

Pengaruh Jarak Sengkang terhadap Kinerja Seismik Struktur Kolom Beton Bertulang (Studi Kasus Gedung Laboratorium Teknologi Terpadu Politeknik Negeri Padang)

Rahmad Izzuddin, Maidiawati*, Yunus Abdurrasyid, Yusvina Helmi & Muhammad Ridwan

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Institut Teknologi Padang, Jl. Gajah Mada Kandis Nanggalo, Padang – 25 143, Indonesia

Email: maidiawati@itp.ac.id

Dikirim: 23 Desember 2025

Direvisi: 23 Februari 2026

Diterima: 23 Februari 2026

ABSTRAK

Kinerja seismik suatu bangunan dipengaruhi oleh berbagai aspek, salah satunya adalah jarak sengkang pada kolom. Kolom adalah elemen struktural yang berfungsi penting dalam menahan beban aksial serta beban lateral pada sebuah bangunan. Jarak sengkang pada kolom memiliki peran penting untuk mengontrol geser dan meningkatkan daktilitas struktur. Penelitian ini bertujuan untuk evaluasi dampak variasi jarak sengkang terhadap respons seismik gedung Laboratorium Teknologi Terpadu Politeknik Negeri Padang dengan menggunakan metode analisis statik nonlinier dengan software SAP 2000 pada pedoman ATC-40. Hasil studi menunjukkan bahwa kurva kapasitas dengan jarak sengkang kolom 150 mm adalah 1121.703 kN, 100 mm adalah 1122.36 dan 350 mm adalah 1114.215 kN. Berdasarkan hasil kinerja struktur berdasarkan ATC-40 didapatkan level kinerja struktur dengan variasi jarak sengkang kolom 150 mm, 100 mm, 350 mm yaitu *Damage Control*. Berdasarkan hasil analisis tersebut variasi jarak sengkang pada struktur kolom yang digunakan mempengaruhi kapasitas geser dan deformasi struktur. Hasil analisis menunjukkan bahwa kolom dengan jarak sengkang 100 mm menghasilkan kapasitas geser maksimum sebesar 1122,36 kN dan daktilitas tertinggi dibandingkan variasi 150 mm dan 350 mm. Berdasarkan evaluasi kinerja struktur gedung menggunakan ATC-40, seluruh model berada pada level *Damage Control*, namun penggunaan sengkang yang lebih rapat memberikan respons deformasi dan daktilitas yang lebih baik terhadap beban gempa pada studi kasus gedung yang dianalisis.

Kata kunci: jarak sengkang, kapasitas geser, ATC-40, kinerja seismik

1. PENDAHULUAN

Salah satu komponen penting dalam perancangan struktur adalah kolom. Kolom merupakan elemen struktur yang sangat penting yang berfungsi untuk menopang beban di atasnya. Mengingat perannya yang penting, desain kolom harus dirancang sesuai dengan ketentuan yang telah ditetapkan, khususnya dalam memperhitungkan beban tekan yang bekerja pada kolom. Jika kolom tidak memiliki kekuatan yang memadai, hal ini dapat menyebabkan kegagalan struktur pada seluruh bangunan (Ahmad & Purnamasari, 2022). Dengan demikian, sebelum dilaksanakan pelaksanaan pekerjaan lapangan pada proyek konstruksi, terlebih dahulu kolom dirancang sesuai dengan pedoman SNI 2847-2019 tentang “Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung”.

Pada struktur kolom, banyak kasus pada bangunan gedung beton bertulang, *detailing* tulangan tidak sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) seperti jarak sengkang kolom. Jarak sengkang kolom mengacu pada jarak antar elemen pengikat yang digunakan memperkuat struktur kolom dan meningkatkan stabilitas struktur. Tulangan sengkang berfungsi sebagai tulangan geser, mengekang tulangan pokok atau longitudinal, mencegah terlepasnya selimut beton, menghindari terjadinya tekuk lokal untuk kolom panjang (Walla & Pandaleke, 2015). Penempatan jarak sengkang yang tepat dapat mendukung stabilitas keseluruhan struktur. Berdasarkan pedoman SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, pengaturan jarak tulangan sengkang pada kolom beton bertulang ditujukan untuk meningkatkan kapasitas geser dan daktilitas struktur, khususnya pada bangunan yang dirancang untuk menahan beban gempa. Pada pedoman ini diatur spasi tulangan sengkang tidak melebihi seperempat dimensi terkecil penampang kolom, enam kali diameter tulangan longitudinal terkecil. Namun, pada kasus di lapangan sering terjadi permasalahan jarak sengkang kolom seperti tidak rapat di daerah tumpuan, melebihi jarak maksimal yang telah ditetapkan, dan pemasangan jarak sengkang sama sepanjang kolom.

