



Seminar Nasional Ilmu Teknik dan Aplikasi Industri (SINTA)

Homepage: sinta.eng.unila.ac.id



Evaluasi struktur kolom gedung 2 lantai eksisting terhadap rencana penambahan beban 2 lantai di atasnya dan beban gempa

K H F Sari*, V A Noorhidana, F Alami, L Irianti, dan M Helmi

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung, Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro, Bandar Lampung 35145

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diterima: 1 Oktober 2021

Direvisi: 26 November 2021

Diterbitkan: 14 Desember 2021

Kata kunci:

Evaluasi

Struktur

Kolom

Perubahan beban

ABSTRAK

Kebijakan pemerintah dalam mengembangkan pendidikan di Perguruan Tinggi akan meningkatkan kebutuhan ruang kelas yang memadai untuk proses pembelajarannya. Pengembangan ruang kelas pada umumnya dengan membangun gedung baru yang bisa mengurangi jumlah luasan ruang terbuka. Salah satu cara menambah ruang kelas tanpa mengurangi luasan ruang terbuka adalah dengan menambah lantai di atas gedung yang sudah ada. Paper ini menyajikan studi kasus evaluasi gedung 2 lantai yang akan di tambah 2 lantai di atasnya untuk meningkatkan jumlah ruang kelas. Model dan jenis struktur gedung 2 lantainya menggunakan kondisi lapangan Gedung E Jurusan Teknik Sipil Unila yang dibangun tahun 1995. Struktur gedung ini menggunakan sistem rangka beton bertulang yang berbentuk tidak simetris di keempat sisinya. Pengambilan data di lapangan berupa dimensi struktur, kuat tekan beton, dan jumlah tulangan terpasang. Evaluasi struktur dititikberatkan pada bagian struktur kolom yang akan menerima langsung beban tambahan akibat penambahan 2 lantai. Analisis kemampuan struktur kolom terhadap beban gravitasi dan beban gempa menggunakan respon spektrum. Hasil analisis menunjukkan bahwa struktur kolom eksisting tidak mampu menahan beban grafitasi akibat penambahan 2 lantai di atasnya, serta simpangan antarlantai melebihi batas ijin. Dengan demikian diperlukan upaya perkuatan struktur kolom jika akan dilakukan penambahan beban 2 lantai di atasnya.

1. Pendahuluan

1.1. Latar belakang

Minat pendidikan di Indonesia mengalami pertumbuhan yang cukup signifikan dalam beberapa tahun terakhir. Kebijakan pemerintah dalam mengembangkan pendidikan di perguruan tinggi akan meningkatkan kebutuhan ruang kelas yang memadai

untuk proses pembelajarannya. Pengembangan ruang kelas pada umumnya dengan membangun gedung baru yang bisa mengurangi jumlah luasan ruang terbuka. Salah satu cara menambah ruang kelas tanpa mengurangi luasan ruang terbuka adalah dengan menambah lantai di atas gedung yang sudah ada.

Gedung E Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung merupakan gedung perkuliahan yang dibangun pada tahun 1995. Gedung E terdiri dari 2 lantai

*Kiki Hasanah Fitrah Sari

E-mail: kiki.hasanah1036@students.unila.ac.id

tidak simetris dengan menggunakan sistem rangka beton bertulang dengan atap rangka baja. Tampak depan dan samping Gedung E ditampilkan dalam Gambar 1.

Penambahan lantai yang dilakukan yaitu sebanyak 2 lantai dengan tambahan 1 pelat atap. Adanya penambahan beban gravitasi akan mempengaruhi elemen struktur serta kestabilan struktur bertingkat terhadap beban gempa yang bekerja. Untuk itu, perlu dilakukan evaluasi struktur eksisting untuk mengetahui kemampuan ataupun degradasi yang terjadi akibat dari penambahan lantai tersebut.

Degradasi yang dimaksudkan adalah kemungkinan kegagalan struktur kolom yang terjadi, dikarenakan kolom berperan penting sehingga harus direncanakan dengan prinsip *strong column weak beam* (Subagio dkk, 2021). Kerusakan yang terjadi pada kolom secara visual tidak mengalami pelendutan ataupun keretakan, diperlukan evaluasi secara mendetail untuk mengetahui dan menentukan metode perbaikan yang tepat untuk penanganan bangunan tersebut (Karlengie dkk, 2021).

