

ANALISA PENGARUH VARIASI BENTUK DAN KONFIGURASI KOLOM TERHADAP PERIODE GETAR STRUKTUR

Iona Violeta, ST, MT*

*Program Studi Teknik Sipil Universitas Panca Bhakti

*Koresponden email : ionavioleta@upb.ac.id

Diterima: 3 Mei 2024

Disetujui: 22 Juni 2024

ABSTRACT

Column of the moment resisting frame system is the main structural element in resisting lateral force. There are some shapes of column in common, square column, circular column, and rectangular column. However, in the structure analysis, the flexibility of structure should be well considered in term of the serviceability of the building structure. Some of the most important to be viewed are the displacement and structure period. This research studies 6 variations of column shape and the plan configuration. Variation 1 is square column, variation 2 is circular column, variation 3 and 4 are the rectangular column with only one axis directional orientation, X and Y, and variation 5 and 6 are the rectangular column with both axes directional orientation in mix. This study results in variation 6 got the smallest structure periode, 1.008sec, followed by variation 1, and variation 2, 1.071sec and 1.085sec of each. While maximum displacement of variation 1, variation 2, variation 5, and variation 6 result in almost the same for both axes, X and Y, whereas in variation 3 and variation 4, the maximum displacement of X axis and Y axis are significantly different. This is caused by the large differentiation of inertia between X axis and Y axis in which come to the strong axis in one direction and weak axis in its orthogonal direction.

Keywords: Column, Structure Period, Displacement

ABSTRAK

Kolom adalah elemen struktur utama untuk menahan gaya lateral dalam sistem rangka pemikul momen. Terdapat berbagai jenis model bentuk kolom yang lazim ditemui, di antaranya kolom bujur sangkar, lingkaran, maupun kolom pipih. Namun dalam analisis perhitungannya, perlu diperhatikan fleksibilitas struktur dalam kaitannya dengan fungsi servis bangunan. Salah satu yang paling penting untuk ditinjau adalah simpangan dan periode struktur. Penelitian ini meninjau 6 variasi bentuk kolom dan konfigurasi denahnya. Variasi 1 adalah kolom persegi, variasi 2 adalah kolom lingkaran, variasi 3 dan 4 adalah kolom pipih yang orientasi arah ke salah satu sumbu, X dan Y, dan variasi 5 dan 6 adalah kolom pipih yang orientasi arahnya diselang-seling ke arah X dan Y. Hasil analisis menunjukkan bahwa variasi 6 mempunyai periode struktur terkecil, yaitu 1.008s, disusul oleh variasi 1, dan variasi 2, masing-masing 1.071s dan 1.085s. Sementara nilai simpangan maksimum pada variasi 1, variasi 2, variasi 5, dan variasi 6, tidak berbeda secara signifikan antara arah X dan Y, sedangkan pada variasi 3 dan variasi 4, nilai simpangan maksimum arah X dan arah Y berbeda sangat signifikan. Hal ini disebabkan oleh perbedaan nilai inersia yang besar antara arah X dan Y yang menimbulkan arah kuat di satu sumbu, dan arah lemah di sumbu ortogonal lainnya.

Kata Kunci: Kolom, Periode Struktur, Simpangan

PENDAHULUAN

Pada bangunan, kolom berfungsi sebagai elemen struktur yang menyalurkan gaya-gaya dalam dari balok dan pelat, untuk diteruskan ke tanah dasar melalui pondasi. Gaya dari balok dan pelat yang disalurkan berupa gaya aksial tekan dengan/tanpa momen lentur. Pada struktur bangunan atas, kolom memegang peranan penting pada keutuhan struktur, yang apabila kolom mengalami kegagalan maka berakibat pada keruntuhan struktur secara keseluruhan.

Kolom segi empat dan bujur sangkar merupakan jenis kolom yang paling banyak digunakan karena pelaksanaan pekerjaannya mudah dan harga pembuatannya murah (Asroni, Ali: 2010). Bustamy (2011) dalam penelitiannya mengenai kapasitas lentur dan daktilitas dalam menahan beban lateral pada berbagai bentuk kolom menemukan bahwa kolom lingkaran memiliki kinerja terbaik dalam menahan beban dan daktilitas dibandingkan kolom persegi. Namun di sisi lain, secara arsitektural bentuk kolom seringkali menjadi perdebatan utama jika dikaitkan dengan estetika ruang, yang mana hal ini memunculkan ide kolom-kolom pipih yang arahnya disesuaikan dengan konfigurasi denah sekat ruangan. Hal ini tentu berakibat pada perubahan nilai kekakuan struktur.

Perencanaan struktur bangunan gedung harus memenuhi syarat kekuatan (*strength*) dan syarat tingkat layan (*serviceability*). Syarat tingkat layan meliputi aspek keawetan dan kenyamanan yang ditunjukkan dari nilai kekakuan (*stiffness*) dari struktur tersebut. Nilai kekakuan akan mempengaruhi terjadinya respons berupa simpangan horizontal (*lateral drift*) pada struktur dan akan mempengaruhi kenyamanan pemakainya sehingga struktur bangunan harus direncanakan untuk mengantisipasi simpangan lateral yang berlebih yang ditimbulkan dari beban lateral.

