

Analisis Struktur Rangka Terbuka Terhadap Beban Gempa Dinamik Respon Spektrum dan *Time History*

Dynamic Analysis of Open Frame Structure Under Seismic Load Response Spectrum and Time History

Fadella Aulia Annur, Yoga Apriyanto, Guntur Nugroho

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Abstrak. Indonesia berada di antara dua wilayah jalur gempa yaitu gempa asia (*Trans Asiatic Earthquake Belt*) dan jalur gempa pasifik (*Circum Pacific Earthquake belt*), sehinggamengakibatkan sering terjadinya gempa di Indonesia. Yogyakarta adalah salah satu kota yang pernah tergoncang gempa bumi dengan kekuatan sebesar 6,3 SR pada tahun 2006. Penelitian ini melakukan pemodelan struktur bangunan rangka terbuka menggunakan *software SAP2000* setelah itu dilakukan analisis gempa dinamik respon spektrum dan *time history* Imperial Valley pada 15 Oktober 1979 Hasil analisis *software SAP2000* adalah gaya geser dasar respon spektrum dan *time history* untuk arah X sebesar 86957,38 kN dan 81519,03 kN, sedangkan untuk arah Y sebesar 86631,48 kN dan 81279,09 kN. Hasil nilai batas ijin defleksi maksimum pada setiap analisis masih dalam kategori aman berdasarkan syarat simpangan antar lantai dan deformasi pada SNI 1726-2012.

Kata-kata kunci : *time history*, respon spektrum, *base shear*, simpangan tingkat dan analisis dinamik

Abstract. Indonesia located between two earthquake pathways, Asia Asiatic (Trans Asiatic Earthquake Belt) and the Pacific Earthquake Belt, which has triggered frequent earthquakes in Indonesia. Yogyakarta is one of the cities that was shaken by an earthquake of magnitude 6,3 in 2006. This research conducted an open frame building structure model under earthquake loads using response spectrum, and time history by performing accelogram Imperial Valley on October 15, 1979. The analysis results of base shear response spectrum and time history for X direction of 86957,38 kN and 81519,03 kN, while for Y direction is 86631,48 kN and 81279,09 kN. Each analysis is still within the range of the permit value = (0.007hsx) so that the performance of the structure is still in the safe category based on the level of deviation between level and deformation in SNI 1726-2012.

Key words: time history, respon spectrum, base shear, story drift and analysis dynamic

1. Pendahuluan

Indonesia berada di antara dua wilayah jalur gempa yaitu gempa asia (*Trans Asiatic Earthquake Belt*) dan jalur gempa pasifik (*Circum Pacific Earthquake belt*), sehingga mengakibatkan sering terjadinya gempa di Indonesia. Yogyakarta adalah salah satu kota yang pernah tergoncang gempa bumi dengan kekuatan sebesar 6,3 SR pada tahun 2006. Pembangunan struktur di wilayah Yogyakarta harus mempertimbangkan pengaruh akibat gempa pada bangunan, secara umum analisis gempa terbagi menjadi dua macam, yaitu analisis statik dan analisis dinamik (analisis respon spektrum dan analisis *time history*). Penelitian ini menggunakan analisis dinamik yaitu analisis respon spektrum dan analisis riwayat waktu (*time history*).

Gempa bumi adalah getaran yang terjadi pada permukaan bumi akibat pelepasan energi dari dalam secara tiba-tiba yang menciptakan gelombang seismik, gelombang ini merambat ke segala arah menjauhi pusat gempa atau gempa bumi biasa disebabkan oleh pergerakan kerak bumi atau lempeng bumi. Getaran ini nantinya akan menimbulkan gaya-gaya pada struktur bangunan karena struktur cenderung mempunyai gaya untuk mempertahankan gaya untuk mempertahankan dirinya dari gerakan) (Schodek, 1999). Kinerja bangunan terhadap gempa harus dinyatakan secara jelas adalah salah satu hal yang penting. Kinerja tersebut terdiri dari kejadian gempa rencana yang ditentukan (*earthquake hazard*), dan taraf kerusakan yang diijinkan atau level kinerja (*performance level*) dari bangunan terhadap

kejadian gempa tersebut. Analisis gaya gempa dinamik respon spektrum berdasarkan SNI 1726-2012 tentang Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung.

