Analisis Respon Struktur dan Level Kinerja Bangunan Pasca Gempa Pada Gedung Hotel Biliton

Heri Istiono[1], Habib Nocky Dwi Misbah Prasetyo[2]

Jurusan Teknik Sipil FTSP Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya[1,2]

e-mail: heri_istiono@itats.ac.id ,habib.nocky@gmail.com

ABSTRACT

To minimize casualties due to falling collapsed buildings during an earthquake is to need analyze the response of the building structure when the building is shaken by an earthquake, which is regulated in SNI 1726 – 2012. In SNI 1726 -2012 explains the requirements and limitations of the building during an earthquake. Apart from this, the planning of the performance level of the building after being shaken by an earthquake must also be carried out, which is regulated in FEMA 356. In this research, it was carried out at the Biliton Hotel building in Yogyakarta using 2 earthquake loading methods. The first method uses the response spectrum method to analyze the behavior of the structure after being given an earthquake load. The second method uses the 2-dimensional psuhover analysis method to determine the level of performance of the building after being shaken by an earthquake. For the first method, the vibration period is 1.52 s, the displacement for the X direction is 34.62 mm and the displacement for the Y direction is 40.813 mm. For the second method, the performance level for earthquake load in X direction is Immediate Occupancy and the performance level for earthquake load in Y direction is Life Safety.

Keyword: *Structur Analysis, Earthquake resistant buildings, Level kinerja, Respon Spectrum, Pushover analysis*

ABSTRAK

Untuk meminimalkan korban jiwa akibat tertimpa runtuhan bangunan saat gempa adalah dengan melakukan analisis respon struktur bangunan saat bangunan diguncang gempa, yang mana hal tersebut diatur dalam SNI 1726 – 2012 yang menjelaskan syarat – syarat dan batasan – batasan pada bangunan saat terjadi gempa bumi. Selain hal tersebut juga harus dilakukan perencanaan level kinerja pada bangunan setelah diguncang gempa, yang mana hal tersebut diatur pada FEMA 356. Pada penelitian kali ini dilakukan pada gedung Hotel Biliton Di Yogyakarta dengan menggunakan 2 metode pembeban gempa. Metode ke-1 menggunakan metode *respon spectrum* untuk melakukan analisis perilaku struktur setelah diberikan beban gempa. Metode ke-2 menggunakan metode analisis psuhover 2 dimensi untuk menentukan level kinerja bangunan setelah diguncang gempa. Untuk metode ke-1 diperoleh periode getar sebesar 1,52 s , displacement arah X sebesar 34,62 mm dan displacement arah Y sebesar 40,813 mm. Untuk metode ke-2 diperoleh level kinerja untuk beban gempa arah X adalah Immediate Occupancei dan level kinerja untuk beban gempa arah Y adalah Life Safety.

Kata kunci: Analisis Struktur, Bangunan tahan gempa, Level kinerja, Respon Spectrum, Pushover analisis

PENDAHULUAN

Gempa tektonik merupakan salah satu bencana alam yang yang sulit terprediksi kapan akan terjadi. Karena yang dapat terjadi secara tiba – tiba gempa bumi ini dapat menimbulkan korban jiwa yang cukup banyak, yang salah satunya karena tertimpa reruntuhan bangunan. maka untuk meminimalkan jumah korban jiwa perlu dilakukan perencanaan bangunan gedung terhadap ketahanan gempa. Di Indonesia perencanaan bangunan terhadap ketahan gempa sudah diatur dalam SNI 1726 – 2012 yang meliputi batasan – batasan dan syarat – syarat bangunan saat diberikan beban gempa rencana. Serta hal yang tidak kalah penting adalah melakukan analisis level kinerja pada bangunan yang telah direncankan dengan mengacu Pada FEMA 356 guna untuk mengetahui tingkatan keamanan bangunan setelah bangunan tersebut diguncang dengan beban gempa rencana. Dimana level kinerja dibagi menjadi 3, *Immediate Occupancy(IO), Life Safty(LS), Collapse Pervention (CP)*. Salah satu metode untuk mendapatkan level kinerja dengan

menggunakan metode static non-linear pushover yang akan menghasilkan kurva kapasitas dan target displacement yang digunakan dalam penentuan level kinerja.

