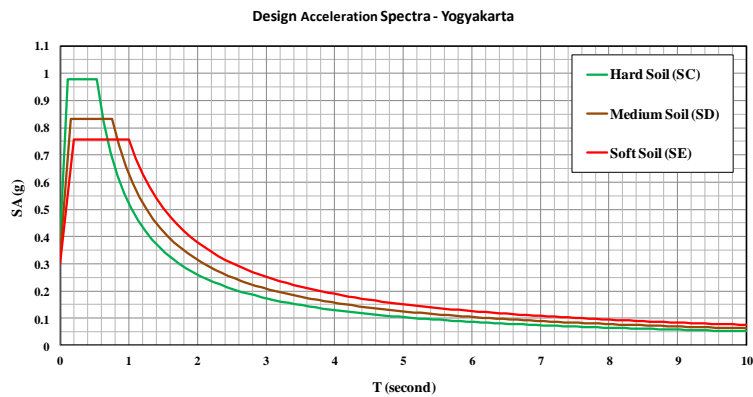


Fig. 5 DARS-2019 of Yogyakarta for site class SC, SD and SE calculated based on S_s and S_1 method-3

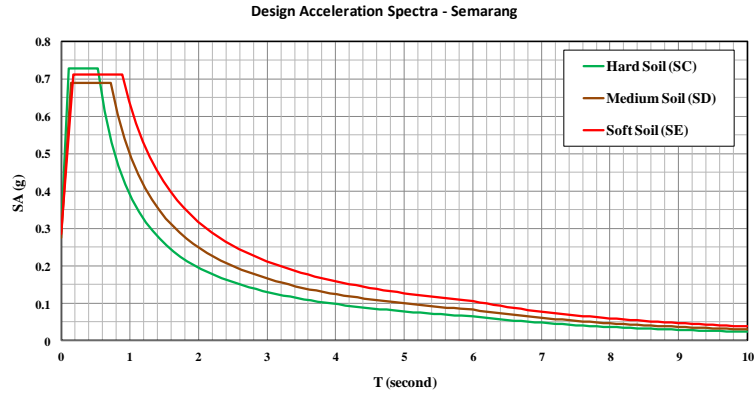


Fig. 6 DARS-2019 of Sen

3 Results and Discussion

The calculation of S_{DS} and S_{D1} for development of DARS-2019 depends not only with the S_S and S_1 values but also depends on the site factor F_a and F_v values. The F_a and F_v values for specific site soil class (SC, SD and SE) usually developed by linear interpolation and depends on the S_S and S_1 values. Table 4 shows the S_S and S_1 at 35 cities in the study area. As it can be seen in Table 4 the difference of S_S and S_1 values are obtained due to different methods used for calculating S_S and S_1 . The analysis for evaluating the probability best performance of three methods is conducted at 35 different cities. Fig. 7 and Fig. 8 show the results of S_S and S_1 performance calculations using three different methods.

Fig. 7 shows the distribution of S_S difference values calculated using method-1 and method-2 (DifSS-12), the difference between method-1 and method-3 (DifSS-13) and the difference between method-2 and method3 (DifSS-23). The S_S difference distribution is developed in terms of closest site distance to national data positions. As can be seen on this figure when the distance of site position to national data positions less than 2 km, there is no significant difference of S_S values calculated using three different methods. However when the distance of site to national data greater than 2 km the S_S values calculated using method-1 and method-3 are almost equal, the S_S values calculated using method-2 is differ with two other methods. It seems that the S_S values calculated using method-3 has a better performance compare to another two methods.

Fig. 8 shows the distribution of S_1 difference values DifS1-12, DifS1-13 and DifS1-23. In terms of site distance, the distribution of DifS1-12, DifS1-13 and DifS1-23 are almost equal with DifSS-12, DifSS-13 and DifSS-23 distributions. The performance of S_1 values calculated using method-3 is better than method-1 or method-2.

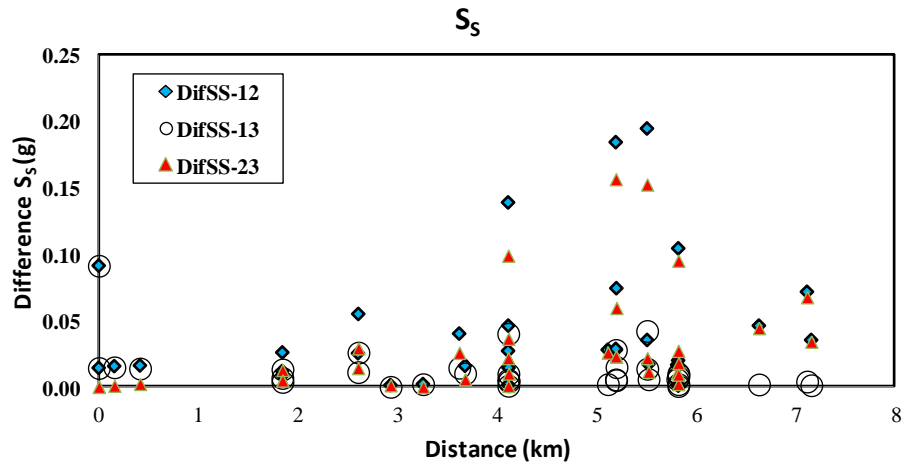


Fig. 7 Difference of S_s values in terms of closest site distance calculated using three methods

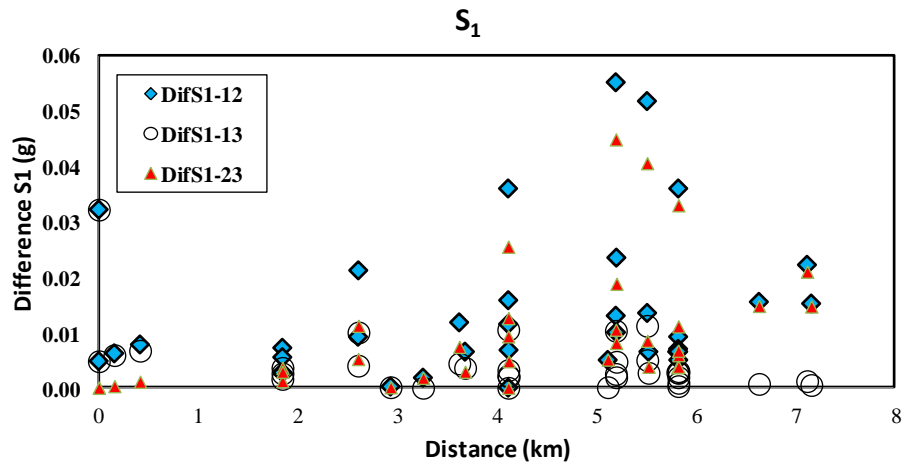


Fig. 8 Difference of S_1 values in terms of closest site distance calculated using three methods

Table 4 Improvement of S_{DS} and S_{DI} for site class SC

City	Closest Distance (Km)	Method-1		Method-2		Method-3	
		$S_s(g)$	$S_1(g)$	$S_s(g)$	$S_1(g)$	$S_s(g)$	$S_1(g)$
Banjarnegara	5.2035	0.7348	0.3760	0.7070	0.3660	0.7298	0.3741
Bantul	5.2005	1.4312	0.6032	1.247	0.548	1.4034	0.5929
Batang	4.1192	0.631	0.3098	0.585	0.294	0.6212	0.3066
Blora	4.1224	0.5938	0.2812	0.608	0.288	0.598	0.2832
Boyolali	5.8286	0.8892	0.4188	0.909	0.428	0.8819	0.4169
Brebes	3.6839	0.7318	0.3335	0.716	0.327	0.7217	0.3299
Cilacap	6.6404	1.01	0.4655	1.056	0.481	1.0118	0.4662

Demak	1.8457	0.6018	0.2908	0.59	0.288	0.5951	0.2892
Jepara	5.5293	0.477	0.2425	0.46	0.236	0.4713	0.2398
Karanganyar	5.8184	0.7995	0.3845	0.816	0.391	0.8052	0.3873
Kebumen	5.5161	0.9122	0.4465	0.877	0.433	0.8986	0.4415
Kendal	5.8293	0.6948	0.321	0.799	0.357	0.7040	0.324
Klaten	4.1178	1.2648	0.537	1.126	0.501	1.2248	0.5265
Pekalongan	2.611	0.6398	0.3152	0.585	0.294	0.614	0.3052
Kudus	5.2068	0.6222	0.2925	0.548	0.269	0.6074	0.2878
Magelang	0.1562	0.8025	0.3972	0.787	0.391	0.7878	0.3913
Pati	7.1242	0.5975	0.2772	0.526	0.255	0.5935	0.2760
Pemalang	1.8468	0.6268	0.3072	0.601	0.3	0.6137	0.3036
Purbalingga	2.9347	0.7058	0.3548	0.707	0.355	0.7058	0.3549
Purwodadi	2.6081	0.7602	0.3382	0.735	0.329	0.7491	0.3342
Purwokerto	5.12	0.8142	0.394	0.842	0.399	0.8162	0.3939
Purworejo	0.4146	0.873	0.4312	0.889	0.439	0.8868	0.4379
Rembang	5.8296	0.4962	0.24	0.512	0.245	0.4942	0.2391
Salatiga	4.1185	0.9335	0.416	0.932	0.416	0.9327	0.416
Semarang	0	0.8198	0.3588	0.911	0.391	0.911	0.391
Solo	1.8469	0.8235	0.3985	0.832	0.404	0.8272	0.4011
Sragen	5.8278	0.7795	0.367	0.781	0.374	0.7789	0.3673
Sukoharjo	7.1664	0.8562	0.4122	0.821	0.397	0.855	0.4117
Tegal	3.6256	0.634	0.3042	0.674	0.316	0.6484	0.3086
Temanggung	3.2612	0.697	0.3482	0.695	0.35	0.695	0.3482
Ungaran	5.8291	0.8522	0.3715	0.853	0.378	0.8622	0.3742
Wates	5.2007	1.0385	0.49	1.067	0.503	1.0441	0.4925
Wonogiri	4.1177	0.961	0.4545	0.934	0.443	0.9556	0.4523
Wonosobo	0	0.7242	0.3708	0.71	0.366	0.71	0.366
Yogyakarta	5.5148	1.2635	0.5448	1.069	0.493	1.2214	0.5336

A comparative study was conducted to evaluate the improvement of DARS calculated using SNI 1726:2012 (DARS-2012) and DARS-2019. The analysis was conducted at 35 cities in Central Java and Yogyakarta Provinces for three different site classes (SC, SD and SE). The DARS-2019 is developed using method-3. Fig. 9 and Fig. 10 show the DARS-2019 and DARS-2012 for Semarang and Yogyakarta respectively. The maximum period of DARS-2019 display in Fig. 10 is equal to 4 seconds and adjusted to the same period used by SNI 1726:2012.