Pratama, dkk. (2014) melakukan penelitian tentang analisis *time history* pada struktur) bangunan 10 lantai, *modeling* menggunakan bantuan *software*) ETABS. Analisis riwayat waktu menggunakan) 4 rekaman gempa asli yaitu gempa el centro, gempa taiwan, gempa friuli, dan gempa sumatera. Hasil Penelitian ini berdasarkan analisis riwayat waktu pada gempa rencana untuk rekaman gempa el centro terdapat 3 lantai yang tidak aman pada arah y terhadap kontrol batas layan dan ultimit. Analisis riwayat waktu pada gempa aktual untuk rekaman el centro terdapat 8 lantai pada arah x dan 7 lantai pada arah y yang tidak aman terhadap kontrol batas layan dan) ultimit.

Faizah (2015) Getaran gempa bumi akan menimbulkan gaya lateral pada dasar struktur berupa gaya geser dasar bangunan (base shear, V), dan akan terdistribusi pada tiap lantai bangunan sebagai gaya lateral tingkat (gaya horisontal tingkat, F). Besarnya V dan F dapat ditinjau berdasarkan pembebanan gempa nominal statik ekuivalen maupun dinamik, yang diatur dalam) SNI 1726:2012.

Bayyinah, dkk. (2017) Untuk memperhitungkan pengaruh gaya lateral akibat gempa terhadap struktur bangunan biasanya dihitung dengan 2 (dua) pendekatan, yaitu analisis statik (statik ekivalen), analisis dinamik (respon spektra atau *time history*). Pengaruh gempa rencana pada struktur bertingkat banyak dengan) ketinggian lebih dari 10 tingkat) atau 40 m harus ditinjau sebagai pengaruh beban dinamik dan analisisnya harus didasarkan pada analisis dinamis (SNI 1726 2012), karena itu penulis mencoba membandingkan analisis gempa dinamik respon spektra dengan *timehistory* untuk mengetahui seberapa besar perbedaannya.

Purnomo, dkk. (2014) Analisis dinamik untuk perancangan struktur tahan gempa dilakukan jika diperlukan evaluasi yang lebih akurat) terhadap gaya-gaya gempa yang) bekerja pada struktur, serta untuk mengetahui perilaku dari struktur akibat pengaruh gempa. Analisis dinamik dilakukan pada perancangan struktur bangunan tingkat tinggi atau struktur dengan bentuk atau konfigurasi yang tidak teratur.

Analisis dinamik dapat dilakukan dengan cara elastis maupun inelastis.

Dalam analisis ini untuk mengetahui gaya geser dasar, *displacement*, *drift rasio*, efek P-delta dan pola goyangan (*mode shapes*) struktur pada bangunan terhadap analisis dinamik gempa respon spektrum dan *time history* di analisis) menggunakan *software* SAP2000.) Masing-masing) analisis akan dibandingkan.

2. Metode Penelitian

Secara umum metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode analisis dinamik respon spektrum dan *time history* dengan menggunakan *software* SAP2000. Langkah-langkah dalam metode analisis ini yaitu pengumpulan data, memodelkan struktur bangunan secara 3D (tiga dimensi) pada *software* SAP2000. Menghitung dan menginput beban-beban yang bekerja pada struktur tersebut. Menghitung respon spektrum bangunan dengan menggambarkan kurva respon spektrum gempa rencana untuk selanjutnya di *input* ke dalam pemodelan. *Input* data rekaman riwayat waktu yang telah di *download* pada *peer.berkley.edu* ke dalam pemodelan. Melakukan analisis untuk mendapatkan nilai *displacement*, *drift* dan *base shear*. Pada tahap terakhir peneliti melakukan kontrol kinerja struktur bangunan untuk mengambil kesimpulan dari hasil analisis yang berhubungan dengan tujuan penelitian.

