

ANALISIS KEKUATAN STRUKTUR GEDUNG RSU MUHAMMADIYAH METRO DALAM PENGGUNAAN *VISCOUS FLUID DAMPER* DENGAN METODE RESPON SPEKTRUM

Doni Suhendro Sinaga¹, Fera Lestari², Vanita Kesumawati Yacub³ Ria Oktaviani Sinia⁴

Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil¹, Universitas Teknokrat Indonesia

^{2,3,4} Dosen Jurusan Teknik Sipil, Universitas Teknokrat Indonesia

Email: donissinaga@gmail.com

Received: 9 Juni 2023

Accepted: 18 Juni 2023

Published : 30 Juni 2023

Abstract

Earthquakes often occur in Indonesia, this can cause large earthquake vibration energy and can damage and even collapse buildings, especially multi-storey buildings. In this study will analyze Muhammadiyah Metro Hospital that use viscous fluid dampers. This study was conducted to compare the results of the base shear forces, joint displacement, and interstory drift on structures using the response spectrum method use SAP 2000 software. Based on the results of the analysis carried out, for approximate fundamental period of the structure with dampers gets a smaller periode 1,15 second while structure without damper gets a period 2,15 second which is exceeds the limiting coefficient that is 1,4 second. The results of the analysis of the base shear force of the structure with the damper produce a dynamic shear force (V_t) of 12321.337 kN which is greater than the static base shear force (V) of 5823.0754 kN which is in accordance with SNI 1726:2019. Based on the analysis of the deviation between levels, each structure fulfills the deviation between the permit levels of 40 mm in the X and Y directions, but on the 1st floor in the X direction the two structures do not meet the deviation between the permit levels. And the results of the joint displacement analysis on direction x of the structure using the damper were smaller with a maximum displacement was 48,62 mm, while the structure without a damper was 82,43 mm. For the results of the interstory drift analysis the damper structure was 46,24 mm while the structure without damper was 48,64 mm

Keywords: *Viscous Fluid Damper, Response Spectrum Analysis, Structure Analyzing*

Abstrak

Gempa bumi sering terjadi di Indonesia, hal itu dapat menimbulkan energi getaran gempa yang sangat besar dan dapat merusak bahkan merobohkan bangunan terutama Gedung bertingkat banyak, terutama pada Gedung bertingkat banyak. Pada penelitian ini akan menganalisis Rumah Sakit Muhammadiyah Metro yang menggunakan *Viscous Fluid Damper*. Pada penelitian ini dilakukan untuk membandingkan hasil analisis dari gaya geser dasar dan respon perpindahan yang terjadi tiap lantai pada struktur dengan menggunakan metode respon spektrum dengan SAP 2000. Berdasarkan pada hasil analisis yang dilakukan menunjukan, periode getar alami struktur yang menggunakan damper mendapatkan periode yang lebih kecil yaitu sebesar 1,15 detik, sedangkan struktur tanpa damper menghasilkan periode getar alami sebesar 2,15 detik yang melebihi koefisien batasan atas yaitu sebesar 1,4 detik. Pada hasil analisis gaya geser dasar struktur dengan damper menghasilkan gaya geser dinamis (V_t) sebesar 12321,337 kN yang lebih besar dari gaya geser dasar statik (V) sebesar 5823,0754 kN yang sesuai dengan SNI 1726:2019. Pada hasil analisis simpangan antar tingkat, masing-masing struktur memenuhi simpangan antar tingkat izin sebesar 40 mm pada arah X maupun Y, namun pada lantai 1 pada arah X kedua struktur tidak memenuhi simpangan antar tingkat izin. Dan hasil dari joint displacement pada arah x pada struktur yang menggunakan damper lebih kecil dengan maksimum yaitu 48,62 mm, sedangkan struktur tanpa damper sebesar 82,43 mm. untuk hasil analisis Interstory drift pada struktur yang menggunakan damper yaitu sebesar 46,25 mm, sedangkan struktur tanpa damper yaitu sebesar 48,64 mm.

