

ANALISIS PERBANDINGAN RESPONS STRUKTUR GEDUNG BETON BERTULANG TERHADAP GEMPA PASCA PERUBAHAN BENTUK PENAMPANG KOLOM - MRK

Najwa Nabila Bilqis^{1,*}, Kharisma Nur Cahyani²,

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang²

Koresponden*, Email: najwab443@gmail.com¹, kharismanurcahyono@polinema.ac.id²

ABSTRAK

Indonesia merupakan negara yang rawan gempa karena terletak di wilayah cincin api. Kondisi ini menuntut bangunan dirancang dengan struktur yang mampu menahan gaya lateral. Kolom merupakan salah satu elemen struktural utama dalam menahan gaya lateral. Penampang kolom dapat berbentuk persegi panjang, persegi, atau bulat. Penelitian sebelumnya telah membahas performa bentuk kolom, namun sebagian besar terbatas pada evaluasi gaya dalam. Penelitian ini bertujuan membandingkan respons struktur dengan variasi bentuk penampang kolom berdasarkan parameter jumlah ragam, simpangan antar tingkat, dan diagram interaksi kolom menggunakan bantuan perangkat lunak analisis struktur. Ketiga model struktur memiliki dimensi, material, dan pembebanan yang sama, perbedaannya hanya pada bentuk penampang kolom. Hasil jumlah ragam ke-6 menunjukkan bahwa kolom persegi panjang memiliki periode terpendek pada arah X sebesar 0,58 detik dan terpanjang pada arah Y sebesar 0,62 detik. Kolom persegi memiliki periode 0,6 detik pada kedua arah, sedangkan kolom bulat menunjukkan periode 0,6 detik pada arah X dan 0,61 detik pada arah Y. Berdasarkan simpangan antar tingkat, kolom persegi panjang mengalami simpangan terkecil pada arah X sebesar 18,011 mm dan terbesar pada arah Y sebesar 20,519 mm. Kolom persegi menunjukkan simpangan terkecil di kedua arah, yaitu 19,111 mm (X) dan 19,356 mm (Y), sementara kolom bulat memiliki simpangan 19,425 mm (X) dan 19,672 mm (Y), yang semuanya masih di bawah batas izin. Diagram interaksi optimal ditunjukkan oleh kolom persegi panjang dengan P_n 4255,3 kN dan M_n 1546,5 kNm, diikuti kolom persegi (4000 kN; 1427,59 kNm) dan kolom bulat (3629,6 kN; 1316,6 kNm). Dari segi biaya, kolom persegi paling ekonomis sebesar Rp21.389.990.737,16, diikuti kolom persegi panjang Rp21.397.826.950,82 dan kolom bulat Rp21.420.129.799,49. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa kolom persegi memberikan respons gempa dan efisiensi biaya terbaik, sementara kolom persegi panjang unggul dalam menahan kombinasi beban aksial dan momen.

Kata kunci : penampang kolom; gaya lateral; jumlah ragam; simpangan antar tingkat; diagram interaksi.

ABSTRACT

Indonesia is highly prone to earthquakes due to its location within the pacific ring of fire. This condition demands that buildings be designed with structural systems capable of resisting lateral forces. Columns are key structural elements in carrying such forces, and their cross-sections can be rectangular, square, or circular. While previous studies have evaluated column shapes, most focused only on internal force analysis. This study compares structural responses from different column cross-section shapes using parameters such as mode number, inter-story drift, and interaction diagrams, assisted by structural analysis software. All models use identical dimensions, materials, and loading, differing only in column cross-section. The 6th mode results show that the rectangular column has the shortest period in the X direction (0.58 s) and the longest in Y (0.62 s). The square column has a period of 0.6 s in both directions, while the circular column has 0.6 s (X) and 0.61 s (Y). Based on inter-story drift, the rectangular column has the smallest in X (18.011 mm) but the largest in Y (20.519 mm). The square column has the smallest drifts in both X (19.111 mm) and Y (19.356 mm), while the circular column shows 19.425 mm (X) and 19.672 mm (Y), all within allowable limits. The most optimal interaction diagram is achieved by the rectangular column with P_n 4255.3 kN and M_n 1546.5 kNm, followed by the square (4000 kN; 1427.59 kNm) and circular (3629.6 kN; 1316.6 kNm). In terms of cost, the square column is the most efficient at Rp21,389,990,737.16, followed by the rectangular Rp21.397.826.950,82 and circular columns Rp21.420.129.799,49. It is concluded that the square column offers the best seismic response and cost efficiency, while the rectangular column is superior in resisting combined axial and moment loads.