As it can be seen in Fig. 9, there is no significant improvement of DARS for Semarang for site class SC, SD and SE. For site class SC and SE the DARS-2019 is slightly bigger than the DARS-2012. However for site class SD, the DARS-2019 is slightly lower than the DARS-2012. The maximum improvement (increasing or decreasing) of DARS-2019 compared to DARS-2012 is less than 0.1g. The improvement of DARS for Yogyakarta is slightly bigger than Semarang. As it can be seen in Fig. 10, for site class SC and SD the DARS-2019 for Yogyakarta is slightly bigger than the DARS-2012. For site class SE the DARS-2019 of Yogyakarta is lower than the DARS-2012. The maximum improvement of the DARS-2019 compared to the DARS-2019 for site class SC is less than 0.2g. However the maximum improvement of the DARS-2019 compared to the Dars-2012 for site class SD and SE is less than 0.1 g.

Table 5, Table 6 and Table 7 illustrate the improvement of S_{DS} and S_1 values for site class SC, SD and SE respectively and calculated for developing the DARS-2019 and the DARS-2012 for Semarang and Yogyakarta. Positive or negative sign (+/-) inside this table represents increasing or decreasing of DARS-2019 compare to DARS-2012. Compared to S_{DS} 2012, the S_{DS} 2019 of Semarang city is increasing 8.32% and 17.33% for site class SC and SE respectively. However for site class SC the S_{DS} value for Semarang is decreasing 6.50%. For Yogyakarta the S_{DS} 2019 value for site class SD, SD and SE are decreased 22.43%, 2.33% and 5.29% respectively.

Compared to DARS-2012, the S_{D1} values for site class SC, SD and SE of DARS-2019 for Semarang are increased 19.21%, 28.68% and 6.72% respectively. For Yogyakarta the S_{D1} value for DARS-2019 are increased 30.33%, 36.90% and 7.38% for site class SC, SD and SE respectively.

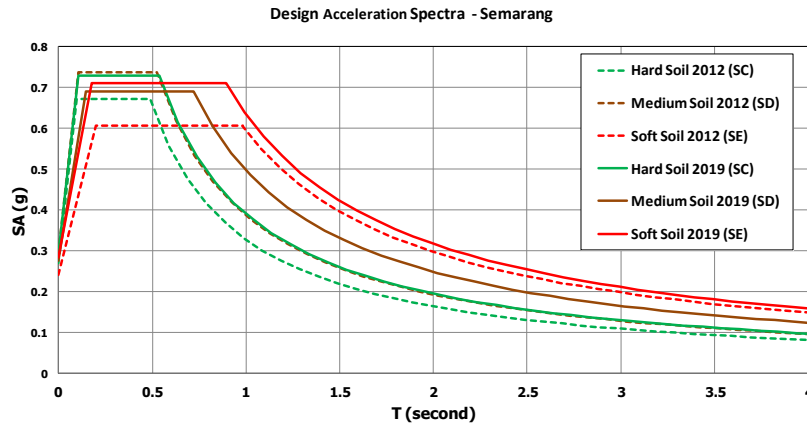


Fig. 9 DARS for Semarang

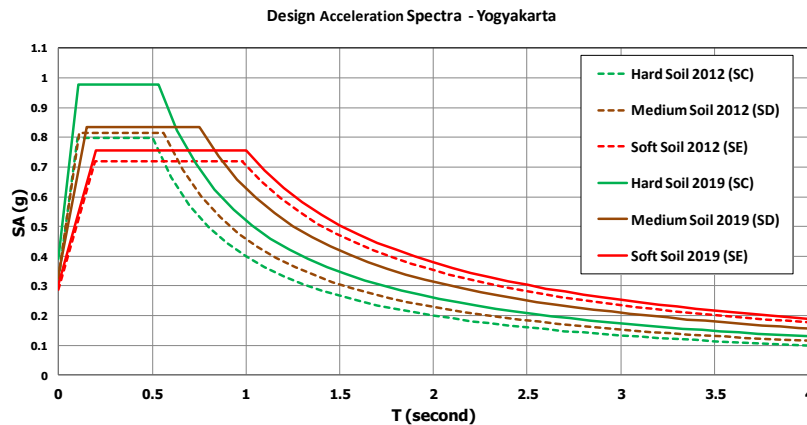


Fig. 10 DARS for Yogyakarta

Based on the analysis conducted at 35 cities the biggest improvement of S_{DS} and S_{D1} are detected at five cities located close to Opak Fault Trace Yogyakarta. The S_{DS} and S_{D1} of DARS-2019 at these five cities are bigger than the S_{DS} and S_{D1} of DARS-2012. The S_{DS} values are increased in between 0.144 g to 0.297 g and the S_{D1} values are increased in between 0.104 g to 0.148 g. The biggest improvement is detected at site class SC. However the improvement of S_{DS} and S_{D1} for site class SD and SE at five cities are smaller than for site class SC and less than 0.1 g. Table 8 shows the improvement of S_{DS} and S_{D1} values at five cities and Fig. 11 shows the position of all five cities. All five cities are located less than 25 km distance toward Opak fault trace. Klaten and Boyolali are located at Central Java Province. However another three cities, such as Bantul, Wates and Yogyakarta are located at Yogyakarta Province. As can be seen in Table 8 the biggest

improvement of S_{DS} value at Klaten is close to 0.3 g (43.5 %) and the improvement of S_{D1} value at this city is 0.144 g (40.2 %).

Table 5 Improvement of S_{DS} and S_{D1} for site class SC

City	Spectrum-2019		Spectrum-2012		Improvement(+/-)	
	$S_{DS}(g)$	$S_{D1}(g)$	$S_{DS}(g)$	$S_{D1}(g)$	S_{DS}	S_{D1}
Semarang	0.729	0.391	0.673	0.328	8.32%	19.21%
Yogyakarta	0.977	0.520	0.798	0.399	22.43%	30.33%

Table 6 Improvement of S_{DS} and S_{D1} for site class SD

City	Spectrum-2019		Spectrum-2012		Improvement(+/-)	
	$S_{DS}(g)$	$S_{D1}(g)$	$S_{DS}(g)$	$S_{D1}(g)$	S_{DS}	S_{D1}
Semarang	0.69	0.498	0.738	0.387	-6.50%	28.68%
Yogyakarta	0.834	0.627	0.815	0.458	2.33%	36.90%

Table 7 Improvement of S_{DS} and S_{D1} for site class SE

City	Spectrum-2019		Spectrum-2012		Improvement(+/-)	
	$S_{DS}(g)$	$S_{D1}(g)$	$S_{DS}(g)$	$S_{D1}(g)$	S_{DS}	S_{D1}
Semarang	0.711	0.635	0.606	0.595	17.33%	6.72%
Yogyakarta	0.756	0.757	0.718	0.705	5.29%	7.38%

Table 8 Improvement of S_{DS} and S_{D1} for site class SC at five cities

City	Spectrum-2019		Spectrum-2012		Improvement(+/-)		Improvement(+/-)	
	$S_{DS}(g)$	$S_{D1}(g)$	$S_{DS}(g)$	$S_{D1}(g)$	$S_{DS}(g)$	$S_{D1}(g)$	$S_{DS}(\%)$	$S_{D1}(\%)$
Bantul	1.123	0.56	0.948	0.441	0.175	0.119	18.5	27.0
Boyolali	0.706	0.417	0.562	0.313	0.144	0.104	25.6	33.2
Klaten	0.98	0.516	0.683	0.368	0.297	0.148	43.5	40.2
Wates	0.833	0.491	0.617	0.347	0.218	0.144	35.3	41.5
Yogyakarta	0.977	0.520	0.798	0.399	0.179	0.121	22.4	30.3

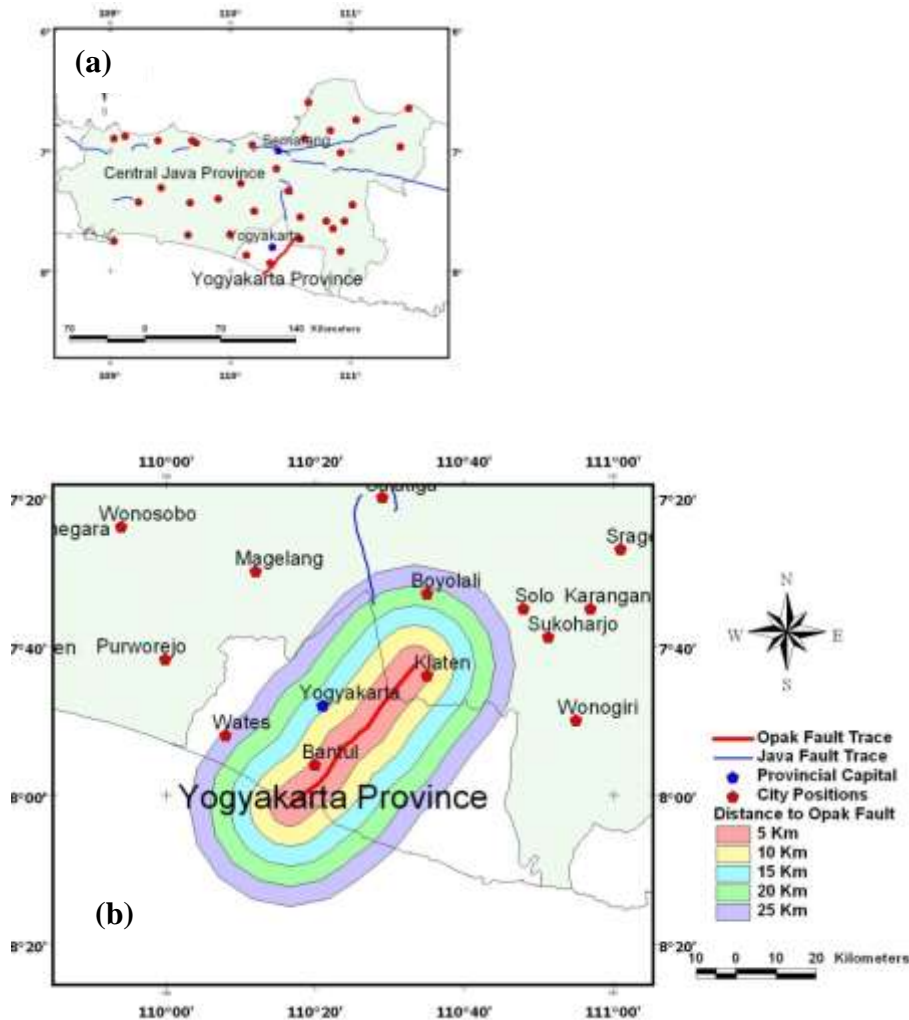


Fig. 11 The study area (a) and five cities with maximum improvement of S_{DS} and S_{DI} values (b)

4 Conclusions

Development of Design Acceleration Response Spectrum (DARS) for 35 cities in Central Java and Yogyakarta Provinces, Indonesia, was performed in this study. The objective of this study is evaluating the improvement of DARS-2019 as compared to DARS-2012. The study was performed due to the improvement of Seismic Hazard Maps of Indonesia 2017. The study was performed first by calculating the MCER acceleration spectrum (S_S and S_I) and conducting three different methods. The DARS-2019 for site class SC, SD and SE are then developed using the same method proposed by SNI 1726:2012 and ASCE/SEI 7-16.