Menurut Saruni dkk., (2017), evaluasi struktur yang direncanakan dengan menambahkan 1 tingkat menjadi 3 tingkat yang dimodelkan 3D dengan bantuan program ETABS. Elemen struktur dan pembebanan untuk tingkat yang ditambahkan sama dengan struktur awal dengan statik ekuivalen. Hasil evaluasi struktur akibat penambahan lantai menunjukkan beberapa elemen kolom memiliki rasio tegangan >1 dan periode struktur menjadi lebih besar dari periode maksimum berdasarkan SNI 1726:2012. Diperlukan perkuatan elemen struktur dan dilakukan beberapa permodelan untuk dijadikan rekomendasi perkuatan.

1.2. Rumusan masalah

Didapat dari latar belakang diatas, maka dirumuskan permasalahan sebagai berikut: bagaimana perilaku struktur eksisting terhadap penambahan beban dua lantai dan beban gempa yang bekerja.

1.3. Tujuan penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui hasil evaluasi dan perilaku struktur kolom eksisting terhadap perubahan beban menjadi 4 lantai dan beban gempa yang bekerja.

1.4 Batasan masalah

1. Fungsi bangunan yang diteliti berupa gedung perkuliahan.
2. Bangunan yang diteliti terdiri 2 lantai dengan konstruksi beton bertulang berdasarkan eksisting.
3. Tidak dilakukan peninjauan terhadap struktur bawah gedung.
4. Struktur gedung yang dianalisis hanya bagian kolom.

5. Analisis dan evaluasi struktur bangunan menggunakan SAP2000 V14 berdasarkan pedoman SNI 1726-2019 dan SNI 2847-2019.
6. Permodelan open frame 3D.
7. Kekuatan material eksisting, baik beton maupun tulangan berdasarkan hasil uji *Hammer*, *Ultrasonic Pulse Velocity (UPV)* dan *Rebar Detector*.
8. Hasil analisis data *Hammer* dan UPV didapat dari hasil analisis pada penelitian sebelumnya.

2. Metode penelitian

2.1. Lokasi penelitian

Penelitian ini dilakukan pada struktur Gedung E Fakultas Teknik Universitas Lampung di Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro No. 1 Kecamatan Rajabasa, Gedong Meneng, Bandar Lampung (Gambar 1).



Gambar 1. Lokasi penelitian.

2.2. Data yang digunakan

Data pada penelitian ini berupa data primer yang didapat dari pengukuran dan pengujian langsung di lapangan. Terdapat data-data yang diperlukan dalam evaluasi struktur eksisting yaitu:

1. Geometri struktur eksisting didapat dari gambar arsitektural dan pengukuran langsung dengan

menggunakan alat meteran. Pengukuran dilakukan untuk mengetahui dimensi struktur eksisting secara aktual dikarenakan tidak didapatnya *as-built drawing*.

2. Pengambilan data struktur eksisting dilakukan dengan pengujian dengan cara *non destructive test*. Untuk pengujian mutu beton digunakan alat *Schmidt Rebound Hammer* dan *Ultrasonic Pulse Velocity meter* (UPV). Pengujian untuk mengetahui letak dan jumlah tulangan yang berada pada elemen struktur dengan alat *Rebar Detector* (Refani dkk., 2016). Selain itu, dilakukan pembukaan pada permukaan kolom untuk mengetahui dimensi dan jumlah tulangan terpasang.

2.3. Penentuan beban gravitasi dan beban gempa

Beban merupakan gaya luar yang bekerja pada struktur, dapat ditentukan secara pasti maupun estimasi (Saruni dkk., 2017). Berikut beban-beban yang bekerja:

