

STUDI ANALISIS TINGKAT KERENTANAN BANGUNAN TERHADAP GEMPA DENGAN KEKUATAN MAKSIMUM 6.9 MW

Lisa Azizah, R Dian Chintami, Windu Partono^{*)}, Sukamta^{*)}

Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof Soedarto, SH Tembalang, Semarang. 50275, Telp.: (024)7474770,
Fax.: (024)7460060

ABSTRAK

Semarang rawan terhadap gempa yang diakibatkan oleh sumber gempa sesar aktif. Sesar aktif yang terdeteksi oleh Tim Pemutakhiran Peta Bahaya Gempa Bumi Indonesia Tahun 2016 (2017) diantaranya adalah sesar aktif Semarang, Demak, Rawapening, Weleri, dan Pati. Hasil penelitian Tim Revisi Peta Gempa Indonesia (2010), Semarang dipengaruhi oleh satu sesar aktif yaitu sesar Lasem. Penelitian ini mengkaji kerentanan bangunan di Semarang terhadap gempa yang diakibatkan oleh sumber gempa sesar aktif, yaitu sesar Lasem, Semarang dan Demak. Alasan digunakannya ketiga sesar tersebut adalah karena posisi ketiga sesar tersebut paling dekat dengan Semarang. Tujuan penelitian adalah mengevaluasi tingkat kerentanan bangunan dengan mengkaji perbandingan *drift ratio* dan deformasi antara skenario gempa dengan spektrum respons gempa di permukaan sebagaimana yang terdapat pada SNI 1726:2012. Bangunan-bangunan yang dikaji adalah Hotel City One, Hotel Dr. Wahidin, Training Center II Undip, Apartment Paltrow, Semarang Medical Center, Hotel Holiday Inn Express, Universitas Semarang dan Rumah Sakit Islam Sultan Agung. Sumber gempa yang digunakan adalah Chi-Chi dari Taiwan dengan kekuatan 6.2 Mw, Imperial Valley dari Amerika dengan kekuatan 6.53 Mw, Kobe dari Jepang dengan kekuatan 6.9 Mw dan Victoria dari Mexico dengan kekuatan 6.33 Mw. Analisis struktur pada bangunan dilakukan dengan *acceleration time histories* dan spektrum respons hasil modifikasi dari *acceleration time histories*. Penelitian ini dilakukan menggunakan bantuan aplikasi SAP2000. Hasil dari penelitian didapatkan bahwa delapan bangunan yang diteliti mampu menahan gempa berkekuatan 6.2 Mw – 6.9 Mw dengan jarak episenter 3.86 Km – 13.8 Km.

Kata kunci : kerentanan bangunan, *acceleration time histories*, spektrum respons, *drift ratio*, deformasi

ABSTRACT

Semarang is prone to earthquakes caused by active fault earthquake sources. The active faults detected by Team for Revision of Earthquake Hazard Maps of Indonesia 2016 (2017) are Semarang, Demak, Rawapening, Weleri, and Pati Faults. In 2010 research by Team for Revision of Seismic Hazard Maps, Semarang is influenced by Lasem Fault. The research evaluates vulnerability of buildings in Semarang due to earthquakes caused by active fault earthquake sources, which are Lasem, Semarang and Demak Faults. Those three faults are used because they are the closest faults from Semarang. The research purpose is to evaluate the vulnerability of buildings by comparing the result of drift ratio and deformation between simulated earthquake

^{*)}Penulis Penanggung Jawab

and surface spectrum earthquake based on SNI 1726:2012. The buildings that will be analyzed in this research are City One Hotel, Dr. Wahidin Hotel, Training Center II Undip, Paltrow Apartement, Semarang Medical Center, Holiday Inn Express Hotel, Universitas Semarang and Rumah Sakit Islam Sultan Agung. The sources are Chi-Chi from Taiwan with the power of 6.2 Mw, Imperial Valley from USA with the power of 6.53 Mw, Kobe from Japan with the power of 6.9 Mw and Victoria from Mexico with the power of 6.33 Mw. The earthquake analysis are time histories and response spectrum modiflicated from time histories. The research uses software SAP2000. The result of the research is the eight buildings are able to hold earthquake with the power of 6.2 Mw – 6.9 Mw with distance of epicenter 3.86 Km – 13.8 Km.

Keywords : *building vulnerability, time histories, response spectrum, drift ratio, deformation*

PENDAHULUAN

Indonesia termasuk wilayah yang sering terjadi gempa. Secara geografis Indonesia terletak pada 3 pertemuan lempeng utama dunia yaitu lempeng IndoAustralia, Eurasia, dan Pasifik. Lempeng Eurasia dan Indo-Australia bertumbukan di lepas pantai barat pulau Sumatera, lepas pantai selatan pulau Jawa, lepas pantai selatan kepulauan Nusa Tenggara, dan berbelok ke arah utara ke perairan Maluku sebelah selatan, sedangkan lempeng Australia dan Pasifik bertumbukan di sekitar Pulau Papua. Sementara itu, pertemuan antara ketiga lempeng tersebut terjadi di sekitar Sulawesi.

Hasdanita (2014) mengevaluasi tingkat keamanan perilaku gedung beton bertulang dalam merespon besarnya beban gempa bila ditinjau dari *top displacement*, *top drift*, dan *base shear*. Objek penelitiannya berupa gedung eksisting yaitu gedung baru DPRK Banda Aceh berlantai 6 dengan ketinggian 27.4 m. Metode yang digunakan adalah *Time History Analysis* dengan bantuan program STERA (*Structural Earthquake Response Analysis*) 3D ver.5.8. Struktur gedung beton bertulang diberikan beban gempa berupa rekaman riwayat gempa yang pernah terjadi yaitu gempa El-centro, gempa Kobe, gempa Chi-Chi, dan gempa Irpinia untuk mengevaluasi perilaku gedung beton bertulang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *top displacement response* terbesar terjadi dalam arah X diakibatkan oleh gempa Irpinia, yaitu sebesar 34.83 cm. *Top drift* untuk masing-masing gempa dalam arah X maupun Y sudah memenuhi syarat yang diizinkan oleh SNI 1726:2012 yaitu sebesar 0.55 m. Hasil *base shear* untuk rekaman gempa El-Centro, Kobe, Chi-Chi, dan Irpinia arah X dan Y sudah memenuhi persyaratan yaitu sebesar 11.914,00 kN. *Top drift* dan *base shear* mempunyai nilai yang sesuai dengan persyaratan pada SNI 1726:2012, sehingga gedung baru DPRK Banda Aceh mampu menerima beban-beban gempa yang diberikan.