Based on the analysis conducted at 35 different cities in Central Java and Yogyakarta Provinces, the method-3 (weighting factor method) for developing of S_S and S_I values at specific location has a better performance as compared to two different methods (method-1 and method-2). Method-1 is developed using average of four different values obtained from four closest points. Method-2 is developed based on the value at the closest point. All three methods are conducted

in this study because the site coordinate position not always equal to the coordinates of national data points (developed by PUSGEN).

In average the DARS-2019 developed at 35 cities in Central Java and Yogyakarta Provinces are almost equal compared to the DARS-2012. Based on the analysis conducted at 35 cities, the improvement of the DARS-2019 compared to the DARS-2012 for site classes SC, SD and SE are less than 0.1 g except for site class SC at five cities located close to Opak fault trace. All five cities are located less than 25 km distance toward Opak fault trace. The maximum improvement value is detected at Klaten with S_{DS} value close to 0.3 g (43.5 %) and the improvement of S_{D1} value at this city is 0.144 g (40.2 %).

Acknowledgements This research was financially supported by The Faculty of Engineering, Diponegoro University, Indonesia through Strategic Research Grant 2019. The Author also would like to thank to the Ministry of Public Works and Human Settlements Indonesia and National Center for Earthquake Studies (PUSGEN) for providing data and technical supports during the development of this research.

References

- Andersen, A., Persavento, U., and Wang, Z. J. (2005). Unsteady Aerodynamics of Fluttering and Tumbling Plates. *Journal of Fluid Mechanics* 541, 65–90.
- ASCE/SEI 7-16 (2017). Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures. American Society of Civil Engineers, 2017.
- Fauzi U.J., Fauzi A., Ahmad F., Irsyam M., Toha F.X. and Hendriyawan (2011). Proposed Long Period Transition Map for New Indonesia Earthquake Resistance Building Code Based on Indonesia Seismic Hazard Map 2010, Prociding of Annual International Conference Syah Kuala University, Banda Aceh, Indonesia, November 29-30.
- Jarallah H.K. and Taki Z.N.M. (2017). A Comparative Study on The Design Spectra Defined by Several Codes of Practice on RC Buuilding Located in Bagdad City. *Al-Nahrain Journal for Engineering Sciences (NJES)*, Vol. 20 No. 2, 2017, pp 425-435.
- Luco N., Ellingwood B.R., Hamburger R.O., Hooper J.D., Kinball J.K. and Kircher C.A. (2007). Risk Targeted versu Current Seismic Design Maps for the Coterminous United Staes. *Structural Engineers Asscotiation of California 2007 Convention Proceedings*, pp 163-175.
- Pusat Studi Gempa Nasional (PUSGEN), (2017). Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017. Pusat Litbang Perumahan dan Pemukiman, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (National Center for Earthquake Studies. Indonesian Seismic Sources and Seismic Hazard Maps 2017. Center for Research and Development of Housing and Resettlement, Ministry of Public Works and Human Settlements). ISBN 978-602-5489-01-3, pp 1-377.
- Sengara I.W., Irsyam M., Sidi I. D., Mulia A., Asrurifak M. and Hutabarat D. (2015). Development of Risk-Targeted Ground Motions for Indonesian Earthquake Resistance Building Code SNI 1726-2012. 12th International Conference on Applications of Statistics and Probability in Civil Engineering, ICASP12, Vancouver, Canada, Juli 12-15.
- Smerzini C., Paolucii R, Galasso C and Iervolino I. (2012). Engineering ground motion selection based on displacement-spectrum compatibility. *Proc. Of 15 WCEE, Lisboa PT*, Paper No. 2354.
- SNI 1726:2012 (2012). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktural Bangunan Gedung dan Non Gedung (Seismic Resistance Desugn Codes for Building and Other Structures)*, Jakarta, 2012, pp 1-138.
- Stewart J. A. and Seyhan E. (2013), *Semi-Empirical Nonlinear Site Amplification and its Application in NEHRP Site Factors*, Pasific Earthquake Engineering Research Center (PEER) Report 2013/13. November 2013, University of California, Berkelay.

Consent to Publish for Conference Proceedings

Title of Book/Volume/Conference (hereinafter called "Work"): Proceedings of AICCE 2019

Editor(s) name(s) (hereinafter called "Editor"): Fadzli Mohamed Nazri

Title of the conference paper (hereinafter called "Contribution"): Development of Design Acceleration Response Spectrum for Building Based on New Indonesian Seismic Hazard Maps 2017

Author(s) full name(s) (hereinafter jointly called "Author"): Windu Partono, Masyhur Irsyam, I Wayan Sengara, Asrurifak, Frida Kistiani and Undayani Cita Sari

Corresponding author's name, address, affiliation and e-mail: Civil Engineering Department, Engineering Faculty, Diponegoro University, Semarang 50275 (Indonesia), windu_bapake_dila@yahoo.com

When Author is more than one person the expression "Author" as used in this agreement will apply collectively unless otherwise indicated.

The Publisher intends to publish the Work under the imprint Springer. The Work may be published in the book series *Lecture Notes in Civil Engineering*.

§ 1 Rights Granted

Author hereby grants to Springer International Publishing AG (hereinafter called "Publisher") the exclusive, sole, permanent, world-wide, transferable, sub-licensable and unlimited right to reproduce, publish, distribute, transmit, make available or otherwise communicate to the public, translate, publicly perform, archive, store, lease or lend and sell the Contribution or parts thereof individually or together with other works in any language, in all revisions and versions (including soft cover, book club and collected editions, anthologies, advance printing, reprints or print to order, microfilm editions, audiograms and videograms), in all forms and media of expression including in electronic form (including offline and online use, push or pull technologies, use in databases and data networks (e.g. the Internet) for display, print and storing on any and all stationary or portable end-user devices, e.g. text readers, audio, video or interactive devices, and for use in multimedia or interactive versions as well as for the display or transmission of the Contribution or parts thereof in data networks or search engines, and posting the Contribution on social media accounts closely related to the Work), in whole, in part or in abridged form, in each case as now known or developed in the future, including the right to grant further time-limited or permanent rights. Publisher especially has the right to permit others to use individual illustrations, tables or text quotations and may use the Contribution for advertising purposes. For the purposes of use in electronic forms, Publisher may adjust the Contribution to the respective form of use and include links (e.g. frames or inline-links) or otherwise combine it with other works and/or remove links or combinations with other works provided in the Contribution. For the avoidance of doubt, all provisions of this contract apply regardless of whether the Contribution and/or the Work itself constitutes a database under applicable copyright laws or not.

The copyright in the Contribution shall be vested in the name of Publisher. Author has asserted his/her right(s) to be identified as the originator of this Contribution in all editions and versions of the Work and parts thereof, published in all forms and media. Publisher may take, either in its own name or in that of Author, any necessary steps to protect the rights granted under this Agreement against infringement by third parties. It will have a copyright notice inserted into all editions of the Work according to the provisions of the Universal Copyright Convention (UCC).

The parties acknowledge that there may be no basis for claim of copyright in the United States to a Contribution prepared by an officer or employee of the United States government as part of that person's official duties. If the Contribution was performed under a United States government contract, but Author is not a United States government employee, Publisher grants the United States government royalty-free permission to reproduce all or part of the Contribution and to authorise others to do so for United States government purposes. If the Contribution was prepared or published by or under the direction or control

Corresponding Author signs for and accepts responsibility for releasing this material on behalf of any and all Co-Authors.

Signature of Corresponding Author:


.....

Date:

25/6/2019
.....

- I'm an employee of the US Government and transfer the rights to the extent transferable (Title 17 §105 U.S.C. applies)
- I'm an employee of the Crown and copyright on the Contribution belongs to the Crown

For internal use only:

Order Number:

GPU/PD/PS: 3/32/516

Legal Entity Number: 1128 Springer International Publishing AG

Springer-C-CTP-11/2017

**AWAM International Conference on Civil Engineering 2019
(AICCE'19) <info@procedia.org>**

5 Sep at 8:07 am

Dear Dr. Windu Partono

AICCE'19-1498

Manuscript Title: Development of Design Response Spectrum Acceleration for Building Based on New Indonesian Seismic Hazard Maps 2017

On behalf of the Organizing Committee of AICCE™ 19, I would like to thank you for your contribution(s) in supporting our conference. All accepted papers of AICCE™ 19 will be published online in Lecture Note in Civil Engineering (LNCE). Further details can be referred on the website <https://www.springer.com/series/15087>

For your information, all papers are at the publication stage with the publisher. All papers will be available online by December 2019. All the corresponding author will be contacted by the publisher for the corrections. Delay in receiving corrections from the chapter author would also delay the publication date.

Therefore, your cooperation in this regard will be highly appreciated. Please contact me if there are any problems at cefmn@usm.my

Best wishes
AICCE™ 19

Regarding Chapter 484574_1_En/6_Chapter Correction Submitted
Yahoo/Inbox

- **monica.janet@springernature.com**
-

To:windu_bapake_dila@yahoo.com

2 Oct at 6:12 am

Dear Author/Editor,

Thank you for submitting your corrections.
We are looking forward to your upcoming publication.

Best wishes,
Springer Nature

This e-mail is confidential and should not be used by anyone who is not the original intended recipient. If you have received this e-mail in error please inform the sender and delete it from your mailbox or any other storage mechanism. Scientific Publishing Services Private Limited does not accept liability for any statements made which are clearly the sender's own and not expressly made on behalf of Scientific Publishing Services Private Limited or one of their agents.

Please note that Scientific Publishing Services Private Limited and their agents and affiliates do not accept any responsibility for viruses or malware that may be contained in this e-mail or its attachments and it is your responsibility to scan the e-mail and attachments (if any).

Scientific Publishing Services Private Limited. Registered office: No. 6 & 7, 5th Street, R.K.Salai, Mylapore, Chennai, 600004, India.
Registered number: U22219TN1992PTC022318

24 September 2019

To whom it may concern,

RE: Proof-Reading-Service.com Editorial Certification

This is to confirm that the document described below has been submitted to Proof-Reading-Service.com for editing and proofreading.