1. Beban mati sendiri struktur
Beban material yang digunakan pada elemen struktur kolom, balok, pelat, dan rangka baja diambil dari ASCE 7-16 Tabel C3-1.
Beban material beton bertulang: 23,6 KN/m²
Beban material baja: 77,3 KN/m²
2. Beban mati tambahan
Beban Dinding per m
Tinggi dinding: 3,16 m
Beban dinding ½ bata: 2,3 KN/m² (ASCE 7-16 Tabel C3-1)
Berat dinding: 3,16 x 2,3 = 7,268 KN/m².
3. Beban hidup
Beban hidup yang digunakan tidak dikalikan dengan faktor reduksi dan diambil dari SNI 1727:2020 Tabel 4.
Ruang kuliah: 1,92 KN/m²
Koridor: 3,83 KN/m²
Atap datar : 0,96 KN/m²
4. Beban gempa
Wilayah Indonesia merupakan wilayah yang rawan gempa, maka bangunan di Indonesia harus dianalisis terhadap ketahanan gempa (Asroni, 2015). Beban gempa dihitung berdasarkan SNI 1726:2019, sebagai berikut:
 - a. Penentuan kelas situs
Pada ASCE 7-16 pasal 11.4.3, jika terdapat *properties* tanah yang tidak diketahui maka dapat diartikan sebagai kelas situs D (Tanah sedang)
 - b. Kategori resiko bangunan
Gedung perkuliahan merupakan kategori resiko IV
 - c. Faktor utama kegempaan
Dengan kategori resiko IV, $I_e = 1.5$

- d. Faktor modifikasi respons
Berdasarkan SPRMK, $R = 8$

Tabel 1. Beban mati tambahan per m² pelat lantai.

Jenis Beban	Berat, KN/m ²
Keramik Spesi Mekanikal	1,10
Penggantung Kayu	0,19
Plafon <i>Gypsum</i> (9mm)	0,12
	0,072
Total	1,4820

(Sumber : ASCE 7-16)

Tabel 2. Beban mati tambahan per m² pelat atap.

Jenis Beban	Berat, KN/m ²
Lapisan <i>Waterproofing</i> Mekanikal	0,05
Penggantung Kayu	0,19
Plafon <i>Gypsum</i> (9mm)	0,12
	0,072
Total	0,432

(Sumber : ASCE 7-16)

2.4. Kombinasi pembebanan yang digunakan

Kombinasi beban berdasarkan acuan SNI 2847:2019 pasal 5.3, sebagai berikut:

1. Comb. 1: 1.4 DL
2. Comb. 2: 1.2 DL+1,6 L
3. Comb. 3: 1.2DL + 10E + 1LL
4. Comb. 4: 0.9DL + 1.0E

2.5. Evaluasi struktur eksisting

Gedung E Teknik sipil merupakan struktur asimetris yang termasuk dalam ketidakberaturan struktur horizontal menurut tabel 13 SNI 1726:2019. Maka dari itu, analisis struktur yang digunakan yaitu analisis dinamik respon spektrum. Desain respon spektrum didapat dengan bantuan *software* Respons Spektra Peta Gempa Indonesia 2019.

Struktur Gedung E dimodelkan dengan SAP 2000, selanjutnya *output* analisis struktur yang didapat berupa gaya dalam aksial, geser dan momen pada kolom. Kolom merupakan komponen struktur yang menerima gaya-gaya berupa beban lateral dan beban dari struktur balok maupun pelat, kemudian didistribusikan ke struktur bawah untuk diteruskan ke lapisan tanah keras (Hamdi, 2016).

Evaluasi struktur kolom eksisting meninjau simpangan antar lantai yang terjadi, serta untuk mengetahui kapasitas komponen struktur kolom eksisting dengan program *Spcolumn*. Dari hasil evaluasi struktur kolom eksisting dapat disimpulkan mengenai perilaku struktur terhadap penambahan beban dan beban gempa yang bekerja apakah masih dalam kategori aman atau tidak aman.

3. Hasil dan pembahasan

3.1. Data perencanaan struktur

3.1.1. Data material struktur

Mutu Beton

Data kekuatan beton yang terpasang diperoleh dari hasil penelitian sebelumnya dengan menggunakan hammer test dan UPV test, sebagai berikut:

Tabel 3. Mutu beton.

Tipe	f'_c (MPa)	E_c (MPa)
Kolom	32,9619	26983,85
Balok	21,2491	21665,47
Pelat	21,2491	21665,47

(Sumber : Resmonida, 2020; Sembiring, 2020)

Mutu Baja

Tulangan Dalam evaluasi struktur Gedung E digunakan mutu baja tulangan terpasang berdasar pada data hasil hardness test. Dari hasil pengujian *tensile strength* rata-rata baja tulangan polos diameter 19 mm sebesar 354,3 MPa dan nilai $f_y = 240$ MPa.

