

Evaluasi Kinerja Struktur Tribun Barat Stadion RAA Adiwijaya Kabupaten Garut dengan Analisis Pushover Metode ATC-40

RIFQI MUKHLIS FATHONI¹, ERMA DESIMALIANA^{2*}

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia

²Dosen Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia

Email: rifqimukhlis3@gmail.com

ABSTRAK

Perancangan struktur bangunan gedung bertingkat di Indonesia memiliki tantangan yang harus dihadapi, yaitu risiko bencana alam berupa gempa bumi. Indonesia terletak di persimpangan empat lempeng tektonik: Lempeng Indo-Australia, Lempeng Pasifik, Lempeng Eurasia, dan Filipina yang dikenal juga sebagai Cincin Api Pasifik. Analisis seismik non linier biasanya digunakan untuk mengetahui kinerja struktur bangunan bertingkat dan tidak beraturan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi kinerja struktur Struktur Tribun Barat Stadion RAA Adiwijaya Kabupaten Garut, baik dengan analisis sesimik linier respon spektra maupun analisis seismik non linier pushover, menggunakan software SAP2000 yang diselidiki berdasarkan gaya geser dasar, perpindahan, dan simpangan. Penelitian ini menghasilkan gaya geser maksimum pada arah X sebesar 61.045,515 kN dengan perpindahan sebesar 33,811 mm; sedangkan arah Y gaya geser maksimum sebesar 90.114,592 kN dengan perpindahan 1,799 mm. Berdasarkan metode ATC-40, Struktur Tribun Barat Stadion RAA Adiwijaya Kabupaten Garut memiliki level kinerja struktur Immediate Occupancy (IO). Hal ini terlihat dari nilai simpangannya sebesar 0,0005 untuk arah X dan 0,00001 untuk arah Y halmana level kinerja struktur Immediate Occupancy bernilai $\leq 0,01$.

Kata kunci: bangunan gedung bertingkat, analisis pushover, level kinerja struktur, ATC-40

ABSTRACT

The structural design of multi-story buildings in Indonesia confronting challenges that is the risk of natural disasters such as earthquakes. Indonesia is located at the intersection of four tectonic plates: the Indo-Australian Plate, the Pacific Plate, the Eurasian Plate, and the Philippine Plate, which is also known as the Pacific Ring of Fire. Non-linear seismic analysis is usually used to determine the structural performance of multi-story and irregular building. The aim of this research is to evaluate the structural performance of the West Stand Structure of the RAA Adiwijaya Stadium, Garut Regency, both with linear seismic analysis of spectral response and non-linear pushover seismic analysis, using SAP2000 software which is investigated based on base shear forces, displacements and drifts. This research produces a maximum base shear force in the X direction of 61,045.515 kN with a displacement of 33.811 mm; while in the Y direction the maximum base shear force is 90,114.592 kN with a displacement of 1,799 mm. Based on ATC-40 method, the West Stand structure of the RAA Adiwijaya Stadium, Garut Regency has an Immediate Occupancy (IO) structural performance level. This can be seen from the drift value of 0.0005 for the X direction and 0.00001 for the Y direction, where the Immediate Occupancy structural performance level is ≤ 0.01 .

Keywords: multi-story buildings, pushover analysis, compression strength, structural performance level, ATC-40

1. PENDAHULUAN

Perkembangan proyek konstruksi di Indonesia saat ini sudah cukup maju. Hal ini dapat diamati pada banyak proyek pembangunan seperti apartemen, gedung, jembatan, dan lain-lain. Salah satunya adalah pembangunan tribun barat Stadion Sepak Bola RAA Adiwijaya di Desa Jayaraga, Kecamatan Tarogon Kidul, Kabupaten Garut, Jawa Barat. Dalam merancang struktur arsitektur di Indonesia, terdapat tantangan yang harus dihadapi ketika merancang bangunan bertingkat [12]. Itulah risiko terjadinya bencana alam seperti gempa bumi. Pasalnya, Indonesia terletak pada perpotongan empat lempeng: Lempeng Indo-Australia, Lempeng Pasifik, Lempeng Eurasia, dan Lempeng Filipina atau disebut juga Cincin Api Pasifik [13].

