

PERBANDINGAN RESPON GEDUNG *SETBACK* DAN *NON-SETBACK* DI BAWAH BEBAN GEMPA

Nur Maesyia Saida Amada dan Nursiah Chairunnisa
Program Studi Teknik Sipil Universitas Lambung Mangkurat
E-mail : nurmaesyia@gmail.com

ABSTRACT

Structure irregularities can affect a building's ability to respond to earthquakes. One of the irregular configurations often encountered is the setback structural system which is a structure with the top of the building protruding inward, causing high vertical irregularities. This study aims to determine differences in earthquakes effect between setback structural systems and non-setback structural systems by seismic response analysis.

In this analysis, there are four building models with structure irregularity variations at the same conditions and location as a comparison. Model 1 is a building without vertical irregularities or non-setbacks, while the other three models are setback buildings. The building location for this analysis is Hulu Sungai Utara District in very soft soil site class (E) because the earthquake risk in this location tends to be greater than in other South Kalimantan districts.

As the results of this comparative analysis based on the base shear, displacement, and drift values, the best model is model 4, which is a setback building, because the output values are smaller compared to the other three model's output. This result is due to the mass reduction in the setback building model because of vertical geometry irregularity by 150% in the x direction and 366% in the y direction.

Keywords: Structural Irregularity, Setback, Seismic Response

1. PENDAHULUAN

Potensi terjadinya gempa bumi cukup besar di Indonesia dikarenakan lokasinya yang terletak di daerah perbatasan Lempeng Indo-Australia, Lempeng Eurasia dan Lempek Pasifik. (Efrida, 2018). Saat gempa terjadi struktur dengan denah dan ketinggian yang beraturan akan mengalami kerusakan lebih sedikit dibandingkan struktur yang memiliki konfigurasi tidak beraturan (Ahirwal *et al.*, 2019). Namun saat ini bangunan yang tidak beraturan dianggap lebih menarik bagi sebagian besar arsitek karena memiliki nilai estetika yang lebih tinggi daripada struktur beraturan yang dianggap monoton.

Sistem struktur *setback* adalah salah satu jenis ketidakberaturan bangunan yang paling umum ditemui. Berbeda dengan bangunan pada umumnya, bangunan

dengan sistem struktur *setback* memiliki area peralihan antara tingkat kekakuan tinggi dan rendah (Pangestu *et al.*, 2021). Massa dan kekakuan pada sistem ini tidak terdistribusi secara merata baik pada arah horizontal maupun vertikal. Rasio luasan antar tingkat, arah *setback*, rasio tinggi bagian *setback* terhadap bagian bawah, dan kesimetrisan letak *setback* menentukan seberapa besar masalah yang dihasilkan. Efek *setback* dapat meningkatkan *displacement* pada tingkat tertinggi bangunan, akan tetapi massa bangunan berkurang seiring dengan makin besarnya efek *setback* (Tumbal *et al.*, 2019).

Berdasarkan uraian di atas, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana gempa mempengaruhi sistem struktur *setback* dan *non-setback* dengan menggunakan analisis respon seismik. Sebagai perbandingan, empat model bangunan dibuat untuk analisis yang akan dilaksanakan, masing-masing dengan variasi ketidakberaturan yang berbeda namun dengan lokasi dan kondisi yang sama. Dalam analisis ini lokasi pembangunan gedung dipilih di Amuntai, Provinsi Kalimantan Selatan yang memiliki kondisi tanah sangat lunak (E), dengan alasan resiko gempanya lebih tinggi daripada lokasi lain dalam provinsi yang sama (Tjitradi & Eliatun, 2019).

2. TINJAUAN PUSTAKA

Struktur *Setback*

Struktur *setback* adalah struktur dengan bagian depan bangunan lantai atas menjorok kedalam dan menyebabkan adanya ketidakberaturan vertikal yang besar (Ratnasari & Pawirodikromo, 2018). Keunggulan struktur ini adalah massanya yang relatif lebih kecil di lantai atas dibandingkan lantai di bawahnya, yang berarti pusat massa berada di bagian bawah bangunan dan bangunan lebih stabil. Akan tetapi terdapat perubahan elevasi bangunan yang mendadak pada sistem struktur ini, menyebabkan aksi struktural terkonsentrasi di lantai tempat perubahan ukuran denah terjadi (Rumimper *et al.*, 2013).