Kata Kunci: *Viscous Fluid Damper, Analisis Respon Spektrum, Analisis struktur.*

To cite this article:

Sinaga,dkk (2023). Analisis Kekuatan Struktur Gedung RSUD Muhammadiyah Metro Dalam Penggunaan *Viscous Fluid Damper* Dengan Metode Respon Spektrum, *Jurnal SENDI*, Vol(4), 36-42

PENDAHULUAN

Gempa bumi sering terjadi di Indonesia, hal itu dapat menimbulkan energi getaran gempa yang sangat besar dan dapat merusak bahkan merobohkan bangunan terutama Gedung bertingkat banyak, terutama pada Gedung bertingkat banyak. , hal itu dapat menimbulkan korban jiwa dan biaya yang tidak sedikit. Gempa bumi merupakan salah satu beban yang dapat menyebabkan kerusakan pada struktur terutama pada bangunan Gedung bertingkat banyak.

Oleh karena itu terjadilah banyak inovasi yang dilakukan para praktisi Teknik untuk mengurangi kerusakan struktur yang terjadi akibat adanya gempa bumi. Tidak terkecuali bangunan Rumah Sakit yang pada penelitian ini akan dilakukan dengan menggunakan pemodelan dari RSUD Muhammadiyah Metro. Salah satu solusi untuk mengurangi kerusakan struktur akibat gempa bumi adalah dengan memberikan alat tambahan yang dipasang pada struktur bangunan, salah satunya yaitu *Damper*.

Pada penelitian ini damper yang digunakan dari jenis *passive system* yaitu *viscous fluid damper*. *Viscous Fluid Damper* adalah alat yang digunakan untuk meredam sebuah gaya dinamis yang bekerja pada sebuah struktur seperti beban gempa, beban angin bahkan beban getaran mesin. Alat ini digunakan sebagai peredam tambahan pada struktur gedung dengan cara mengurangi tegangan dan defleksi saat pembebanan terjadi, serta mengurangi gaya saat pembebanan terjadi. Cara kerja peredam ini yaitu dengan menghilangkan energi dengan merubah energi kinetik menjadi energi panas, selanjutnya energi panas itu akan menghilang di udara.

Penelitian ini kiranya sangat penting, dikarenakan Rumah Sakit adalah bangunan yang sangat vital bagi masyarakat, maka dari itu dalam hal pembangunannya sangat penting untuk dibangun dengan kekuatan struktur yang kuat. Dalam hal ini *Viscous Fluid Damper* dapat dijadikan salah satu rekomendasi dalam hal penguatan struktur, dikarenakan dapat mereduksi atau menyerap energi yang diakibatkan oleh getaran gempa bumi, dan jika terjadinya gempa dapat meminimalisir kerusakan pada struktur, dan memungkinkan mengurangi terjadinya korban jiwa akibat gempa bumi.

TINJAUAN PUSTAKA

Viscous Fluid Damper

Viscous Fluid Dampers adalah suatu alat tambahan yang diaplikasikan pada struktur bangunan yang digunakan untuk meredam gaya dinamis yang bekerja pada struktur bangunan seperti beban gempa dan beban angin. Alat ini bekerja dengan cara menambah energi disipasi pada system lateral struktur bangunan. Peredam ini bekerja dengan menghilangkan energi dengan cara mendorong cairan/fluida melalui sebuah *orifices* dan menghasilkan sebuah tekanan guna menciptakan sebuah gaya redaman.

Cara kerja *Viscous Fluid Damper* yaitu dengan membatasi pergerakan dengan cara memberikan perlawanan gaya. Gaya yang diberikan pada VFD timbul yang diakibatkan adanya gaya luar yang berlawanan arah bekerja pada alat tersebut. Dalam mendisipasikan energi, alat ini menggunakan konsep mekanika fluida. Alat disipasi energi seperti Damper berfungsi untuk memperkecil respon simpangan struktur juga dapat mengentikan getaran, agar simpangan-simpangan pada antar tingkat dapat diperkecil sehingga dapat memperkecil gaya lateral kolom.