Metode rekayasa gempa berbasis kinerja (PBEE) digunakan untuk menganalisis struktur seismik bangunan. Teknik rekayasa gempa berbasis kinerja (PBEE) digunakan untuk menganalisis struktur seismik bangunan [3]. PBEE sendiri terbagi menjadi dua bagian yaitu desain seismik berbasis kinerja (PBSD) dan evaluasi seismik berbasis kinerja (PBSE). Salah satu evaluasi PBSD adalah analisis *pushover* non linier. Standar ATC-40 mencakup hunian langsung (IO), pengendalian kerusakan (DO), keselamatan jiwa (LS), keselamatan terbatas, dan stabilitas struktural (SS) [2].

Meskipun permasalahan ketahanan gempa di Indonesia sangatlah kompleks, tugas utama para ahli dan ahli khususnya di bidang Teknik Sipil adalah mengembangkan sistem baru untuk membangun bangunan tahan gempa yang lebih baik [7]. Tentu saja tujuannya bukan hanya untuk menjamin kestabilan dan ketahanan struktur bangunan terhadap gempa, namun juga untuk memberikan kenyamanan dan keamanan bagi semua yang menggunakan fasilitas bangunan tersebut.

2. METODOLOGI

Dalam metodologi penelitian ini hal pertama yang dilakukan adalah merumuskan masalah dari penelitian, selanjutnya pada tahap kedua dilakukannya pengumpulan studi literatur yang berkaitan dengan studi penelitian baik dari buku-buku maupun penelitian terdahulu, berikutnya melakukan pengumpulan data eksisting, selanjutnya melakukan pemodelan pada gedung tersebut dengan bantuan *software* SAP2000 lalu pada tahap selanjutnya input beban [4] yang bekerja seperti beban mati, beban mati tambahan, beban hidup dan beban gempa berupa grafik respon spektrum. Setelah itu melakukan analisis struktur pada beban statik linier, selanjutnya dilakukan analisis struktur pada beban statik non linier (*pushover analysis*), berikutnya diambil data-data yang telah keluar setelah analisis struktur dengan bantuan *software* SAP2000 berupa data perpindahan, simpangan antar lantai, dan gaya geser dasar [14]. Setelah itu, dilakukan perhitungan bagi antara nilai gaya geser dasar dan perpindahan yang terjadi setelah *pushover analysis* [5-6] [8-9] halmana akan dilekuarkan level kinerja struktur yang bekerja pada data eksisting tersebut yang dibahas pada bagian pembahasan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan pada kali ini merupakan hasil dari analisis pemodelan pada data struktur gedung (data eksisting) dengan bantuan *software* SAP2000 yang mengeluarkan hasil analisis struktur berupa nilai perpindahan, simpangan antar lantai, dan gaya geser dasar sebagai parameter untuk menentukan tingkat kinerja dan perilaku struktur gedung tersebut [10-12].

3.1 Simpangan Antar Lantai

Story drift merupakan perbedaan perpindahan simpangan antar tingkat pada sebuah bangunan akibat beban gempa [14]. Hitung sesuai target perpindahan dari hasil perpindahan

pada Tribun Barat Stadion Sepak Bola RAA Adiwijaya Kabupaten Garut dengan peraturan SNI 1726:2019. Hasil pengujian karakteristik Pasir Galunggung (PG) dapat dilihat pada **Tabel 1** dan **Tabel 2** berikut.

Tabel 1. Story Drift Struktur Tribun Barat Stadion Sepak Bola RAA Adiwijaya Kabupaten Garut Akibat Beban Seismik Linier

Story	Displacement		Elastic Drift		h	Inelastic Drift		Drift Limit	Cek
	δeX [mm]	δeY [mm]	δeX [mm]	δeY [mm]		[mm]	[mm]		
5	22,835	51,438	11,280	19,483	3.200	49,632	85,727	36,923	NOT OK
4	11,555	31,955	4,382	6,385	4.000	19,281	28,095	46,154	OK
3	7,173	25,570	0,886	8,863	4.600	3,898	38,997	53,077	OK
2	6,287	16,707	0	0,199	4.000	0	0,874	46,154	OK
1	6,287	16,508	6,287	16,508	4.900	27,665	72,635	56,538	NOT OK

Tabel 2. Story Drift Struktur Tribun Barat Stadion Sepak Bola RAA Adiwijaya Kabupaten Garut Akibat Beban Seismik Non Linier

Story	Displacement		Elastic Drift		h	Inelastic Drift		Drift Limit	Cek
	δeX [mm]	δeY [mm]	δeX [mm]	δeY [mm]		[mm]	[mm]		
5	10,614	48,892	2,086	13,517	3.200	9,177	59,475	36,923	NOT OK
4	8,528	35,375	1,641	9,814	4.000	7,221	43,181	46,154	OK
3	6,887	25,561	0,924	3,105	4.600	4,064	13,267	53,077	OK
2	5,963	22,546	0	0	4.000	0	0	46,154	OK
1	5,963	22,546	5,963	22,546	4.900	26,238	99,202	56,538	NOT OK

3.2 Gaya Geser Dasar

Base shear adalah gaya lateral maksimum yang dialami oleh dasar struktur itu sendiri akibat beban seismik yang bekerja [13-15]. Dari analisis yang sudah dilakukan melalui bantuan *software* SAP2000, maka nilai *Base Shear* pada Tribun Barat Stadion Sepak Bola RAA Adiwijaya Kabupaten Garut.

