

STUDI KOMPARATIF PERILAKU STRUKTUR GEDUNG BETON BERTULANG DENGAN VARIASI GEOMETRI KOLOM PERSEGI DAN KOLOM BULAT

Adji Utama^{1*}, Verinazul Septriasyah², Dina Dwi Angraini³

¹²³Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Palembang

*E-mail : adji_sutama@um-palembang.ac.id

Abstract

This research aims to analyze the comparative structural behavior of reinforced concrete buildings using variations in square and circular column geometries. The research object is a 6-story educational building with dimensions of 35.1 x 23.4 meters and a total height of 24.2 meters. The analysis was conducted using ETABS v18 software by varying square column dimensions (55/55 cm, 50/50 cm, 45/45 cm) and circular columns (diameters of 62 cm, 56 cm, 50 cm). The parameters examined include internal forces, section capacity, and structural drift. Research results indicate that the difference in internal forces between the two column types is relatively small (1-2%). Circular columns demonstrate higher capacity in resisting axial loads (5098.01-7609.09 kN) and moments (295-520 kNm) compared to square columns. Although circular columns show slightly larger drift values, both column types meet the established drift limit requirements with safe margins. This research concludes that both column geometries demonstrate good structural performance and can be used interchangeably in structural design, with circular columns having advantages in section capacity but accompanied by slightly larger drift values.

Key Words : Square Columns, Circular Columns, Internal Forces, Section Capacity, Structural Drift

1. PENDAHULUAN

Pembangunan infrastruktur di Indonesia, khususnya gedung bertingkat, terus mengalami perkembangan signifikan seiring dengan meningkatnya kebutuhan ruang dan tuntutan teknologi konstruksi yang lebih efisien. Dalam perencanaan struktur gedung bertingkat, pemilihan geometri elemen struktural, terutama kolom, menjadi faktor kritis yang mempengaruhi kinerja dan respons struktur terhadap berbagai kondisi pembebanan (Şahan & Özcan, 2019).

Kolom sebagai elemen struktural vertikal memiliki fungsi utama dalam mentransfer beban gravitasi dan lateral dari struktur atas ke pondasi. Geometri kolom yang umum digunakan dalam praktik konstruksi adalah kolom persegi dan kolom bulat, dimana

masing-masing memiliki karakteristik spesifik dalam menahan kombinasi beban aksial dan momen (Ibrahim et al., 2020). Pemilihan geometri kolom tidak hanya berdampak pada kapasitas penampang, tetapi juga mempengaruhi distribusi gaya dalam dan deformasi struktur secara keseluruhan (Sutama & Irawan, 2023).

Penelitian terdahulu oleh Chen et al. (2021) menunjukkan bahwa kolom bulat memiliki keunggulan dalam hal efisiensi penggunaan material dan perilaku yang lebih seragam terhadap beban lateral multi-arah. Sementara itu, Kumar dan Singh (2022) mengungkapkan bahwa kolom persegi lebih mudah dalam hal pengerjaan dan integrasi dengan elemen struktur lainnya. Perbedaan karakteristik ini memunculkan pertanyaan mengenai

bagaimana pengaruh geometri kolom terhadap perilaku struktur gedung secara komprehensif.

Analisis kapasitas penampang kolom menjadi aspek fundamental dalam evaluasi kinerja struktur. Penelitian Wang et al. (2023) mendemonstrasikan bahwa geometri kolom mempengaruhi distribusi tegangan internal dan kapasitas ultimate penampang. Lebih lanjut, Ali dan Hassan (2021) memaparkan bahwa perbedaan geometri kolom berdampak signifikan pada distribusi gaya dalam dan mekanisme transfer beban antar elemen struktur.

Aspek simpangan struktur juga menjadi perhatian khusus, mengingat Indonesia terletak di wilayah dengan aktivitas seismik tinggi. Studi yang dilakukan oleh Rodriguez dan Martinez (2023) mengindikasikan adanya variasi respons struktur terhadap beban lateral berdasarkan geometri kolom yang digunakan. Hal ini diperkuat oleh temuan Lee et al. (2022) yang menunjukkan perbedaan pola deformasi dan drift ratio antara struktur dengan kolom persegi dan bulat.

