

ANALISIS KETIDAKBERATURAN VERTIKAL KEKAKUAN TINGKAT LUNAK BERLEBIHAN PADA GEDUNG BERTINGKAT DENGAN METODE RESPON SPEKTRUM

Rafika Anelida¹, Wahiddin², Agustin Dita Lestari³

Mahasiswa Program Studi DIV Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang², Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang³

Email: rafikaanelida17@gmail.com¹, wahiddin@polinema.ac.id², agustinditalestari@polinema.ac.id³

ABSTRAK

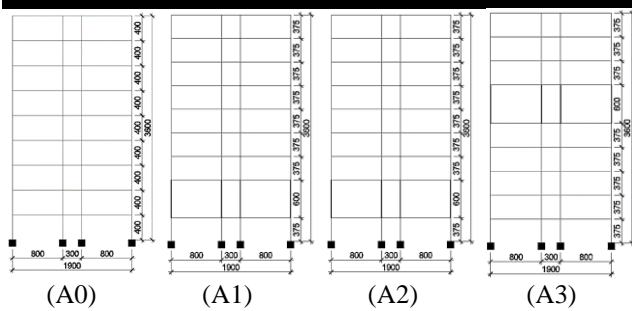
Baru-baru ini banyak inovasi dilakukan dalam pembangunan gedung tinggi dengan ketidakberaturan vertikal tingkat lunak berlebihan untuk memenuhi tuntutan fungsional, estetika, dan ekonomi. Tujuan analisis ini adalah untuk mempelajari perilaku seismik struktur yang memiliki ketidakberaturan vertikal tingkat lunak berlebihan pada gedung bertingkat terhadap nilai kekakuan lantai, gaya geser, dan simpangan antar lantai. Analisis ini dilakukan pada struktur beraturan (A0) dan struktur dengan ketidakberaturan vertikal dimana kekakuan tingkat lunak berlebihan diletakkan pada lantai satu (A1), lantai tiga (A2), dan lantai lima (A3). Hasil analisis menunjukkan bahwa kekakuan antar lantai berkurang secara signifikan pada lantai yang memiliki ketidakberaturan vertikal yaitu pada tipe A1 sebesar 65.95% (arah X) dan 60.95% (arah Y), tipe A2 sebesar 56.18% (arah X) dan 48.34% (arah Y), serta tipe A3 sebesar 35.07% (arah X) dan 39.61% (arah Y). Pada gaya geser dasar seismik akibat ketidakberaturan vertikal tidak ada pengaruh yang signifikan, namun pada gaya geser setiap lantai mengalami penurunan meskipun tidak terlalu besar pada lantai yang memiliki ketidakberaturan vertikal dimana pada tipe A1 sebesar 13.18% (arah X) dan 28.84% (arah Y), tipe A2 sebesar 14.30% (arah X) dan 13.54% (arah Y), serta tipe A3 sebesar 52.17% (arah X) dan 32.30% (arah Y). Pada simpangan antar lantai yang terjadi pada lantai akibat ketidakberaturan vertikal mengalami loncatan yang signifikan dimana pada tipe A1 mencapai sebesar 95.43% (arah X) dan 93.70% (arah Y), tipe A2 sebesar 87.55% (arah X) dan 84.72% (arah Y), serta tipe A3 sebesar 84.62% (arah X) dan 86.87% (arah Y).