Data Struktur Bangunan

Deskripsi gedung Hotel El Royale Malioboro dapat dilihat pada Tabel 1 dan denah lantai dasar bangunan dapat dilihat pada Gambar 1

Tabel 1 Deskripsi Gedung Hotel El Royale Malioboro

Deskripsi Gedung	Keterangan
Sistem Struktur	Beton Bertulang
Fungsi Bangunan	Hotel
Jumlah Lantai	10
Tinggi Maksimum Gedung	36,7 m
Tinggi Lantai Tipikal	3,2 m
Jumlah lantai <i>basement</i>	1 lantai
Luas Total Gedung	1219,2 m ²
Mutu beton	f'c 30
Mutu Tulangan Baja	400 MPa

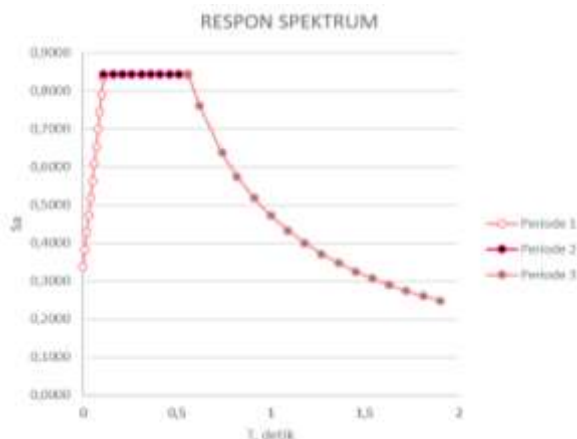


Gambar 1 Denah Lantai Dasar Bangunan

Respon Spektrum Desain

Parameter respon spektrum untuk wilayah Yogyakarta klasifikasi tanah sedang (SD), sesuai dengan data yang disediakan pada <http://puskim.pu.go.id/> sebagai berikut:

S_1 : 0,459 S_s : 1,264, kemudian diperoleh parameter S_{DS} :0,843 dan S_{D1} : 0,472. Respon spektrum desain dapat dilihat pada Gambar 2.

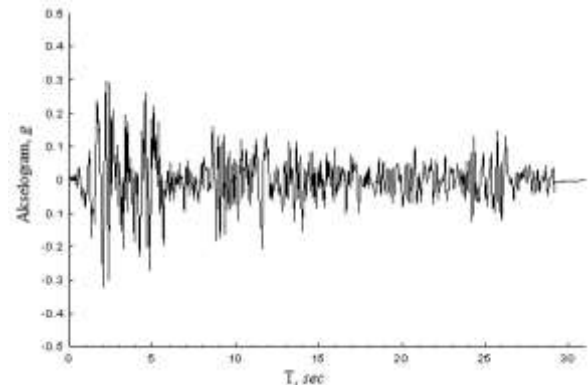


Gambar 2 Grafik Desain Respon Spektrum

Analisis Time History

Percepatan gempa untuk analisis *time history* dipilih data rekaman gempa Imperial

Valley, California pada 15 Oktober 1979 pada peer.berkeley.edu. Percepatan gempa untuk analisis *time history* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Akselogram gempa Imperial Valley (peer.berkeley.edu)

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil Base Shear akibat Beban Kombinasi

Hasil *base shear* akibat beban dari analisis respon spektrum dan *time history* menggunakan *software SAP2000* dapat dilihat pada table 2. Sesuai dengan persyaratan SNI 1726-2012 gaya geser dasar dinamik harus lebih besar atau sama dengan 85% dari hasil analisis statik.

Tabel 2 Gaya Geser Dasar

Beban Gempa		V dinamik	V statik	0.85 Vstatik	CEK
RS	X	86967,38	2932,36	2492,50	OK
	Y	86311,48	2932,36	2492,50	OK
TH	X	81519,03	2932,36	2492,50	OK
	Y	81279,09	2932,36	2492,50	OK

Hasil Displacement Akibat Beban Kombinasi

Hasil *displacement* maksimum akibat beban kombinasi dari analisis respon spektrum dan *time history* menggunakan *software SAP2000* dapat dilihat pada Table 5 dan grafik pada Gambar 6. Sesuai dengan persyaratan SNI 1726-2012 *joint displacement* harus tidak lebih dari $0,015h_{sx}$.