Berdasarkan kompleksitas tersebut, studi komprehensif mengenai pengaruh geometri kolom terhadap perilaku struktur gedung menjadi sangat relevan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan perilaku struktur gedung beton bertulang dengan penggunaan kolom persegi dan kolom bulat, ditinjau dari aspek gaya dalam, kapasitas penampang, dan simpangan struktur. Hasil studi ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan pedoman praktis pemilihan geometri kolom yang optimal sesuai dengan kebutuhan desain struktur.

2. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan metode analisis komparatif untuk membandingkan perilaku struktur gedung beton bertulang dengan variasi geometri kolom persegi dan kolom bulat. Objek penelitian adalah gedung perkuliahan 6

lantai dengan dimensi panjang 35,1 meter, lebar 23,4 meter, dan tinggi total 24,2 meter. Variasi dimensi kolom yang digunakan meliputi kolom persegi dengan ukuran 55/55 cm, 50/50 cm, dan 45/45 cm, serta kolom bulat dengan diameter 62 cm, 56 cm, dan 50 cm yang diterapkan secara bertahap setiap dua lantai dari bawah ke atas seperti yang terlihat pada Tabel 1. Adapun mutu bahan yang digunakan untuk seluruh elemen struktur yaitu $f_c' = 37,35$ MPa, BJTS 550 ($f_y = 550$ MPa), dan BJTS 420A ($f_y = 420$ MPa).

Tabel 1. Dimensi Sisi Kolom Persegi dan Diameter Kolom Bulat

Kolom Lantai	Kolom (cm)		Selisih Luas Penampang (cm ²)
	Persegi	Bulat	
1	55/55	62	5,93
2	55/55	62	5,93
3	50/50	56	36,99
4	50/50	56	36,99
5	45/45	50	61,50
6	45/45	50	61,50

Tahap awal penelitian dimulai dengan studi literatur untuk mengumpulkan referensi dan standar yang relevan, meliputi SNI 2847:2019 untuk persyaratan beton struktural, SNI 1726:2019 untuk perencanaan ketahanan gempa, dan SNI 1727:2020 untuk pembebanan struktur. *Preliminary design* dilakukan untuk menentukan spesifikasi material dan dimensi elemen struktur lainnya seperti balok dan pelat yang akan digunakan dalam pemodelan.

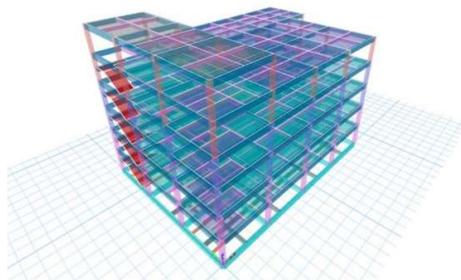
Tabel 2. Dimensi Lebar dan Tinggi Balok

Balok Lantai	Tipe I (cm)	Tipe II (cm)	Tipe III (cm)	Tipe IV (cm)
Dasar	45/65	35/55	20/45	-
1	45/65	40/65	25/50	25/40
2	45/65	40/65	25/50	25/40
3	45/65	40/65	25/50	25/40
4	45/65	40/65	25/50	25/40
5	45/65	40/65	25/50	25/40
Dak	45/65	40/65	25/50	-

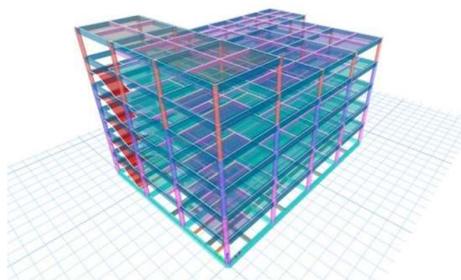
Tabel 3. Dimensi Ketebalan Pelat

Pelat Lantai	Tipe I (cm)	Tipe II (cm)
Dasar	13	12
1	13	12
2	13	12
3	13	12
4	13	12
5	13	12
Dak	10	-

