SIKLUS: Jurnal Teknik Sipil

p- ISSN 2443-1729 e- ISSN 2549-3973 Vol 7, No. 2, Oktober 2021, pp 1-13

Kinerja Struktur Gedung Beton Bertulang dengan Variasi Arah Penampang dan Rasio Tulangan Kolom

Friska Mirza Fairuz*1, Rendy Thamrin2, Zaidir3

^{1,2,3} Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Andalas Limau Manis, Kec. Pauh, Kota Padang, Sumatera Barat

Submited: 01 Juni 2021; Accepted: 13 Juli 2021

Abstrak

Kolom yang merupakan elemen struktur terpenting dalam bangunan gedung memiliki banyak kemungkinan variasi penampang yang digunakan, dimana kekakukan kolom dan struktur bangunan secara keseluruhan dipengaruhi oleh bentuk penampang kolom tersebut. Pada penelitian ini akan dilakukan analisis nonlinear pushover dengan 3 tipe penampang kolom, yaitu bujur sangkar (K1), persegi panjang yang ditempatkan memanjang sumbu Y (K2) dan sumbu X (K3) global. Rasio tulangan kolom pada masingmasing tipe struktur juga divariasikan, yaitu 1.1% dan 2.5%. Ketiga tipe kolom memiliki luas penampang kolom yang sama, dan juga memiliki dimensi pelat lantai, balok yang sama. 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 bisa 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%.

Kata Kunci: analisis *pushover*; bentuk penampang kolom; kinerja struktur

Abstract

A column which is the most important structural element in a building has many possible variations of cross section used where the stiffness of the column and the overall structure of the building is influenced by the column cross section. In this research, there are 3 types of column sections that nonlinear pushover analysis with cross section of a square column (K1), rectangular column cross section placed along the global Y axis (K2) and the global X axis (K3). The ratio of column reinforcement for each type of

doi: 10.31849/siklus. v7i2.6926,

structure was also varied which are 1.1% and 2.5%. The three types of column have the same cross sectional area, and also have the same dimensions of floor slabs and beams. Results show that the conversion of K1 column to the K2 and K3 column have the best capacity to the K3 column due to the X direction pushover load of 0.42-7.44% and the best capacity to the K2 column due to the Y direction pushover load of 0.01-7.32%. For the structural geometry analyzed found that the K2 column resulted in an increase the value of the base shear at the first yield in 6-13.4%. According to the structural deformation and criteria from ATC-40 the performance level of the structure is a damage control where the condition of the building when an earthquake occurs still withstand and the risk of casualties is very small. All analyzed columns have experienced plastic hinge due to the pushover peak load which is indicated by the value of the force in column that has exceeded its capacity calculated using RCCSA software. Structure that fulfilled the requirements for Beam Sway Mechanism behavior are produced by column type K1, K2, and K3 with a column reinforcement ratio of 2.5%.

Keywords: sectional shape of column; pushover analysis; performance structure

A. PENDAHULUAN

Resiko gempa yang tinggi di Negara Indonesia menyebabkan seringnya terjadi gempa bumi. Maka, gempa beban sangat penting diperhitungkan merencanakan saat bangunan gedung dan non gedung. Sulitnya besar, arah, maupun saat terjadinya beban gempa yang diprediksi untuk merencanakan bangunan tahan gempa pada suatu lokasi menjadi landasan bahwa beban tersebut harus direncanakan dengan baik. Metode perencanaan yang sangat sering digunakan untuk bangunan tahan gempa dengan menggunakan gaya sebagai pendekatan suatu struktur adalah perencanaan berbasis gaya (force based design). Namun perencanaan dengan konsep ini belum dapat mengevaluasi kinerja struktur dengan baik. Untuk itu dilakukan perancangan kinerja struktur menerapkan perencanaan dengan berbasis kinerja (performance based design).

Perencanaan berbasis kinerja ini menekankan dimana selama respon gempa tersebut terjadi struktur dapat mengalami kerusakan bahkan keruntuhan. Tingkat kerusakan selama respon gempa tersebut menggambarkan seberapa besar kinerja dari struktur (performa struktur) yang direncanakan. Perencanaan berbasis kinerja ini juga diperuntukkan meramal besarnya gaya geser dasar rencana yang diterapkan pada bangunan saat gempa terjadi, sehingga diperoleh kinerja struktur yang ditentukan berdasarkan gaya geser dasar dan perpindahan lantai atap yang diperoleh dari analisis statik nonlinear pushover (Tavio & Wijaya, 2018).