We certify that the editor has corrected the document, ensured consistency of the spelling, grammar and punctuation, and checked the format of the sub-headings, bibliographical references, tables, figures etc. The editor has further checked that the document is formatted according to the style guide supplied by the author. If no style guide was supplied, the editor has corrected the references in accordance with the style that appeared to be prevalent in the document and imposed internal consistency, at least, on the format.

It is up to the author to accept, reject or respond to any changes, corrections, suggestions and recommendations made by the editor. This often involves the need to add or complete bibliographical references and respond to any comments made by the editor, in particular regarding clarification of the text or the need for further information or explanation.

We are one of the largest proofreading and editing services worldwide for research documents, covering all academic areas including Engineering, Medicine, Physical and Biological Sciences, Social Sciences, Economics, Law, Management and the Humanities. All our editors are native English speakers and educated at least to Master's degree level (many hold a PhD) with extensive university and scientific editorial experience.

Document title: Development of Design Acceleration Response Spectrum for Building Based on New Indonesian Seismic Hazard Map 2017

Author(s): Windu Partono; Masyhur Irsyam; I Wayan Sengara; Muhammad Asrurifak; Frida Kistiani; Undayani Cita Sari

Format: American English

Style guide: Style guide has been supplied

LAMPIRAN IV
Luaran Penelitian (Paper no 2)

Seismic Hazard Analysis Study of New Semarang International Airport due to Shallow Crustal Fault Earthquake Scenario

Windu Partono^{1,*}, Masyhur Irsyam², I Wayan Sengara², Asrurifak³, Frida Kistiani¹, Undayani Cita Sari¹ and Haryadi¹

¹ Civil Engineering Department, Engineering Faculty, Diponegoro University, Semarang 50275 (Indonesia)
windu_bapake_dila@yahoo.com

² Civil Engineering Department, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Bandung Institute of Technology, Bandung 40132 (Indonesia).

³ Research Center for Disaster Mitigation, Bandung Institute of Technology, Bandung 40132 (Indonesia)

Abstract Ahmad Yani International Airport is located in Semarang (the Capital City of Central Java Province) Indonesia. The airport was first operated on June 6 2018 and designed it using 2012 Indonesian Seismic Code (SNI 1726:2012). The airport was commercially operated one year after the new Indonesian Seismic Hazard Maps 2017 released (ISHM-2017). The most important information obtained from ISHM-2017 is the new predicted seismic source located close to the airport area. This paper expresses the seismic hazard analysis (SHA) of the airport area based on the new ISHM-2017. The analysis is performed by conducting three basic SHA steps such as the Probabilistic and Deterministic Seismic Hazard Analysis (PSHA and DSHA), a combination of PSHA and DSHA for developing Most Considered Earthquake Risk (MCE_R) spectral acceleration and the final analysis is related with the calculation of surface spectral acceleration for developing design spectral acceleration (DSA). The new DSA is then compared to the previous DSA developed based on SNI 1726:2012 and also compared to the surface spectral acceleration developed using site response analysis (SRA). The result of the study shows that the new DSA has no significant differences and improvements compared to the previous DSA (SNI 1726:2012) and SRA results.

Keywords: PSHA DSHA, SRA, MCE_R , SRA.

1 Introduction

The new Ahmad Yani International Airport, Semarang Indonesia was first operated on June 6 2018. The position of the new airport is close to the old airport and moved to the north side of the old airport area. The main objective of the development of the airport is for increasing the passengers demand capacity per year. The new airport uses the same runway with the previous one. The major improvement is the position of airport terminal is moved from the south-part to the north-part of runway and the terminal area is increased from 6708 m² to 58652 m². The airport is located in the north-part of the city and located at the coastal area. The airport was first operated one year after the ISHM-2017 released. Based on the ISHM-2017 the airport location is closed to the new seismic source shallow crustal fault, Semarang Fault. The Semarang fault trace is spreading from the western-part to the center-part of the city. Based on the ISHM-2017 there is another fault trace which is located and spread out at the eastern-part of the city. Fig. 1 shows

the bird view of the airport area and Fig. 2 shows the airport position toward Semarang fault (with minimum 1 Km distance) and Lasem fault (with minimum 5 Km distance).



Fig. 1 Bird view Ahmad Yani International Airport



Fig. 2 Position of airport toward two closest seismic sources

Due to the position of the airport against two closest seismic sources, the earthquake scenarios should be taken into consideration for evaluating the capabilities of the infrastructures within the airport area in resisting earthquake waves. A comprehensive investigation should be performed not only to all buildings and facilities within the airport area but also for the seismic mechanisms that might happen to all seismic sources. This paper express one aspect of seismic mitigation related with the possibilities of seismic forces that could be changed to all buildings within the airport. The seismic forces used for building evaluation is developed based on the new ISHM-2017 data and then compared to the previous seismic forces design developed using SNI 1726:2012 and SRA caused by shallow crustal fault earthquake scenario.

Based on the SNI 1726:2012 the seismic forces that can be applied to the buildings is design spectral acceleration (DSA). By using the DSA model of seismic forces, the strength and stability of building structures due to earthquake force scenarios can be predicted.

2 Methodology

The development of DSA can be divided into three basic steps. The first step is the Probabilistic and Deterministic Seismic Hazard Analysis (PSHA and DSHA). Following the same method for developing ISHM-2017, the PSHA is developed by conducting 2% probability of exceedance in 50 years or 2500 years earthquake return periods (Irsyam et al., 2017; Asrurifak et al., 2010). The DSHA is performed based on the maximum earthquake magnitude and the closest distance of earthquake source to site position. The ground motion prediction equations (GMPE) or attenuation functions used for spectral acceleration calculation in PSHA and DSHA are divided into four different seismic models such as Shallow Crustal Fault, Shallow Crustal Background, Interface Subduction Megathrust and Benioff Subduction Intraslab. Table 1 shows the GMPE used for spectral acceleration calculation (Di Alessandro et al., 2012, Irsyam et al., 2017). The weight factor used for spectral acceleration calculation is a factor for obtaining the average value of three different GMPE.

The spectral acceleration of PSHA for each site is calculated using the Total Probability Theorem (Mc Guire, 1995). The DSHA spectral acceleration is calculated using the same GMPE and the maximum magnitude used for the calculation is adopted based on the research conducted by National Center for Earthquake Studies (PUSGEN, 2017). Fig. 3 shows 0.2 s and Fig. 4 shows 1 s uniform hazard curves developed using PSHA at (110.4°, -7°) (PUSGEN, 2017). Table 2 shows PSHA with 2% probability of exceedance in 50 years at 4 (four) different points surrounding the airport position. Table 3 shows DSHA calculated at the same four points.

The next seismic hazard analysis is conducted by combining the PSHA and DSHA for obtaining the Most Considered Earthquake (MCE). The MCE is performed by conducting Risk Targeted Ground Motion (RTGM) analysis of PSHA that can produce 1% probability of building collapse in 50 years and combine the RTGM analysis result with 84th percentile of DSHA. The RTGM analysis is performed following the same method described by Luco et al. (2007), Sengara et al. (2015) and ASCE/SEI 7-16 by modifying logarithmic standard deviation (β) equal to 0.65 and adjusting direction factor 1.1 and 1.3 for long and short period spectral hazard. The combination analysis of RTGM and DSHA will produce $MCE_R S_S$ (short period) and S_1 (long period) spectral acceleration. Table 4 shows $MCE_R S_S$ and S_1 calculated at 4 points surrounding Ahmad Yani International Airport.

Table 1 Ground Motion Prediction Equation

No	Seismic Source Model	GMPE	Weight Factor
1	Shallow Crustal Fault	Boore and Atkinson (2008)	0.333
		Campbell and Bozorgnia (2008)	0.333
		Chiou and Youngs (2008)	0.333
2	Shallow Background	Boore and Atkinson (2008)	0.333
		Campbell and Bozorgnia (2008)	0.333
		Chiou and Youngs (2008)	0.333
3	Interface Subduction Megathrust	Abrahamson et al. (2016)	0.333
		Zhao et al. (2006)	0.333
		Atkinson and Boore (2003)	0.333
4	Benioff Subduction Intraslab	Youngs et al. (1997)	0.333
		Atkinson and Boore Cascadia (2003)	0.333
		Atkinson and Boore Worldwide (2003)	0.333

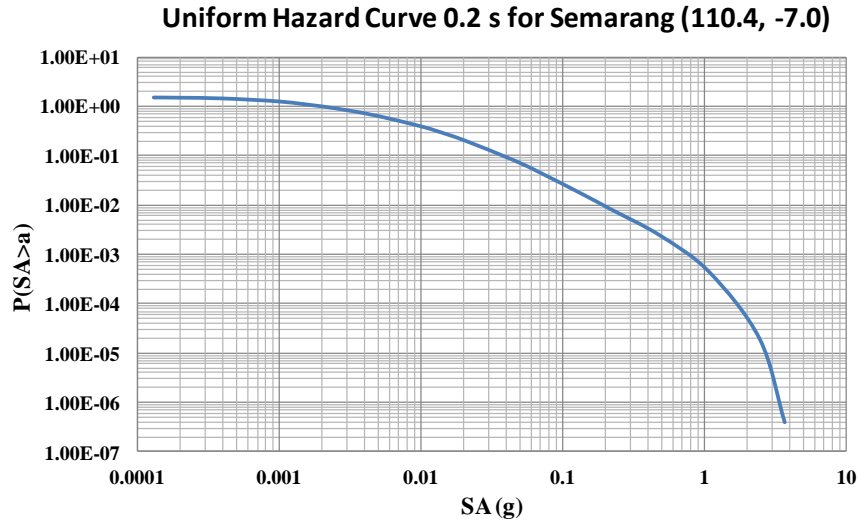


Fig. 3 Uniform Hazard Curve 0.2 s calculated at (110.4°, -7°) (PUSGEN, 2017)