Pada penelitian kali ini dilakukan pada gedung hotel biliton di Daerah Istimewa Yogyakarta dengan jumlah lantai sebanyak 10 lantai. Mengingat pada tahun 2006 terjadi gempa bumi tektonik dengan kekuatan gempa 7.2SR yang menimbulkan beberapa gedung penting runtuh, diantara lain Gedung Instititut Seni, Gedung Kampus STIE, dan GOR amangrogo (kompas;2016). Tujuan penelitian kali ini untuk mengevaluasi respon struktur saat diberikan beban gempa rencana dengan metode *Respon Spectrum* dan untuk mengetahui level kinerja bangunan dengan menggunakan metode Analisis non-linear pushover secara 2 dimensi

TINJAUAN PUSTAKA

Analisis Respon Struktur

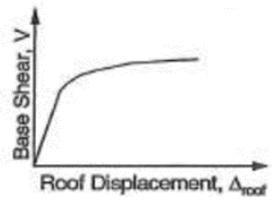
Setelah bangunan dimodelkan dengan alat bantu perangkat lunak diberikan beban gempa rencana maka akan dilihat bagaimana respon struktur terhadap beban gempa rencana, berikut hal yang perlu diperhatikan:

1. **Partisipasi massa dan periode getar bangunan**
   Mengacu pada SNI 1726 – 2012 pasal 7.9.1 dimana disyaratkan partisipasi massa pada bangunan saat terjadi gempa harus minimal sebesar 90%. Untuk periode getar bangunan sesuai dengan SNI 1726-2012 pasal 7.82.
   Untuk periode getar sebagai berikut :
   Tidak boleh kurang dari → **Ta min = Ct . H_n^x**.....(1)
   Dan tidak noleh lebih dari →**Ta Max : Ta min. Cu**.....(2)
   C_t dan Cu : diambil dari tabel 14 dan 15 SNI 1726 - 2012
   H_n^x : ketinggian struktur dalam meter
2. **Skala gaya**
   Mengacu pada SNI 1726 – 2012 pasal 2.4.1. Jika nilai respon untuk gaya geser ragam (Vt) dengan cara analisis respon spektrum kurang dari nilai gaya dasar seismic rencana (V = W.Cs) maka skala gaya harus diberlakukan sesuai berikut :
   $$\mathbf{Sf = (0{,}85 \cdot V) / V_t} \text{.....(3)}$$
   Maka jika gaya geser ragam (Vt) yang diperoleh dari analisa perngakat lunak < 85% dari gaya geser dasar sismic (V) yang diperoleh dengan cara pendekat matematis, maka perlu dilakukan intrpolasi skala gaya.
3. **Simpangan antar lantai**
   Batasan untuk simpangan antar lantai yang terjadi setelah bangunan diberikan beban gempa rencana tidak sesuai dengan SNI 1726-2012 sebagi berikut,
   $$\mathbf{\delta_x = C_d \cdot \delta_{xe} / I} \text{.....(4)}$$
   Keterangan :
   Cd : factor implikasi defleksi
   δ_{xe} : defleksi pada lokasi yang di isyaratkan
   I : factor keutamaan gempa
4. **Kontrol Shearwall**
   Mengacu pada SNI 1726 – 2012 pasal 7.2.5.1 dimana untuk struktur dengan sistem ganda, rangka pemikul momen harus mampu menahan paling sedikit 25% gaya gempa dasar ragam. maka gaya geser dasar ragam yang harus dipikul oleh shear wall tidak boleh lebih dari 75%.

Pushover Analisis

Analisis dengan metode pushover merupakan salah satu metode pendekatan dengan analisis non-linear static yang digunakan untuk mengetahui keruntuhan bangunan saat terjadi gempa. Pada analisis pushover bangunan akan diberikan beban dorong yang diakibatkan oleh

gempa rencana secara berangusr sampai dengan bangunan mengalami keruntuhan pada komponen struktur utama. Analisa pushover akan menghasilkan kurva kapasitas yang menggambarkan hubunga gaya gempa geser rencana denga displacement yang terjadi pada banguanan (Wahyuni dan Tethool,2015) . Berikut gambar kurva kapasitas yang menggambarkan antara displacemet dan gaya geser.