Baik dalam satu arah maupun dua arah bangunan *setback* termasuk dalam struktur tidak beraturan, karena pusat berat bangunan tidak berimpit secara tegak lurus dari atas ke bawah (Mamesah *et al.*, 2019). Massa dan kekakuannya pada

arah mendatar maupun meninggi tidak terdistribusi secara merata (Nurfitri *et al.*, 2022). Berdasarkan SNI 1726 - 2019 pada Pasal 7.3.3.4 Tabel 14 bangunan akan dikategorikan tidak beraturan secara geometri vertikal atau *setback* jika dimensi mendatar di suatu tingkat lebih dari 130% dimensi mendatar tingkat didekatnya (Badan Standarisasi Nasional, 2019).

Analisis Respon Seismik

Hasil dari analisis respon seismik adalah kombinasi ragam, *participating mass ratio*, *base shear*, serta *displacement*. Kemudian *drift* atau simpangan antar lantai akan didapatkan berdasarkan *displacement* yang dihasilkan. Semua hasil ini digunakan untuk mengevaluasi pengaruh ketidakberaturan struktur pada respon bangunan terhadap beban gempa (Cornelis *et al.*, 2014).

Metode penjumlahan ragam terbagi menjadi CQC (*Complete Quadratic Combination*) dan SRSS (*Square Root of the Sum of Squares*). CQC digunakan apabila struktur memiliki waktu getar alami dengan selisih kurang dari 15%. Sedangkan SRSS digunakan pada struktur dengan waktu getar alami dengan selisih lebih dari 15% (Siswanto & Salim, 2018).

Berdasarkan SNI 1726 - 2019 periode batas bawah mesti ditentukan agar rentang periode sekurang-kurangnya mencapai jumlah ragam elastik yang dibutuhkan untuk memenuhi 90% partisipasi massa pada setiap arah horizontal utama. Nilai gaya geser atau *base shear* yang diperoleh dari metode dinamik respon spektrum harus lebih tinggi dari 85% *base shear* berdasarkan metode statik ekuivalen (Pangestu *et al.*, 2021).

Nilai simpangan atau *displacement* diperoleh dari *output* analisis metode respons spektrum yang diambil pada joint di pusat massa dari lantai atas hingga lantai bawah bangunan. *Displacement* dan *drift* (simpangan antar tingkat) diatur dalam SNI 1726 - 2019 pada pasal 7.8.6. *Drift* izin diatur dalam SNI 1726 - 2019 pada Pasal 7.12.1 Tabel 20 yang didasari kategori resiko struktur (Badan Standarisasi Nasional, 2019).

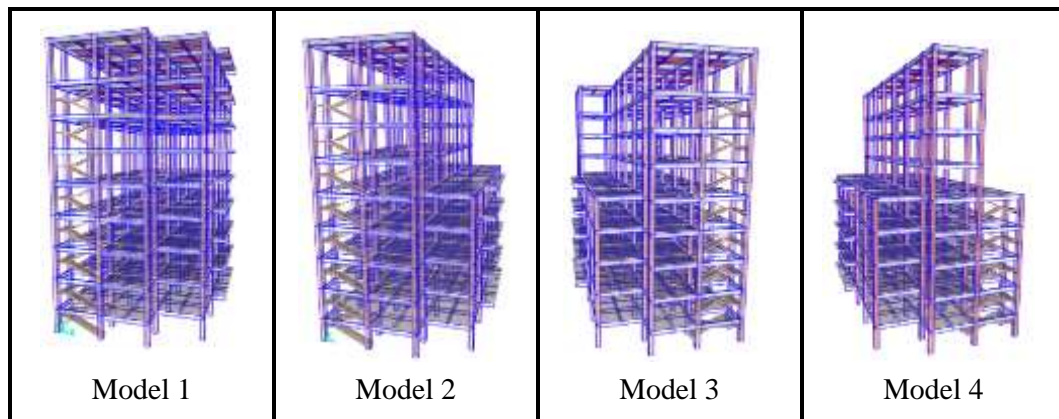
3. METODE PENELITIAN

Analisis pada penelitian ini diawali dengan studi pustaka, kemudian dilakukan pengumpulan data-data primer seperti data struktur dan gambar kerja. Bangunan eksisting yang digunakan sebagai referensi permodelan pada penelitian ini adalah Gedung Pendidikan dan Perpustakaan Terpadu Politeknik Kesehatan Banjarmasin dengan fungsi utama perpustakaan dan kantor. Struktur gedung merupakan portal beton bertulang 4 lantai *non-setback*. Dalam analisis ini dibuat model bangunan hasil modifikasi bangunan eksisting dengan penambahan lantai hingga 8 lantai.

