

KINERJA STRUKTUR AKIBAT BEBAN GEMPA DENGAN METODE RESPON SPEKTRUM DAN *TIME HISTORY*

Rezky Rendra¹, Alex Kurniawandy², dan Zulfikar Djauhari³

^{1,2, dan 3} Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau
rezkyrendra99@gmail.com

ABSTRAK

Gempa bumi merupakan bencana alam yang sangat sulit diprediksi kapan dan dimana lokasi terjadinya, proses terjadinya relatif singkat tetapi akibat yang ditimbulkan bisa sangat berbahaya. Desain bangunan tahan gempa menjadi suatu hal yang wajib untuk diterapkan dalam perancangan suatu bangunan. Untuk mengetahui perilaku struktur akibat beban gempa perlu dilakukan analisis dinamik. Dalam penelitian ini terdapat dua metode dinamik yang digunakan yaitu metode respon spektrum dan *time history*. Struktur yang dianalisis dalam penelitian ini adalah Gedung Hotel SKA Pekanbaru. Penelitian ini mengkaji kinerja struktur gedung yaitu *story shear*, *displacement* dan simpangan lantai ketika menerima beban gempa. Respon spektrum yang digunakan adalah respon spektrum kota Pekanbaru berdasarkan SNI 1726-2012 sedangkan riwayat gempa yang digunakan dalam penelitian ini adalah riwayat Gempa El Centro, Gempa Mentawai, Gempa Aceh dan Gempa Padang. Analisis dengan metode respon spektrum menghasilkan level kinerja *Damage Control* (DC) pada arah X maupun arah Y. Analisis dengan menggunakan metode *time history* menghasilkan level kinerja yang berbeda-beda untuk masing-masing gempa. Level kinerja tertinggi yaitu *Structural Stability* (SS) terjadi pada gempa El Centro dan Gempa Padang. Level kinerja *Damage Control* (DC) terjadi pada gempa Aceh. Level kinerja paling rendah yaitu *Immediate Occupancy* (IO) terjadi pada gempa Mentawai. Level kinerja pada arah X dan Y sama untuk setiap data *time history* gempa.

Kata kunci: Analisa Dinamik, Level Kinerja, Respon Spektrum, *Time History*.

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pekanbaru merupakan salah satu kota yang terdapat di pulau Sumatera, sebagai ibukota provinsi Riau, Kota Pekanbaru mengalami tingkat pertumbuhan yang cukup tinggi sehingga mendorong terjadinya pembangunan infrastruktur untuk mengatasi pertumbuhan tersebut. Sebagai hasilnya, saat ini mulai banyak bermunculan gedung tinggi di Kota Pekanbaru. Sebagai salah satu daerah yang sering terkena gempa dewasa ini, maka pembangunan gedung di Kota Pekanbaru harus mempertimbangkan beban akibat gempa dalam perancangannya.

Saat ini Perencanaan bangunan tahan gempa di Indonesia menggunakan Standar Nasional Indonesia (SNI), yaitu tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung SNI 1726-2012 yang mengacu pada American Society of Civil Engineers (ASCE) 7 tahun 2010. Dalam SNI 1726-2012 terdapat metode beban dinamis dalam perencanaan bangunan tahan gempa. Analisis dinamis untuk perancangan struktur tahan gempa dilakukan jika diperlukan evaluasi yang lebih akurat dari gaya-gaya gempa yang bekerja pada struktur, serta untuk mengetahui perilaku dari struktur akibat pengaruh gempa. Selanjutnya tulisan ini mengkaji kinerja struktur akibat beban gempa dengan menggunakan metode respon dan *time history*.

Kajian Pustaka

A. Periode Alami Struktur

Menurut SNI 1726-2012 periode fundamental pendekatan (T_a) dalam detik, harus ditentukan dari persamaan berikut:

$$T_a = C_t (h_n)^x \quad (1)$$

dengan h_n adalah tinggi total struktur dan koefisien C_t dan x didapatkan dari Tabel 1.

