

Analisis Pengaruh Konfigurasi Soft Story Terhadap Kinerja Seismik Bangunan Di Kota Sorong Menggunakan Metode Pushover

Analysis of the Influence of Soft Story Configuration on the Seismic Performance of Buildings in Sorong City Using the Pushover Method

Nurul Hidayah Karrang¹, Herlina Arifin², Muhammad Nur Fajar³, Alfina Maysyurah⁴, Didik Setyo P⁵

(1,2,3,4,5) Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sorong

Abstrak

Kota Sorong yang terletak pada zona seismik aktif mengalami perkembangan pesat dalam pembangunan infrastruktur, khususnya hotel dan pusat perbelanjaan. Namun, konfigurasi soft story yang sering dijumpai pada bangunan modern berpotensi menurunkan kinerja seismik dan meningkatkan risiko keruntuhan saat terjadi gempa. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perilaku seismik struktur bangunan dengan konfigurasi soft story di Kota Sorong serta mengkaji pengaruh variasi ketinggian kolom pada lantai dasar terhadap kinerja struktur. Metode yang digunakan adalah analisis pushover, yaitu pendekatan statik nonlinier dengan pembebanan lateral bertahap untuk mengevaluasi respons inelastik struktur. Hasil analisis menunjukkan bahwa struktur tanpa soft story mampu mempertahankan perilaku duktail dengan distribusi sendi plastis yang merata pada displacement 0,34 m dan berada pada tingkat performa Immediate Occupancy hingga Life Safety. Sebaliknya, struktur dengan soft story mengalami konsentrasi plastisitas pada kolom lantai dasar yang cepat mencapai kondisi Collapse Prevention, sehingga deformasi tidak terdistribusi ke lantai atas. Variasi ketinggian kolom dari 5 m hingga 8 m memperlihatkan peningkatan signifikan pada drift ratio dan koreksi gaya geser dasar. Kondisi ini mengindikasikan bahwa semakin tinggi kolom pada lantai dasar, semakin besar kerentanan struktur terhadap beban gempa lateral.

Kata Kunci: *Soft story, analisa pushover, kinerja seismik, Kota Sorong*

Abstract

Sorong City, located in an active seismic zone, has experienced rapid infrastructure development, particularly in hotels and shopping centers. However, the soft story configuration commonly found in modern buildings may reduce seismic performance and increase the risk of structural failure during earthquakes. This study aims to analyze the seismic behavior of building structures with soft story configurations in Sorong City and to examine the effect of column height variation on structural performance. The pushover analysis method, a nonlinear static approach with incremental lateral loading, was employed to evaluate the inelastic response of the structure. The results show that non-soft story structures maintain ductile behavior with evenly distributed plastic hinges at a displacement of 0.34 m, remaining within the Immediate Occupancy to Life Safety performance levels. In contrast, soft story structures exhibit concentrated plasticity at ground floor columns that rapidly reach Collapse Prevention, preventing deformation distribution to the upper stories. Variations in column height from 5 m to 8 m significantly increase drift ratios and base shear correction factors. These findings indicate that higher ground floor columns directly increase the vulnerability of structures to lateral seismic loads.

Keywords: *Soft story, pushover analysis, seismic performance, Kota Sorong*

PENDAHULUAN

Kota Sorong terletak di Provinsi Papua Barat Daya dan menjadi lokasi transit utama bagi wisatawan yang hendak mengunjungi kawasan wisata unggulan Raja Ampat. Seiring meningkatnya aktivitas pariwisata, Kota Sorong mulai aktif membangun berbagai infrastruktur akomodasi seperti hotel, pusat perbelanjaan, dan fasilitas publik lainnya, sehingga menjadikannya salah satu fokus pembangunan wilayah Indonesia Timur (Jannah Lailatul Fitria & Panca Marga, 2022). Namun, di tengah pesatnya pembangunan tersebut, aspek ketahanan bangunan terhadap bencana alam khususnya gempa bumi menjadi hal yang sangat penting untuk diperhatikan. Hal ini disebabkan karena wilayah Sorong berada di zona seismik aktif, yaitu pada pertemuan antara Lempeng Pasifik dan Lempeng Indo-Australia, yang menjadikannya termasuk daerah rawan gempa bumi (Saputro et al., 2020).