Tabel 3. Base Shear Akibat Beban Seismik Linier

Base Shear	
Arah X	20.068,024 kN
Arah Y	30.119,766 kN

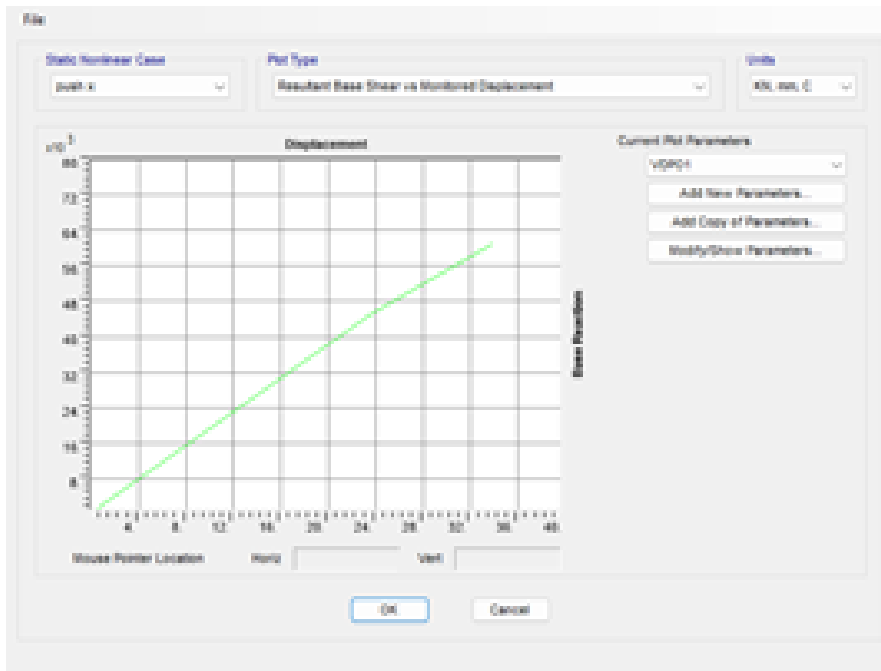
Tabel 4. Base Shear Akibat Beban Statik Non-Linier

Base Shear	
Arah X	22.770,462 kN
Arah Y	66.373,181 kN
Arah -Y	73.296,562 kN

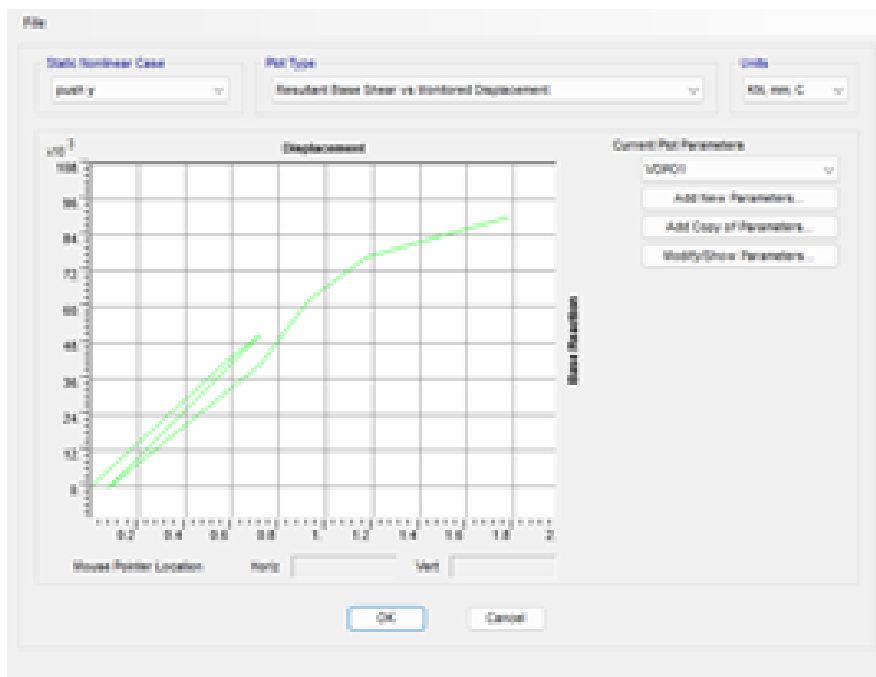
Dari **Tabel 3** dan **Tabel 4** dihasilkan adanya perubahan besaran gaya yang bekerja sebelum diberikan *pushover* (beban dorong) dan setelah diberikan *pushover* (beban dorong) yaitu bertambah dikarenakan beban *pushover* ini memberikan beban dorong secara berkala sampai dengan struktur gedung tersebut mengalami plastisitas dan mengalami kegagalan struktur.

