

Analisis Perbandingan Perilaku Struktur Dengan Variasi Bentuk Penampang Kolom Beton Bertulang

Muhammad Fachri¹, Deded Eka Sahputra², Asri Yuda Trinanda³, Rafki Imani⁴

^{1,2,3,4}Universitas Putra Indonesia "YPTK" Padang

muhammad290899@gmail.com, deded_ekasaputra@upiypk.ac.id

Abstract

The column cross-section is one of the essential elements in the design of reinforced concrete structures. Various cross-sectional shapes can be utilized, such as squares, rectangles, circles, or other specialized forms. Each cross-sectional shape has distinct characteristics in terms of strength, stiffness, and behavior under load. Comparative analysis was conducted on several variations of reinforced concrete column cross-sectional shapes. Dynamic analysis methods and structural analysis software were used to simulate the behavior of structures with various cross-sectional shapes. Parameters such as the maximum load-bearing capacity, structural deformations, and forces within the columns were evaluated and compared. The research findings revealed that the smallest displacement in the X direction was observed in the square column, with a ratio of 9.08% compared to the circular column and 0.84% compared to the rectangular column. The smallest displacement in the Y direction was observed in the circular column, with a ratio of 15.15% compared to the rectangular column and 7.40% compared to the square column. The shear force in the X direction for the square column had a ratio of 5.07% compared to the circular column and 6.2% compared to the rectangular column. The shear force in the Y direction for the rectangular column had a ratio of 15.5% compared to the circular column and 6.8% compared to the square column. The moment in the Y direction for the rectangular column had a ratio of 12.76% compared to the circular column and 7.66% compared to the square column, while the moment in the X direction for the square column had a ratio of 6.52% compared to the circular column and 7.5% compared to the rectangular column.

Keywords: structure, column, SRPMK, deviation, shear force, moment

Abstrak

Penampang kolom adalah salah satu elemen penting dalam desain struktur beton bertulang. Berbagai bentuk penampang dapat digunakan, seperti persegi, persegi panjang, lingkaran, atau bentuk khusus lainnya. Setiap bentuk penampang memiliki karakteristik yang berbeda dalam hal kekuatan, kekakuan, dan perilaku ketika terkena beban. dilakukan analisis komparatif terhadap beberapa variasi bentuk penampang kolom beton bertulang. Metode analisis dinamik dan Perangkat lunak analisis struktur digunakan untuk mensimulasikan perilaku struktur dengan berbagai bentuk penampang. Parameter seperti beban maksimum yang dapat ditahan, deformasi struktural, dan gaya dalam kolom dievaluasi dan dibandingkan. Hasil penelitian didapatkan nilai simpangan arah X paling kecil dengan rasio 9,08% dari kolom persegi dan 0,84% terhadap kolom lingkaran. Simpangan arah-Y nilai paling kecil terjadi pada struktur dengan kolom lingkaran dengan rasio 15,15% terhadap kolom persegi panjang dan 7,40% terhadap kolom persegi. Nilai gaya geser arah X pada kolom persegi memiliki rasio 5,07% terhadap kolom lingkaran dan 6,2% terhadap kolom persegi panjang. Nilai gaya geser arah Y pada kolom persegi panjang memiliki rasio 15,5% terhadap kolom lingkaran dan 6,8% terhadap kolom persegi. Gaya momen arah Y pada kolom persegi panjang memiliki rasio 12,76% terhadap kolom lingkaran dan 7,66% terhadap kolom persegi, pada gaya momen arah X kolom persegi memiliki rasio 6,52% terhadap kolom lingkaran dan 7,5% terhadap kolom persegi panjang.

Kata kunci: struktur, kolom, SRPMK, simpangan, gaya geser, momen.

CEC is licensed under a Creative Commons 4.0 International License.