Soft story sering terjadi pada bangunan modern seperti hotel dan pusat perbelanjaan akibat kolom tinggi di lantai dasar yang menurunkan kekakuan lateral dibanding lantai di atas (Nur Fajar et al., 2023). Menurut penelitian Adyeel et al. (2025) menunjukkan bahwa tinggi kolom berpengaruh pada karakteristik dinamik struktur, sehingga perancangan tinggi kolom harus memperhatikan batasan standar untuk memastikan

(*)Corresponding author

Telp :

E-mail :

<http://doi.org/xxx>

Received xx Bulan Tahun; Accepted xx Bulan Tahun; Available online xx Bulan Tahun

E-ISSN:

kestabilan dan performa gedung saat gempa. Perbedaan tinggi kolom yang tidak dirancang dengan tepat dapat memicu konsentrasi deformasi dan risiko keruntuhan lokal (Olabaniye et al., 2023)..

Untuk mengevaluasi sejauh mana konfigurasi soft story mempengaruhi kinerja seismik bangunan, digunakan metode analisis pushover. Metode ini merupakan pendekatan statik nonlinier yang dilakukan dengan cara memberikan beban lateral bertahap pada struktur hingga melampaui batas elastisnya, sehingga mampu menggambarkan respons bangunan dalam kondisi inelastik (Syaiful Anam, Bantot Sutiriono, & Retno Trimurtiningrum, 2020). Keunggulan dari metode ini adalah kemampuannya dalam mengidentifikasi urutan plastisitas elemen, titik leleh, dan potensi kegagalan struktur, sehingga sangat berguna dalam evaluasi dan perencanaan bangunan tahan gempa (Siswanto, 2023).

Kota Sorong terletak pada zona seismik aktif, sehingga memiliki kerentanan tinggi terhadap gempa bumi. Pesatnya pembangunan infrastruktur seperti hotel dan pusat perbelanjaan sering kali mengabaikan potensi risiko konfigurasi soft story, yang dapat memperburuk dampak gempa terhadap struktur bangunan. Berdasarkan urgensi tersebut, penelitian ini mengangkat judul "Analisis Pengaruh Konfigurasi Soft story terhadap Kinerja Seismik Bangunan di Kota Sorong Menggunakan Metode Pushover". Kajian ini dilakukan dengan pendekatan analisis pushover untuk mengevaluasi perilaku struktur terhadap beban gempa secara nonlinier.

TINJAUAN PUSTAKA

Gaya Geser Dasar (*Base Shear*)

Gaya geser dasar merupakan total gaya gempa horisontal yang ditransfer dari struktur ke pondasi. Sesuai SNI 1726:2019 Pasal 7.8.4, dalam analisis respons spektrum, nilai gaya geser dinamik (V_D) harus lebih besar dibandingkan terhadap gaya geser statik (V_S) dari metode statik ekuivalen. Jika $V_D < V_S$, maka semua gaya lateral hasil analisis perlu dilakukan skala ulang.(diperbesar) hingga memenuhi syarat tersebut. Untuk menghitung faktor skala (SC) menggunakan persamaan 1 berikut.

$$SC = \frac{V_S}{V_D} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

V_D : gaya geser dasar total dari analisis dinamik

V_S : gaya geser dari metode statik

Partisipasi Massa atau Jumlah Ragam

Berdasarkan SNI 1726-2019, jumlah pola getar pada struktur yang ditinjau dalam penjumlahan respons ragam harus mencakup partisipasi massa paling sedikit 90% dari massa aktual dalam masing-masing arah horisontal orthogonal.