Analisis Dinamik

Analisis dinamik pada perancangan struktur tahan gempa dapat dilakukan jika diperlukannya evaluasi yang lebih akurat pada gaya-gaya gempa yang bekerja pada struktur, serta untuk dapat mengetahui perilaku dari struktur tersebut akibat adanya pengaruh gempa. Pada struktur bangunan bertingkat tinggi atau struktur dengan bentuk yang tidak teratur. Analisis dinamik dapat dilakukan dengan cara elastis ataupun dengan inelastis namun Analisis dinamik elastis lebih sering digunakan karena metodenya yang lebih sederhana. Pada cara elastis dibedakan dengan Analisis Ragam waktu atau biasa disebut analisis *Time History*, dimana cara ini diperlukan rekaman percepatan gempa dan dapat juga dilakukan dengan cara Analisis Ragam Spektrum Respon, dimana cara ini respon maksimum pada tiap ragam getar terjadi yang dihasilkan dari Spektrum Respon Rencana (*Design Spectra*). Pada analisis dinamis elastis digunakan untuk mendapatkan respon pada struktur akibat adanya pengaruh gempa yang sangat kuat dengancara integrasi langsung (*Direct Integration Method*).

Analisis dinamik dilakukan untuk menentukan pembagian gaya geser tingkat yang diakibatkan oleh Gerakan tanah dari gempa dan dapat dilakukan dengan cara analisis ragam respon spektrum. Pembagian gaya geser tingkat tersebut dimaksudkan untuk menggantikan pembagian beban static ekuivalen. Pada analisis ragam respon spektrum, sebagai spektrum percepatan respon gempa rencana harus dipakai diagram koefisien gempa dasar (C) untuk masing-masing wilayah gempa. Nilai C tersebut tidak berdimensi sehingga respon masing-masing ragam merupakan respon relative.

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini akan diberikan contoh perhitungan pada struktur 7 lantai dengan 1 lantai basement dimana struktur yang akan dianalisis adalah struktur dengan menggunakan system peredaman energi atau damper akibat gaya gempa. Adapun system yang akan dipakai untuk meredam energi adalah *Viscous Fluid Damper* dengan beberapa pola yang diletakkan pada setiap struktur.

Struktur yang digunakan pada bangunan ini yaitu berupa portal Gedung beton bertulang dengan pemodelan dua dimensi. Struktur bangunan merupakan Gedung dengan 8 lantai termasuk basement dengan tinggi tiap lantai adalah 4 meter. Bangunan ini terletak di Kota Metro dengan fungsi Gedung rumah sakit.

Studi Literatur

Studi literatur dari jurnal dan buku yang terkait dalam analisis respon spektrum dari penggunaan *Viscous Fluid Damper*. Buku acuan yang dipakai antara lain SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, SNI 1727:2020 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Gedung dan Struktur Lain, dan Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung 1987, *Uniform Building Code For Earthquake Design Volume-2 (UBC, 1997)* dan jurnal-jurnal maupun skripsi penelitian terdahulu yang berkaitan dengan analisis respon spektrum dan *Viscous Fluid Damper*.

Data Model Struktur dan Material

1	Fungsi Bangunan	Gedung Rumah Sakit
2	Lokasi Bangunan	Kota Metro, Lampung.
3	Jenis Tanah Dasar	Tanah Sedang (Situs SD)
4	Jumlah Lantai	8 Lantai
5	Tinggi Total Gedung	28 Meter
6	Tinggi Antar Lantai	4 Meter
7	Panjang Bangunan arah X	3 x 6 m = 18 Meter
8	Faktor Keutamaan Gedung	1,5
9	Jenis Sistem Penahan Gaya Gempa	Rangka beton bertulang pemikul momen khusus
10	Koefisien Modifikasi Respon, R	8,0
11	Pemodelan	2 Dimensi

Untuk data material yang digunakan pada struktur RSUD Muhammadiyah Metro sesuai dengan perencanaan pembangunan, data didapat dari konsultan perencana. Material yang digunakan pada struktur bangunan ini adalah material beton bertulang. Adapun material dan dimensi yang digunakan dalam perencanaan dapat dilihat pada Tabel 1. dan Tabel 2. sebagai berikut.