3.3 Perpindahan

Displacement yang terjadi pada struktur bangunan gedung ialah perpindahan relatif titik-titik dalam struktur akibat beban yang bekerja [13-15]. Nilai dari *displacement* ini sangatlah penting untuk memahami respon struktur gedung terhadap beban seismik.

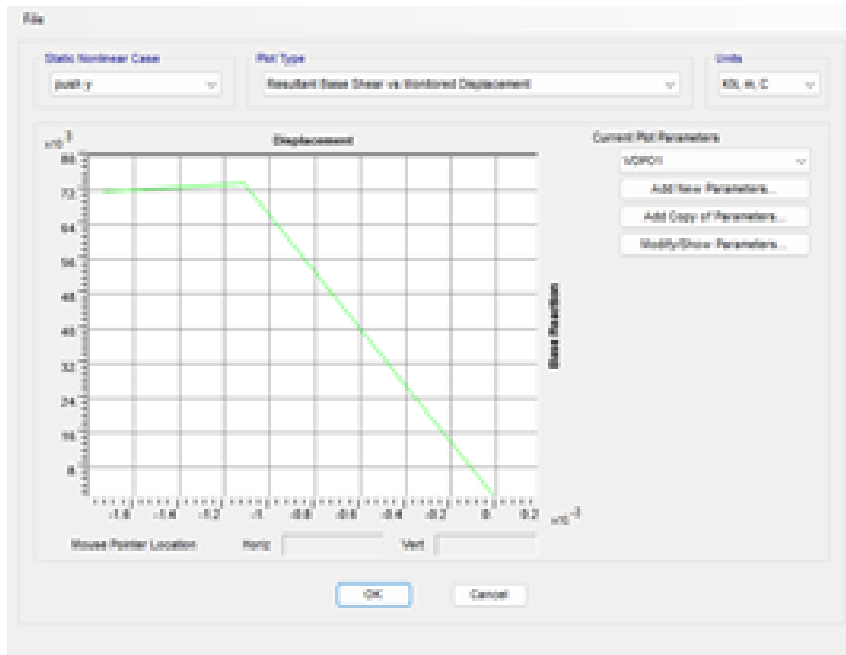


Gambar 1. Kurva kapasitas struktur bangunan Tribun Barat Stadion Sepak Bola RAA Adiwijaya arah X



Gambar 2. Kurva kapasitas struktur bangunan Tribun Barat Stadion Sepak Bola RAA Adiwijaya arah Y

Evaluasi Kinerja Struktur Tribun Barat Stadion RAA Adiwijaya Kabupaten Garut dengan Analisis Pushover Metode ATC-40



Gambar 3. Kurva kapasitas struktur bangunan Tribun Barat Stadion Sepak Bola RAA Adiwijaya arah -Y

Tabel 5. Hubungan Resultant Base Shear dan Monitored Displacement Arah X [11]

Load Case	Step Unitless	Displacement (mm)	Base Force (kN)	AtoB Unitless	BtoIO Unitless	IotoLS Unitless	LStoCP Unitless	CPtoC Unitless	CtoD Unitless	DtoE Unitless	Beyond E Unitless	Total Unitless
Pushover X	0	0	0	1,544	0	0	0	0	0	0	0	1,544
	1	0,880	1,959,488	1,544	3	0	0	0	0	0	0	1,544
	2	23,544	44,911,850	1,281	262	0	0	1	0	0	0	1,544
	3	33,811	61,045,515	1,198	344	0	0	1	0	0	1	1,544

Tabel 6. Hubungan Resultant Base Shear dan Monitored Displacement Arah Y [11]