3.1.2. Geometri struktur eksisting

Dari gambar arsitektural dan pengukuran langsung diperoleh dimensi elemen struktur kolom dan balok eksisting seperti tercantum dalam Tabel 4 dan 5.

Tabel 4. Tipe kolom

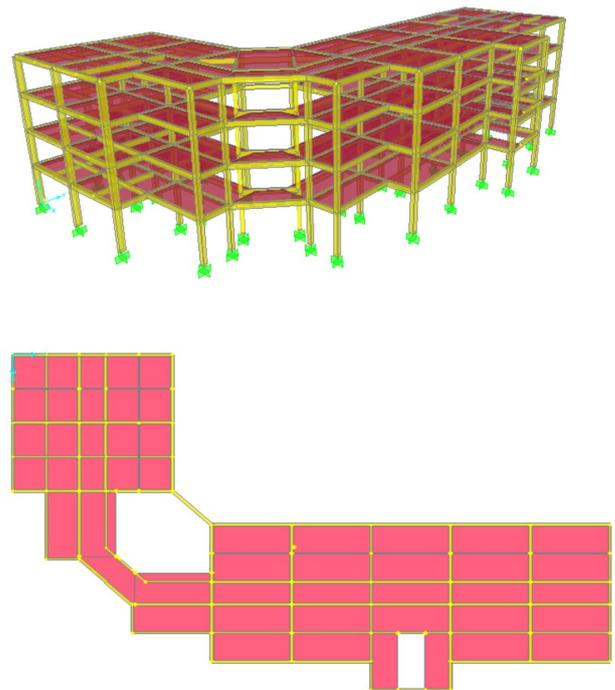
Tipe	Dimensi (mm)	Tulangan
Kolom K1	Dia. 400	-
Kolom K2	400/600	18 D19
Kolom K3	400/400	16 D19

Tabel 5. Tipe balok.

Tipe	Dimensi (mm)
Balok Induk	300/500
Balok Anak	200/500
Tebal pelat lantai,	$t = 12$ cm
Tebal pelat atap,	$t = 10$ cm

3.2. Permodelan struktur

Dari hasil pengukuran dan pengecekan struktur eksisting dan data sekunder, maka dilakukan pemodelan struktur dengan penambahan 2 lantai sehingga struktur menjadi 4 lantai (Gambar 3). Pemodelan struktur menggunakan *software* SAP 2000 v.14 dengan 3 dimensi. Untuk pembebanan struktur 2 lantai tambahan menggunakan data pembebanan dari struktur eksisting.



Gambar 2. Permodelan struktur 3D 4 lantai.

Selanjutnya perhitungan pembebanan yang bekerja pada struktur, dilakukan dengan memberikan beban mati, beban hidup dan beban. Beban gempa dianalisis dengan metode dinamik respon spektrum acuan SNI 1726:2019. Untuk gempa rencana dianalisis terlebih dahulu berdasarkan data yang telah ditentukan dengan bantuan Respon Spektra Analisis 2019.

Dilakukan kontrol periode alami struktur, dengan periode hasil analisis SAP 2000 sebesar 1,1079 detik dan nilai periode alami maksimum dari SNI 1726:2019 sebesar 0,75 detik. Sehingga diambil periode alami struktur Gedung E sebesar 0,75 detik.