Keywords : column cross-section; lateral force; mode number; inter-story drift; interaction diagram.

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang berada dalam kawasan Cincin Api, sehingga memiliki tingkat kerawanan gempa yang tinggi dan sering mengalami kerusakan bangunan akibat aktivitas seismik. Kolom merupakan elemen vertikal penting dalam sistem struktur bangunan yang berperan dalam menahan beban lateral akibat gempa (SNI 2847:2019). Kolom dapat memiliki berbagai bentuk penampang, antara lain persegi, persegi panjang, dan bulat, yang masing-masing memiliki karakteristik kekuatan yang berbeda. Studi oleh Agi (2024) menunjukkan bahwa penampang persegi panjang lebih unggul dalam menahan beban aksial, penampang persegi lebih efektif dalam menahan gaya geser, sedangkan penampang bulat memiliki keunggulan dalam menghadapi momen lentur. Meskipun berbagai penelitian telah membahas perbedaan bentuk kolom, sebagian besar masih terbatas pada kajian gaya dalam tanpa memperhatikan respons struktur terhadap beban gempa. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengkaji respons seismik struktur bangunan dengan variasi bentuk penampang kolom berdasarkan parameter jumlah ragam, simpangan antar tingkat, dan diagram interaksi kolom. Diharapkan hasil dari studi ini dapat memberikan kontribusi sebagai referensi dalam perencanaan bangunan tahan gempa yang lebih efektif di wilayah rawan gempa seperti Indonesia.

2. METODE

Penelitian ini diawali dengan studi literatur yang mengacu pada SNI 1727:2020, SNI 1726:2019, dan SNI 2847:2019, serta referensi terkait desain dan analisis struktur beton bertulang. Data yang dikumpulkan meliputi data teknis bangunan, mutu material, dan beban rencana sesuai fungsi bangunan.

Preliminary design dilakukan untuk menentukan dimensi awal elemen struktur seperti pelat, balok, dan kolom berdasarkan ketentuan dalam SNI 2847:2019. Permodelan struktur dilakukan menggunakan perangkat lunak Robot Structural Analysis Professional (RSAP) dengan input dimensi dan material dari hasil *preliminary design*. Pembebanan struktur mencakup beban mati, beban hidup, dan beban gempa yang dirancang mengikuti SNI 1727:2020 dan SNI 1726:2019.

Analisis struktur dilakukan untuk memperoleh gaya-gaya dalam (gaya normal, geser, dan momen) yang kemudian digunakan sebagai dasar perencanaan tulangan. Penulangan elemen struktur dihitung sesuai kebutuhan kapasitas lentur dan geser, mencakup penulangan pelat, balok (longitudinal dan transversal), serta kolom (longitudinal dan transversal, baik sengkang maupun spiral). Pemeriksaan kelangsingan

kolom juga dilakukan untuk menentukan apakah perlu memperhitungkan efek tambahan akibat stabilitas lateral.

Perbandingan respons struktur dilakukan berdasarkan jumlah ragam, simpangan antar tingkat, dan diagram interaksi kolom. Analisis ini digunakan untuk menilai pengaruh variasi bentuk penampang kolom terhadap respons seismik struktur. Hasil jumlah ragam didapat langsung dari *output* pada *software*, sedangkan simpangan antar tingkat didapat berdasarkan persamaan berikut,

$$D_i = C_d (\delta_{ei} - \delta_{ei-1}) : I_e \quad (1)$$

Sementara itu, untuk mendapatkan diagram interaksi dilakukan perhitungan penulangan balok dan kolom terlebih dahulu yang didapat dari persamaan berikut,

- Rumus balok

Perhitungan jumlah tulangan balok:

$$A_s = \frac{0,85 \times f_c' \times b}{f_y} \left(d - \sqrt{d^2 - \frac{2 M_u / \phi}{0,85 \times f_c' \times b}} \right) \quad (2)$$

Perhitungan momen nominal balok:

$$M_n = (A_s - A_s') f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right) + A_s' \times f_y (d - d') \quad (3)$$