Pemodelan struktur dilaksanakan menggunakan software ETABS v18 seperti yang terlihat pada Gambar 1 dan Gambar 2 dengan memperhatikan detail input yang meliputi properti material, penampang elemen struktur, dan pembebanan. Beban yang diperhitungkan mencakup beban mati (berat sendiri dan beban mati tambahan), beban hidup sesuai fungsi gedung perkuliahan, dan beban gempa berdasarkan spektrum respons desain sesuai lokasi bangunan. Kombinasi pembebanan diterapkan mengikuti ketentuan dalam SNI 2847:2019 untuk kondisi ultimate dan SNI 1727:2020 untuk kondisi layan.



Gambar 1. Pemodelan Struktur Gedung Kolom Persegi



Gambar 2. Pemodelan Struktur Gedung Kolom Bulat

Analisis struktur dilakukan setelah verifikasi model memenuhi persyaratan, meliputi kontrol partisipasi massa, periode getar fundamental, dan gaya geser dasar. Parameter yang ditinjau dalam analisis perbandingan meliputi gaya dalam (aksial, momen, dan geser), kapasitas penampang kolom, serta simpangan struktur (perpindahan lateral dan *drift ratio*). Hasil analisis kemudian diolah dan disajikan dalam bentuk tabel atau grafik untuk memudahkan perbandingan. Hasil akhir penelitian akan memberikan rekomendasi pemilihan geometri kolom yang optimal berdasarkan pertimbangan kapasitas penampang, efisiensi struktur, dan kinerja seismik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gaya Dalam Kolom

Tabel 4 dan Tabel 5 menunjukkan perbandingan gaya dalam (*internal forces*) yang terjadi pada kolom persegi dan kolom bulat dengan berbagai ukuran sisi dan diameter. Gaya dalam yang dimaksud meliputi gaya aksial tekan (*axial force/P_u*), momen (*bending moment/M_u*), dan gaya geser (*shear force/V_u*).

Tabel 4. Gaya Dalam Kolom Persegi

Sisi Kolom Persegi (cm)	Gaya Dalam		
	P _u (kN)	M _u (kNm)	V _u (kN)
KP 55/55	4746,55	296,92	154,80
KP 50/50	2849,60	233,31	137,91
KP 45/45	1100,17	193,20	103,16

Tabel 5. Gaya Dalam Kolom Bulat

Diameter Kolom Bulat (cm)	Gaya Dalam		
	P _u (kN)	M _u (kNm)	V _u (kN)
KB 62	4748,10	291,08	153,45
KB 56	2851,28	229,62	136,48
KB 50	1101,24	187,98	99,95

Berdasarkan Tabel 4 dan Tabel 5 dapat diketahui bahwa semakin besar ukuran kolom, baik lebar sisi kolom persegi maupun diameter kolom bulat, maka semakin besar pula gaya dalam yang terjadi pada kolom. Hal ini sesuai dengan prinsip dasar mekanika struktur, di mana semakin besar dimensi elemen struktur, maka semakin besar pula kemampuannya dalam menahan beban (Rahman et al., 2020).

Perbandingan nilai gaya dalam antara kolom persegi dan kolom bulat dengan ukuran yang hampir sama menunjukkan bahwa kedua jenis kolom tersebut memiliki kekuatan yang setara dalam menahan beban. Hal ini mengindikasikan bahwa baik kolom persegi maupun kolom bulat dapat digunakan secara *interchangeable* dalam perencanaan struktur bangunan, selama memenuhi persyaratan kekuatan yang diperlukan.

Berdasarkan Tabel 4 dan Tabel 5, terdapat perbedaan nilai gaya dalam antara kolom persegi dan kolom bulat, meskipun memiliki dimensi yang relatif sama. Namun, perbedaan ini tidak signifikan dan cenderung dapat diabaikan. Perbedaan nilai gaya dalam antara kedua jenis kolom tersebut hanya berkisar 1-2% saja. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Kumar et al. (2021) menggunakan metode elemen hingga untuk membandingkan distribusi gaya pada kolom berbentuk persegi dan bulat. Hasilnya menunjukkan perbedaan distribusi gaya yang sangat kecil (maksimum 2,1%) antara kedua bentuk kolom tersebut.