Dalam desain seismik, kekakuan lateral sangat penting diperhatikan karena persyaratan untuk mengontrol deformasi, mencegah ketidakstabilan (lokal dan global), mencegah kerusakan komponen nonstruktural dan memastikan keamanan penghuni selama gempa kecil hingga sedang terjadi. Kekakuan lateral itu sendiri dipengaruhi oleh konstruksi, jenis penampang, komponen struktur, sambungan struktur dan jenis sistem yang digunakan untuk menahan beban gempa (Elnashai & Di Sarno, 2015).

Jenis penampang untuk elemen struktur kolom pada bangunan gedung yang sering digunakan adalah bujur sangkar dan persegi panjang yang mana kekakuan kolom dan kekakuan struktur bangunan secara keseluruhan dipengaruhi oleh bentuk penampang kolom tersebut (Sudarsana, Putra, & Dewi, 2016). Kolom yang merupakan elemen struktur vertikal yang mendistribusikan beban-beban menuju elevasi paling bawah sangat penting diperhatikan karena lokasi kritis yang terdapat pada kolom bisa menyebabakan keruntuhan pada lantai tersebut bahkan keruntuhan total.

Penelitian mengenai perilaku struktur bangunan akibat penempatan arah kolom mendapatkan struktur bangunan dengan penempatan arah panjang kolom persegi yang dikombinasikan lebih aman menahan simpangan yang berlebih yang dapat mengakibatkan kerusakan pada struktur bangunan dari pada penempatan arah kolom bujur sangkar dan persegi panjang (Handayani & Jamal, 2018).

Dari penjelasan diatas timbul gagasan penelitian mengenai analisis kinerja struktur gedung beton bertulang dengan variasi bentuk penampang kolom yang berbeda yaitu bujur sangkar, persegi panjang yang ditempatkan memanjang sumbu Y global, dan persegi panjang yang ditempatkan sumbu X global. Selain itu, juga akan divariasikan rasio tulangan kolom untuk mengetahui pengaruh perbedaan kapasitas struktur. Penelitian ini akan menggunakan metode statik nonlinear pushover analysis dengan bantuan perangkat lunak ETABS v16.2.1. dan bantuan perangkat lunak Reinforced Cross Analysis Concrete Section (RCCSA) untuk menentukan kapasitas elemen penampang struktur digunakan dimana program berbasis bahasa fortran ini menggunakan metode model elemen berlapis (layer element penampang method) yang bertulang dibagi menjadi elemen-elemen kecil searah tinggi penampang (Thamrin, 2015).

Tujuan dari penelitian ini yang dicapai adalah mengetahui ingin pengaruh penempatan arah penampang kolom dengan variasi rasio tulangan kolom terhadap kurva kapasitas, mengetahui pengaruh inersia kolom terhadap beban pada saat leleh pertama, mendapatkan tingkat kinerja dan titik kinerja struktur bangunan gedung dengan variasi penempatan arah penampang dan rasio tulangan kolom, kolom mengetahui momen dan aksial pada kolom lantai dasar terhadap beban puncak akibat analisis pushover dan dibandingkan dengan diagram interaksi yang didapat dari software RCCSA, mengetahui mekanisme sendi plastis pada struktur bangunan gedung dengan variasi yang digunakan.

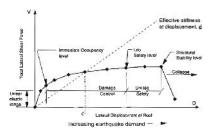
B. TINJAUAN PUSTAKA

Pushover analysis merupakan analisis statik nonlinear dimana besar beban gempa rencana pada suatu struktur bangunan gedung dianggap sebagai beban-beban statik setiap lantai di pusat massa dan nilai tersebut dinaikkan secara bertahap hingga melebihi beban yang menyebabkan struktur bangunan terjadi pelelehan pertama, dan ketika beban terus meningkat akan terjadi bentuk pascaelastik yang besar hingga struktur mencapai kondisi ambang keruntuhan (Dewobroto, 2006). **Analisis** digunakan untuk mengevaluasi struktur bangunan dengan menggunakan tingkat kinerja saat gempa terjadi di lokasi, sehingga struktur dapat direncanakan untuk tahan gempa (Oktopianto & Andayani, 2013).