Menurut penelitian Kurniansyah & Yusuf (2013) tentang pengaruh jarak sengkang kolom adalah semakin dekat jarak sengkang yang digunakan, maka semakin besar kemampuan kolom dalam menerima beban. Vadra (2016) menyatakan bahwa kolom dengan jarak sengkang rapat memiliki daktilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan jarak yang sengkang yang renggang. Walla & Pandaleke (2015) menyatakan

jarak sengkang yang terlalu lebar dapat menurunkan kemampuan kolom dalam menghadapi gaya geser, sementara jarak yang terlalu sempit atau rapat dapat meningkatkan biaya serta kerumitan dalam proses konstruksi.

Studi kasus pada penelitian ini difokuskan pada Gedung Laboratorium Teknologi Terpadu Politeknik Negeri Padang karena gedung tersebut berlokasi di wilayah dengan tingkat seismisitas tinggi, yaitu Kota Padang. Selain itu, pada tahap pelaksanaan konstruksi ditemukan ketidaksesuaian antara detail penulangan sengkang kolom di lapangan dengan gambar rencana, khususnya pada daerah sendi plastis kolom. Kondisi ini menjadikan gedung tersebut representatif untuk dianalisis dalam mengevaluasi pengaruh variasi jarak sengkang terhadap kinerja seismik struktur. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi jarak sengkang kolom terhadap kapasitas geser, kapasitas deformasi, daktilitas, serta kinerja seismik struktur gedung beton bertulang. Analisis dilakukan menggunakan metode statik nonlinier (*pushover*) dengan bantuan perangkat lunak SAP 2000 dan evaluasi kinerja struktur mengacu pada kriteria ATC-40.

2. METODE PENELITIAN

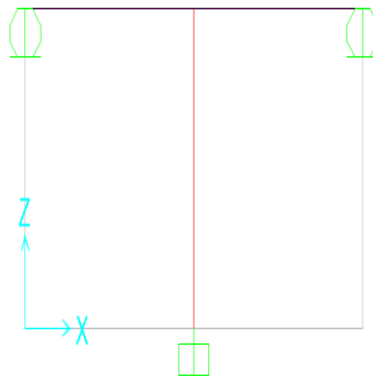
Penulis melakukan penelitian ini dengan tujuan untuk menganalisis pengaruh jarak sengkang pada struktur kolom terhadap kapasitas seismik gedung beton bertulang di Kota Padang menggunakan metode statik non-linear (*Pushover*).

2.1 Gaya dalam struktur beton

Penentuan gaya dalam pada struktur gedung beton bertulang dilakukan dengan *software* SAP 2000 dengan langkah-langkah yaitu (1) Pemodelan kolom: pada tahapan ini melakukan pembuatan model struktur kolom dengan mendefinisikan dimensi dan material yang digunakan. (2) Pembebanan: pada tahapan ini menginputkan kombinasi pembebanan seperti beban mati, beban hidup dan beban gempa. (3) *Run Analysis*: pada tahapan ini dilakukan analisis terhadap pemodelan dan pembebanan yang sudah diinputkan untuk mengetahui hasil dari gaya dalam struktur.

2.2 Pemodelan struktur kolom dengan variasi jarak sengkang

Dalam pemodelan ini dibuatkan 3 model struktur kolom antara lain kolom dengan sengkang sesuai standar SNI 03-2847-2002 dan SNI 2947:2013 dan kolom dengan sengkang yang tidak sesuai standar SNI 03-2847-2002 dan SNI 2947:2013 seperti tulangan sengkang terlalu renggang dan tulangan sengkang terlalu rapat. Gambar pemodelan kolom dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pemodelan struktur kolom dengan SAP 2000

Pada Gambar 1, kolom dimodelkan bersama dengan penampang balok yang diberikan tumpuan rol yang mampu menahan gaya vertikal, dan kolom diberikan tumpuan jepit (kaku). Kemudian beban aksial kolom yang diperoleh, diinputkan ke dalam pemodelan. Pemodelan kolom secara terpisah dilakukan untuk memperoleh respons nonlinier elemen kolom secara lebih detail, khususnya dalam mengevaluasi pengaruh variasi jarak sengkang terhadap kapasitas geser dan daktilitas kolom. Sementara itu, pemodelan struktur gedung secara keseluruhan digunakan untuk mengevaluasi kinerja seismik global gedung berdasarkan metode *pushover*. Pendekatan ini dipilih agar perilaku elemen struktur dan sistem struktur dapat dianalisis secara komprehensif. Kapasitas geser kolom beton bertulang ditentukan berdasarkan ketentuan SNI 2847:2019 yang terdiri dari kontribusi beton dan tulangan geser, yaitu:

$$V_n = V_c + V_s$$

Di mana V_c adalah kapasitas geser beton dan V_s adalah kapasitas geser tulangan sengkang. Nilai kapasitas geser empiris ini digunakan sebagai pembandingan terhadap hasil analisis nonlinier pada kurva kapasitas struktur