Gambar 1. Kurva kapasitas

Target Displacement

Target dispalcment (δ_T) merupakan perpindahan maskimum yag terjadi pada bangunan (elastik dan inelastik) untuk menentukan level kinerja bangunan. untuk mendapatkan target displcement maka perlu diperhitungkan titik kinerja struktur dengan mengacu perilaku stuktur yang yang terjadi sesuai dengan FEMA 356 pasal 3.3.3.2.4. Untuk memperoleh target displacement pda FEMA 356 dengan cara memodifikasi menggunakan faktor koefisien sebagai berikut :

$$\delta_T = C_0 \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot Sa \left(T_e^2 / 4\pi^2 \right) \cdot g \quad \text{.....(5)}$$

Keterangan :

T_e = Periode efektif

δ_T = *Target displacement*

C_0 = Faktor modifikasi untuk spectral displacement menjadi *roof displacement* berdasarkan tabel 3-2 dari FEMA 356

C_1 = Faktor modifikasi untuk menghubungkan perpindahan inelastic maksimum dengan perpindahan yang dihitung dari respon elastik linier. Nilai C_1

$C_1 = 1{,}0$ untuk $T_e > T_s$ dan

$C_1 = [1{,}2+R(R-1)\, T_s / T_s]/R$ untuk $T_e < T_s$

C_2 = Faktor modifikasi untuk mewakili efek dari bentuk hirterestis pada perpindahan maksimum, diambil berdasarkan tabel 3.3 dari FEMA 356

C_3 = Koefisien untuk mempertimbangkan pembesaran lateral akibat *P-Delta Effect* jika gedung berada pada kondisi pasca leleh dengan kondisi kekakuann positif maka $C_3 = 1$, sedangkan jika kondisi kekakuannya negatif maka C_3 dihitung sebagai berikut :

$$C_3 = 1{,}0 + \frac{|\alpha|(R-1)^{3/2}}{Te}$$

g= Percepatan grvitasi9,81 m/detik^2.

Level Kinerja

Level kinerja struktur ditentukan dengan menggunakan ratio simpangan struktur (*Structural Ratio Drift*) yang diperoleh saat tercapai titik maksimal performance pada struktur. Hasil tersebut dibandingkan dengan ratio drift yang telah diatur pada FEMA 356 sebagai berikut:

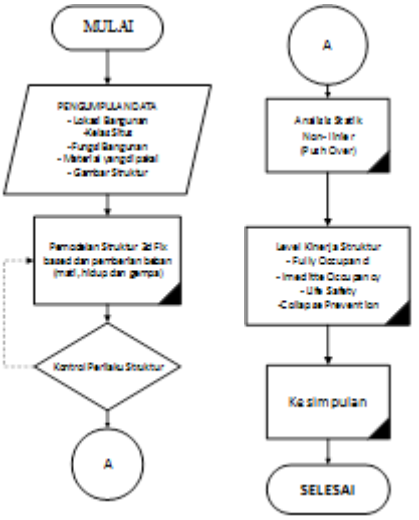
Tabel 1. level kinerja menurut FEMA 356

Level Kinerja	***Drift Ratio***
Immediate Occupancy	1%
Life Safety	1% - 2%
Collapse Prevention	4%

Sumber, FEMA 356

METODE

Metode yang dilakukan dalam penelitian kali ini dengan metode analisis menggunakan alat bantu berupa perangkat lunak ETABS 2016 dan mengacu pada SNI 1726 – 2012, dan penentuan level kinerja berdasarkan FEMA 356. Berikut alur yang dilakukan pemodelan.



Gambar 3. diagram alur penelitian

Pengumpulan Data

Pengumpulan data berupa data perimer, berupa hasil penyelidikan tanah dari lokasi yang akan dilakukan pembangunan bangunan dan data sekunder berupa fungsi dan material yang akan dugunakan untuk melakukan perencanaan bangunan. sebagai yang ditabekan pada tabel 2.