Drift Ratio

Drift ratio adalah simpangan relatif antar lantai terhadap tinggi lantai tersebut, yang digunakan untuk mengontrol deformasi struktur akibat gempa. Berdasarkan SNI 1726:2019 Pasal 7.11, Nilai *drift ratio* % didapatkan dari persamaan 2 berikut;

$$\text{Drift Ratio \%} = \frac{(\delta_n - \delta_{n-1})}{H_x} \times 100 \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

δ_n : displacement pada lantai ke-n (m)

δ_{n-1} : displacement pada lantai di bawahnya (m)

H_x : tinggi lantai antar tingkat (m)

Batas Simpangan Antar Lantai

Simpangan antar lantai tingkat desain dihitung menggunakan persamaan 3 berikut:

$$\text{Simpangan Maksimum } (\Delta) = \text{Faktor pengalih} \times \Delta_n \dots\dots\dots (3)$$

Dengan, nilai Δ_n didapatkan dari persamaan 4 berikut:

$$\Delta_n = \delta_n - \delta_{n-1} \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan :

δ_n : displacement pada lantai ke-n (m)

δ_{n-1} : displacement pada lantai di bawahnya (m)

Simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin (Δ_a) seperti yang diterangkan dalam SNI 1726-2019. Untuk semua tingkat ijin dimuat dalam tabel 18 berikut.

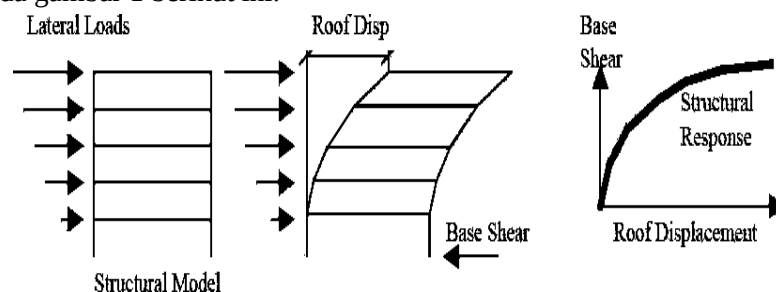
Tabel 1 Simpangan Antar Tingkat Ijin

Struktur	Kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar tingkat.	$0,025h_{sx}^c$	$0,02h_{sx}$	$0,015h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata ^d	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$	$0,010h_{sx}$

Sumber: SNI 1726:2019 "Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung".

Evaluasi Kinerja Struktur dengan Analisa *Pushover*

Tujuan analisis *pushover* untuk mengetahui perkiraan gaya maksimum dan perkiraan deformasi yang terjadi serta memperoleh informasi bagian elemen struktur yang mengalami kritis dan hasil analisis ini dapat diidentifikasi bagian-bagian yang memerlukan perhatian khusus untuk pendetailan atau stabilitasnya dan juga dapat digunakan sebagai modal untuk perencanaan tahan gempa untuk struktur bangunan yang akan direncanakan seperti pada gambar 1 berikut ini.

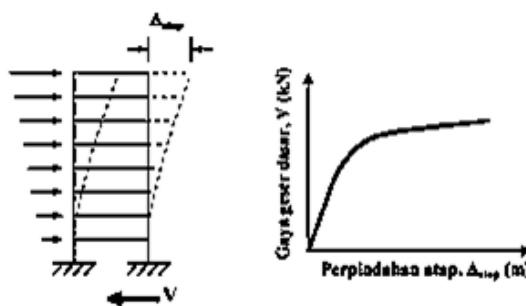


Gambar 1 Analisa *Pushover*

Sumber : (Titono, tesis FT UI)

Kurva Kapasitas

Hasil analisis statis *pushover* nonlinier adalah kurva yang menunjukkan hubungan antara gaya geser dasar (*base shear*) dan perpindahan titik acuan pada atap (D). Hubungan tersebut kemudian dipetakan menjadi suatu kurva yang dinamakan kurva kapasitas struktur.