Prayoga (2016) mengevaluasi bangunan Star Hotel menggunakan analisis ragam spektrum respons dan analisis *pushover*. Gedung Star Hotel yang merupakan bangunan tinggi yang terletak di Jl. MT. Haryono 972, Semarang Selatan, Semarang, Jawa Tengah. Gedung ini memiliki lebar 14.6 m, panjang 60.45 m dengan tinggi 95.2 m sehingga rasio antara lebar, panjang dan tinggi bangunan sebesar 1:4,14:6,52 yang menyebabkan geometri bangunan menjadi ramping. Selain kerampingan dari bentuk denah struktur, struktur ini memiliki perubahan denah struktur pada lantai 16, 21 dan lantai kolam renang sehingga bangunan ini memiliki ketidakberaturan vertikal. Hasil dari penelitian didapatkan bahwa *drift Ratio* pada lantai – lantai yang mengalami perubahan denah struktur melampaui batasan yang ditentukan oleh peraturan SNI. *Drift*

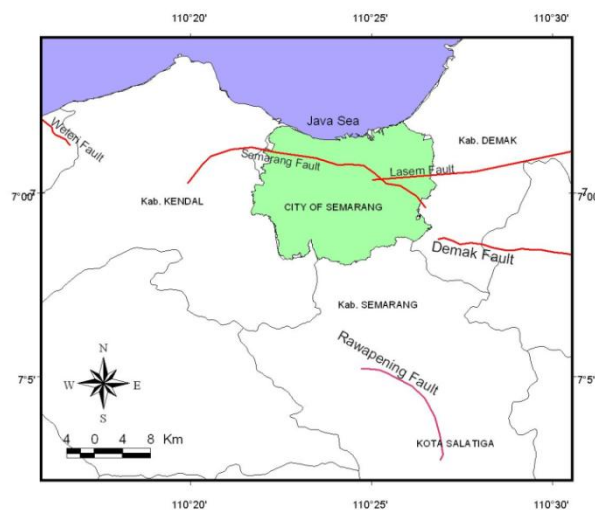
ratio yang melampaui batasan tersebut disebabkan oleh ketidakberaturan vertikal yang terjadi akibat perubahan denah struktur.

Maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengkaji perbandingan nilai deformasi bangunan dengan pola pembebanan analisis spektrum respons dan *acceleration time history*.
2. Mengetahui pengaruh kekuatan dan jarak gempa terhadap deformasi dan *drift ratio* dari bangunan
3. Mengevaluasi tingkat kerentanan dari bangunan ditinjau dari perbandingan besaran *drift ratio* dan deformasi antara simulasi gempa dengan spektrum percepatan gempa di permukaan sesuai dengan SNI 1726:2012

Berdasarkan hasil kajian yang dilakukan oleh Tim Pemutakhiran Peta Bahaya. Gempa Bumi Indonesia Tahun 2016 (2017), Semarang sangat rawan terhadap guncangan gempa akibat sumber gempa sesar aktif. Sesar aktif yang terdeteksi adalah sesar aktif Semarang, Demak, Rawapening, Weleri, dan Pati. Hasil penelitian Tim Revisi Peta Gempa Indonesia (2010), Semarang dipengaruhi oleh satu sesar aktif yaitu sesar Lasem. Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa sesar Semarang, Demak dan Lasem adalah sesar yang posisinya paling dekat dengan Semarang. Sehingga perlu dikaji tingkat kerentanan dari beberapa bangunan tinggi di Semarang terhadap ketiga sesar tersebut. Bangunan-bangunan yang akan dikaji adalah Hotel City One, Hotel Dr. Wahidin, Training Center II Undip, Apartment Paltrow, Semarang Medical Center, Hotel Holiday Inn Express, Universitas Semarang dan Rumah Sakit Islam Sultan Agung.

Peristiwa gempa yang terjadi di Semarang tidak pernah diakibatkan oleh ketiga sesar tersebut sehingga perlu dilakukan skenario dari peristiwa gempa yang diakibatkan ketiga sesar tersebut. Skenario tentang kejadian gempa diambil dari peristiwa gempa yang pernah terjadi di luar Kota Semarang. Berdasarkan hasil kajian Tim Pemutakhiran Peta Bahaya Gempa Bumi Indonesia Tahun 2016 (2017), besarnya magnitudo rata-rata yang digunakan untuk sumber gempa sesar aktif di Indonesia berkisar antara 6.5 – 6.6 Mw, maka pada penelitian ini digunakan gempa dengan kisaran 6.0 – 6.9 Mw. Gempa yang digunakan adalah gempa Chi-Chi Taiwan 6.2 Mw, Imperial Valley USA 6.53 Mw, Kobe Japan 6.9 Mw dan Victoria Mexico 6.33 Mw. Pada penelitian ini akan dikaji ketahanan delapan bangunan tinggi yang ada di kota Semarang terhadap beban gempa dengan menggunakan analisis *acceleration time history* dan spektrum respons hasil modifikasi *time history*.



Gambar 1. Peta Sesar Semarang

METODOLOGI PENELITIAN

Pembebanan

Beban-beban yang digunakan pada penelitian ini menggunakan beban sesuai dengan Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung (1983). Beban-beban yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Beban mati (*Dead Load*)
2. Beban hidup (*Live load*)
3. Beban gempa (*Earthquake*)

Kombinasi pembebanan (*Load combination*) adalah gabungan kombinasi dari beban-beban yang mungkin terjadi selama umur rencana bangunan. Hal ini dilakukan untuk menganalisa kekuatan struktur agar bangunan yang dirancang/ disesain dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Kombinasi pembebanan struktur pada penelitian ini menggunakan kombinasi pembebanan sesuai dengan SNI 1726:2012 Pasal 4.2.2 pada poin 1, 2 dan 5 serta ditambah dengan kombinasi pembebanan sebagai berikut :

$$1D + 1L + 1 \text{ Time History (atau) Spektrum Respons} \quad (1)$$

Kombinasi tersebut digunakan karena dibutuhkan pembebanan bangunan dalam keadaan sebenarnya untuk mengetahui kerentanan bangunan terhadap gempa yang terjadi.