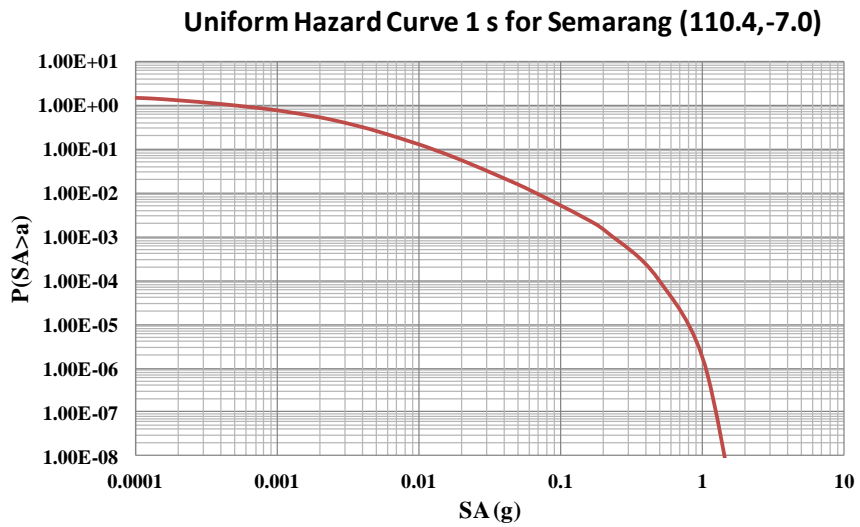


Fig. 4 Uniform Hazard Curve 1 s calculated at (110.4°, -7°) (PUSGEN, 2017)

Table 2. PSHA spectral acceleration calculated for 2% probability of occurrence in 50 years (PUSGEN, 2017)

No	Longitude(°)	Latitude (°)	PSHA	
			0.2s (g)	1s (g)
1	110.3	-6.9	0.73536	0.34395
2	110.3	-7.0	1.01976	0.43813
3	110.4	-6.9	0.70469	0.33458
4	110.4	-7.0	0.99770	0.43311

Table 3. DSHA 2017 (PUSGEN, 2017)

No	Longitude(°)	Latitude (°)	DSHA	
			0.2 s (g)	1 s (g)
1	110.3	-6.9	0.7503	0.1857
2	110.3	-7.0	1.4334	0.3638
3	110.4	-6.9	0.6405	0.1524
4	110.4	-7.0	1.4494	0.3873

Two spectral acceleration $MCE_R S_S$ and S_1 are then used for developing the final steps such as surface spectral accelerations (S_{MS} and S_{MI}) and DSA (S_{DS} and S_{DI}). Based on SNI 1726:2012 and ASCE/SEI 7-16 the DSA (S_{DS} and S_{DI}) is 2/3 (two-third) of the surface spectral acceleration S_{MS} and S_{MI} . The surface spectral acceleration S_{MS} and S_{MI} at the airport area are calculated using two site factors F_a (for S_S) and F_v (for S_1). The value of F_a and F_v are calculated based on the site class soil (SNI 1726:2012 and ASCE/SEI 7-16). This research used two types of site factors such as site factor used by SNI 1726:2012 and site factors announced by Stewart and Seyhan (2013) as a modified site factor for SE class used by ASCE/SEI 7-16. These two models of site factor are used for developing S_{MS} and S_{MI} surface spectral acceleration.

The DSA developed based on the new SHMI-2017 and ASCE/SEI 7-16 is then compared to the previous DSA at the same location calculated using SNI 1726:2012. If the new DSA is equal or almost equal or less than the DSA develop from SNI 1726:2012, the buildings and infrastructures located at the airport area are predicted have the capability in resisting earthquake caused by all seismic sourced introduced in SHMI-2017.

The DSA calculated using two different seismic codes, SNI 1726:2012 and modified ASCE/SEI 7-16, are then compared to the surface spectral acceleration calculated using Site Response Analysis (SRA). The SRA was performed using geotechnical investigation data and Microtremor investigation data. The purpose of the Microtremor investigation is for predicting the bedrock elevation (Gosar, 2017). Using this bedrock elevation and soil dynamic data, the SRA is then performed based on Kelvin-Voigt equivalent linear model. The predicted bedrock elevation investigation was performed by Partono et al. (2015). Surface spectral acceleration was developed using acceleration time history produced by San Simeon earthquake (reverse mechanism) data having a magnitude of 6.52 Mw and epicenter distance 5.07 Km. The acceleration time histories used in SRA was collected from Pasific Earthquake Engineering Research (PEER) database. The magnitude value is adjusted based on the SHMI-2017 information for Semarang fault. For seismic hazard analysis the maximum magnitude of Semarang fault model is adjusted to 6.5 Mw.

3 Result and Discussions

Ahmad Yani International Airport is located closed to two seismic sources Semarang and Lasem faults. As mention in Fig. 2 the minimum distance to Semarang fault trace is approximately less than 1 Km and the minimum distance to Lasem fault trace is less than 5 Km. To evaluate the effect of those two seismic sources toward the airport buildings it is important to check the distribution of PGA (Peak Ground Acceleration), short period (0.2 s) and long period (1s) spectral acceleration calculated using PSHA and DSHA. Fig. 5 shows the PGA map, Fig. 6 shows the 0.2 s spectral acceleration map and Fig. 7 shows the distribution of 1 s spectral acceleration map developed using PSHA (PUSGEN, 2017) for the whole area of the city. The

development of three seismic hazard maps is conducted using 2% probability of exceedance in 50 years or 2500 years return period earthquake. As it can seen in those three figures the maximum spectral acceleration is distributed close to the fault trace. The PGA, 0.2s and 1s spectral accelerations are in between 0.19-0.21 g, 0.8-1.1 g and 0.37-0.44 g respectively (“g” is a gravitational acceleration = 9.81 m/s²).

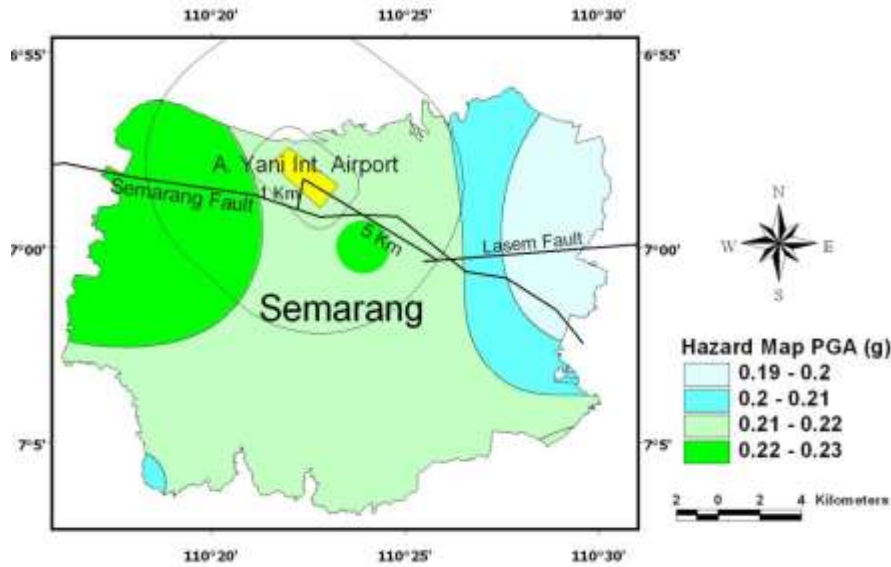


Fig. 5 PGA map with 2% probability of occurrence in 50 years (PUSGEN, 2017)

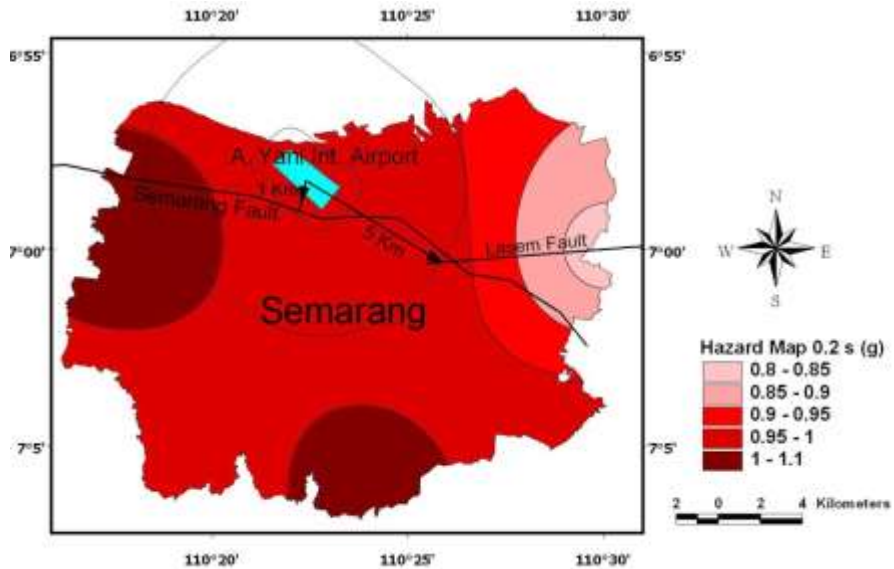


Fig. 6 Hazard map 0.2 s with 2% probability of occurrence in 50 years (PUSGEN, 2017)

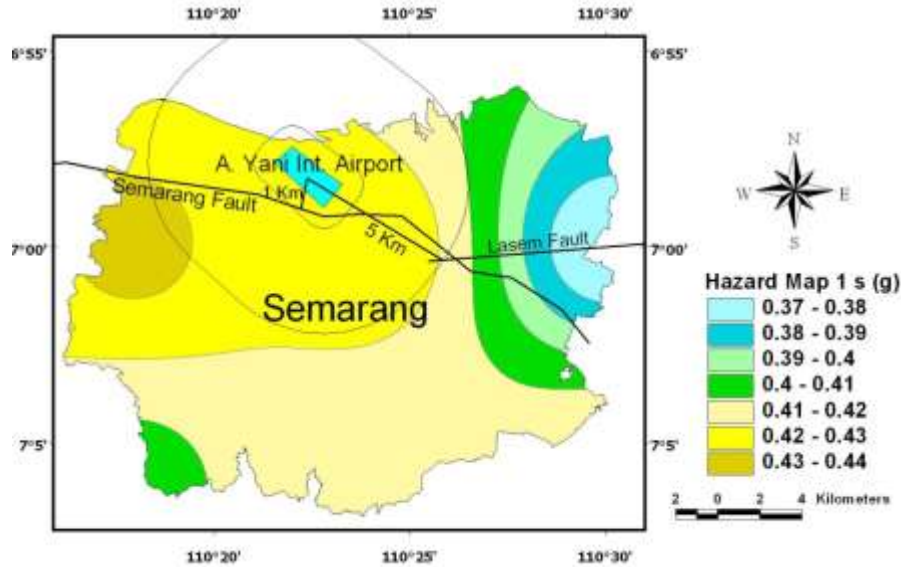


Fig. 7 Hazard map 1 s with 2% probability of occurrence in 50 years (PUSGEN, 2017)

The evaluation of airport area toward seismic acceleration is also conducted using DSHA. Fig. 8 shows the distribution of PGA caused by subduction earthquake having a maximum magnitude of 8.5 Mw. Fig. 9 shows the distribution of PGA caused by Semarang and Lasem faults having a maximum magnitude of 6.6 Mw (PUSGEN, 2017). It can be seen in Fig. 8 and Fig. 9 the PGA values caused by subduction earthquake with magnitude 8.5 Mw is less than 0.1 g. However the PGA values caused by fault earthquake are greater than subduction earthquake.