Struktur bangunan dengan kekakuan yang baik dapat meneruskan beban secara optimal ke pondasi serta perpindahan yang terjadi relatif kecil sehingga nyaman ditinggali.

Besar simpangan horizontal struktur berbanding lurus dengan periode getarnya. Periode getar alami bangunan merupakan salah satu faktor penting dalam memperhitungkan beban lateral. Periode getar alami bangunan adalah waktu terjadinya getaran pada saat posisi keseimbangan statis struktur terganggu, kemudian kembali pada posisi awalnya (Altavillah, 2015). Getaran alami disebabkan oleh adanya kekakuan dan massa struktur tanpa adanya gaya luar (Ariyadira, 2011).

Dari kenyataan tersebut di atas, muncul gagasan untuk menganalisa pengaruh variasi bentuk dan konfigurasi kolom terhadap periode getar strukturnya. Dalam penelitian ini, kolom berbentuk lingkaran, bujur sangkar, dan pipih dengan luasan yang relatif sama digunakan sebagai variabel tinjauan.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis komparatif. Adapun analisis dalam penelitian ini dilakukan dengan batasan data-data teknis sebagai berikut.

Data Struktur

Bangunan berlokasi di kota Pontianak dengan kondisi tanah lunak, kelas situs SE. Koordinat lokasi bangunan -0.03943° lintang ; 109.3415° bujur. Struktur bangunan beton bertulang dengan fungsi bangunan adalah gedung perkantoran sewa.

Material Struktur

Kuat tekan beton (f_c')	: 25 MPa
Modulus elastisitas beton (E)	: 23500 MPa
Berat jenis beton (W)	: 2400 kg/m^3
Tegangan leleh baja (f_y)	: 400 MPa

Parameter Desain Struktur

Jumlah tingkat	: 6 Tingkat
Luas lantai tipikal	: 960 m ²
Ketinggian antar lantai	: 4 m
Jumlah bentang arah X	: 8
Jumlah bentang arah Y	: 4
Jarak antar bentang arah X	: 5 m
Jarak antar bentang arah Y	: 6 m
Penampang balok tipikal arah X	: 20 x 50
Penampang balok tipikal arah Y	: 25 x 60
Tebal pelat lantai	: 12 cm

Pembebanan Struktur

Beban mati (Dead Load) mengikuti standar pembebanan perkantoran sesuai SNI 1727:2020 seperti yang disajikan dalam Tabel 1. Sedangkan untuk beban hidup (Live Load) diambil sebesar 2.40 kN/m² di lantai 1-5 dan 0.96 kN/m² di lantai lainnya.

Tabel 1. Beban Mati yang Diaplikasikan pada Struktur

	Berat kN/m ³	Tebal m	Tinggi	Total kN/m ²	kN/m ¹
Mortar	22	0.02		0.44	
Keramik	22	0.005		0.11	
Plafond dan Utilitas				0.2	
Dinding			4	1.17	4.68

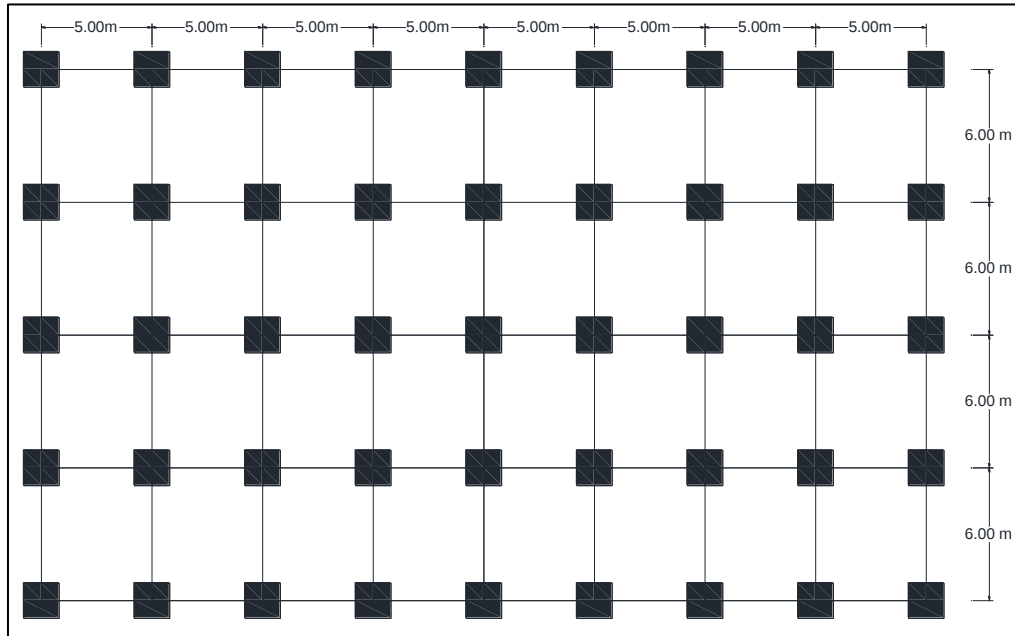
Sementara untuk beban lateral gempa, parameter gaya geser dasar seismik sesuai standar peraturan gempa SNI 1726:2019 dapat disajikan dalam Tabel 2 sebagai berikut.

