

Studi Perilaku Kinerja Struktur Gedung Perkantoran *Voza Office Tower* Surabaya Guna Alih Fungsi Bangunan

Behavioral Study on the Performance of Voza Office Tower Surabaya Office Building Structures for the Transfer of Building Functions

Muhammad Imron Shidiq¹, Retno Trimurtiningrum¹

¹ Program Studi Teknik Sipil, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, Jl. Semolowaru No. 45 Surabaya, 60118
Corresponding Author: Muh.Imron Shidiq, muhammad.d.shidiq@gmail.com

ABSTRAK

Meningkatnya jumlah penduduk bersamaan dengan pesatnya perekonomian terutama dari segi aktivitas pelaku bisnis yang memerlukan pembangunan gedung perkantoran. Dalam usaha mengoptimalkan ruang dengan fungsi yang baru, Gedung Perkantoran *Voza Office Tower* berinisiatif memanfaatkan dua lantai pada bangunan untuk dialih fungsikan menjadi *Multifunction Hall* atau Ruang Pertemuan. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis kekuatan elemen struktur balok, kolom, pelat, simpangan antar tingkat dan kinerja struktur gedung setelah perubahan nilai beban hidup pada bangunan yang ditinjau dari perubahan fungsi bangunan. Berkaitan dengan hal tersebut desain pembebanan lantai dengan beban hidup 240 kg/m² berubah menjadi 479 kg/m² untuk Ruang Pertemuan. Dengan perubahan tersebut, perhitungan dari kekuatan elemen struktur ditinjau ulang dengan SNI 2847:2019, desain bangunan tahan gempa sesuai dengan SNI 1726:2019 dan analisis statik nonlinier (*pushover analysis*) untuk meninjau perilaku kinerja struktur gedung. Tinjauan *displacement* dari hasil analisis, diperoleh simpangan antar lantai terbesar 62,2 mm dan tidak melebihi simpangan yang diijinkan yaitu 76 mm. Untuk hasil analisis *pushover* dengan menggunakan ATC-40 dapat diketahui level kinerja struktur gedung kategori *Damage Control* untuk arah X dan *Immediate Occupancy* untuk arah Y dengan nilai maksimum total drift sebesar $0,01 < 0,01419 < 0,02$. Struktur tidak mengalami kerusakan dan bangunan masih mampu menahan gempa yang terjadi.

Kata kunci: Kinerja Struktur, periode struktur, simpangan antar lantai, analisis pushover.

ABSTRACT

The increase in population coincides with the rapid economy, especially in terms of the activities of businesspeople who require the construction of office buildings. To streamline space with new functions, the *Voza Office Tower Office Building* took the initiative to utilize two floors in the building to be converted into a *Multifunction Hall* or Meeting Room. The purpose of this study was to analyze the strength of the structural elements of beams, columns, slabs, drift between stories and the performance of the building structure after changes in the value of live load on the building in terms of the building change function. In this regard, the floor loading design with a live load of 240 kg/m² changed to 479 kg/m² for the Meeting Room. With these changes, the calculation of the strength of structural elements is reviewed with SNI 2847: 2019, earthquake resistant building design in accordance with SNI 1726: 2019 and nonlinear static analysis (*pushover analysis*) to review the performance behavior of building structures. Displacement In view of the results of the analysis, the largest deviation between floors is 62.2 mm and does not exceed the allowable deviation of 76 mm. For the results of *pushover* analysis using ATC-40, it is known that the performance level of building structures in the *Damage Control* category for the X direction and *Immediate Occupancy* for the Y direction with a maximum total drift value of $0.01 < 0.01419 < 0.02$. The structure was not damaged, and the building was still able to withstand the earthquake that occurred.

Keywords: Structural performance, structure period, floor drift, pushover analysis.

PENDAHULUAN

Jumlah penduduk yang meningkat di Kota Surabaya mengakibatkan berkembangnya kegiatan perekonomian, salah satunya ialah kebutuhan akan unit-unit perkantoran (Aditianata, 2014). Peningkatan pembangunan gedung-gedung perkantoran terutama untuk unit perkantoran sewa



mengalami penambahan dari tahun ke tahun. Umumnya gedung perkantoran dibangun di pusat kegiatan bisnis sehingga memudahkan pelaku bisnis dalam menjalankan bisnisnya. Sebagai kota besar, Surabaya memiliki aktivitas ekonomi yang cukup besar sehingga berdampak pada kebutuhan lahan dan bangunan menjadi suatu hal yang harus dipenuhi. Gedung perkantoran yang bersifat perkantoran sewa atau perkantoran jual, beberapa tahun banyak dibangun guna memenuhi beraneka macam kegiatan bisnis (Hanafi, 2019).

Menurut (Nurhaliza et al., 2021), dengan meningkatnya pembangunan infrastruktur gedung yang diperlukan, tidak selalu dengan dibangunnya gedung baru sebagai pilihan yang tepat untuk memenuhi kebutuhan. Efisiensi dengan mengalihfungsikan bangunan yang sudah berdiri untuk digunakan dengan fungsi yang baru menjadi salah satu pilihan (Christiawan, et al., 2008). Sehingga dalam hal ini diberlakukan analisis pada struktur bangunan tersebut.