Tabel 2. Data primer dan sekunder penelitian

1	**Fungsi Bangunan**	**Hunian / bangunan untuk tempat tinggal (Hotel)**
2	Letak bangunan	Yogyakarta
3	Kelas situs	Tanah Keras
4	Jumlah Lantai	10 lantai
5	Tinggi antar lantai	4 m
6	Panjang bangunan	55,2 m
7	Lebar bangunan	22,5 m
8	Mutu beton (f'c)	40 mpa
9	Mutu baja Tulangan sengkang (fy)	400 mpa
10	Mutu baja tulangan longitudinal (fy)	400 mpa
11	Sistem penahan gaya seismik	Sitem ganda beton beton bertulang khusus

Sumber Penlitian 2020

Pemodelan dan Analisis

Pemodelan dan pembebanan dilakukan dengan menggunakan program bentu perangkat lunak ETABS. Pembebanan Gempa menggunakan metode Respon Spectrum yang selanjutnya dilakukan kontrol respon struktur dengan mengacu kepada SNI 1726-2012. Serta metode analisis

non linear push over untuk menentukan level kinerja dari bangunan dengan mengacu pada FEMA 356.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Partisipasi Massa dan Periode Getar

Pada hasil analisi diperoleh partisipas massa sebesar 90% pada mode ke 27. Dan periode getar terbesar 1,52 sekon.
Ta min : $0{,}0466 \cdot 34{,}8^{0{,}9} = 1{,}137\ s$
Ta maks : $1{,}137 \cdot 1{,}4 = 1{,}592\ s > 1{,}52s$ ***(OK)***
periode getar hasil analisis memenuhi syarat.

Skala Gaya

Dari hasil analisa dengan skala gaya
I/R*g = 1/6,5*9,810 = 1,229 diperoleh gaya geser dasar nominal (Vt) seperti ysng ditunjuksn psfs tabel 3.:

Tabel 3 Gaya Dasar Nominal dari Analisis Ragam Spektrum

Vt Arah X	1557,815 Kn
Vt Arah Y	1628,080 Kn

Sumber , Penelitian 2020

Sedangkan untuk nilai gaya geser ragam (V) yang dilakukan secara pendekatan matematis berdasar pada SNI 1726 – 2012 sebagia berikut:

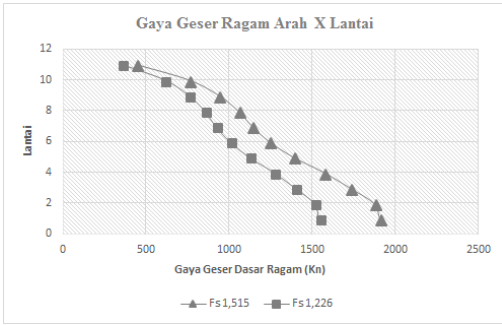
$$V = C_s \cdot Wt$$
$$V = 0{,}035 \cdot 64648{,}25 = 2264{,}24\ Kn$$
$$0{,}85\ V = 1924{,}6\ Kn$$

Karena nilai gaya geser ragam (Vt) masih kurang dari 85% gaa geser dasar nominal (V), maka dibuat skala gaya baru sebagai berikut

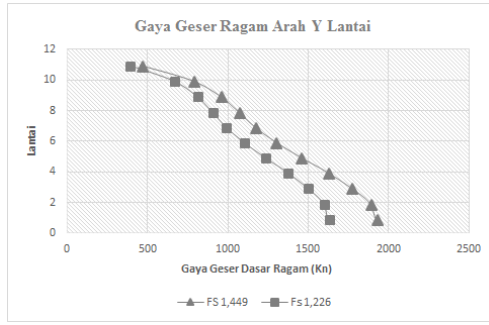
Sf X-Axis = $\frac{0{,}85\ V}{Vt} \times SfX\ awal = \frac{1924{,}6}{1557{,}815} \times 1{,}226 = 1{,}5145$

Sf Y-Axis = $\frac{0{,}85\ V}{Vt} \times SfY\ awal = \frac{1924{,}6}{1628{,}080} \times 1{,}226 = 1{,}4491$

Berikut grafik 2 dan 3 gaya geser dasar ragam untuk arah X dan Arah Y pada setiap lantai, sebelum dan sesudah dilakukan interpolasi skala gaya,



Gambar 2. Gaya geser ragam X-axis



Gambar 3-gaya geser ragam Y-axis

Simpangan Antar Lantai

Hasil dari analisis diperoleh simpangan antar lantai sebagai berikut, seperti ditunjukan pada tabel 4 dan 5. Diperoleh simpangan antar lantai yang terjadi masih memenuhi batas simpangan ijin yang ditettukan.