1. Tingkat Kinerja Struktur

Tingkat kinerja merupakan tingkat kerusakan yang ditentukan berdasarkan kerusakan elemen struktur. Menurut (ATC 40, 1996), kinerja struktur dapat dijelaskan dengan Gambar 1. Level kinerja struktur adalah sebagai berikut:

- a. *Immediate Occupancy* (IO), saat terjadi gempa struktur bangunan tidak terjadi kerusakan baik pada elemen struktural maupun nonstruktural.
- b. Damage Control (DC), transisi antara IO dan LS yang mana bangunan masih menahan gempa yang terjadi dan resiko korban jiwa sangat kecil.
- c. *Life Safety* (LS), kerusakan pada elemen struktur hanya sedikit dan resiko korban jiwa sangat rendah.
- d. Structural Stability (SS), struktur setelah mengalami kerusakan hingga ambang keruntuhan total maupun parsial.



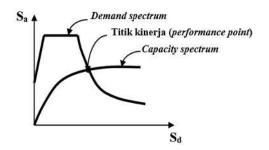
Gambar 1. Kurva Kapasitas pada Berbagai Tingkat Kinerja Struktur

2. Titik Kinerja Struktur

Untuk mendapatkan titik kinerja struktur (*performance point*) digunakan metode spektrum kapasitas yang diatur oleh (ATC 40, 1996) dimana memberikan

dua grafik, yaitu spektrum kapasitas dan spektrum *demand* seperti pada Gambar 2.

Kurva spektrum demand diperoleh dari mengonversikan spektrum respons yang menggunakan format spektral percepatan dan periode menjadi format Acceleration Displacement Response Spectral (ADRS) dimana hubungan spektral percepatan (Sa) dan spektral perpindahan (Sd). Perpotongan kurva spektrum demand dan spektrum kapasitas adalah titik kinerja struktur bangunan. Proses konversi pada penelitian ini dilakukan otomatis oleh program ETABS v16.2.1.



Gambar 2. Titik Kinerja pada Spektrum Kapasitas

3. Batasan Deformasi

Deformasi lateral pada titik kinerja harus diperiksa sesuai dengan batas deformasi yang ditentukan dalam (ATC 40, 1996) yang dijelaskan pada Tabel 1.

Tabel 1. Batasan Simpangan pada Tingkat Kinerja Struktur

Performance Level						
	Immediate	Damage	Life	Strcutural		
Interstory Drift Limit	Оссирапсу	Control	Safety	Stability		
Maximum total drift	0.01	0.01-0.02	0.02	0.33 Vi/Pi		
Maximum inelastic drift	0.005	0.005-0.015	no limit	no limit		

(Sumber : ATC 40)

$$Maximum\ total\ drift = \frac{D}{H}$$
 (1)

Maximum inelastic drift =
$$\frac{D - D1}{H}$$
 (2)
Dimana:

 D_t = nilai perpindahan pada saat performance point (mm).

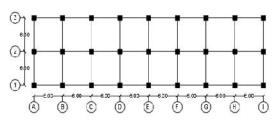
 D_1 = nilai perpindahan saat leleh pertama (mm).

 H_t = nilai tinggi total bangunan (mm).

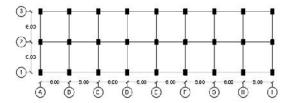
C. METODE PENELITIAN

Sebelum dilakukan analisis pushover, penelitian ini melakukan beberapa tahapan, yaitu studi literatur, preliminary design, pemodelan dan pembebanan struktur. lalu struktur dianalisis berdasarkan persyaratan perencanaan menurut SNI 2847:2019 Hasil analisis struktur berupa simpangan yang diijinkan.

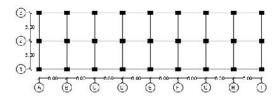
Pemodelan struktur pada penelitian ini menggunakan sistem Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dimana ketiga tipe identik satu sama lain dengan tipe bujur sangkar sebagai acuan. Perbedaan ketiga tipe struktur ini hanya terletak pada bentuk penampang kolom saja, dengan luasan penampang kolom adalah sama. Masing-masing penampang kolom juga divariasikan rasio tulangan kolomnya, yaitu 1.1% (22 D32) dan 2.5% (48 D32). Dimensi elemen struktur lain seperti balok dan pelat menggunakan dimensi yang sama untuk ketiga tipe struktur. Pemodelan struktur direncanakan tidak menggunakan dinding geser karna dapat menambah kekakuan struktur bangunan dan juga tidak mencapai tujuan penelitian yang hanya difokuskan pada kolom saja agar mendapatkan hasil yang diinginkan. Denah bangunan yang akan dianalisis terdapat pada Gambar 3 untuk tipe kolom K1, Gambar 4 untuk tipe kolom K2, dan Gambar 5 untuk tipe kolom K3.