Tabel 3.1 Mutu Beton dan Baja Tulangan

Fungsi	Mutu Beton	
	F'c	Ec *)
Balok	25 Mpa	23.500
Kolom	30 Mpa	25.742,9
Pelat	25 Mpa	23.500
Pondasi	30 Mpa	25.742,9
Dinding	25 Mpa	23.500
Pancang	30 Mpa	25.742,9

Mutu Baja Tulangan

Tegangan Tulangan Ulir (F_y) = BJ 40 = 400 Mpa

Tegangan Tulangan Polos (F_y) = BJ 24 = 240 Mpa

*) $E_c = 4700\sqrt{f'_c}$

Tabel 2. Dimensi Balok dan Kolom

Tipe	Dimensi
Balok	
B1	400 x 700
B2	250 x 550
B3	200 x 400
B4	150 x 300
B5	400 x 600
Kolom	
K1	800 x 800
K2	600 x 600
K3	600 x 900
K4	500 x 600
Pelat	
Pelat Lantai	150 x 150
Pelat Atap	120 x 120

Pembebanan

Pada penelitian ini setelah seluruh model struktur telah di buat, selanjutnya adalah mendefinisikan seluruh beban yang berada di dalam struktur, seperti beban hidup (*Live Load*), beban mati (Dead Load) dan beban mati tambahan maupun kombinasi pembebanan. Sebelum menginput seluruh beban, pada penelitian ini akan dilakukan perhitungan total seluruh beban dengan seluruh bahan dan komponen mengacu pada Pedoman Perencanaan Pembangunan Untuk Rumah dan Gedung (PPURG 1987) dan SNI 1727:2020 dan yang sesuai dengan spesifikasi perencanaan Gedung Rumah Sakit Muhammadiyah Metro.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Periode Getar Struktur

Pada sebuah struktur yang dimodelkan didapatkan periode getar alami struktur yang menentukan besarnya beban gempa yang diterima struktur, semakin besar periode getar maka semakin kecil gaya gempa yang diterima.

Periode getar struktur (T) tidak boleh melebihi hasil perkalian koefisien untuk Batasan atas pada periode yang dihitung ($C_u T_a$) yang akan dijabarkan berikut.

$$T_a = C_t h_n^x$$

$$T_a = 0,0466 \times 32^{0,9}$$

$$T_a = 1,0544$$

$$C_u T_a = 1,4 \times 1,0544 = 1,4762$$

Keterangan:

T_a = Periode fundamental pendekatan

C_t dan x = Nilai Parameter periode pendekatan sesuai dengan tipe struktur

h_n = ketinggian struktur

Berikut adalah hasil perbandingan periode getar alami struktur yang didapatkan pada pemodelan struktur yang menggunakan damper dan tanpa menggunakan damper dengan menggunakan *Sap2000* yang dapat dilihat pada Tabel 3

Tabel 3. Perbandingan Periode Getar Alami Struktur

Mode	Periode Tanpa VFD	SumX	Periode (sec) Dengan VFD	SumX
1	2,159608	0,883	1,150292	0,89598
2	1,906473	0,88302	1,120385	0,89713

3	1,686264	0,88303	0,914295	0,93453
4	0,616147	0,95966	0,381721	0,98711
5	0,547035	0,95967	0,373684	0,98711
6	0,487491	0,95976	0,302009	0,98893
7	0,299912	0,98129	0,247919	0,98893
8	0,262955	0,98129	0,238212	0,98893
9	0,238406	0,98141	0,232712	0,98893
10	0,208766	0,98141	0,231666	0,98893
11	0,200643	0,98142	0,230672	0,98893
12	0,192122	0,98142	0,230146	0,98893

Gaya Geser Dasar (*Base Shear*)

Gaya geser dasar adalah pengganti dari beban gempa yang bekerja pada dasar bangunan, menurut SNI 1726-2019 Gaya geser dasar hasil analisis (V_t) harus lebih besar 100% dari gaya geser dasar hasil perhitungan (V) Berikut adalah pengecekan hasil gaya geser dasar hasil analisis menggunakan SAP 2000 yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengecekan Hasil Gaya Geser Dasar

Jenis Struktur	Arah	Gaya geser dasar dinamis, V_t (KN)	Gaya geser dasar Statik, V (KN)	Cek $V > V_t$
Tanpa Damper	X	5822,996	5823,0754	Tidak OK
Tanpa Damper	Y	5822,996	5823,0754	Tidak OK
Jenis Struktur	Arah	Gaya geser dasar dinamis, V_t (KN)	Gaya geser dasar Statik, V (KN)	Cek $V > V_t$
Dengan Damper	X	12421,337	5823,0754	OK
Dengan Damper	Y	11333,884	5823,0754	OK