2.3 Analisis kinerja seismik struktur kolom dengan metoda *pushover*

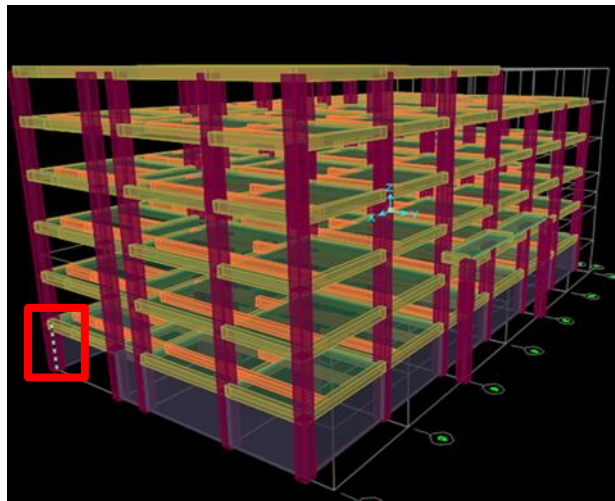
Analisis *pushover* dilakukan untuk mengetahui seperti apa kinerja seismik pada struktur kolom dengan sengkang sesuai standar SNI 03-2847-2002 dan SNI 2847:2019 dan sengkang yang tidak sesuai standar SNI 03-2847-2002 dan SNI 2847:2019 seperti tulangan sengkang terlalu renggang dan tulangan sengkang terlalu rapat.

2.4 Analisis Kinerja Seismik Gedung Beton Bertulang dengan Pengaruh Jarak Sengkang Kolom

Penentuan kinerja seismik dilakukan untuk mengetahui kinerja bangunan gedung beton bertulang berdasarkan ATC-40 dengan variasi jarak sengkang kolom. Dalam penentuan ini dibuatkan tiga model gedung beton bertulang dengan ketentuan kolom dengan sengkang sesuai standar SNI 03-2847-2002 dan SNI 2847:2019 dan kolom dengan sengkang yang tidak sesuai standar SNI 03-2847-2002 dan SNI 2847:2019 seperti tulangan sengkang terlalu rapat dan tulangan sengkang terlalu renggang. Dari hasil yang didapat nanti akan terlihat apakah jarak sengkang kolom berpengaruh terhadap kapasitas seismik struktur gedung beton bertulang. Pada tahapan analisis yang dilakukan adalah membuat pemodelan 3D struktur gedung pada aplikasi SAP 2000.

3. HASIL DAN DISKUSI

Dalam pemodelan suatu bangunan gedung diperlukan analisis struktur berupa gaya-gaya dalam yang bekerja pada struktur bangunan gedung. Gaya dalam yang bekerja pada struktur bangunan gedung berfungsi untuk menjaga keamanan struktur dan keseimbangan struktur. Pada bangunan gedung ini gaya dalam yang ditinjau yaitu pada struktur kolom lantai 1 AS A dapat dilihat pada Gambar 2. Pada Gambar 2, dalam memilih kolom lantai 1 AS A untuk ditinjau disebabkan karena pada saat pekerjaan di lapangan penulangan sengkang kolom tidak sesuai dengan detail gambar yang sudah ada. Untuk beban aksial yang bekerja pada kolom tersebut sebesar 2400.991 KN. Hasil beban aksial ini yang akan di inputkan ke pemodelan struktur kolom.