Gambar 3. Denah Bangunan dengan Tipe Kolom K1



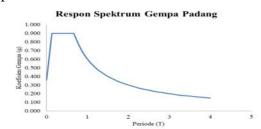
Gambar 4. Denah Bangunan dengan Tipe Kolom K2



Gambar 5. Denah Bangunan dengan Tipe Kolom K3

Bangunan direncanakan 10 tingkat dengan elevasi setiap lantai 4 m. Mutu beton (fc') 30 MPa, berat jenis beton 2400 kg/m³, dan modulus elastisitas beton (Ec) 25742,96 MPa. Mutu tulangan (fy) 400 MPa dan modulus elastisitas baja (Es) 200000 MPa.

Pembebanan struktur meliputi berat sendiri struktur yang dihitung secara program dengan **ETABS** otomatis v16.2.1, dan beban hidup sebesar 479 kg/m² pada lantai berdasarkan beban hidup terbesar menurut SNI 1727:2013. Beban gempa rencana yang digunakan berlokasi di Kota Padang dengan jenis tanah sedang. Beban gempa yang dimasukkan dalam perhitungan berupa respons spektrum desain yang didapat melalui website puskim.go.id. Respons spektrum desain yang digunakan terdapat pada Gambar 6.



Gambar 6. Respons Spektrum Desain Kota Padang

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dimensi elemen struktur didapat dengan cara *trial and error* dibantu dengan program RCCSA sampai mendapatkan dimensi struktur yang memenuhi persyaratan kapasitas. Didapatkan kolom bujur sangkar dengan ukuran 1250x1250 mm yang kemudian menjadi acuan untuk dimensi kolom tipe K2 dan K3.

Tabel 2. Dimensi Elemen Struktur

Kolom	b (mm)	h (mm)		
K1	1250	1250		
K2	1100	1420		
K3	1420	1100		
Balok	350	600		
Pelat	Tebal (mm)			
	140			

Data dimensi kolom yang akan dianalisis ditampilkan pada Tabel 2. Dimana tipe K1 yaitu tipe struktur dengan

penampang kolom bujur sangkar, K2 tipe struktur dengan penampang kolom persegi panjang yang ditempatkan memanjang sumbu Y, K3 tipe struktur dengan penampang kolom persegi panjang yang ditempatkan memanjang sumbu X.

Menurut (Darwin, Dolan, & Nilson, perencana memperkirakan 2016) kedalaman elemen struktur sekitar lebar (b) 0.5 kedalaman (h). Pada penelitian ini difokuskan pada vang menggunakan rasio penampang (b/h) 0.8. Berdasarkan SNI 1726:2019 simpangan antar lantai tingkat desain () tidak boleh melewati simpangan antar tingkat izin (a). Bangunan yang termasuk kategori resiko gempa II, simpangan disemua lantai tidak boleh melewati 0.020 tinggi tingkat. Tinggi tingkat yang digunakan pada struktur yang dianalisis adalah 4000 mm, maka simpangan ijin didapatkan sebesar 80

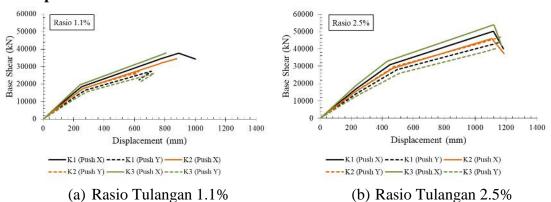
Tabel 3. Simpangan per-lantai arah X dan Y

Lantai —	K	K1		K2		K3	
	X	Y	X	Y	X	Y	
10	23.69	29.66	22.48	29.51	24.62	30.00	
9	26.64	32.35	25.86	31.72	27.17	33.31	
8	30.30	35.65	30.05	34.39	30.31	37.39	
7	33.85	38.77	34.16	36.83	33.29	41.34	
6	36.69	41.09	37.59	38.47	35.54	44.50	
5	38.18	41.99	39.70	38.76	36.46	46.15	
4	37.57	40.67	39.67	37.02	35.37	45.40	
3	33.85	36.10	36.30	32.37	31.41	40.93	
2	25.61	26.90	27.91	23.78	23.40	30.98	
1	10.97	11.35	12.14	9.91	9.91	13.26	