Dari tabel diatas struktur yang menggunakan damper menghasilkan gaya geser dasar dinamis yang didapat dari hasil analisis dinamis yang lebih besar dari gaya geser dasar statik yang didapat dari gaya geser dasar statik, sedangkan struktur yang tanpa menggunakan damper berbanding terbalik yaitu gaya geser statik tidak lebih besar dari gaya geser dinamis, maka menurut SNI 1726-2019 gaya geser dasar struktur yang tidak menggunakan damper dilakukan penskalaan ulang dan harus dikalikan dengan dengan V/V_t .

Joint Displacement

Joint displacement atau perpindahan elastis pada tumpuan yang dihitung akibat gaya gempa desain, hasil analisis perpindahan elastis pada tumpuan didapatkan dengan analisis menggunakan SAP 2000 pada masing-masing struktur yang dapat dilihat pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Perbandingan *Joint Displacement* Arah-X

Lantai	<i>Joint Displacement</i> Arah X Tanpa VFD (mm)	<i>Joint Displacement</i> Arah X Dengan VFD (mm)
Atap	101,9502	52,0699
7	97,24437	49,72393
6	90,75636	45,88211
5	82,15087	42,85622
4	71,40213	36,81724
3	58,4993	33,44865
2	43,15399	26,9613
1	24,32179	23,12178

Berikut adalah hasil analisis *joint displacement* pada arah y.

Tabel 6. Perbandingan *Joint Displacement* Arah Y

Lantai Atap	<i>Joint Displacement</i> Arah Y Tanpa VFD (mm)	<i>Joint Displacement</i> Arah Y Dengan VFD (mm)
	82,43066	48,62916
7	77,53433	45,76451
6	71,30267	41,80121
5	63,59821	38,25756
4	54,49781	32,63335
3	44,10339	28,83673
2	32,32897	23,02717
1	18,35161	18,89111

Interstory Drift

Interstory Drift atau perpindahan elastik yang diperbesar yang didapatkan dengan analisis menggunakan SAP 2000 akan dibandingkan dengan kinerja batas ultimate, yang akan dijabarkan sebagai berikut.

Tabel 7. Perbandingan *Interstory Drift* Arah X

Lantai Atap	<i>Interstory Drift</i> Arah X Tanpa VFD (mm)	<i>Interstory Drift</i> Arah X Dengan VFD (mm)	Kinerja batas ultimate $0,01 \cdot h_{sx}$
	9,411722	4,69194	40
7	12,97602	7,683636	40
6	17,21098	6,05178	40
5	21,49748	12,07795	40
Lantai Atap	<i>Interstory Drift</i> Arah X Tanpa VFD (mm)	<i>Interstory Drift</i> Arah X Dengan VFD (mm)	Kinerja batas ultimate $0,01 \cdot h_{sx}$
4	25,80566	6,737184	40
3	30,69061	12,97471	40
2	37,66441	7,679042	40
1	48,64357	46,24355	40

Berikut adalah hasil analisis *interstory drift* pada arah Y

Tabel 8. Perbandingan *Interstory Drift* Arah Y

Lantai Atap	<i>Interstory Drift</i> Arah Y Tanpa VFD (mm)	<i>Interstory Drift</i> Arah Y Dengan VFD (mm)	Kinerja batas ultimate $0,01 \cdot h_{sx}$
	9,792644	5,729294	40
7	12,46334	7,926606	40
6	15,40891	7,0873	40
5	18,20081	11,24842	40
4	20,78884	7,593246	40
3	23,54883	11,61911	40
2	27,95473	8,272114	40
1	36,70321	37,78222	40

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan yaitu analisis kekuatan struktur Gedung RSU Muhammadiyah Metro yang didesain menggunakan damper berjenis *Viscous Fluid Damper* didapatkan kesimpulan yaitu:

1. Periode getar alami struktur yang menggunakan damper mendapatkan periode yang lebih kecil yaitu sebesar 1,15 detik dan struktur yang tanpa menggunakan damper mendapatkan periode 2,15 detik yang melebihi koefisien batasan atas untuk periode fundamental struktur yaitu 1,4762 detik. Hal tersebut menunjukkan semakin besar periode getar alami struktur maka semakin kecil pula gaya gempa yang diterima pada struktur.
2. Pada analisis gaya geser dasar struktur yang menggunakan damper menghasilkan gaya geser dasar dinamis (V_t) sebesar 12321,337 kN yang lebih besar dari gaya geser dasar statik (V) sebesar 5823,0754 kN.