Periksa kapasitas balok dalam menahan beban:

$$R = \frac{M_u}{\phi M_n} < 1 \quad (4)$$

Perhitungan jarak tulangan transversal balok:

$$S = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} \quad (5)$$

- Rumus kolom

Periksa *Strong column weak beam*:

$$\sum M_{nc} \geq 1,2 \sum M_{nb} \quad (6)$$

Perhitungan jumlah tulangan kolom

$$A_{st} = n \times \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \quad (7)$$

$$\rho = \frac{A_{st}}{A_g} \quad (8)$$

Kondisi kapasitas penampang pada diagram interaksi:

$P_n < P_{nb}$; $e > e_b \rightarrow$ Keruntuhan tarik

$P_n = P_{nb}$; $e = e_b \rightarrow$ Keruntuhan seimbang

$P_n > P_{nb}$; $e < e_b \rightarrow$ Keruntuhan tekan

Periksa kapasitas kolom dalam menahan beban biaksial:

$$\frac{1}{P_n} = \frac{1}{P_{nx}} + \frac{1}{P_{ny}} - \frac{1}{P_o} \quad (9)$$

Terakhir, dilakukan perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) berdasarkan elemen utama struktur untuk menilai efisiensi biaya masing-masing alternatif desain yang didapat dari perhitungan berikut:

$$RAB = \sum (\text{Volume} \times \text{Harga satuan pekerjaan}) \quad (10)$$

Hasil akhir dijadikan dasar penarikan kesimpulan dan rekomendasi desain struktur tahan gempa yang optimal.

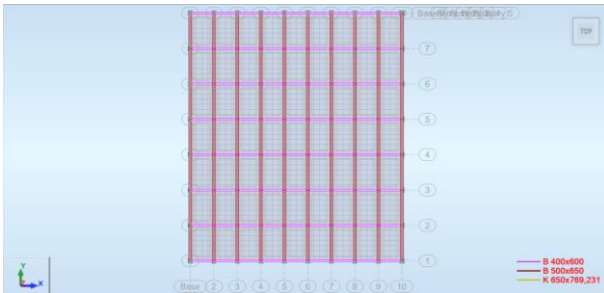
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut data yang digunakan untuk permodelan struktur pada *software* analisis struktur:

1. Jumlah lantai = Lima lantai dan atap dak

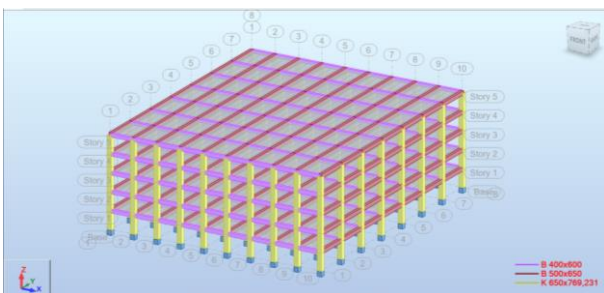
2. Fungsi bangunan = Gedung perkuliahan
3. Luas setiap lantai = 1.512 m²
4. Dimensi bangunan = 42 meter x 36 meter
5. Tinggi lantai = Tipikal 3 meter
6. Klasifikasi tanah = Tanah keras dengan batuan lunak
7. Mutu beton = $f_c' 25 \text{ MPa}$
8. Mutu tulangan = Tulangan longitudinal BJTS 42

Struktur gedung dimodelkan menggunakan *software* analisis struktur, gambar struktur dapat dilihat pada Gambar 1 hingga Gambar 3.



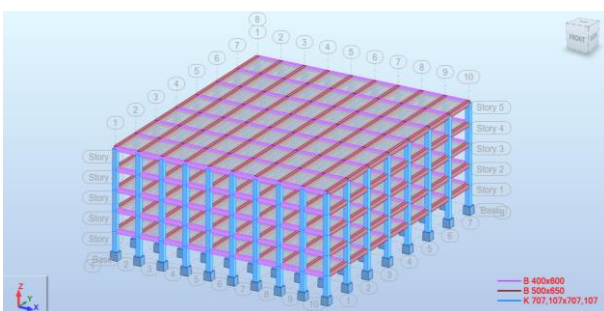
Gambar 1. Denah Struktur Gedung

Sumber: Hasil Analisis



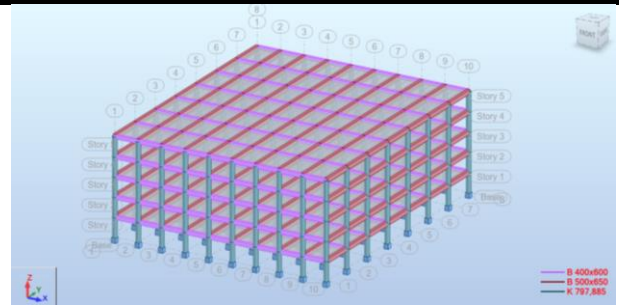
Gambar 2. 3D Gedung dengan Kolom Persegi Panjang