Gambar 2 Kurva *Pushover*

Sumber : Applied Technology Council, , Report ATC-40, (Redwood City : ATC,1996)

Skema Sendi Plastis

Struktur gedung apabila menerima beban gempa pada tingkatan atau kondisi tertentu akan mengalami pembentukan sendi plastis (*hinge*), terutama pada elemen balok. Sendi plastis ini menunjukkan bahwa elemen struktur, baik balok maupun kolom, telah mencapai batas kemampuannya dalam menahan gaya dalam, dan mulai mengalami deformasi permanen. Struktur akan memulai sendi plastis yang diakibatkan momen yang terjadi pada struktur lebih besar daripada momen elemen setelah dilakukannya analisis *pushover*. Pada saat beban yang bekerja pada struktur relatif kecil maka momen yang bekerja pada penampang masih dalam keadaan elastis, namun jika beban yang bekerja ditingkatkan secara bertahap maka dapat mengakibatkan besar momen pada salah satu penampang akan mencapai keadaan plastis. Pada program SAP2000 keadaan sendi plastis pada elemen struktur ditunjukkan dalam bentuk warna, dimana tiap warna menunjukkan kondisi sendi plastis yang berbeda.

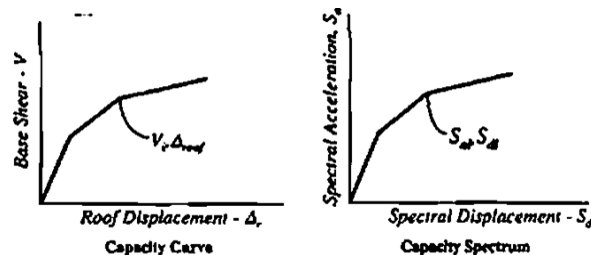
Tabel 2 Perilaku struktur berdasarkan warna titik sendi plastis.

Keterangan	Penjelasan
B	Menunjukkan Batasan linear yang kemudian diikuti terjadinya pelelehan pertama pada struktur
IO	Terjadi kerusakan yang kecil atau tidak berarti pada elemen struktur, kekakuan struktur hampir sama pada saat sebelum terjadinya gempa
LS	Terjadi kerusakan mulai dari kecil hingga tingkatan sedang. Kekakuan struktur berkurang tetapi struktur masih memiliki ambang yang cukup besar terhadap keruntuhan
CP	Tidak terjadi kerusakan yang parah pada struktur sehingga kekuatan dan kekakuan dari struktur berkurang banyak
C	Batasan maksimum gaya geser yang masih mampu ditahan oleh struktur gedung
D	Terjadinya degradasi kekuatan struktur yang besar, sehingga kondisi struktur tidak stabil dan hampir mengalami keruntuhan
E	Struktur sudah tidak mampu menahan gaya geser dan mengalami keruntuhan atau collapse.

Sumber : SAP2000 v22

Spektrum Kapasitas yang mengacu pada ATC-40

Metode Spektrum Kapasitas atau Capacity Spectrum Method (CSM) merupakan salah satu cara untuk mengetahui kinerja suatu struktur. Dalam analisis statik *pushover* nonlinier ini didapatkan kurva kapasitas kemudian diolah lebih lanjut dengan metode Spektrum Kapasitas (ATC-40). Metode ini telah build-in dalam program SAP 2000 yang akan digunakan. Kurva Kapasitas hasil *pushover* diubah menjadi kapasitas spektrum seperti pada gambar 3 berikut.