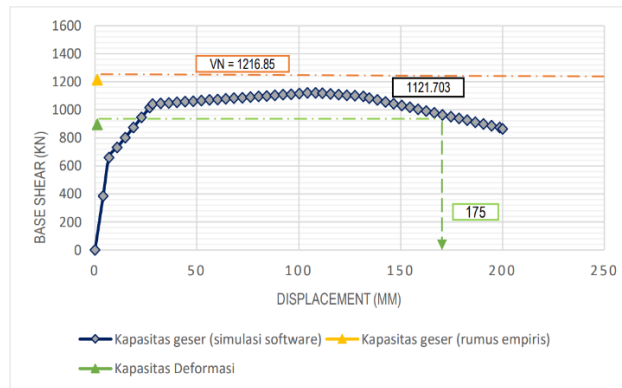
Gambar 2. Titik kolom yang ditinjau

3.1 Kapasitas geser struktur kolom dengan variasi jarak sengkang

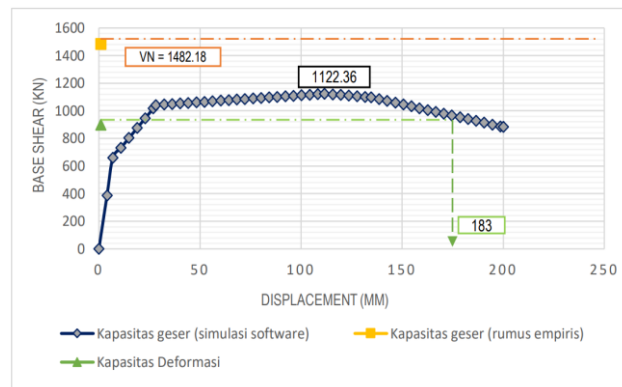
Pemodelan kolom dilakukan dengan memvariasikan jarak sengkang dengan ukuran 100 mm, 150 mm, 350 mm dan kemudian dilakukan metoda analisis statik non-linear (*pushover*). Kurva kapasitas adalah grafik yang menggambarkan hubungan antara gaya geser dan perpindahan atap dari suatu struktur yang diberi beban secara bertahap sampai mencapai kondisi runtuh. Kurva kapasitas masing-masing model kolom dapat dilihat pada Gambar 3.

Pada Gambar 3, berdasarkan kurva kapasitas yang diperoleh model 1 (150 mm) *base shear* yang mampu ditahan oleh struktur kolom adalah 1121.703 KN dengan perpindahan sebesar 0.106 m. Model 2 (100 mm) *base shear* yang mampu ditahan oleh struktur kolom adalah 1122.36 KN dengan perpindahan sebesar 0.112 m. Model 3 (350 mm) *base shear* yang mampu ditahan oleh struktur kolom adalah 1114.215 KN dengan perpindahan sebesar 0.068 m. Dapat disimpulkan ialah jarak sengkang pada struktur kolom memiliki peran penting terhadap kurva kapasitas. Jarak sengkang yang lebih rapat memperkuat kekuatan geser sehingga meningkatkan ketahanan struktur kolom terhadap beban lateral. Untuk kurva kapasitas yang

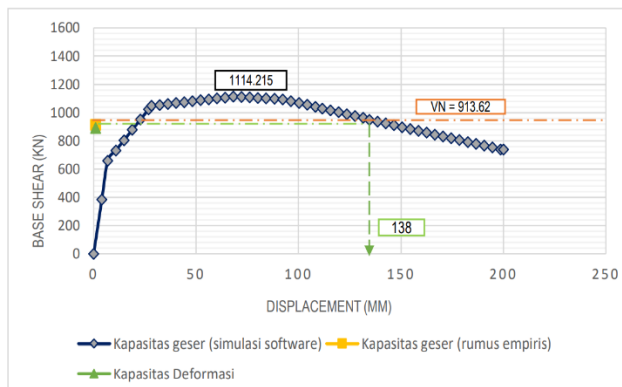
dihasilkan oleh jarak sengkang rapat lebih tinggi dibandingkan jarak sengkang yang terlalu renggang dan bentuk kurva kapasitas lebih landai setelah melewati kapasitas maksimum. Sedangkan jarak sengkang renggang kapasitas beban lateral lebih rendah sehingga dapat menurunkan kapasitas beban maksimum kolom. Jarak sengkang yang terlalu renggang dapat mengakibatkan kegagalan terjadi lebih cepat serta menurunkan tingkat keamanan struktur. Untuk kurva kapasitas yang dihasilkan oleh jarak sengkang renggang lebih rendah dibandingkan sengkang yang lebih rapat dan bentuk kurva kapasitas yang dihasilkan lebih curam dengan penurunan kapasitas yang lebih cepat setelah mencapai titik puncak.



a. Model 1 (150 mm)



b. Model 2 (100 mm)



c. Model 3 (350 mm)

Gambar 3. Kurva kapasitas model kolom

3.2 Kapasitas Deformasi

Kapasitas deformasi adalah tingkat deformasi saat kekuatan menurun hingga 80% dari nilai puncaknya. Berdasarkan Gambar 3, untuk kapasitas deformasi pada struktur kolom model 1 adalah 897.32 KN dengan perpindahan *displacement* yaitu 175 mm. Sementara untuk kolom model 2 kapasitas deformasi adalah 897.90 KN dengan perpindahan *displacement* yaitu 183 mm. Dan untuk struktur kolom model 3 dapat dilihat bahwa untuk kapasitas deformasi adalah 891.32 KN dengan perpindahan *displacement* yaitu 138 mm. Dapat

disimpulkan jarak sengkang yang lebih kecil meningkatkan kapasitas deformasi struktur dalam hal perpindahan sebelum mencapai kegagalan. Sedangkan jarak sengkang yang lebih besar mengurangi kapasitas deformasi, membuat struktur lebih kaku dan kurang mampu menahan deformasi sebelum gagal.

