



Original research article

Evaluasi Perilaku dan Kinerja Struktur Gedung Pelayanan Medis Rumah Sakit RKZ Surabaya Dengan SNI 1726:2019

Heri Istiono ^{a*}, Madaret Rifqi Dzakwan ^a

^aCivil Engineering and Planning Department, Institut Teknologi Adhi Tama, 60117, Indonesia

ARTICLE INFO

Keywords:

Kapasitas
Level kinerja struktur
Metode analisis pushover
Sendi plastis
Struktur

ABSTRACT

Updating regulations from SNI 1726 – 2012 to SNI 1726 – 2019 allows evaluation of the behavior and performance of building structures to reduce the risks posed by earthquakes. This is necessary because in SNI 1726-2019 there is an additional long period in the spectrum response so it is necessary to evaluate it to ensure that the building structure whose behavior still meets the requirements in the regulation. The method used in this study was the pushover analysis method. This study evaluates the St. Catholic Hospital Medical Services building. Vincent a. Paul (RKZ) Surabaya. This study discusses building analysis based on SNI 1726 - 2019 to determine the behavior and performance of structures. The results of this study indicate that the behavior of the structure which includes the time period, base shear force, drift ratio, dual system control meets the requirements in accordance with SNI 1726-2019. This performance level is included in the LS (Life Safety) category.

1. Introduction

Indonesia adalah negara yang mempunyai potensi gempa yang bisa dibidang sangat tinggi. Hal ini dibuktikan dengan seringnya terjadi gempa pada wilayah yang berada pada sepanjang garis gempa. Garis tersebut merupakan garis maya, dimana terjadi suatu pertemuan antara lempeng Eurasia dengan lempeng Australia [1]. Mengantisipasi hal tersebut, bangunan yang ada perlu direncanakan bangunan tahan gempa. Mengingat peraturan gempa Indonesia yang diperbarui dari SNI 1726-2012 ke SNI 1726-2019, maka perlu dilakukan evaluasi bangunan gedung yang sudah berdiri terhadap SNI gempa yang terbaru. Dari evaluasi tersebut gedung tersebut masih layak atau ada perlakuan tambahan akibat adanya perubahan peraturan yang ada.

Evaluasi yang dilakukan salah satu metodenya adalah analisis pushover. Analisis ini diperoleh level kinerja. Level kinerja ini dilakukan untuk mengetahui tingkat keamanan bangunan gedung saat terjadi gempa yang diperhitungkan berdasar gaya gempa rencana [14][8]. Metode tersebut dalam prosesnya diberikan beban statis dalam arah lateral sama halnya seperti gaya gempa, tetapi beban statis tadi ditambah secara bertahap sampai mencapai target perubahan tertentu [12].

Pada penelitian ini dilakukan evaluasi pada Gedung Medis Rumah Sakit Katolik ST Vincentius A. Paulo (RKZ)

dengan lantai berjumlah 7 lantai. Tujuan dari penelitian dilakukan untuk mengevaluasi level kinerja struktur bangunan dan karakteristik sendi plastis dari leleh pertama sampai dengan leleh maksimal dari perilaku strukturnya dengan persyaratan gempa dari SNI 1726 - 2012 dirubah ke persyaratan gempa terbaru SNI 1726 - 2019. Penggunaan SNI 1726 - 2019 untuk mengetahui informasi terbaru system kinerja struktur bangunan dalam menerima beban gempa. Apalagi pada kedua SNI tersebut terdapat beberapa perbedaan sehingga untuk memastikannya harus dilakukan analisa ulang dengan SNI terbaru. Pemodelan analisa pushover dilakukan secara 2 dimensi dengan menggunakan program bantu ETABS 17. Hal ini dilakukan untuk mempermudah mendapat beban runtuh dan mekanisme keruntuhannya [10],[11].