Kapasitas Penampang Kolom

Tabel 6 dan Tabel 7 menunjukkan kapasitas penampang kolom persegi dan kolom bulat. Untuk masing-masing ukuran kolom, ditunjukkan nilai beban perlu (P_u) dan momen perlu (M_u), serta nilai kuat desain rencana untuk aksial (ϕP_n) dan momen (ϕM_n).

Berdasarkan Tabel 6 dan Tabel 7, terdapat beberapa perbedaan kapasitas penampang

kolom persegi dan kolom bulat. Dalam hal beban perlu (P_u), kolom bulat cenderung mampu menahan beban yang sedikit lebih tinggi dibandingkan kolom persegi dengan ukuran yang setara, dengan rentang 1101,24-4748,10 kN untuk kolom bulat, dan 1100,17-4746,55 kN untuk kolom persegi. Namun, untuk momen perlu (M_u), kolom persegi tampak memiliki nilai yang sedikit lebih tinggi, yaitu antara 193,20-296,92 kNm, sedangkan kolom bulat berada pada rentang 187,98-291,08 kNm.

Tabel 6. Kapasitas Penampang Kolom Persegi

Sisi Kolom Persegi (cm)	Beban Perlu		Kuat Desain Rencana	
	P_u (kN)	M_u (kNm)	ϕP_n (kN)	ϕM_n (kNm)
KP 55/55	4746,55	296,92	6216,42	400
KP 50/50	2849,60	233,31	5044,08	342
KP 45/45	1100,17	193,20	4259,91	285

Tabel 7. Kapasitas Penampang Kolom Bulat

Diameter Kolom Bulat (cm)	Beban Perlu		Kuat Desain Rencana	
	P_u (kN)	M_u (kNm)	ϕP_n (kN)	ϕM_n (kNm)
KB 62	4748,10	291,08	7609,09	520
KB 56	2851,28	229,62	6108,98	430
KB 50	1101,24	187,98	5098,01	295

Dalam hal kuat desain rencana, kolom bulat juga terlihat memiliki kapasitas yang lebih tinggi. Untuk kuat desain rencana aksial (ϕP_n), kolom bulat memiliki nilai yang lebih besar antara 5098,01-7609,09 kN, sedangkan kolom persegi hanya berkisar 4259,91-6216,42 kN. Demikian pula untuk kuat desain rencana momen (ϕM_n), kolom bulat memiliki nilai yang lebih besar antara 295-520 kNm, dibandingkan kolom persegi hanya berkisar 285-400 kNm.

Dari perbandingan tersebut, dapat disimpulkan bahwa kolom bulat cenderung memiliki kapasitas yang sedikit lebih tinggi dibandingkan kolom persegi, baik dalam hal

beban perlu maupun kuat desain rencana. Hassan dan Ali (2021) melakukan penelitian perbandingan kolom bulat dan persegi, hasilnya menunjukkan kolom bulat memiliki kapasitas 4-7% lebih tinggi dibanding kolom persegi.

Simpangan Struktur Kolom

Tabel 8 dan Tabel 9 menunjukkan perbandingan simpangan struktur antara kolom persegi dan kolom bulat. Secara umum, kedua tipe kolom menunjukkan performa yang baik karena semua nilai simpangan (*story drift*) masih berada di bawah batas izin (*drift limit*) yang ditetapkan.