3.3 Daktilitas

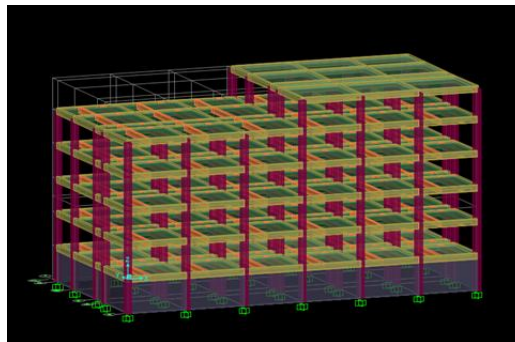
Daktilitas merupakan kemampuan suatu struktur untuk mengalami deformasi di luar batas elastisnya secara berulang dan bolak-balik sebagai respons terhadap beban gempa. Semakin tinggi suatu bangunan, semakin krusial tingkat daktilitasnya, karena bangunan yang lebih tinggi lebih rentan terhadap getaran akibat gempa bumi. Daktilitas struktur ditentukan berdasarkan perbandingan antara simpangan ultimit (Δu) dan simpangan leleh pertama (Δy) yang diperoleh dari kurva kapasitas hasil analisis *pushover*. Secara matematis, daktilitas (μ) dinyatakan sebagai $\mu = \Delta u / \Delta y$. Simpangan leleh ditentukan pada saat terjadi leleh pertama tulangan longitudinal, sedangkan simpangan ultimit diambil saat kapasitas struktur menurun hingga 80% dari kapasitas maksimum. Untuk model 1 diperoleh daktilitas sebesar 17.40. Untuk model 2 diperoleh daktilitas sebesar 17.43, untuk model 3 diperoleh daktilitas sebesar 7.75. Dari hasil daktilitas yang diperoleh menunjukkan bahwa dengan jarak sengkang kolom yang semakin kecil akan meningkatkan ketahanan struktur terhadap gaya lateral akibat gempa.

3.4 Kinerja struktur gedung beton bertulang dengan pengaruh jarak sengkang kolom

Applied Technology Council-40 (ATC-40) 1996 merupakan panduan untuk menilai kinerja struktur bangunan dalam menghadapi gempa bumi. Level kerusakan yang dihasilkan dapat digunakan sebagai evaluasi keamanan struktur setelah gempa bumi. Level kinerja struktur dapat dilihat berdasarkan rasio perpindahan atap saat *performance point* dengan tinggi total bangunan.

1. Model struktur gedung

Pemodelan gedung dilakukan dengan memvariasikan jarak sengkang struktur kolom untuk masing-masing model gedung. Dimensi kolom yang digunakan adalah 800×800 mm dengan tulangan longitudinal D 19 dan tulangan transversal D13. Pada pemodelan ini terdapat 3 model gedung dengan jarak sengkang kolom masing-masing 150 mm, 100 mm, 350 mm. Pemodelan struktur gedung dapat dilihat pada Gambar 4.