2. Methodology

2.1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang didapat berupa data primer yang didapat dari lokasi pembangunan. Adapun data yang didapat dapat dilihat pada **Table 1** berikut :

Table 1. Data primer analisis

1	Fungsi Bangunan	Rumah sakit
2	Letak bangunan	Jl. Ciliwung, Surabaya
3	Kelas situs	Batuan (SB)

*Corresponding author: Civil Engineering and Planning Department, Institut Teknologi Adhi Tama, 60117, Indonesia

E-mail address: kang.mastio@gmail.com (Heri Istiono)

doi: [10.21776/ub.rekayasasipil.2023.017.03.7](https://doi.org/10.21776/ub.rekayasasipil.2023.017.03.7)

Received: 24 August 2022; Revised: 10 March 2023 Accepted: 7 June 2023

E-ISSN: 2502-6348 © 2023 rekayasasipil@ub.ac.id. All rights reserved.

4	Jumlah Lantai	7 lantai
5	Panjang bangunan	84 m
6	Lebar bangunan	33,9 m
7	Mutu beton (f'c)	24,90 mpa
8	Mutu baja Tulangan sengkang (fy)	240 mpa
9	Mutu baja tulangan longitudinal (fy)	400 mpa
10	Sistem penahan gaya seismik	Sitem ganda beton beton bertulang khusus

2.2. *Pemodelan*

Pemodelan struktur bangunan rumah sakit dilakukan dengan menggunakan program bantu ETABS 17. Beban gempa yang diaplikasikan dalam pemodelan tersebut adalah metode respon spectrum. kontrol perilaku struktur mengacu pada SNI 1726- 2019. Selanjutnya untuk evaluasi strukturnya menggunakan metode analisis pushover dan untuk mendapatkan level kinerja dari struktur bangunan dengan berpedoman pada FEMA 356 (Fig. 1).

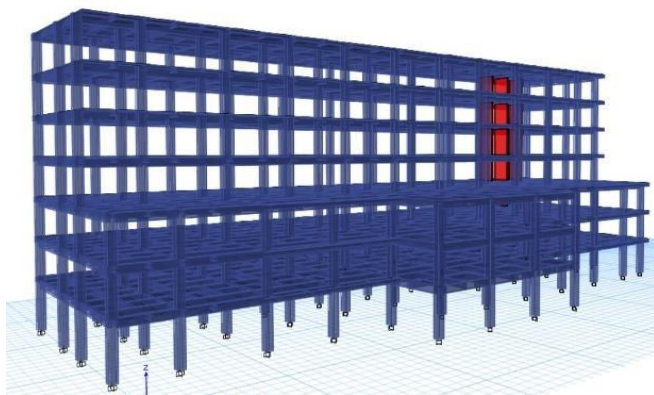


Fig. 1. Pemodelan struktur 3D

2.3. *Pembebanan*

Pembebanan berdasarkan SNI-1727-2013 untuk beban hidup dan PPIUG-1983 untuk beban matinya [5]. beban gempa berdasarkan SNI-1726-2019 dengan peta gempa wilayah Surabaya. Untuk kombinasi pembebanan diambil berdasarkan SNI-1727-2013 [2].

2.4. *Partisipasi Massa dan Waktu Getar Alami*

Partisipasi massa diambil sebesar 100% dari massa struktur, namun pasal 7.9.1 SNI 1726-2019 juga megizinkan untuk analisis sebesar 90% dari massa actual. Waktu getar alami berdasarkan pasal 7.8.2.1 SNI 1726-2019 dengan persyaratan sebagai berikut [3]:

$$T_{amin} = C_t.H_{nx} < T_{act} < T_{aMax} = T_{amin}.C_u \tag{1}$$

Dimana C_t dan C_u diperoleh dari tabel 17 dan 18 SNI 1726-2019 dan H_{nx} merupakan tinggi total struktur bangunan dalam meter.