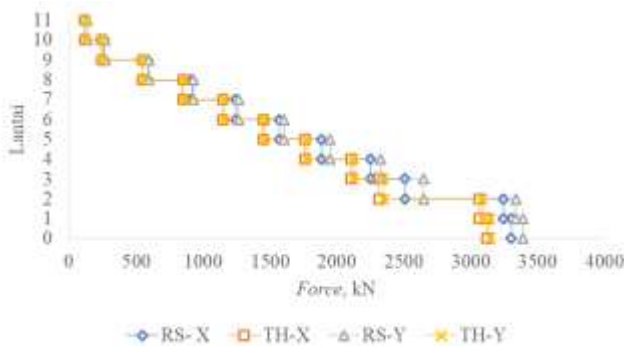
Hasil Evaluasi Kinerja Batas Ultimit Struktur

Hasil *interstory* maksimum akibat beban kombinasi dari analisis respon spektrum dan *time history* menggunakan *software SAP2000* dapat dilihat pada Tabel6 dan grafik pada Gambar 7. Sesuai dengan persyaratan SNI 1726-2012 *joint*

displacement harus tidak lebih dari Δ_i ijin = $(0,007h_{sx})$.

Hasil Story Shear Akibat Beban Kombinasi

Nilai gaya geser tiap lantai (*story shear*) pada struktur hasil dari analisis menggunakan *software SAP 2000* arah X analisis respon spektrum memiliki gaya terbesar pada lantai *basement* 3392.125 kN dan analisis *time history* sebesar 3142.533 kN dan arah Y analisis respon spektrum memiliki gaya terbesar pada lantai *basement* 3302.298 kN dan analisis *time history* sebesar 3121,39 kN. Grafik, dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 4 *Story shear* arah X dan Y

Mode Shapes

Perhitungan *mode shapes* hanya dilakukan sampai *mode* 3 dikarenakan semakin banyak jumlah tingkat bangunan pangkat polinomial juga akan semakin banyak dan akar-akar persamaan yang dicari akan lebih banyak, dimana untuk mendapatkan nilai *mode shapes* diperlukannya

bantuan program *software Matlab*. Pola goyangan (*mode shapes*) dapat dilihat pada Gambar 5.

Pengaruh P-delta

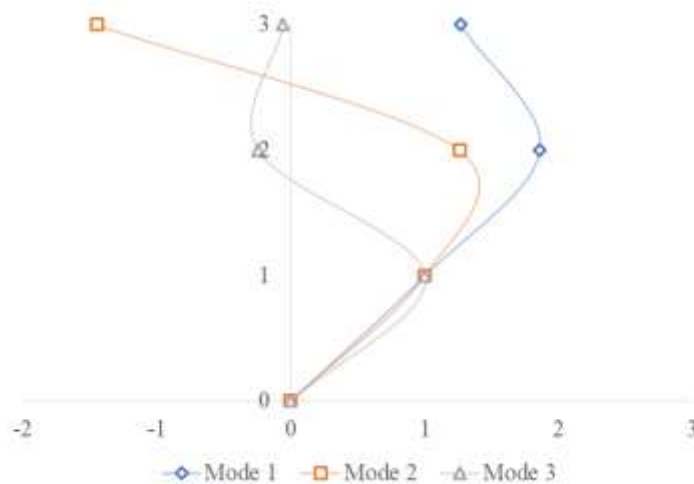
Kontrol pengaruh P-delta pada setiap lantai struktur bangunan pada analisis respon spektrum dapat dilihat pada Tabel 3 dan analisis *time history* dapat dilihat pada Tabel 4

Tabel 3 P-delta analisis respon spektrum

Lantai	θ	θ max	Kontrol
1	0,001	0,1	STABIL
2	0,002	0,1	STABIL
3	0,004	0,1	STABIL
4	0,004	0,1	STABIL
5	0,008	0,1	STABIL
6	0,009	0,1	STABIL
7	0,011	0,1	STABIL
8	0,017	0,1	STABIL
9	0,027	0,1	STABIL
10	0,122	0,1	TDK STABIL