Tabel 1 Nilai Parameter C_t dan x

Tipe Struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen dimana rangka memikul 100 persen gaya seismik yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

Sumber : SNI 1726-2012

B. Level Kinerja Struktur Menurut ATC-40

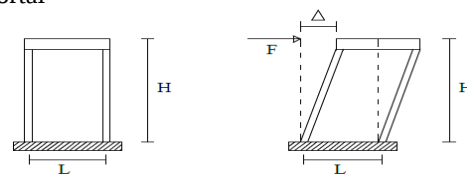
Besarnya simpangan horizontal (*drift*) harus dipertimbangkan sesuai dengan peraturan yang berlaku, yaitu kinerja batas layan dan kinerja batas ultimit. Menurut Mc. Cormac (2004) simpangan struktur dapat dinyatakan dalam bentuk *drift indeks*. Drift indeks dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{DriftIndeks} = \frac{\Delta}{h} \quad (2)$$

dengan :

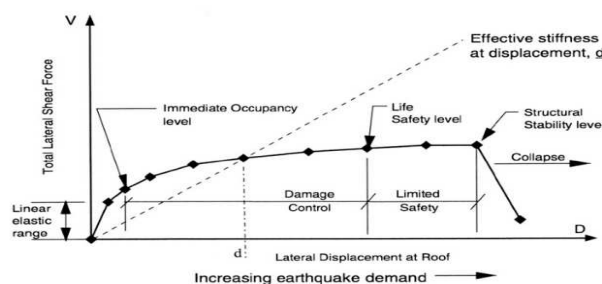
Δ = besar defleksi maksimum yang terjadi

h = ketinggian struktur portal



Gambar 1 Defleksi Lateral

Besarnya *drift indeks* tergantung pada besarnya beban-beban yang dikenakan pada struktur. Berdasarkan ATC-40 kinerja struktur bangunan gedung dapat dibagi menjadi kategori sebagai berikut:



Gambar 2. Kurva Kapasitas (Sumber : ATC-40)

Tabel 2. Deformation Limit berbagai Kinerja ATC-40

Interstory Drift Limit	Immediate Occupancy	Damage Control	Life Safety	Structural Stability
Maximum Total Roof Displ. Ratio (X_{max}/H)	0,01	0,01 - 0,02	0,02	0,33
Maximum Inelastic Drift	0,005	0,005 - 0,015	No. Limit	No. Limit

Landasan Teori

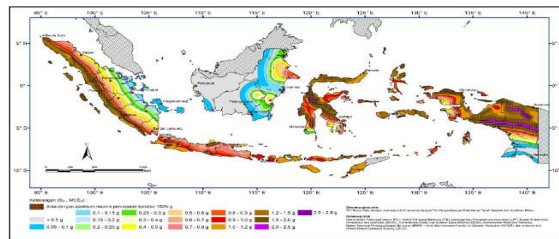
A. Metode Respons Spektrum

Menurut SNI 1726-2012 respons spektra harus dibuat terlebih dahulu berdasarkan data-data yang ada. Data-data yang dibutuhkan dan prosedur untuk pembuatan respons spektra adalah sebagai berikut:

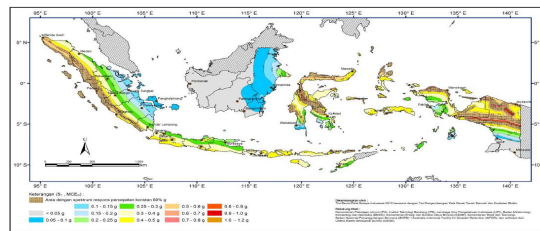
1. Parameter percepatan batuan dasar terpetakan
2. Parameter kelas situs
3. Koefisien-koefisien situs dan parameter-parameter respons spektra percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R)

$$S_{MS} = F_a S_s \quad (3)$$

$$S_{M1} = F_v S_1 \quad (4)$$



Gambar 3 S_s , Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget(MCE_R)