Berdasarkan Tabel 3, simpangan maksimum yang terjadi untuk ketiga tipe struktur telah memenuhi syarat (< 80mm) dimana kurang dari simpangan izin. Setelah dilakukan pemeriksaan simpangan, dapat dilakukan analisis statik nonlinear *pushover* menggunkan program ETABS v16.2 sehingga

dihasilkan kuva kapasitas yang menunjukkan hubungan antara perpindahan dan gaya geser dasar, pengaruh inersia kolom terhadap gaya geser dasar saat leleh pertama, titik dan tingkat kinerja struktur, nilai gaya dalam kolom pada saat beban puncak *pushover*, mekanisme sendi plastis pada saat leleh pertama.

1. Kapasitas Struktur



Gambar 7. Kurva Kapasitas *Pushover* Arah X dan Y

Tabel 4. Persentase Beban Maksimum

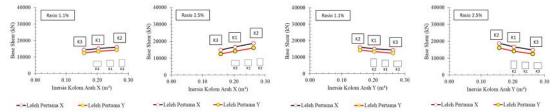
Rasio Tulangan Kolom	Arah Beban	Tipe Kolom	Beban Max. (kN)	Beban Max. K1 (kN)	%	
	Dugh over V	K2	34467.95	27649 02	-8.45	
1 100/	Pushover X	K3	37805.84	37648.93	0.42	
1.10%	Pushover Y	K2	27342.24	27246 05	-0.01	
	Pusnover 1	K3	26130.31	27346.05	-4.45	
	Pushover X	K2	45877.21	50083.55	-8.40	
2.50% -	Pusnover A	K3	53807.60	30083.33	7.44	
	Pushover Y	K2	46804.95	12612 71	7.32	
	Pusnover Y	K3	40171.57	43613.71	-7.89	

Gambar 7 merupakan perbandingan hasil kurva kapasitas pushover yang ditinjau dari arah X dan arah Y. Nilai gaya geser dasar maksimum ditampilkan pada Tabel 4. Dari gambar dan tabel tersebut menyatakan bahwa variasi penempatan arah penampang kolom dan rasio tulangan kolom berpengaruh untuk kekuatan struktur bangunan dalam menerima beban. Untu Menurut (Darwin, Dolan, & Nilson, 2016) perencana memperkirakan kedalaman elemen struktur sekitar lebar (b) 0.5 kedalaman (h). Pada penelitian ini yang difokuskan pada kolom menggunakan rasio penampang (b/h) 0.8.

Berdasarkan SNI 1726:2019 besar simpangan antar lantai tingkat desain ()

tidak boleh melewati simpangan antar tingkat izin (a). Bangunan yang termasuk kategori resiko gempa II, simpangan disemua lantai tidak boleh melewati 0.020 tinggi tingkat. Tinggi tingkat yang digunakan pada struktur yang dianalisis adalah 4000 mm, maka simpangan ijin didapatkan sebesar 80mm. k semua rasio tulangan kolom tipe K3 dapat menerima beban yang lebih besar akibat beban pushover arah X mengalami peningkatan berkisar 0.42-7.44% dari tipe K1. Sedangkan kolom tipe K2 dapat menerima beban yang lebih besar akibat beban pushover arah Y mengalami peningkatan berkisar 0.01-7.32% dari tipe K1.

2. Pengaruh Inersia Kolom Terhadap Gaya Geser Dasar Saat Leleh Pertama



Gambar 8. Inersia Kolom Arah X dan Y terhadap Gaya Geser Dasar Leleh Pertama

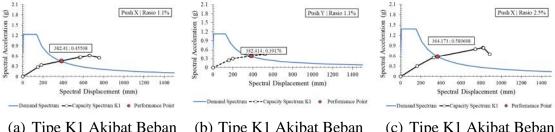
Tabel 5. Persentase Beban Saat Leleh Pertama Terhadap Inersia Kolom

Rasio Tulangan Kolom	Tipe Kolom	Inersia Kolom X (m ⁴)	Inersia Kolom Y (m ⁴)	V1 X (kN)	V1 Y (kN)	% x	% y
	K3	0.16	0.26	14356.4	12532.9	-5.4	-7.0
1.10%	K1	0.20	0.20	15173.3	13474.8		
	K2	0.26	0.16	16089.8	14306.4	6.0	6.2
	K3	0.16	0.26	14863.7	12532.9	-11.0	-11.7
2.50%	K1	0.20	0.20	16707.2	14189.1		
	K2	0.26	0.16	18814.3	16085.5	12.6	13.4

Gambar 8 merupakan pengaruh inersia kolom arah X dan Y terhadap gaya geser dasar saat leleh pertama. Nilai persentase beban saat leleh pertama ditampilkan pada Tabel 5. Gambar dan tabel menyatakan bahwa tipe kolom K2 yang mempunyai momen inersia terbesar untuk arah X dan momen inersia terkecil untuk arah Y menghasilkan nilai gaya geser dasar pada saat leleh pertama terbesar daripada tipe kolom K1 dan K3.