Sedangkan pada struktur tanpa damper menghasilkan gaya geser dinamis (V_t) sebesar 5822,996 kN yang lebih kecil dari gaya geser dasar statik (V) sebesar 5823,0754 kN.

3. Pada analisis simpangan antar tingkat, masing-masing struktur memenuhi simpangan antar tingkat izin (Δ_a) sebesar 40 mm pada arah X maupun arah Y, namun pada lantai 1 pada arah X masing-masing struktur tidak memenuhi simpangan antar izin dikarenakan menghasilkan nilai lebih dari 40 mm. Pada hasil analisis Joint Displacement dengan struktur dengan damper pada arah X maupun Y menghasilkan perpindahan elastis pada tumpuan lebih kecil dari pada struktur yang tanpa menggunakan damper. Pada hasil analisis Interstory drift, struktur yang menggunakan damper menghasilkan Interstory drift yang lebih kecil dari pada struktur tanpa menggunakan damper.

DAFTAR PUSTAKA

- ASCE 7-10. (2010) *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*. Virginia: American Society of Civil Engineering.
- ATC-40. (1996) *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings, Volume I*. California: Seismic Safety Commission State of California.
- Badan Standarisasi Nasional. (2019) *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk struktur Gedung dan non gedung (SNI-1726-2019)*. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional (2020) *Beban Minimum untuk Perancangan Gedung dan Struktur Lain (SNI-1727-2020)*. Jakarta: BSN.
- Constantinou, Michael. (1998) *Passive Energy Dissipation System for Structural Design and Retrofit*. New York: National Center for Earthquake Engineering Research.
- Departemen Pekerjaan Umum. (1987) *Pedoman Perencanaan Pembebanan Indonesia untuk Rumah dan Gedung (PPPURG 1987)*. Jakarta: Yayasan Badan Pekerjaan Umum.
- Fauzan, Rizky (2019) *Ta: Analisis Pengaruh Pola Penempatan Fluid Viscous Damper Terhadap Respon Strktur Gedung 12 Lantai*. Skripsi Thesis, Institut Teknologi Nasional, Bandung.
- Hajati, N. L., & Hanif, A. N. (2018). Kajian Kinerja Struktur Gedung Simetris Menggunakan Peredam Tipe Fluid Viscous Damper, 14.
- Hariyanto, A. (2011). Analisis Kinerja Struktur Pada Bangunan Bertingkat Tidak Beraturan Dengan Analisis Dinamik Menggunakan Metode Analisis Respons Spektrum. Skripsi thesis, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Muzahab, L. A. (2018). Pengaruh Pemasangan Peredam Getaran Eksternal Tipe Viscous terhadap Kinerja Struktur Gedung. *Jurnal Teknik: Media Pengembangan Ilmu dan Aplikasi Teknik*, 17(1), 36-47.
- Nazifa, Naurah. (2015) *Analisis Pengaruh Pola Penempatan Fluid Viscous Damper Terhadap Respons Struktur Gedung Akibat Gaya Gempa*. Departemen Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara, Medan.
- P. Douglas, Taylor. *History, Design and Applications of Fluid Viscous Dampers in Structural Engineering*. New York: Taylor Devices, Inc.
- P. Douglas, Taylor. *Fluid Viscous Dampers Used For Seismic Energy Dissipation in Structure*. New York: Taylor Devices, Inc
- Paulay, T. (1992) *Seismic Design in Reinforced Concrete and Masonry Building*. New York: John Wiley and Song Inc
- Rizky, Anzily Alayna (2021) *Desain Struktur Bangunan Gedung Hotel Amaris Menggunakan Fluid Viscous Damper*. Undergraduate thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.