Gambar 4 S_1 , Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget(MCE_R)

Tabel 3 Koefisien Situs, F_a

Kelas Situs	Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa MCE_R Terpetakan Pada Perioda Pendek, $T = 0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1$	$S_s \geq 1,25$
A	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
B	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
C	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
D	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
E	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
F	Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik				

Sumber: SNI 1726-2012

Tabel 4 Koefisien Situs, F_v

Kelas Situs	Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa MCE_R Terpetakan Pada Perioda 1 detik, $T = 1$ detik, S_1				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
A	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
B	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
C	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
D	2,4	2	1,8	1,6	1,5
E	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
F	Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik				

Sumber: SNI 1726-2012

4. Parameter Percepatan Spektra

$$S_{DS} = 2/3 S_{MS} \quad (7)$$

$$S_{D1} = 2/3 S_{M1} \quad (8)$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (9)$$

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (10)$$

5. Prosedur pembuatan respons spektra desain

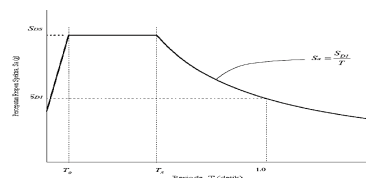
Untuk periode yang lebih kecil dari T_0 , spektrum respons percepatan desain (S_a) ditentukan berdasarkan persamaan berikut ini:

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + \frac{T}{T_0} \right) \quad (11)$$

Untuk periode yang lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , spektrum respons desain (S_a) sama dengan S_{DS} . Sedangkan untuk periode lebih besar dari T_s , spektrum respons percepatan desain (S_a) diambil berdasarkan persamaan berikut ini:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (12)$$

Respons spektra desain yang dibuat seperti pada Gambar 5.



Gambar 5 Respon Spektra Desain
Sumber: SNI 1726-2012

B. Metode Time History

Analisa Respons Riwayat Waktu adalah suatu cara analisa dinamik struktur, dimana suatu model matematik dari struktur dikenakan riwayat waktu dari gempa-gempa hasil pencatatan atau gempa-gempa tiruan terhadap riwayat waktu dari respons struktur ditentukan.

Data percepatan permukaan tanah (PGA) berupa akselerogram, yaitu grafik perbandingan percepatan permukaan tanah (PGA) terhadap waktu atau durasi saat terjadinya gempa. Data akselerogram ini akan menjadi parameter gempa masukan untuk suatu perancangan atau analisis struktur. Gaya gempa masukan yang digunakan berupa percepatan maksimum permukaan tanah (PGA) dari rekaman gempa sebenarnya. Percepatan tanah puncak harus ditentukan dengan (1) studi spesifik-situs dengan mempertimbangkan pengaruh amplifikasi yang secara spesifik, atau (2) percepatan tanah puncak PGA_M , dari Persamaan 13.

$$PGA_M = F_{PGA} PGA \quad (13)$$

Keterangan :

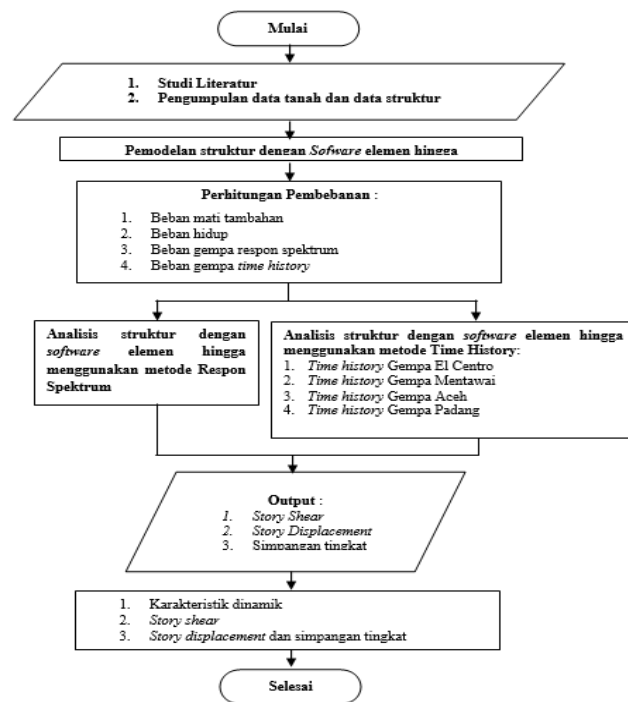
PGA_M = MCE_G percepatan tanah puncak yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs

PGA = percepatan tanah puncak terpetakan

F_{PGA} = koefisien situs

2. METODOLOGI

Adapun penelitian ini dilakukan melalui tahapan-tahapan sesuai dengan diagram alir pekerjaan sebagai berikut :



Gambar 6 Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Dinamik

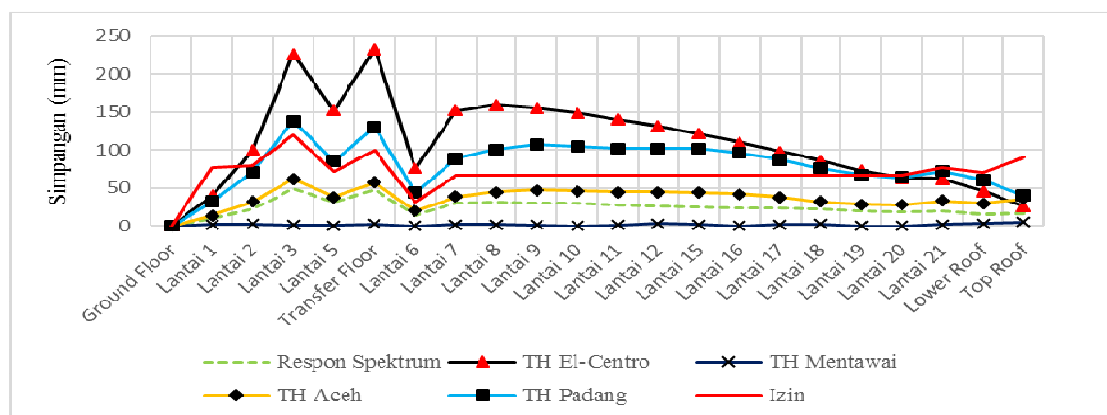
Waktu getar alami struktur Hotel SKA Pekanbaru setelah dilakukan analisis dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5 Perbandingan Waktu Getar

Waktu Getar Alami Tanpa <i>Shearwall</i> (detik)		Waktu Getar Alami Dengan <i>Shearwall</i> (detik)	
SNI 1726-2012	Program Bantu	SNI 1726-2012	Program Bantu
3,198	6,950	1,751	4,637