Karena momen inersia mempengaruhi kekakuan bangunan. Momen inersia yang besar mengakibatkan nilai periode semakin kecil. Nilai periode semakin kecil tersebut mengakibatkan besarnya gaya geser dasar yang diterima. Persentase bangunan tipe K2 dan K3 terhadap K1 juga telah dijelaskan pada Tabel 5 dimana meningkatnya persentase bangunan tipe K2 terhadap sedangkan bangunan tipe K3 terhadap K1 mengalami penurunan

3. Titik Kinerja (Performance Point)

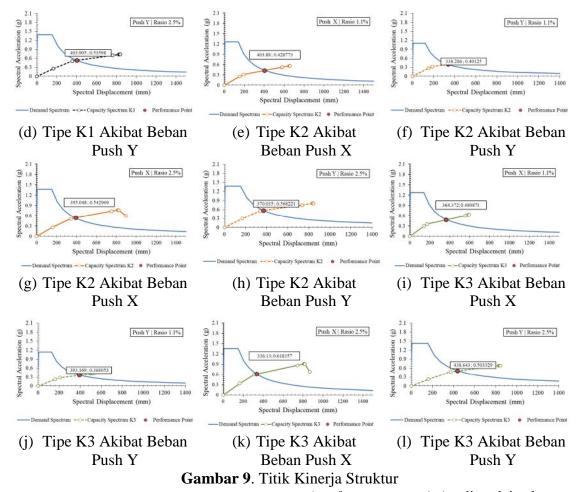


(a) Tipe K1 Akibat Beban Push X

(b) Tipe K1 Akibat Beban Push Y

(c) Tipe K1 Akibat Beban Push X

Fairuz, F,M., Thamrin, R., Zaidir/ Kinerja Struktur Gedung Beton Bertulang dengan ... Siklus: Jurnal Teknik Sipil Vol 7, No. 2, Oktober 2021, pp 1-13



Dari Gambar 9 hasil analisis *pushover* didapat bahwa struktur bangunan dengan tipe kolom K1, K2, dan K3 menggunakan semua rasio tulangan kolom yang direncanakan menghasilkan titik kinerja

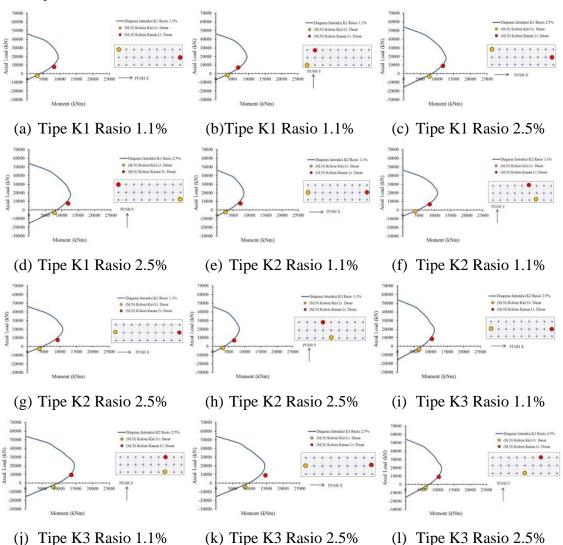
(performance point) ditandai dengan adanya perpotongan kurva capacity spectrum dengan demand spectrum yang terjadi pada saat kondisi struktur bangunan telah mengalami pelelehan.

