

## Studi Struktur Gedung Beton Bertulang Pada Gedung RND PT Bernofarm Sidoarjo Menggunakan Metode Pushover Analysis dengan Program ETABS V.19 dan SAP2000 V.22

Aat Muhaiminul Aziz<sup>1\*</sup>, Mochamad Ridwan<sup>2</sup>, Tri Wardoyo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Bhayangkara Surabaya

<sup>2,3</sup>Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Bhayangkara Surabaya

email\* : [aatjob7@gmail.com](mailto:aatjob7@gmail.com)

Diterima Mei 2023; Disetujui Mei 2023; Dipublikasi Juni 2023

**Abstract.** Indonesia is an area that often experiences earthquakes. Therefore, building construction must be designed according to applicable regulatory standards. This study aims to determine the behavior of the structure and the scheme for the occurrence of plastification of structural elements, as well as to determine the performance level of the building structure so that it remains sturdy during an earthquake. Pushover analysis with the displacement coefficient method FEMA 440 (2005) based on nonlinear statics is used to determine the performance level of the building structure. The case study was conducted in the RND PT Bernofarm Sidoarjo reinforced concrete building which functions as an office and laboratory in the pharmaceutical sector. The building was built in 2015 with 6 floors and 28 meters high. New plastic joints can be identified by performing a pushover analysis. The ETABS v.19 and SAP2000 v.22 programs are used for pushover analysis so that the displacement values for the X and Y directions are 0.311 m so that the performance level of the building structure is Damage Control. In this category, if an earthquake occurs, the structural elements of the building suffer minimal damage so that the building can still be used after an earthquake occurs, but there may be operational facilities or equipment in the building that cannot be used, so repairs are needed before being used again. The threat to loss of life is very small.

**Keywords :** Pushover Analysis, Reinforced Concrete, Nonlinear Statics

**Abstrak.** Indonesia merupakan daerah yang sering mengalami gempa bumi karena itu, konstruksi bangunan harus didesain sesuai dengan standar peraturan yang berlaku. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perilaku struktur dan skema terjadinya plastifikasi pada elemen struktur, serta menentukan level kinerja struktur gedung agar tetap kokoh saat terjadi gempa. Analisis pushover dengan displacement coefficient metode FEMA 440 (2005) yang berbasis statik nonlinier digunakan untuk mengetahui level kinerja struktur bangunan. Studi kasus dilakukan pada gedung beton bertulang RND PT Bernofarm Sidoarjo yang berfungsi sebagai kantor dan laboratorium di bidang farmasi. Gedung tersebut dibangun pada tahun 2015 dengan 6 lantai dan tinggi 28 meter. Sendi plastis baru dapat diketahui dengan melakukan analisis pushover. Digunakan program ETABS v.19 dan SAP2000 v.22 untuk analisis pushover sehingga diperoleh nilai perpindahan untuk arah X dan Y sebesar 0,311 m sehingga level kinerja struktur gedung ialah Damage Control. Pada kategori ini, bila terjadi gempa, elemen struktural gedung mengalami kerusakan minimal sehingga gedung masih dapat digunakan setelah terjadi gempa, namun fasilitas atau kelengkapan operasional gedung mungkin ada yang tidak dapat digunakan sehingga diperlukan perbaikan sebelum digunakan kembali. Ancaman terhadap korban jiwa sangat kecil.

**Kata Kunci:** Analisis Pushover, Beton Bertulang, Statik Nonlinier



## **1 Pendahuluan**

Gedung RND PT Bernofarm Sidoarjo yang terletak di Jl. Gatot Subroto No.68 Dusun Tebel Barat Desa Tebel Kecamatan Buduran Kabupaten Sidoarjo merupakan kantor perusahaan dan sekaligus laboratorium yang bergerak di bidang farmasi. Karakteristik gedung berupa struktur beton bertulang dengan enam lantai. Lantai pertama difungsikan sebagai area produksi hasil dari penelitian serta jalur pendistribusian bahan mentah dan bahan jadi hasil olah menuju ke gudang untuk proses pengemasan. Lantai dua dan tiga difungsikan sebagai laboratorium penelitian dan pengembangan obat-obatan. Pada lantai empat dan lima difungsikan sebagai ruang akunting, ruang administrasi, ruang meeting, ruang staff dan ruang direktur. Pada lantai enam digunakan untuk tempat ibadah umat muslim dan kantin.

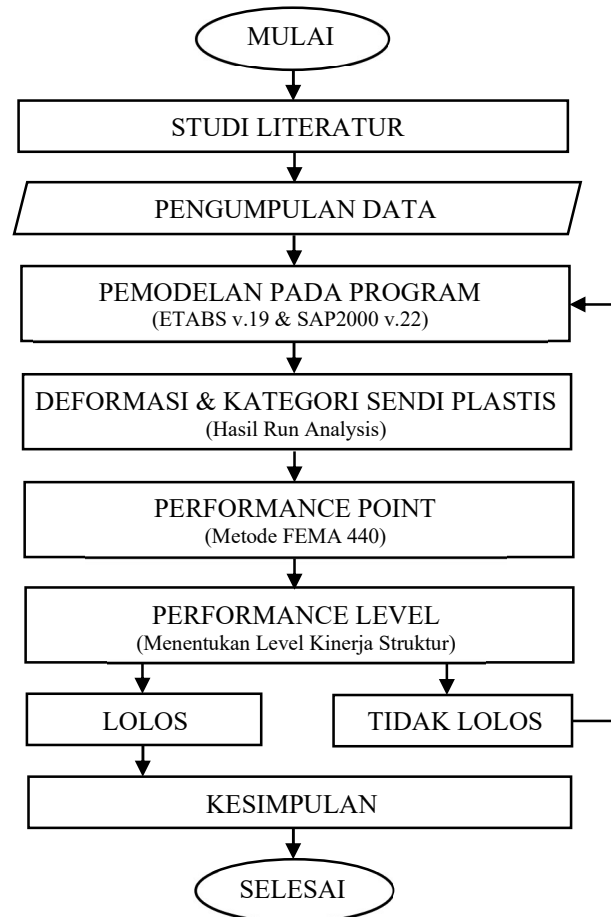
Saat terjadi gempa besar apabila salah satu elemen dari strukturnya telah leleh, perilaku struktur gedung tidak lagi bersifat linear. Salah satu solusi untuk mengantisipasi masalah tersebut yaitu diperkenalkan konsep desain berbasis kinerja Performance Based Design (PBD) yang memanfaatkan teknik analisa non-linier berbasis komputer. Demand adalah representasi dari gerakan tanah akibat gempa, sedangkan Capacity adalah representasi dari kemampuan suatu struktur untuk menahan demand. Sehingga kinerja struktur bergantung pada bagaimana cara capacity menahan demand sehingga kinerja struktur sejalan dengan maksud dan tujuan bangunan dibuat atau digunakan (*Usman Wijaya & Tavio*).