1. Pendahuluan

Kolom beton bertulang adalah salah satu elemen struktural yang esensial dalam konstruksi bangunan dan infrastruktur. Kolom berperan sebagai penopang beban vertikal dari lantai, atap, dan struktur di atasnya. Oleh karena itu, kekuatan dan perilaku kolom sangat berpengaruh pada kestabilan dan keamanan suatu struktur. Dalam praktiknya, variasi bentuk penampang kolom dapat memengaruhi secara signifikan perilaku struktur keseluruhan. penelitian ini muncul dari kebutuhan untuk mengoptimalkan desain struktural

dengan tujuan meningkatkan efisiensi penggunaan material dan biaya konstruksi. Selain itu, pemahaman yang lebih baik tentang perilaku kolom beton bertulang dengan variasi bentuk penampang dapat menjadi panduan berharga bagi insinyur sipil, arsitek, dan pemangku kepentingan lainnya dalam industri konstruksi. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis perbandingan perilaku struktur dengan memvariasikan bentuk penampang kolom beton bertulang. Beberapa faktor yang akan dipertimbangkan dalam penelitian ini meliputi bentuk penampang kolom, dimensi penampang, dan pengaturan tulangan

dalam kolom. Analisis ini akan membantu memahami dampak perubahan bentuk penampang kolom terhadap daya dukung, kekakuan, deformabilitas, serta mekanisme keruntuhan pada struktur.

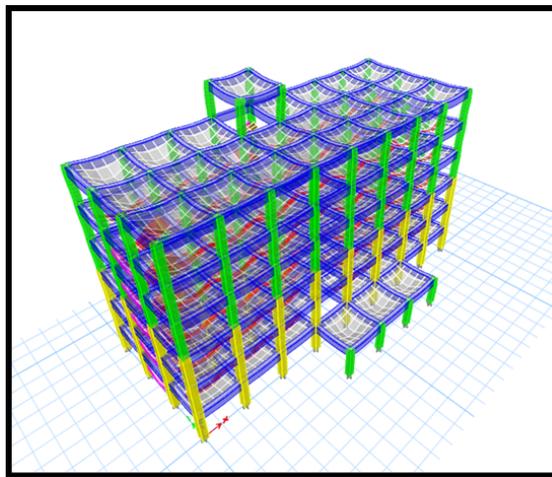
Dari hasil analisis yang mengonversikan tipe kolom K1 menjadi tipe kolom K2 dan K3 menghasilkan kapasitas terbaik pada kolom K3 akibat beban pushover arah X berkisar 0.42-7.44% dan kapasitas terbaik pada kolom K2 akibat beban pushover arah Y berkisar 0.01-7.32%. Untuk kondisi geometri struktur yang dianalisis didapatkan tipe kolom K2 yang menghasilkan peningkatan nilai gaya geser dasar pada saat leleh pertama berkisar 6-13.4%. Berdasarkan deformasi struktur dan kriteria pada ATC-40 kondisi struktur berada pada tingkat kinerja damage control dimana kondisi bangunan saat terjadi gempa masih bias menahan dan resiko korban jiwa sangat kecil. Semua kolom yang dianalisis telah mengalami sendi plastis akibat beban puncak pushover yang ditandai dengan nilai gaya dalam kolom telah melewati kapasitasnya yang dihitung menggunakan perangkat lunak RCCSA. Struktur yang memenuhi syarat berperilaku Beam Sway Mechanism dihasilkan oleh tipe kolom K1, K2, dan K3 dengan rasio tulangan kolom 2.5% [1]. Berdasarkan dari kemampuan kolom ketika menerima gaya aksial dan momen. Kolom berpenampang lingkaran adalah yang paling efektif [2]. Penelitian membuahkan hasil dimana kolom lingkaran dari biaya lebih murah 48,7% dari persegi. Kebutuhan tulangan utama lebih kecil dari persegi dengan persentase 3,13%. Sengkang 85,08 persen lebih kecil lingkaran. Kinerja menahan beban gempa kolom lingkaran hampir menyamai dengan persegi dengan selisih displacement pada arah x dan y sebesar 0,0001 m. Sehingga dari hasil disimpulkan bahwa kedepannya dalam membangun sebuah gedung kantor tidak hanya menggunakan kolom persegi sebagai kolom utama tetapi juga dapat menggunakan kolom lingkaran sebagai kolom utama [3]. Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa balok pada struktur gedung dengan kolom persegi panjang lebih cepat runtuh daripada balok pada struktur gedung dengan kolom persegi dan lingkaran, baik pada keruntuhan lentur maupun keruntuhan geser. Kapasitas kolom lingkaran dalam menerima beban aksial lebih besar 11% daripada kolom persegi dan persegi panjang. Dari analisis kapasitas penampang didapatkan bahwa kolom persegi panjang dapat menahan momen arah X lebih baik daripada kolom persegi dan lingkaran, namun sebaliknya kolom persegi panjang lebih lemah dalam menerima momen arah Y daripada kolom persegi dan lingkaran. Kolom persegi dan lingkaran relatif stabil dalam menerima momen dari arah X maupun Y [4]. Pengaruh pada variasi kolom berdampak pada efek P-Delta, yang dimana berdasarkan analisa yang dilakukan. Pengaruh variasi kolom mengurangi displacement arah Z sebesar 2.52% dan menaikkan displacement arah X sebesar 2.2%. Pengaruh variasi juga berdampak terhadap gaya dalam axial yang naik