4. Tingkat Kinerja (Performance Level)

Tabel 6. Tingkat Kinerja Struktur

Tipe/Rasio Tulangan Kolom	Case	Max. Total Drift	Max. Inelastic Drift	Perfomance Level
K1 Rasio Tul. 1.1%	Push X	0.013	0.008	Damage Control
K1 Kasio 1ui. 1.1%	Push Y	0.013	0.008	Damage Control
K1 Rasio Tul. 2.5%	Push X	0.012	0.007	Damage Control
K1 Rasio Tul. 2.5%	Push Y	0.014	0.008	Damage Control
K2 Rasio Tul. 1.1%	Push X	0.013	0.008	Damage Control
	Push Y	0.012	0.006	Damage Control
K2 Rasio Tul. 2.5%	Push X	0.013	0.008	Damage Control
	Push Y	0.013	0.007	Damage Control
K3 Rasio Tul. 1.1%	Push X	0.012	0.008	Damage Control
	Push Y	0.013	0.008	Damage Control
K3 Rasio Tul. 2.5%	Push X	0.012	0.006	Damage Control
	Push Y	0.015	0.009	Damage Control

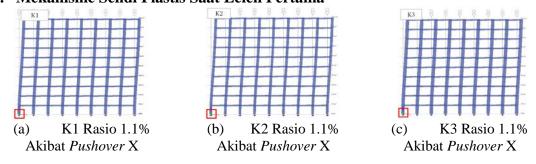
5. Gaya Dalam Kolom Saat Beban Puncak Pushover



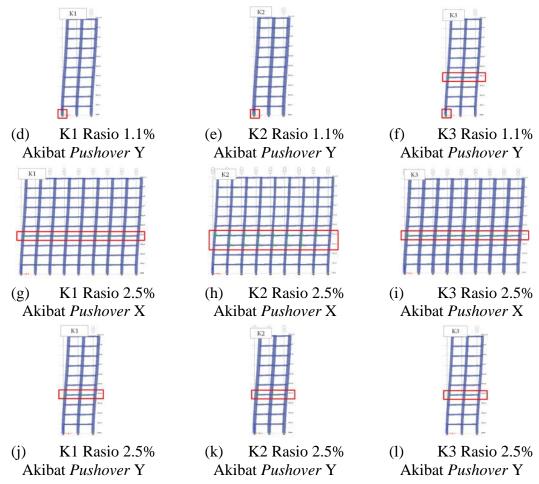
Gambar 10. Gaya Dalam Kolom Terhadap Beban Puncak Pushover

Dari Gambar 10 menyatakan bahwa terjadinya sendi plastis pada beberapa elemen struktur yang mengakibatkan salah satu elemen struktur telah melewati kapasitas yang dimiliki oleh struktur itu sendiri ditandai dengan nilai momen dan aksial (M,N) pada kolom bagian kiri dan kanan lantai dasar saat beban maksimum berada diluar diagram interaksi kolom yang menyatakan kapasitas dari kolom itu sendiri didapatkan dari program RCCSA.

6. Mekanisme Sendi Plastis Saat Leleh Pertama



Fairuz, F,M., Thamrin, R., Zaidir/ Kinerja Struktur Gedung Beton Bertulang dengan ... Siklus: Jurnal Teknik Sipil Vol 7, No. 2, Oktober 2021, pp 1-13



Gambar 11. Mekanisme Sendi Plastis Pada Saat Leleh Pertama

Sebagai mana yang dijelaskan oleh (Tavio & Wijaya, 2018) bahwa struktur yang diharapkan berperilaku *Beam Sway* Mechanism diartikan ketika struktur terkena beban lateral maka balok akan terlebih dahulu mengalami kelelehan ujung-ujung pada balok tersebut kemudian dilanjutkan dengan kelelehan pada pangkal kolom. Dari Gambar 11 menjelaskan bahwa tipe struktur dengan K1, K2, dan K3 menggunakan rasio tulangan kolom 1.1% akibat beban pushover arah X dan Y tidak memenuhi syarat struktur yang berperilaku Beam Sway Mechanism dinyatakan dengan elemen struktur kolom mengalami leleh pertama dari pada balok saat diberi beban Karena kolom merupakan dorong. elemen struktur yang dominan menahan beban lateral yang terjadi, ditambah lagi

rasio tulangan kolom yang digunakan terlalu kecil menyebabkan struktur tidak berperilaku *Beam Sway Mechanism*. Namun untuk tipe struktur dengan K1, K2, dan K3 menggunakan rasio tulangan kolom 2.5% akibat beban *pushover* arah X dan Y telah memenuhi syarat struktur yang berperilaku *Beam Sway Mechanism* dinyatakan dengan elemen struktur balok mengalami leleh pertama dari pada kolom saat diberi beban dorong.