2.5. *Simpangan Antar Tingkat*

Menurut pasal 7.8.6 SNI 1726 – 2019, simpangan antar tingkat desain harus dikalkulasi berdasarkan persamaan

berikut [3].

$$\delta_x = C_d \delta_{xe} / I_e \tag{2}$$

C_d merupakan faktor pembesaran simpangan lateral dan δ_{xe} adalah simpangan di tingkat-x yang ditinjau serta I_e merupakan faktor keutamaan gempa..

2.6. *Kontrol Shear Wall*

Berdasarkan dengan pasal 7.2.5.1 SNI 1726 - 2019 Sistem rangka struktur juga harus memenuhi yaitu dengan mampu menerima beban tidak boleh kurang dari 25 % dari berat total. Dengan kata lain shear wall maksimal menerima beban sebesar 75% dari gaya lateral srstruktur [3].

2.7. *Target Perpindahan*

Target perpindahan merupakan parameter yang digunakan untuk menentukan level kinerja struktur bangunan[18]. Parameter yang digunakan untuk mendapatkan target perpindahan diperoleh dari grafik kapasitas struktur [17]. Terdapat 2 kemungkinan perilaku seperti yang terdapat pada FEMA 356 yaitu kemiringan positif dan kemiringan negatif pasca mengalami kelelahan [6].

2.8. *Level Kinerja*

Level kinerja struktur merupakan parameter untuk mengetahui tingkat kerusakan saat terjadi gempa [15]. Kinerja struktur bertujuan untuk mempertimbangkan faktor ekonomis terhadap perbaikan bangunan saat terkena gempa dan keselamatan pengguna bangunan [7].

3. *Result and Discusions*

3.1. *Waktu Getar Alami dan Partisipasi Massa*

Hasil analisa menunjukan bahwa partisipasi massa telah mencapai 90% pada Modal 6 Dengan waktu getar alami didapat sebesar 1,485 detik.

$$T_{a\ min} = 1,007\ s$$

$$T_{a\ maks} = 1,561\ s > 1,485\ s$$

Berdasarkan hasil diatas maka periode getar hasil analisis telah sesuai dengan persyaratan.

3.2. *Simpangan Antar Lantai*

Berikut adalah simpangan antar lantai hasil analisa, **Table 2** merupakan arah X dan **Table 3** merupakan arah Y:

Table 2. Simpangan antar lantai arah X

Story	Direct ion	Delta	Delta	Cd	Delta x	Tinggi	Delta	Cek
		Total	xe				Tingkat	
		mm	mm		mm	mm	mm	
7	X	16,153	1,146	5,5	6,303	4200	42	OK
6	X	15,007	1,779	5,5	9,785	4200	42	OK
5	X	13,228	2,314	5,5	12,727	4200	42	OK
4	X	10,914	2,774	5,5	15,257	4200	42	OK
3	X	8,140	2,658	5,5	14,619	4200	42	OK
2	X	5,482	2,902	5,5	15,961	4200	42	OK
1	X	2,580	2,580	5,5	14,190	5200	52	OK

Berdasarkan **Table 2** untuk simpangan antar lantai arah X menunjukan bahwa simpangan yang terjadi per lantai masih dibawah simpangan izin yang ditentukan sehingga untuk arah X simpangan masih memenuhi persyaratan yang ada. Demikian juga untuk **Table 3** simpangan arah Y

menunjukkan bahwa simpangan yang terjadi masih dibawah batas izin simpangan yang diizinkan sehingga untuk arah Y juga masih memenuhi terhadap persyaratan simpangan yang ada.