Sumber: Hasil Analisis



Gambar 3. 3D Gedung dengan Kolom Persegi

Sumber: Hasil Analisis



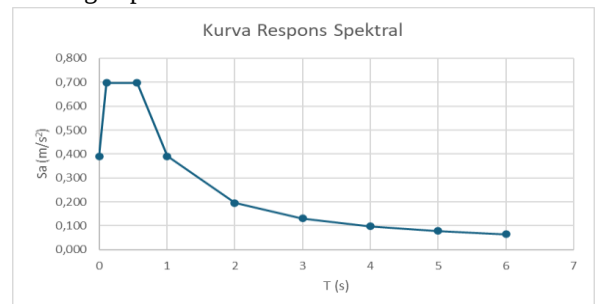
Gambar 3. 3D Gedung dengan Kolom Bulat

Sumber: Hasil Analisis

3.1 Pembebanan Struktur

Input pembebanan pada struktur dalam *software* analisis struktur berupa beban gravitasi akibat beban mati tambahan dan beban hidup. Beban mati struktur sendiri telah terhitung otomatis oleh *software*. Selain beban gravitasi, beban gempa juga di-input pada struktur ini. Beban gravitasi mengacu pada SNI 1727:2020, sedangkan beban gempa mengacu pada SNI 1726:2019. Data beban yang digunakan sebagai berikut:

1. Beban mati tambahan pada pelat lantai 2 hingga 5 sebesar 1,068 kN/m² dan 0,298 kN/m² untuk lantai atap. Beban mati tambahan akibat dinding sebesar 1,413 kN/m dan 1,383 kN/m.
2. Beban hidup lantai dipergunakan untuk ruang kelas 1,376 kN/m² dan koridor sebesar 2,744 kN/m².
3. Beban gempa



Gambar 4. Grafik respons spektral

Sumber: Hasil Analisis

3.2 Analisis Perbandingan

3.2.1 Jumlah Ragam

Analisis jumlah ragam diatur pada SNI 1726-2019 dengan partisipasi massa minimal mencapai 90% dari massa struktur. Jumlah ragam yang dihasilkan dari *output* analisis modal dapat dilihat pada Tabel berikut,

Tabel 1. Tabel Perbandingan Jumlah Ragam Arah X

Bentuk Kolom	UX		
	Partisipasi massa (%)	Ragam ke-	Periode (s)
Persegi panjang	91,05	5	0,58

Persegi	91,34	5	0,60
Bulat	91,42	5	0,60

Sumber: Hasil Analisis

Tabel 2. Tabel Perbandingan Jumlah Ragam Arah Y

Bentuk Kolom	UY		
	Partisipasi massa (%)	Ragam ke-	Periode (s)
Persegi panjang	91,48	4	0,62
Persegi	91,18	4	0,60
Bulat	91,26	4	0,61

Sumber: Hasil Analisis

Berdasarkan hasil yang ditampilkan pada Tabel 1 dan Tabel 2, kolom persegi panjang mengalami periode terpendek pada arah X dan periode tertinggi pada arah Y, sedangkan kolom persegi mengalami periode terpendek di kedua arah. Ini berarti struktur dengan kolom persegi adalah struktur paling kaku, sedangkan struktur dengan kolom persegi panjang hanya kaku pada salah satu arah.

3.2.2 Simpangan Antar Tingkat

Perhitungan simpangan antar tingkat dihitung seperti berikut:

$$\delta = \frac{Cd \times \delta_{xe}}{I_e} = \frac{5,5 \times \delta_{xe}}{1,5} = 3,667 \delta_{xe}$$

diketahui δ_{xe} pada lantai 4 dan 5

$$\delta_5 = 3,667 \times 18,916 \text{ mm} = 69,359 \text{ mm}$$

$$\delta_4 = 3,667 \times 16,344 \text{ mm} = 59,928 \text{ mm}$$

$$\Delta i = \delta_5 - \delta_4 = 9,431 \text{ mm}$$

Simpangan ijin (Δa) dihitung seperti berikut:

$$\Delta a = 0,015 \times h = 0,015 \times 3000 \text{ mm} = 45 \text{ mm}$$

Periksa $\Delta i < \Delta a$,

$$9,431 \text{ mm} < 45 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi})$$