Klasifikasi Situs Tanah

Klasifikasi situs digunakan untuk menentukan kelas situs yang terdapat pada lokasi bangunan sesuai dengan SNI 1726:2012 Pasal 5.3. Pada penelitian ini situs tanah ditentukan dengan menggunakan nilai "N" (Nilai standar penetrasi tes) sesuai dengan rumus yang terdapat pada SNI 1726:2012 Pasal 5.4.2 Poin 2. Batas nilai N pada penentuan kelas situs tanah adalah :

$$\begin{aligned} N < 15 &= \text{Tanah Lunak (SE)} \\ 15 \leq N \leq 50 &= \text{Tanah Sedang (SD)} \\ N > 50 &= \text{Tanah Keras (SC)} \end{aligned}$$

Penentuan Spektrum Respons Lapisan Permukaan SNI 1726:2012

Penentuan spektrum respons dilakukan menggunakan bantuan *website puskim.pu.go.id* dengan cara memasukkan nilai koordinat lintang dan bujur tiap bangunan, lalu dipilih spektrum respons yang sesuai dengan kelas situs tanah bangunan. Spektrum respons yang didapatkan adalah spektrum respons di *bedrock*, kemudian data tersebut dikembangkan untuk mendapatkan spektrum respons di lapisan permukaan dengan mengacu pada SNI 1726:2012 Pasal 6.4. Nilai S_a , T_0 dan T_s diubah menjadi seperti berikut

$$- \quad T < T_0 \quad S_a = S_{MS} \times \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (2)$$

$$- \quad T_s \geq T \geq T_0 \quad S_a = S_{MS} \quad (3)$$

$$- \quad T > T_s \quad S_a = \frac{S_{M1}}{T} \quad (4)$$

Keterangan:

S_{MS} = parameter spektrum respons percepatan desain pada perioda pendek

S_{M1} = parameter spektrum respons percepatan desain pada periode 1 detik

T = periode getar fundamental struktur.

Nilai T_0 dan T_s didapatkan menggunakan rumus :

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{M1}}{S_{MS}} \quad (5)$$

$$T_s = \frac{S_{M1}}{S_{MS}} \quad (6)$$

Deformasi dan *Drift Ratio*

Deformasi pada penelitian ini merupakan nilai resultan deformasi arah X (U_1) dan deformasi arah Y (U_2). *Drift ratio* merupakan hasil bagi antara perbedaan perpindahan dan perbedaan ketinggian lantai yang ditinjau dengan lantai di bawahnya.

$$\Delta i = (\Delta \text{ atas} - \Delta \text{ bawah}) \quad (7)$$

$$\text{Drift ratio} = \frac{\Delta i}{L_i} \quad (8)$$

Keterangan :

Δi = deformasi lantai

L_i = tinggi antar lantai

i = lantai bangunan

Data Bangunan

Bangunan-bangunan yang dikaji pada penelitian ini mempunyai ketinggian lebih dari 40 meter. Modifikasi bentuk struktur dilakukan pada bangunan dengan ketinggian kurang dari 40 meter. Bangunan yang mempunyai ketinggian kurang dari 40 meter diubah sedemikian rupa sehingga ketinggian minimum mencapai 40 meter. Informasi data kedelapan bangunan yang dikaji pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Hotel City One

Lokasi : Jalan Veteran

Luas bangunan : 7034,565 m²

Jumlah lantai : 12

Ketinggian : 41,2 m

Data bangunan bersumber dari Tugas Akhir yang berjudul Redesain Perencanaan Struktur Hotel City One Jalan Veteran Semarang oleh Nurjihad dan Wigga (2014)

2. Hotel Dr. Wahidin

Lokasi : Jalan Dr. Wahidin

Luas bangunan : 13355,5 m²

Jumlah lantai : 14

Ketinggian : 43,2 m

Data bangunan bersumber dari Tugas Akhir yang berjudul Perencanaan Struktur Hotel Dr. Wahidin Semarang oleh Noer dan Tafita (2015)

3. Training Center II UNDIP (Jalan Prof. Soedarto)

Lokasi : Jalan Prof. Soedarto

Luas bangunan : 3300,0576 m²

Jumlah lantai : 12

Ketinggian : 43,2 m

Data bangunan bersumber dari Tugas Akhir yang berjudul Evaluasi Desain Struktur Gedung Training Center II UNDIP oleh Isman dan Muhammad (2016)

4. Apartment Paltrow

Lokasi : Jalan Prof. Soedarto

Luas bangunan : 9039,8626 m²

Jumlah lantai : 13

Ketinggian : 43,5 m

Data bangunan bersumber dari Tugas Akhir yang berjudul Perencanaan Gedung Apartemen Paltrow City oleh Irfan dan Triatmodjo (2014)

5. Semarang Medical Center

Lokasi : Jl. KH. Ahmad Dahlan

Luas bangunan : 19419,5 m²

Jumlah lantai : 13

Ketinggian : 52,33 m

Data bangunan bersumber dari Tugas Akhir yang berjudul Perencanaan Struktur Semarang Medical Center Hospital Jalan K.H. Ahmad Dahlan Semarang oleh Adi dan Setiodi (2016)

6. Hotel Holiday Inn Express

Lokasi : Jalan Ahmad Yani

Luas bangunan : 6136,52 m²

Jumlah lantai : 14

Ketinggian : 45,8 m

Data bangunan bersumber dari Tugas Akhir yang berjudul Redesign Struktur Holiday Inn Express Jalan Ahmad Yani Semarang oleh Hutama dan Syahrial (2017)

7. Universitas Semarang

Lokasi : Jalan Soekarno Hatta

Luas bangunan : 6260 m²

Jumlah lantai : 10

Ketinggian : 43 m

Data bangunan bersumber dari hasil kajian struktur yang dilakukan oleh Windu Partono pada tahun 2008)

8. Rumah Sakit Islam Sultan Agung

Lokasi : Jln Kaligawer Raya

Luas bangunan : 7634,846 m²

Jumlah lantai : 10

Ketinggian : 42,3 m

Data bangunan bersumber dari Tugas Akhir yang berjudul Pekerjaan Struktur Rumah Sakit Islam Sultan Agung oleh Faisol dan Mirza (2014)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Klasifikasi Kelas Situs Bangunan