Tabel 4 P-delta analisis *time history*

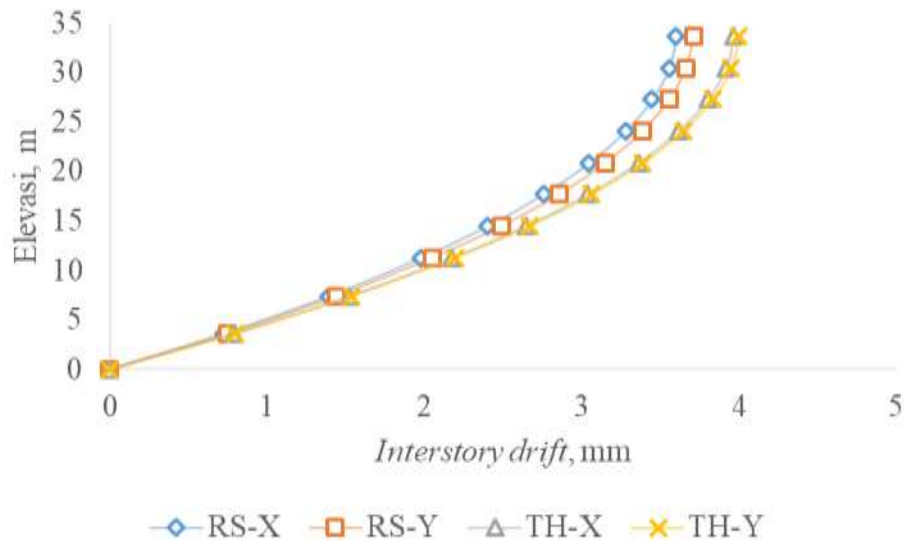
Lantai	θ	θ max	Kontrol
1	0,001	0,1	STABIL
2	0,002	0,1	STABIL
3	0,003	0,1	STABIL
4	0,005	0,1	STABIL
5	0,009	0,1	STABIL
6	0,011	0,1	STABIL
7	0,015	0,1	STABIL
8	0,022	0,1	STABIL
9	0,035	0,1	STABIL
10	0,140	0,1	TDK STABIL



Gambar 5 *Mode shapes*

Tabel 3 Hasil *displacement* maksimum tiap Lantai

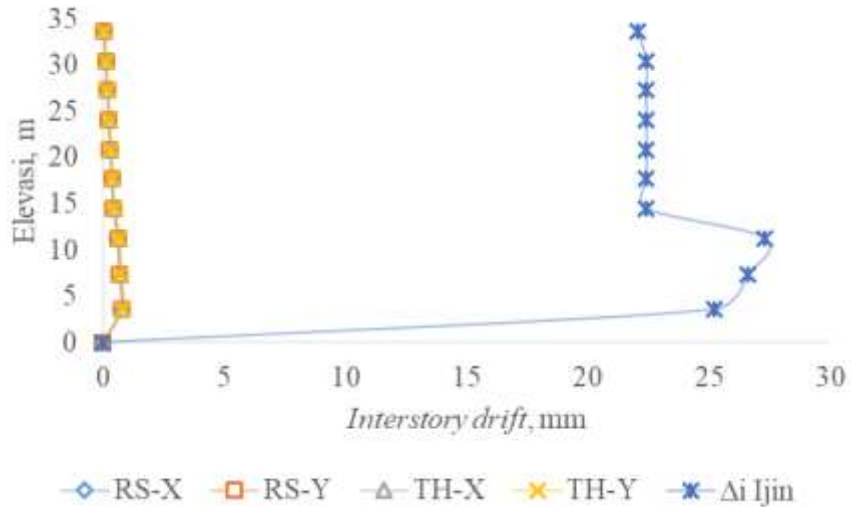
Lantai	Elevasi (m)	Joint Dsplacement, mm				Displacement Ijin (mm)	CEK	
		Respon Spektrum		Time History			X	Y
		X	Y	X	Y			
Basement	0	0	0	0	0	OK	OK	
1	3,6	0,724	0,747	0,788	0,795	OK	OK	
2	7,4	1,391	1,438	1,522	1,535	OK	OK	
3	11,3	1,98	2,048	2,174	2,193	OK	OK	
4	14,5	2,403	2,488	2,645	2,668	OK	OK	
5	17,7	2,756	2,855	3,037	3,064	OK	OK	
6	20,9	3,046	3,151	3,359	3,388	OK	OK	
7	24,1	3,277	3,385	3,613	3,644	OK	OK	
8	27,3	3,447	3,557	3,8	3,832	OK	OK	
9	30,5	3,556	3,666	3,918	3,951	OK	OK	
10	33,65	3,6	3,711	3,967	4	47,25	OK	OK