Load Case	Step Unitless	Displacement (mm)	Base Force (kN)	AtoB Unitless	BtoIO Unitless	IotoLS Unitless	LStoCP Unitless	CPtoC Unitless	CtoD Unitless	DtoE Unitless	Beyond E Unitless	Total Unitless
Pushover Y	0	0	0	1544	0	0	0	0	0	0	0	1544
	1	0,1759	1630,344	1539	5	0	0	0	0	0	0	1544
	2	0,5802	42113,368	1338	204	0	0	2	0	0	0	1544
	3	0,7144	50609,470	1305	237	0	0	2	0	0	0	1544
	4	0,0759	367,98	1281	259	0	0	4	0	0	0	1544
	5	0,7223	40869,241	1278	256	6	0	4	0	0	0	1544
	6	0,9222	61950,050	1254	259	17	0	4	0	0	10	1544
	7	1,1709	76651,597	1222	289	17	0	6	0	0	10	1544
	8	1,7797	90114,592	1159	352	17	0	6	0	0	10	1544

Tabel 7. Hubungan Resultant Base Shear dan Monitored Displacement Arah -Y [11]

Load Case	Step Unitless	Displacement (mm)	Base Force (kN)	AtoB Unitless	BtoIO Unitless	IotoLS Unitless	LStoCP Unitless	CPtoC Unitless	CtoD Unitless	DtoE Unitless	Beyond E Unitless	Total Unitless
Pushover -Y	0	0	0	1544	0	0	0	0	0	0	0	1544
	1	0,000018	1650,890	1544	1	0	0	0	0	0	0	1544
	2	0,001113	73562,906	1281	274	0	0	3	0	0	0	1544
	3	0,001731	71754,160	1198	274	0	0	5	1	1	6	1544

Dari Tabel 5 hingga Tabel 7 di atas diketahui bahwa pada arah X terjadi sendi plastis pada step 1 sampai dengan step 3 dengan jumlah sendi plastis pada step 1 sebanyak 3 sendi dengan tingkat kinerja B to IO, pada step 2 sebanyak 262 sendi dengan tingkat kinerja B to IO dan pada step 3 sebanyak 344 sendi dengan tingkat kinerja B to IO pada kategori ini, struktur bangunan aman, risiko korban jiwa akibat kegagalan struktur tidak tinggi [15], bangunan tidak menunjukkan kerusakan berarti, dan dapat segera digunakan kembali/dioperasikan. Namun ada 1 sendi yang mengalami keruntuhan dan harus segera diperbaiki. Sedangkan arah Y terjadi sendi plastis keruntuhannya terjadi pada step 1 sampai dengan step 8, dengan jumlah sendi plastis pada step 1 sebanyak 5 sendi yang mengalami plastis dengan tingkat kinerja B to IO, pada step 2 yang mengalami sendi plastis sebanyak 204 dengan tingkat kinerja B to IO dan sebanyak 2 sendi pada tingkat kinerja CP to C, pada step 3 ada sebanyak 237 sendi yang mengalami plastis dengan tingkat kinerja B to IO dan sebanyak 2 sendi pada tingkat kinerja

CP to C, pada step 4 ada sebanyak 259 sendi yang mengalami plastis dengan tingkat kinerja B to IO dan sebanyak 4 sendi pada tingkat kinerja CP to C, pada step 5 ada sebanyak 256 sendi yang mengalami plastis dengan tingkat kinerja B to IO, ada sebanyak 6 sendi yang mengalami plastis dengan tingkat kinerja IO to LS dan sebanyak 4 sendi pada tingkat kinerja CP to C, pada step 6 ada sebanyak 259 sendi yang mengalami plastis dengan tingkat kinerja B to IO, ada sebanyak 17 sendi yang mengalami plastis dengan tingkat kinerja IO to LS, ada sebanyak 6 sendi yang mengalami plastis dengan tingkat kinerja IO to LS, sebanyak 4 sendi pada tingkat kinerja CP to C, dan sebanyak 10 sendi yang mengalami plastis pada tingkat kinerja Beyond E, pada step 7 ada sebanyak 289 sendi yang mengalami plastis dengan tingkat kinerja B to IO, ada sebanyak 17 sendi yang mengalami plastis dengan tingkat kinerja IO to LS, sebanyak 6 sendi pada tingkat kinerja CP to C, dan sebanyak 10 sendi yang mengalami plastis pada tingkat kinerja Beyond E, dan pada step 8 ada sebanyak 352 sendi yang mengalami plastis dengan tingkat kinerja B to IO, ada sebanyak 17 sendi yang mengalami plastis dengan tingkat kinerja IO to LS, sebanyak 6 sendi pada tingkat kinerja CP to C, dan sebanyak 10 sendi yang mengalami plastis pada tingkat kinerja Beyond E. Oleh karena itu, struktur gedung pada bangunan ini harus diberikan perkuatan yang lebih dengan memberikan elemen struktur berupa pengaku seperti bresing baja [1].