Table 3. Simpangan antar lantai arah Y

Story	Direction	Delta Total	Delta xe	Cd	Delta x	Tinggi Tingkat	Delta Izin	Cek
		mm	mm		mm	mm	mm	
7	Y	14,598	1,313	5,5	7,222	4200	42	OK
6	Y	13,285	1,803	5,5	9,917	4200	42	OK
5	Y	11,482	2,212	5,5	12,166	4200	42	OK
4	Y	9,270	2,374	5,5	13,057	4200	42	OK
3	Y	6,896	2,393	5,5	13,162	4200	42	OK
2	Y	4,503	2,477	5,5	13,624	4200	42	OK
1	Y	2,026	2,026	5,5	11,143	5200	52	OK

3.3. Kontrol Shear Wall

Kontrol sistem ganda untuk rangka pemikul momen harus mampu memikul minimum sebesar 25% gaya seismik desain. Sisanya dipikul oleh dinding geser. Hasil yang dihasilkan dari aplikasi ETABS didapat sebagai berikut:

Table 4. Nilai dasar shear wall

Story	Load Case	FX		FY	
		kN		kN	
Base	EQX Max	72,2148	EQY Max	87,5273	
Base	EQX Max	55,3958	EQY Max	69,0718	
Base	EQX Max	71,1896	EQY Max	86,4403	
Base	EQX Max	192,1514	EQY Max	216,2368	
Base	EQX Max	204,2438	EQY Max	239,2695	
Total		597,195		699,780	

Dari **Table 4** diatas dapat diketahui total gaya geser yang di tahan oleh shearwall sebesar 569,195 kN untuk Arah X dan 699,780 kN untuk Arah Y. **Table 5** menunjukkan bahwa kontrol sistem ganda masih memenuhi persyaratan yang ada, baik untuk arah x maupun arah Y. dari tabel diatas menunjukkan bahwa prosentase distribusi gaya lateral arah Y sebesar 29,40% dan arah X sebesar 25,09%. Hal itu menunjukkan distribusi aktualnya masih memenuhi persyaratan minimumnya yaitu 25%.

Table 5. Kontribusi shear wall

Arah	Lokasi	Gaya Geser	Persentase
Arah Y	Shear Wall	699,780 kN	29,40%
	Keseluruhan	2379,873 kN	
Arah X	Shear Wall	699,780 kN	25,09%
	Keseluruhan	2379,873 kN	

3.4. Analisis Pushover

Dari analisa pushover 2 dimensi diperoleh kurva kapasitas, target displacemet, dan level kinerja sebagaimana ditampilkan dalam **Fig. 2 and 3**.

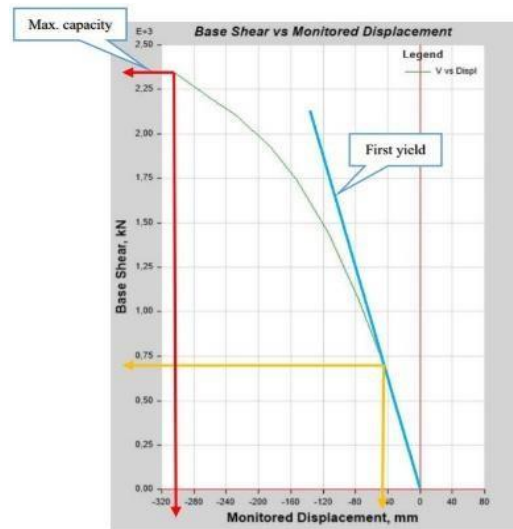


Fig. 2. Kurva kapasitas pushover arah X



Fig. 3. Kurva kapasitas pushover arah Y

Dari **Fig. 2 and 3** didapatkan titik penting pada kurva kapasitas yang akan dijabarkan pada **Table 6**.

Table 6. Rekapitulasi hasil Analisa pushover

	Arah X	Arah Y
Gaya Geser saat leleh (Kn)	1982,24	689,74
Gaya Geser kapasitas maksimal(Kn)	6381,44	2343,74
Displacemet saat leleh (mm)	50,48	43,65
Displacement saat kapasitas maksimal	304	3304
C ₀	1,2	1,2
C ₁	1	1
C ₂	1	1
C ₃	1	1
T _s	2,774	1,987
T _e	3,201	2,179
S _a	0,104	0,157
Target displacement	0,317	0,222
Ratio Drift	0,01	0,01
Level Kinerja	LS	LS

Dari hasil Analisa **Fig. 2 and 3** yang kemudian titik-titik pentingnya ditabelkan dalam **Table 6** didapatkan level kinerja baik arah X maupun arah Y masih dalam level *live safety* (LS) artinya bangunan masih layak digunakan setelah terjadi gempa sesuai dengan peta gempa dan peraturan gempa terbaru SNI 1726-2019. Berikut gambar sendi plastis yang terjadi saat dilakukan analisa pushover (**Fig. 4, 5, 6, and 7**).