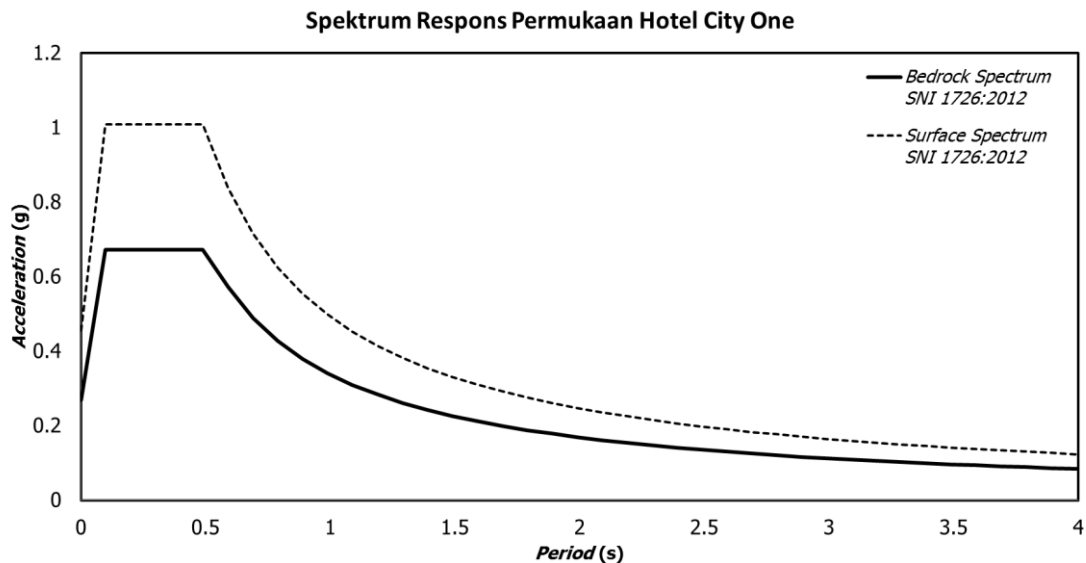
Pada penelitian ini dibutuhkan titik koordinat untuk kedelapan bangunan. Titik koordinat digunakan untuk menentukan jarak bangunan terhadap sesar. Tabel 1 menunjukkan klasifikasi kelas situs dan titik kordinat setiap bangunan. Titik koordinat yang digunakan berupa *longtitude* dan *latitude*. *Longtitude* adalah garis membujur yang

menghubungkan antara sisi barat dan sisi timur bumi. *Latitude* adalah garis yang melintang di antara kutub utara dan kutub selatan bumi.

Data spektrum respons yang didapatkan tidak dapat langsung digunakan karena data tersebut adalah data spektrum respons di *bedrock*. Data tersebut harus diubah menjadi data spektrum respons permukaan. Pada Gambar 2 dapat dilihat perbedaan antara spektrum respons di *bedrock* dengan spektrum respons di permukaan tanah pada bangunan Hotel City One. Spektrum respons permukaan pada Hotel City One lebih besar daripada spektrum respons di *bedrock*.

Tabel 1. Nilai N dan Kelas Situs Tanah Tiap Bangunan

Bangunan	Longitude	Latitude	N	Kelas Situs
Hotel City One	110.41712	-6.99733	60	SC
Hotel Dr. Wahidin	110.43116	-7.01453	56.4	SC
Training Center II Undip	110.43724	-7.05512	20.8	SD
Apartemen Paltrow	110.43094	-7.05515	35.8	SD
Semarang Medical Center Tlogorejo	110.42738	-6.98804	13.9	SE
Hotel Holiday Inn	110.42564	-6.99161	7.83	SE
USM	110.45265	-6.98192	2.74	SE
RS Islam Sultan Agung	110.46110	-6.95594	8.54	SE



Gambar 2. Spektrum Respons Permukaan Hotel City One

Sumber Gempa

Sumber gempa yang digunakan pada penelitian ini adalah Sesar Lasem, Sesar Semarang dan Sesar Demak. Jarak setiap bangunan ke Sesar Lasem, Sesar Semarang dan Sesar Demak dapat dilihat pada Tabel 2. Jarak bangunan terhadap tiga sesar tersebut didapatkan dari penelitian Partono (2017). Tabel 3 menunjukkan data *ground motion* yang digunakan untuk analisa *acceleration time history* pada setiap bangunan. Setiap sumber gempa kemudian dipilih data *ground motion* dengan jarak terhadap sumber gempa yang mendekati jarak bangunan ke Sesar Semarang, Sesar Lasem, dan Sesar Demak. Jarak bangunan ke Sesar Semarang dan Sesar Lasem relatif berdekatan

dan sulit untuk mencari data dengan jarak sumber gempa yang persis mendekati, maka data *ground motion* Sesar Semarang dan Sesar Lasem dijadikan satu. Perbedaan jumlah gempa pada tiap bangunan dipengaruhi oleh jarak bangunan itu sendiri terhadap sesar gempa.

Tabel 2. Jarak Bangunan Terhadap Sumber Gempa

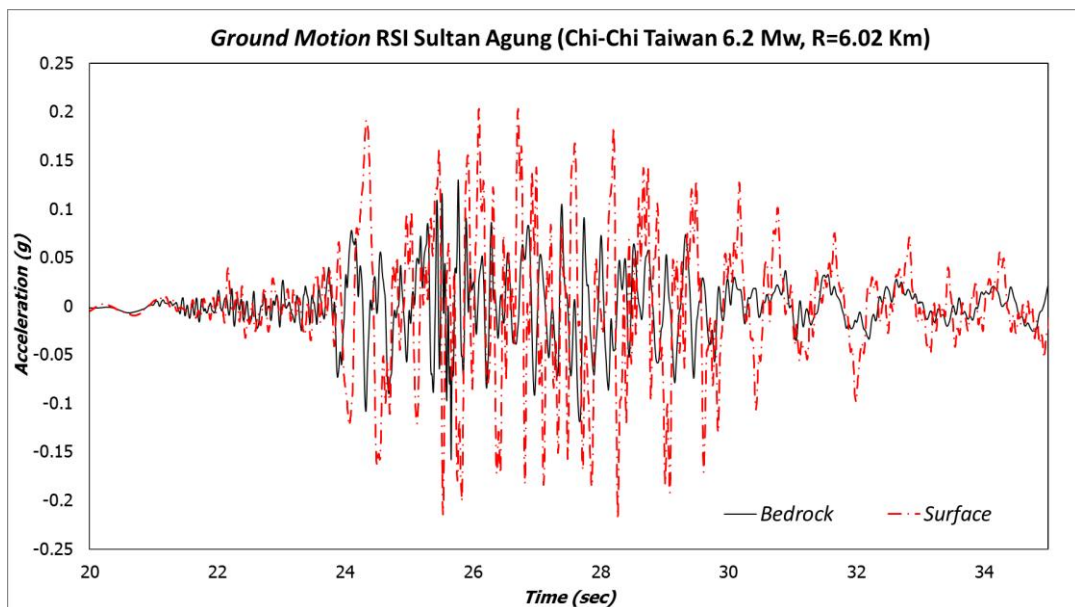
Lokasi	Sesar Lasem (Km)	Sesar Semarang (Km)	Sesar Demak (Km)
Hotel City One	1.38	0.65	13.80
Hotel Dr.Wahidin	0.92	1.16	11.37
Training Center II Undip	5.44	4.98	8.45
Apartemen Paltrow	5.40	5.11	9.11
Semarang Medical Center	2.03	0.85	13.75
Hotel Holiday Inn	1.65	0.42	13.58
Universitas Semarang	2.51	3.13	12.69
RS Islam Sultan Agung	5.31	5.94	14.90

Tabel 3. *Ground Motion* untuk Setiap Bangunan

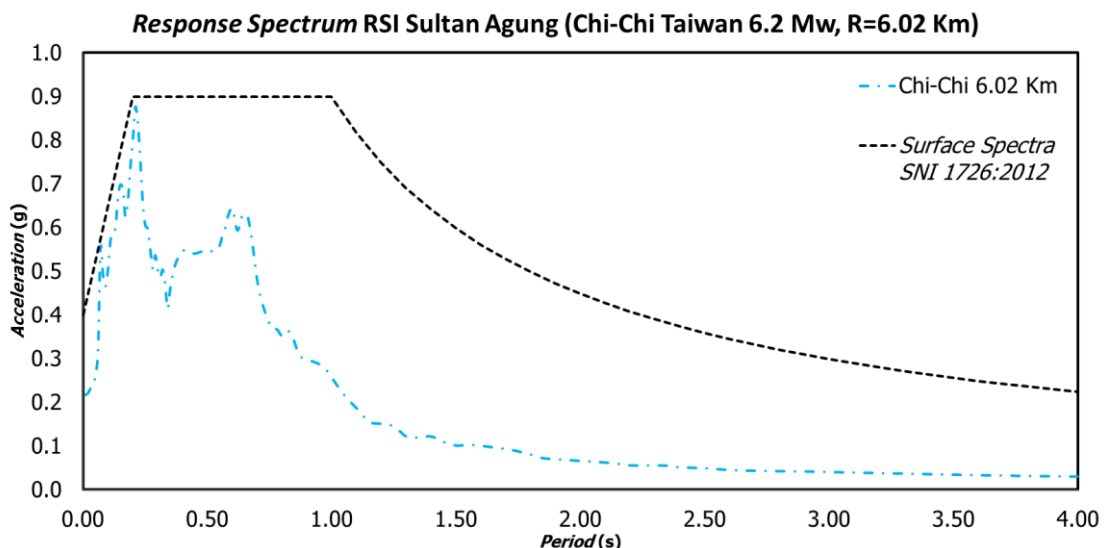
Lokasi	<i>Ground Motion</i> Sesar Semarang dan Lasem	<i>Ground Motion</i> Sesar Demak
Hotel City One	Imperial 3.86; Chi-chi 6.02; Kobe 7.08;Victoria 6.07	Imperial 12.56; Chi-Chi 12.44; Kobe 11.34; Victoria 13.8
Hotel dr.Wahidin	Imperial 3.86; Chi-chi 6.02; Kobe 7.08;Victoria 6.07	Imperial 12.56; Chi-Chi 12.44; Kobe 11.34; Victoria 13.8
Training Center II Undip	Imperial 3.86; Imperial 7,29; Chi-chi 6.02; Kobe 7.08;Victoria 6.07	-
Apartemen Paltrow	Imperial 3.86; Imperial 7,29; Chi-chi 6.02; Kobe 7.08;Victoria 6.07	-
Semarang Medical Center	Imperial 3.86; Chi-chi 6.02;Kobe 7.08;Victoria 6.07	Imperial 12.56; Chi-Chi 12.44; Kobe 11.34; Victoria 13.8
Hotel Holiday Inn	Imperial3.86; Chi-Chi 6.02;Kobe 7.08; Victoria 6.07	Imperial 12.56; Chi-Chi 12.44; Kobe 11.34; Victoria 13.8
Universitas Semarang	Imperial 3.86; Chi-chi 6.02;Kobe 7.08;Victoria 6.07	Imperial 12.56; Chi-Chi 12.44; Kobe 11.34; Victoria 13.8
RS Islam Sultan Agung	Imperial 3.86; Imperial 7,29; Chi-chi 6.02; Kobe 7.08;Victoria 6.07	Imperial 12.56; Chi-Chi 12.44; Kobe 11.34; Victoria 13.8

Data *ground motion* pada penelitian ini didapatkan dari penelitian Partono (2017). Data *ground motion* gempa kemudian dicocokkan dengan Sesar Lasem, Sesar Semarang dan Sesar Demak, agar data yang dipakai relevan dengan kondisi di Indonesia. Data yang dicocokkan merupakan data *ground motion* pada lapisan tanah keras (*bedrock*) sehingga harus dikonversikan kembali agar menjadi data *ground motion* untuk lapisan permukaan (*surface*). Data *ground motion* di permukaan tanah adalah data yang digunakan untuk analisis *acceleration time history*. Gambar 3 menunjukkan perbedaan antara data *ground motion* di tanah keras dengan di permukaan tanah.

Data *ground motion* yang digunakan untuk analisis *acceleration time history* kemudian diubah dalam bentuk spektrum respons dengan periode 10 detik. Data tersebut adalah data yang digunakan untuk analisis spektrum respons modifikasi *time history*. Gambar 4 membandingkan nilai spektrum respons modifikasi *time history* gempa Chi-Chi Taiwan 6.2 Mw R=6.02 Mw untuk RSI Sultan Agung terhadap spektrum respons permukaan SNI 1726:2012. Nilai spektrum respons modifikasi *time history* lebih kecil daripada nilai spektrum respons permukaan SNI 1726:2012.



Gambar 3. *Ground Motion* Pada Lapisan *Bedrock* dan *Surface*



Gambar 4. Spektrum Respons Hasil Modifikasi *Time History*

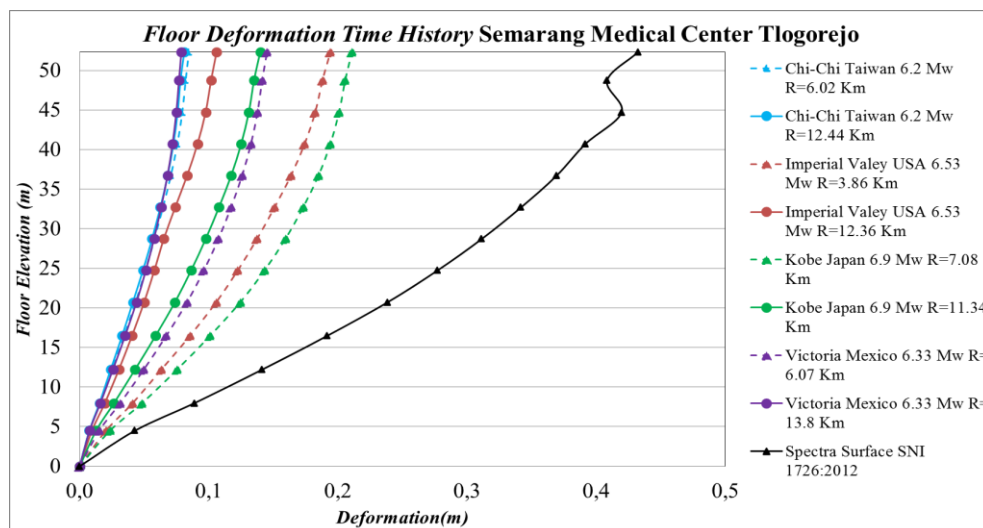
Setiap bangunan diberikan skenario gempa dengan bantuan aplikasi SAP2000. Skenario gempa yang diberikan sesuai dengan data *ground motion* masing-masing gempa, spektrum respons modifikasi *time history* dan spektrum respons permukaan oleh SNI 1726:2012. Setelah proses perhitungan oleh SAP2000 selesai, dipilih *joint-joint* satu garis lurus dari lantai tertinggi hingga terendah pada masing-masing bangunan untuk ditampilkan nilai deformasinya. Nilai deformasi yang didapatkan dari SAP 000, yaitu deformasi arah X (U1) dan arah Y (U2), kemudian dihitung nilai deformasi dan *drift ratio*.

Analisa Deformasi dan *Drift Ratio* dengan *Acceleration Time History*

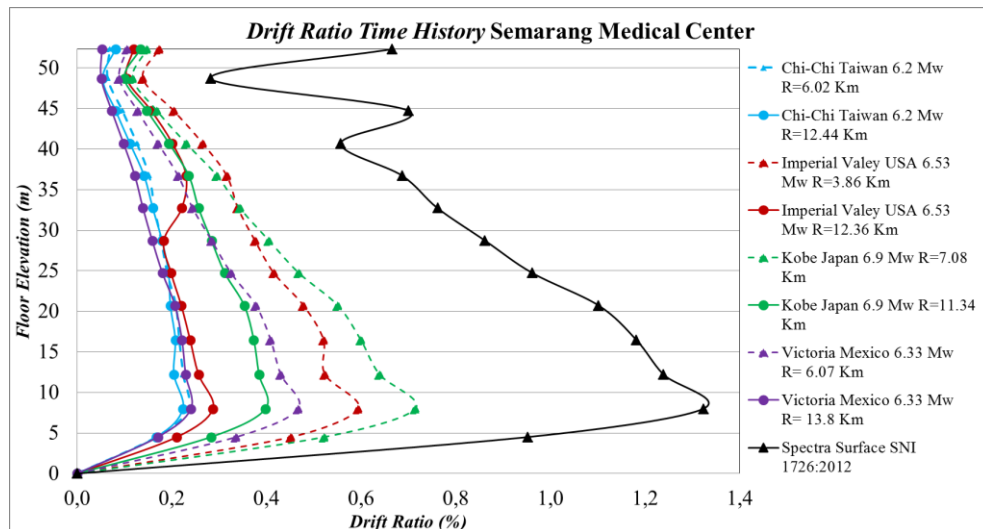
Menurut Partono (2017), apabila *drift ratio* dan deformasi akibat skenario gempa lebih kecil daripada *drift ratio* dan deformasi spektrum respons permukaan SNI 1726:2012, maka bangunan tersebut dikatakan tidak rentan. Apabila *drift ratio* dan deformasi akibat skenario gempa lebih besar daripada *drift ratio* dan deformasi spektrum respons permukaan SNI 1726:2012, maka bangunan tersebut dikatakan rentan.

Bangunan diberikan skenario gempa berupa *ground motion* di permukaan tanah dan spektrum respons permukaan oleh SNI 1726:2012 menggunakan bantuan aplikasi SAP2000. Selanjutnya nilai deformasi dan *drift ratio* dihitung dengan menggunakan hasil deformasi arah X (U1) dan arah Y (U2). Gambar 5 dan Gambar 6 merupakan grafik hasil deformasi dan *drift ratio time history* bangunan Semarang Medical Center, didapatkan hasil bahwa bangunan Semarang Medical Center tidak rentan terhadap skenario gempa Chi-Chi Taiwan 6.2Mw, Imperial Valley USA 6.53 Mw, Kobe Japan 6.9 Mw, dan Victoria Mexico 6.33 Mw.

Hasil analisis *acceleration time history* pada kedelapan bangunan yang diteliti adalah seluruh bangunan aman terhadap seluruh gempa yang diskenariokan.