Gedung Perkantoran Voza Office Tower memiliki ketinggian 121 m dengan total 32 lantai dan 1 atap yang terletak di Jalan Mayjen HR. Muhammad No. 31 Kota Surabaya, dengan bangunan yang diperuntukkan untuk perkantoran secara menyeluruh, akan tetapi terdapat beberapa perubahan pada lantai 25 dan lantai 29 sebagai ruang perkantoran yang dialihfungsikan menjadi *Multifunction Hall* atau Ruang Pertemuan. Perubahan fungsi ruang menjadi pilihan sebagai usulan bagi pengelola gedung karena selain untuk efisiensi pemanfaatan lantai, dari segi biaya dan ketersediaan lahan akan lebih hemat (Rohman, 2009).

Analisis ulang terhadap struktur gedung dititik beratkan pada kemampuan elemen balok, kolom dan pelat *existing* akibat perubahan pembebanan. Hal ini dilakukan untuk memastikan apakah elemen struktur *existing* saat ini masih mencukupi untuk menerima beban-beban yang bekerja saat ini (Nurhaliza et al., 2021).

Analisis yang dilakukan adalah analisis linier respon spektrum dan analisis *non-linier pushover*. Analisis *pushover* adalah *non-linier* statik yang dimana pengaruh gempa rencana terhadap struktur gedung dianggap beban-beban statik lateral pada pusat massa masing-masing lantai, yang nilainya ditingkatkan secara berangsur-angsur sampai melampaui pembebanan yang menyebabkan terjadinya pelelehan (sendi plastis) pertama didalam bangunan struktur gedung (Suwandi, 2019).

Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis perilaku inelastis struktur dari berbagai macam intensitas gerakan tanah sehingga dapat menggambarkan simpangan pada tiap lantai, kekuatan elemen struktur kolom dan balok dikontrol dengan prinsip *Strong Column Weak Beam* (SCWB) dan level kinerja struktur (*perform*).

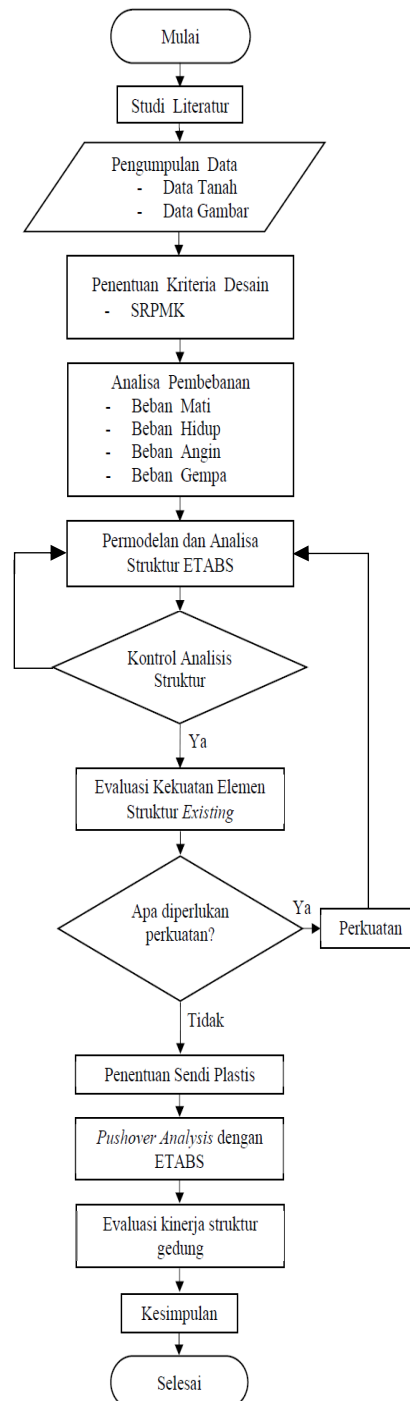
METODE PENELITIAN

PENGUMPULAN DATA

Data penting yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah pengumpulan data struktur gedung *Voza Office Tower* Surabaya. Data yang didapatkan dari *Shop Drawing* secara keseluruhan mencakup data laporan penyelidikan tanah tempat berdirinya struktur bangunan gedung untuk diambil nilai paramater tanah yang selanjutnya diklasifikasikan kedalam kelas situs dan data gambar detail struktur yang akan dianalisis untuk tahapan pemodelan struktur terkait dengan perubahan fungsi ruangan khususnya pada lantai 25 dan lantai 29 sehingga analisis tersebut tidak menyimpang dari gambar kerja yang ada.

ALUR PENELITIAN

Dalam pelaksanaan penelitian ini, diperlukan diagram alir atau rangkaian urutan untuk mengolah data. Penelitian ini menganalisis data yang telah diperoleh untuk sebagai acuan pemodelan struktur pada program bantu yang akan dijalankan. Diagram alir dapat dilihat pada Gambar 1 yang digunakan dalam melakukan pengolahan data.



Gambar 1. Diagram Alir

Sumber: Dokumentasi Pribadi, (2023)

Perhitungan pembebanan gempa dilakukan analisa dinamik menggunakan *Respon Spectrum* daerah Surabaya, untuk analisa *Pushover* (Aswar, 2019) sesuai dengan peraturan ATC 40

(1996), menggunakan program bantu *ETABS V19.1.0* untuk menentukan titik *performance point* sehingga dapat ditentukan kinerja strukturnya.