Dari hasil perhitungan, simpangan antar tingkat pada masing-masing bangunan dapat dilihat pada Tabel berikut,

Tabel 3. Tabel perbandingan simpangan antar tingkat

Bentuk Kolom	Δi_x (mm)	Δi_y (mm)	Δa (mm)
Persegi Panjang	18,011	20,519	45
Persegi	19,111	19,356	45
Bulat	19,415	19,672	45

Sumber: Hasil Analisis

Berdasarkan hasil yang ditampilkan pada Tabel 3, simpangan terkecil pada kedua arah dialami oleh struktur dengan kolom persegi. Sedangkan struktur dengan kolom

persegi panjang mengalami simpangan terkecil pada arah X namun mengalami juga simpangan terbesar pada arah Y.

3.2.3 Diagram Interaksi Kolom

- Penulangan Balok

Gaya dalam pada balok disajikan pada Tabel berikut:

Tabel 4. Momen dan gaya geser pada balok

Gaya dalam	Balok 40/60	Balok 50/65
$Mu_{\max}$ lapangan	30,115 kNm	102,731 kNm
$Mu_{\max}$ tumpuan	46,988 kNm	191,720 kNm
V kiri	57,695 kN	166,916 kN
V kanan	57,125 kN	166,916 kN

Sumber: Hasil Analisis

Perhitungan penulangan longitudinal:

$$As_{\min} = \frac{1,4}{f_y} bw \times d = \frac{1,4}{420} \times 500 \times 590,5 = 984,167 \text{ mm}^2$$

$$As = \frac{0,85 \times 25 \times 1837,5}{420} \left(590,5 - \sqrt{590,5^2 - \frac{2(102731000)}{0,85 \times 25 \times 1837,5}} \right) = 462,191 \text{ mm}^2 < As_{\min 2}$$

Dipakai luas tulangan dari perhitungan $As_{\min}$.

$$n \text{ Tulangan} = \frac{984,167}{0,25\pi \times 19^2} = 4$$

Perhitungan penulangan transversal berdasarkan kategori IV:

$$Vs = \frac{321,076 - 0,75(256,868)}{0,75} = 177,139 \text{ kN}$$

$$S = \frac{(2 \times 0,25\pi \times 10^2) \times 420 \times 590,5}{177,139} = 219,926 \text{ mm}$$

Tabel 5. Penulangan Balok Daerah Tumpuan

Dimensi balok (cm)	Tumpuan		
	Tarik	Tekan	senggang
40/60	5D19	3D19	100 mm
50/65	6D19	4D19	100 mm

Sumber: Hasil Analisis

Tabel 6. Penulangan Balok Daerah Lapangan

Dimensi balok (cm)	Tumpuan		
	Tarik	Tekan	senggang
40/60	5D19	3D19	150 mm
50/65	6D19	4D19	150 mm

Sumber: Hasil Analisis

- Penulangan Kolom

Gaya dalam pada kolom disajikan pada Tabel berikut:

Tabel 7. Gaya aksial dan momen kolom

Gaya dalam	Jenis kolom
------------	-------------

	Persegi panjang	Persegi	Bulat
Pu (kN)	1.267,66	1.269,19	1.268,80
Mux (kNm)	56,99	57,96	57,70
Muy (kNm)	473,03	448,58	442,23

Sumber: Hasil Analisis

$$Ast = 18 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 19^2 = 5104,78 \text{ m}^2$$

$$\rho = \frac{5104,78}{500000} = 1,02\%$$

Telah memenuhi syarat $1\% < \rho < 6\%$

Tabel 8. Penulangan Kolom

Jenis Kolom	Tulangan utama	Tulangan sengkang	
		Tumpuan	Lapangan
Persegi panjang	18D19	D10-100	D10-150
Persegi	18D19	D10-100	D10-150
Bulat	18D19	D10-100	D10-150