Tabel 2. Parameter Gaya Geser Dasar Seismik

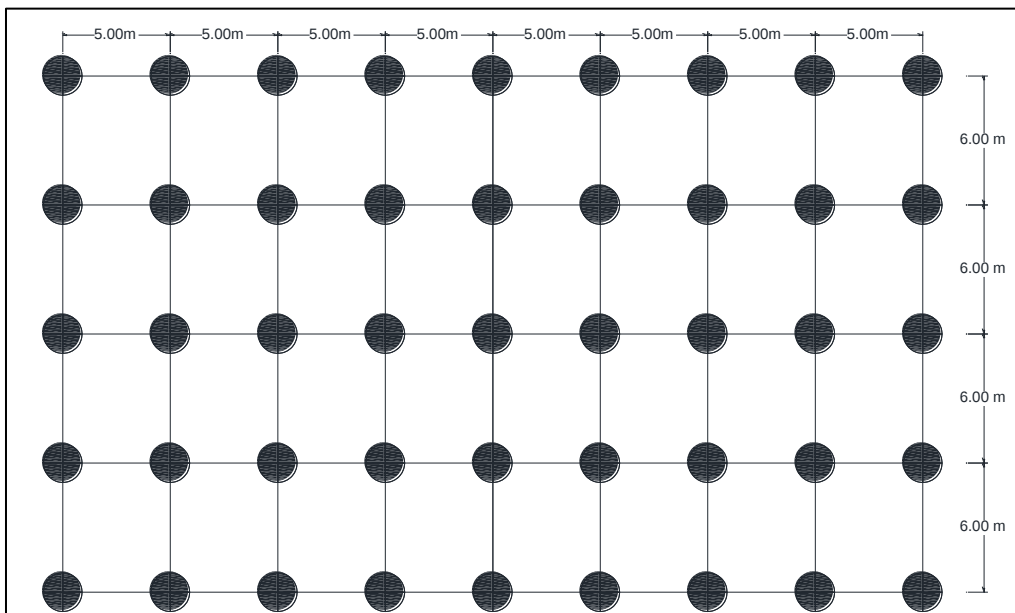
Parameter	Nilai
Kategori Resiko	II
Faktor Keutamaan (I_e)	1.0
Spektral Percepatan Terpetakan	$S_s = 0.017$; $S_1 = 0.022$
Kelas Situs	SE
Koefisien Kelas Situs	$F_a = 2.5$; $F_v = 3.5$
Spektral Respons Percepatan	$S_{DS} = 0.028$; $S_{D1} = 0.050$
Kategori Desain Seismik (KDS)	A
Sistem Lateral	Sistem Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen Biasa
Koefisien Respons Seismik	
C_s (Pers 22) = $S_{DS}/(R/I_e)$	$C_s = 0.00933$
$C_s^{\max}$ (Pers 23) = $S_{D1}/(T_a(R/I_e))$	$C_s^{\max} = 0.01667$
$C_s^{\min}$ (Pers 24) = $0.044(S_{DS})(I_e) > 0.01$	$C_s^{\min} = 0.01$ (menentukan)
C_s Terpakai	$C_s = 0.01$ (terpakai)
Metode Analisis	Analisa Gaya Lateral Ekuivalen

Variasi Model Struktur

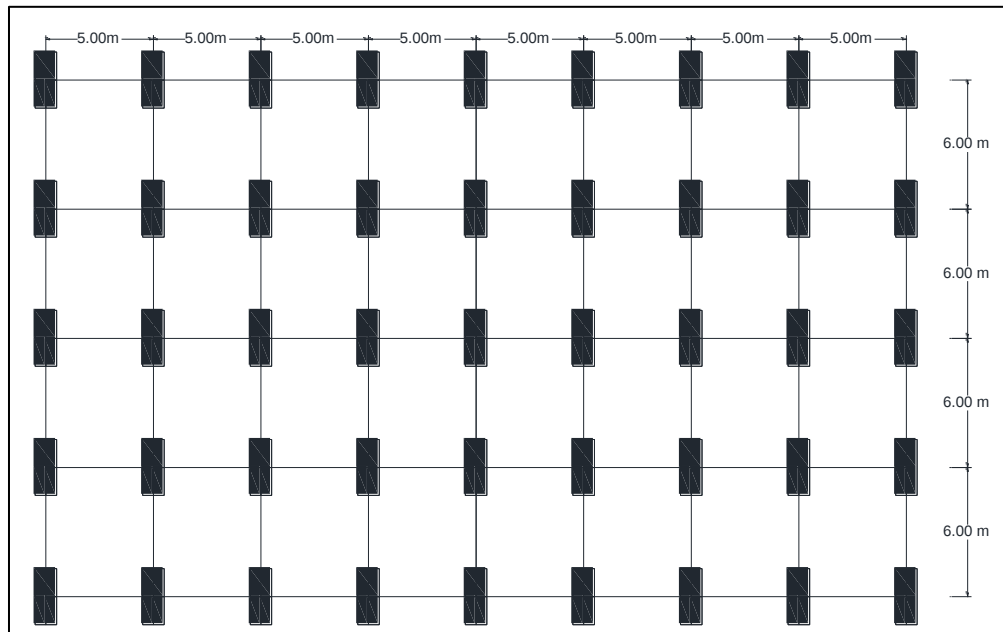
Pada studi analisis ini terdapat 6 variasi yang dilakukan. Variasi terletak pada bentuk dan konfigurasi arah kolom, yang mana masing-masing variasi memiliki luas area kolom yang sama, yaitu 1600cm^2 . Adapun variasi-variasi ini dapat dilihat secara detail pada Gambar 1-6 berikut.



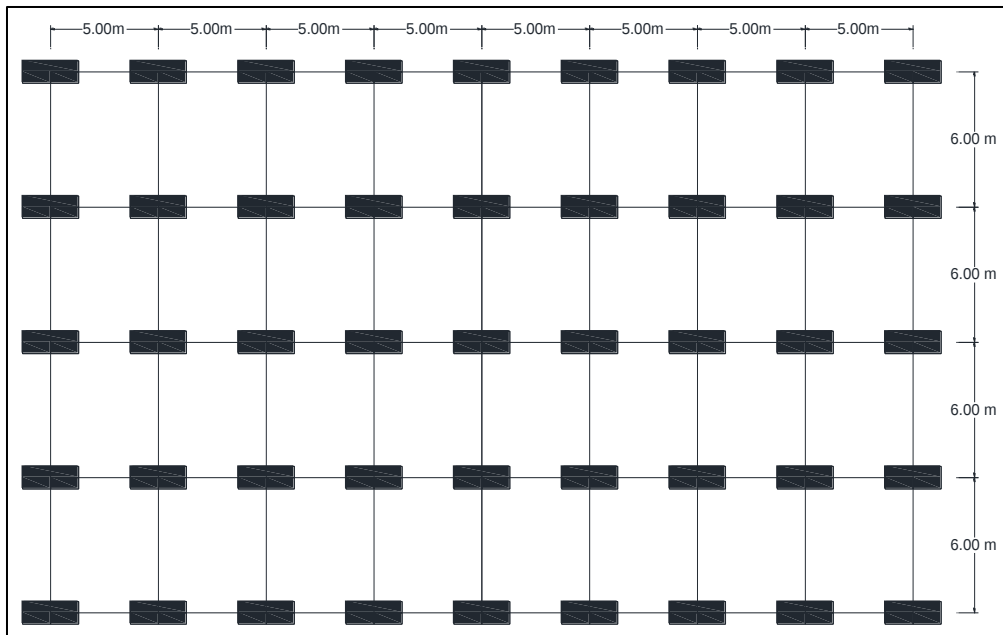
Gambar 1. Variasi 1 : Kolom Bujur Sangkar dengan Dimensi Sisi 40cm x 40cm



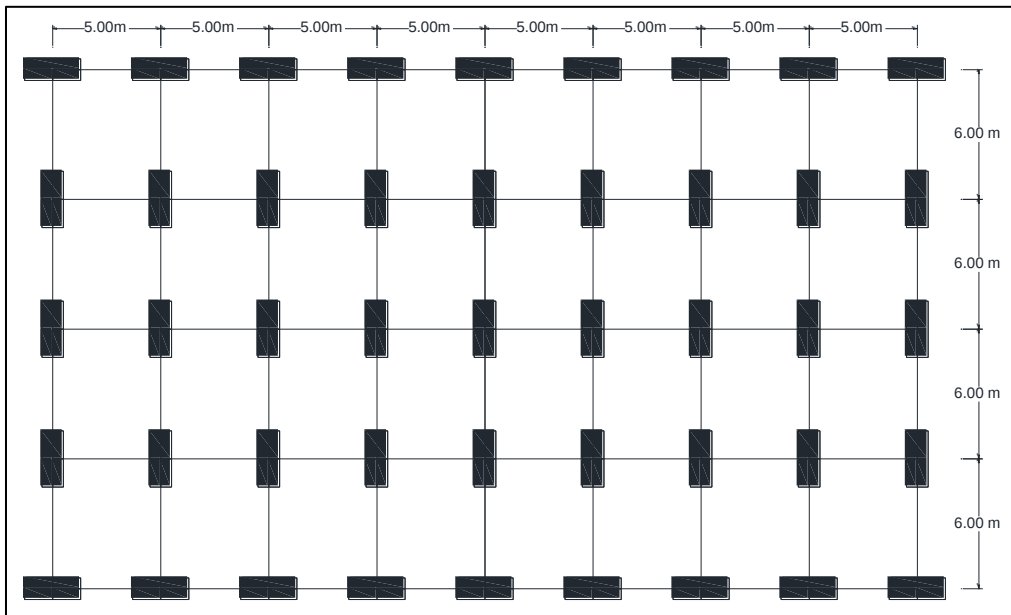
Gambar 2. Variasi 2 : Kolom Lingkaran dengan Dimensi Diameter 45cm



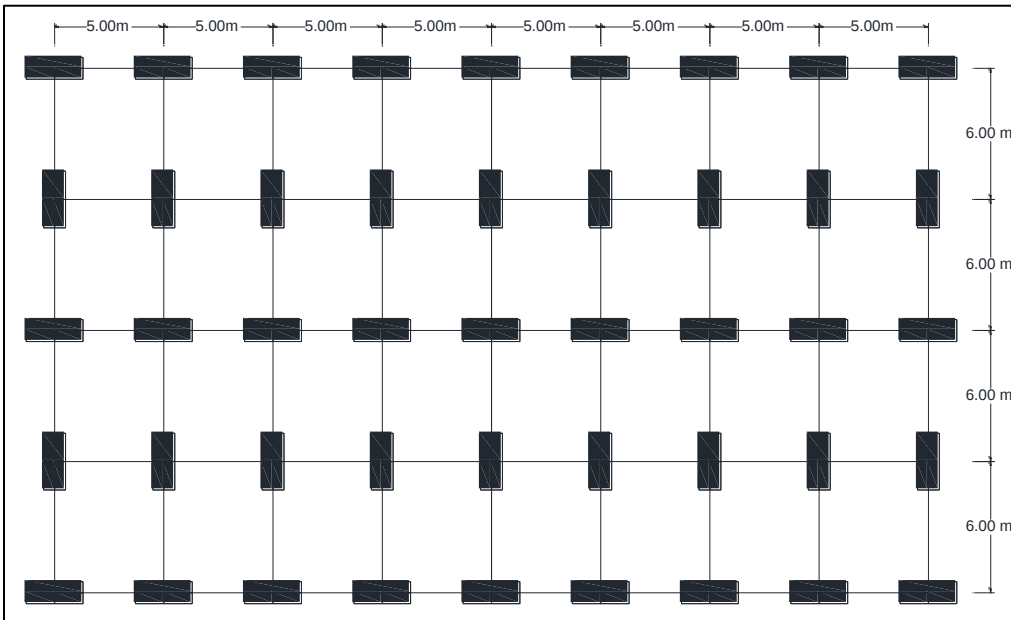
Gambar 3. Variasi 3 : Kolom Pipih dengan Dimensi Sisi 25cm x 65cm dengan Orientasi Arah Kolom Keseluruhan Longitudinal Y



Gambar 4. Variasi 4 : Kolom Pipih dengan Dimensi Sisi 25cm x 65cm dengan Orientasi Arah Kolom Keseluruhan Longitudinal X

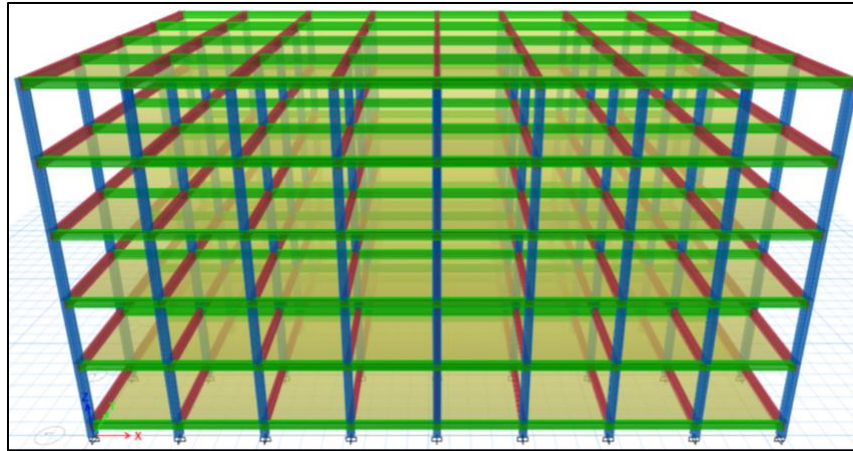


Gambar 5. Variasi 5 : Kolom Pipih dengan Dimensi Sisi 25cm x 65cm dengan Orientasi Arah Kolom Tengah Longitudinal Y, dan Kolom Luar Longitudinal X



Gambar 6. Variasi 6 : Kolom Pipih dengan Dimensi Sisi 25cm x 65cm dengan Orientasi Arah Kolom Selang-Seling Longitudinal X dan Y

Denah adalah tipikal dari lantai dasar sampai dengan lantai 6 untuk keseluruhan variasi. Model secara 3 dimensi dapat dilihat pada Gambar 7 berikut.



Gambar 7. Struktur 3 Dimensi Model Variasi 1

HASIL DAN PEMBAHASAN

Beban seismik bangunan disajikan dalam Tabel 3 berikut dengan ketentuan reduksi beban gempa senilai:

$$L = L_0 \left(0.25 + \frac{4.57}{\sqrt{K_{LL} A_t}} \right) = 0.667 \times L_0$$

Tabel 3. Berat Seismik Bangunan

Lantai	Luas total (m ²)	DL (kN)	SDL (kN)	LL _{red} (kN)	Berat Total W (kN)
1	960.00	4104.960	1932.480	1537.187	7574.627
2	960.00	4623.360	1932.480	1537.187	8093.027
3	960.00	4623.360	1932.480	1537.187	8093.027
4	960.00	4623.360	1932.480	1537.187	8093.027
5	960.00	4623.360	1932.480	1537.187	8093.027
6	960.00	4623.360	768.720	614.875	6006.955
TOTAL					45953.692

Dengan nilai Cs sebesar 0.01, maka gaya geser dasar seismik adalah sebesar :

$$V = C_s \cdot W = 0.01 \times 45953.692 \text{ kN} = 459.537 \text{ kN}$$

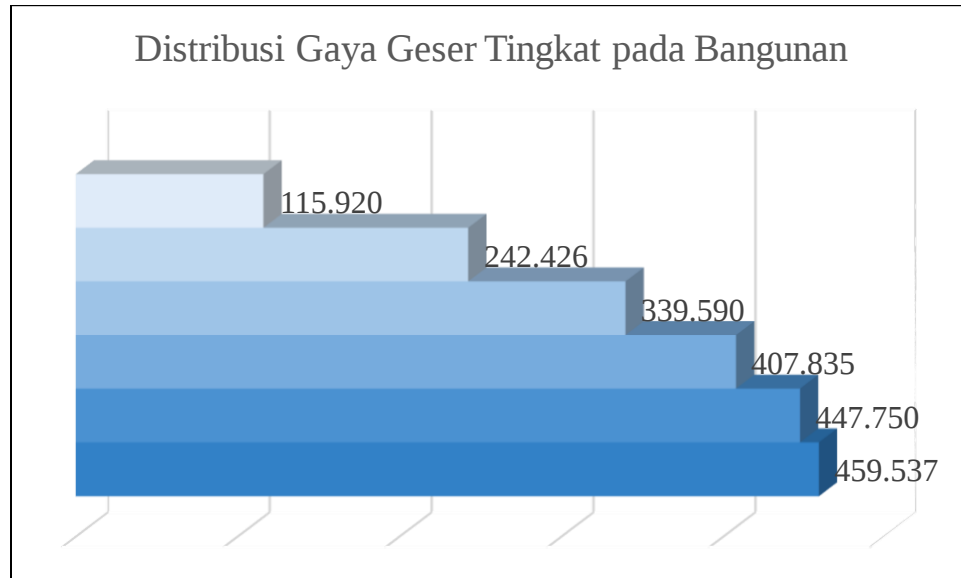
Dengan demikian, distribusi vertikal dan horizontal gaya gempa dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Distribusi Vertikal dan Horizontal Beban Gempa

Lantai	Berat (Wx) kN	Tinggi (H) m	Fi kN	1/3 Fi kN	Vi kN
1	7574.627	2.00	11.79	3.93	459.54
2	8093.027	4.00	39.91	13.30	447.75

3	8093.027	4.00	68.25	22.75	407.84
4	8093.027	4.00	97.16	32.39	339.59
5	8093.027	4.00	126.51	42.17	242.43
6	6006.955	4.00	115.92	38.64	115.92

Gaya geser tingkat desain disajikan secara grafis pada Gambar 8 sebagai berikut.



Gambar 8. Distribusi Gaya Geser Tingkat pada Bangunan

Gaya gempa rencana yang diterapkan pada struktur gedung dalam analisis yang dilakukan ini dibuat berdasarkan SNI 03-1726-2019 Pasal 5.8.2, dimana pengaruh beban gempa dalam arah utama dihitung sebesar 100% dan pengaruh gempa dalam arah tegak lurus arah utama dihitung sebesar 30% dan terjadi bersamaan.

Adapun hasil analisis periode getar masing-masing variasi dapat dilihat pada Tabel 5 sebagai berikut.

Tabel 5. Periode Struktur pada Variasi 1-6

Variasi Ke-	Periode (sec)
1	1.071
2	1.085
3	1.410
4	1.352
5	1.107
6	1.008

Periode struktur yang terkecil terjadi pada variasi 6. Sementara variasi 3 dan 4 mempunyai nilai periode struktur yang paling besar, yaitu masing-masing 1.410s dan 1.352s. Periode struktur yang panjang mengindikasikan struktur yang lebih fleksibel sehingga perpindahannya akan lebih besar. Hal ini tentunya berakibat pada tidak tercapainya fungsi layanan karena ketidaknyamanan penghuni akibat simpangan yang besar pada tingkat puncak struktur bangunan.

Sementara perpindahan maksimum yang terjadi pada masing-masing variasi akibat gaya lateral seismik arah X dan Y dapat dilihat pada Tabel 6-7 sebagai berikut.

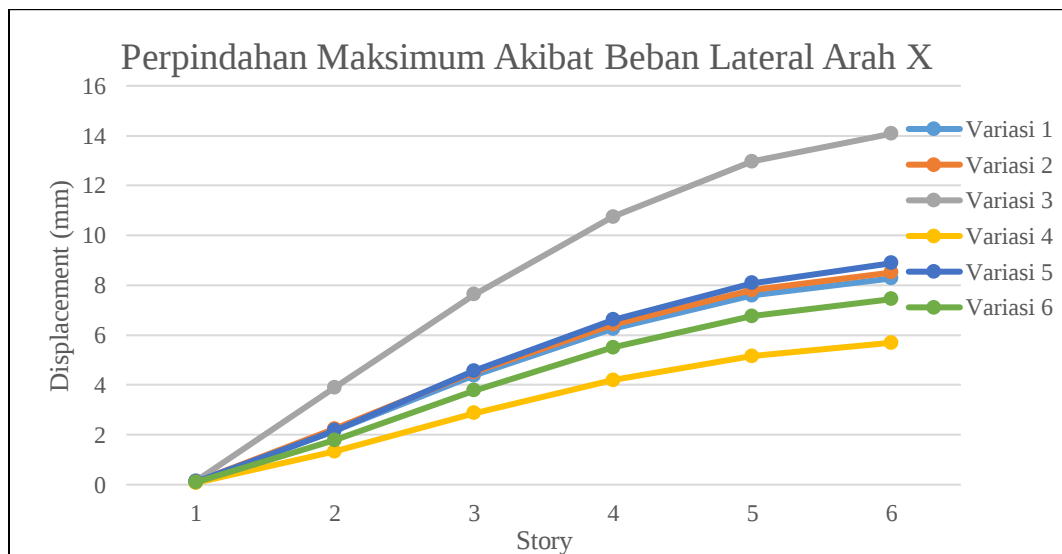
Tabel 6. Maximum Displacement Akibat Beban Lateral Seismik Arah X

Story	Maximum Displacement (mm)					
	Variasi 1	Variasi 2	Variasi 3	Variasi 4	Variasi 5	Variasi 6
6	8.274	8.509	14.077	5.695	8.884	7.441
5	7.585	7.804	12.971	5.158	8.086	6.756
4	6.248	6.432	10.745	4.192	6.612	5.51
3	4.382	4.515	7.63	2.863	4.564	3.784
2	2.17	2.241	3.902	1.338	2.17	1.783
1	0.106	0.108	0.146	0.076	0.111	0.096

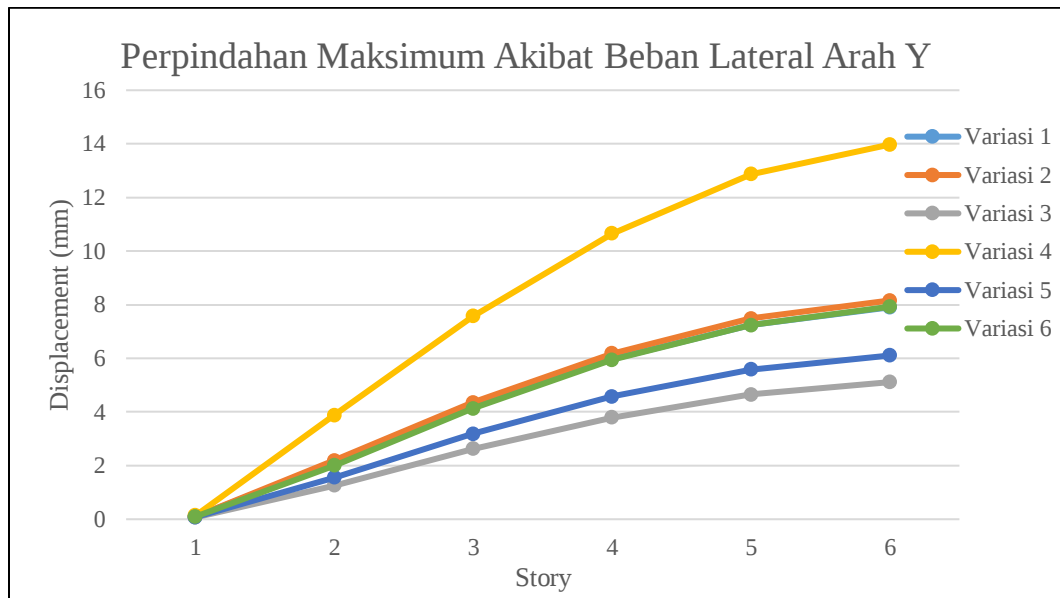
Tabel 7. Maximum Displacement Akibat Beban Lateral Seismik Arah Y

Story	Maximum Displacement (mm)					
	Variasi 1	Variasi 2	Variasi 3	Variasi 4	Variasi 5	Variasi 6
6	7.904	8.16	5.114	13.975	6.107	7.927
5	7.252	7.49	4.648	12.87	5.58	7.237
4	5.984	6.182	3.796	10.658	4.581	5.94
3	4.216	4.36	2.62	7.569	3.191	4.136
2	2.116	2.192	1.254	3.878	1.555	2.008
1	0.096	0.098	0.07	0.134	0.082	0.098

Data perpindahan maksimum akibat beban lateral arah X dan Y dapat dilihat secara grafis pada Gambar 9-10 sebagai berikut.



Gambar 9. Perpindahan Maksimum Akibat Beban Lateral Arah X



Gambar 10. Perpindahan Maksimum Akibat Beban Lateral Arah Y

Dari Gambar 9, terlihat bahwa perpindahan maksimum akibat beban lateral gempa arah X yang terjadi pada tingkat 6 variasi 3 adalah yang terbesar yaitu mencapai 14.077mm. Sedangkan pada variasi 4, nilai perpindahan maksimum di tingkat 6 adalah paling kecil, hanya sebesar 5.695mm. Untuk variasi 1, 2, 5, dan 6, nilai perpindahan maksimum di tingkat 6 relatif sama, yaitu berkisar pada angka 7.441mm – 8.884mm.

Sementara itu, perpindahan maksimum akibat beban lateral gempa arah Y yang terjadi pada tingkat 6 variasi 4 adalah yang terbesar yaitu mencapai 13.975mm. Sedangkan pada variasi 3, nilai perpindahan maksimum di tingkat 6 adalah yang paling kecil, yaitu sebesar 5.114mm. Untuk variasi 1, 2, 5, dan 6, nilai perpindahan maksimum di tingkat 6 relatif sama, yaitu berkisar pada angka 6.107mm – 8.16mm.

Perpindahan maksimum yang terjadi akibat beban lateral gempa pada variasi 1, 2, 5 dan 6 tidak jauh berbeda pada arah X maupun arah Y. Sementara pada variasi 3 dan 4, nilai perpindahan maksimum berbeda sangat signifikan antara arah X dan arah Y. Hal ini terjadi akibat perbedaan inersia sumbu kuat dan sumbu lemah elemen kolom sebagai penumpu utama struktur.

Dari data hasil perbandingan di atas, terlihat bahwa untuk struktur bangunan dengan kolom yang berbentuk pipih dan dikonfigurasi seragam arahnya akan menyebabkan perbedaan nilai simpangan yang besar antara arah X dan arah Y. Sehingga ketika beban lateral diaplikasikan pada arah kuat inersia kolom, nilai simpangannya akan minimum. Sebaliknya nilai simpangan akan maksimum ketika beban lateral diaplikasikan pada arah lemah inersia kolomnya. Di sisi lain, SNI 1729:2019 mensyaratkan kombinasi beban lateral gempa untuk diaplikasikan 100% pada salah satu sumbu dengan 30% pada arah ortogonalnya secara bersamaan, dan pada kombinasi berikutnya, arah aplikasi beban lateral ini dibalik untuk diperoleh hasil yang paling konservatif. Sementara untuk kolom pipih yang disebar konfigurasi arahnya menjadi tidak seragam, menghasilkan nilai simpangan arah X dan Y yang relatif sama. Begitu pula untuk variasi kolom bujur sangkar dan kolom lingkaran. Hal ini disebabkan tidak adanya ketimpangan inersia arah kuat dan lemahnya.

KESIMPULAN

Struktur dengan bentuk kolom bujur sangkar dan lingkaran pada variasi 1 dan variasi 2 mempunyai kestabilan nilai simpangan arah X dan arah Y karena inersia ke seluruh arahnya adalah sama. Sementara untuk struktur dengan bentuk kolom pipih yang seragam ke salah satu arah akan menghasilkan nilai periode struktur yang besar, pun demikian, nilai simpangan maksimum antara arah X dan Y berbeda secara signifikan. Hal ini disebabkan karena konfigurasi arah kolom pipih yang demikian menyebabkan inersia menjadi kuat ke satu arah namun lemah ke arah orthogonalnya. Namun tidak demikian dengan kolom pipih pada variasi 5 dan 6 yang konfigurasiya disebar secara merata pada arah X dan Y. Periode struktur pada variasi 5 dan 6 juga tidak menjadi maksimal bahkan bisa dikatakan stabil secara simpangan. Oleh karena itu, penggunaan kolom pipih pada struktur rangka penahan gempa disarankan untuk dikonfigurasi arahnya supaya tersebar secara merata sehingga dapat menghasilkan nilai simpangan yang relatif sama antara arah satu dengan arah lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Siajaya, Kiemberly, Reky.S.Windah, dan Banu.D. Handono, “Respons Struktur Gedung Bertingkat dengan Variasi Kekakuan Kolom Akibat Gempa Berdasarkan SNI 03-1726-2012”, Jurnal Sipil Statik, vol.6, no.6, pp.411-422. Juni. 2018.
- [2] Tarigan, Filemon, Alex Kurniawandy, dan Dzulfikar Djauhari, “Aspek Rasio Vertikal terhadap Kestabilan Struktur”, Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sipil, vol.02, no.01, pp.39-45. Juli. 2023.
- [3] Krisnamurti, Ketut.A. Wiswamitra, dan Willy Kriswardhana, “Pengaruh Variasi Bentuk Penampang Kolom terhadap Perilaku Elemen Struktur Akibat Beban Gempa”, Jurnal Rekayasa Sipil, vol.7, no.1, pp.13-27. Februari. 2013.
- [4] Sudarmaka, I.H, dkk, “Respon Struktur terhadap Beban Dinamik Gempa pada Rusun Mahasiswa Institut Teknologi Padang dengan Shearwall”, Jurnal Riset dan Inovasi Teknologi, vol.3, no.1, pp.20-28. Juni. 2023.
- [5] Rivaldi, Fandhy dan Berkas Cipta Zega, “Pengaruh Perubahan Variasi Dimensi Kolom terhadap Kekuatan Struktur Bangunan Tinggi pada Proyek Antasari Place”, Jurnal ViTeks, vol.1, no.1, pp.104-111. April. 2023.
- [7] Sakti, Tersianus Rada, Dolly W. Karels, dan Remigildus Cornelis, “Analisis Kinerja Kolom Pipih Dan Kolom Konvensional pada Bangunan Bertingkat Rendah”, Jurnal Forum Teknik Sipil, vol.1, no.2, pp.56-67, Mei.2022.
- [8] SNI 1727: 2020. Beban Minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- [9] SNI 2847: 2019. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- [10] Purnomo, Edy, Edy Purwanto, dan Agus Supriyadi, “Analisis Kinerja Struktur pada Gedung Bertingkat dengan Analisis Dinamik Respon Spektrum Menggunakan Software Etabs (Studi Kasus : Bangunan Hotel di Semarang)”, e-Jurnal Matriks Teknik Sipil. Pp. 569-576, Desember. 2014.