3.3. Simpangan antar tingkat (Pasal 7.8.6 SNI 1726:2019)

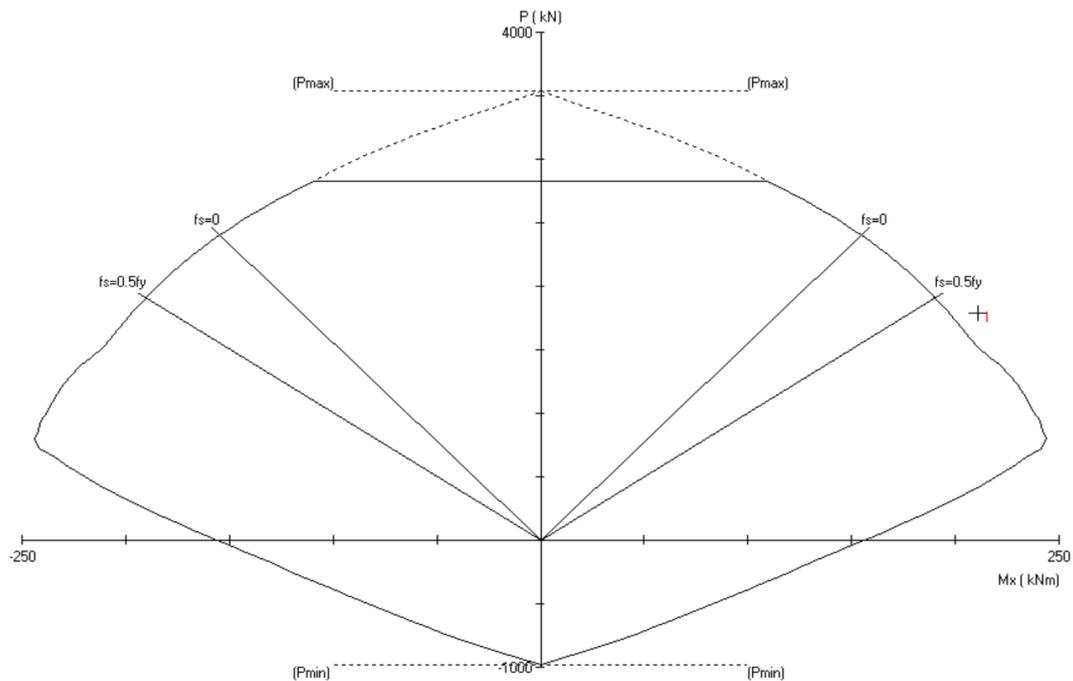
Dari hasil analisis struktur akibat beban gempa yang bekerja pada arah X dan arah Y didapat *displacement* yang terjadi tiap lantai. Nilai *displacement* ini digunakan untuk mengetahui perpindahan horizontal terhadap batasan yang diizinkan. Tabel 6 dan 7 menampilkan simpangan antar tingkat arah X dan arah Y.

Tabel 6. Simpangan antar tingkat arah X.

Story	h_{sx} (mm)	δ_e (mm)	Δ (mm)	Δ_i (mm)	Δ_{ijin} (mm)	Ket.
4	3660	47,643	174,691	13,915	28,15	Ok
3	3660	43,848	160,776	31,196	28,15	Not Ok
2	3660	35,34	129,58	62,022	28,15	Not Ok
1	4100	18,425	67,56	67,56	31,539	Not Ok

Tabel 7. Simpangan antar tingkat arah Y.

Story	h_{sy} (mm)	δ_e (mm)	Δ (mm)	Δ_i (mm)	Δ_{ijin} (mm)	Ket.
4	3660	40,428	148,24	15,015	28,15	Ok
3	3660	36,333	133,22	31,009	28,15	Not Ok
2	3660	27,876	102,21	53,438	28,15	Not Ok
1	4100	13,302	48,774	48,774	31,54	Not Ok



Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities:						
No.	P_u kN	M_{ux} kNm	M_{uy} kNm	ΦM_{nx} kNm	ΦM_{ny} kNm	$\Phi M_n / M_u$
1	1790.00	211.00	320.00	100.59	152.56	0.477

Section capacity exceeded. Revise design!

Gambar 3. Hasil analisis *Spcolumn* kolom 40x40 lantai 1.

Tabel 8. Rekapitulasi evaluasi struktur kolom eksisting.

Lantai	Tipe kolom	Pu (KN)	MuX (KN)	MuY (KN)	ϕ MnX (KN)	ϕ MnY (KN)	Ket.
1	K2	1481.5	558.09	351,83	333,75	525,79	Not Ok
	K3	1790	211	320	100.59	152.56	Not Ok
2	K2	1088.5	289.08	278.41	217.17	208.91	Not Ok
	K3	1195.7	318.8	478.12	103.61	155.73	Not Ok

3.4. Evaluasi struktur kolom eksisting

Evaluasi dilakukan untuk mengetahui bagaimana kondisi struktur kolom eksisting akibat beban tambahan dan beban gempa akan mempengaruhi struktur gedung E. Struktur Gedung E diasumsikan sebagai Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) sehingga perhitungan kekuatan kolom eksisting berdasar pada pasal 11.5.1 SNI 2847:2019.