Metode analisis ini menggunakan analisis gempa untuk struktur gedung yakni analisis respon spektrum. Analisis bertujuan untuk mengetahui gaya-gaya dalam struktur serta perilaku gedung dalam merespon gaya gempa. Analisis akan dilakukan dengan menggunakan program software SAP2000 V.24. Model dibuat sebanyak 4 bangunan seperti pada Gambar 3. 1 dengan ketidakberaturan yang berbeda namun pada lokasi dan kondisi yang sama sebagai bahan perbandingan. Variasi ketidakberaturan disajikan pada Tabel 3. 1.

Tabel 3. 1 Ketidakberaturan Model

Model	Ketidakberaturan Horizontal		Ketidakberaturan Vertikal	
	x	y	x	y
1	33,3%	16,6%	-	-
2	33,3%	16,6%	150%	-
3	33,3%	75,0%	150%	366%
4	33,3%	16,6%	300%	-



Gambar 3. 1 Permodelan

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perbandingan analisis dilakukan untuk mendapatkan model bangunan yang paling baik dari beberapa variasi ketidakberaturan berdasarkan *base shear*, *displacement* serta *drift* yang terjadi pada masing masing model. Pada Tabel 4. 1 didapatkan *base shear* terbesar terjadi pada model 1 yang merupakan bangunan *non-setback* sedangkan yang terkecil pada model 4 yang memiliki *setback* terbesar diantara keempat model. Hal ini terjadi dikarenakan adanya pengurangan massa pada model bangunan *setback* dan *base shear* merupakan penjumlahan dari gaya horizontal tingkat. (Widyastuti & Noviantoro, 2006).

Tabel 4. 1 Perbandingan Base Shear

V Dinamik	Model			
	1	2	3	4
Rsx (kN)	1256,26	1165,59	1140,39	1037,65
Rsy (kN)	1279,99	1140,76	1165,07	1078,88

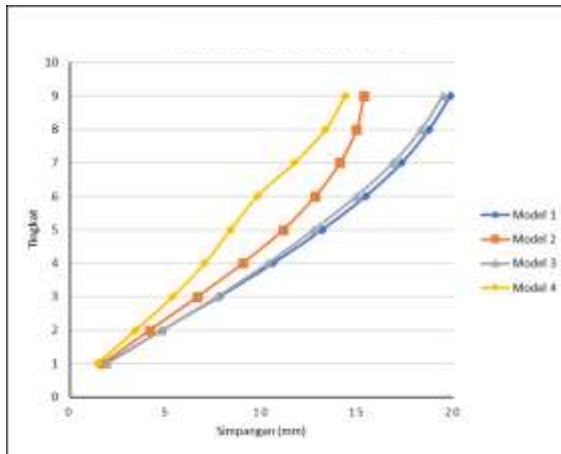
Pada keempat model *displacemet* atau simpangan terbesar terjadi pada kombinasi beban $1,27D + L + Dx + 0,3Dy$ pada arah x dan $1,27D + L + Dy + 0,3Dx$ pada arah y. Hasil simpangan untuk keempat model ditampilkan pada Tabel 4. 2. Berdasarkan Gambar 4. 1 simpangan paling besar baik pada arah x maupun arah y terjadi pada model 1, sedangkan yang terkecil terjadi pada model 4. Hasil ini sejalan dengan nilai *base shear* yang dihasilkan.