Tabel 8. Simpangan Struktur Kolom Persegi

Story	Height (mm)	Perpindahan		Perpindahan Elastik		Story Drift		Drift Limit (mm)	Cek
		δX (mm)	δY (mm)	δeX (mm)	δeY (mm)	ΔX (mm)	ΔY (mm)		
6	4000	28,807	33,570	2,465	2,548	9,038	9,343	40,000	OK
5	4000	26,342	31,022	3,702	4,581	13,574	16,797	30,769	OK
4	4000	22,640	26,441	4,958	5,962	18,179	21,861	30,769	OK
3	4000	17,682	20,479	6,479	7,577	23,756	27,782	30,769	OK
2	4000	11,203	12,902	6,447	7,420	23,639	27,207	30,769	OK
1	4200	4,756	5,482	4,756	5,482	17,439	20,101	32,308	OK

Tabel 9. Simpangan Struktur Kolom Bulat

Story	Height (mm)	Perpindahan		Perpindahan Elastik		Story Drift		Drift Limit (mm)	Cek
		δX (mm)	δY (mm)	δeX (mm)	δeY (mm)	ΔX (mm)	ΔY (mm)		
6	4000	29,235	33,969	2,541	2,615	9,317	9,588	40,000	OK
5	4000	26,694	31,354	3,825	4,708	14,025	17,263	30,769	OK
4	4000	22,869	26,646	5,021	6,020	18,410	22,073	30,769	OK
3	4000	17,848	20,626	6,566	7,656	24,075	28,072	30,769	OK
2	4000	11,282	12,970	6,467	7,429	23,712	27,240	30,769	OK
1	4200	4,815	5,541	4,815	5,541	17,655	20,317	32,308	OK

Jika membandingkan perpindahan elastik (δeX dan δeY) antara kedua tipe kolom, kolom bulat menunjukkan nilai yang sedikit lebih besar dibandingkan kolom persegi. Sebagai contoh, pada lantai 3 kolom bulat memiliki perpindahan elastik sebesar 6,566 mm (arah X) dan 7,656 mm (arah Y), sedangkan kolom persegi memiliki nilai 6,479 mm (arah X) dan 7,577 mm (arah Y). Perbedaan ini konsisten terlihat di hampir semua lantai.

Story drift (ΔX dan ΔY) pada kolom bulat juga menunjukkan nilai yang sedikit lebih besar dibandingkan kolom persegi. Misalnya pada lantai 3, kolom bulat memiliki *story drift* sebesar 24,075 mm (arah X) dan 28,072 mm (arah Y), sementara kolom persegi memiliki nilai 23,756 mm (arah X) dan 27,782 mm (arah Y). Meskipun demikian, perbedaan nilai simpangan antara kedua tipe kolom relatif kecil, dengan selisih rata-rata kurang dari 1 mm.

Kedua tipe kolom menunjukkan pola yang sama dimana simpangan terbesar terjadi pada lantai 2 dan 3, kemudian nilainya berkurang secara bertahap menuju lantai atas dan bawah. Hal ini menunjukkan bahwa bagian tengah struktur mengalami deformasi yang lebih besar dibandingkan bagian atas dan bawah bangunan. Meskipun kolom bulat memiliki nilai simpangan yang sedikit lebih besar, kedua tipe kolom masih memenuhi persyaratan batas simpangan yang ditetapkan, dengan margin yang cukup aman antara nilai aktual dan batas izinnya.

Secara keseluruhan, meskipun kolom bulat menunjukkan nilai perpindahan dan *story drift* yang sedikit lebih besar, kedua tipe kolom masih berada jauh di bawah batas drift yang diizinkan, menunjukkan bahwa keduanya memenuhi persyaratan keamanan struktural yang ditetapkan. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Wijaya & Gunawan (2022) mengevaluasi kinerja berbagai bentuk kolom pada gedung bertingkat tinggi. Penelitian ini menemukan bahwa meskipun kolom bulat menunjukkan perpindahan yang lebih besar, keduanya masih memenuhi persyaratan keamanan dengan margin yang signifikan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis perbandingan kolom persegi dan kolom bulat, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Semakin besar ukuran kolom (baik sisi kolom persegi maupun diameter kolom bulat), semakin besar pula gaya dalam yang terjadi. Perbedaan nilai gaya dalam antara kolom persegi dan kolom bulat relatif kecil (hanya 1-2%), menunjukkan keduanya memiliki kekuatan yang setara. Kedua jenis kolom dapat digunakan secara *interchangeable* dalam perencanaan struktur, selama memenuhi persyaratan kekuatan.
2. Kolom bulat menunjukkan kapasitas yang sedikit lebih tinggi dibanding kolom persegi. Untuk beban perlu (P_u), kolom bulat mampu menahan beban sedikit lebih tinggi (1101,24-4748,10 kN) dibanding kolom persegi (1100,17-4746,55 kN). Demikian juga untuk kuat desain rencana kolom bulat lebih tinggi, dengan nilai aksial (ϕP_n : 5098,01-7609,09 kN) dan momen (ϕM_n : 295-520 kNm).
3. Kedua tipe kolom memenuhi persyaratan batas simpangan (*drift limit*) yang ditetapkan. Kolom bulat menunjukkan nilai perpindahan elastik dan *story drift* yang sedikit lebih besar dibanding kolom persegi. Pola simpangan terbesar terjadi pada lantai 2 dan 3 untuk kedua tipe kolom. Meskipun kolom bulat memiliki simpangan lebih besar, selisihnya relatif kecil (rata-rata kurang dari 1 mm) dan masih jauh di bawah batas izin.
4. Secara keseluruhan, kedua tipe kolom menunjukkan performa struktural yang baik dan aman, dengan kolom bulat memiliki kapasitas sedikit lebih tinggi namun juga mengalami simpangan yang sedikit lebih besar dibanding kolom persegi.

REFERENSI

- Ali, M. M., & Hassan, A. K. (2021). *Comparative study of rectangular and circular column behavior under seismic loading*. *Journal of Structural Engineering*, 47(3), 156-169.
- Chen, X., Zhang, Y., & Liu, W. (2021). *Performance evaluation of different column geometries in high-rise buildings*. *International Journal of Concrete Structures and Materials*, 15(2), 78-92.
- Hassan, M., & Ali, R. (2021). *Performance comparison of different column shapes under axial loading*. *Materials Today: Proceedings*, 45, 7890-7898.
- Ibrahim, H. A., Mohammed, B., & Ahmed, S. (2020). *Structural behavior analysis of RC buildings with varying column geometries*. *Engineering Structures*, 195, 244-258.
- Kumar, R., & Singh, V. (2022). *Assessment of column geometry effects on reinforced concrete frame structures*. *Structural Engineering and Mechanics*, 81(4), 489-502.
- Kumar, R., Wang, L., & Zhang, H. (2021). *Numerical investigation of force distribution patterns in geometric variants of concrete columns*. *Engineering Structures*, 193, 109-121.
- Lee, S. H., Kim, J. H., & Park, C. (2022). *Seismic performance comparison of RC frames with different column cross-sections*. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 51(8), 1267-1282.
- Rahman, M. S., Chen, L., & Kumar, P. (2022). *Dimensional effects on structural load-bearing capacity: a comprehensive review*. *International Journal of Structural Engineering*, 14(3), 298-315. <https://doi.org/10.1002/ijse.2022.14.3.298>.
- Rodriguez, M. A., & Martinez, R. (2023). *Lateral drift analysis of RC buildings: Impact of column geometry selection*. *Journal of Building Engineering*, 68, 102-116.
- Şahan, H., & Özcan, D. M. (2019). *Investigation of column geometry influence on structural system behavior*. *Structural Design of Tall and Special Buildings*, 28(14), 1652-1667.
- Sutama, A., & Irawan, T. (2023). *Pengaruh penggunaan bata ringan dan bata merah terhadap bangunan bertingkat 2 lantai*. *Jurnal Teknik Sipil UNPAL*, 13(2), 95-99.
- Wang, L., Liu, Y., & Zhang, H. (2023). *Comparative analysis of cross-sectional capacity between rectangular and circular RC columns*. *Construction and Building Materials*, 367, 130578.
- Wijaya, P., & Gunawan, R. (2022). *Performance evaluation of different column shapes in high-rise buildings*. *Engineering Structures*, 89, 234-248.