E. KESIMPULAN

 Dengan mengonversikan arah penampang kolom bujur sangkar (K1) menjadi persegi panjang yang diposisikan searah sumbu Y global (K2) dan persegi panjang yang diposisikan searah sumbu X global (K3) menghasilkan kapasitas

- struktur yang berbeda akibat beban *Pushover* arah X dan *Pushover* arah Y. Akibat beban *Push* X menghasilkan kapasitas terbaik pada kolom K3 berkisar 0.42-7.44% dan akibat beban *Push* Y menghasilkan kapasitas terbaik pada kolom K2 berkisar 0.01-7.32%.
- 2. Pada kondisi geometri struktur yang dianalisis menghasilkan gaya geser dasar pada saat leleh pertama yang berbeda akibat nilai momen inersia kolom yang juga berbeda. Tipe kolom penampang persegi panjang yang diposisikan searah sumbu Y global (K2) menghasilkan gaya geser dasar pada saat leleh pertama yang mengalami peningkatan berkisar 6-13.4% daripada K1 dan K3.
- 3. Semua variasi penampang kolom dan rasio tulangan mempunyai nilai titik kinerja (*performance point*) ditandai dengan adanya perpotongan kurva *capacity spectrum* dengan *demand spectrum* yang terjadi pada saat kondisi struktur bangunan setalah mengalami pelelehan.
- 4. Tingkat kinerja struktur yang didapatkan dari semua bangunan yang dianalisis adalah level *Damage Control*.
- 5. Gaya dalam pada kolom yang telah mengalami sendi plastis berada diluar kurva diagram interaksi yang dihitung dengan RCCSA akibat beban *pushover* maksimum. Hal ini menunjukkan bahwa elemen struktur yang menerima beban telah melewati kapasitasnya.
- 6. Tipe kolom K1, K2, dan K3 dengan rasio tulangan kolom 2.5% yang memenuhi perilaku *Beam Sway Mechanism* ditandai dengan terjadinya pelelehan pertama pada balok saat diberikan beban dorong pada struktur tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- ATC 40. (1996). Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings.
 California: California Seismic Safety Commission.
- Badan Standarisasi Nasional. (2013).

 Beban Minimum Untuk

 Perancangan Bangunan Gedung

 dan Struktur Lain (SNI
 1727:2013). Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2019).

 Persyaratan Beton Struktural

 untuk Bangunan Gedung (SNI
 2847:2019). Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2019).

 Tata Cara Perencanaan

 Ketahanan Gempa untuk Struktur

 Bangunan Gedung dan Non

 Gedung (SNI 1726:2019).

 Jakarta.
- Darwin, D., Dolan, C., & Nilson, A. (2016). *Design of Concrete Structure*. United States: McGraw-Hill Education.
- Dewobroto, W. (2006). Evaluasi Kinerja Bangunan Baja Tahan Gempa Dengan SAP 2000. *Jurnal Teknik Sipil Vol.3*.
- Elnashai, A., & Di Sarno, L. (2015).

 Fundamentals of Earthquake

 Engineering:From Source to

 Fragility. John Wiley & Sons.
- Handayani, E. M., & Jamal, A. U. (2018).

 Perilaku Struktur Bangunan
 Ireguler L Bertingkat Banyak
 Akibat Penempatan Arah Kolom.

 Teknik Sipil dan Perencanaan, 15.
- Oktopianto, Y., & Andayani, R. (2013). Evaluasi Kinerja Struktur Beton Bertulang Dengan Pushover

Fairuz, F,M., Thamrin, R., Zaidir/ Kinerja Struktur Gedung Beton Bertulang dengan ... Siklus: Jurnal Teknik Sipil Vol 7, No. 2, Oktober 2021, pp 1-13

Analysis. Proceeding PESAT (Psikologi, Ekonomi, Sastra, Arsitektur & Teknik Sipil), 64.

Sudarsana, K., Putra, D., & Dewi, A. (2016). Pengaruh Bentuk Penampang Kolom Terhadap Kinerja Struktur Beton bertulang . A Scientific Journal of Civil Engineering, 58-65. https://doi.org/10.24843/JITS.20 16.v20.i01.p09

Tavio, & Wijaya, U. (2018). *Desain Rekayasa Gempa Berbasis Kinerja*. Yogyakarta: ANDI
Yogyakarta.

Thamrin, R. (2015). Reinforced Concrete Cross Section (RCCSA) V4.3.0. Padang.



© 2021 Siklus Jurnal Teknik Sipil All rights reserved. This is an open access article

distributed under the terms of the CC BY Licens (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)