PROSIDING SEMINAR NASIONAL TAHUN X
Banjarmasin, 28 Oktober 2023
ISSN-P : 2775-9653 ISSN-O : 2459-9964

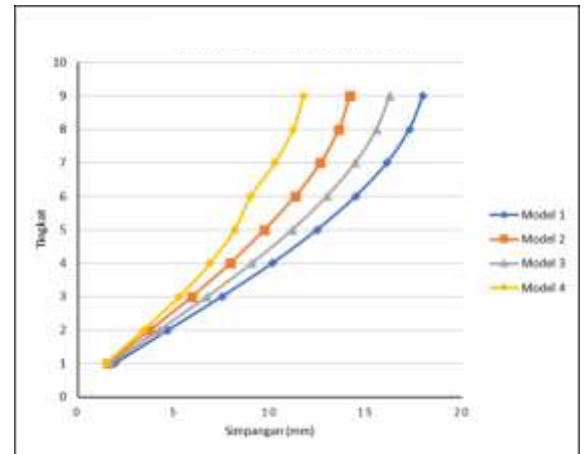
Seluruh model menghasilkan nilai simpangan yang kecil, yakni dibawah 20 mm. Sebagai tambahan perbandingan dilakukan analisis pada model 4 dengan menggunakan respon spektrum yang berbeda, yakni tanpa respon spektrum serta respon spektrum Kota Palu yang memiliki resiko gempa lebih tinggi dibandingkan Kota Amuntai. Berdasarkan hasil penelitian Cornelis *et al.* (2014) respon terhadap gempa yang terjadi pada gedung dengan kondisi resiko gempa lebih tinggi nilainya lebih besar dibandingkan dengan gedung dengan kondisi resiko gempa rendah.

Tabel 4. 2 Perbandingan Simpangan

Tingkat	Model							
	1		2		3		4	
	x	y	x	y	x	y	x	y
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1	1,896	1,922	1,690	1,553	1,938	1,709	1,438	1,441
2	4,835	4,688	4,165	3,752	4,813	4,234	3,439	3,406
3	7,807	7,500	6,656	5,922	7,685	6,732	5,359	5,268
4	10,610	10,120	9,002	7,928	10,331	9,063	7,027	6,874
5	13,167	12,450	11,118	9,696	12,709	11,154	8,375	8,145
6	15,426	14,462	12,776	11,300	14,930	12,957	9,772	8,984
7	17,311	16,084	14,074	12,617	16,846	14,434	11,707	10,242
8	18,746	17,252	14,940	13,574	18,323	15,533	13,318	11,192
9	19,859	17,962	15,314	14,145	19,457	16,234	14,349	11,725



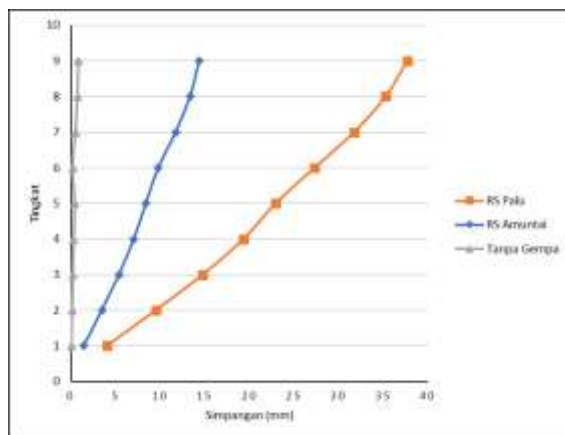
(a)



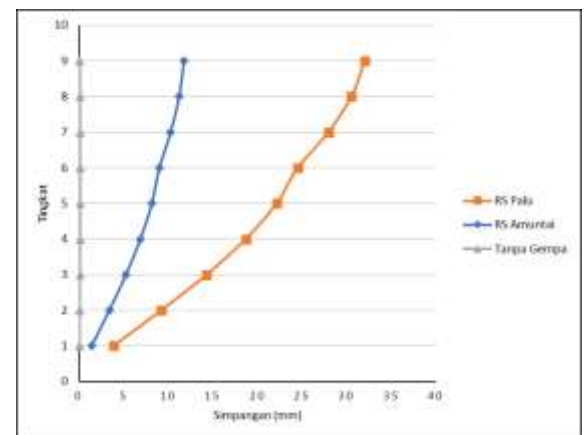
(b)

Gambar 4. 1 Grafik Perbandingan Simpangan: (a) Arah X dan (b) Arah y

Berdasarkan Gambar 4. 2 dapat dilihat bahwa tanpa adanya respon spektrum simpangan yang dihasilkan sangat kecil dikarenakan simpangan yang terjadi hanya disebabkan oleh beban hidup dan beban mati. Sedangkan dengan respon spektrum Kota Palu yang memiliki resiko gempa tinggi simpangan yang dihasilkan jauh lebih tinggi dibandingkan pada Kota Amuntai. Hasil ini membuktikan bahwa adanya beban gempa merupakan faktor yang berpengaruh besar terhadap terjadinya simpangan, sehingga semakin tinggi resiko gempa maka simpangan yang dihasilkan juga semakin tinggi.



(a)



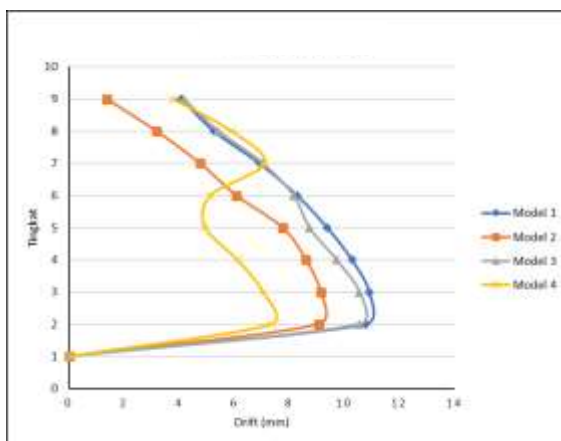
(b)

Gambar 4. 2 Grafik Perbandingan Simpangan Antar Respon Spektrum: (a) Arah X dan (b) Arah Y

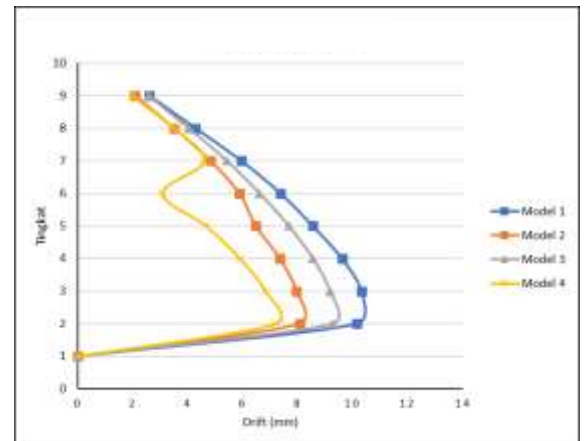
Drift untuk keempat model ditampilkan pada Tabel 4. 3. Perbandingan nilai *drift* keempat model pada Gambar 4. 3 menunjukkan perubahan *drift* pada model 1 yang merupakan bangunan *non-setback* cenderung lebih stabil baik pada arah x dan arah y nya. Namun berdasarkan nilai yang dihasilkan, model 4 yang merupakan bangunan *setback* memiliki *drift* paling kecil sedangkan *drift* terbesar terjadi pada model 1. Dengan hasil ini maka nilai *drift* masih sejalan dengan perbandingan *base shear* dan *displacement*, yang mana semakin berat bangunan maka ketiga nilai tersebut juga akan semakin besar.

Tabel 4. 3 Perbandingan *Drift*

Tingkat	Model							
	1		2		3		4	
	x	y	x	y	x	y	x	y
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1	-	-	-	-	-	-	-	-
2	10,779	10,140	9,074	8,060	10,541	9,259	7,338	7,208
3	10,896	10,310	9,134	7,960	10,531	9,159	7,039	6,826
4	10,277	9,609	8,602	7,356	9,701	8,545	6,116	5,889
5	9,375	8,543	7,758	6,482	8,719	7,668	4,945	4,659
6	8,285	7,377	6,081	5,879	8,145	6,611	5,123	3,079
7	6,911	5,946	4,756	4,832	7,024	5,417	7,093	4,610
8	5,262	4,283	3,178	3,507	5,417	4,030	5,909	3,485
9	4,081	2,604	1,371	2,094	4,159	2,571	3,780	1,955



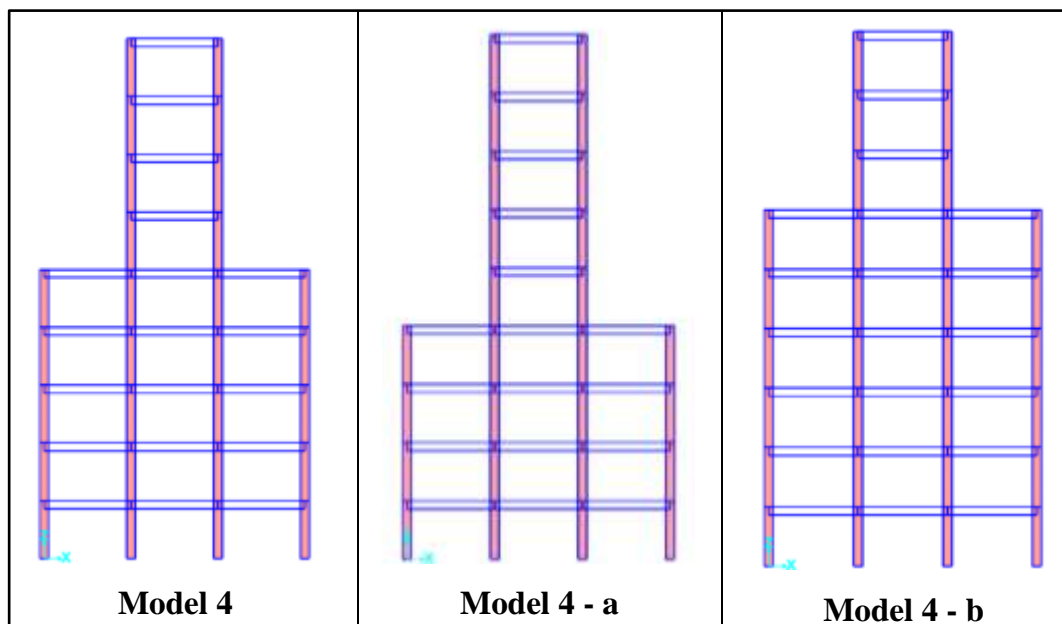
(a)



(b)

Gambar 4. 3 Grafik Perbandingan *Drift*: (a) Arah X dan (b) Arah Y

Ketiga model bangunan dengan konfigurasi *setback* memiliki perubahan *drift* yang cukup ekstrim terjadi pada tingkat ke-6 yang merupakan tempat terjadinya transisi konfigurasi bangunan. Perubahan *drift* terbesar terjadi pada model 4 yang disebabkan oleh adanya ketidakberaturan yang besar. Untuk membuktikan adanya perubahan *drift* yang ekstrim pada transisi konfigurasi bangunan, dilakukan analisis perbandingan tambahan pada model 4 dan 2 model baru hasil modifikasi model 4 yang dapat dilihat pada Gambar 4. 4.



Gambar 4. 4 Model 4 Modifikasi

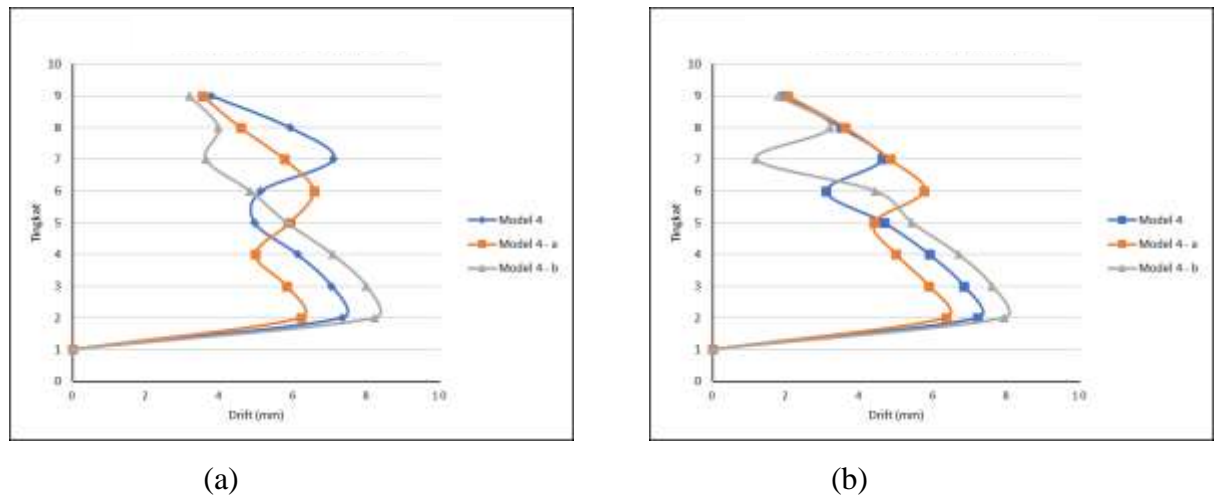
Berdasarkan nilai simpangan ketiga model yang disajikan pada Tabel 4. 4 dapat dilihat bahwa semakin banyak potongan yang dilakukan pada model maka simpangan yang terjadi akan semakin kecil dikarenakan massa bangunan berkurang, begitupun dengan drift yang dihasilkan. Hasil drift disajikan pada Tabel 4. 5 serta Gambar 4. 5. Dari hasil tersebut terbukti bahwa perubahan ekstrim pada drift memang terjadi di setiap adanya transisi konfigurasi bangunan. Pada model 4 - a perubahan tersebut terjadi pada tingkat ke-5, sedangkan pada model 4 - b perubahan tersebut terjadi pada tingkat ke-7.

Tabel 4. 4 Perbandingan Simpangan Model 4 Modifikasi

Tingkat	Model 4		Model 4 - a		Model 4 - b	
	x	y	x	y	x	y
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1	1,438	1,441	1,223	1,264	1,602	1,576
2	3,439	3,406	2,916	2,992	3,842	3,737
3	5,359	5,268	4,502	4,595	6,020	5,810
4	7,027	6,874	5,858	5,955	7,946	7,635
5	8,375	8,145	7,470	7,150	9,533	9,113
6	9,772	8,984	9,259	8,718	10,848	10,320
7	11,707	10,242	10,830	10,035	11,834	10,642
8	13,318	11,192	12,075	11,020	12,914	11,514
9	14,349	11,725	13,038	11,576	13,780	12,001

Tabel 4. 5 Perbandingan *Drift* Model 4 Modifikasi

Tingkat	Model 4		Model 4 - a		Model 4 - b	
	x	y	x	y	x	y
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1	-	-	-	-	-	-
2	7,338	7,208	6,210	6,338	8,214	7,925
3	7,039	6,826	5,814	5,876	7,985	7,601
4	6,116	5,889	4,970	4,987	7,065	6,689
5	4,945	4,659	5,914	4,382	5,818	5,419
6	5,123	3,079	6,559	5,750	4,821	4,428
7	7,093	4,610	5,760	4,827	3,615	1,180
8	5,909	3,485	4,565	3,612	3,962	3,197
9	3,780	1,955	3,531	2,041	3,174	1,786



Gambar 4. 5 Perbandingan *Drift* Model 4 Modifikasi: (a) Arah X dan (b) Arah Y

Hasil perbandingan analisis ini membuktikan bahwa meskipun model 4 yang merupakan bangunan *setback* menghasilkan ketidakberaturan yang besar, berdasarkan nilai *base shear*, *displacement* dan *drift* nya yang lebih kecil model ini dapat dikatakan lebih baik dari ketiga model lainnya. Namun dengan catatan ketidakberaturan yang ada pada model masih simetris dan loncatan bidang yang terjadi adalah ke arah dalam. Berdasarkan hasil tersebut, maka penelitian ini sejalan dengan penelitian Widyastuti dan Noviantoro (2006) yang menyatakan adanya *setback* vertikal akan menimbulkan dampak yang baik karena nilai respon struktur yang dihasilkan yaitu nilai *displacement*, *drift*, gaya horizontal tingkat, gaya geser maupun momen guling menjadi lebih kecil.

5. KESIMPULAN

Hasil perbandingan keempat model berdasarkan *base shear*, *displacement*, dan *drift* adalah sebagai berikut:

1. Gaya geser dasar terbesar terjadi pada model 1 yang merupakan bangunan *non-setback* yakni pada arah x senilai 1256,26 kN dan pada arah y senilai 1279,99 kN. Sedangkan yang terkecil pada model 4 yang merupakan bangunan *setback* yakni pada arah x senilai 1037,65 kN dan pada arah y senilai 1078,88 kN.
2. Simpangan terbesar terjadi pada pada model 1 yang merupakan bangunan *non-setback* yakni pada arah x senilai 19,859 mm dan pada arah y senilai

17,962 mm. Sedangkan yang terkecil terjadi pada model 4 yang merupakan bangunan *setback* yakni pada arah x senilai 14,349 mm dan pada arah y senilai 11,725.

3. Simpangan antar tingkat terbesar terjadi pada model 1 yang merupakan bangunan *non-setback* yakni pada arah x senilai 10,896 mm dan pada arah y senilai 10,310 mm. Sedangkan yang terkecil terjadi pada model 4 yang merupakan bangunan *setback* yakni pada arah x senilai 7,338 mm dan pada arah y senilai 7,208 mm.
4. Berdasarkan nilai gaya geser dasar (*base shear*), simpangan (*displacement*), dan simpangan antar tingkat (*drift*) dapat disimpulkan bahwa model model 4 yang memiliki persentase ketidakberaturan vertikal (*setback*) paling besar adalah yang paling baik, karena nilai dari ketiga hasil analisis respons spektrum pada model tersebut lebih kecil daripada hasil pada ketiga model lainnya. Namun dengan catatan ketidakberaturan pada model masih simetris dan loncatan bidang yang terjadi adalah ke arah dalam. Hal ini dikarenakan adanya pengurangan massa pada model bangunan *setback*.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahirwal, A., Gupta, K., & Singh, V., 2019, **Effect of irregular plan on seismic vulnerability of reinforced concrete buildings**, AIP Conference Proceedings, pp. 2158.
- Cornelis, R., Bunganaen, W., & Tay, B. H. U., 2014, **Analisis Perbandingan Gaya Geser Tingkat, Gaya Geser Tingkat Akibat Beban Gempa Berdasarkan Peraturan Gempa SNI 1726-2002 dan SNI 1726-2012**, III(2), hal. 205–216.
- Efrida, R., 2018, **Pengaruh Setback Pada Bangunan Dengan Soft Story Terhadap Kinerja Struktur Akibat Beban Gempa**, Educational Building, 4(1), hal. 62–69.
- Mamesah, Y. I., Manalip, H., & Wallah, S., 2019, **Pengaruh Dinding Pada Lantai Dasar Terhadap Displacement Pada Bangunan Set-Back Dan Non Set-Back**, Jurnal Sipil Statik, 7(8), hal. 1007–1014.

- Nurfitri, J. W., Sutiono, W., Saragih, E. S. M., & Purwantoro, A. D. S. (2022). **Studi Analisis Pengaruh Set-Back Pada Bangunan Bertingkat Akibat Gempa**. 01, hal. 1–6.
- Pangestu, K. D., Cornelis, R., & Hangge, E. E., 2021, **Analisis Kinerja Struktur Pada Model Bangunan Setback Menggunakan Metode Time History Analysis**, JURNAL FORUM TEKNIK SIPIL (J-ForTekS), 1(2), hal. 1–12.
- Ratnasari, A. F., & Pawirodikromo, W., 2018, **Pengaruh Kandungan Frekuensi Gempa Terhadap Simpangan dan Drift Ratio 2 Arah Struktur Bangunan Set-Back Bertingkat Banyak**. ResearchGate.
- Rumimper, B. A. E., Wallah, S. E., Windah, R. S., & Dapas, S. O., 2013, **Perhitungan inter story drift pada bangunan tanpa setback dan dengan setback akibat gempa**, Jurnal Sipil Statik.
- Siswanto, A. B., & Salim, M. A., 2018, **Kriteria Dasar Perencanaan Struktur Bangunan Tahan Gempa**, Jurnal Teknik Sipil, 11(July), hal. 59–72.
- SNI 03-1726-2019, **Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung**, Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 03-1727-2020, **Tata Cara Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung**, Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 03-2847-2019, **Tata Cara Perhitungan Beton Untuk Struktur Bangunan Gedung**, Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Tjitradi, D., & Eliatun, 2019, **Potensi Gempa Terhadap Struktur Bangunan Panggung di Lahan Basah Kalimantan Selatan**, Buletin Profesi Insinyur.
- Tumbal, T. E. F., Windah, R. S., & Mondoringin, M. R. I. A. J. (2019). **Pengaruh Set-Back Pada Tingkat Teratas**. Jurnal Sipil Statik, 7(6), hal. 615–626.
- Widyastuti, H., & Noviantoro, F., 2006, **Respon Dinamik Struktur Setback Secara Vertikal**, Universitas Islam Indonesia.