Dari hasil analisa pushover yang sudah dilakukan, dapat dilihat level kerusakan elemen struktur yang terjadi akibat deformasi yang diterima oleh struktur bangunan. Sehingga dapat dilakukan evaluasi dan pengelompokan terhadap kategori kerusakan dan tingkat kinerja struktur gedung yang terjadi tiap perubahan nilai deformasinya. Berikut adalah level kerusakan akibat terbentuknya sendi plastis dalam program ETABS 17 (**Table 7**).

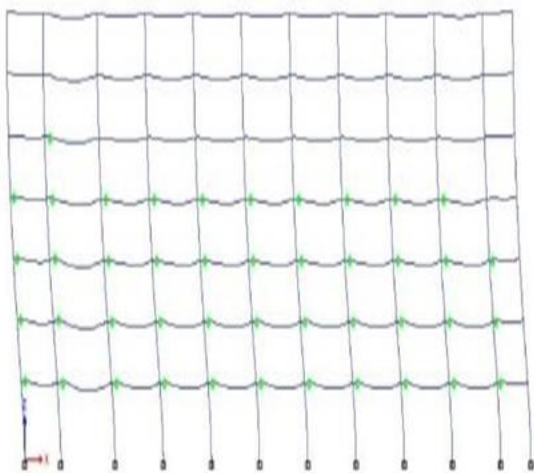


Fig. 4. Leleh pertama arah X

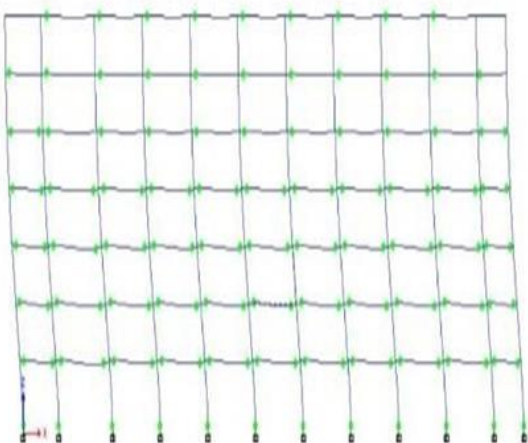


Fig. 5. Leleh menjelang runtuh arah X

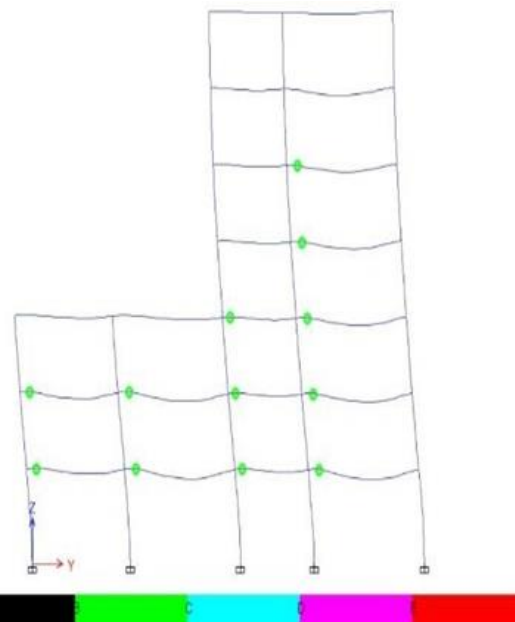


Fig. 6. Leleh pertama arah Y

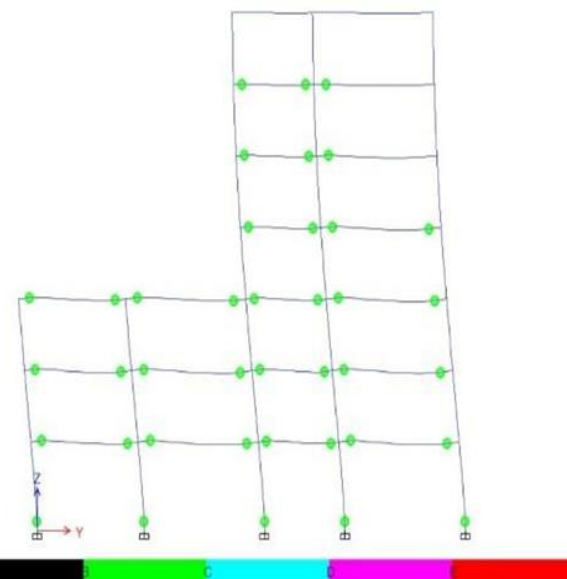


Fig. 7. Leleh menjelang runtuh arah Y

Table 7. Tingkat kerusakan struktur akibat terbentuknya sendi plastis dalam program ETABS 17

	Simbol	Penjelasan
B	●	Menunjukkan batas elastis pada struktur yang kemudian diikuti terjadinya pelelehan pertama pada struktur. Tidak ada kerusakan pada struktur dan non struktural.
C	●	Terjadi kerusakan pada komponen struktur dan non struktur mulai dari kecil hingga tingkat sedang . kekakuan struktur berkurang tapi masih mempunyai ambang yang cukup besar terhadap keruntuhan. Bangunan dapat berfungsi lagi jika sudah mengalami perbaikan
D	●	Batas maksimum struktur dalam menahan gaya gempa.
E	●	Struktur tidak mampu menahan gaya

Simbol	Penjelasan
	gempa tetapi masih mampu menahan gaya gravitasi.

4. Conclusion