Gambar 6 Join *displacement* maksimum respon spektrum dan *time history* X dan Y

Tabel 4 Batas ijin tiap lantai struktur dan *interstory drift* dan rasio ijin

Lantai	Elevasi (m)	Interstory drift, mm				Δ_i Ijin	Rasio Ijin, %				CEK	
		Respon Spektrum		Time History			Respon Spektrum		Time History		X	Y
		X	Y	X	Y		X	Y	X	Y		
Basement	0	0	0	0	0	2,873	2,964	0	0	OK	OK	
1	3,6	0,724	0,747	0,788	0,795	25,2	2,647	2,742	0,788	0,795	OK	OK
2	7,4	0,667	0,691	0,734	0,74	26,6	2,337	2,421	0,734	0,74	OK	OK
3	11,3	0,589	0,61	0,652	0,658	27,3	1,679	1,746	0,652	0,658	OK	OK
4	14,5	0,423	0,44	0,471	0,475	22,4	1,401	1,456	0,471	0,475	OK	OK
5	17,7	0,353	0,367	0,392	0,396	22,4	1,151	1,175	0,392	0,396	OK	OK
6	20,9	0,29	0,296	0,322	0,324	22,4	0,917	0,929	0,322	0,324	OK	OK
7	24,1	0,231	0,234	0,254	0,256	22,4	0,675	0,683	0,254	0,256	OK	OK
8	27,3	0,17	0,172	0,187	0,188	22,4	0,433	0,433	0,187	0,188	OK	OK
9	30,5	0,109	0,109	0,118	0,119	22,4	0,175	0,179	0,118	0,119	OK	OK
10	33,65	0,044	0,045	0,049	0,049	22,05	2,873	2,964	0,049	0,049	OK	OK



Gambar 7 Grafik *Interstory drift*

4. Kesimpulan

Berdasarkan analisis dinamik menggunakan *software* SAP2000 diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil analisis gempa dinamik respon spektrum dan *time history* didapatkan nilai *displacement*, *rasio drift*, dan *base shear* terbesar pada analisis *time history*.
2. Nilai *joint displacement* akibat analisis respon spektrum dan analisis *time history* dengan data akselogram masukan sudah memenuhi syarat sesuai dengan SNI 1726-2012 yaitu tidak lebih dari $0,015h_{sx}$.
3. Nilai batas ijin defleksi tiap lantai struktur yang terjadi pada analisis gempa respon spektrum dan analisis *time history* masih dalam rentang nilai Δi ijin = $(0,007h_{sx})$ sehingga kinerja struktur masih dalam kategori aman berdasarkan syarat simpangan antar lantai tingkat dan deformasi pada SNI 1726-2012.
4. Nilai *base shear* maksimum yang terjadi pada struktur akibat analisis respon spektrum sebesar 86957,38kN, sedangkan pada analisis *time history* sebesar 81519,032kN. Hasil gaya geser dasar di atas memenuhi persyaratan SNI 1726-2012 karena menghasilkan $V_{dinamik}$ lebih besar dari $0,85 V_{statik}$.

5. Daftar Pustaka

BSN, 2012, SNI 1726-2012: *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk*

Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.

BSN, 2013, SNI 1727-2013: *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung Dan Struktur Lain*, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.

Purnomo, E., Purwanto, E., dan Supriyadi, A., 2014, Analisis Kinerja Struktur pada Gedung Bertingkat dengan Analisis Dinamik Respon Spektrum Menggunakan Software Etabs (Studi Kasus: Bangunan Hotel di Semarang), *e-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 2, 569-576.

Rendra, R., Kurniawandy, A., dan Djauhari, Z., 2015, Kinerja Struktur Akibat Beban Gempa dengan Metode Respon Spektrum dan Time History, *Jom Fteknik*, 2, 154-160.

Faizah, R., 2015, Studi Perbandingan Pembebanan Gempa Statik Ekuivalen Dan Dinamik *Time History* pada Gedung Bertingkat di Yogyakarta. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik*, 18, 190-199.

Setiawan, A., A., 2014, Gaya Geser Dasar Berdasarkan SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-1012 pada Struktur Gedung *Grand Edge*, Semarang. *Jurnal Teknik dan Ilmu Komputer*, 03, 314-330.

Listyorini, Purwanto, E. dan Supriyadi, A., 2015, Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Dengan

- Analisis *Time History* (Studi Kasus: Gedung Rumah Sakit Bethesda Yogyakarta). *e-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 3, 1047-1055.
- Pratama F., Budi, A., S. dan Wibowo, 2014, Evaluasi Kinerja Struktur Gedung 10 Lantai dengan Analisis Respons Spektrum Ditinjau pada *drift* dan *displacement* Menggunakan Software ETABS. *e-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 2, 534-541.
- Anggen, W., S., Budi, A., S. dan Gunawan, P., 2014, Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Bertingkat dengan analisis dinamik *time history* menggunakan ETABS (Studi Kasus: Hotel di Daerah Karanganyar). *e-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 1, 313-320.
- Choundary, S., C. dan Bokare, P., S., 2017, Dynamic Analysis Of Multistory Building Using Response Spectrum Method And Seismic Coefficient Method-A Comparison. *International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*, 4, 2348-7968.
- Bayyinah, D., A., L., N. dan Faimun, 2017, Studi Perbandingan Analisis Respon Spektra dan *Time History* Untuk Desain Gedung. *Jurnal Teknik ITS*, 6, 2337-3539.
- Reddy, P., P. dan Rao, S., H., 2015, Seismic Analysis Of Tall Buildings With and Without Chevgronbracings and Struts, *International Journal of Science and Research*, 5, 2319-7064.
- Faizah, R., 2015, Pengaruh Frekuensi Gempa Terhadap Respons Bangunan Bertingkat. *Seminar Nasional Teknik Sipil V*, 1, 2459-9727.
- Patil, S.S, Ghadge, S.A., Konapure, C.G., dan Ghadge, C.A., 2013, Seismic Analysis of High-Rise Building by Response Spectrum Method. *International Journal OFF Computational Engineering Research*, 3, 2250-3005.
- Hassaballa, A., E., Adam, F., M. dan Ismael, M., A., 2013, Seismic Analysis of a Reinforced Concrete Building by Response Spectrum Method. *Journal of Engineering*, 3, 2278-8719.
- Fauziah, L., Sumajouw, M.D.J., Dapas, S.O., dan Windah, R.S., 2013, Pengaruh Penempatan Dan Posisi Dinding Geser Terhadap Simpang Bangunan Beton Bertulang Bertingkat Banyak Akibat Beban Gempa. *Jurnal Sipil Statik*, 1, 2337-6732.
- Widodo, 2001., *Respons Dinamik Struktur Elastik*, UII Press Jogjakarta, Jogjakarta.
- Baskara, S., R., 2013, *Analisis Respon Model Infilled Frame Structure Terhadap Beban Gempa Static Ekuivalen, Respon Spktrum dan Time History*, Tugas Akhir, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.
- Hariyanto, A., 2011, *Analisis Kinerja Struktur Pada Bangunan Bertingkat Tidak Beraturan Dengan Analisis Dinamik Menggunakan Metode Analisis Respon Spectrum*, Tugas Akhir, Universitas Sebelas Maret Surakarta, Surakarta.
- Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung Tahun 1983.
- Supartoyo. 2016. 10 Tahun Gempa Yogyakarta. *GEOMAGZ Majalah Geologi Populer*, <http://geomagz.geologi.esdm.go.id/10-tahun-gempa-yogyakarta/>. (diakses pada 8 Januari 2019 pukul 09.30)
- Laboratorium Beton FTSP Universitas Trisakti dan PT. Gistama Intisemesta, 2009, Perilaku Bangunan Srukur Rangka Beton Bertulang dengan Dinidng Pengisi Dari Bata Terhadap Gempa, http://www.world-housing.net/wp-content/uploads/2011/05/RCFrame_Tutorial_Indonesian_Murty.pdf. (diakses pada 20 februrai 2019 pukul 14.00 WIB)