The $MCE_R S_S$ and S_1 spectral accelerations calculation were developed using the combination of PSHA (for producing RTGM spectral acceleration with 1% probability of collapses in 50 years) and 84th percentile of DSHA. The RTGM calculation was performed by conducting the same method proposed by Luco et al. (2007) and ASCE/SEI 7-16 and applying different logarithmic standard deviation value “ β ” equal to 0.65 and adjusting 1.1 and 1.3 direction factors for short and long period spectral accelerations. Table 4 shows the $MCE_R S_S$ and S_1 data calculated at four different points located closed to airport position. The reason why it should be calculated at four points due to the position of the airport coordinate is not equal toward national seismic hazard maps coordinate data developed by ISHM-2017. The $MCE_R S_S$ and S_1 were calculated at (110.35°, -6.95°) airport coordinate by conducting weight factor of four points. The weight factor is developed based on the site distance toward four points. The $MCE_R S_S$ and S_1 result obtained at this point is 0.7965g and 0.3512g respectively. Due to the coordinate of airport position, the $MCE_R S_S$ and S_1 should be verified based on the closest four pairs S_S and S_1 values as mention in Table 4.

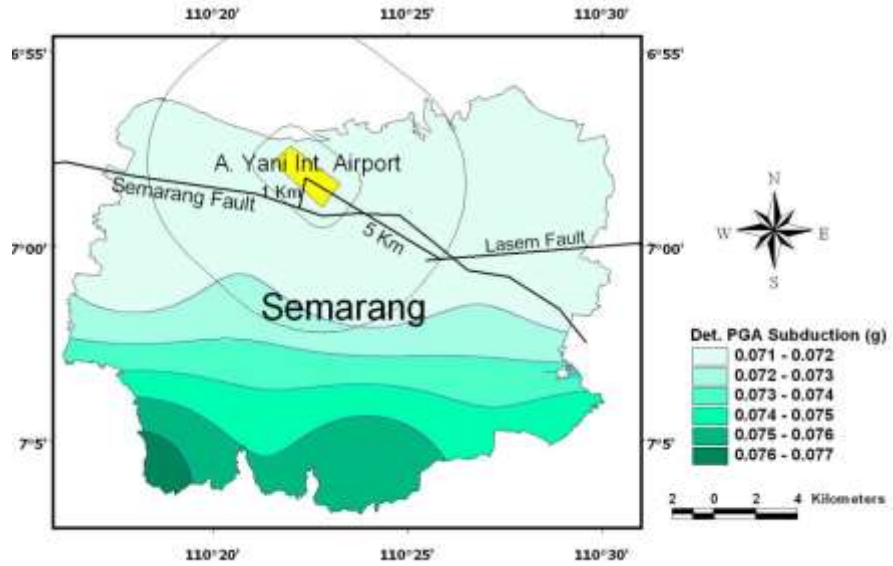


Fig. 8 Deterministic PGA map caused by subduction earthquake

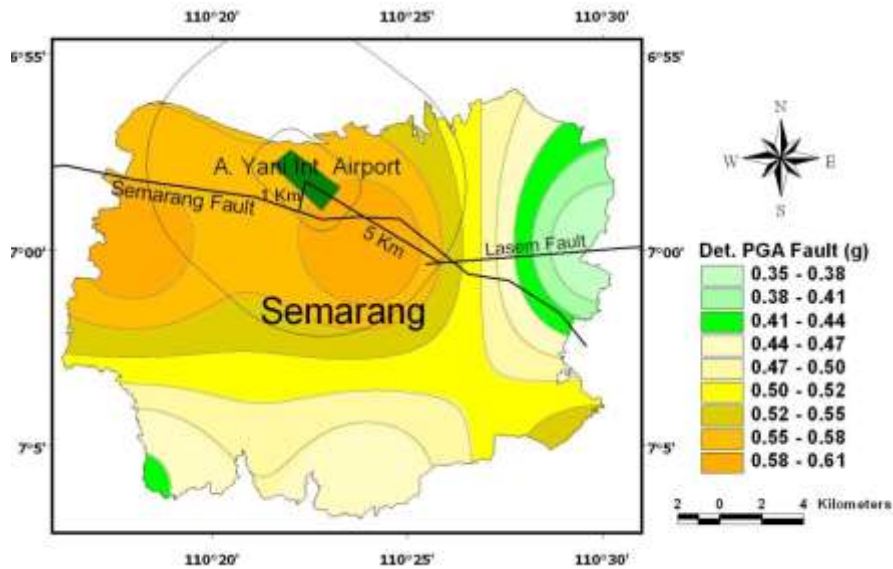


Fig. 9 Deterministic PGA map caused by shallow crustal fault earthquake

Table 4. MCE_R S_s and S_1 at 4 points close to the Airport position

No	Longitude(°)	Latitude (°)	MCE_R	
			S_s (g)	S_1 (g)
1	110.3	-6.9	0.73536	0.34395
2	110.3	-7.0	1.01976	0.43813
3	110.4	-6.9	0.70469	0.33458
4	110.4	-7.0	0.99770	0.43311

The DSA at the airport is developed by first conducting the evaluation of boring investigation result. Nine boring investigations were conducted on site with maximum 52 meters depth. Standard Penetration Test (N-SPT) investigation was conducted at each boring position with 2 meters interval. Fig. 10 shows the N-SPT profile result conducted at 9 boring positions. Based on the result of nine boring investigations the average of N-SPT value at top 30 meter soil deposit (N-30) is 2.67 or less than 15. Based on SNI 1726:2012 the airport buildings and infrastructures are located in SE (soft soil) class. As it can seen in Fig. 10 the N-SPT values at 0-10 meters depth is in between 0 - 2. The minimum to maximum values of N-SPT in between 10 to 20 meters depth is 2 to 18 and for 20 - 30 meters depth is in between 8 to 30.

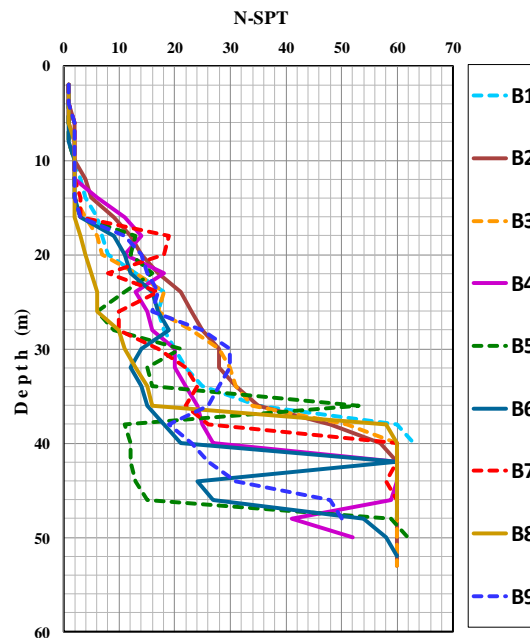


Fig. 10 N-SPT profiles developed from 9 position boring investigations

Two site factors F_a and F_v are required for developing DSA at the airport position. Two different methods are conducted at this location for obtaining F_a and F_v . First by using the same values used by SNI 1726:2012 and the second is by using the values proposed by Stewart and Seyhan (2013) (modified ASCE/SEI 7-16). Table 5 shows list of F_a and F_v site factors used in SNI 1726:2012 and Table 6 shows list of F_a and F_v site factors developed by Stewart and Seyhan (2013) (modified ASCE/SEI 7-16) for site class SE (soft soil). Table 7 shows two difference results of site factor F_a and F_v calculated using the same MCER S_S and S_1 values. Following the same method described by SNI 1726:2012 and ASCE/SEI 7-16 the surface spectral acceleration S_{MS} and S_{M1} can be calculated by multiplying the site factor F_a toward S_S and F_v toward S_1 . Table 8 shows the S_{MS} and S_{M1} calculated using two difference site factors, such as SNI 1726:2012 and Stewart and Seyhan (2013). The S_{MS} value calculated using Stewart and Seyhan (2013) (Table 6) is greater than the S_{MS} calculated at the same location using SNI 1726:2012 (Table 5).

Table 5. Fa and Fv used by SNI 1726:2012 for site class SE

Site Factor	Site Class SE				
	SS ≤ 0.25	SS = 0.5	SS = 0.75	SS = 1	SS ≥ 1.25
Fa	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
Fv	S1 ≤ 0.1	S1 = 0.2	S1 = 0.3	S1 = 0.4	S1 ≥ 0.5
	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4

Table 6. Fa and Fv developed by Stewart and Seyhan (2013) for site class SE

Site Factor	Site Class SE					
	SS ≤ 0.25	SS = 0.5	SS = 0.75	SS = 1	SS = 1.25	SS ≥ 1.5
Fa	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8
Fv	S1 ≤ 0.1	S1 = 0.2	S1 = 0.3	S1 = 0.4	S1 = 0.5	S1 ≥ 0.6
	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2.0

Table 7. Fa and Fv calculated using two different methods

Method	S _s = 0.7965 g	S ₁ = 0.3512 g
	Fa	Fv
SNI 1726:2012	1.144	2.596
Stewart and Seyhan (2013)	1.295	2.595

Table 8. The S_{MS} and S_{M1} calculated using two different site factors

Method	S _{MS}	S _{M1}
	(g)	(g)
SNI 1726:2012	0.9105	0.912
Stewart and Seyhan (2013)	1,0305	0.912

Based on SNI 1726:2012 and modified ASCE/SEI 7-16 all buildings should be design using DSA as a model of seismic force. The existing buildings which are already designed using previous DSA (SNI 1726:2012) shall be evaluated and compared to the new DSA (modified ASCE/SEI 7-16 code). The evaluation should be performed for existing building due to the update data of earthquake records. As already mention before that the existing buildings and infrastructures within the airport area were designed based on SNI 1726:2012. The new ISHM-2017 has already released in 2017. The DSA developed based on SNI 1726:2012 should be compared to the DSA calculated based on ISHM-2017. Table 9 shows the S_{DS} and S_{D1} values calculated at the airport position (110.35°, -6.95°) based on SNI 1726:2012 and modified ASCE/SEI 7-16. As it can seen in Table 8, the S_{MS} and S_{M1} values for SNI 1726:2012 are different compared to Table 9. The S_{MS} and S_{M1} in Table 8 are calculated using S_s (0.7965 g) and S₁ (0.3512 g) as already mentioned in Table 7. However the S_{MS} and S_{M1} (SNI 1726:2012) in Table 9 were developed for existing airport design. Fig. 11 shows two difference curves of DSA for site class SE calculated using SNI 1726:2012 (SE-2012) and modified ASCE/SEI 7-16 (SE-2019). As it can be seen in this figure there is no significant improvement of DSA at the airport site.