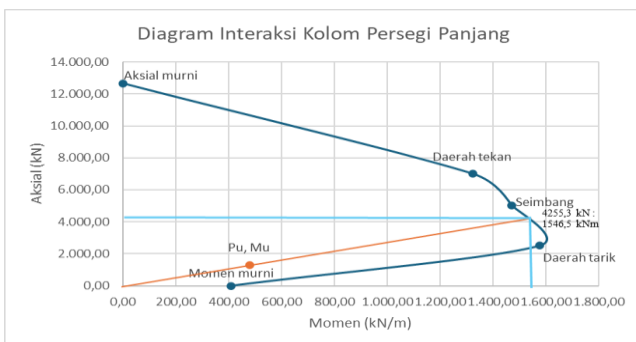
Sumber: Hasil Analisis

- Diagram Interaksi

Dari hasil perhitungan kolom, berdasarkan kondisi didapat diagram interaksi pada setiap kolom sebagai berikut:

Tabel 9. Momen dan Gaya Aksial Kolom Persegi Panjang

Kondisi	Momen (kN/m)	Gaya Aksial (kN)
Aksial murni	0,00	12.660,03
Runtuh tekan	1.126,03	7.006,41
Seimbang	1.335,39	5.008,74
Runtuh tarik	1.499,15	2.509,41
Momen murni	409,75	0,00



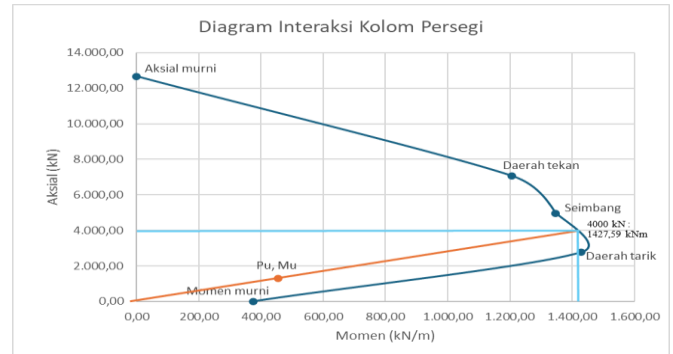
Gambar 5. Diagram Interaksi Kolom Persegi Panjang

Sumber: Hasil Analisis

Tabel 10. Momen dan Gaya Aksial Kolom Persegi

Kondisi	Momen (kN/m)	Gaya Aksial (kN)
Aksial murni	0,00	12.660,03
Runtuh tekan	1.023,23	7.063,23

Seimbang	1.223,65	4.963,34
Runtuh tarik	1.353,95	2.760,26
Momen murni	373,80	0,00

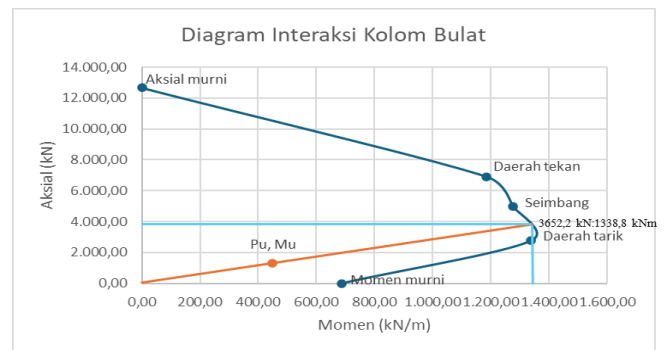


Gambar 6. Diagram Interaksi Kolom Persegi

Sumber: Hasil Analisis

Tabel 11. Momen dan Gaya Aksial Kolom Bulat

Kondisi	Momen (kN/m)	Gaya Aksial (kN)
Aksial murni	0,00	12.660,03
Runtuh tekan	1.185,03	6.916,69
Seimbang	1.276,16	4.990,98
Runtuh tarik	1.339,12	2.760,26
Momen murni	1.331,65	0,00



Gambar 7. Diagram Interaksi Kolom Bulat

Sumber: Hasil Analisis

Berdasarkan gambar diagram interaksi dari ketiga bentuk penampang kolom, didapat bahwa nilai Pn dan Mn terbesar dimiliki oleh kolom persegi panjang yaitu sebesar 4255,3 kN dan 1546,5 kNm yang diikuti kolom persegi sebesar 4000 kN dan 1427,59 kNm serta kolom bulat sebesar 3652,2 kN dan 1338,8 kNm. Dari kekuatan nominal masing-masing kolom, didapat bahwa kolom persegi panjang adalah kolom yang paling optimal dalam menahan kombinasi beban aksial dan momen.