**Gambar 3** Modifikasi Capacity Curve menjadi Capacity Spectrum.

Sumber : Applied Technology Council, , Report ATC-40, (Redwood City : ATC,1996)

Kinerja bangunan berdasarkan metode spektrum kapasitas, ATC-40 mengatur dengan melihat batas deformasi. Nilai drift digunakan sebagai indikator kinerja struktur, dengan menggunakan persamaan 5 dan 6 berikut :

$$\text{Maksimum total Drift} = \frac{D_t}{h} \dots\dots\dots (5)$$

$$\text{Maksimal Inelastik Drift / Simpangan} = \frac{D_t - D_1}{h} \dots\dots\dots (6)$$

Dimana :

 D_t : Simpangan pada lantai atap (m) D_1 : Simpangan pertama (m) H : Tinggi total bangunan (m)**Tabel 3** Level kinerja bangunan

Parameter	Performance Level			
	IO	Damage Control	LS	Structural Stability
Maksimum Total Drift	0,01	0,01 s.d 0,02	0,02	0,33
Maksimum Total Inelastik Drift	0,005	0,005 s.d 0,015	No limit	No limit

Sumber : Applied Technology Council, , Report ATC-40, (Redwood City : ATC,1996)

METODE

Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh konfigurasi soft story terhadap kinerja seismik bangunan di Kota Sorong, Papua Barat Daya, yang terletak pada zona rawan gempa. Struktur bangunan dimodelkan berupa gedung berlantai lima dengan variasi konfigurasi soft story pada lantai dasar. Pemodelan struktur dilakukan dengan perangkat lunak SAP2000 v22 menggunakan analisis statik nonlinier pushover. Peraturan yang digunakan sebagai acuan adalah SNI 1726:2019 (Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa), SNI 1727:2020 (Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung), dan pedoman evaluasi kinerja struktur ATC-40.

Teknik Pengumpulan Data dan Instrumen

Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi geometri dan material struktur bangunan hasil pemodelan, data tanah sesuai kondisi Kota Sorong, serta parameter beban gempa dari Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia 2021. Semua data input dimasukkan ke dalam SAP2000 v22 untuk kemudian dianalisis dengan metode pushover. Instrumen penelitian berupa perangkat lunak SAP2000 v22 dan Microsoft Excel sebagai alat bantu pengolahan serta visualisasi data.

Teknik Analisis Data

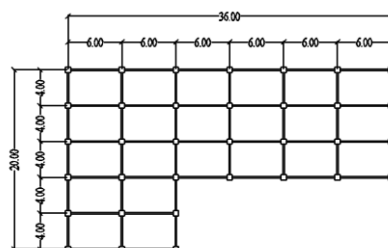
Analisis dilakukan dengan mengekstrak hasil pushover dari SAP2000 v22 yang meliputi gaya geser dasar (base shear), simpangan antar lantai (drift ratio), kurva kapasitas beban–perpindahan (capacity curve), serta distribusi sendi plastis. Hasil analisis kemudian dibandingkan antara struktur tanpa soft story dan struktur dengan soft story pada variasi ketinggian kolom (5 m, 6 m, 7 m, dan 8 m). Evaluasi kinerja dilakukan berdasarkan kriteria performa ATC-40, yang mencakup Immediate Occupancy (IO), Life Safety (LS), dan Collapse Prevention (CP).

Data dan Model Struktur

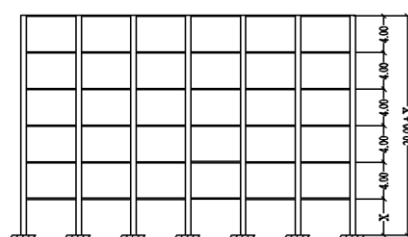
1. Informasi Umum Data Permodelan

Tipe Bangunan	= Hotel
Letak Bangunan	= Kota Sorong
Tinggi Bangunan	= $20+X$ m
Lebar Bangunan	= 48 m
Mutu Beton (f'_c)	= 30 MPa
Panjang Bangunan	= 28 m

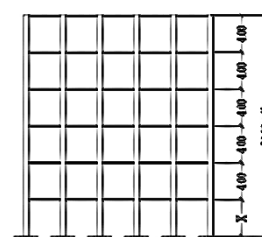
2. Model Struktur



Gambar 4 Denah Lantai 1 – Atap
Sumber: Hasil Penelitian, 2025



Gambar 5 Denah Potongan Arah X
Sumber: Hasil Penelitian, 2025



Gambar 6 Denah Potongan Arah Y
Sumber: Hasil Penelitian, 2025

HASIL DAN PEMBAHASAN

Preliminary Design

Tabel 4 Hasil Preliminary Design

Penampang	Ukuran
Balok Induk	= 50 cm x 70 cm
Kolom	= 70 cm x 70 cm
Pelat	= 120 cm

Sumber: Hasil Penelitian, 2025

Beban Gempa

Tabel 5 Data Gempa Lintang: -0,926711 dan Bujur: 131,331746.