Pushover analysis atau analisa beban dorong ialah pemberian beban statik dalam arah lateral yang ditingkatkan secara incremental (berang-sur-angsur) pada suatu struktur sampai struktur tersebut mencapai target displacement hingga pola keruntuhan. Dari hasil analisis pushover tersebut dapat diketahui nilai-nilai base shear (geser dasar) terhadap roof displacement (perpindahan atap). Analisis Pushover juga dapat memperlihatkan secara visual perilaku struktur pada kondisi plastis dan sampai terjadinya keruntuhan pada elemen-elemen strukturnya dan mengkategorikan struktur dalam level kinerja (performance level) tertentu (*Gufron Fitriano*).

Untuk mengetahui level kinerja struktur beton bertulang akibat gempa pada Gedung RND PT Bernofarm Sidoarjo dilakukan studi menggunakan Metode Pushover Analysis dengan program ETABS v.19 dan SAP2000 v.22.

## 2 Metode Penelitian

Tahapan-tahapan dalam studi penelitian ini ditampilkan dalam diagram alur sebagai berikut:



**Gambar 1** Diagram Alur

Tahapan studi diawali dengan studi literatur. Referensi yang dapat digunakan adalah buku, makalah, jurnal dan tesis yang berkaitan dengan tema studi. Tahap selanjutnya ialah proses pengumpulan data berupa data eksisting bangunan yang berupa data Gambar Asbuilt Drawing yang dimiliki pihak owner. Agar studi dapat diperoleh hasil yang baik, diputuskan menggunakan software ETABS v.19 dan SAP2000 v.22 untuk menganalisis struktur bangunan demi mengetahui Deformasi dan Kategori Sendi Plastis pada elemen struktur. Hasil analisis lainnya berupa Kurva Kapasitas (Simpangan vs Gaya) yang mana di tahap ini dievaluasi sesuai Metode FEMA 440 sehingga akan diperoleh nilai Performance Point yang di tahap berikutnya berguna menentukan Level Kinerja struktur bangunan yang dinyatakan dengan tingkatan kerusakan bangunan akibat gempa beserta status operasional properti dan angka kematian.



### 3 Pembahasan

#### a. Data Profil Struktur

**Tabel 1** Data Spesifikasi Material

Item	Spesifikasi
Mutu Beton	f <sub>c</sub> 31,2 MPa
Tulangan Ulir	f <sub>y</sub> 390 MPa
Tulangan Polos	f <sub>y</sub> 240 MPa

**Tabel 2** Data Profil Pelat

Item	Tebal	Sumbu	Tul. Lentur	Tul. Susut
Pelat Lantai	120 mm	X	Ø10-150	Ø10-150
		Y	Ø10-150	Ø10-150
Pelat Atap	120 mm	X	Ø10-150	Ø10-150
		Y	Ø10-150	Ø10-150
Pelat Balkon	120 mm	X	Ø10-200	Ø10-200
		Y	Ø10-200	Ø10-200

**Tabel 3** Data Profil Balok

	Item	Tumpuan	Lapangan	Item	Tumpuan	Lapangan
<b>Dimensi</b>	B1	600 × 400		B2	500 × 250	
<b>Tul. Atas</b>		6D19	3D19		4D16	2D16
<b>Tul. Torsi</b>		2D19	2D19		-	-
<b>Tul. Bawah</b>		3D19	4D19		2D16	4D16
<b>Tul. Geser</b>		Ø10-75	Ø10-150		Ø10-100	Ø10-200
<b>Dimensi</b>	B3	800 × 400		B4	600 × 400	
<b>Tul. Atas</b>		6D19	3D19		5D19	3D19
<b>Tul. Torsi</b>		2D19	2D19		-	-
<b>Tul. Bawah</b>		3D19	5D19		3D19	4D19
<b>Tul. Geser</b>		Ø10-75	Ø10-150		Ø10-75	Ø10-150
<b>Dimensi</b>	B5	500 × 350		B6	600 × 400	
<b>Tul. Atas</b>		4D16	2D16		6D16	4D16
<b>Tul. Torsi</b>		-	-		2D13	2D13
<b>Tul. Bawah</b>		2D16	3D16		4D16	6D16
<b>Tul. Geser</b>		Ø10-100	Ø10-200		Ø10-100	Ø10-200
<b>Dimensi</b>	B7	500 × 250		B8	400 × 200	
<b>Tul. Atas</b>		4D16	2D16		3D16	2D16
<b>Tul. Torsi</b>		-	-		-	-
<b>Tul. Bawah</b>		2D16	4D16		2D16	3D16
<b>Tul. Geser</b>		Ø10-100	Ø10-200		Ø10-100	Ø10-200
<b>Dimensi</b>	B9	400 × 200		B10	400 × 200	
<b>Tul. Atas</b>		3D16	2D16		4D16	2D16
<b>Tul. Torsi</b>		-	-		-	-
<b>Tul. Bawah</b>		2D16	3D16		2D16	4D16
<b>Tul. Geser</b>		Ø10-100	Ø10-150		Ø10-100	Ø10-200

**Tabel 4** Data Profil Kolom

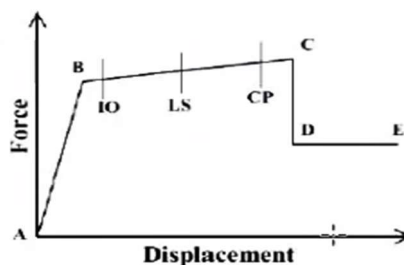
Item	Ket	Lt.1-2	Lt.3-4	Lt.5	Lt.6
C1	Dimensi	700 × 700	700 × 700	650 × 650	600 × 600
	Tul. Lentur	24D22	22D22	20D22	18D22
	Tul. Geser	4PØ12-100	4PØ10-100	4PØ10-100	3PØ10-100
C1A	Dimensi	700 × 700	700 × 700	650 × 650	650 × 650
	Tul. Lentur	26D22	24D22	20D22	18D22
	Tul. Geser	4PØ12-100	4PØ10-100	4PØ10-100	4PØ10-100
C2	Dimensi	650 × 650	650 × 650	600 × 600	600 × 600
	Tul. Lentur	22D22	20D22	18D22	18D22
	Tul. Geser	4PØ12-100	4PØ10-100	3PØ10-100	3PØ10-100
C2A	Dimensi	750 × 750	750 × 750	700 × 700	700 × 700
	Tul. Lentur	24D22	22D22	20D22	20D22
	Tul. Geser	4PØ12-100	4PØ10-100	3PØ10-100	3PØ10-100

**Tabel 5** Total Beban Bangunan

Jenis Beban	A	B	C
	Manual kg	ETABS kg	SAP2000 kg
Mati (D)	6.621.738	6.396.304	6.594.198
Mati Tambahan (SD)	1.979.516	1.979.516	1.979.516
Hidup (L)	2.716.558	2.716.558	2.716.558
Hidup Atap (Lr)	70.200	70.200	70.200
Jumlah	11.388.011	11.162.577	11.360.471

### b. Analisis Sendi Plastis

Level plastifikasi pada sendi plastis elemen struktur dinyatakan seperti gambar berikut:



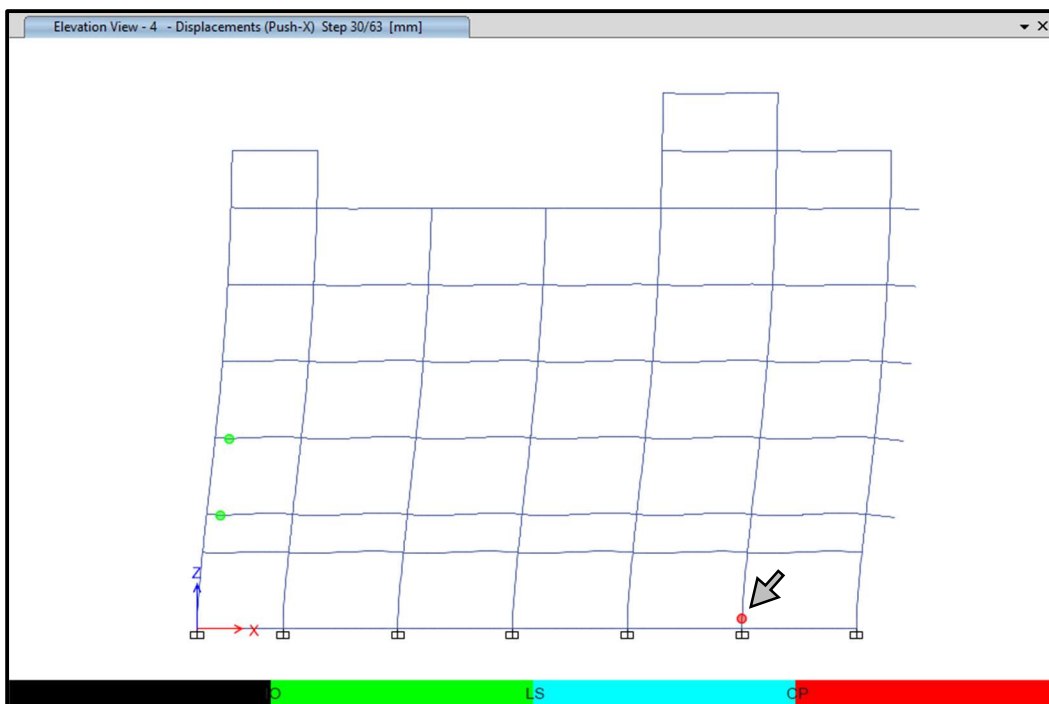
**Gambar 2** Kurva Kapasitas Gaya vs Simpangan

Keterangan untuk A merupakan kondisi dimana belum ada beban dorong sehingga belum terjadi plastifikasi pada elemen. A-B merupakan kondisi dimana elemen mulai mengalami leleh. B-IO merupakan tahapan setelah leleh (plastifikasi) dengan level kinerja pada elemen struktur yaitu Immediately Occupancy. IO-LS merupakan elemen struktur pada level kinerja Life Safety (kondisi plastis). LS-CP merupakan elemen struktur pada level kinerja Collapse Prevention (kondisi hampir runtuh). CP-C merupakan kapasitas ultimate dari elemen struktur. E-D merupakan kekuatan sisa dari elemen struktur. D-E merupakan elemen struktur yang runtuh.

Output dari hasil Run-Analysis pada program ETABS v.19 dan SAP2000 v.22, ditunjukkan sebagai berikut:

**Tabel 6** Step Beban Dorong untuk Arah X oleh ETABS v.19

Step	Monitored Displacement mm	Base Force ton	A-B	B-C	C-D	D-E	>E	A-IO	IO-LS	LS-CP	>CP
0	0,0000	0,0000	1846	0	0	0	0	1846	0	0	0
1	5,6000	88,3684	1846	0	0	0	0	1846	0	0	0
10	56,0000	883,6864	1845	1	0	0	0	1846	0	0	0
14	77,5870	1219,7682	1804	42	0	0	0	1846	0	0	0
21	124,2590	1798,9271	1586	260	0	0	0	1845	1	0	0
30	187,1700	2420,0705	1421	425	0	0	0	1841	4	0	1
31	193,3620	2463,8851	1416	430	0	0	0	1839	4	0	3
36	226,4000	2678,3209	1407	439	0	0	0	1745	94	0	7
45	294,0000	3109,6429	1373	473	0	0	0	1626	211	0	9
46	296,1820	3123,7962	1373	472	1	0	0	1626	211	0	9
47	296,1880	3113,6556	1373	472	0	1	0	1626	210	1	9
56	350,8870	3462,7579	1361	483	1	1	0	1620	212	1	13
57	350,8930	3454,0480	1360	484	0	2	0	1619	212	2	13
62	382,0150	3652,5980	1337	497	10	2	0	1585	246	2	13
63	371,2850	3483,2188	1337	497	10	1	1	1585	246	2	13

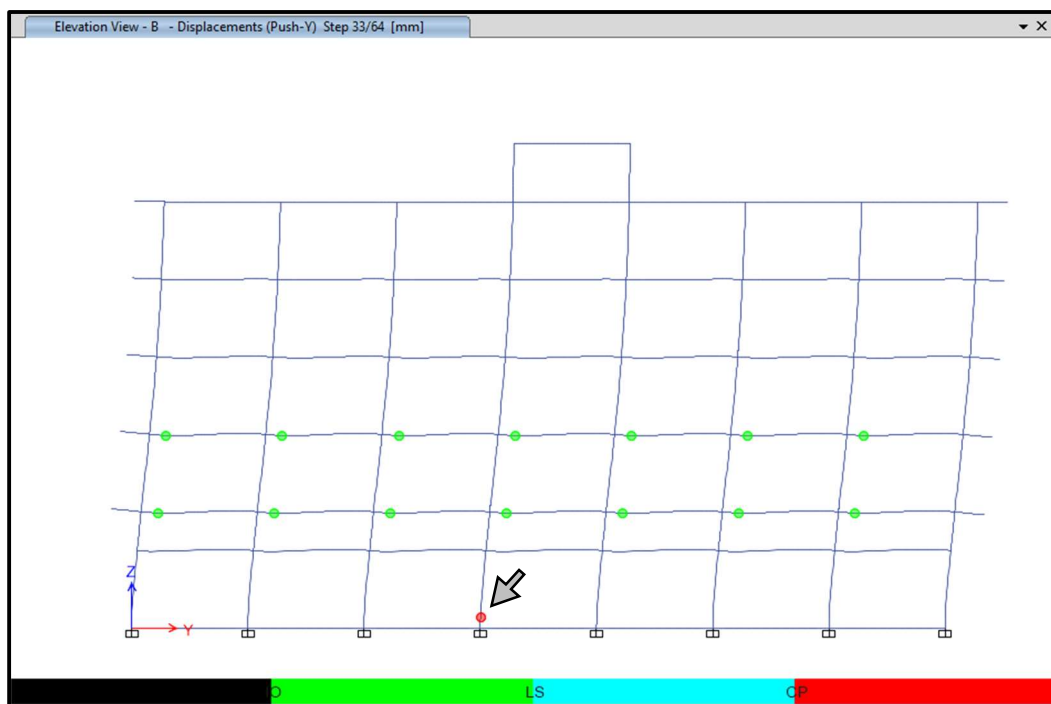


**Gambar 3** Beban Dorong Step ke-30 Arah X Portal-4 oleh ETABS v.19

Gambar 3 menunjukkan bahwa 1 elemen bangunan gedung telah mencapai kapasitas ultimate (>CP) untuk pertama kalinya sesuai dengan Tabel 6 pada step ke-30.

**Tabel 7** Step Beban Dorong untuk Arah Y oleh ETABS v.19

Step	Monitored Displacement mm	Base Force ton	A-B	B-C	C-D	D-E	>E	A-IO	IO-LS	LS-CP	>CP
0	0,0000	0,0000	1846	0	0	0	0	1846	0	0	0
1	5,0910	82,2621	1846	0	0	0	0	1846	0	0	0
10	49,1010	793,4087	1845	1	0	0	0	1846	0	0	0
15	80,7300	1294,8303	1779	67	0	0	0	1846	0	0	0
16	87,3040	1385,1850	1729	117	0	0	0	1846	0	0	0
21	119,2100	1783,7486	1604	242	0	0	0	1845	1	0	0
27	152,9820	2162,0105	1495	351	0	0	0	1836	10	0	0
33	190,5210	2502,8441	1413	433	0	0	0	1757	87	0	2
51	320,6990	3356,1950	1364	481	1	0	0	1578	266	0	2
52	320,7050	3341,9712	1364	481	0	1	0	1578	265	1	2
59	356,5600	3579,6704	1354	490	1	1	0	1532	311	1	2
60	356,5660	3571,824	1354	490	0	2	0	1532	310	2	2
61	360,8330	3601,205	1353	490	1	2	0	1532	310	2	2
62	360,8380	3595,935	1353	490	0	3	0	1531	310	3	2
63	364,2440	3619,115	1352	490	1	3	0	1531	310	3	2
64	275,0900	2184,792	1352	490	1	3	0	1531	309	4	2

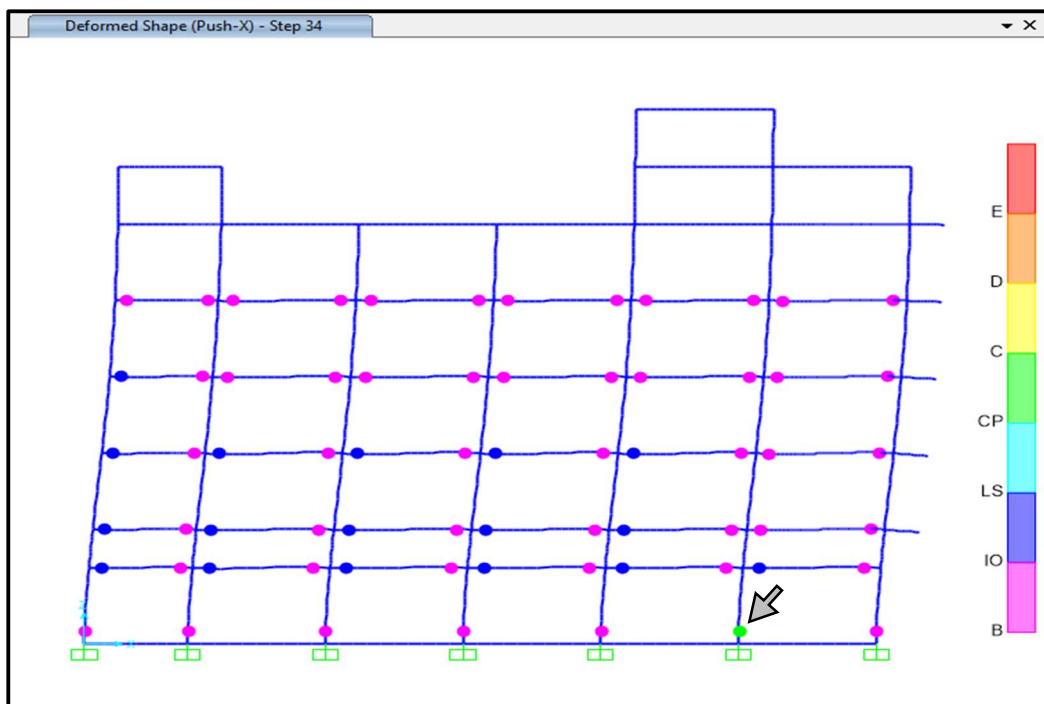


**Gambar 4** Beban Dorong Step ke-33 Arah Y Portal-B oleh ETABS v.19

Gambar 4 menunjukkan bahwa 2 elemen bangunan gedung pada Portal B dan G telah mencapai kapasitas ultimate (>CP) untuk pertama kalinya sesuai dengan Tabel 7 pada step ke-33.

**Tabel 8** Step Beban Dorong untuk Arah X oleh SAP2000 v.22

Step	Monitored Displacement mm	Base Force ton	A to B	B to IO	IO to LS	LS to CP	CP to C	C to D	D to E	Beyond E
0	0,0000	0,0000	1846	0	0	0	0	0	0	0
1	6,0890	87,4388	1846	0	0	0	0	0	0	0
9	50,8890	786,9498	1845	1	0	0	0	0	0	0
11	57,9364	894,3325	1799	47	0	0	0	0	0	0
13	74,4512	1104,9192	1724	122	0	0	0	0	0	0
26	163,0603	1783,2798	1479	366	1	0	0	0	0	0
31	199,2155	1956,4718	1441	371	34	0	0	0	0	0
34	220,0371	2023,6845	1377	343	124	0	2	0	0	0
37	239,0111	2060,2467	1369	273	201	0	3	0	0	0
48	309,4175	2193,2941	1332	167	343	1	3	0	0	0
52	331,8175	2234,6385	1332	132	352	27	3	0	0	0
53	338,3187	2246,8971	1332	132	338	40	2	2	0	0
55	353,6337	2274,1380	1331	132	332	30	2	19	0	0
66	435,7316	2362,3905	1329	129	250	0	0	138	0	0
78	526,7123	2422,2356	1294	124	130	0	0	297	1	0
83	554,7123	2435,1481	1259	152	134	0	2	298	1	0
85	560,4890	2437,2013	1255	151	138	0	2	299	1	0



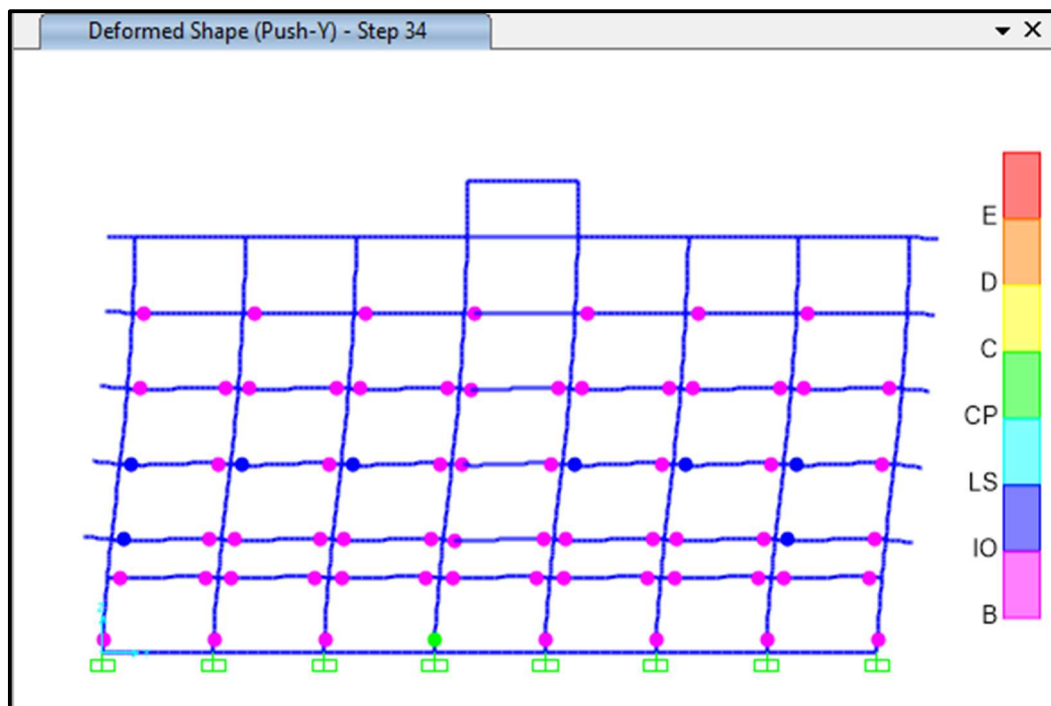
**Gambar 5** Beban Dorong Step ke-34 Arah X Portal-4 oleh SAP2000 v.22

Gambar 5 menunjukkan bahwa 2 elemen bangunan gedung pada Portal 1 dan 4 telah mencapai kapasitas ultimate ( $>CP$ ) untuk pertama kalinya sesuai dengan Tabel 8 pada step ke-34.



**Tabel 9** Step Beban Dorong untuk Arah Y oleh SAP2000 v.22

Step	Monitored Displacement mm	Base Force ton	A to B	B to IO	IO to LS	LS to CP	CP to C	C to D	D to E	Beyond E
0	0,0000	0,0000	1846	0	0	0	0	0	0	0
1	6,1475	89,5749	1846	0	0	0	0	0	0	0
8	45,3475	716,5977	1845	1	0	0	0	0	0	0
11	58,2646	919,2488	1792	54	0	0	0	0	0	0
13	71,2276	1091,5043	1746	100	0	0	0	0	0	0
28	175,2485	1911,5014	1455	389	2	0	0	0	0	0
34	217,3449	2093,5003	1385	343	117	0	1	0	0	0
48	309,0250	2290,8936	1329	171	344	1	1	0	0	0
52	336,8149	2346,9752	1323	148	332	40	1	2	0	0
55	357,2688	2385,1744	1322	141	333	12	1	37	0	0
57	368,8690	2400,9356	1322	139	334	2	0	49	0	0
58	376,7208	2410,8045	1322	139	318	0	0	67	0	0
77	530,1931	2545,6030	1277	143	128	0	1	297	0	0
78	535,9588	2548,2576	1275	145	126	0	1	298	1	0
81	552,7588	2555,8537	1263	151	131	0	2	298	1	0
82	558,3588	2558,2318	1260	152	132	0	3	298	1	0
83	560,5475	2559,1230	1257	154	133	0	3	298	1	0

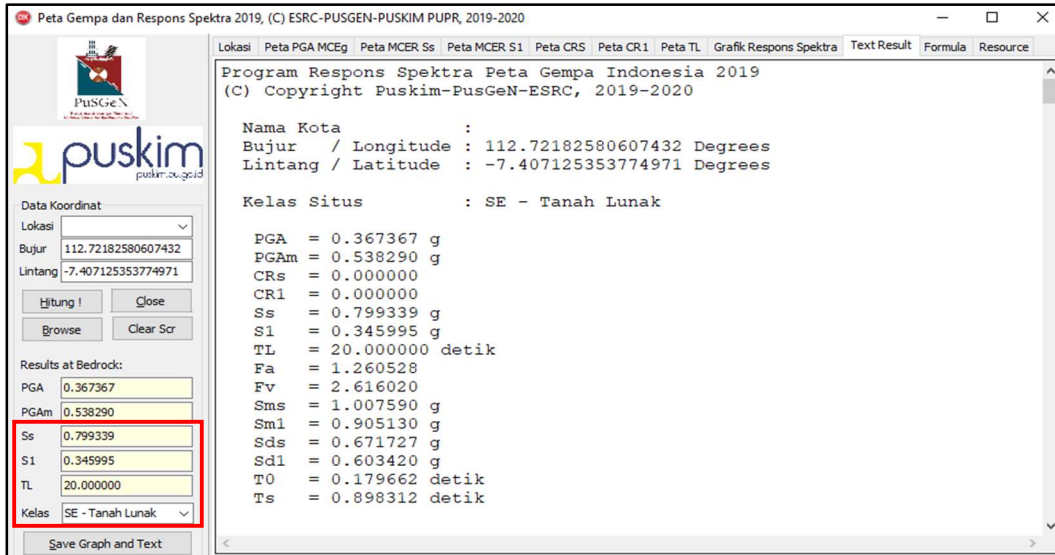


**Gambar 6** Beban Dorong Step ke-34 Arah X Portal-B oleh SAP2000 v.22

Gambar 6 menunjukkan bahwa 1 elemen bangunan gedung pada Portal B telah mencapai kapasitas ultimate ( $>CP$ ) untuk pertama kalinya sesuai dengan Tabel 9 pada step ke-34

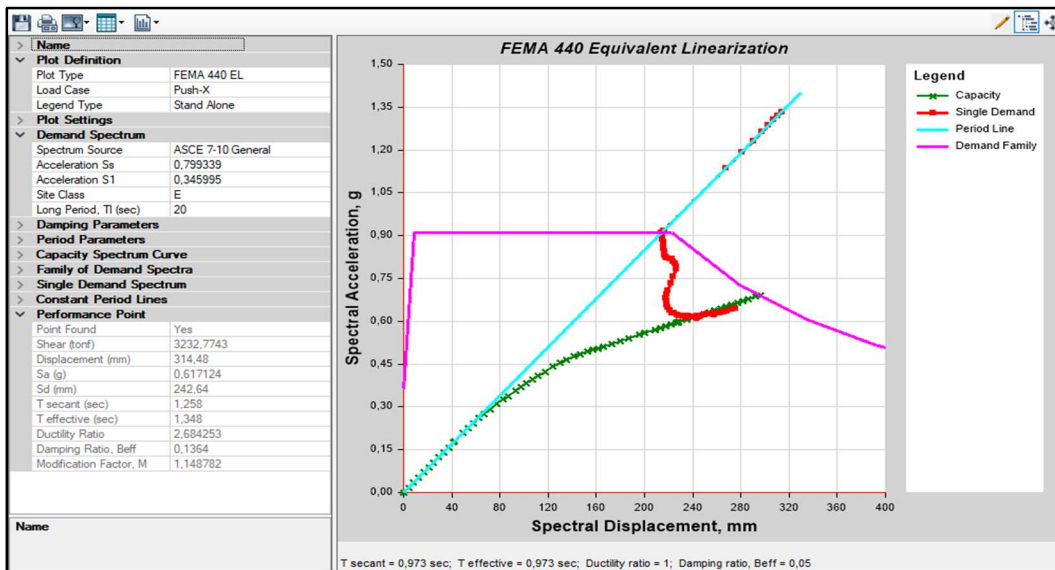
### c. Performance Point Metode FEMA 440

Dalam evaluasi kinerja struktur berdasarkan Metode FEMA 440 yang sudah build-in pada program untuk mendapatkan nilai Performance Point, terlebih dahulu harus mengetahui nilai dari beberapa parameter sebagai berikut:

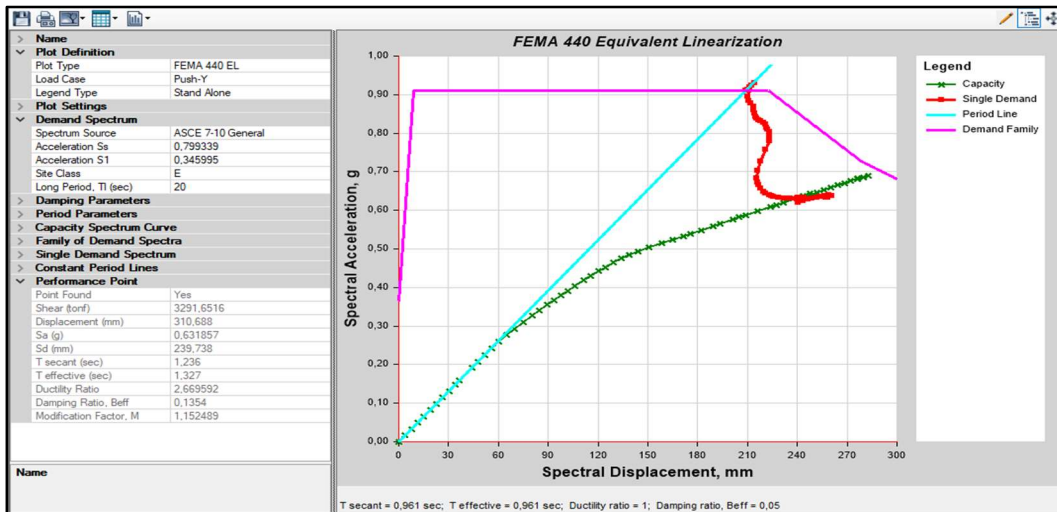


Gambar 7 Respons Spektra oleh PU Puskim 2019

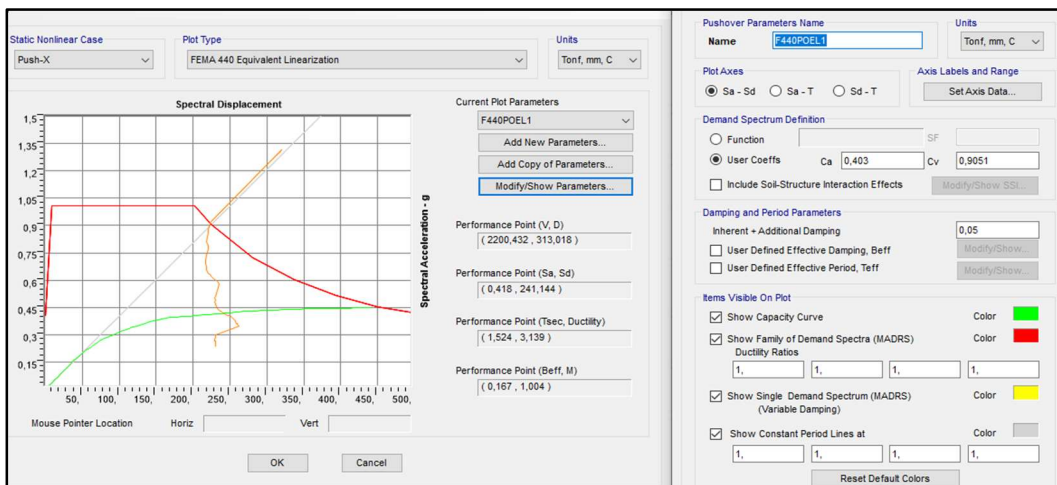
Percepatan Gempa pada Periode Pendek ( $S_s$ ) adalah 0,799339 g. Percepatan Gempa pada Periode 1,0 detik ( $S_1$ ) adalah 0,345995 g. Klasifikasi Situs adalah E (Tanah Lunak). Transisi Periode Panjang ( $T_L$ ) adalah 20 detik. Respon Percepatan pada Periode 2,0 detik ( $S_{MS}$ ) adalah 1,007590 g. Respon Percepatan pada Periode 1,0 detik ( $S_{M1}$ ) adalah 0,905130 g.  $C_a = 0,4S_{MS} = 0,4 \times 1,007590$  g yaitu 0,4030 g sedangkan  $C_v = S_{M1}$  yaitu 0,9051 g.



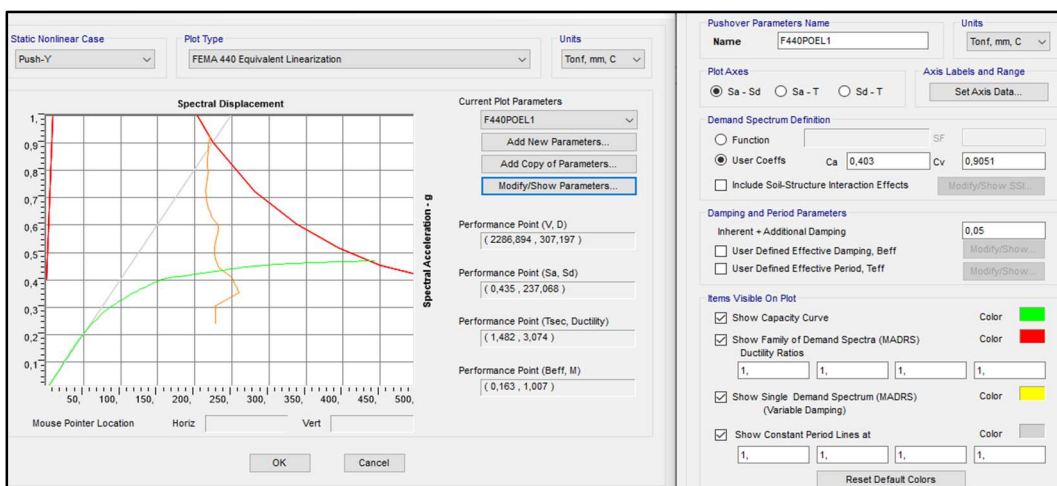
Gambar 8 Performance Point untuk Arah X oleh ETABS v.19



Gambar 9 Performance Point untuk Arah Y oleh ETABS v.19



Gambar 10 Performance Point untuk Arah X oleh SAP2000 v.22



Gambar 11 Performance Point untuk Arah Y oleh SAP2000 v.22

Nilai Performance Point untuk Arah X dan Y oleh ETABS v.19, yaitu Titik Kinerja Arah X “Simpangan” ( $D_X$ ) = 314,480 mm  $\sim$  0,314 m. Titik Kinerja Arah Y “Simpangan” ( $D_Y$ ) = 310,688 mm  $\sim$  0,311 m. Beban Dorong Arah X “Simpangan Step ke-1” ( $D_{X1}$ ) = 5,600 mm  $\sim$  0,006 m. Beban Dorong Arah Y “Simpangan Step ke-1” ( $D_{Y1}$ ) = 5,091 mm  $\sim$  0,005 m. Sedangkan nilai Performance Point untuk Arah X dan Y oleh SAP2000 v.22, yaitu Titik Kinerja Arah X “Simpangan” ( $D_X$ ) = 313,018 mm  $\sim$  0,313 m. Titik Kinerja Arah Y “Simpangan” ( $D_Y$ ) = 307,197 mm  $\sim$  0,307 m. Beban Dorong Arah X “Simpangan Step ke-1” ( $D_{X1}$ ) = 6,089 mm  $\sim$  0,006 m. Beban Dorong Arah Y “Simpangan Step ke-1” ( $D_{Y1}$ ) = 6,147 mm  $\sim$  0,006 m.

#### d. Performance Level

Untuk menentukan nilai Performance Level (Level Kinerja) Struktur pada studi penelitian ini parameter yang diperlukan adalah nilai simpangan atap rata-rata yang ditinjau (Monitored Displacement) dari hasil titik kinerja (performance point) yang diperoleh sebelumnya dan nilai tinggi bangunan.

**Tabel 10** Level Kinerja Struktur

Batasan Simpangan Antar Tingkat	Level Kinerja Struktur			
	Immediate Occupancy	Damage Control	Live Safety	Structural Stability
Simpangan Total	0,01	0,01-0,02	0,02	$0,33 \frac{V_i}{P_i}$
Maksimum Simpangan Inelastis Maksimum	0,005	0,005-0,015	Tidak Dibatasi	Tidak Dibatasi

a) Kinerja struktur untuk Simpangan Total Maksimum (ETABS v.19) :

- Arah X =  $DX / \text{Tinggi Bangunan}$   
=  $0,314 / 28$   
=  $0,011 \sim$  (Damage Control)
- Arah Y =  $DY / \text{Tinggi Bangunan}$   
=  $0,311 / 28$   
=  $0,011 \sim$  (Damage Control)

b) Kinerja struktur untuk Simpangan Inelastis Maksimum (ETABS v.19) :

- Arah X =  $(DX - DX1) / \text{Tinggi Bangunan}$   
=  $(0,314 - 0,006) / 28$   
=  $0,011 \sim$  (Damage Control)

- Arah Y =  $(DY - DY1) / \text{Tinggi Bangunan}$   
=  $(0,311 - 0,005) / 28$   
= 0,011 ~> (Damage Control)
- c) Kinerja struktur untuk Simpangan Total Maksimum (SAP2000 v.22) :
  - Arah X =  $DX / \text{Tinggi Bangunan}$   
=  $0,313 / 28$   
= 0,011 ~> (Damage Control)
  - Arah Y =  $DY / \text{Tinggi Bangunan}$   
=  $0,307 / 28$   
= 0,011 ~> (Damage Control)
- d) Kinerja struktur untuk Simpangan Inelastis Maksimum (SAP2000 v.22) :
  - Arah X =  $(DX - DX1) / \text{Tinggi Bangunan}$   
=  $(0,313 - 0,006) / 28$   
= 0,011 ~> (Damage Control)
  - Arah Y =  $(DY - DY1) / \text{Tinggi Bangunan}$   
=  $(0,307 - 0,006) / 28$   
= 0,011 ~> (Damage Control)

#### **4 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil studi penelitian yang telah dilaksanakan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan data Tabel Analisis Beban Dorong untuk Arah X dan Arah Y oleh Program ETABS V.19 dan SAP2000 v.22 bahwa lokasi awal terjadinya plastifikasi pada sendi plastis akan berada pada balok di lantai terendah dan secara bertahap akan naik ke lantai di atasnya seiring dengan penambahan beban dorong yang diberikan pada struktur. Setelah itu berlanjut pada pembentukan plastifikasi pada sendi plastis pada pangkal kolom di lantai dasar.
2. Level Kinerja Struktur Gedung RND PT Bernofarm Sidoarjo termasuk dalam kategori Damage Control. Ini mengartikan bahwa pemodelan bangunan dengan beban rencana dengan nilai peluang dilampauinya dalam rentang masa layan gedung 50 tahun adalah 10%. Elemen struktural mengalami kerusakan minimum dan elemen non-struktural mengalami kerusakan minor. Dapat langsung digunakan setelah terjadi gempa namun



fasilitas atau kelengkapan operasional gedung mungkin ada yang tidak dapat digunakan. Sebaiknya diadakan perbaikan sebelum digunakan kembali. Ancaman adanya korban jiwa sangat kecil.

### **Daftar Pustaka**

- [1] SNI 2847:2019. Persyaratan Beton Struktural Untuk Gedung. Penerbit Badan Standarisasi Nasional Indonesia. Jakarta. 2019.
- [2] SNI 2052:2002. Baja Tulangan Beton. Penerbit Badan Standarisasi Nasional Indonesia. Jakarta. 2002.
- [3] SNI 1726:2019. Standar Desain Ketahanan Gempa untuk Struktur Gedung dan Non-Gedung. Penerbit Badan Standarisasi Nasional Indonesia. Jakarta. 2019.
- [4] SNI 1727:2020. Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Penerbit Badan Standarisasi Nasional Indonesia. Jakarta. 2020.
- [5] FEMA 440. Improvement of Nonlinier Static Seismic Analysis Procedure. Aplied Technology Council. California. USA. 2005.
- [6] Wijaya, Usman. & Tavio. Desain Rekayasa Gempa Berbasis Kinerja. Penerbit ANDI. Yogyakarta. 2018.
- [7] Fitriyono, Gufron. Desain Modifikasi Struktur Gedung Apartemen Grand Sungkono Lagoon Tower Caspian dengan Menggunakan Performance Based Design. Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya. 2019.
- [8] Realdy, Muhammad Gigih. & Nuraini, Rika. Evaluasi Kinerja Struktur Bangunan Gedung Bertingkat Menggunakan Pushover Analysis dengan Metode FEMA 356 dan FEMA 440 tentang Studi Kasus Gedung Rawat Inap RSUD Tidar Kabupaten Magelang. Universitas Teknologi Yogyakarta & Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. 2019.
- [9] Pujianto, Riska Nanda. Analisis Gempa Non-Linier Statik Pushover dengan Metode FEMA 440 untuk Evaluasi Kinerja Struktur Bangunan Gedung. Universitas Veteran Bangun Nusantara Sukoharjo. 2019.
- [10] Yanto, Nugrafindo., Imani, Rafki., & Andika, Zulva. Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Rumah Sakit Paru Sumatera Barat dengan Pushover Analysis. Universitas Putra Indonesia YPTK Padang. 2019.