3.2.4 Rencana Anggaran Biaya

Perhitungan RAB dilakukan pada setiap struktur gedung. Total biaya dari seluruh pekerjaan disajikan dalam Tabel-tabel berikut:

Tabel 12. Rekap RAB struktur dengan kolom persegi

No.	Uraian Pekerjaan	Jumlah
I	Pekerjaan Struktur lantai 1	Rp 1.372.060.390,60
II	Pekerjaan Struktur lantai 2	Rp 3.506.316.339,18
III	Pekerjaan Struktur lantai 3	Rp 3.506.316.339,18
IV	Pekerjaan Struktur lantai 4	Rp 3.506.316.339,18
V	Pekerjaan Struktur lantai 5	Rp 3.506.316.339,18
VI	Pekerjaan Struktur lantai Atap	Rp 2.134.255.948,59
Total		Rp 21.397.826.950,82

Sumber: Hasil Analisis

Tabel 13. Rekap RAB struktur dengan kolom persegi panjang

No.	Uraian Pekerjaan	Jumlah
I	Pekerjaan Struktur lantai 1	Rp 1.373.627.633,33
II	Pekerjaan Struktur lantai 2	Rp 3.507.883.581,91
III	Pekerjaan Struktur lantai 3	Rp 3.507.883.581,91
IV	Pekerjaan Struktur lantai 4	Rp 3.507.883.581,91
V	Pekerjaan Struktur lantai 5	Rp 3.507.883.581,91
VI	Pekerjaan Struktur lantai Atap	Rp 2.134.255.948,59
Total		Rp 21.389.990.737,16

Sumber: Hasil Analisis

Tabel 14. Rekap RAB struktur dengan kolom bulat

No.	Uraian Pekerjaan	Jumlah
I	Pekerjaan Struktur lantai 1	Rp 1.378.088.203,06
II	Pekerjaan Struktur lantai 2	Rp 3.512.344.151,65
III	Pekerjaan Struktur lantai 3	Rp 3.512.344.151,65
IV	Pekerjaan Struktur lantai 4	Rp 3.512.344.151,65
V	Pekerjaan Struktur lantai 5	Rp 3.512.344.151,65
VI	Pekerjaan Struktur lantai Atap	Rp 2.134.255.948,59
Total		Rp 21.420.129.799,49

Sumber: Hasil Analisis

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan jumlah ragam, struktur dengan kolom persegi panjang memiliki partisipasi massa sebesar 91,05% pada arah X dan 91,48% pada arah Y serta periode struktur sebesar 0,58 detik pada arah X dan 0,62 detik pada arah Y. Sedangkan, partisipasi massa dan periode setelah bentuk penampang kolom diubah menjadi seperti berikut:
 - a. Struktur gedung dengan kolom persegi menghasilkan partisipasi massa sebesar 91,34%

pada arah X dan 91,18% pada arah Y. Periode yang dihasilkan pada arah X sebesar 0,6 detik sedangkan arah Y sebesar 0,6 detik.

- b. Struktur gedung dengan kolom bulat menghasilkan partisipasi massa sebesar 91,42% pada arah X dan 91,26% pada arah Y. Periode yang dihasilkan pada arah X sebesar 0,6 detik sedangkan arah Y sebesar 0,61 detik.

Dari hasil jumlah ragam di atas, didapat bahwa berdasarkan periode struktur, kolom persegi panjang memiliki kekakuan lebih besar pada arah X tetapi tidak sebaliknya, sedangkan kolom persegi memiliki kekakuan pada arah X juga arah Y. Sementara itu, partisipasi massa terbesar dan terkecil dialami oleh gedung dengan kolom persegi panjang yang berarti gedung memiliki sebagian besar massa yang terlibat pada respons struktur di satu arah, sedangkan arah lainnya hanya melibatkan sedikit massa.

2. Berdasarkan simpangan antar tingkat

Struktur gedung dengan kolom persegi panjang mengalami simpangan antar tingkat paling kecil pada arah X yaitu 18,011 mm tetapi arah sebaliknya menjadi simpangan paling besar yaitu 20,519 mm. Simpangan antar tingkat terkecil pada kedua arah dialami oleh struktur gedung dengan kolom persegi yaitu 19,111 mm pada arah X dan 19,356 mm pada arah Y. Sedangkan, struktur dengan kolom bulat mengalami simpangan paling besar yaitu 19,425 mm pada arah X dan 19,672 pada arah Y. Ini menunjukkan struktur dengan kolom persegi lebih kaku dibanding struktur dengan bentuk kolom lainnya.