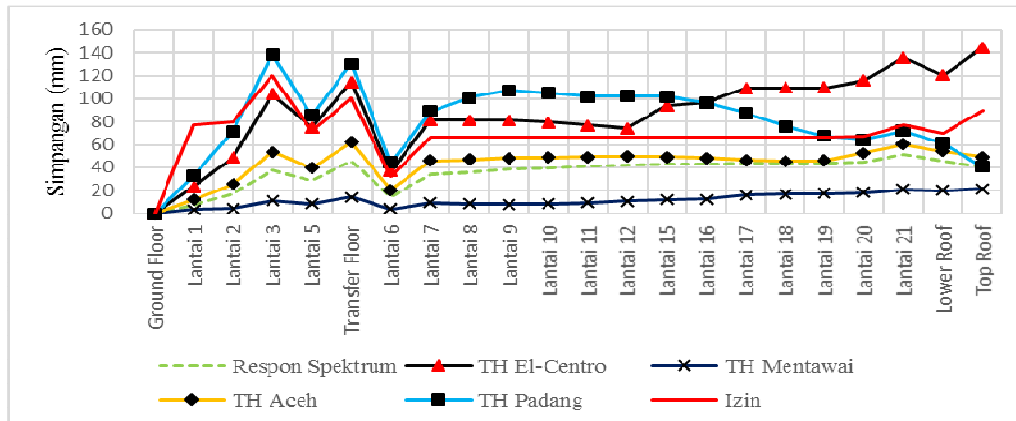
Batas Kinerja Ultimate

Analisis hasil kondisi batas kinerja *ultimate* secara keseluruhan pada arah X dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Kontrol Kondisi Batas Kinerja *Ultimate* Arah X

Analisis hasil kondisi batas kinerja *ultimate* secara keseluruhan pada arah Y dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8 Kontrol Kondisi Batas Kinerja *Ultimate* Arah Y

Level Kinerja Struktur

Masing-masing metode menghasilkan level kinerja struktur yang beragam. Level kinerja struktur gedung Hotel SKA Pekanbaru untuk arah X dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Tabel Kinerja Struktur Gedung Hotel SKA Pekanbaru Arax X Berdasarkan ATC-40

No	Metode	Maksimal Drift	Maksimal Inelastic Drift	Level Kinerja
1	Respon Spektrum	0.007	0.007	DC
2	TH. El-Centro	0.032	0.031	SS
3	TH. Mentawai	0.001	0.001	IO
4	TH. Aceh	0.011	0.010	DC
5	TH. Padang	0.024	0.023	SS

Level kinerja struktur gedung Hotel SKA Pekanbaru untuk arah Y dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Tabel Kinerja Struktur Gedung Hotel SKA Pekanbaru Arax Y Berdasarkan ATC-40

No	Metode	Maksimal Drift	Maksimal Inelastic Drift	Level Kinerja
1	Respon Spektrum	0.010	0.010	DC
2	TH. El-Centro	0.025	0.025	SS
3	TH. Mentawai	0.003	0.003	IO
4	TH. Aceh	0.013	0.012	DC
5	TH. Padang	0.024	0.024	SS

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil penelitian ini adalah:

- Berdasarkan analisis, penambahan shearwall mengurangi waktu getar alami fundamental struktur Gedung SKA Pekanbaru. Namun waktu getar alami *fundamental* struktur Gedung Hotel SKA Pekanbaru masih melampaui waktu getar alami fundamental yang ditentukan oleh SNI 1726-2012, dengan rincian sebagai berikut:
 - Pembatasan waktu getar berdasarkan SNI 1726-2012 untuk struktur gedung tanpa shearwall adalah 3,198 detik, sedangkan hasil analisa dengan program ETABS didapatkan waktu getar alami sebesar 6,950 detik.
 - Pembatasan waktu getar berdasarkan SNI 1726-2012 untuk struktur gedung menggunakan shearwall adalah 1,751 detik, sedangkan hasil analisa dengan program ETABS didapatkan waktu getar alami sebesar 4,637 detik.
- Berdasarkan analisis kondisi kinerja batas *ultimate* terdapat beberapa lantai yang melewati izin berdasarkan SNI 1726-2012, dengan rincian sebagai berikut:
 - Berdasarkan metode respon spektrum kondisi kinerja batas *ultimate* memenuhi batasan izin SNI 1726-2012 pada arah X maupun arah Y.