Tabel 4. drift antar lantai X-axis akibat gempa X-axis

Story	Direction	Delta Total	Delta xe	Cd	Delta x	Tinggi Tingkat	Delta Izin	Cek
		mm	mm		mm	mm	mm	
10	X	34,628	3,483	5,5	19,1565	3500	70	OK
9	X	31,145	3,687	5,5	20,2785	3500	70	OK
8	X	27,458	3,868	5,5	21,274	3500	70	OK
7	X	23,59	4,014	5,5	22,077	3500	70	OK
6	X	19,576	4,088	5,5	22,484	3500	70	OK
5	X	15,488	4,048	5,5	22,264	3500	70	OK
4	X	11,44	3,71	5,5	20,405	3500	70	OK
3	X	7,73	3,501	5,5	19,2555	3500	70	OK
2	X	4,229	2,81	5,5	15,455	3500	70	OK
1	X	1,419	1,222	5,5	6,721	4000	80	OK
Base	X	0,197	0,197	5,5	1,0835	2800	56	OK
Pondasi	X	0	0	5,5	0	0	0	OK

Sumber Penelitan 2020

Tabel 5 drift antar lantai Y-axis akibat gemp Y-axis

Story	Direction	Delta Total	Delta ye	Cd	Delta y	Tinggi Tingkat	Delta Izin	Cek
		mm	mm		mm	mm	mm	
10	Y	40,813	4,682	5,5	25,751	3500	70	OK
9	Y	36,131	4,833	5,5	26,5815	3500	70	OK
8	Y	31,298	4,929	5,5	27,1095	3500	70	OK
7	Y	26,369	4,959	5,5	27,2745	3500	70	OK
6	Y	21,41	4,877	5,5	26,8235	3500	70	OK
5	Y	16,533	4,647	5,5	25,5585	3500	70	OK
4	Y	11,886	4,159	5,5	22,8745	3500	70	OK
3	Y	7,727	3,59	5,5	19,745	3500	70	OK
2	Y	4,137	2,8	5,5	15,4	3500	70	OK
1	Y	1,337	1,164	5,5	6,402	4000	80	OK
Base	Y	0,173	0,173	5,5	0,9515	2800	56	OK
Pondasi	Y	0	0	5,5	0	0	0	OK

Sumber, penelitian 2020

Kontrol Shear Wall

Dalam perencanaan dinding geser perlu dilakukan pengecekan mengacu pada SNI 1726 – 2012 pasal 7.2.5.1 dimana untuk sistem ganda, rangka pemikul momen harus mampu menahan minimal 25% gaya gempa dasar ragam, berikut hasil analisa dari ETABS dapat dilihat tabel 6 dan 7 :

Tabel 6. Nilai Geser Dasar Shearwall

Load Case	FX kN	Load Case	FY kN
EQX Max	415,96	EQY Max	206,50
EQX Max	429,59	EQY Max	32,16
EQX Max	52,22	EQY Max	382,66
EQX Max	37,10	EQY Max	236,65
EQX Max	54,19	EQY Max	374,57
Total	989,06		1232,53

Sumber, Penelitian 2020

Dari tabel 6 diperoleh gaya gesr dasar sher wall arah X : 989,06 Kn dan arah Y: 1232,53 Kn, maka

Tabel 7. Persentase kontribusi shearwall

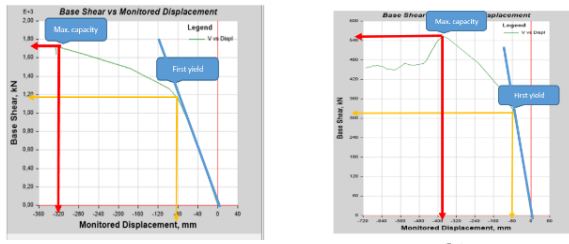
Arah	Lokasi	Gaya Geser	Persentase
Arah X	Shear Wall	989,06 Kn	51,39 %
	Keseluruhan	1926,60 Kn	
Arah Y	Shear Wall	1232,53 Kn	64,04 %
	Keseluruhan	1924,60	

Sumber, penelitian 2020

Maka syarat bahwa sistem rangka harus memikul minimal 25% dari gaya geser gempa telah memenuhi

Analisis Pushover

Dari analisa pushover 2 dimensi diperoleh kurva kapasitas, target displacemet, dan level kinerja sebagai berikut.



(a) (b)

Gambar 6 - Kurva kapasitas (a) Arah X dan (b) arah Y

Dari gambar 6 diperoleh titik penting pada kurva kapsitas yang akan ditabelkan pada tabel.8 sebagai beriku:

ISSN (print) : 2686-0023
ISSN (online) : 2685-6875

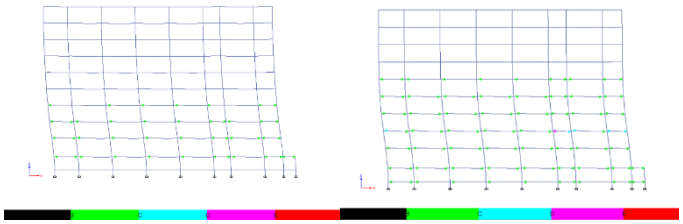
Tabel 8. Rekapitulasi Hasil Analisa Pushover

	Arah X	Arah Y
Gaya Geser saat leleh (Kn)	1158,34	319,66
Gaya Geser kapasitas maksimal (Kn)	1726,27	546,31
Displacemet saat leleh (mm)	80,52	73,39
Displacement saat kapasitas maksimal (mm)	326,20	355,00
C_0	1,2	1,2
C_1	1	1
C_2	1	1
C_3	1	1

	Arah X	Arah Y
T_s	2,46	2,082
T_e	2,51	2,239
S_a	0,156	0,200
Target Displacement (mm)	0,29	0,3
Ratio Drift	0,009	0,016
Level Kinerja	*IO*	*LS*

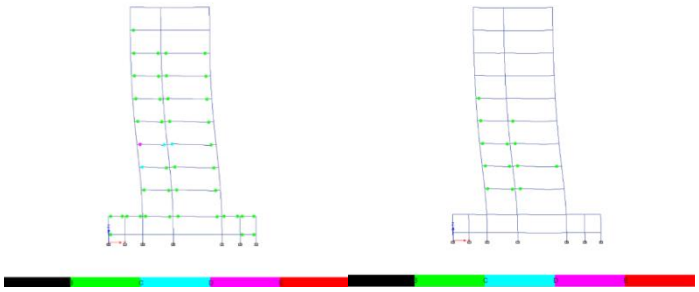
Sumber, Penelitian 2020

Berikut gambar sendi plastis yang terjadi saat dilakukan analisa pushover



(a) (b)

Gambar 8 – mekanisme sendi plastis X-axis (a) saat leleh pertama (b) saat kapasitas maksimal



(a) (b)

Gambar 9 – mekanisme sendi plastis Y-axis (a) saat leleh pertama (b) saat kapasitas maksimal.

KESIMPULAN

Partisipasi massa sesuai dengan syarat SNI 1726 – 2012 sebesar 90% terpenuhi pada mode ke-27. Periode getar bangunan hasil dari analisa menggunakan program bantu sebesar 1,52s < Ta maks = 1,59 (memenui syarat). Hasil Analisa respon strutur terhadap gempa Displacement pada atap terjadi untuk X-axis sebesar 34,68mm dan unutk Y-axis sebesar 40,81mm. Kontribusi Shearwall untuk arah X shearwall menahan sebesar 51,39% dan arah Y shearwall menahan sebesar 64,04%, maka gaya geser dsar yang dipikul oleh sistem rangka lebih dari 25% memenuhi syarat SNI 1726-2012.. Level Kinerja untuk arah X masuk dalam ketegori IO (Immediate Occupanci) dan arah Y masuk dalam kategor LS (Life Safety)

DAFTAR PUSTAKA

[[1] BSN, SNI 1726-2012 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur gedung dan non gedung, Jakarta, 2012.

[2] Federal Emergency Management Agency, Prestandard And Comentary for The Seismic Rehabilitation Of Building . Washington, 2000.

[3] Heri Istiono dan Jaka Propika. Analisa Non-Linier Pada Mekanisme Keruntuhan Jembatan Rangka Baja Tipe Pratt.. Borneo Engineering: Jurusan Teknik Sipil, Volume 1: 2. Desember 2017.

[4] Prof. Budiono, Bambang dan Lucky Supriatna. Studi Komparasi Desain Bangunan Tahan Gempa. Bandung: Penerbit ITB. 2011.

[5] Wahyuni, E., and Tethool, Y. 2015. Effect of Vierendeel Panel Width and Vertical Truss Spacing Ratio in Staggered Truss Framing System Under Earthquake Loads, International Journal of Civil Engineering, Vol. 13, No 2.

ISSN (print) : 2686-0023
ISSN (online) : 2685-6875