Table 9. The S_{DS} and S_{D1} calculated using two different seismic codes

Method	S_{MS} (g)	S_{M1} (g)	S_{DS} (g)	S_{D1} (g)
SNI 1726:2012	0.909	0.808	0.606	0.539
Modified ASCE/SEI 7-16	1,0305	0.912	0.687	0.608

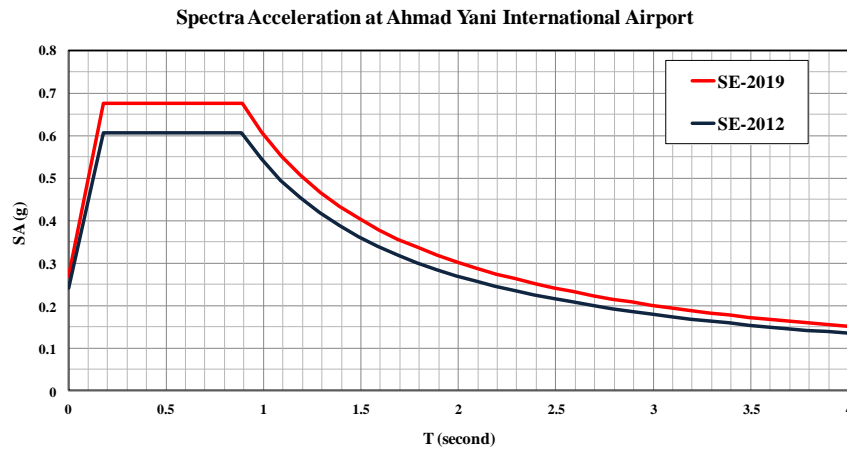


Fig. 11 The difference of DSA for Ahmad Yani Airport based on SNI 1726:2012 (SE-2012) and modified ASCE/SEI 7-16 (SE-2019)

The DSA developed using two different codes, SNI 1726:2012 and modified ASCE/SEI 7-16 are then evaluated toward SRA. The purposed of SRA is to evaluate the possibility of earthquake force caused by specific earthquake scenario. The SRA was performed by conducting earthquake scenario having a magnitude of 6.52 Mw and epicenter distance 5.07 Km which represents Semarang fault earthquake scenario. The acceleration time histories (North-South/NS and East-West/EW) used for SRA are collected from San Simeon earthquake. The San Simeon earthquake was conducted for SRA calculation due to the difficulties for collecting ground motion data of reverse mechanism source earthquakes. As it can seen in Fig. 12 the surface spectral acceleration developed by using two directions acceleration time histories (NS and EW) earthquake scenario are almost equal compared to the DSA developed based on SNI 1726:2012 (SE-2012) and modified ASCE/SEI 7-16 (SE-2019). Based on the DSA and SRA analysis as can be seen in Fig. 12 the buildings and infrastructures within the airport area which already designed using SNI 1726:2012 are predicted have the capabilities in resisting earthquake scenarios due to Semarang and Lasem earthquake having a magnitude 6.5 Mw and minimum 5 Km epicenter distance to the airport position.

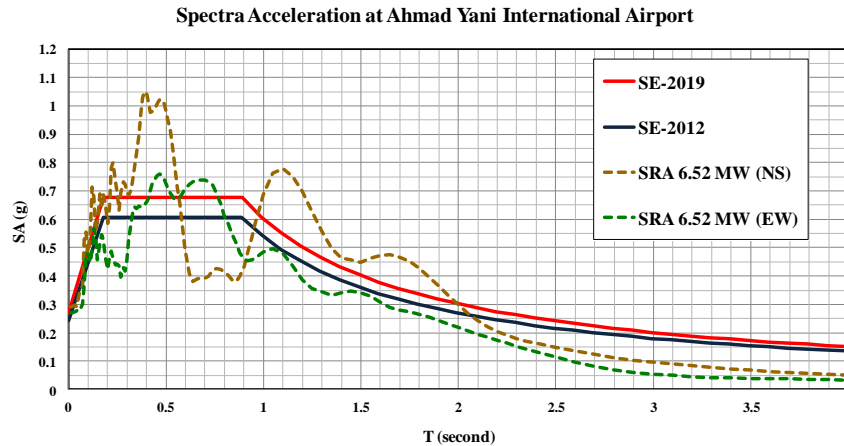


Fig. 12 Comparative SRA spectral acceleration toward two DSA for Ahmad Yani Airport

4 Conclusions

Research on the evaluation of the new Ahmad Yani International Airport in Semarang, Indonesia against predicted earthquake force has already performed. The proposed of this research is to evaluate the capability of structures in resisting predicted earthquakes with probability of exceedance 2% in 50 years. The evaluation was performed due to the position of the airport area is less than 1 km to the new developed Semarang Fault trace and less than 5 Km to Lasem Fault trace. The evaluation is restricted only on the design earthquake force criterion in terms of DSA calculation results.

DSA is a model of earthquake force usually used for seismic resistance design for buildings and non buildings. The new DSA is developed based on modified ASCE/SEI 7-16 by modifying the method of $MCE_R S_S$ and S_1 calculation. The MCE_R analysis is performed by combining RTGM with 1% probability of collapses in 50 years and 84th percentile of DSHA. The RTGM analysis is performed using PSHA result analysis by applying logarithmic standard deviation value “ β ” equal to 0.65 and direction factor 1.1 and 1.3 for short and long period spectral accelerations respectively.

The second modification for DSA is conducted by using two site factors F_a and F_v for developing surface spectral acceleration (S_{MS} and S_{MI}). The two F_a and F_v site factor values are applied in this research by conducting the same values proposed by Stewart and Seyhan (2013). The development of DSA is also conducted using 9 boring investigations. The purpose of this investigation is to obtain the information of site soil class of the airport area. The standard penetration test is also performed with interval 2 meter depths for obtaining N-SPT and average N-SPT values at the top 30 meters soil layers at each boring position. Based on the average N-SPT (at top 30 meters soil layer) values calculated at 9 boring positions the airport area is located at soft soil (SE) class.

Based on the site data obtained at the airport area, the DSA is then calculated and compared with the DSA of SNI 1726:2012. The new DSA (calculated using modified ASCE/SEI 7-16) is bigger compared to the previous DSA (SNI 1726:2012). However there is no significant improvement of the new DSA compared to DSA (SNI 1726:2012).

The DSA developed based on the modified ASCE/SEI 7-16 and SNI 1726:2012 are then compared to the surface spectral acceleration calculated using site response analysis (SRA). The

SRA was performed by conducting a scenario earthquake having a magnitude of 6.52 Mw and 5.07 km epicenter distance which represents shallow crustal fault scenario (Semarang and Lasem fault earthquake). The spectral acceleration developed by three different methods (ASCE 1726:2012, modified ASCE/SEI 7-16 and SRA) are almost equal and have no significant improvements. Based on the information related with the DSA and SRA analysis, the buildings or infrastructures built in the airport area is predicted save enough for resisting the predicted earthquake caused by Semarang and Lasem fault having a magnitude of 6.5 Mw and epicenter distance minimum 5 Km.

Acknowledgements This research was financially supported by The Faculty of Engineering, Diponegoro University, Indonesia trough Strategic Research Grant 2019. The Author also would like to thank to the Ministry of Public Works and Human Settlements Indonesia and National Center for Earthquake Studies (PUSGEN) for providing data and technical supports during the development of this research. The Author would like to express the deepest appreciation to Jaya Contractor for providing geotechnical data and geotechnical investigation.

References

- Abrahamson N.A., Gregor N. and Addo K. (2016). BC Hydro ground motion prediction equation for subduction earthquakes. *Earthquake Spectra*, Vol 32 (1), pp 23-44.
- Di Alessandro C., Bozorgnia Y., Abrahamson N.A., Akkar S. and Erdik M. (2012). GEM PEER Global Ground Motion Prediction Equations Project : an Overview. 15 MCEE, Lisboa, Portugal, Vol 1 (38), pp. 14490-14500.
- Asrurifak M., Irsyam M., Budiono B., Triyoso W. and Djazilus H. (2010). Development of Spectral Hazard Map for Indonesia with a Return Period of 2500 Years using Probabilistic Method. *Civil Engineering Dimension*, Vol 12 (1), pp. 52-62.
- Atkinson G.M. and Boore D.M. (2003). Empirical Ground-motion Relations for subduction-zones earthquakes and their application to Cascadia and other regions. *Bulletin of the Seismological Society of America*, vol 93(4), pp.1702-1729.
- ASCE/SEI 7-16 (2017). Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures. American Society of Civil Engineers, 2017.
- Boore D.M. and Atkinson G.M. (2008). Ground Motion Prediction Equations for the average horizontal component of PGA and PGV and 5% Damped PSA at Spectral Periods between 0.01s to 10s, *Earthquake Spectra*, Earthquake Engineering Research Institute, Vol 24, No 1, pp. 99-138.
- Campbell K.W. and Bozorgnia Y. (2008). NGA Ground Motion Model for The Geometric Mean Horizontal Component of PGA, PGV and PGD and 5% Damped Linear Elastic Response for periods ranging from 0.01 to 10s. *Earthquake Spectra*. Earthquake Engineering Research Institute, Vol 24 No (1), pp. 139-171.
- Chiou B.S. J. and Young R.R. (2008). NGA Model for average Horizontal Component of Peak Ground Motion and Response Spectra. PEER 2008/2009, Pasific Earthquake Engineering Research Center, College of Engineering, University of California, Berkeley, pp. 1 – 94.
- Gosar A. (2017). Study on the applicability of the Microtremor HVSR method to support seismic microzonation in the town of Idrija (West Slovenia). *Nat. Hazard Earth Syst. Sci.* 17, pp. 925-937.
- Irsyam M., Hendriyawan, Natawijaya D. H., Daryono M. R., Widiyantoro S., Asrurifak M., Meilano I., Triyoso W., Hidayati S. and Rudiyanto A. (2017). Development of New Seismic Hazard Maps of Indonesian, *Proceedings of the 19th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*, Seoul, pp. 1525-1528.
- Luco N., Ellingwood B.R., Hamburger R.O., Hooper J.D., Kinball J.K. and Kircher C.A. (2007). Risk Targeted versus Current Seismic Design Maps for the Coterminous United States. *Structural Engineers Association of California 2007 Convention Proceedings*, pp 163-175.
- Mc Guire R.K. (1995). Probabilistic Seismic Hazard Analysis and Design Earthquakes, Closing the Loop, *Bulletin of Seismological Society of America*, Vol 85 (5), pp. 1275 - 1284.

- Pusat Studi Gempa Nasional (PUSGEN), (2017). Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017. Pusat Litbang Perumahan dan Pemukiman, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (National Center for Earthquake Studies. Indonesian Seismic Sources and Seismic Hazard Maps 2017. Center for Research and Development of Housing and Resettlement, Ministry of Public Works and Human Settlements). ISBN 978-602-5489-01-3, pp 1-377.
- Partono W., Prabandiyani S.P.R., Irsyam M. and Maarif S. (2016). Seismic Microzonation of Semarang Indonesia based on Site Response Analysis using 30 m Soil Deposit Model. *Jurnal Teknologi*, Vol. 78:8-5, pp. 31-38.
- Sengara I.W., Irsyam M., Sidi I. D., Mulia A., Asrurifak M. and Hutabarat D. (2015). Development of Risk-Targeted Ground Motions for Indonesian Earthquake Resistance Building Code SNI 1726-2012. 12th International Conference on Applications of Statistics and Probability in Civil Engineering, ICASP12, Vancouver, Canada, Juli 12-15.
- SNI 1726:2012 (2012). Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktural Bangunan Gedung dan Non Gedung (Seismic Resistance Design Codes for Building and Other Structures), Jakarta, 2012, pp 1-138.
- Stewart J. A. and Seyhan E. (2013), Semi-Empirical Nonlinear Site Amplification and its Application in NEHRP Site Factors, Pacific Earthquake Engineering Research Center (PEER) Report 2013/13. November 2013, University of California, Berkeley.
- Zhao J.X., Irikura K., Zhang J., Fukuzima Y., Sommerville P.G., Asano A., Ohno Y., Oouchi T., Takahashi T. and Ogawa H. (2006). An Empirical site-classification method for strong-motion stations in Japan H/V response spectral ratio. *Bulletin of Seismological Society of America*, Vol 96 (3), PP. 914 - 925.

Consent to Publish for Conference Proceedings

Title of Book/Volume/Conference (hereinafter called "Work"): Proceedings of AICCE 2019

Editor(s) name(s) (hereinafter called "Editor"): Fadzli Mohamed Nazri

Title of the conference paper (hereinafter called "Contribution"): Seismic Hazard Analysis Study of New Semarang International Airport due to Shallow Crustal Fault Earthquake Scenario

Author(s) full name(s) (hereinafter jointly called "Author"): Windu Partono, Masyhur Irsyam, I Wayan Sengara, Asrurifak, Frida Kistiani, Undayani Cita Sari and Haryadi

**Corresponding author's name, address, affiliation and e-mail: Civil Engineering Department, Engineering Faculty, Diponegoro University, Semarang 50275 (Indonesia);
windu_bapake_dila@yahoo.com**

When Author is more than one person the expression "Author" as used in this agreement will apply collectively unless otherwise indicated.

The Publisher intends to publish the Work under the imprint Springer. The Work may be published in the book series *Lecture Notes in Civil Engineering*.

§ 1 Rights Granted

Author hereby grants to Springer International Publishing AG (hereinafter called "Publisher") the exclusive, sole, permanent, world-wide, transferable, sub-licensable and unlimited right to reproduce, publish, distribute, transmit, make available or otherwise communicate to the public, translate, publicly perform, archive, store, lease or lend and sell the Contribution or parts thereof individually or together with other works in any language, in all revisions and versions (including soft cover, book club and collected editions, anthologies, advance printing, reprints or print to order, microfilm editions, audiograms and videograms), in all forms and media of expression including in electronic form (including offline and online use, push or pull technologies, use in databases and data networks (e.g. the Internet) for display, print and storing on any and all stationary or portable end-user devices, e.g. text readers, audio, video or interactive devices, and for use in multimedia or interactive versions as well as for the display or transmission of the Contribution or parts thereof in data networks or search engines, and posting the Contribution on social media accounts closely related to the Work), in whole, in part or in abridged form, in each case as now known or developed in the future, including the right to grant further time-limited or permanent rights. Publisher especially has the right to permit others to use individual illustrations, tables or text quotations and may use the Contribution for advertising purposes. For the purposes of use in electronic forms, Publisher may adjust the Contribution to the respective form of use and include links (e.g. frames or inline-links) or otherwise combine it with other works and/or remove links or combinations with other works provided in the Contribution. For the avoidance of doubt, all provisions of this contract apply regardless of whether the Contribution and/or the Work itself constitutes a database under applicable copyright laws or not.

The copyright in the Contribution shall be vested in the name of Publisher. Author has asserted his/her right(s) to be identified as the originator of this Contribution in all editions and versions of the Work and parts thereof, published in all forms and media. Publisher may take, either in its own name or in that of Author, any necessary steps to protect the rights granted under this Agreement against infringement by third parties. It will have a copyright notice inserted into all editions of the Work according to the provisions of the Universal Copyright Convention (UCC).

The parties acknowledge that there may be no basis for claim of copyright in the United States to a Contribution prepared by an officer or employee of the United States government as part of that person's official duties. If the Contribution was performed under a United States government contract, but Author is not a United States government employee, Publisher grants the United States government royalty-free permission to reproduce all or part of the Contribution and to authorize others to do so for United States government purposes. If the Contribution was prepared or published by or under the direction or control

Corresponding Author signs for and accepts responsibility for releasing this material on behalf of any and all Co-Authors.

Signature of Corresponding Author:



Date:

25/6/2019

- I'm an employee of the US Government and transfer the rights to the extent transferable (Title 17 §105 U.S.C. applies)
- I'm an employee of the Crown and copyright on the Contribution belongs to the Crown

For internal use only:

Order Number:

GPU/PD/PS: 3/32/516

Legal Entity Number: 1128 Springer International Publishing AG

Springer-C-CTP-11/2017

**AWAM International Conference on Civil Engineering 2019
(AICCE'19) <info@procedia.org>**

5 Sep at 8:07 am

Dear Dr. Windu Partono

AICCE'19-1536

Manuscript Title: Seismic Hazard Analysis Study of New Semarang International Airport due to Shallow Crustal Fault Earthquake Scenario

On behalf of the Organizing Committee of AICCE™19, I would like to thank you for your contribution(s) in supporting our conference. All accepted papers of AICCE™19 will be published online in Lecture Note in Civil Engineering (LNCE). Further details can be referred on the website <https://www.springer.com/series/15087>

For your information, all papers are at the publication stage with the publisher. All papers will be available online by December 2019. All the corresponding author will be contacted by the publisher for the corrections. Delay in receiving corrections from the chapter author would also delay the publication date.

Therefore, your cooperation in this regard will be highly appreciated. Please contact me if there are any problems at cefmn@usm.my

Best wishes
AICCE™19

Regarding Chapter 484574_1_En/15_Chapter Correction Submitted
Yahoo/Inbox

- **monica.janet@springernature.com**
-

To:windu_bapake_dila@yahoo.com

2 Oct at 6:19 am

Dear Author/Editor,

Thank you for submitting your corrections.
We are looking forward to your upcoming publication.

Best wishes,
Springer Nature

This e-mail is confidential and should not be used by anyone who is not the original intended recipient. If you have received this e-mail in error please inform the sender and delete it from your mailbox or any other storage mechanism. Scientific Publishing Services Private Limited does not accept liability for any statements made which are clearly the sender's own and not expressly made on behalf of Scientific Publishing Services Private Limited or one of their agents.

Please note that Scientific Publishing Services Private Limited and their agents and affiliates do not accept any responsibility for viruses or malware that may be contained in this e-mail or its attachments and it is your responsibility to scan the e-mail and attachments (if any).

Scientific Publishing Services Private Limited. Registered office: No. 6 & 7, 5th Street, R.K.Salai, Mylapore, Chennai, 600004, India.
Registered number: U22219TN1992PTC022318

Proof-Reading-Service.com

PhD theses, journal papers, books and other professional documents

Proof-Reading-Service.com Ltd, Devonshire
Business Centre, Works Road, Letchworth Garden
City, Hertfordshire, SG6 1GJ, United Kingdom
Office phone: +44(0)20 31 500 431
E-mail: enquiries@proof-reading-service.com
Internet: <http://www.proof-reading-service.com>
VAT registration number: 911 4788 21
Company registration number: 8391405

28 October 2019

To whom it may concern,

RE: Proof-Reading-Service.com Editorial Certification

This is to confirm that the document described below has been submitted to Proof-Reading-Service.com for editing and proofreading.

We certify that the editor has corrected the document, ensured consistency of the spelling, grammar and punctuation, and checked the format of the sub-headings, bibliographical references, tables, figures etc. The editor has further checked that the document is formatted according to the style guide supplied by the author. If no style guide was supplied, the editor has corrected the references in accordance with the style that appeared to be prevalent in the document and imposed internal consistency, at least, on the format.

It is up to the author to accept, reject or respond to any changes, corrections, suggestions and recommendations made by the editor. This often involves the need to add or complete bibliographical references and respond to any comments made by the editor, in particular regarding clarification of the text or the need for further information or explanation.

We are one of the largest proofreading and editing services worldwide for research documents, covering all academic areas including Engineering, Medicine, Physical and Biological Sciences, Social Sciences, Economics, Law, Management and the Humanities. All our editors are native English speakers and educated at least to Master's degree level (many hold a PhD) with extensive university and scientific editorial experience.

Document title: Seismic Hazard Analysis Study of New Semarang International Airport due to Shallow Crustal Fault Earthquake Scenario

Author(s): Windu Partono; Masyhur Irsyam; I Wayan Sengara; Muhammad Asrurifak; Frida Kistiani; Undayani Cita Sari; Haryadi

Format: British English

Style guide: Lecture Notes in Civil Engineering at <https://www.springer.com/series/15087>



Certificate of Participation

The organizing committee would like to extend our utmost appreciation
to

WINDU PARTONO

for participating in the

**AWAM International Conference in Civil Engineering
2019 (AICCE'19)**

as

Oral Presenter

Organised by

School of Civil Engineering, USM

Construction Industry Development Board (CIDB), Malaysia

Jointly organised by



Professor Dr. Taksiah A. Majid
AICCE'19 General Chair

**Assoc. Prof. Dr. Nastaein
Qamaruz Zaman**
AICCE'19 Chairman

LAMPIRAN V
Dokumentasi Kegiatan Penelitian dan Seminar International



Dokumentasi Kegiatan Seminar Internasional



Dokumentasi Pengukuran Mikrotremor di Area Departemen Teknik Sipil



**Dokumentasi Pengukuran Mikrotremor di Area Departemen Teknik
Arsitektur dan Teknik Industri**



Dokumentasi Pengukuran Mikrotremor di Sekitar Gedung DFTU