- 2) Berdasarkan beban *time history* gempa El-Centro pada arah X sebesar 72,73% kondisi kinerja batas *ultimate* melewati batasan izin SNI 1726-2012 sedangkan untuk arah Y sebesar 81,82% kondisi kinerja batas *ultimate* melewati batasan izin SNI 1726-2012.
- 3) Berdasarkan beban *time history* gempa Mentawai kondisi kinerja batas *ultimate* memenuhi batasan izin SNI 1726-2012 pada arah X maupun arah Y.
- 4) Berdasarkan beban *time history* gempa Aceh kondisi kinerja batas *ultimate* memenuhi batasan izin SNI 1726-2012 pada arah X maupun arah Y.
- 5) Berdasarkan beban *time history* gempa Padang pada arah X sebesar 68,12% kondisi kinerja batas *ultimate* melewati batasan izin SNI 1726-2012 sedangkan untuk arah Y sebesar 81,82% kondisi kinerja batas *ultimate* melewati batasan izin SNI 1726-2012
- c. Dari analisis yang dilakukan masing-masing metode menghasilkan level kinerja struktur yang berbeda, dengan rincian sebagai berikut:
 - 1) Berdasarkan metode respon spektrum level kinerja struktur Gedung SKA Pekanbaru adalah **Damage Control (DC)** pada arah X maupun arah Y.
 - 2) Berdasarkan beban *time history* El-Centro level kinerja struktur Gedung SKA Pekanbaru adalah **Structural Stability (SS)** pada arah X maupun arah Y.
 - 3) Berdasarkan beban *time history* gempa Mentawai level kinerja struktur Gedung SKA Pekanbaru adalah **Immediate Occupancy (IO)** pada arah X maupun arah Y.
 - 4) Berdasarkan beban *time history* gempa Aceh level kinerja struktur Gedung SKA Pekanbaru adalah **Damage Control (DC)** pada arah X maupun arah Y.
 - 5) Berdasarkan beban *time history* Padang level kinerja struktur Gedung SKA Pekanbaru adalah **Structural Stability (SS)** pada arah X maupun arah Y.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih Kepada Allah SWT atas karunianya karena penulis berhasil menyelesaikan tulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- ANGGEN, W. S. (2014). *Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Bertingkat dengan Analisis Dinamik Time History Menggunakan Etabs Studi Kasus : Hotel di Karanganyar*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- ANTO, F. A. (2014). *Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Bertingkat dengan Analisis Dinamik Riwayat Waktu Terhadap Drift dan Displacement Menggunakan Software Etabs Studi Kasus : Hotel di Daerah Karanganyar*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- BSN. (1989). *SNI 03-1727-1989 : Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah*. Jakarta.
- BSN. (2002). *SNI 1726-2002 : Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung*. Jakarta.
- BSN. (2012). *SNI 1726-2012 : Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung*. Jakarta.
- BSN. (2013). *SNI 1727-2013 : Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan*. Jakarta.
- BSN. (2013). *SNI 2847-2013 : Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan*. Jakarta.
- Council, A. T. (1996). *ATC 40 - Seismic Evaluation*. California: Redwood City.
- Hariyanto, A. (2011). *Analisis Kinerja Struktur pada Bangunan Bertingkat Tidak Beraturan dengan Analisis Dinamik Menggunakan Metode Analisis Respons Spektrum*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Pawirodikromo, W. (2012). *Seismologi Teknik dan Rekayasa Kegempaan*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- PRATAMA, F. (2014). *Evaluasi Kinerja Struktur Gedung 10 Lantai dengan Analisis Time History pada Tinjauan Drift dan Displacement menggunakan Software ETABS*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Purwono, R. (2005). *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa*. Surabaya: ITS Press.
- Riza, M. M. (2010). *Aplikasi Perencanaan Struktur Gedung dengan ETABS*. Yogyakarta: ARS GROUP.

Annual Civil Engineering Seminar 2015, Pekanbaru

ISBN: 978-979-792-636-6

SARI, D. A. (2013). *Evaluasi Kinerja Struktur pada Gedung Bertingkat dengan Analisis Riwayat Waktu Menggunakan Software ETABS V 9.5 (Studi Kasus : Gedung Solo Center Point)*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.

WIBOWO, A. S. (2011). *Analisis Kinerja Struktur pada Bangunan Bertingkat Tidak Beraturan dengan Analisis Dinamik Menggunakan Metode Analisis Riwayat Waktu*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.

Williams, A. (2015). *Structural Engineering Reference Manual Eighth Edition*. Belmont: Professional Publications.