sebesar 2.16%, gaya dalam momen yang turun sebesar 5.64% dan 5.13% untuk arah X dan Z, dan gaya dalam geser yang turun sebesar 5.15% dan 6.79% untuk arah X dan Z. Sehingga dapat menghemat biaya konstruksi material kolom sebesar Rp.111.494.792,8- [5]. Model struktur dengan kolom persegi panjang memiliki gaya geser dasar seismik yang paling besar diantara kelima model. Dengan nilai gaya geser dasar seismik 8921,10 KN untuk arah X dan 8641,07 KN arah Y. Model struktur dengan kolom persegi panjang juga memiliki nilai simpangan paling kecil diantara kelima model, dengan nilai simpangan arah X akibat beban gempa arah X sebesar 117,26 mm dan simpangan arah Y akibat beban gempa arah Y sebesar 123,20 mm. Berdasarkan nilai gaya geser dasar seismik, perpindahan dan simpangan, dapat disimpulkan struktur dengan denah kolom persegi panjang memiliki kinerja paling baik diantara kelima model. Penambahan kolom bulat pada sudut-sudut denah struktur kolom bujur sangkar tidak memberikan pengaruh yang signifikan. Sedangkan penambahan kolom bulat pada struktur denah kolom persegi panjang justru menurunkan kinerja struktur tersebut [6]. Dari perbandingan gaya-gaya dalam, gaya aksial struktur gedung kolom bulat memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan struktur gedung kolom persegi, hal ini menunjukkan bahwa kolom bulat lebih kuat dalam menahan keruntuhan akibat gaya aksial dibandingkan kolom persegi. Gaya dalam geser struktur gedung kolom persegi lebih besar dari kolom bulat sehingga keruntuhan geser lebih lambat terjadi pada struktur gedung kolom persegi daripada struktur gedung kolom bulat, sedangkan struktur gedung kolom bulat memiliki gaya dalam momen yang lebih rendah dibandingkan dengan struktur gedung kolom persegi sehingga keruntuhan lentur lebih cepat terjadi pada struktur gedung kolom bulat daripada struktur gedung kolom persegi [7]. Pengaruh bentuk penampang pada efek penguatan kolom kompresi aksial diselidiki dengan uji kompresi aksial. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bentuk penampang mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap efek perkuatan kolom tekan aksial [8]. kolom persegi nonkomposit lebih kaku dibandingkan dengan kolom bulat nonkomposit akibat beban gempa. Kolom komposit (kolom beton persegi + pipa baja) lebih kaku dibandingkan dengan kolom komposit (kolom beton persegi + HB baja) akibat beban gempa. Kolom komposit (kolom beton bulat + pipa baja) lebih kaku dibandingkan dengan kolom komposit (kolom beton bulat + HB baja) akibat beban gempa. Simpangan lateral semua model lebih kecil dari simpangan lateral ijin SNI 1726:2019 dan drift ratio lebih kecil dari 130%, sehingga struktur tidak mengalami soft story [9]. perlunya penggunaan pengikat silang yang mengekang secara lateral tulangan longitudinal, penggunaan pengikat silang memberikan peningkatan daktilitas yang signifikan, standar luas tulangan

pengekan terbaru memberikan tingkat daktilitas yang lebih baik dari sebelumnya [10].