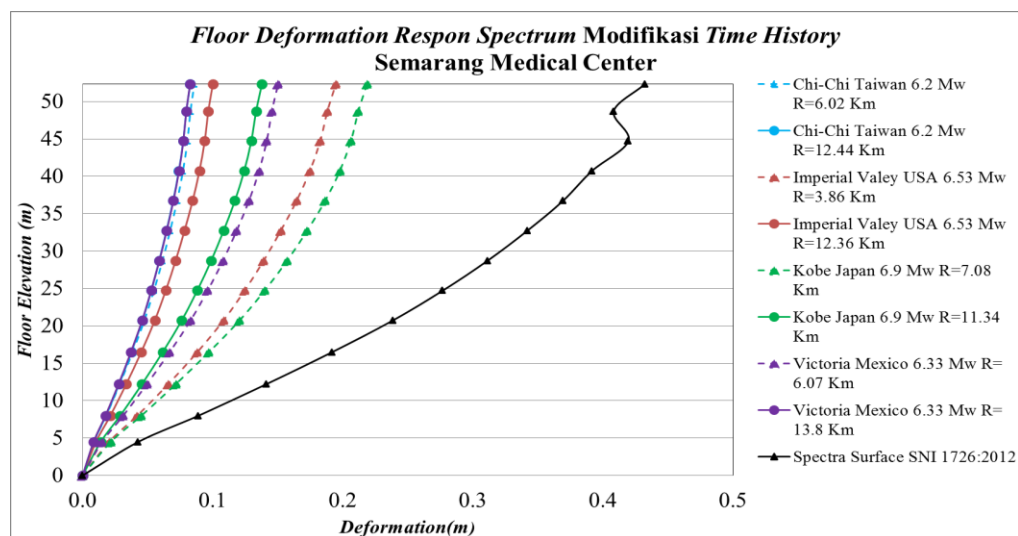
Gambar 5. *Floor Deformation Acceleration Time History* Semarang Medical Center



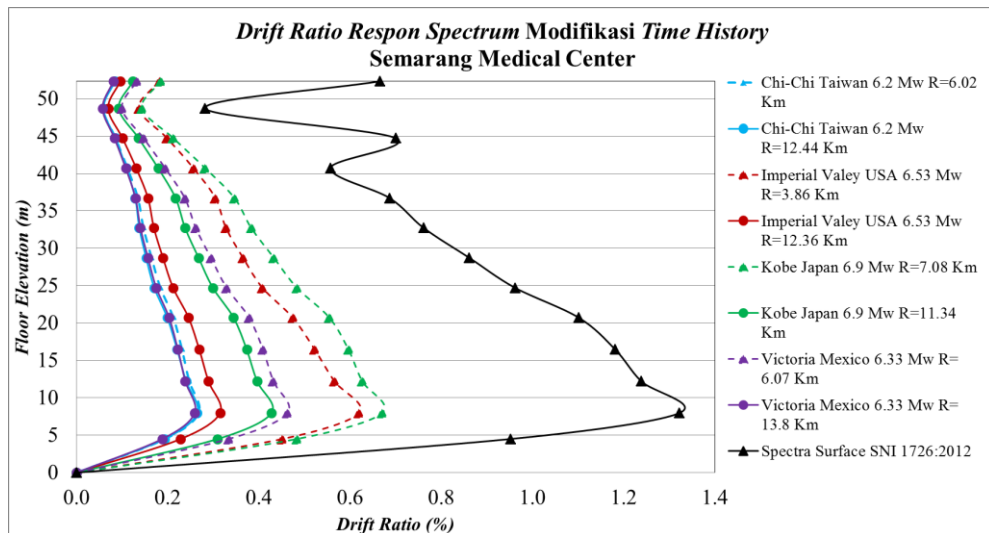
Gambar 6. Drift Ratio Acceleration Time History Semarang Medical Center

Analisa Deformasi dan *Drift Ratio* dengan Spektrum Respons Modifikasi *Time History*

Bangunan diberikan skenario gempa berupa spektrum respons modifikasi *time history* dan spektrum respons permukaan oleh SNI 1726:2012 menggunakan bantuan aplikasi SAP2000. Selanjutnya nilai deformasi dan *drift ratio* dihitung dengan menggunakan hasil deformasi arah X (U1) dan arah Y (U2). Gambar 7 dan Gambar 8 merupakan grafik hasil deformasi dan *drift ratio* spektrum respons modifikasi *time history* bangunan Semarang Medical Center, didapatkan hasil bahwa bangunan Semarang Medical Center tidak rentan terhadap skenario gempa Chi-Chi Taiwan 6.2Mw, Imperial Valley USA 6.53 Mw, Kobe Japan 6.9 Mw, dan Victoria Mexico 6.33 Mw. Bangunan ini dikatakan tidak rentan karena hasil deformasi dan *drift ratio* bangunan akibat skenario gempa lebih kecil daripada deformasi dan *drift ratio* bangunan oleh spektrum respons SNI 1726:2012. Hasil analisa spektrum respons modifikasi *time history* pada kedelapan bangunan yang diteliti adalah seluruh bangunan aman terhadap seluruh gempa yang diskenariokan.



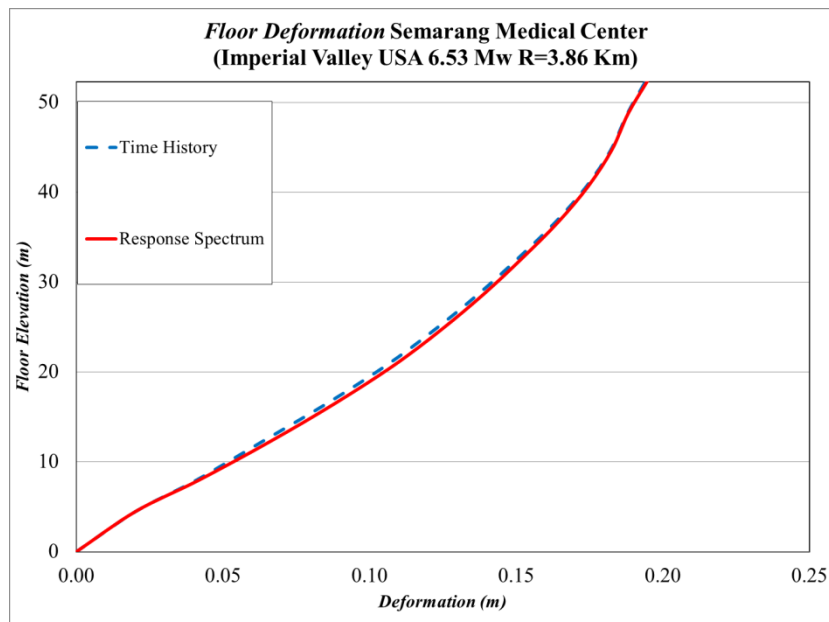
Gambar 7. Floor Deformation Spektrum Respons Modifikasi *Time History* Semarang Medical Center



Gambar 8. *Drift Ratio* Spektrum Respons Modifikasi *Time History* Semarang Medical Center

Perbandingan Deformasi *Acceleration Time History* dan Spektrum Respons Modifikasi *Time History*

Perbandingan deformasi dengan analisa *acceleration time history* dan spektrum respons modifikasi *time history* dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui keakuratan spektrum respons dalam menghitung tingkat kerentanan bangunan tinggi terhadap gempa. Gambar 9 memperlihatkan bahwa deformasi bangunan Semarang Medical Center untuk gempa Imperial Valley USA 6.53 Mw R=3.86 Km baik dengan analisa *acceleration time history* maupun spektrum respons modifikasi *time history* menghasilkan nilai yang saling mendekati. Hasil perbandingan deformasi *acceleration time history* dan spektrum respons modifikasi *time history* pada seluruh bangunan adalah selisih nilai deformasi antara *acceleration time history* dan spektrum respons modifikasi *time history* pada seluruh bangunan mendekati nol.



Gambar 9. *Floor Deformation* Semarang Medical Center (Imperial Valley USA 6.53 Mw R=3.86 Km)

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Secara umum hasil deformasi menggunakan spektrum respons modifikasi *time history* mendekati sama dengan hasil deformasi menggunakan *acceleration time histories*. Maka dapat disimpulkan bahwa spektrum respons yang diperoleh dari modifikasi *time history* dapat menggantikan *acceleration time history* dalam menentukan kerentanan bangunan terhadap gempa.
2. Delapan bangunan yang dianalisis menunjukkan hasil bahwa secara umum gempa Imperial Valley USA 6.53 Mw R=3.86 Km menghasilkan deformasi dan drift ratio yang lebih besar dibandingkan dengan deformasi dan drift ratio yang dihasilkan oleh gempa Kobe Japan 6.9 Mw R=7.08 Km.
3. Hasil analisis pada delapan bangunan adalah seluruh bangunan tidak rentan terhadap gempa Chi-Chi Taiwan 6.2 Mw, Imperial Valley USA 6.53 Mw, Kobe Japan 6.9 Mw, dan Victoria Mexico 6.33 Mw. Bangunan-bangunan tersebut dikatakan tidak rentan karena hasil *drift ratio* dan deformasi kedelapan bangunan lebih kecil daripada hasil *drift ratio* dan deformasi akibat spektrum respons permukaan yang telah ditetapkan oleh SNI 1726:2012.

SARAN

Analisis yang dilakukan hanya mengkaji kerentanan bangunan dari segi deformasi dan *drift ratio*. Perlu dilakukan analisis lanjutan mengenai kekuatan bangunan dalam menahan *time histories* dan tingkat kelelahan bangunan dalam menahan gempa.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi D. dan Setioadi K., 2016. *Perencanaan Struktur Semarang Medical Center Hospital Jalan K.H. Ahmad Dahlan Semarang*, Tugas Akhir Teknik Sipil Universitas Diponegoro
- Badan Standardisasi Nasional, 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*, SNI 1726:2012. Bandung: BSN.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1983. *Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung*. Bandung: Yayasan Penyelidikan Masalah Bangunan Gedung.
- Faisol A. dan Mirza S., 2014. *Pekerjaan Struktur Rumah Sakit Islam Sultan Agung*, Tugas Akhir Teknik Sipil Universitas Diponegoro
- Hasdanita F, 2014. *Evaluasi Perilaku Struktur Bangunan Beton Bertulang Akibat Gempa Dengan Metode Time History Analysis (Studi Kasus: Gedung Baru Dprk Banda Aceh)*, Jurnal Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala
- Hutama P.A. dan Syahril M., 2017. *Redesign Struktur Holiday Inn Express Jalan Ahmad Yani Semarang*, Tugas Akhir Teknik Sipil Universitas Diponegoro
- Irfan M. dan Triatmodjo B., 2014. *Perencanaan Gedung Apartemen Paltrow City*, Tugas Akhir Teknik Sipil Universitas Diponegoro
- Isman J. dan Muhammad, 2016. *Evaluasi Desain Struktur Gedung Training Center II UNDIP*, Tugas Akhir Teknik Sipil Universitas Diponegoro

- Noer W. dan Tafita A., 2015. *Perencanaan Struktur Hotel Dr. Wahidin Semarang*, Tugas Akhir Teknik Sipil Universitas Diponegoro
- Nurjihad F. dan Wigga A., 2014. *Redesain Perencanaan Struktur Hotel City One Jalan Veteran Semarang*, Tugas Akhir Teknik Sipil Universitas Diponegoro
- Partono W., Pardoyo B., Atmanto I.D., Azizah L. dan Chintami R.D., 2017, *Sensitivity Analysis of Tall Buildings in Semarang, Indonesia Due to Fault Earthquakes with Maximum 7 Mw*. (Belum diterbitkan)
- Prayoga S, 2016. *Evaluasi Perencanaan Bangunan Yang Memiliki Ketidakberaturan Vertikal Terhadap Drift Ratio Dengan Analisis Ragam Respon Spektra Dan Analisis Pushover (Studi Kasus Bangunan Star Hotel Di Semarang)*, Tesis Teknik Sipil Universitas Diponegoro
- Tim Pemutakhiran Peta Bahaya Gempa Bumi Indonesia Tahun 2016, 2017. *Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017*. Bandung: Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat
- Tim Revisi Peta Gempa Indonesia, 2010. *Ringkasan Hasil Studi Tim Revisi Peta Gempa Indonesia 2010*