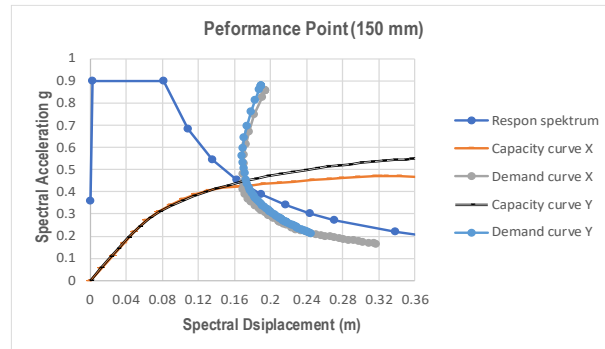


Gambar 4. Pemodelan struktur gedung

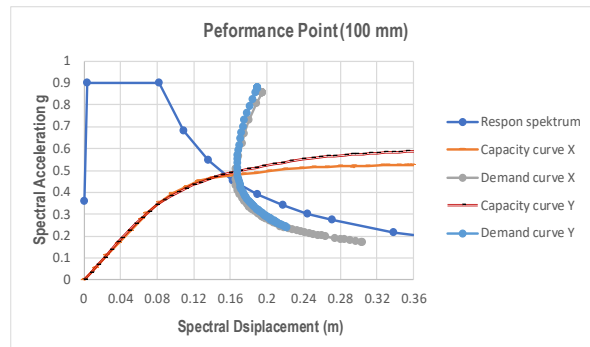
2. Performance point

Dalam pemodelan struktur gedung, didapatkan tiga kurva *performance point* sesuai dengan variasi jarak sengkang struktur kolom. Untuk memperoleh rasio perpindahan atap saat *performance point* dilakukan berdasarkan SNI 1726:2019 respon gempa untuk wilayah Padang. Kurva *performance point* dapat dilihat pada Gambar 5, dengan masing-masing model struktur kolom. Pada Gambar 5.a, model 1 struktur gedung jarak sengkang kolom 150 mm didapatkan *performance point* arah x ialah 224.5 kN dan arah y ialah 261.231 kN. Pada Gambar 5.b, model 2 struktur gedung jarak sengkang kolom 100 mm didapatkan *performance point* arah x ialah 219.684 kN dan arah y ialah 253.262 kN. Pada Gambar 5.c, model 3 struktur gedung jarak sengkang kolom 350 mm didapatkan *performance point* arah x ialah 227.741 kN dan arah y ialah 265.311 kN.

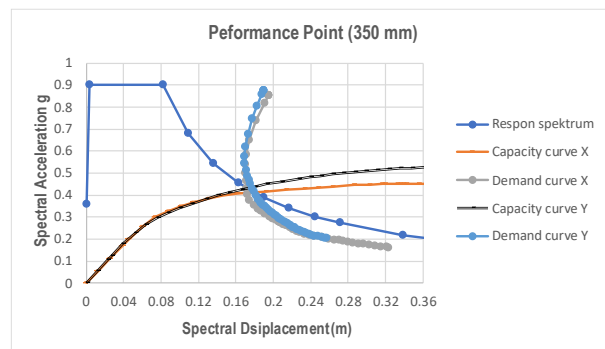
Dari hasil *performance point* diperoleh terdapat perbedaan yaitu *performance point* arah x lebih kecil daripada *performance point* arah y. Perbedaan ini dikarenakan pada arah x luasan gedung lebih memanjang daripada arah y yang lebih pendek, oleh karena itu kapasitas *performance point* x lebih rendah dan mencapai batas kinerjanya, sehingga menghasilkan nilai *performance point* yang lebih kecil. Hasil dari *performance point* ini yang akan digunakan untuk mengetahui level dari kinerja struktur masing-masing gedung. Berikut kurva *performance point* masing-masing model struktur gedung.



a. Model 1 (150 mm)



b. Model 2 (100 mm)



c. Model 3 (350 mm)

Gambar 5. Peformance point model gedung

3. Kinerja struktur gedung

Setelah nilai *performance point* diperoleh masing-masing model struktur gedung selanjutnya untuk menentukan tingkat kinerja struktur gedung berdasarkan ATC-40. Untuk model 1 merupakan pemodelan struktur gedung beton bertulang dengan jarak sengkang kolom 150 mm, sedangkan model 2 merupakan pemodelan struktur gedung beton bertulang dengan jarak sengkang kolom 100 mm, dan model 3 merupakan pemodelan struktur gedung beton bertulang dengan jarak sengkang kolom 350 mm. Untuk hasil perhitungan target perpindahan dapat dilihat pada Tabel 1, Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 1. Perpindahan atap saat mencapai leleh pertama

Model Struktur	Push Over	First Yield (mm)	Step
1	X	66.763	4
	Y	44.807	3
2	X	93.634	6
	Y	60.305	6
3	X	61.683	4
	Y	39.692	3

Tabel 2. Simpangan total maksimum ATC-40

Model Struktur	Push Over	Simpangan total maksimum	Tingkatan Kerja
1	X	0.01030	<i>Damage control</i>
	Y	0.01198	<i>Damage control</i>
2	X	0.01008	<i>Damage control</i>
	Y	0.01162	<i>Damage control</i>
3	X	0.01045	<i>Damage control</i>
	Y	0.01217	<i>Damage control</i>