Kriteria desain struktur gedung tahan gempa harus mampu menahan beban gempa kuat (Siswanto, 2018). Pada Tabel 1 ditentukan nilai kriteria desain yang didasarkan pada SNI 1726:2019 dengan parameter sebagai berikut.

Tabel 1 Kriteria Desain

Parameter	Nilai
Kategori Resiko /Fungsi Bangunan	II / Perkantoran
Faktor Keutamaan (I_e)	1,0
Spektral Percepatan	$S_s = 0,8103 g$ $S_1 = 0,3483 g$
Klasifikasi Situs	Tanah Sedang (SD)
Koefisien Kelas Situs	$F_a = 1,176$ $F_v = 1,952$
Spektral Respon Percepatan	$SDS = 0,635 g$ $SD1 = 0,453 g$
Kategori Desain Seismik	D
Sistem struktur penahan gaya gempa	Dinding Geser Beton Bertulang Pemikul Momen Khusus
Faktor reduksi daktilitas	$R = 7; \Omega_0 = 2,5; C_d = 5,5$

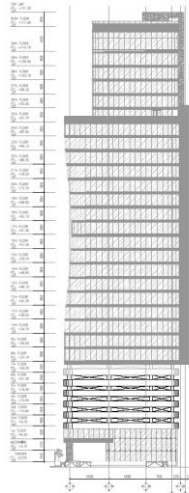
Sumber: Puskim dan SNI 1726:2019, (2023)

HASIL DAN PEMBAHASAN

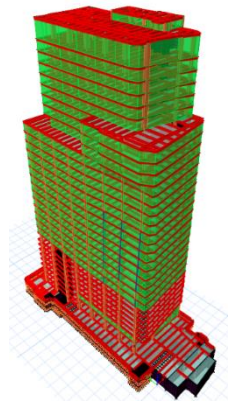
DESKRIPSI BANGUNAN

- Nama gedung : *Voza Office Tower* Surabaya
- Lokasi : Jl. Mayjend HR. Muhammad No 31, Surabaya
- Fungsi : Perkantoran
- Jumlah lantai : 32 Lantai dan 1 Atap
- Tinggi bangunan : 121 m
- Luas bangunan : $\pm 60.340 m^2$
- Struktur utama : Beton bertulang dan dinding geser

Informasi data pada gedung *Voza Office Tower* yang akan dianalisis untuk tahapan pemodelan struktur terkait perubahan fungsi ruangan. Diperoleh data bangunan gedung yang digunakan untuk analisis, data tampak bangunan gedung dan data permodelan pada program *ETABS 19.1*. Data gambar dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. Tampak Depan Bangunan
Sumber: Data Shop Drawing Gedung, (2018)



Gambar 3. Permodelan ETABS 19.1
Sumber: Dokumentasi Pribadi, (2023)

KONTROL SIMPANGAN ANTAR LANTAI

Pembatasan simpangan antar lantai struktur bertujuan untuk mencegah kerusakan non struktur pada bangunan. Penentuan simpangan antar tingkat desain (Δ) SNI 1726:2019 pasal 7.8.6 harus dihitung sebagai perbedaan simpangan pada pusat massa di atas dan di bawah tingkat yang ditinjau (Anam et al., 2020).

Simpangan ijin Δ_a dapat dihitung dari persamaan:

$$\Delta_a = 0,020h_{sx} \quad (1)$$

$$\delta_x = \frac{C_d \times \delta_{xe}}{I} \quad (2)$$

dengan Δ_a = simpangan antar lantai, C_d = faktor amplifikasi defleksi, I_e = faktor keutamaan gempa dan δ_x = defleksi yang ditentukan menggunakan seismik desain.

Dikarenakan satu kondisi parameter struktur memenuhi SNI 1726:2019 Pasal 7.3.4.2 maka nilai simpangan ijin, Δ_a , harus diambil dengan mempertimbangkan faktor redundansi, ρ , dengan nilai $\rho = 1,0$.

$$\Delta_a = 0.020 \times 3800 = 76 \text{ mm}$$

$$\text{Simpangan antar lantai ijin} = \frac{\Delta_a}{\rho} = 76 / 1,0 = 76 \text{ mm}$$

Tabel 2 Kontrol Simpangan Arah X dan Arah Y

Lantai	<i>Inelastic Drift</i>		<i>Tinggi Tingkat</i>	Δa	ρ	<i>Delta Izin</i>	<i>Cek X</i>	<i>Cek Y</i>
	Δ_x	Δ_y						
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)		(mm)		
LMR	8,02	-119,76	2950	59,00	1,0	59,00	OK	OK
ATAP	132,69	70,11	6700	134,00	1,0	134,00	OK	OK
33	61,45	55,39	3800	76,00	1,0	76,00	OK	OK
32	61,41	53,54	3800	76,00	1,0	76,00	OK	OK
31	61,15	54,60	3800	76,00	1,0	76,00	OK	OK
30	61,82	64,96	3800	76,00	1,0	76,00	OK	OK
29	50,34	-38,76	3800	76,00	1,0	76,00	OK	OK
28	62,20	56,39	3800	76,00	1,0	76,00	OK	OK
27	57,68	62,32	3800	76,00	1,0	76,00	OK	OK
26	18,33	21,96	3800	76,00	1,0	76,00	OK	OK
25	53,31	72,25	3800	76,00	1,0	76,00	OK	OK
23	54,50	63,39	3800	76,00	1,0	76,00	OK	OK
22	57,63	66,36	3800	76,00	1,0	76,00	OK	OK
21	56,10	74,40	3800	76,00	1,0	76,00	OK	OK
20	56,71	71,92	3800	76,00	1,0	76,00	OK	OK
19	56,30	73,20	3800	76,00	1,0	76,00	OK	OK
18	55,64	74,44	3800	76,00	1,0	76,00	OK	OK
17	52,44	74,32	3800	76,00	1,0	76,00	OK	OK
16	54,40	74,90	3800	76,00	1,0	76,00	OK	OK
15	53,50	74,74	3800	76,00	1,0	76,00	OK	OK
12	53,18	74,94	3800	76,00	1,0	76,00	OK	OK
11	52,91	73,15	3800	76,00	1,0	76,00	OK	OK
10	50,13	70,71	3800	76,00	1,0	76,00	OK	OK
9	47,29	67,51	3800	76,00	1,0	76,00	OK	OK
8	44,86	52,50	3800	76,00	1,0	76,00	OK	OK
P8	33,99	48,88	2900	58,00	1,0	58,00	OK	OK
P7	31,67	41,22	2900	58,00	1,0	58,00	OK	OK
P6	29,65	39,14	2900	58,00	1,0	58,00	OK	OK
P5	27,58	37,12	2900	58,00	1,0	58,00	OK	OK
P3	26,41	35,33	2900	58,00	1,0	58,00	OK	OK
P2	29,70	38,62	2900	58,00	1,0	58,00	OK	OK
P1	17,43	30,46	3500	70,00	1,0	70,00	OK	OK
Mezzanine	11,70	14,96	3100	62,00	1,0	62,00	OK	OK
Ground	0,00	0,00	3200	64,00	1,0	64,00	OK	OK
BS 1	0,00	0,00	3250	65,00	1,0	65,00	OK	OK
BS 2	0,00	0,00	1600	32,00	1,0	32,00	OK	OK

Sumber: Hasil Analisis, (2023)

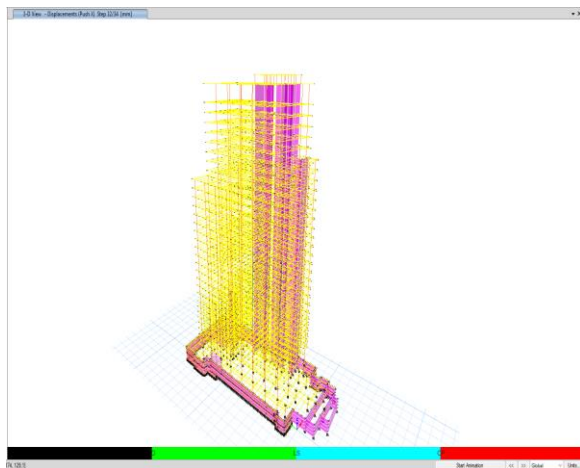


Dari hasil kontrol simpangan antar lantai pada Tabel 2, nilai maksimal simpangan arah X sebesar 132,69 mm < 134,00 mm dengan tinggi tingkat 6.700 mm dan nilai maksimal simpangan arah Y sebesar 70,11 mm < 134,00 mm dengan tinggi tingkat 6.700 mm. Dengan hasil diatas, analisa struktur gendung memenuhi persyaratan batas simpangan antar lantai berdasar pada SNI 1726:2019 Pasal 7.8.6.

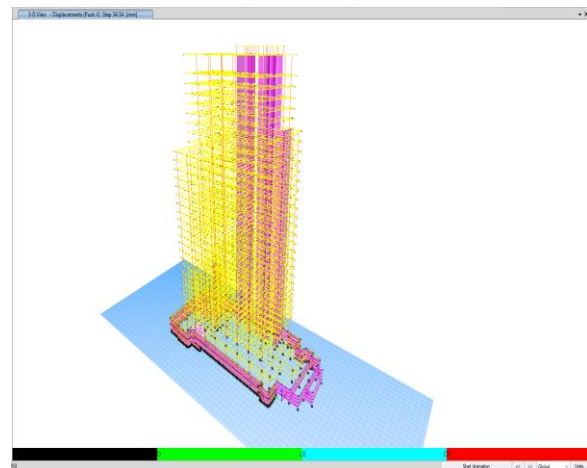
ANALISIS PUSHOVER

Sendi plastis merupakan suatu kondisi dimana terjadi rotasi secara terus menerus akibat adanya penambahan beban – beban pada struktur tersebut dan pada kondisi ini nilai momen tidak mengalami perubahan (Setiawan, 2020).

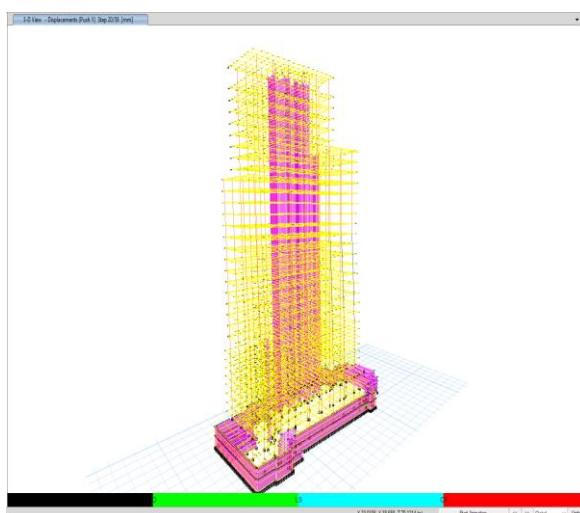
Tahapan analisis pushover, dapat diketahui tahapan elemen struktur yang telah mengalami kerusakan beserta jumlahnya pada setiap peningkatan beban lateral serta saat kinerja tercapai (Widianingrum & Haryanto, 2019). Posisi elemen – elemen struktur yang telah terbentuk sendi plastis beserta kategori kinerja sendi plastis yang terbentuk dapat dilihat pada Gambar 4, 5, 6 dan 7.



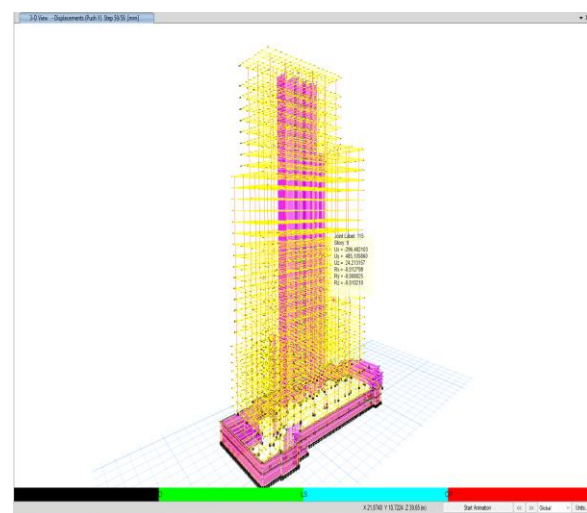
Gambar 4. Keruntuhan step pertama Arah X
Sumber: Hasil Analisis, (2023)



Gambar 5. Keruntuhan step akhir Arah X
Sumber: Hasil Analisis, (2023)



Gambar 6. Keruntuhan step pertama Arah Y
Sumber: Hasil Analisis, (2023)



Gambar 7. Keruntuhan step akhir Arah Y
Sumber: Hasil Analisis, (2023)

Tabel 3 Output Beban Dorong (*Push*) Arah X

<i>Step</i>	<i>Monitored Displ.</i>	<i>Base Force</i>	A-B	B-C	C-D	D-E	>E	A-IO	IO-LS	LS-CP	>CP	Total
	mm	kgf										
0	0,0	0,0	21862	0	0	0	0	21862	0	0	0	21862
1	48,4	159155,9	21862	0	0	0	0	21862	0	0	0	21862
2	96,8	320781,2	21862	0	0	0	0	21862	0	0	0	21862
3	145,2	482405,6	21862	0	0	0	0	21862	0	0	0	21862
4	193,6	644033,5	21862	0	0	0	0	21862	0	0	0	21862
5	242,0	805662,8	21862	0	0	0	0	21862	0	0	0	21862
6	290,4	966784,1	21862	0	0	0	0	21862	0	0	0	21862
7	338,8	1127645,8	21862	0	0	0	0	21862	0	0	0	21862
8	387,2	1288179,7	21862	0	0	0	0	21862	0	0	0	21862
9	435,6	1447269,0	21862	0	0	0	0	21862	0	0	0	21862
10	484,0	1606909,9	21862	0	0	0	0	21862	0	0	0	21862
11	532,4	1762573,1	21862	0	0	0	0	21862	0	0	0	21862
12	580,8	1914464,0	21862	0	0	0	0	21862	0	0	0	21862
13	629,2	2060333,8	21862	0	0	0	0	21862	0	0	0	21862
14	677,6	2200847,5	21862	0	0	0	0	21862	0	0	0	21862
15	746,2	2393698,6	21862	0	0	0	0	21862	0	0	0	21862
16	794,6	2527784,7	21862	0	0	0	0	21862	0	0	0	21862
17	858,9	2694473,6	21862	0	0	0	0	21862	0	0	0	21862
18	907,3	2813643,1	21862	0	0	0	0	21862	0	0	0	21862
19	955,7	2927685,1	21861	1	0	0	0	21862	0	0	0	21862
20	1004,1	3039360,3	21861	1	0	0	0	21862	0	0	0	21862
21	1052,5	3144882,9	21861	1	0	0	0	21862	0	0	0	21862
22	1139,9	3322979,5	21861	1	0	0	0	21862	0	0	0	21862
23	1188,3	3423611,9	21860	2	0	0	0	21862	0	0	0	21862
24	1236,7	3523384,3	21860	2	0	0	0	21862	0	0	0	21862
25	1304,6	3643610,4	21858	4	0	0	0	21862	0	0	0	21862
26	1353,0	3728712,8	21856	6	0	0	0	21862	0	0	0	21862
27	1427,0	3860798,9	21846	16	0	0	0	21862	0	0	0	21862
28	1475,4	3952459,4	21841	21	0	0	0	21862	0	0	0	21862
29	1525,1	4045424,7	21837	25	0	0	0	21862	0	0	0	21862
30	1573,5	4135091,7	21830	32	0	0	0	21862	0	0	0	21862
31	1657,7	4261328,3	21825	35	2	0	0	21861	1	0	0	21862
32	1730,3	4409533,2	21820	40	2	0	0	21857	1	0	4	21862
33	1817,5	4541184,0	21816	35	9	0	2	21854	1	0	7	21862
34	1865,9	4641566,3	21816	35	9	0	2	21853	1	0	8	21862

Sumber: Hasil Analisis, (2023)

Dari Tabel 3 dapat diketahui posisi elemen – elemen struktur yang telah terbentuk sendi plastis beserta kategori kinerja sendi plastis yang terbentuk pada Gambar 4 yang terjadi pertama Arah X pada *step* 31 dengan jumlah sendi plastis kategori IO-LS yaitu 1 titik dan dan Gambar 5 yang terjadi terakhir Arah X pada *step* 34 dengan jumlah sendi plastis kategori >CP yaitu 8 titik.



Tabel 4 Output Beban Dorong (*Push*) Arah Y

<i>Step</i>	<i>Monitored Displ.</i>	<i>Base Force</i>	<i>A-B</i>	<i>B-C</i>	<i>C-D</i>	<i>D-E</i>	<i>>E</i>	<i>A-IO</i>	<i>IO-LS</i>	<i>LS-CP</i>	<i>>CP</i>	<i>Total</i>
	mm	kgf										
0	0,0	0,0	21862	0	0	0	0	21862	0	0	0	21862
1	24,2	202166,9	21862	0	0	0	0	21862	0	0	0	21862
2	48,4	405252,3	21862	0	0	0	0	21862	0	0	0	21862
3	72,6	607963,5	21862	0	0	0	0	21862	0	0	0	21862
4	96,8	810309,1	21862	0	0	0	0	21862	0	0	0	21862
5	121,0	1012355,2	21862	0	0	0	0	21862	0	0	0	21862
6	145,2	1213787,7	21862	0	0	0	0	21862	0	0	0	21862
7	169,4	1414617,8	21862	0	0	0	0	21862	0	0	0	21862
8	193,6	1614835,1	21862	0	0	0	0	21862	0	0	0	21862
9	233,4	1940688,2	21862	0	0	0	0	21862	0	0	0	21862
10	260,0	2150979,3	21858	4	0	0	0	21862	0	0	0	21862
11	289,5	2380650,9	21854	8	0	0	0	21862	0	0	0	21862
12	313,7	2567459,3	21854	8	0	0	0	21862	0	0	0	21862
13	347,6	2823024,7	21850	12	0	0	0	21862	0	0	0	21862
14	389,2	3121838,5	21846	16	0	0	0	21862	0	0	0	21862
15	433,6	3380849,4	21842	20	0	0	0	21862	0	0	0	21862
16	463,8	3551749,7	21836	26	0	0	0	21862	0	0	0	21862
17	488,0	3686690,8	21836	26	0	0	0	21862	0	0	0	21862
18	535,5	3952884,6	21833	29	0	0	0	21862	0	0	0	21862
19	559,7	4094825,5	21830	32	0	0	0	21862	0	0	0	21862
20	583,9	4234800,6	21827	35	0	0	0	21860	0	0	2	21862
21	608,1	4373058,6	21821	41	0	0	0	21860	0	0	2	21862
22	640,7	4555778,9	21801	61	0	0	0	21860	0	0	2	21862
23	667,0	4702786,2	21794	68	0	0	0	21860	0	0	2	21862
24	696,2	4864393,0	21778	84	0	0	0	21860	0	0	2	21862
25	734,3	5074420,2	21769	93	0	0	0	21860	0	0	2	21862
26	770,5	5269734,1	21758	104	0	0	0	21860	0	0	2	21862
27	794,7	5398390,7	21757	105	0	0	0	21859	1	0	2	21862
28	834,5	5607840,1	21750	112	0	0	0	21858	2	0	2	21862
29	861,9	5750522,4	21744	118	0	0	0	21857	3	0	2	21862
30	887,1	5880618,1	21733	129	0	0	0	21857	3	0	2	21862
31	916,6	6029344,5	21711	151	0	0	0	21857	3	0	2	21862
32	944,3	6166979,6	21695	167	0	0	0	21857	3	0	2	21862
33	979,9	6339388,6	21679	183	0	0	0	21857	3	0	2	21862
34	1020,9	6534097,4	21650	212	0	0	0	21851	7	0	4	21862
35	1052,2	6656529,2	21636	226	0	0	0	21838	20	0	4	21862

Sumber: Hasil Analisis, (2023)



Tabel 4 Output Beban Dorong (*Push*) Arah Y (Lanjutan)

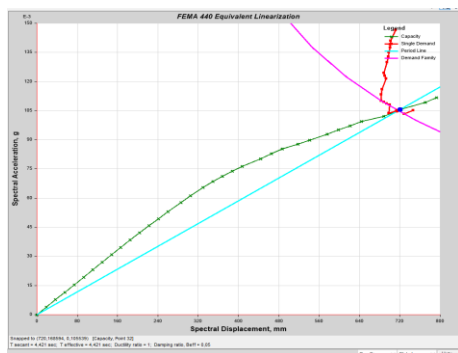
Step	Monitored Displ.	Base Force	A-B	B-C	C-D	D-E	>E	A-IO	IO-LS	LS-CP	>CP	Total
	mm	kgf										
36	1094,4	6845626,3	21624	238	0	0	0	21829	29	0	4	21862
37	1119,9	6957608,3	21606	256	0	0	0	21820	38	0	4	21862
38	1160,2	7130924,2	21583	278	0	0	1	21809	48	0	5	21862
39	1184,4	7233849,2	21579	282	0	0	1	21803	53	0	6	21862
40	1208,6	7336569,7	21575	286	0	0	1	21796	60	0	6	21862
41	1232,8	7436287,0	21559	302	0	0	1	21795	61	0	6	21862
42	1257,0	7533499,0	21543	318	0	0	1	21783	73	0	6	21862
43	1281,2	7626513,3	21525	336	0	0	1	21776	80	0	6	21862
44	1305,4	7642875,6	21511	347	0	0	4	21771	81	3	7	21862
45	1329,6	7571815,6	21495	359	3	1	4	21758	88	4	12	21862
46	1365,9	7712190,7	21478	364	10	0	10	21736	109	4	13	21862
47	1390,1	7824056,9	21455	387	10	0	10	21726	118	4	14	21862
48	1414,3	7933039,6	21435	407	10	0	10	21718	126	4	14	21862
49	1438,5	8038477,6	21415	427	10	0	10	21711	133	4	14	21862
50	1462,7	8138551,5	21395	447	10	0	10	21707	137	4	14	21862
51	1486,9	8226750,4	21383	459	10	0	10	21699	144	5	14	21862
52	1512,6	8343822,9	21360	482	10	0	10	21692	151	5	14	21862
53	1536,8	8444141,0	21343	499	10	0	10	21686	156	6	14	21862
54	1561,4	8552603,7	21321	520	11	0	10	21678	164	6	14	21862
55	1591,7	8679526,9	21283	557	12	0	10	21669	173	6	14	21862
56	1616,3	8788360,6	21254	586	12	0	10	21661	180	7	14	21862
57	1653,5	8942032,4	21216	624	12	0	10	21652	187	9	14	21862
58	1679,2	9047651,1	21200	639	13	0	10	21649	190	9	14	21862
59	1679,4	9047283,4	21200	639	13	0	10	21647	190	9	16	21862

Sumber: Hasil Analisis, (2023)

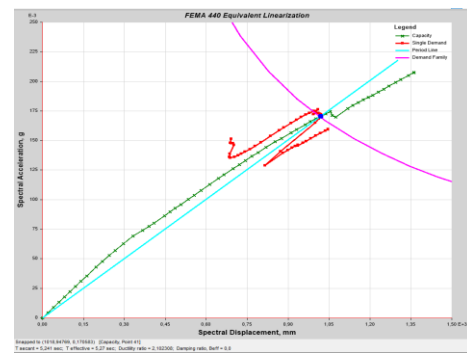
Dari Tabel 4 dapat diketahui posisi elemen – elemen struktur yang telah terbentuk sendi plastis beserta kategori kinerja sendi plastis yang terbentuk pada Gambar 6 yang terjadi pertama Arah X pada *step* 20 dengan jumlah sendi plastis kategori >CP yaitu 1 titik dan dan Gambar 7 yang terjadi terakhir Arah X pada *step* 59 dengan jumlah sendi plastis kategori IO-LS yaitu 190 titik, kategori LS-CP yaitu 9 titik dan kategori >CP yaitu 16 titik.

Perfomance Point (Titik Kinerja)

Titik kinerja atau target perpindahan gedung merupakan potongan antara kurva spektrum kapasitas dan spektrum demand. Spektrum kapasitas menunjukkan bagaimana kekuatan struktur dalam memenuhi suatu beban yang diberikan, sedangkan spektrum *demand* didapat dari kurva *response spektrum* rencana SNI 1726-2019. Perpotongan antara kurva spektrum kapasitas dan kurva spektrum *demand* dapat dilihat pada Gambar 8 dan 9.



Gambar 8. Kurva Pushover Analysis Arah X
Sumber: Hasil Analisis, (2023)



Gambar 9. Kurva Pushover Analysis Arah Y
Sumber: Hasil Analisis, (2023)



Gambar 8. dan Gambar 9 merupakan hasil analisis *pushover* dengan bantuan program ETABS V.19.1.0. grafik diatas menunjukkan nilai titik *performance point* yang kemudian akan dilakukan pengolahan kembali untuk mendapatkan nilai simpangan maksimum.

Tabel 5 Nilai Performace Point Etabs V.19.1.0 Arah X

Shear, V (kg)	4.384.081,65 kg
Displacement, D (mm)	1.717,8069 mm
Sa (g)	0,10495
Sd (mm)	714,664
T effective (sec)	5,244
Damping Ratio, Beff (%)	9,35

Sumber: Aplikasi ETABS V19.1.0, (2023)

Tabel 6 Nilai Performace Point Etabs V.19.1.0 Arah Y

Shear, V (kg)	7.430.542,93 kg
Displacement, D (mm)	1.231,3812 mm
Sa (g)	0,170455
Sd (mm)	1017,8836
T effective (sec)	6,665
Damping Ratio, Beff (%)	16,87

Sumber: Aplikasi ETABS V19.1.0, (2023)

Level Kinerja Struktur

Tabel 7 Batasan Kinerja Struktur berdasarkan ATC-40 (1996)

Batasan simpangan antar tingkat	Level kinerja struktur			
	Immediate Occupancy	Damage Control	Life Safety	Structural Stability
Simpangan total Maksimum	0,01	0,01 – 0,02	0,02	0,33 V_i / P_i

Sumber: Applied Technology Council (ATC 40), 1996 Table 11-2 Page 310, (1996)

1) Kinerja gedung *Voza Office Tower* Surabaya menurut ATC 40 arah X adalah

$$\text{Simpangan total maksimum struktur} = \frac{\delta}{H_{\text{TOTAL}}} = \frac{1.717,8069}{121.000} = 0,01419$$

Dari hasil perhitungan diatas dapat diambil kesimpulan kinerja struktur menurut ATC-40 pada arah X adalah *Damage Control* (DC) bangunan masih mampu menahan gempa yang terjadi, resiko korban jiwa manusia sangat kecil.

2) Kinerja gedung *Voza Office Tower* Surabaya menurut ATC 40 arah Y adalah

$$\text{Simpangan total maksimum struktur} = \frac{\delta}{H_{\text{TOTAL}}} = \frac{1.231,3812}{121.000} = 0,01017$$

Dari hasil perhitungan diatas dapat diambil kesimpulan kinerja struktur menurut ATC-40 pada arah Y adalah *Immediate Occupancy* (IO) Tidak ada kerusakan yang berarti pada struktur dan non-struktur, bangunan tetap berfungsi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis *pushover* dengan menggunakan ATC-40 dapat diketahui level kinerja (*performance point*) struktur gedung *Voza Office Tower* Surabaya yaitu kategori *Damage Control* (DC) dengan nilai maksimum total *drift* sebesar 0,0141. Bangunan masih mampu menahan gempa yang terjadi, resiko korban jiwa manusia sangat kecil. Hasil analisis *pushover* dengan metode ATC-40 didapatkan nilai *displacement* maksimum untuk arah X = 1.717,8069 mm, untuk arah Y = 1.231,3812 mm, dengan nilai gaya geser maksimum untuk arah X = 4.384.081,65 kg dan untuk arah Y = 7.430.542,93 kg. Hasil kontrol simpangan antar lantai, nilai maksimal simpangan arah X sebesar 132,69 mm < 134,00 mm dengan tinggi

tingkat 6.700 mm dan nilai maksimal simpangan arah Y sebesar 70,11 mm < 134,00 mm dengan tinggi tingkat 6.700 mm.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditianata, A. (2014). Fenomena Tata Guna Lahan, Perumahan dan Transportasi dalam Perkembangan Kota-kota Besar (Kasus: Kota Surabaya dan Metropolitan Gks Plus). *Planesa*, 5(01), 213118.
- Anam, S., Sutriyono, B., & Trimurtiningrum, R. (2020). Studi Perbandingan Kinerja Gedung Beton Bertulang Srpmk 6 Lantai Dengan Menggunakan Metode Pushover Dan Nonlinear Time History Analysis. *Jurnal Ilmiah MITSU*, 8(1), 33–41. <https://doi.org/10.24929/ft.v8i1.922>
- Aswar, J. (2020). Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Beton Bertulang Metode Pushover Analysis. *Inersia: Jurnal Teknik Sipil*, 12(2). <https://doi.org/10.33369/ijts.12.2.104-109>
- Christiawan, I., Triwiyono, A., & Christady, H. (2008). Evaluasi Kinerja Dan Perkuatan Struktur Gedung Guna Alih Fungsi Bangunan (Studi Kasus: Perubahan Fungsi Ruang Kelas Menjadi Ruang Perpustakaan Pada Lantai II Gedung G Universitas Semarang). In *Civil Engineering Forum Teknik Sipil* (Vol. 18, No. 1, pp. 725-738).
- Nurhaliza, N., Nuklirullah, M., & Bahar, F. F. (2021). Analisis Struktur Balok dan Pelat Lantai Akibat Alih Fungsi Bangunan (Studi Kasus : Gedung Rektorat Universitas Jambi). *Fondasi : Jurnal Teknik Sipil*, 10(2). <https://doi.org/10.36055/fondasi.v10i2.11887>
- Rohman, R. K. (2009). *Assessment Struktur Atas Gedung Timbul Jaya Plaza Kota Madiun Akibat Alih Fungsi*.
- SNI 1726:2019. (2019). SNI 1726-2019 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung. *Standar Nasional Indonesia (SNI)*.
- SNI 2847:2019. (2019). SNI 2847-2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan. *Standar Nasional Indonesia (SNI)*, 8.
- Setiawan, Y. A. (2020). *Analisa Perbandingan Kinerja Struktur Gedung Beton Bertulang Dengan Balok-Balok Kantilever Menggunakan Analisa Statik Ekuivalen Non Linear (PushOver)* (Doctoral dissertation, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya).
- Siswanto, A. B. (2018). Kriteria dasar perencanaan struktur bangunan tahan gempa. *Jurnal Teknik Sipil*, 11, 59-72.
- Suwandi, H. P. (2019). ANALISIS GEMPA NON-LINEAR STATIC PUSHOVER DENGAN METODE ATC-40 UNTUK EVALUASI KINERJA STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG. *MoDuluS: Media Komunikasi Dunia Ilmu Sipil*, 1(1). <https://doi.org/10.32585/modulus.v1i1.379>
- Widyaningrum, A., & Haryanto, Y. (2019). Evaluasi Kinerja Gedung Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil Purbalingga dengan Analisis Pushover. *Din. Rekayasa*, 15(2), 87-94.