3. Berdasarkan Diagram interaksi

Struktur gedung dengan kolom persegi panjang memiliki nilai kekuatan nominal terbesar yaitu P_n sebesar 4255,3 kN dan M_n sebesar 1546,5 kNm yang diikuti kolom persegi sebesar 4000 kN dan 1427,59 kNm serta kolom bulat sebesar 3652,2 kN dan 1338,8 kNm. Didapat bahwa kolom persegi panjang adalah kolom yang paling optimal dalam menahan kombinasi beban aksial dan momen.

4. Rencana Anggaran Biaya

Rencana Anggaran Biaya pada struktur dengan kolom persegi panjang sebesar Rp 21.397.826.950,82. Sedangkan struktur dengan kolom persegi sebesar Rp 21.389.990.737,16. Di sisi lain, Rencana Anggaran Biaya pada struktur dengan kolom bulat sebesar Rp 21.420.129.799,49. Didapat bahwa struktur dengan kolom persegi adalah struktur yang paling optimal dari segi harga.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. S. Agi, "Analisis Bentuk Kolom Dengan Luas yang Sama," *Paulus Civil Engineering Journal (PCEJ)* , Vols. Volume 6 Issue 3, September 2024, 2024.
- [2] U. Kandpal, "Comparative Analysis of Rectangular and Square Column for Axial loading, Uniaxial & Biaxial Bending," *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, Vols. Volume: 05 Issue: 02 | Feb-2018 , 2018.
- [3] T. Yuniva, "Perbandingan Kapasitas Kolom Dengan Variasi Bentuk Penampang (Studi Kasus Struktur Kolom Rumah Susun di Yogyakarta)," *Bangun Rekaprima*, vol. Vol.08/1/April/2022, 2022.
- [4] Badan Standardisasi Nasional, SNI 1727-2020 Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain, Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2020.
- [5] Badan Standarisasi Nasional, SNI 1726-2019 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung, Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2019.
- [6] D. S. Utomo, "Analisis Perbandingan Kekuatan Kolom Dengan Variasi Bentuk Penampang," Jakarta, 2023.
- [7] I. Violeta, "Analisa Pengaruh Variasi Bentuk Dan Konfigurasi Kolom Terhadap Periode Getar Struktur," *E-Journal Teknologi Infrastruktur*, Vols. Volume 3 , Nomor 1, Juni 2024 , 2024.
- [8] Badan Standardisasi Nasional, SNI 2847:2019 Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan, Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2019.
- [9] K. N. Cahyani, "Pengujian Eksperimental Model Sambungan Balok-Kolom Beton Pracetak.," *Jurnal Serambi Engineering*, Vols. Volume VIII, No. 4, 2023.
- [10] Januarto, "Analisis Kapasitas Tampang Kolom Bulat Dengan Metode Elastis Dan Ultimit," Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, 1995.
- [11] K. Budur, "Analisa Kolom Biaksial," Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, 1994.
- [12] E. G. Nawy, Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar, Bandung: PT. Refika Aditama, 1998.
- [13] A. D. B. Pangestu, Perencanaan Struktur Pada Bangunan Mesin Di Smelter Manyar Gresik Berdasarkan SNI 2847:2019, Semarang: Universitas Islam Sultan Agung, 2023.
- [14] R. M. Pesiwarissa, "Analisis Rencana Anggaran Biaya Pada Penggantian Jembatan Wai-Wei Kabupaten Seram Bagian Barat," *JURNAL SIMETRIK*, Vols. VOL 12, NO. 1, 2022.
- [15] A. B. Siswanto, "Kriteria Dasar Perencanaan Struktur Bangunan Tahan Gempa," *Jurnal Teknik Sipil*, 2018.
- [16] C.-K. WANG, Disain Beton Bertulang, Jakarta: Erlangga, 1993.
- [17] F. A. Sari, "Studi Perbandingan Pemakaian Kolom Persegi dan Kolom Bulat Pada Struktur Gedung Kuliah Bersama Universitas Brawijaya Malang," Institut Teknologi Nasional, Malang, 2016.
- [18] F. A. Sari, "Studi Perbandingan Pemakaian Kolom Persegi dan Kolom Bulat Pada Struktur Gedung Kuliah Bersama Universitas Brawijaya Malang," Institut Teknologi Nasional, Malang, 2016.