Kata kunci : Ketidakberaturan Vertikal; Analisis Respons Spektrum

ABSTRACT

Recently, many innovations have been implemented in the construction of tall buildings with extreme vertical irregularities to meet functional, aesthetic, and economic demands. The aim of this analysis is to study the seismic behavior of structures with extreme soft-story vertical irregularities in multi-story buildings concerning floor stiffness, shear forces, and inter-story drifts. This analysis was conducted on regular structures (A0) and structures with vertical irregularities where the extreme soft-story stiffness is placed on the first floor (A1), the third floor (A2), and the fifth floor (A3). The analysis results show that the inter-story stiffness significantly decreases on the floors with vertical irregularities, for type A1 it decreases by 65.95% (X direction) and 60.95% (Y direction), type A2 by 56.18% (X direction) and 48.34% (Y direction), and type A3 by 35.07% (X direction) and 39.61% (Y direction). The seismic base shear due to vertical irregularities does not have a significant impact, but the shear force on each floor decreases although not drastically for type A1 it is 13.18% (X direction) and 28.84% (Y direction), for type A2 it is 14.30% (X direction) and 13.54% (Y direction), and for type A3 it is 52.17% (X direction) and 32.30% (Y direction). The inter-story drift that occurs on the floors due to vertical irregularities experiences a significant increase. For type A1, it reaches 95.43% (X direction) and 93.70% (Y direction), for type A2 it is 87.55% (X direction) and 84.72% (Y direction), and for type A3 it is 84.62% (X direction) and 86.87% (Y direction).

Keywords : Vertical Irregularity; Response Spectrum Analysis



Gambar 2. Struktur Portal Gedung Beraturan (A0) dan Gedung Ketidakberaturan Vertikal (A1, A2, A3)

Analisis Pembebanan

Analisis pembebanan dengan mempertimbangkan beban mati struktural, beban mati tambahan, beban hidup, dan beban gempa wilayah. Peraturan SNI 1726-2019 akan diterapkan untuk mengkombinasikan semua beban yang telah dianalisis untuk menentukan faktor beban dengan resiko tertinggi untuk menghancurkan struktur.

Analisis Respons Spektrum

Analisis respons spektrum digunakan karena lokasi yang ditinjau yaitu Jakarta yang berada pada KDS D dengan kategori risiko IV. Selain itu, dengan pertimbangan ketidakberaturan struktur Tipe 1.b dan bangunan melebihi dua tingkat di atas dasar. Akibatnya, analisis gaya lateral ekuivalen tidak dapat digunakan sebagai metode analisis untuk menilai struktur yang tahan gempa.

Evaluasi Ketidakberaturan Vertikal

Seluruh variasi struktur memenuhi persyaratan rencana desain, seperti yang ditunjukkan oleh hasil evaluasi ketidakberaturan vertikal di Tabel 3.

Tabel 1. Nilai Kekakuan Antar Lantai Arah X

Lantai	Kekakuan Antar Lantai Arah X (kN/m)			
	A0	A1	A2	A3
8-Atap	189314.2	257488.5	260485.5	248518.8
7-8	282219.3	356109.3	361183.3	339967.1
6-7	299346.8	380976.5	380240.0	347809.6
5-6	302390.3	385633.2	373425.9	201271.7
4-5	304094.3	380307.1	352393.2	357578.0
3-4	318074.6	367061.3	197170.0	376095.5
2-3	351011.7	340569.0	346665.1	378487.7
1-2	444202.2	180463.8	351472.8	365642.2

Sumber: Hasil Analisis

Tabel 2. Nilai Kekakuan Antar Lantai Arah Y

Lantai	Kekakuan Antar Lantai Arah Y (kN/m)			
	A0	A1	A2	A3
8	283292.8	339435.5	347294.6	335797.8
7	447527.8	506395.0	515230.5	493536.6
6	494262.5	569898.7	570507.0	529785.3

5	514218.3	597256.9	583290.2	314013.5
4	528086.7	606667.0	566793.2	580733.6
3	556963.5	602019.4	320285.6	620756.6
2	612507.3	570224.8	585379.1	634649.6
1	762751.2	300691.8	595183.8	615918.3

Sumber: Hasil Analisis

Tabel 3. Evaluasi Ketidakberaturan Vertikal

Tipe Ketidakberaturan	Tipe Variasi Struktur			
	A0	A1	A2	A3
1.b		✓	✓	✓

Sumber: Hasil Analisis

Tabel 4. Nilai Periode Struktur Hasil Program Analisis Struktur

Tipe Bangunan	T (s)	
	Tx	Ty
A0	2.192	1.663
A1	2.281	1.735
A2	2.286	1.734
A3	2.210	1.676

Sumber: Hasil Analisis

Tabel 5. Nilai Periode Struktur Hasil Program Analisis Struktur

Tipe	Gaya Geser Statik (kN)		Gaya Geser Spektrum (kN)		Kontrol	
	Vx	Vy	Vx	Vy	Vx	Vy
	A0	6479.5	6479.5	6479.5	6479.5	100%
A1	6485.0	6485.0	6485.0	6485.0	100%	100%
A2	6485.0	6485.0	6485.0	6485.0	100%	100%
A3	6485.0	6485.0	6485.0	6485.0	100%	100%

Sumber: Hasil Analisis

Tabel 6. Nilai Simpangan Antar Lantai Arah X

Lantai	Simpangan Antar Lantai Arah X (mm)			
	A0	A1	A2	A3
Atap	14.065	11.964	12.056	13.204
8	19.345	16.412	16.537	18.322
7	25.131	21.439	21.747	24.629
6	30.580	26.418	27.324	51.891
5	34.888	30.675	33.022	33.033
4	38.016	34.676	63.767	33.909
3	38.273	37.756	35.875	33.378
2	32.791	58.601	28.868	28.299
1	15.547	14.986	13.259	13.314

Sumber: Hasil Analisis

Tabel 7. Nilai Simpangan Antar Lantai Arah Y

Lantai	Simpangan Antar Lantai Arah Y (mm)			
	A0	A1	A2	A3
Atap	11.246	9.713	9.735	10.501
8	15.081	12.892	12.951	14.197
7	19.356	16.544	16.749	18.909
6	23.250	20.046	20.691	39.857
5	26.374	23.144	24.926	24.977
4	28.365	25.817	48.026	25.197
3	28.340	27.984	26.499	24.523
2	24.303	44.161	21.296	20.757
1	11.733	11.422	9.955	9.929

Sumber: Hasil Analisis

Tabel 8. Nilai Koefisien Stabilitas Arah X

Lantai	Koefisien Stabilitas Arah X (%)			
	A0	A1	A2	A3
Atap	0.006	0.005	0.005	0.005
8	0.011	0.011	0.010	0.011
7	0.018	0.017	0.017	0.019
6	0.027	0.024	0.025	0.029
5	0.035	0.032	0.035	0.036
4	0.041	0.040	0.046	0.041
3	0.045	0.047	0.046	0.042
2	0.041	0.048	0.039	0.038
1	0.021	0.022	0.020	0.020

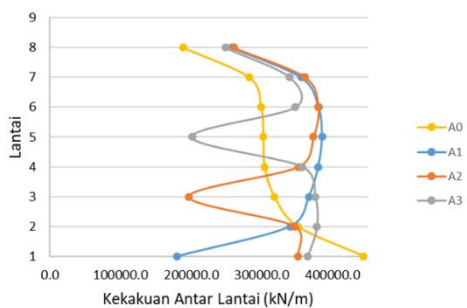
Tabel 9. Nilai Koefisien Stabilitas Arah Y

Lantai	Koefisien Stabilitas Arah Y (%)			
	A0	A1	A2	A3
Atap	0.005	0.005	0.004	0.005
8	0.009	0.009	0.009	0.009
7	0.015	0.014	0.013	0.015
6	0.020	0.019	0.019	0.022
5	0.025	0.024	0.026	0.026
4	0.030	0.029	0.033	0.029
3	0.033	0.034	0.033	0.030
2	0.030	0.036	0.029	0.028
1	0.016	0.017	0.015	0.015

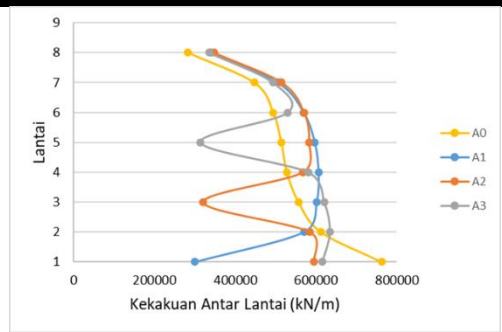
Sumber: Hasil Analisis

Analisis Respons Seismik

a. Kekakuan Antar Lantai

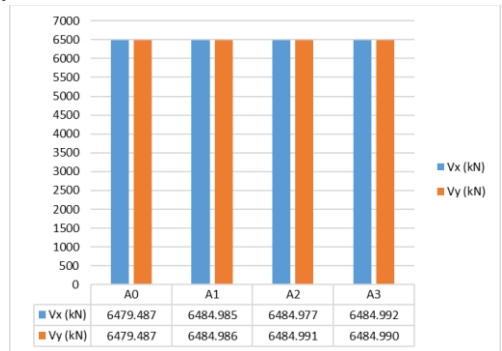


Gambar 3. Grafik Kekakuan Antar Lantai Arah X



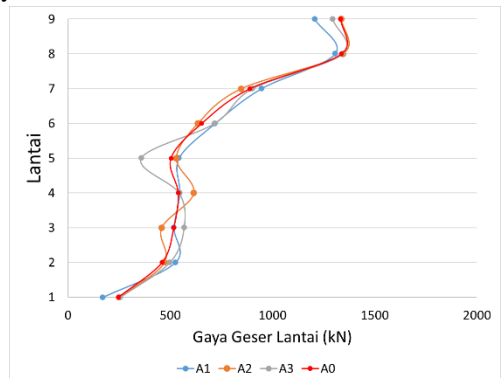
Gambar 4. Grafik Kekakuan Antar Lantai Arah Y

b. Gaya Geser Dasar Seismik

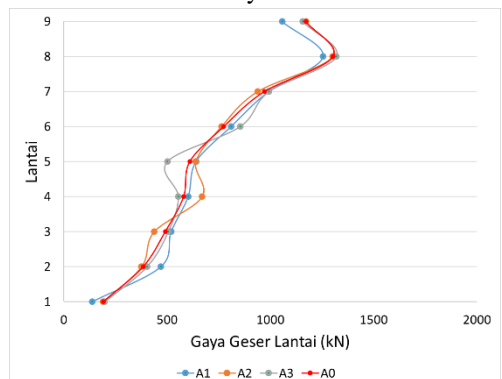


Gambar 5. Grafik Gaya Geser Dasar Seismik

c. Gaya Geser Lantai

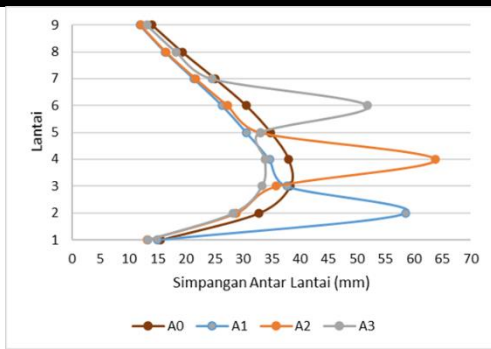


Gambar 6. Grafik Gaya Geser Lantai Arah X

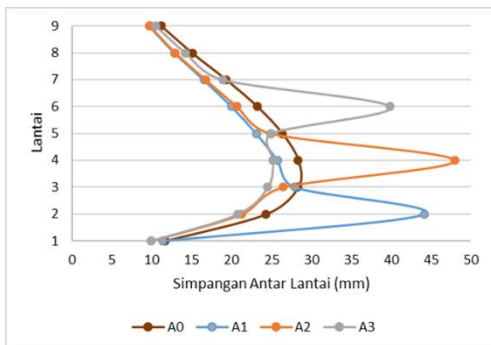


Gambar 7. Grafik Gaya Geser Lantai Arah Y

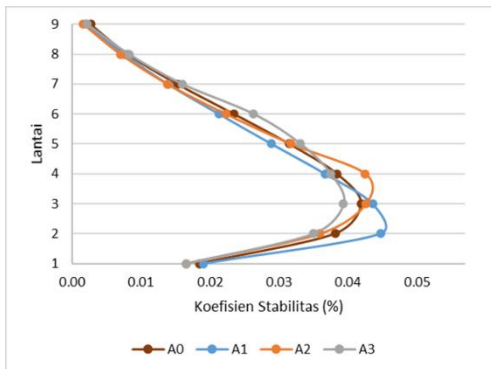
d. Simpangan Antar Lantai



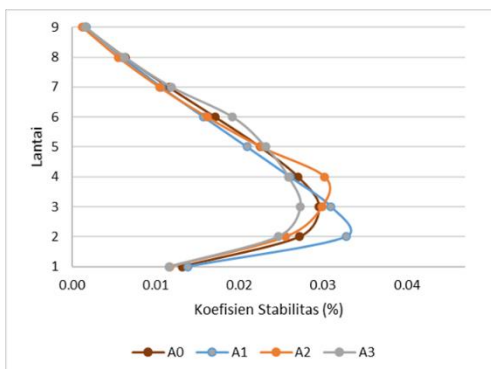
Gambar 8. Grafik Simpangan Antar Lantai Arah X



Gambar 9. Grafik Simpangan Antar Lantai Arah Y
e. Koefisien Stabilitas



Gambar 10. Grafik Koefisien Stabilitas Arah X



Gambar 11. Grafik Koefisien Stabilitas Arah X

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis terkait respons seismik struktur dengan ketidakberaturan vertikal kekakuan tingkat lunak berlebihan terhadap kekakuan antar lantai (*story stiffness*), gaya geser, dan simpangan antar lantai, diperoleh hasil sebagai berikut:

1. Kekakuan antar lantai berkurang secara signifikan pada lantai yang memiliki ketidakberaturan vertikal tingkat lunak berlebihan yaitu pada tipe A1 sebesar 65.95% (arah X) dan 60.95% (arah Y), tipe A2 sebesar 56.18% (arah X) dan 48.34% (arah Y), serta tipe A3 sebesar 35.07% (arah X) dan 39.61% (arah Y).
2. Gaya geser dasar seismik akibat ketidakberaturan vertikal kekakuan tingkat lunak berlebihan tidak ada pengaruh yang signifikan, namun pada gaya geser setiap lantai mengalami penurunan meskipun tidak terlalu besar pada lantai yang memiliki ketidakberaturan vertikal kekakuan tingkat lunak berlebihan dimana pada tipe A1 sebesar 13.18% (arah X) dan 28.84% (arah Y), tipe A2 sebesar 14.30% (arah X) dan 13.54% (arah Y), serta tipe A3 sebesar 52.17% (arah X) dan 32.30% (arah Y).
3. Simpangan antar lantai yang terjadi pada lantai akibat ketidakberaturan vertikal kekakuan tingkat lunak berlebihan mengalami loncatan yang signifikan dimana pada tipe A1 mencapai sebesar 95.43% (arah X) dan 93.70% (arah Y), tipe A2 sebesar 87.55% (arah X) dan 84.72% (arah Y), serta tipe A3 sebesar 84.62% (arah X) dan 86.87% (arah Y). Nilai simpangan tersebut masih dalam batas yang dapat diterima karena memenuhi ketentuan pada peraturan yang berlaku. Sehingga dapat dikatakan bahwa struktur dengan ketidakberaturan vertikal kekakuan tingkat lunak berlebihan mempengaruhi simpangan antar lantai yang terjadi yang mana dapat menyebabkan simpangan semakin besar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ali, M. M. & Moon, K.S. 2018. *Advances in Structural Systems for Tall Buildings: Emerging Developments for Contemporary Urban Giants. Buildings*, 8(8), 104: United States.
- [2] BSN, 2019. *SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- [3] BSN, 2019. *SNI 2847-2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- [4] BSN, 2020. *SNI 1727-2020 tentang Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan*

Gedung dan Struktur Lain. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

- [5] Pavani, P.S. & Rao, M.Sai N. 2020. *Seismic Evaluation of Irregular Structure Using Staad Pro.* *International Research Journal of Engineering and Technology:* India.
- [6] Siajaya, K., Windah, R.S. and Handono, B.D. 2018. *Respons Struktur Gedung Bertingkat dengan Variasi Kekakuan Kolom akibat Gempa berdasarkan SNI 03-1726-2012.* *Jurnal Sipil Statik*, 6(6).