Tabel 3. Simpangan inelastis maksimum ATC-40

Model Struktur	Push Over	Simpangan total maksimum	Tingkatan Kerja
1	X	0.00724	<i>Damage control</i>
	Y	0.00993	<i>Damage control</i>
2	X	0.00578	<i>Damage control</i>
	Y	0.00885	<i>Damage control</i>
3	X	0.00762	<i>Damage control</i>
	Y	0.01035	<i>Damage control</i>

Hasil target perpindahan model 1 berdasarkan simpangan total maksimum dengan tinggi bangunan 21.8 m, didapatkan nilai untuk pushover arah x adalah 0.01030 g, sedangkan untuk pushover arah y adalah 0.01198 g. Sedangkan hasil target perpindahan model 1 berdasarkan simpangan inelastis maksimum dengan tinggi bangunan 21.8 m, didapatkan nilai untuk pushover arah x adalah 0.00724 g, sedangkan untuk pushover arah y adalah 0.00993 g. Dapat disimpulkan bahwa level kinerja struktur ialah *damage control*, dikarenakan batas simpangan total maksimum yang bekerja antara 0.01- 0.02, sedangkan batas simpangan inelastis maksimum yang bekerja 0.005-0.015. Berdasarkan ATC-40 struktur dikelompokkan kedalam kategori *damage control* yang mengindikasikan bahwa transisi antara Immediate Occupancy (IO) SP-1 dan *Life Safety* (LS) SP-3 yang berarti struktur bangunan masih mampu menahan gempa yang dialami, dan resiko jiwa manusia sangat minim atau kecil. Jika perbaikan diperlukan, dampaknya terhadap sistem operasi gedung akan minimal, sehingga gedung tetap dapat berfungsi secara normal.

Hasil target perpindahan model 2 berdasarkan simpangan total maksimum dengan tinggi bangunan 21.8 m, didapatkan nilai untuk pushover arah x adalah 0.01008 g, sedangkan untuk pushover arah y adalah 0.01162 g. Sedangkan hasil target perpindahan model 2 berdasarkan simpangan inelastis maksimum dengan tinggi bangunan 21.8 m, didapatkan nilai untuk pushover arah x adalah 0.00578 g, sedangkan untuk pushover arah y adalah 0.00885 g. Dapat disimpulkan bahwa level kinerja struktur ialah *damage control*, dikarenakan batas simpangan total maksimum yang bekerja antara 0.01-0.02, sedangkan batas simpangan inelastis maksimum yang bekerja 0.005-0.015. Berdasarkan ATC-40 struktur dikelompokkan kedalam kategori *damage control* (DO) yang mengindikasikan bahwa transisi antara Immediate Occupancy (IO) SP-1 dan *Life Safety* (LS) SP-3 yang berarti struktur bangunan masih mampu menahan gempa yang dialami, dan resiko jiwa manusia sangat minim atau kecil. Jika perbaikan diperlukan, dampaknya terhadap sistem operasi gedung akan minimal, sehingga gedung tetap dapat berfungsi secara normal.

Hasil target perpindahan model 3 berdasarkan simpangan total maksimum dengan tinggi bangunan 21.8 m, didapatkan nilai untuk pushover arah x adalah 0.01045 g, sedangkan untuk pushover arah y adalah 0.01217 g. Sedangkan hasil target perpindahan model 3 berdasarkan simpangan inelastis maksimum dengan tinggi bangunan 21.8 m, didapatkan nilai untuk pushover arah x adalah 0.00762 g, sedangkan untuk pushover arah y adalah 0.01035 g. Dapat disimpulkan bahwa level kinerja struktur ialah *damage control*, dikarenakan batas simpangan total maksimum yang bekerja antara 0.01-0.02, sedangkan batas simpangan inelastis maksimum yang bekerja 0.005-0.015. Berdasarkan ATC-40 struktur dikelompokkan kedalam kategori *damage control* (DO) yang mengindikasikan bahwa transisi antara Immediate Occupancy (IO) SP-1 dan *Life Safety* (LS) SP-3 yang berarti struktur bangunan masih mampu menahan gempa yang dialami, dan resiko jiwa manusia sangat minim atau kecil. Jika perbaikan diperlukan, dampaknya terhadap sistem operasi gedung akan minimal, sehingga gedung tetap dapat berfungsi secara normal.

Dari hasil simpangan yang diperoleh masing-masing model struktur gedung menunjukkan bahwa jarak sengkang yang lebih rapat memiliki nilai simpangan yang lebih kecil dibandingkan dengan jarak sengkang yang terlalu renggang. Hal ini dikarenakan jarak sengkang yang lebih rapat dapat meningkatkan kapasitas geser struktur kolom, sehingga kolom mampu menahan beban lateral yang berlebihan. Jarak sengkang yang lebih rapat juga meningkatkan stabilitas struktur kolom, karena sengkang dapat membantu mencegah kollapse struktur. Jika jarak sengkang terlalu renggang, kolom menjadi lebih mudah mengalami kegagalan geser sebelum mampu mencapai kapasitas lenturnya.