Untuk mengetahui kapasitas penampang kolom adalah dengan membuat diagram interaksi P-M (Pratama, 2016). Gambar 4 menampilkan Diagram Interaksi P-M untuk kolom K3 pada lantai 1 dengan menggunakan *Spcolumn*. Hasil evaluasi struktur kolom eksisting lantai 1 dan 2 ditampilkan dalam Tabel 8. Berdasarkan tabel tersebut terlihat bahwa kapasitas kekuatan kolom pada lantai 1 dan 2 tidak aman terhadap beban yang ditimbulkan akibat penambahan lantai 3 dan 4.

4. Kesimpulan

Evaluasi struktur kolom eksisting pada Gedung E teknik sipil yang dianalisis terhadap penambahan beban 2 lantai (lantai 3 dan 4) dan beban gempa dapat disimpulkan bahwa, perilaku struktur kolom eksisting setelah dilakukan penambahan beban 2 lantai menunjukkan kolom pada lantai 1 dan 2 untuk kekuatan penampang struktur sudah tidak mampu menahan gaya aksial dan lentur yang bekerja. Dan terhadap beban gempa dengan metode respon spektrum menunjukkan bahwa perpindahan horizontal yang terjadi pada Gedung E telah melewati batas simpangan izin. Sehingga struktur Gedung E Teknik Sipil Unila diperlukan perkuatan kolom pada struktur awal.

Daftar Pustaka

- ASCE 7-16. (2016) Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, Virginia: American Society of Civil Engineers.
- Asroni., A. (2015). Pengaruh Penambahan Satu Lantai Tingkat Terhadap Keamanan Portal Gedung Beton Bertulang Tiga Lantai, *Eco Rekayasa*, 11, 6-15.
- Badan Standardisasi Nasional. (2020) Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain, Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019) Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan, Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019) Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI 1726-2019, Jakarta.
- Hamdi, F. (2016). Analisis dan Evaluasi Kekuatan Struktur Atas Gedung Fakultas Ekonomi dan Manajemen IPB Terhadap Faktor Gempa Berdasarkan SNI 1727:2013, *Skripsi Institut Pertanian Bogor*, Bogor.
- Karlenie., P. P. J. A., Kencanawati., N. Y., Murtiadi., S. (2021). Assesment of Damage and Rehabilitation of Building Structures After The 2018 Lombok Earthquake (Case Study of Temporary Evacuation Site For North Lombok Bangsal), *Jurnal Media Bina Ilmiah*, 15, 4623-4636.
- Pratama., G. P., Satrio., B. D., Tudjono., S., Wibowo., H. (2016). Kajian Perkuatan Struktur Gedung yang Disesuaikan Dengan SNI Gempa 03-1726-2012 Kota Semarang Studi Kasus Gedung Kuliah Utama Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 5, 188-199.
- Refani, N. A., Darmawan, S. M., Irmawan, M. (2016). Evaluasi Kelayakan Struktur Gedung Tinggi Yang Terbengkalai Selama 15 tahun Terhadap Gempa Berdasarkan SNI 1726-2012. *The 2nd Conference on Innovation and Industrial Application (CINIA 2016)*.
- Resmonida, D. Y. (2020). Studi Kinerja Pelat dan Balok Beton Bertulang di Gedung E Fakultas Teknik Universitas Lampung Akibat Gertaran, *Skripsi Universitas Lampung*, Bandar Lampung.
- Saruni, C.V., Dapas, S.O., Manalip, H. (2017). Evaluasi dan Analisis Perkuatan Bangunan yang Bertambah Jumlah Tingkatnya. *Jurnal Sipil Statik*, 5, 591-602.
- Sembiring, S. J. F. (2020). Kajian Permasalahn Getaran pada Pelat dan Balok Beton Bertulang di Gedung E Fakultas Teknik Universitas Lampung, *Skripsi Universitas Lampung*, Bandar Lampung.
- Subagio., H. Krisnamurti. Putra., P. P. (2021). Evaluasi Penambahan Jumlah Lantai Pada Gedung Perkuliahan Fakultas Teknik Universitas Jember, *PADURAKSA*, 10, 1-12.