Dengan adanya pembaharuan SNI 1726-2012 ke SNI 1726-2019, maka ada beberapa poin yang diperbarui seperti periode panjang respon spektrum pada SNI 1726-2019 (juga dilengkapi dengan peta periode Panjang, TL) yang sebelumnya pada SNI 1726-2019 tidak sampai pada persamaan periode panjang, partisipasi massa pada SNI lama dipersyaratkan 90%, sedangkan pada SNI yang terbaru dipersyaratkan 100% namun bisa dipakai nilai alternatif minimum sebesar 90%. Sedangkan untuk waktu periode, control system ganda, rasio simpangan tidak mengalami perubahan.

Dari hasil penelitian diatas maka bisa ditarik kesimpulan bahwa partisipasi massa yang disyaratkan 100%, namun bisa dipakai nilai alternatif minimum sebesar 90% yang dimana dapat terpenuhi pada modal ke 6. Waktu getar alami bangunan hasil dari analisa sebesar $1,485 \text{ s} < T_a \text{ maks} = 1,561 \text{ s}$ (sesuai dengan persyaratan). Hasil analisa perpindahan pada atap terjadi untuk X sebesar 16,153 mm dan untuk Y sebesar 14,598 mm. Kontribusi shear wall sebesar 29,40% untuk arah y, maka sisanya ditahan oleh struktur rangka 70,60% untuk arah y. Untuk arah x sebesar 25,09% untuk arah y, maka sisanya ditahan oleh struktur rangka 74,91%. Level Kinerja masuk dalam kategor LS (Life Safety) baik arah X maupun arah Y yang artinya Gedung dalam kondisi aman (tidak mengalami kerusakan struktur yang berarti) setelah terjadi gempa.

Author Declaration

Authors' contributions and responsibilities

The authors made substantial contributions to the conception and design of the study. The authors took responsibility for data analysis, interpretation, and discussion of results. The authors read and approved the final manuscript.

