

# ***Analisis Kinerja Struktur Pada Model Bangunan Setback Menggunakan Metode Time History Analysis***

## ***Analysis Structural Performance of the Setback Building Model Using Time History Analysis Method***

**Kukuh Dwi Pangestu<sup>1</sup>, Remigildus Cornelis<sup>2</sup>, Elsy E. Hangge<sup>3\*)</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang 65145, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang 65145, Indonesia

<sup>3</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang 65145, Indonesia

---

### **Article info:**

Kata kunci:

Kinerja ,Struktur, Setback, Time History

Keywords:

Performance, Structure, Setback, Time History

### **Article history:**

Received: 03-08-2021

Accepted: 17-08-2021

<sup>\*</sup>Koresponden email:

<sup>1</sup>[kukohpangestu@gmail.com](mailto:kukohpangestu@gmail.com)

<sup>2</sup>[remi\\_cor@yahoo.com](mailto:remi_cor@yahoo.com)

<sup>3</sup>[elsypauhangge@gmail.com](mailto:elsypauhangge@gmail.com)

### **Abstrak**

Bencana gempa bumi dapat menelan banyak korban jiwa. Karena itu dalam desain bangunan perlu diantisipasi apabila terjadi gempa bumi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui level kinerja dari sistem struktur *setback* dan sistem struktur *non setback* menggunakan metode *time history analysis*. Terdapat 3 model struktur yang dikaji yaitu struktur *non setback* dengan sistem struktur 6 lantai, dimana bentang terpanjang 20 m, bentang terpendek 15 m, dan tinggi setiap lantai 3,5 m, Sedangkan model *setback1*, *setback* di aplikasikan pada lantai 6 dan model *setback2*, *setback* diaplikasikan pada lantai 5 dan lantai 6. Hasil penelitian ini menunjukkan kapasitas penahan gempa lateral terbesar adalah bangunan *setback* satu lantai pada arah x (timur-barat), dengan perbedaan sebesar 1,07%, sedangkan pada arah y (utara-selatan) kapasitas penahan gempa terbesar adalah bangunan *non setback*, dengan perbedaan sebesar 4,79%. Level kinerja struktur yang dihasilkan dari bangunan *setback* dan *non setback* bervariasi, dari *immediate occupancy* sampai *damage control*.

### **Abstract**

Catastrophic earthquakes can cost many lives. Therefore, the design of earthquake-resistant buildings has become an obligation in designing a building in anticipation of an earthquake. This study aims to determine the performance level of the setback structural system and the non-setback structural system using the Time History Analysis method. There are 3 structural models studied, non-setback structures with 6 floors level, where the longest span is 20 m, the shortest span is 15 m, and the height of each floor is 3.5 m, while the setback1 model, setback system is applied to the 6th floor and setback2 model, setback system is applied to the 5th floor and 6<sup>th</sup> floor. The results of this study show that the largest lateral earthquake resistance capacity is a one-story setback building in the x (east-west) direction, with a difference of 1,07%, while in the y (north-south) direction the largest earthquake-resistant capacity is a non-setback building, with a difference of 4,79%. The level of structural performance resulting from the setback and non-setback buildings varies, from immediate occupancy to damage control.

---

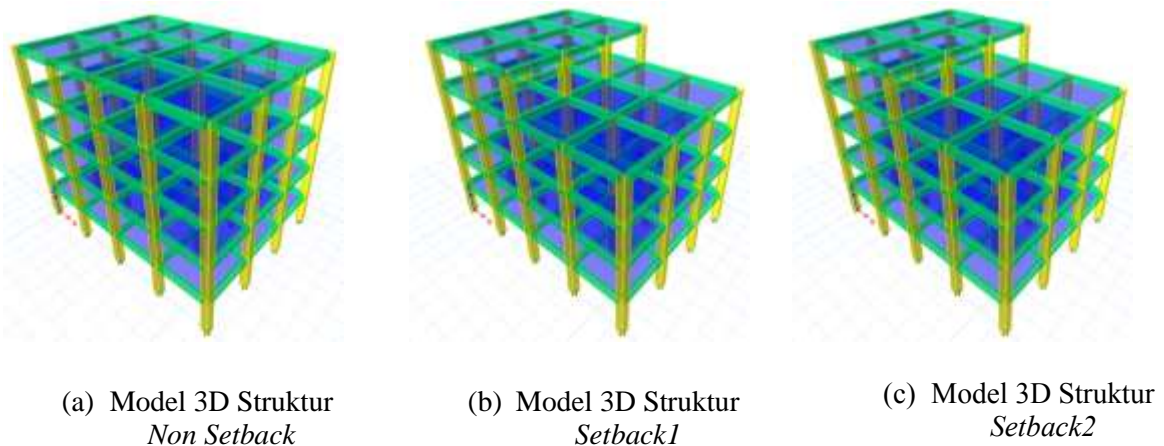
## 1. Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu negara yang rawan mengalami gempa bumi. Untuk mengurangi resiko gempa terhadap bangunan bertingkat diperlukan desain struktur tahan gempa, dimana struktur tahan gempa adalah struktur yang tahan (tidak rusak dan tidak runtuh) apabila terlanda gempa (Tjokrodinuljo 2007). Metode terbaru yang digunakan dalam desain bangunan tahan gempa yaitu Metode Desain Berbasis Kinerja (*Performance Based Design*) yang merupakan metode desain bangunan tahan gempa yang mengutamakan keamanan, kontrol pada deformasi dan kinerja yang harus memenuhi persyaratan tertentu (Tavio dan Usman 2018).

Perkembangan ilmu arsitektur yang cukup pesat berdampak pada bertambahnya model bangunan ireguler seperti bangunan *setback*. Bangunan *setback* memiliki perbedaan yang cukup signifikan dengan bangunan beraturan, karena terdapat daerah peralihan dari tingkat dengan kekakuan yang tinggi ke tingkat dengan kekakuan yang rendah (Efrida 2018). Dalam penelitian ini dilakukan analisis kinerja sistem struktur *setback* menggunakan metode *time history analysis* dengan bantuan *software ETABS V17*. Fungsi gedung sebagai perkantoran yang berlokasi di Kota Kupang.

## 2. Bahan dan Metode

Model struktur 3D bangunan *non setback* dan bangunan *setback* dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Model 3D Struktur Non Setback dan Setback

Penelitian dimulai dengan melakukan pengumpulan data dan informasi gedung yang terdiri dari *layout* bangunan, tinggi antar lantai, mutu bahan. Kemudian dilakukan perhitungan pembebanan pada bangunan (Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan 1983). Setelah itu dilanjutkan dengan pemodelan struktur awal dan evaluasi kekutan struktur untuk penentuan dimensi penampang balok dan kolom yang memenuhi (*capacity ratio*  $\leq 1$ ). Apabila dimensi penampang balok dan kolom memenuhi pada tiga model struktur (model struktur *non setback*, model struktur *setback1*, dan model struktur *setback2*) dilakukan analisis statik ekuivalen dan pengecekan terhadap simpangan antar lantai (simpangan antar lantai  $\leq$  simpangan antar lantai ijin), kemudian dilakukan analisis dinamik *time history* dan dilakukan pengecekan terhadap gaya geser dasar ( $V_{dinamik} \geq 0,85V_{statik}$ ). Jika pengecekan tersebut sudah memenuhi maka dilakukan pendetailan pada elemen struktur (pelat, balok, dan kolom) untuk menentukan luas tulangan aktual yang terpasang (SNI 2847:2013), untuk selanjutnya dilakukan analisis *pushover* untuk model struktur *non setback*, model struktur *setback1*, dan model struktur *setback2*, kemudian dilanjutkan dengan evaluasi kinerja struktur menggunakan metode *ATC-40* untuk mendapatkan level kinerja struktur dari struktur yang dimodelkan.

2.1. Time History Analysis

Prosedur *time history analysis* adalah sebagai berikut :

1. Percepatan puncak permukaan tanah (PGA)  
Percepatan puncak permukaan tanah diperoleh dari desain spektra Indonesia (Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman 2011).
2. Pemilihan data akselerogram  
Respon spektrum akselerogram gempa aktual harus konvergen dengan respon spektrum elastik desain. Respon spektrum elastik desain diinput pada situs *Pasific Earthquake Engineering Research Center* untuk memperoleh data akselerogram (PEER 2021). Dengan program bantu *Seismosoft* akselerogram pilihan dapat dimodifikasi, sedemikian sehingga respon spektrum elastiknya benar-benar konvergen (toleransi 30%) dengan respon spektrum elastik desain (Anggen, Budi, dan Gunawan 2014).
3. Penskalaan percepatan puncak permukaan tanah

$$PGA_{M(diskalakan)} = F_{PGA} \times PGA (I_e/R) \tag{1}$$

4. Kontrol geser dasar  
Nilai geser dasar dari hasil analisis dinamik ( $V_{dinamik}$ ) harus lebih besar atau sama dengan 85% geser dasar analisis statik ( $0,85V_{statik}$ ) atau dituliskan  $V_{dinamik} \geq 0,85V_{statik}$ . Jika geser dasar hasil analisis *time history* lebih kecil atau  $V_{dinamik} < 0,85V_{statik}$ , maka percepatan gempa masukan harus dikali dengan  $(0,85V_{statik})/V_{dinamik}$  hingga memenuhi syarat (SNI 1726:2012).

2.2. Evaluasi Kinerja Struktur

Evaluasi Kinerja struktur menggunakan metode *ATC-40* (ATC-40 1996).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Perbandingan Perpindahan Akibat Gempa Chichi

Perbandingan perpindahan akibat gempa Chichi pada bangunan *non setback*, *setback1* dan *setback2* dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

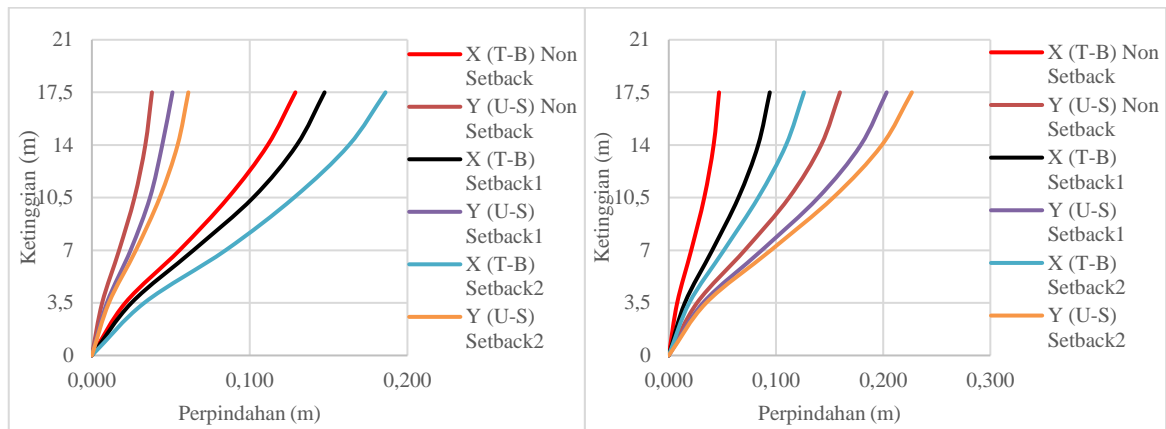
**Tabel 1.** Perbandingan Perpindahan Akibat Gempa Chichi Arah X (Timur-Barat)

Lantai	Ketinggian (m)	Non Setback		Setback1		Setback2	
		$\delta_x$ (m)	$\delta_y$ (m)	$\delta_x$ (m)	$\delta_y$ (m)	$\delta_x$ (m)	$\delta_y$ (m)
Lantai 1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Lantai 2	3,50	0,0212	0,0065	0,0251	0,0095	0,0332	0,0108
Lantai 3	7,00	0,0556	0,0173	0,0644	0,0245	0,0848	0,0279
Lantai 4	10,50	0,0864	0,0270	0,1022	0,0368	0,1281	0,0430
Lantai 5	14,00	0,1115	0,0339	0,1299	0,0446	0,1630	0,0543
Lantai 6	17,50	0,1290	0,0381	0,1475	0,0511	0,1861	0,0612

**Tabel 2.** Perbandingan Perpindahan Akibat Gempa Chichi Arah Y (Utara-Selatan)

Lantai	Ketinggian (m)	Non Setback		Setback1		Setback2	
		$\delta_x$ (m)	$\delta_y$ (m)	$\delta_x$ (m)	$\delta_y$ (m)	$\delta_x$ (m)	$\delta_y$ (m)
Lantai 1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Lantai 2	3,50	0,0079	0,0264	0,0150	0,0320	0,0191	0,0349
Lantai 3	7,00	0,0210	0,0709	0,0406	0,0868	0,0514	0,0953
Lantai 4	10,50	0,0331	0,1122	0,0650	0,1394	0,0834	0,1534
Lantai 5	14,00	0,0418	0,1422	0,0834	0,1791	0,1094	0,1988
Lantai 6	17,50	0,0469	0,1597	0,0942	0,2033	0,1262	0,2268

Grafik perbandingan perpindahan akibat gempa Chichi pada bangunan *non setback*, *setback1* dan *setback2* dapat dilihat pada Gambar 2.



(a) Arah X (Timur-Barat)

(b) Arah Y (Utara-Selatan)

**Gambar 2.** Grafik Perbandingan Perpindahan Akibat Gempa Chichi

Dari grafik di atas menunjukkan bahwa perpindahan terbesar pada masing-masing arah adalah bangunan yang memiliki *setback*, hal ini dikarenakan berkurangnya sistem penahan gaya lateral akibat adanya *setback* pada lantai atas, sehingga menyebabkan perpindahan semakin besar.

### 3.2. Perbandingan Perpindahan Akibat Gempa Imperial Valley

Perbandingan perpindahan akibat gempa Imperial Valley pada bangunan *non setback*, *setback1* dan *setback2* dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

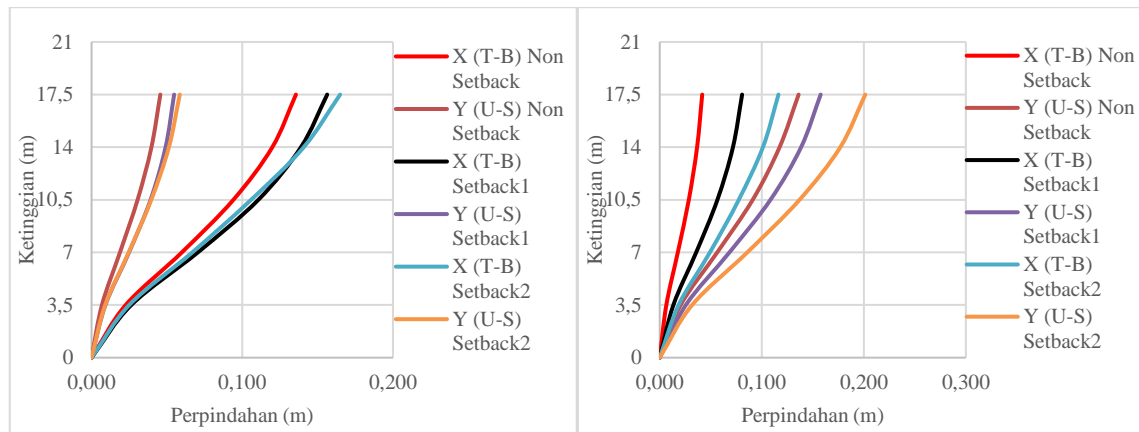
**Tabel 3.** Perbandingan Perpindahan Akibat Gempa Imperial Valley Arah X (Timur-Barat)

Lantai	Ketinggian (m)	Non Setback		Setback1		Setback2	
		$\delta_x$ (m)	$\delta_y$ (m)	$\delta_x$ (m)	$\delta_y$ (m)	$\delta_x$ (m)	$\delta_y$ (m)
Lantai 1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Lantai 2	3,50	0,0227	0,0069	0,0264	0,0092	0,0250	0,0091
Lantai 3	7,00	0,0599	0,0188	0,0705	0,0249	0,0668	0,0247
Lantai 4	10,50	0,0941	0,0306	0,1107	0,0391	0,1059	0,0396
Lantai 5	14,00	0,1199	0,0397	0,1389	0,0491	0,1408	0,0513
Lantai 6	17,50	0,1356	0,0456	0,1564	0,0548	0,1649	0,0585

**Tabel 4.** Perbandingan Perpindahan Akibat Gempa Imperial Valley Arah Y (Utara-Selatan)

Lantai	Ketinggian (m)	Non Setback		Setback1		Setback2	
		$\delta_x$ (m)	$\delta_y$ (m)	$\delta_x$ (m)	$\delta_y$ (m)	$\delta_x$ (m)	$\delta_y$ (m)
Lantai 1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Lantai 2	3,50	0,0065	0,0205	0,0134	0,0256	0,0185	0,0317
Lantai 3	7,00	0,0177	0,0563	0,0357	0,0683	0,0492	0,0858
Lantai 4	10,50	0,0285	0,0911	0,0565	0,1085	0,0775	0,1370
Lantai 5	14,00	0,0366	0,1174	0,0718	0,1385	0,1011	0,1770
Lantai 6	17,50	0,0469	0,1597	0,0942	0,2033	0,1262	0,2268

Grafik perbandingan perpindahan akibat gempa Imperial Valley pada bangunan *non setback*, *setback1* dan *setback2* dapat dilihat pada Gambar 3.



(a) Arah X (Timur-Barat) (b) Arah Y (Utara-Selatan)  
**Gambar 3.** Grafik Perpindahan Akibat Gempa Imperial Valley

Dari grafik di atas menunjukkan bahwa perpindahan terbesar pada masing-masing arah adalah bangunan yang memiliki *setback*, hal ini dikarenakan berkurangnya sistem penahan gaya lateral akibat adanya *setback* pada lantai atas, sehingga menyebabkan perpindahan semakin besar.

3.3. Perbandingan Perpindahan Akibat Gempa Kobe

Perbandingan perpindahan akibat gempa Kobe pada bangunan *non setback*, *setback1* dan *setback2* dapat dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6.

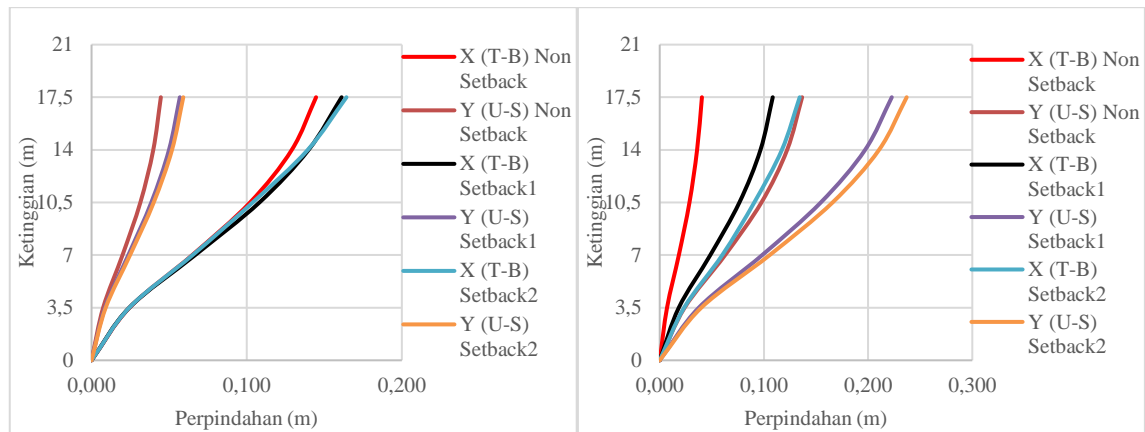
**Tabel 5.** Perbandingan Perpindahan Akibat Gempa Kobe Arah X (Timur-Barat)

Lantai	Ketinggian (m)	Non Setback		Setback1		Setback2	
		$\delta_x$ (m)	$\delta_y$ (m)	$\delta_x$ (m)	$\delta_y$ (m)	$\delta_x$ (m)	$\delta_y$ (m)
Lantai 1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Lantai 2	3,50	0,0245	0,0075	0,0243	0,0086	0,0243	0,0091
Lantai 3	7,00	0,0649	0,0200	0,0668	0,0237	0,0651	0,0248
Lantai 4	10,50	0,1022	0,0315	0,1082	0,0385	0,1038	0,0401
Lantai 5	14,00	0,1291	0,0398	0,1399	0,0499	0,1394	0,0519
Lantai 6	17,50	0,1447	0,0447	0,1612	0,0569	0,1643	0,0591

**Tabel 6.** Perbandingan Perpindahan Akibat Gempa Kobe Arah Y (Utara-Selatan)

Lantai	Ketinggian (m)	Non Setback		Setback1		Setback2	
		$\delta_x$ (m)	$\delta_y$ (m)	$\delta_x$ (m)	$\delta_y$ (m)	$\delta_x$ (m)	$\delta_y$ (m)
Lantai 1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Lantai 2	3,50	0,0070	0,0239	0,0183	0,0375	0,0234	0,0399
Lantai 3	7,00	0,0184	0,0628	0,0485	0,0983	0,0600	0,1055
Lantai 4	10,50	0,0285	0,0976	0,0765	0,1546	0,0907	0,1659
Lantai 5	14,00	0,0359	0,1223	0,0967	0,1971	0,1173	0,2105
Lantai 6	17,50	0,0405	0,1367	0,1085	0,2227	0,1344	0,2370

Grafik perbandingan perpindahan akibat gempa Kobe pada bangunan *non setback*, *setback1* dan *setback2* dapat dilihat pada Gambar 4.



(a) Arah X (Timur-Barat) (b) Arah Y (Utara-Selatan)

**Gambar 4.** Grafik Perpindahan Akibat Gempa Kobe

Dari grafik di atas menunjukkan bahwa perpindahan terbesar pada masing-masing arah adalah bangunan yang memiliki *setback*, hal ini dikarenakan berkurangnya sistem penahan gaya lateral akibat adanya *setback* pada lantai atas, sehingga menyebabkan perpindahan semakin besar.

3.4. Perbandingan Simpangan Antar Lantai Akibat Gempa Chichi

Perbandingan simpangan antar lantai akibat gempa Chichi pada bangunan *non setback*, *setback1* dan *setback2* dapat dilihat pada Tabel 7 dan Tabel 8.

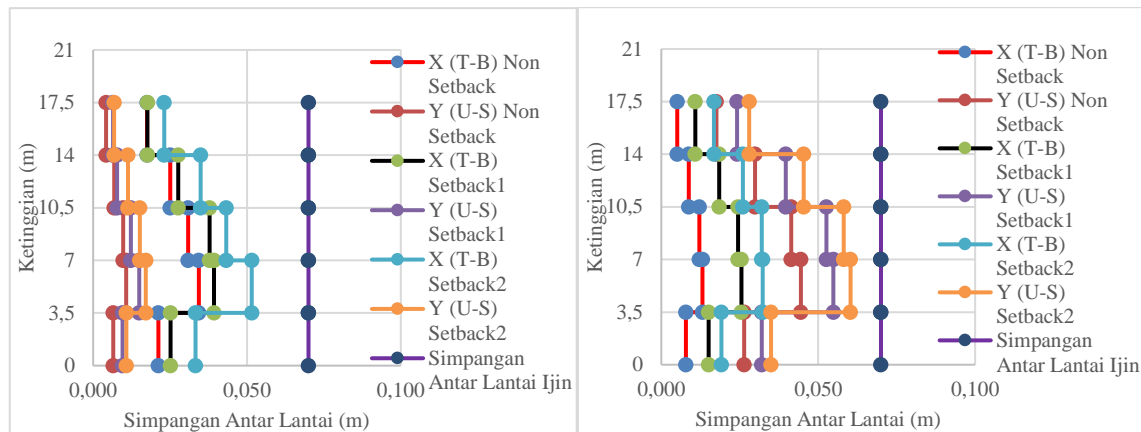
**Tabel 7.** Simpangan Antar Lantai Akibat Gempa Chichi Arah X (Timur-Barat)

Lantai	Ketinggian (m)	Non Setback		Setback1		Setback2	
		$\Delta_x$ (m)	$\Delta_y$ (m)	$\Delta_x$ (m)	$\Delta_y$ (m)	$\Delta_x$ (m)	$\Delta_y$ (m)
Lantai 1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Lantai 2	3,50	0,0212	0,0065	0,0251	0,0095	0,0332	0,0108
Lantai 3	7,00	0,0344	0,0107	0,0393	0,0150	0,0516	0,0171
Lantai 4	10,50	0,0309	0,0097	0,0378	0,0123	0,0433	0,0151
Lantai 5	14,00	0,0250	0,0069	0,0276	0,0078	0,0349	0,0113
Lantai 6	17,50	0,0175	0,0042	0,0176	0,0065	0,0231	0,0068

**Tabel 8.** Simpangan Antar Lantai Akibat Gempa Chichi Arah Y (Utara-Selatan)

Lantai	Ketinggian (m)	Non Setback		Setback1		Setback2	
		$\Delta_x$ (m)	$\Delta_y$ (m)	$\Delta_x$ (m)	$\Delta_y$ (m)	$\Delta_x$ (m)	$\Delta_y$ (m)
Lantai 1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Lantai 2	3,50	0,0079	0,0264	0,0150	0,0320	0,0191	0,0349
Lantai 3	7,00	0,0131	0,0445	0,0255	0,0548	0,0323	0,0603
Lantai 4	10,50	0,0121	0,0414	0,0244	0,0526	0,0320	0,0582
Lantai 5	14,00	0,0087	0,0299	0,0184	0,0397	0,0259	0,0454
Lantai 6	17,50	0,0051	0,0176	0,0108	0,0241	0,0168	0,0280

Grafik perbandingan simpangan antar lantai akibat gempa Chichi pada bangunan *non setback*, *setback1* dan *setback2* dapat dilihat pada Gambar 5.



(a) Arah X (Timur-Barat)

(b) Arah Y (Utara-Selatan)

**Gambar 5.** Grafik Simpangan Antar Lantai Akibat Gempa Chichi

Dari grafik diatas menunjukan bahwa simpangan antar lantai yang terjadi pada bangunan *setback* dan *nonsetback* telah memenuhi syarat simpangan antar lantai pada SNI 1726:2012.

3.5. Perbandingan Simpangan Antar Lantai Akibat Gempa Imperial Valley

Perbandingan simpangan antar lantai akibat gempa Imperial Valley pada bangunan *non setback*, *setback1* dan *setback2* dapat dilihat pada Tabel 9 dan Tabel 10.

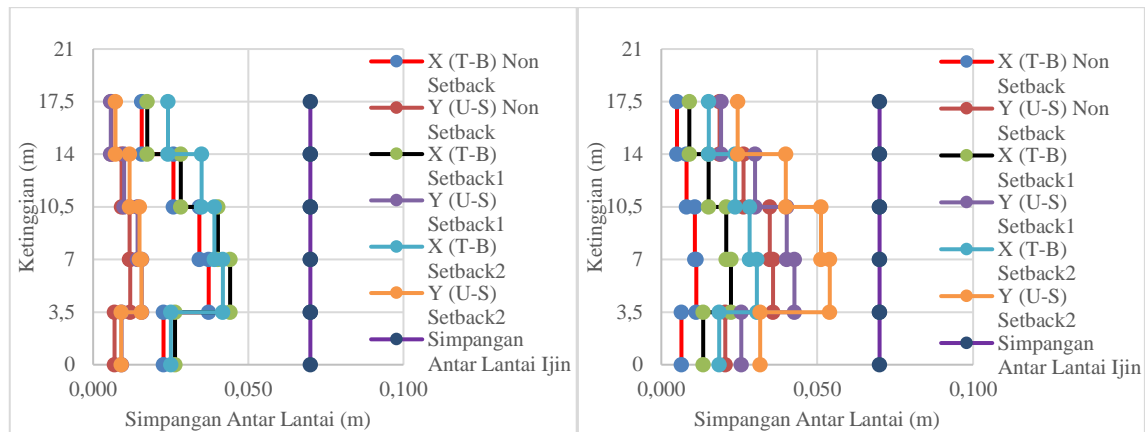
**Tabel 9.** Simpangan Antar Lantai Akibat Gempa Imperial Valley Arah X (Timur-Barat)

Lantai	Ketinggian (m)	Non Setback		Setback1		Setback2	
		$\Delta_x$ (m)	$\Delta_y$ (m)	$\Delta_x$ (m)	$\Delta_y$ (m)	$\Delta_x$ (m)	$\Delta_y$ (m)
Lantai 1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Lantai 2	3,50	0,0227	0,0069	0,0264	0,0092	0,0250	0,0091
Lantai 3	7,00	0,0372	0,0119	0,0441	0,0157	0,0418	0,0156
Lantai 4	10,50	0,0342	0,0117	0,0402	0,0143	0,0390	0,0150
Lantai 5	14,00	0,0258	0,0092	0,0283	0,0100	0,0349	0,0117
Lantai 6	17,50	0,0157	0,0059	0,0174	0,0057	0,0241	0,0072

**Tabel 10.** Simpangan Antar Lantai Akibat Gempa Imperial Valley Arah Y (Utara-Selatan)

Lantai	Ketinggian (m)	Non Setback		Setback1		Setback2	
		$\Delta_x$ (m)	$\Delta_y$ (m)	$\Delta_x$ (m)	$\Delta_y$ (m)	$\Delta_x$ (m)	$\Delta_y$ (m)
Lantai 1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Lantai 2	3,50	0,0065	0,0205	0,0134	0,0256	0,0185	0,0317
Lantai 3	7,00	0,0112	0,0358	0,0223	0,0427	0,0306	0,0540
Lantai 4	10,50	0,0108	0,0348	0,0208	0,0402	0,0283	0,0512
Lantai 5	14,00	0,0081	0,0263	0,0152	0,0300	0,0237	0,0399
Lantai 6	17,50	0,0050	0,0187	0,0090	0,0192	0,0152	0,0245

Grafik perbandingan simpangan antar lantai akibat gempa Imperial Valley pada bangunan *non setback*, *setback1* dan *setback2* dapat dilihat pada Gambar 6.



(a) Arah X (Timur-Barat)

(b) Arah Y (Utara-Selatan)

**Gambar 6.** Grafik Simpangan Antar Lantai Akibat Gempa Imperial Valley

Dari grafik diatas menunjukan bahwa simpangan antar lantai yang terjadi pada bangunan *setback* dan *nonsetback* telah memenuhi syarat simpangan antar lantai pada SNI 1726:2012.

3.6. Perbandingan Simpangan Antar Lantai Akibat Kobe

Perbandingan simpangan antar lantai akibat gempa Kobe pada bangunan *non setback*, *setback1* dan *setback2* dapat dilihat pada Tabel 11 dan Tabel 12.

**Tabel 11.** Simpangan Antar Lantai Akibat Gempa Kobe Arah X (Timur-Barat)

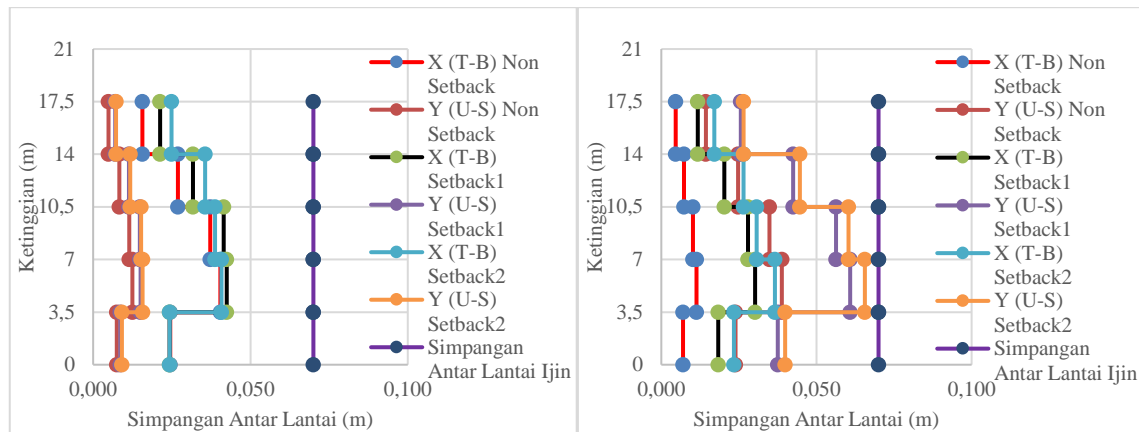
Lantai	Ketinggian (m)	Non Setback		Setback1		Setback2	
		$\Delta_x$ (m)	$\Delta_y$ (m)	$\Delta_x$ (m)	$\Delta_y$ (m)	$\Delta_x$ (m)	$\Delta_y$ (m)
Lantai 1	0,00	0,0000	0,0700	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Lantai 2	3,50	0,0075	0,0700	0,0243	0,0086	0,0243	0,0091
Lantai 3	7,00	0,0125	0,0700	0,0425	0,0151	0,0408	0,0157
Lantai 4	10,50	0,0115	0,0700	0,0414	0,0148	0,0387	0,0152
Lantai 5	14,00	0,0083	0,0700	0,0317	0,0114	0,0355	0,0118
Lantai 6	17,50	0,0049	0,0700	0,0213	0,0070	0,0249	0,0073

**Tabel 12.** Simpangan Antar Lantai Akibat Gempa Kobe Arah Y (Utara-Selatan)

Lantai	Ketinggian (m)	Non Setback		Setback1		Setback2	
		$\Delta_x$ (m)	$\Delta_y$ (m)	$\Delta_x$ (m)	$\Delta_y$ (m)	$\Delta_x$ (m)	$\Delta_y$ (m)
Lantai 1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Lantai 2	3,50	0,0070	0,0239	0,0183	0,0375	0,0234	0,0399
Lantai 3	7,00	0,0113	0,0388	0,0302	0,0609	0,0366	0,0656
Lantai 4	10,50	0,0102	0,0349	0,0279	0,0563	0,0307	0,0604
Lantai 5	14,00	0,0073	0,0247	0,0203	0,0425	0,0265	0,0446
Lantai 6	17,50	0,0046	0,0144	0,0118	0,0256	0,0171	0,0265

Grafik perbandingan simpangan antar lantai akibat gempa Kobe pada bangunan *non setback*, *setback1* dan *setback2* dapat dilihat pada Gambar 7.





(a) Arah X (Timur-Barat)

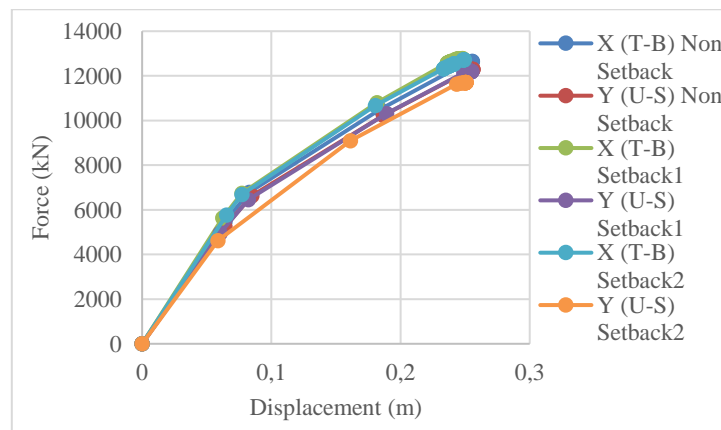
(b) Arah Y (Utara-Selatan)

**Gambar 7.** Grafik Simpangan Antar Lantai Akibat Gempa Kobe

Dari grafik diatas menunjukan bahwa simpangan antar lantai yang terjadi pada bangunan *setback* dan *nonsetback* telah memenuhi syarat simpangan antar lantai pada SNI 1726:2012.

3.7. Perbandingan Kurva Kapasitas untuk Bangunan Non Setback dan Setback

Perbandingan kurva kapasitas untuk bangunan *non setback*, *setback1* dan *setback2* dapat dilihat pada Gambar 8.



**Gambar 8.** Kurva Kapasitas

Persentase perbedaan kurva kapasitas bangunan *non setback* dan *setback* dapat di lihat pada Tabel 13.

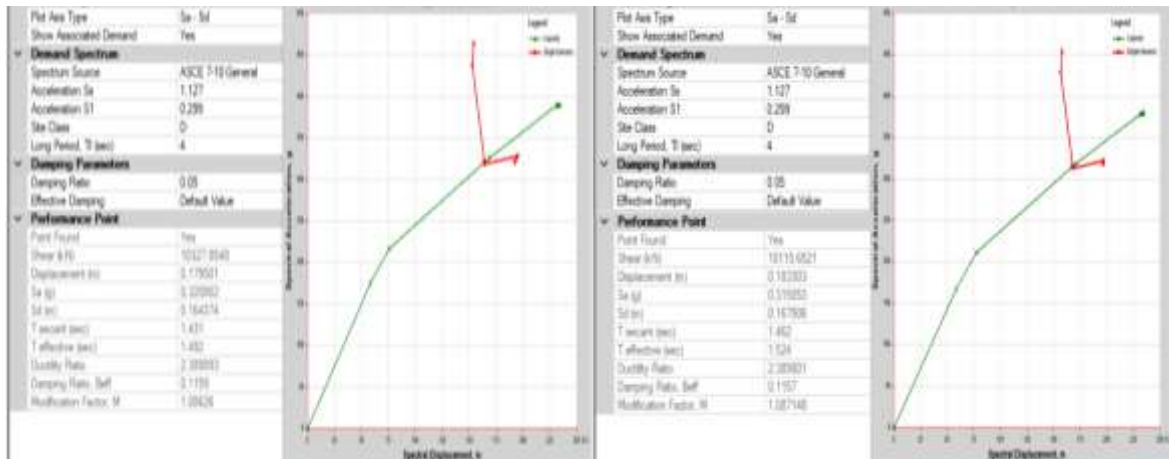
**Tabel 13.** Persentase Perbedaan Kurva Kapasitas Non Setback Dan Setback

Arah	Setback1 (%)	Setback2 (%)
X (Timur-Barat)	1,07	0,63
Y (Utara-Selatan)	-0,81	-4,79

Kapasitas penahan gempa lateral terbesar adalah bangunan *setback* satu lantai pada arah x (timur-barat), karena massa struktur yang lebih sedikit akibat perubahan geometri bangunan, sedangkan kekuatan penahan gaya lateral yang hampir sama dengan bangunan *non setback*. Pada arah y (utara-selatan) kapasitas penahan gempa terbesar adalah bangunan *non setback* karena penahan gaya lateral yang lebih banyak dibandingkan dengan bangunan *setback*. Meskipun demikian, kapasitas penahan gempa lateral dari bangunan *non setback* dan *setback* tidak berbeda jauh.

3.8. Evaluasi Kinerja Struktur Bangunan Non Setback

Hasil spektrum kapasitas untuk bangunan non setback dapat di lihat pada Gambar 9.



(a) Arah x-x (Arah Bentang Terpanjang)

(b) Arah y-y (Arah Bentang Terpendek)

**Gambar 9.** Spektrum Kapasitas Bangunan Non Setback

- Drift Arah x-x (bentang terpanjang)

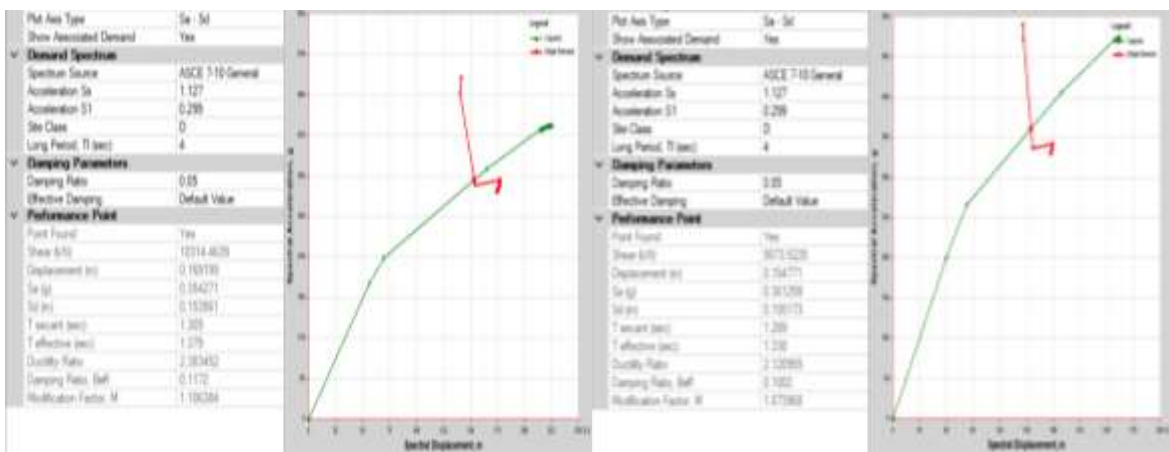
$$\begin{aligned} \text{Drift}_{x-x} &= \frac{\text{Displacement Arah } x-x}{\text{Tinggi total bangunan}} \\ &= \frac{0,1795}{17,50} \\ &= 0,01 \dots \text{Immediate Occupancy} \end{aligned}$$

- Drift Arah y-y (bentang terpendek)

$$\begin{aligned} \text{Drift}_{y-y} &= \frac{\text{Displacement Arah } y-y}{\text{Tinggi total bangunan}} \\ &= \frac{0,1833}{17,50} \\ &= 0,01 \dots \text{Immediate Occupancy} \end{aligned}$$

3.9. Evaluasi Kinerja Struktur Bangunan Setback I

Hasil spektrum kapasitas untuk bangunan setback I dapat di lihat pada Gambar 10.



(a) Arah x-x (Arah Bentang Terpanjang, Terdapat Setback)

(b) Arah y-y (Arah Bentang Terpendek, Tanpa Setback)

**Gambar 10.** Spektrum Kapasitas Bangunan Setback

- Drift Arah x-x (bentang terpanjang, terdapat setback)

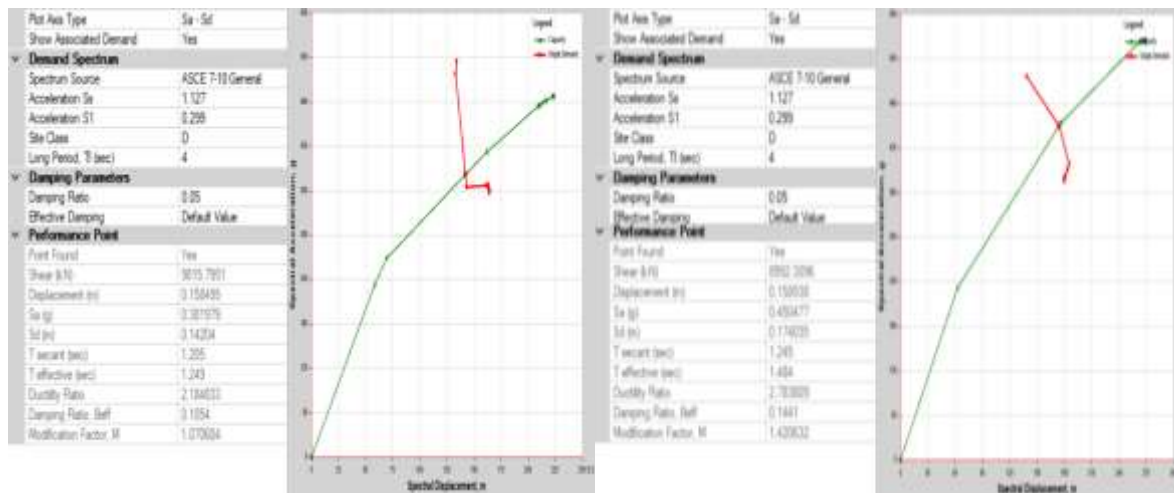
$$\begin{aligned} \text{Drift}_{x-x} &= \frac{\text{Displacement Arah } x-x}{\text{Tinggi total bangunan}} \\ &= \frac{0,1691}{17,50} \\ &= 0,01 \dots \text{Immediate Occupancy} \end{aligned}$$

- Drift Arah y-y (bentang terpendek, tanpa setback)

$$\begin{aligned} \text{Drift}_{y-y} &= \frac{\text{Displacement Arah } y-y}{\text{Tinggi total bangunan}} \\ &= \frac{0,1547}{17,50} \\ &= 0,01 \dots \text{Immediate Occupancy} \end{aligned}$$

3.10. Evaluasi Kinerja Struktur Bangunan Setback2

Hasil spektrum kapasitas untuk bangunan setback2 dapat di lihat pada Gambar 11.



(a) Arah x-x (Arah Bentang Terpanjang, Terdapat Setback)

(b) Arah y-y (Arah Bentang Terpendek,, Tanpa Setback)

**Gambar 11.** Spektrum Kapasitas Bangunan Setback

- *Drift* Arah x-x (bentang terpanjang, terdapat setback)
- *Drift* Arah y-y (bentang terpendek, tanpa setback)

$$\begin{aligned}
 \text{Drift}_{x-x} &= \frac{\text{Displacement Arah x-x}}{\text{Tinggi total bangunan}} \\
 &= \frac{0,1584}{17,50} \\
 &= 0,01 \dots \text{Immediate Occupancy}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Drift}_{y-y} &= \frac{\text{Displacement Arah y-y}}{\text{Tinggi total bangunan}} \\
 &= \frac{0,1589}{17,50} \\
 &= 0,01 \dots \text{Immediate Occupancy}
 \end{aligned}$$

3.11. Perbandingan Kinerja Struktur

Perbandingan kinerja struktur pada model bangunan non setback, setback1, dan setback2 dapat di lihat pada Tabel 14.

**Tabel 14.** Perbandingan Kinerja Struktur

Model	Jenis Gempa	Displacement Lt Atap	Drift	Performance Level
Non Setback	Pusover X (Timur-Barat)	0,1795	0,010	IO
	Pushover Y (Utara-Selatan)	0,1833	0,010	IO
	Chichi X (Timur-Barat)	0,1290	0,007	IO
	Chichi Y (Utara-Selatan)	0,1597	0,009	IO
	Imperial Valley X (Timur-Barat)	0,1356	0,008	IO
	Imperial Valley Y (Utara-Selatan)	0,2014	0,012	DC
	Kobe X (Timur-Barat)	0,1564	0,009	IO
	Kobe Y (Utara-Selatan)	0,1367	0,008	IO
Setback1	Pusover X (Timur-Barat)	0,1691	0,010	IO
	Pushover Y (Utara-Selatan)	0,1547	0,009	IO
	Chichi X (Timur-Barat)	0,1415	0,008	IO
	Chichi Y (Utara-Selatan)	0,2033	0,012	DC
	Imperial Valley X (Timur-Barat)	0,1564	0,009	IO
	Imperial Valley Y (Utara-Selatan)	0,1577	0,009	IO
	Kobe X (Timur-Barat)	0,1612	0,009	IO
	Kobe Y (Utara-Selatan)	0,2227	0,013	DC

<i>Setback2</i>	<i>Pusover X</i> (Timur-Barat)	0,1584	0,009	IO
	<i>Pushover Y</i> (Utara-Selatan)	0,1589	0,009	IO
	<i>Chichi X</i> (Timur-Barat)	0,1861	0,011	DC
	<i>Chichi Y</i> (Utara-Selatan)	0,2268	0,013	DC
	<i>Imperial Valley X</i> (Timur-Barat)	0,1649	0,009	IO
	<i>Imperial Valley Y</i> (Utara-Selatan)	0,2014	0,012	DC
	<i>Kobe X</i> (Timur-Barat)	0,1643	0,009	IO
	<i>Kobe Y</i> (Utara-Selatan)	0,2370	0,014	DC

#### 4. Kesimpulan

Kapasitas penahan gempa lateral terbesar adalah bangunan *setback* satu lantai pada arah x (timur-barat), karena massa struktur yang lebih sedikit akibat perubahan geometri bangunan, sedangkan kekuatan penahan gaya lateral yang hampir sama dengan bangunan *non setback*. Pada arah y (utara-selatan) kapasitas penahan gempa terbesar adalah bangunan *non setback* karena penahan gaya lateral yang lebih banyak dibandingkan dengan bangunan *setback*. Meskipun demikian, kapasitas penahan gempa lateral dari bangunan *non setback* dan *setback* tidak berbeda jauh, dengan perbedaan terbesar pada masing-masing arah adalah 1,07% untuk arah x (timur-barat) dan 4,79% untuk arah y (utara-selatan). Tingkat kinerja yang didapatkan dari hasil analisis *pushover* adalah *immediate occupancy* untuk bangunan *non setback* dan *setback*, sedangkan hasil analisis *time history* terdapat variasi tingkat kinerja dari *immediate occupancy* sampai *damage control*.

#### Daftar Pustaka

- Anggen, Wandrianto S, Agus Setiya Budi, dan Purnawan Gunawan. 2014. "Analisis Dinamik Time History Menggunakan Etabs ( Studi Kasus : Hotel Di Daerah Karanganyar )." (September): 313–20.
- Applied Technology Council-40. 1996. *1 Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings*. California: Seismic Safety Commission.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *SNI 1726:2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *SNI 2847:2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. 1983. *Peraturan Pembebanan Indonesia*. Bandung: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Efrida, Rizki. 2018. "Pengaruh Setback Pada Bangunan Dengan Soft Story Terhadap Kinerja Struktur Akibat Beban Gempa." *Educational Building* 4(1): 62–69.
- Pacific Earthquake Engineering Research Center. 2021. "PEER Ground Motion Database." <https://ngawest2.berkeley.edu/> (Maret 7, 2021).
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman. 2011. "Desain Spektra Indonesia." [http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain\\_spektra\\_indonesia\\_2011/](http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/) (Maret 1, 2021).
- Tavio, dan Wijaya Usman. 2018. *Desain Rekayasa Gempa Berbasis Kinerja (Performance Based Design)*. ke-2. Yogyakarta: Andi.
- Tjokrodinuljo, Kardiyono. 2007. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Biro Penerbit KMTS FT UGM.