Berdasarkan perbandingan standar SRPMK (SNI 2847: 2019) dan Desain Beton Bertulang (SNI 2847: 2013) dengan model variasi jarak sengkang, Model 3 (350 mm) tidak memenuhi standar SRPMK karena jarak sengkang yang terlalu besar (350 mm > 150 mm) karena dirancang untuk ketahanan gempa. Desain beton

bertulang memiliki batas yang lebih fleksibel (maksimal 450 mm) karena tidak perlu memperhitungkan deformasi besar akibat gempa. Jadi, dikarenakan struktur gedung beton bertulang berlokasi di Kota Padang yang rawan terhadap gempa, sebaiknya standar yang digunakan yaitu SRPMK (≤ 150 mm) agar struktur lebih kuat dan daktil dan lebih aman sehingga memiliki kapasitas seismik yang lebih baik.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis statik nonlinier pada studi kasus Gedung Laboratorium Teknologi Terpadu Politeknik Negeri Padang, variasi jarak sengkang kolom terbukti mempengaruhi kapasitas geser, deformasi, dan daktilitas struktur. Kolom dengan jarak sengkang 100 mm menghasilkan kapasitas geser dan daktilitas tertinggi, sedangkan jarak sengkang 350 mm menunjukkan penurunan kinerja struktur. Evaluasi kinerja seismik berdasarkan ATC-40 menunjukkan bahwa seluruh model berada pada level *Damage Control*, namun penggunaan jarak sengkang yang lebih rapat memberikan respons struktur yang lebih stabil dan daktil terhadap beban gempanya.

DAFTAR PUSTAKA

- Applied Technology Council, 1996. Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings (ATC-40), Vol. 1. Applied Technology Council, Redwood City, California.
- Batara, I., 2021. Desain struktur bangunan dengan SAP 2000. Erlangga, Mamuju.
- Federal Emergency Management Agency (FEMA), 2000. Prestandard and commentary for the seismic rehabilitation of buildings (FEMA 356). FEMA, Washington, D.C.
- Firdha, R.A., Isneini, M., Husni, H.R., Widyawati, R., 2021. Analisis kinerja struktur gedung bertingkat terhadap beban gempa dengan metode pushover analysis (Studi kasus: Gedung rawat inap non-bedah Rumah Sakit Umum Daerah Dr. H. Abdul Moeloek). JRSDD 9(4). <https://doi.org/10.23960/jrsdd.v9i4.2201>
- Khasanah, N., Wahyudi, Y., 2019. Perencanaan struktur beton bertulang gedung olahraga Politeknik Negeri Ujung Pandang. Diploma thesis. Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Kumaseh, F., Wallah, S.E., Pandaleke, R., 2015. Pengaruh jarak sengkang terhadap kapasitas beban aksial maksimum kolom beton berpenampang lingkaran dan segi empat. Jurnal Sipil Statik 3(9), 644–650.
- Kurniansyah, A., Elvira., Yusuf, M., 2013. Pengaruh pengekangan (confinement) dengan variasi jarak sengkang terhadap peningkatan kapasitas kekuatan kolom. Jurnal Teknik Sipil 13(1). Kusuma, G., Andriano, T., 1993. Desain struktur rangka beton bertulang di daerah rawan gempa. Erlangga, Jakarta.
- Masril, M., 2019. Analisis struktur atas empat lantai dengan analisis pushover menggunakan program SAP 2000 studi kasus: Gedung kantor bersama Kabupaten Sijunjung. Ensiklopedia of Journal 2.
- Nurchasanah, Y., Jaenuri, W.A.H., Ujianto, M., 2015. Evaluasi kinerja seismik gedung terhadap analisis beban dorong. Publikasi Ilmiah. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Pearlaura Vadra, K., Wibowo, A., Budio, S.P., 2016. Pengaruh jarak sengkang dan rasio tulangan longitudinal terhadap daktilitas kolom bertulangan ringan akibat beban siklik.
- Standar Nasional Indonesia, 2013. Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung (SNI 2847:2013). Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Standar Nasional Indonesia, 2019a. Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung (SNI 1726:2019). Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Standar Nasional Indonesia, 2019b. Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan (SNI 2847:2019). Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Sumarwan, 2010. Evaluasi kinerja struktur beton tahan gempa dengan analisis pushover menggunakan software SAP 2000. Jurnal Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret.