

## PENGARUH KETIDAKBERATURAN VERTIKAL TINGKAT LUNAK DAN MASSA TERHADAP GEDUNG BERTINGKAT AKIBAT BEBAN GEMPA BERDASARKAN SNI-1726-2019 - MRK

Nyemas Aulian Attathira<sup>1</sup>, Wahiddin<sup>2</sup>, Agustin Dita Lestari<sup>3</sup>

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang<sup>1</sup>, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang<sup>2</sup>, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang<sup>3</sup>

Email: [nyemasaulian20@gmail.com](mailto:nyemasaulian20@gmail.com)<sup>1\*</sup>, [wahiddin@polinema.ac.id](mailto:wahiddin@polinema.ac.id)<sup>2</sup>, [agustinditalestari@polinema.ac.id](mailto:agustinditalestari@polinema.ac.id)<sup>3</sup>

### ABSTRAK

Sekarang ini, banyak bangunan dirancang dengan ketidakberaturan vertikal karena alasan fungsional, estetika, atau ekonomi. Akan tetapi, kerusakan atau kegagalan suatu bangunan dapat dipicu pada titik kelemahan akibat ketidakberaturan vertikal. Dalam penulisan ini ditinjau 3 model struktur, yaitu (i) Struktur Beraturan, (ii) Struktur Ketidakberaturan Vertikal Kekakuan Tingkat Lunak, dan (iii) Struktur Ketidakberaturan Vertikal Massa, menggunakan metode analisis seismik yang digunakan adalah analisis ragam respon spektrum (RSA), dari hasil analisis tersebut digunakan untuk melakukan perbandingan mengenai waktu periode getar, gaya geser seismik, dan simpangan antar lantai. Hasil dari analisis ini menunjukkan bahwa; periode struktur terbesar terjadi pada tipe bangunan B2 yaitu sebesar 2,484 detik (arah x) dan 2,367 (arah y), gaya geser dasar terbesar terjadi pada tipe C2 yaitu sebesar 3899,0921 kN (arah x) dan 4051,8676 kN (arah y), dan simpangan terbesar terjadi pada tipe bangunan B2 sebesar 81,241 mm (arah x) dan 91,553 mm (arah y).

**Kata kunci :** Ketidakberaturan Tingkat Lunak; Ketidakberaturan Massa; RSA.

### ABSTRACT

*Nowadays, many buildings are designed with vertical irregularities for functional, aesthetic, or economic reasons. However, damage or failure of a building may be triggered at the point of weakness due to vertical irregularities. In this writing 3 structural models were reviewed, i.e. (i) Regular Structures, (ii) Irregular Vertical of Soft-Storey stiffness, and (iii) Irregular Vertical of Mass, method used is Response Spectrume Analysis (RSA), from the results of the analysis it was used to perform comparisons regarding period of structural vibration, base shear force, and drift story. The results of this analysis show that; the largest structural period occurs in type B2, which is 2.484 seconds (x direction) and 2.367 (y direction), the largest base shear force occurs in type C2, which is 3899.0921kN (x direction) and 4051.8676kN (y direction), and the largest deviation occurred in building type B2 of 81,241mm (x direction) and 91.553mm (y direction).*

**Keywords :** Irregular Soft-storey; Irregular Mass; RSA.

### 1. PENDAHULUAN

Di waktu ini konstruksi gedung pencakar langit semakin banyak digunakan di Indonesia. Pembangunan gedung bertingkat di Indonesia juga dapat dijadikan sebagai investasi properti. Ini akan membutuhkan sejumlah besar lahan yang akan menjadi semakin sulit diperoleh, yang mengakibatkan adanya pembangun gedung pencakar langit dengan bentuk bangunan yang cenderung tidak beraturan (Purba, 2014).

Bangunan yang memiliki ketidakberaturan dapat menyebabkan kerusakan dengan mudah, seperti kerusakan sendi plastis akibat menahan redaman struktur dan kerusakan elemen struktur pada level Immediate Occupancy (IO). Selama gempa bumi yang kuat perilaku bangunan bertingkat tergantung pada distribusi massa, kekakuan, kekuatan di kedua horizontal dan vertikal bangunan (Ahirwal dkk,2019).

Ada beberapa jenis ketidakberaturan vertikal, salah satunya adalah ketidakberaturan tingkat lunak dimana pada

ketidakberaturan ini kekakuan dari sebuah kolom lah yang sangat mempengaruhinya dan ketidakberaturan kedua adalah ketidakberaturan vertikal massa dimana pada ketidakberaturan ini berat massa struktur pada lantai tertentu sangat mempengaruhi struktur terutama saat beban gempa terjadi.

**2. METODE**

Metode yang digunakan dalam analisis ini meliputi:

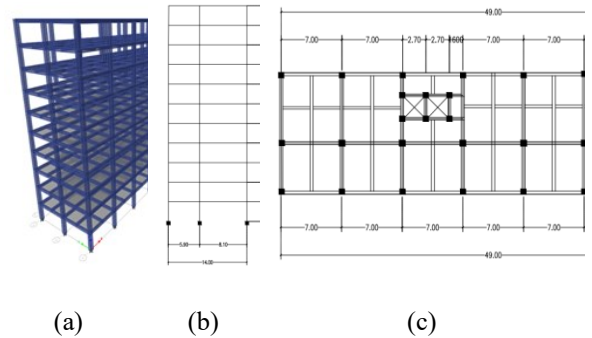
- a. Mengumpulkan data yang meliputi data sekunder yang diperoleh secara tidak langsung baik dari buku maupun literatur terkait.
- b. Menentukan Konfigurasi Tipe Bangunan.
- c. Memperkirakan dimensi penampang (*preliminary design*) pada masing-masing model.
- d. Analisis pembebanan akibat beban gravitasi menggunakan SNI 1727:2020.
- e. Analisis struktur akibat beban gempa prosedur analisis gaya lateral ekuivalen menggunakan SNI 1726:2019.
- f. Kontrol terjadinya ketidakberaturan Vertikal Tipe 1.a dan 2.
- g. Analisis struktur akibat beban gempa prosedur analisis respon spektrum menggunakan SNI 1726:2019.
- h. Analisis deskriptif hasil perbandingan masing-masing model terhadap analisis nilai periode waktu, gaya geser, dan simpangan.

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Konfigurasi Bangunan**

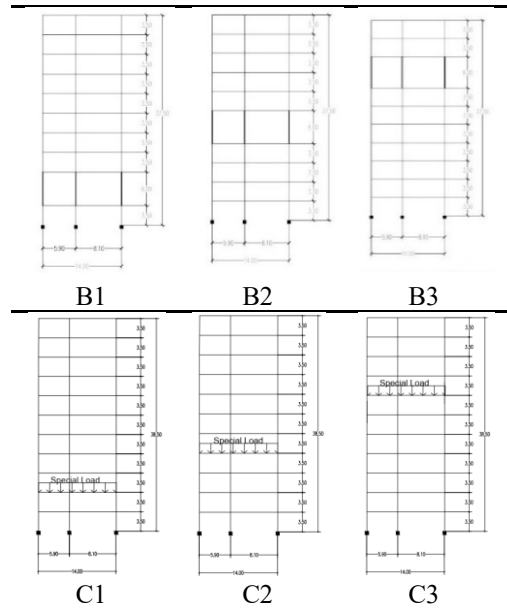
- a. Struktur Bangunan Dasar  
Struktur bangunan dengan ketinggian 10 lantai dengan ketinggian masing-masing lantai tipikal sebesar 3,5m, dan dijadikan acuan untuk perbandingan perilaku struktur bangunan dengan ketidakberaturan yang dibahas. (Tipe A0)
- b. Struktur dengan Ketidakberaturan Vertikal Kekakuan Tingkat Lunak  
Suatu struktur bangunan gedung dikatakan memiliki ketidakberaturan kekakuan lateral tingkat lunak jika salah satu lantai memiliki kekakuan kurang dari 70% kekakuan lantai di atasnya atau 80% kekakuan rata-rata tiga lantai di atasnya. Didalam penelitian kekakuan lateral tingkat lunak berlebihan, di rancang memiliki variasi peletakan lantai kekakuan tingkat lunak pada lantai 1,4, dan 7 dengan tinggi 6 m dan lantai lainnya tipikal 3,5 m. (Tipe B1, B2, dan B3)

- c. Struktur dengan Ketidakberaturan Vertikal Massa  
Suatu struktur bangunan gedung dikatakan memiliki ketiakberaturan kekakuan lateral tingkat lunak massa jika ada salah satu lantai yang memiliki berat sebesar 150% lantai di atasnya. Didalam penelitian ini dengan pertimbangan ingin melihat pengaruh ekstrim dari peningkatan massa mencapai 5 kali massa normal pada lantai 2,4, dan 7. (Tipe C1, C2, dan C3)



**Gambar 1.** (a) Struktur 3 dimensi; (b) tampak; (c) denah struktur bangunan dasar (A0)

Sumber: Dokumen Pribadi



**Gambar 2.** Potongan masing-masing struktur ketidakberaturan vertikal

Sumber: Dokumen Pribadi

**Analisis Pembebanan**

Analisis pembebanan yang dilakukan meliputi: beban mati struktural, beban mati tambahan, beban hidup berdasarkan fungsi ruang, dan beban gempa yang akan dilakukan analisis

lebih mendalam. Seluruh beban-beban yang telah dianalisis akan dikombinasi berdasarkan SNI 1726:2019 untuk mendapatkan faktor beban yang memiliki resiko paling tinggi dalam meruntuhkan suatu struktur.

**Analisis Respon Spektrum**

Karena lokasi peninjauan berada di KDS D dengan kategori risiko II, dengan memperhitungkan ketidakberaturan struktur yaitu Tipe 1.a dan 2, serta bangunan melebihi 2 tingkat diatas dasar maka analisis gaya lateral ekivalen tidak dapat dijadikan prosedur analisis dalam kontrol struktur tahan gempa sehingga analisis yang digunakan adalah analisis respon spektrum.

**Evaluasi Ketidakberaturan Vertikal**

Hasil evaluasi ketidakberaturan vertikal yang terjadi pada seluruh model penelitian seperti pada tabel 1 telah sesuai rencana desain. Disimpulkan bahwa seluruh model penelitian telah sesuai persyaratan yaitu termasuk bangunan berkategori desain seismik D.

**Tabel 1.** Evaluasi Ketidakberaturan Vertikal

Tipe	Model						
	A0	B1	B2	B3	C1	C2	C3
1.a		✓	✓	✓			
2					✓	✓	✓

Sumber: Hasil Analisis

**Tabel 2.** Nilai Periode Struktur

Tipe Bangunan	T (s)	
	T <sub>x</sub>	T <sub>y</sub>
A0	2,148	2,067
B1	2,396	2,258
B2	2,484	2,367
B3	2,318	2,23
C1	2,149	2,068
C2	2,18	2,092
C3	2,254	2,167

Sumber: Hasil Analisis

**Tabel 3.** Nilai Periode Struktur

Tipe Struktur	Gaya Geser Statik		Gaya Geser Spec		Cek	
	V <sub>x</sub>	V <sub>y</sub>	V <sub>x</sub>	V <sub>y</sub>	V <sub>x</sub>	V <sub>y</sub>
A0	3564,5	3704,2	3572,5	3707,5	100%	100%
B1	3216,7	3413,3	3222	3413,2	100%	100%
B2	3231,5	3429	3242,4	3434,6	100%	100%
B3	3343,5	3475,5	3345,7	3477,4	100%	100%
C1	3885,3	4037,5	3899,1	4051,9	100%	100%
C2	3869,2	4031,9	3883,9	4032,7	100%	100%
C3	3674,6	3822,1	3682,9	3826,3	100%	100%

Sumber: Hasil Analisis

**Simpangan Antar Lantai**

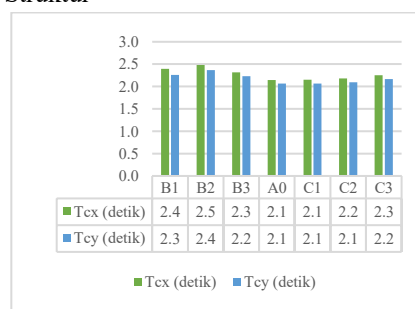
Simpangan antar lantai harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau.

**Pengaruh P-delta**

Pengaruh P-delta pada geser tingkat dan momen, gaya dan momen struktur yang dihasilkan, serta simpangan antar lantai yang diakibatkannya tidak perlu diperhitungkan bila koefisien stabilitas kurang dari sama dengan 0,10.

**Analisis Deskriptif**

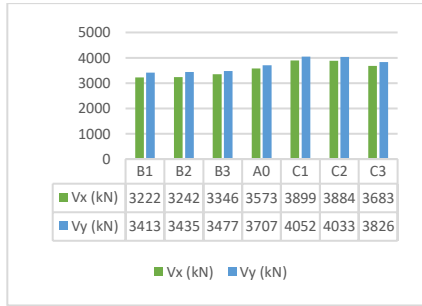
a. Periode Struktur



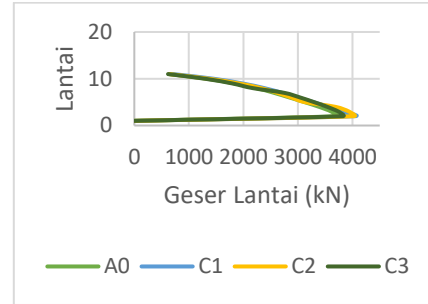
**Gambar 3.** Grafik Perbandingan Nilai Periode Struktur

Sumber: Hasil Analisis

b. Geser Dasar Seismik

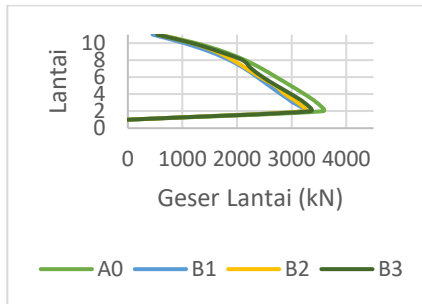


**Gambar 4.** Grafik Perbandingan Geser Dasar  
*Sumber: Hasil Analisis*



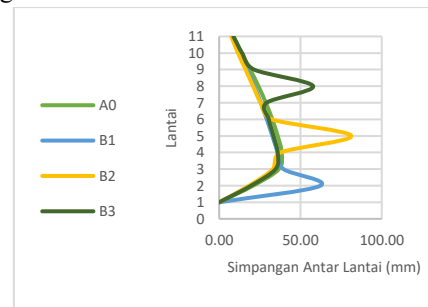
**Gambar 8.** Grafik Perbandingan Geser Lantai Ketidakberaturan Massa sb.Y  
*Sumber: Hasil Analisis*

c. Geser Lantai

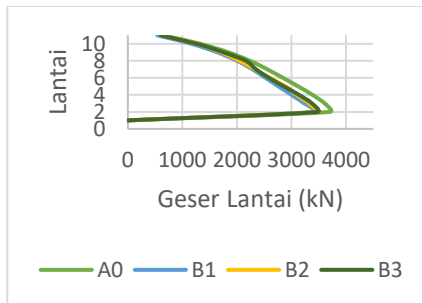


**Gambar 5.** Grafik Perbandingan Geser Lantai Ketidakberaturan Tingkat Lunak sb.X  
*Sumber: Hasil Analisis*

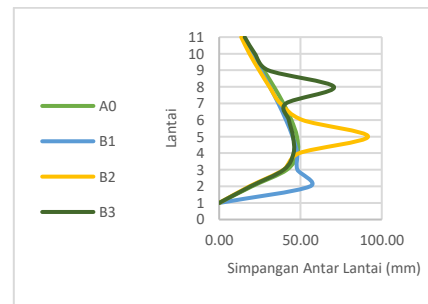
d. Simpangan



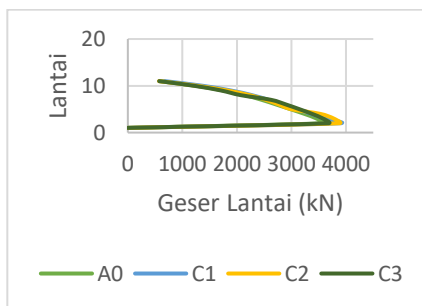
**Gambar 9.** Grafik Perbandingan Simpangan Antar Lantai Ketidakberaturan Tingkat Lunak sb.X  
*Sumber: Hasil Analisis*



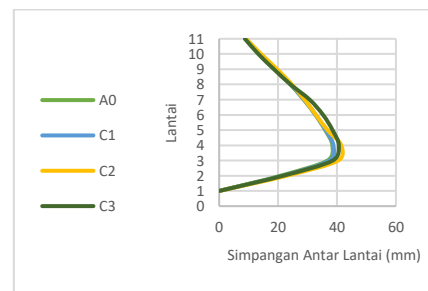
**Gambar 6.** Grafik Perbandingan Geser Lantai Ketidakberaturan Tingkat Lunak sb.Y  
*Sumber: Hasil Analisis*



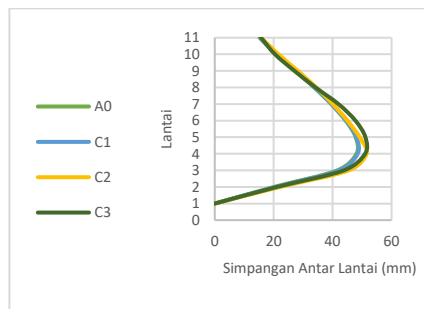
**Gambar 10.** Grafik Perbandingan Simpangan Antar Lantai Ketidakberaturan Tingkat Lunak sb.Y  
*Sumber: Hasil Analisis*



**Gambar 7.** Grafik Perbandingan Geser Lantai Ketidakberaturan Massa sb.X  
*Sumber: Hasil Analisis*



**Gambar 11.** Grafik Perbandingan Simpangan Antar Lantai Ketidakberaturan Massa sb.Y  
*Sumber: Hasil Analisis*



**Gambar 12.** Grafik Perbandingan Simpangan Antar Lantai Ketidakberaturan Massa sb.Y

Sumber: Hasil Analisis

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, maka kesimpulan yang didapatkan adalah sebagai berikut:

- a. Dari hasil perbandingan yang telah ditinjau, diketahui bahwa periode struktur terbesar terjadi pada tipe bangunan B2 yaitu sebesar 2,484 detik (arah x) dan 2,367 (arah y) dan periode struktur terkecil terjadi tipe bangunan A0 yaitu sebesar 2,148 detik (arah x) dan 2,067 (arah y), hal ini dapat dikaitkan juga dengan besarnya gaya gempa struktur A0 jika dibandingkan dengan struktur ketidakberaturan tingkat lainnya. Dimana dapat disimpulkan bahwa semakin kecil periode struktur maka semakin besar gaya gempa yang diterima.
- b. Dari hasil perbandingan yang telah ditinjau, diketahui bahwa gaya geser dasar terbesar terjadi pada tipe bangunan C1 yaitu sebesar 3899,0921 kN (arah x) dan 4051,8676 kN (arah y) dan gaya geser dasar terkecil terjadi pada tipe B1 yaitu sebesar 3221,9501 kN (arah x) dan 3413,2474 kN (arah y) sedangkan tipe A0 memiliki gaya geser dasar sebesar 3572,5143 kN (arah x) dan 3707,4750 kN (arah y). Dimana dapat disimpulkan geser dasar seismik yang terjadi pada struktur A0 memiliki nilai yang terbesar dibandingkan ketiga struktur ketidakberaturan tingkat lunak lainnya. Sedangkan struktur A0 memiliki nilai yang terkecil dibandingkan struktur ketidakberaturan massa lainnya.
- c. Ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak yang terjadi pada lantai 4 (B2) memberikan respon yang paling menyimpang jika dibandingkan terhadap struktur bangunan dasar (A0) namun masih didalam batas standar perencanaan. Sedangkan Ketidakberaturan massa pada lantai 2 (C1), lantai 4 (C2) maupun lantai 7 (C3) struktur bangunan gedung tidak memberikan pengaruh yang signifikan pada respon struktur meskipun beban mati tambahan pada lantai objektif dinaikan 5 kali.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Ahirwal, K. Gupta, and V. Singh, "Effect of irregular plan on seismic vulnerability of reinforced concrete buildings," *PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON SUSTAINABLE MATERIALS AND STRUCTURES FOR CIVIL INFRASTRUCTURES (SMSCI2019)*, vol. 2158, no. 1, 2019, doi: 10.1063/1.5127136.
- [2] BSN, 2019. SNI 2847: 2019 tentang *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional
- [3] BSN, 2020. SNI 1727: 2020 tentang *Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain*, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional
- [4] BSN, 2019. SNI 1726:2019 tentang *Tatacara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung*, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- [5] H. L. Purba, "Analisis Kinerja Struktur Pada Bangunan Bertingkat Beraturan Dan Ketidak Beraturan Horizontal Sesuai SNI 03-1726-2012," *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, vol. 2, no. 4, pp. 710–717, 2014.