2. Metodologi Penelitian

Melakukan studi literatur untuk memahami teori dan penelitian terdahulu terkait perilaku kolom beton bertulang, variasi bentuk penampang kolom, dan metode analisis yang relevan. Memilih berbagai bentuk penampang kolom beton bertulang yang akan digunakan dalam penelitian ini, seperti penampang persegi, penampang bundar, penampang persegi panjang. Pemodelan struktur menggunakan perangkat lunak pemodelan struktur seperti SAP2000 untuk membuat model struktur dengan variasi bentuk penampang kolom yang telah dipilih yang disajikan pada gambar 1. Menentukan skenario beban yang akan diterapkan pada model-model struktur, termasuk beban gempa, beban angin, beban hidup.



Gambar 1. Pemodelan struktur

Skenario beban ini akan memperhitungkan kondisi nyata di lapangan. Melakukan analisis struktural terhadap setiap model dengan berbagai bentuk penampang kolom. Ini melibatkan perhitungan daya dukung, kekakuan, deformabilitas, dan perilaku struktural lainnya. Menentukan pengaturan tulangan pada kolom untuk setiap variasi bentuk penampang kolom. Ini termasuk jumlah dan orientasi tulangan, serta diameter tulangan yang digunakan. Melakukan simulasi keruntuhan pada model-model struktur untuk memahami mekanisme keruntuhan yang mungkin terjadi. Menganalisis data yang dihasilkan dari analisis struktural, termasuk grafik perbandingan daya dukung, kekakuan, dan deformabilitas antara variasi bentuk penampang kolom. Mengevaluasi keselamatan struktural dari masing-masing variasi bentuk penampang kolom dan memberikan rekomendasi terkait desain yang paling efektif dan aman.

3. Hasil dan Pembahasan

Dari tabel yang disajikan merupakan gaya – gaya dalam yang terjadi pada masing- masing elemen

struktur mulai dari struktur balok utama, balok anak dan kolom untuk variasi penampang kolom bulat didapatkan nilai gaya-gaya dalam terkecil diantara variasi penampang lainya yang disajikan pada tabel 1 yang merupakan gaya-gaya dalam pada balok utama serta besarnya gaya-gaya dalam yang terjadi pada balok anak disajikan pada tabel 2.

Tabel 1. Rekap gaya dalam balok utama

	Axial kN	Geser kN	Momen kN.m
Max	502,90	396,65	545,38
Min	-503,08	-371,91	-666,84

Tabel 2. Rekap gaya dalam balok anak

	Axial kN	Geser kN	Momen kN.m
Max	6,54	44,18	22,24
Min	-0,62	-50,48	-65,40

Gaya dalam pada kolom untuk variasi dimensi kolom bulat didapatkan nilai gaya dalam paling kecil diantara variasi dimensi lainya. Baik pada kolom type 1 yang disajikan pada table 3 dan kolom type 2 yang disajikan pada tabel 4.

Tabel 3. Rekap gaya dalam kolom type 1

	Axial kN	Geser kN	Momen 2 kN.m	Momen 3 kN.m
Max	614,52	373,97	982,55	871,84
Min	-4930,70	-379,08	-963,64	-867,01

Tabel 4. Rekap gaya dalam kolom type 2

	Axial kN	Geser kN	Momen 2 kN.m	Momen 3 kN.m
Max	126,04	264,46	508,11	446,47
Min	-1984,83	-277,31	-480,24	-428,02

Dari data yang disajikan pada table 5 didapat partisipasi massa untuk arah X sebesar 90,82% pada modal ke 5 dan partisipasi massa arah Y sebesar 90,15% pada modal ke 4. Maka dapat disimpulkan analisis struktural yang sudah dilakukan telah memenuhi syarat yang terdapat pada SNI-1726-2019.

Tabel 5. Rekap gaya dalam kolom type 2

Case	Mode	Period	Sum UX	Sum UY
Modal	1	1,185	0,0001	0,7809
Modal	2	1,154	0,7887	0,7809
Modal	3	1,035	0,7888	0,7814
Modal	4	0,412	0,7888	0,9015
Modal	5	0,400	0,9082	0,9016
Modal	6	0,362	0,9082	0,9019

Kontrol akhir gaya geser dasar disajikan pada tabel 6 gempa arah X dan Y masih belum memenuhi syarat nilai akhir respon. Menurut SNI 1726:2019 pasal 7.9.1.4.1 dijelaskan jika gaya geser dasar hasil analisis kurang dari 100%, maka harus diperbesar dengan faktor skala arah X dan Y.

Tabel 6. gaya geser

Arah	Statik (kN)	Dinamis (kN)
X	7991,00	6827,61
Y	7783,28	6658,69

Setelah skala faktor diperbesar, maka didapatkan nilai gaya geser dasar dinamik seperti yang disajikan pada tabel 7 telah memenuhi syarat SNI 1726:2019.

Tabel 7. gaya geser diperbesar

Arah	Statik (kN)	Dinamis (kN)
X	7991,00	7998,77
Y	7783,28	7796,31

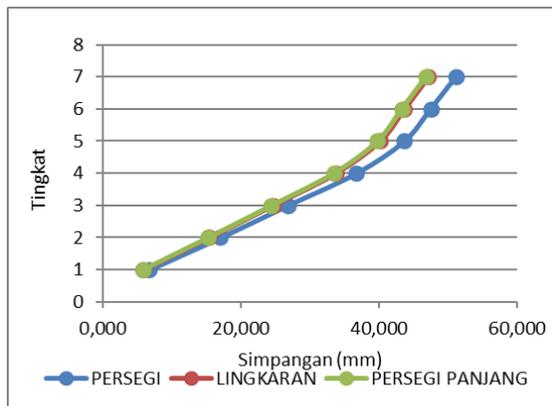
Tabel 8. Simpangan antar lantai arah X

No	Height	Displacement	Elastic Drift	In Elastic Drift	Drift Limit	Cek
	mm	mm	mm	mm	mm	
7	4000	51,074	3,641	20,026	61,538	OK
6	4000	47,433	3,796	20,878	61,538	OK
5	4000	43,637	6,944	38,192	61,538	OK
4	4000	36,693	9,894	54,417	61,538	OK
3	4000	26,799	9,768	53,724	61,538	OK
2	4000	17,031	10,285	56,568	61,538	OK
1	4000	6,746	6,746	37,103	61,538	OK

Tabel 8. Simpangan antar lantai arah Y

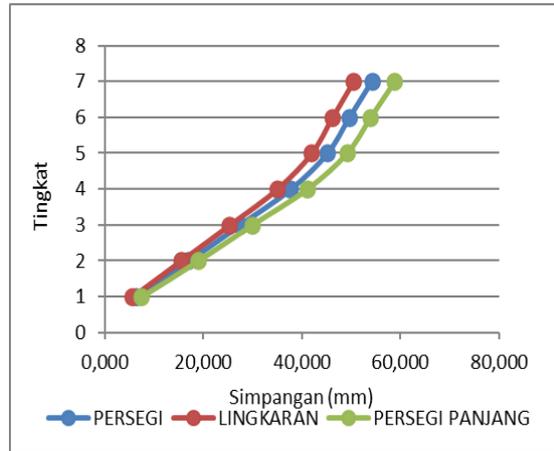
No	Height	Displacement	Elastic Drift	Story Drift	Drift Limit	Cek
	mm	mm	mm	mm	mm	
7	4000	54,224	4,545	24,998	61,538	OK
6	4000	49,679	4,459	24,525	61,538	OK
5	4000	45,220	7,471	41,091	61,538	OK
4	4000	37,749	10,332	56,826	61,538	OK
3	4000	27,417	10,394	57,167	61,538	OK
2	4000	17,023	10,616	58,388	61,538	OK
1	4000	6,407	6,407	35,239	61,538	OK

Simpangan yang terjadi telah memenuhi syarat batas yang disyaratkan dalam SNI Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.8.6 disebutkan penentuan simpangan antar lantai tingkat desain harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau disajikan pada tabel 7 dan tabel 8.



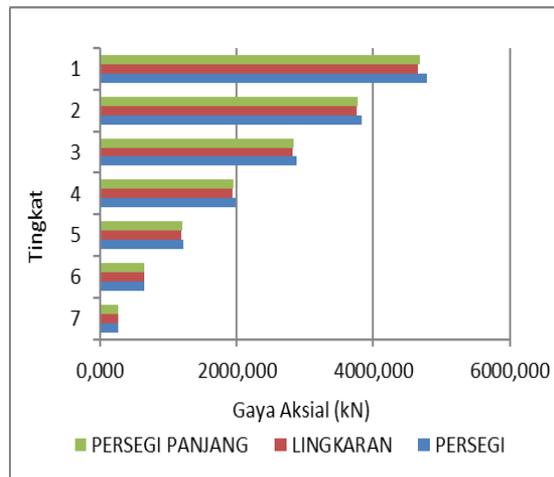
Gambar 2. Simpangan arah X

Dapat dilihat simpangan arah X yang disajikan pada gambar 2, nilai paling kecil terjadi pada struktur dengan kolom persegi panjang dengan rasio 9,08% terhadap kolom persegi dan 0,84% terhadap kolom lingkaran. Simpangan ini berhubungan dengan inersia penampang. Jika inersia penampang besar maka struktur akan lebih kaku dan simpangan akan semakin kecil.



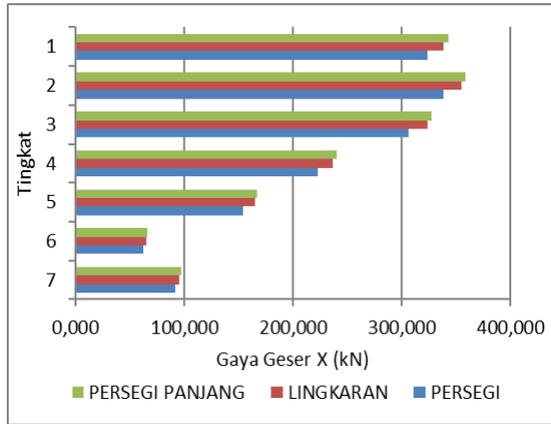
Gambar 3. Simpangan arah Y

Pada gambar 4 dan gambar 5 yang disajikan, dapat dilihat nilai dari gaya geser arah X dan Y pada setiap kolomnya. Gaya geser arah X pada kolom persegi memiliki nilai paling kecil dari 2 kolom lainnya dengan rasio 5,07% terhadap kolom lingkaran dan 6,2% terhadap kolom persegi panjang, sedangkan pada gaya geser arah Y dapat dilihat gaya geser paling kecil terdapat pada kolom persegi panjang dengan rasio 15,5% terhadap kolom lingkaran dan 6,8% terhadap kolom persegi. Dapat dilihat nilai dari gaya momen arah X dan Y pada setiap kolomnya yang disajikan pada gambar 7 dan gambar 8.

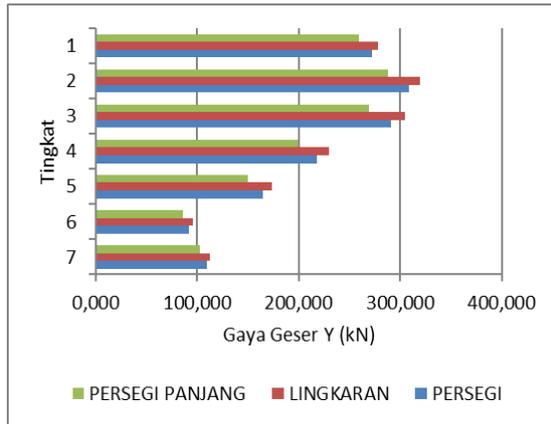


Gambar 4. Grafik perbandingan gaya aksial kolom

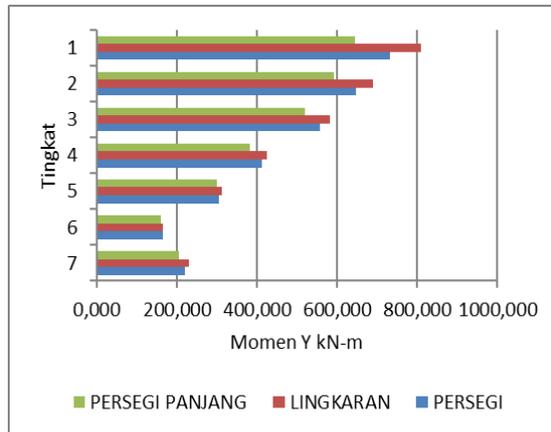
Gaya momen arah Y pada kolom persegi panjang memiliki nilai paling kecil dari 2 kolom lainnya dengan rasio 12,76% terhadap kolom lingkaran dan 7,66% terhadap kolom persegi, sedangkan pada gaya momen arah X dapat dilihat gaya momen paling kecil terdapat pada kolom persegi dengan rasio 6,52% terhadap kolom lingkaran dan 7,5% terhadap kolom persegi Panjang.



Gambar 5. Grafik perbandingan gaya geser arah X kolom



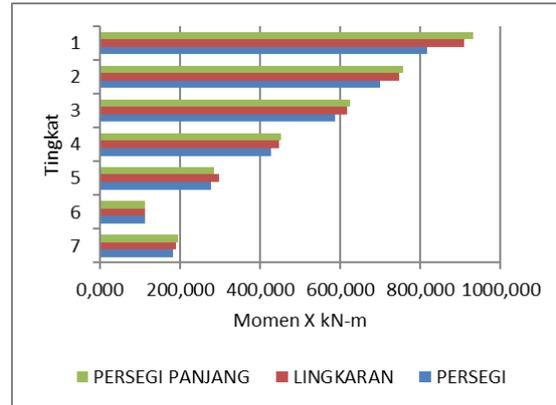
Gambar 6. Grafik perbandingan gaya geser arah Y kolom



Gambar 7. Grafik perbandingan gaya momen arah Y kolom

Berdasarkan hasil gaya aksial struktur dengan kolom persegi memiliki kapasitas yang lebih tinggi dibandingkan dari 2 kolom lainnya, yang berarti struktur dengan kolom persegi lebih kuat dalam menahan keruntuhan akibat beban aksial. Pada gaya geser X struktur dengan kolom persegi panjang memiliki nilai lebih tinggi dari pada 2 kolom lainnya, berarti bahwa pada gaya geser arah X kolom persegi panjang mengalami keruntuhan geser lebih lambat, sedangkan

pada gaya geser Y struktur dengan kolom lingkaran memiliki nilai lebih tinggi dari pada 2 kolom lainnya, berarti bahwa pada gaya geser arah Y kolom lingkaran mengalami keruntuhan geser lebih lambat.



Gambar 8. Grafik perbandingan gaya momen arah X kolom

Pada gaya momen arah X kolom persegi panjang memiliki nilai paling tinggi dari pada 2 kolom lainnya, berarti pada gaya momen arah X kolom persegi panjang mengalami keruntuhan lentur lebih lambat dari pada 2 kolom lainnya, sedangkan pada gaya momen arah Y kolom lingkaran memiliki nilai paling tinggi dari pada 2 kolom lainnya, berarti pada gaya momen arah Y kolom lingkaran mengalami keruntuhan lentur lebih lambat dari pada 2 kolom lainnya,

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa struktur dengan kolom persegi panjang memiliki nilai simpangan arah X paling kecil dengan rasio 9,08% terhadap kolom persegi dan 0,84% terhadap kolom lingkaran. Sedangkan pada simpangan arah Y nilai paling kecil terjadi pada struktur dengan kolom lingkaran dengan rasio 15,15% terhadap kolom persegi panjang dan 7,40% terhadap kolom persegi. Gaya aksial setiap struktur dengan ketiga variasi kolom. Perbedaan gaya aksial setiap kolom cenderung tidak terlalu besar namun didapatkan bahwa kolom persegi memiliki gaya aksial paling besar, sedangkan kolom lingkaran memiliki gaya aksial paling kecil. Gaya geser arah X pada kolom persegi memiliki nilai paling kecil dari 2 kolom lainnya dengan rasio 5,07% terhadap kolom lingkaran dan 6,2% terhadap kolom persegi panjang. Sedangkan pada gaya geser arah Y dapat dilihat gaya geser paling kecil terdapat pada kolom persegi panjang dengan rasio 15,5% terhadap kolom lingkaran dan 6,8% terhadap kolom persegi. Gaya momen arah Y pada kolom persegi panjang memiliki nilai paling kecil dari 2 kolom lainnya dengan rasio 12,76% terhadap kolom lingkaran dan 7,66% terhadap kolom persegi, sedangkan pada gaya momen arah X dapat dilihat gaya momen paling kecil terdapat pada kolom persegi dengan rasio 6,52% terhadap kolom lingkaran dan 7,5% terhadap kolom persegi Panjang.

Daftar Rujukan

- [1] Mirza, Friska & Thamrin, Rendy. (2021). Kinerja Struktur Gedung Beton Bertulang dengan Variasi Arah Penampang dan Rasio Tulangan Kolom. Siklus : Jurnal Teknik Sipil. 7. 93-105. <http://dx.doi.org/10.31849/siklus.v7i2.6926>
- [2] Yuniva, Tika & Sulistyorini, Dewi & Shulhan, Afif. (2022). perbandingan kapasitas kolom dengan variasi bentuk penampang (Studi Kasus Struktur Kolom Rumah Susun di Yogyakarta).
- [3] Usman, Ali & Harsoyo, Yoga. (2019). Redesain Kolom Segiempat Ke Kolom Lingkaran Pada Gedung Kejaksaan Tinggi Riau. Semesta Teknika. 22. <http://dx.doi.org/10.18196/st.222247>
- [4] Krisnamurti, Krisnamurti & Wiswamitra, Ketut & Kriswardhana, Willy. (2013). pengaruh variasi bentuk penampang kolom terhadap perilaku elemen struktur akibat beban gempa. Jurnal Rekayasa Sipil. 7. 13 - 27.
- [5] Husen, Abrar & Hardiasyah, Hutomo & Kunci, Kata & Struktur, Goyangan & Persegi, Kolom & Panjang, Kolom. (2021). Pengaruh P-Delta Terhadap Kolom Persegi dan Kolom Persegi Panjang Dari Segi Biaya Akibat Gaya Geser Gempa.
- [6] Sudarsana, I. K., Putra, D., & Dewi, A. A. I. L. (2016). Pengaruh Bentuk Penampang Kolom Terhadap Kinerja Struktur Beton Bertulang. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil, 20(1), 58-65.
- [7] Erwansyah, I., Tarigan, G., & Simbolon, R. H. (2022). Analisis Perbandingan Struktur Kolom Bulat Dan Kolom Persegi Terhadap Kekuatan Dan Biaya. Buletin Utama Teknik, 17(3), 230-234.
- [8] Niu, Jiangang & Xu, Wenming & Li, Jingjun & Liang, Jian. (2021). Pengaruh Bentuk Penampang Terhadap Sifat Mekanik Kolom Beton Bertulang Diperkuat *Concrete Canvas* dan CFRP (*Carbon Fiber Reinforced Polymer*). Advances in Materials Science and Engineering. 2021. 1-14. 10.1155/2021/5541587.
- [9] Laintarawan, I. (2021). Kontribusi Kekakuan Penampang Kolom Komposit Baja-Beton Terhadap Beban Lateral. Widya Teknik. 16. 86. <http://dx.doi.org/10.32795/widyateknik.v16i02.1977>
- [10] Kristianto, Anang & Pranata, Yosafat & Sulandari, Nock. (2021). Studi Parametrik Pengaruh Konfigurasi Tulangan Longitudinal Dan Transversal Pada Efektifitas Pengekangan Kolom Persegi Beton Bertulang Menggunakan XTRACT. Jurnal Permukiman. 15. <http://dx.doi.org/10.31815/jp.2020.15.73-83>
- [11] Badan Standarisasi Nasional. 2020. "Beban minimum untuk perencanaan bangunan gedung dan struktur lain, SNI 1727:2020". Jakarta: BSN
- [12] Badan Standarisasi Nasional. 2019. "Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung, SNI 2847:2019". Jakarta: BSN
- [13] Badan Standarisasi Nasional. 2019. "Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, SNI 1726:2019". Jakarta : BSN