Availability of data and materials

All data are available from the authors.

Competing interests

The authors declare no competing interest.

References

- [1] S. Aisyah dan M. Yoga, "Pemodelan Struktur Bangunan Gedung Bertingkat Beton Bertulang Rangka Terbuka Simetris Di Daerah Rawan Gempa Dengan Metoda Analisis Pushover," Prosiding seminar nasional AVoER ke-3, 2011.
- [2] Badan Standardisasi Nasional, "SNI 1727-2013 Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain," Jakarta (Indonesia), 2013.
- [3] Badan Standardisasi Nasional, "SNI 1726-2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung," Jakarta (Indonesia), 2019.
- [4] Computer and Structure inc., "CSI Analysis Reference Manual for ETABS v17, ETABS and SAFETM," California (USA), 2020.
- [5] Departemen Pekerjaan Umum, "Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung," Jakarta (Indonesia), 1983.
- [6] Federal Emergency Management Agency, "Prestandard and Comentary for The Seismic Rehabilitation Of Building, FEMA 356," Washington (USA), 2000.
- [7] H. Istiono dan H. Prasetyo., "Analisis Respon Struktur dan Level Kinerja Bangunan Pasca Gempa Pada Gedung Hotel Biliton," SNTKAPAN VIII, 2020.
- [8] H. Istiono dan J. Propika, "Analisa Non-Linear Pada Mekanisme Keruntuhan Jembatan Rangka Baja Tipe Pratt," *Borneo Engineering: Jurnal Teknik Sipil*, vol.1, no. 2, 2017, doi: 10.35334/be.v1i2.604 .
- [9] H. Istiono dan A. Y. Ramadhan, "Analisi Pengaruh P-Delta Effect Terhadap Perbedaan Ketinggian Struktur Gedung Tahan Gempa (Studi kasus : Non-High Rise Building)," *Rekayasa Sipil*, vol.14, no. 3, 2020, doi: 10.21776/ub.rekayasasipil.2020.014.03.8.
- [10] H. Istiono dan E. Susanti, "Pola Keruntuhan Jembatan Rangka Menerus Tipe Waren," *Borneo Engineering: Jurnal Teknik Sipil*, vol. 3, no. 2, 2019, doi: 10.35334/be.v3i2.1169.
- [11] K. Miyachi *et al.*, "Progressive collapse analysis of steel truss bridges and evaluation of ductility," *Journal of Constructional Steel Research*, vol. 78, 2012, doi: 10.1016/j.jcsr.2012.06.015.
- [12] Y. Muntafi., "Evaluasi Kinerja Gedung DPU Wilayah kabupaten Wonogiri Dengan Analisis Pushover," Simposium Nasional RAPI XI FT UMS 2012, 2012.
- [13] A. Pamungkas dan E. Harianti, "Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa," Andi, Yogyakarta, 2018.
- [14] H. A. Safariski, "Evaluasi Penggunaan Bresing Baja dalam Meningkatkan Kinerja Struktur Beton Tahan Gempa (Studi Kasus : Gedung V Fakultas Teknik UNS", Universitas Sebelas Maret, Surakarta (Indonesia), 2012.
- [15] I. K. Sudarsana *et al.*, "Analisis Perbandingan Efisiensi Struktur Baja Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dan Sistem Rangka Bresing Eksentrik Pada Level Kinerja yang Sama," Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil 1 (SeNaTS 1), 2015.
- [16] Tavo dan U. Wijaya "Desain Rekayasa Gempa Berbasis Kinerja (Performance Based Design) Dilengkapi Contoh dan Aplikasi Program Bantu Etabs," Andi, Yogyakarta, 2018.
- [17] E. Wahyuni dan Y. Tethool, "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, 2015.
- [18] N. Zin *et al.*, "Pushover Analysis for Earthquake Response of a Steel Truss Bridge," *International Journal Of Scientific Engineering and Teknologi Reaserch*, vol. 3, no. 15, 2014.