4. KESIMPULAN

Analisis *pushover* arah X menunjukkan kapasitas gaya geser dasar maksimum sebesar 61.045,515 kN pada perpindahan 33,811 mm. Analisis *pushover* arah Y menunjukkan kapasitas gaya geser dasar maksimum sebesar 90114,592 kN pada perpindahan 1,779 mm. Level kinerja struktur bangunan gedung Tribun Barat Stadion Sepak Bola RAA Adiwijaya Kabupaten Garut adalah *Immediate Occupancy* (IO) dan struktur bangunan tersebut dapat dikatakan konstruksi aman. Risiko korban jiwa akibat kerusakan struktur tidak signifikan dan bangunan tidak mengalami kerusakan berat serta dapat segera digunakan/dioperasikan kembali. Menambahkan member struktur kolom pada As 7-B dan As 7-O untuk memperkuat sistem struktur bangunan pada setiap lantai. Komponen struktur tambahan dimaksudkan untuk mempengaruhi struktur bangunan gedung dan mencegah kegagalan struktur apabila nilai perpindahan lantai melebihi batas persetujuan yang terletak pada lantai satu dan dua.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] American Society of Civil Engineers. (2017). *ASCE/SEI 41-17 Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings*. Virginia: American Society of Civil Engineers.
- [2] Applied Technology Council. (1996). *ATC-40 Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings*. California: Applied Technology Council.
- [3] Badan Standardisasi Nasional. (2019). *SNI 1726:2019 tentang Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [4] Badan Standardisasi Nasional. (2020). *SNI 1727:2020 tentang Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [5] Desimaliana, E. (2022). Analisis Pushover terhadap Ketidakberaturan Horizontal pada Struktur Gedung Baja Komposit. *RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil*, 8(2), 118-124.
- [6] Desmaliana, E. (2021). Analisis Pushover terhadap Variasi Penempatan High Damping Rubber Bearing (HDRB) pada Struktur Gedung Bertingkat. *JoSC (Journal of Sustainable Construction)*, 1(1), 11-20.
- [7] Febriana, A. W. (2016). Analisis Pushover untuk Performace Based Design (Studi Kasus Gedung B Program Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer Unibersitas Brawijaya). *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil*, 1(2), ___-___.

- [8] Mamesah, H. W. (2014). Analisis Pushover Bangunan dengan Soft First Story. *Jurnal Sipil Statik*, 2(4), 214-224.
- [9] Nuranita, B. (2022). Analisis Pushover terhadap Variasi Penampang Kolom pada Struktur Gedung Special Plate Shear Wall. *JoSC (Journal of Sustainable Construction)*, 1(2), 1-9.
- [10] Potalagi, J. M. (2002). Analisis Keruntuhan Gedung Bertingkat Akibat Beban Gempa dan Beban Angin dengan Metode Pushover. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 10(1), 1-12.
- [11] Pranata, Y. (2006). Evaluasi Kinerja Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa dengan Pushover Analysis (Sesuai ATC-40, FEMA 365 dan FEMA 440). *Jurnal Teknik Sipil*, 3(1), 41-52.
- [12] Sudarman, M. H. (2014). Analisis Pushover pada Struktur Gedung Bertingkat Tipe Podium. *Jurnal Sipil Statik*, 2(4), 201-213.
- [13] Sundari, T. A. (2020). Analisis Statik Beban Gempa pada Perencanaan Struktur Gedung Rektorat UNHASJ Tebuireng Jombang. *Rekayasa Sipil*, 14(3), 211-217.
- [14] Utami, A. (2019). Analisis Kinerja Struktur Gedung Bertingkat dengan Metode Respon Spektrum Ditinjau pada Drift dan Displacement Menggunakan Software ETABS. *Jurnal Infrastruktur*, 4(1), 65-71.
- [15] Zebua, D. W. (2020). Evaluasi Simpangan Pada Bangunan Bertingkat Beton Bertulang berdasarkan Analisis Pushover dengan Metode ATC-40. *Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan dan Rekayasa Sipil*, 3(2), 53-57.