Lokasi	KM 10, KOTA SORONG
<i>Ss</i>	1.616
<i>S1</i>	0.616
<i>Sds</i>	0.862
<i>Sd1</i>	0.821
<i>TL</i>	11 S

Sumber: Hasil Penelitian, 2025

Data Perencanaan Struktur

Tabel 6 Data Struktur Gedung Portal Rangka Baja

Variasi	Tinggi Kolom Lantai Dasar (m)	Tinggi Kolom Lantai Atas (m)
<i>Non Soft Story</i>	4	4
<i>Soft first story 1</i>	5	4
<i>Soft first story 2</i>	6	4
<i>Soft first story 3</i>	7	4
<i>Soft first story 4</i>	8	4

Sumber: Hasil Penelitian, 2025

Partisipasi Massa

Data partisipasi massa kumulatif yang diperoleh dari SAP2000 dapat dilihat secara rinci pada tabel 7 berikut:

Tabel 7 Partisipasi massa kumulatif struktur *non-soft story*, *soft first story 1-4*

TABLE: Modal Participating Mass Ratios		Non-Soft Story		Soft First Story 1		Soft First Story 2		Soft First Story 3		Soft First Story 4	
OutputCase	StepNum	SumUX	SumUY	SumUX	SumUY	SumUX	SumUY	SumUX	SumUY	SumUX	SumUY
Text	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	1	0,8078	0,0000	0,8462	0,0000	0,8822	0,0000	0,9130	0,0000	0,9372	0,0000
MODAL	2	0,8079	0,7495	0,8462	0,7929	0,8823	0,8375	0,9130	0,8781	0,9372	0,9115
MODAL	3	0,8085	0,8149	0,8468	0,8555	0,8828	0,8928	0,9134	0,9236	0,9374	0,9467
MODAL	4	0,9146	0,8149	0,9466	0,8555	0,9682	0,8928	0,9812	0,9236	0,9886	0,9467
MODAL	5	0,9146	0,9150	0,9466	0,9484	0,9682	0,9700	0,9812	0,9825	0,9886	0,9893
MODAL	6	0,9147	0,9210	0,9466	0,9535	0,9682	0,9740	0,9812	0,9854	0,9886	0,9915
MODAL	7	0,9588	0,9210	0,9804	0,9535	0,9904	0,9740	0,9950	0,9854	0,9972	0,9915
MODAL	8	0,9588	0,9616	0,9804	0,9828	0,9904	0,9920	0,9950	0,9959	0,9972	0,9977
MODAL	9	0,9588	0,9629	0,9804	0,9837	0,9904	0,9925	0,9950	0,9962	0,9972	0,9979
MODAL	10	0,9827	0,9629	0,9939	0,9837	0,9974	0,9925	0,9987	0,9962	0,9993	0,9979
MODAL	11	0,9827	0,9848	0,9939	0,9950	0,9974	0,9980	0,9987	0,9990	0,9993	0,9995
MODAL	12	0,9827	0,9851	0,9939	0,9951	0,9974	0,9980	0,9987	0,9991	0,9993	0,9995

Sumber: Hasil Penelitian, 2025

Gaya Geser Daya (Base Shear)

Rekapitulasi hasil gaya geser dasar dan faktor koreksi dapat dilihat pada tabel 43 berikut :

Tabel 8 Gaya geser dasar dan faktor koreksi struktur *non-soft story, soft first story* 1-4

Base Shear	Dinamik (kN)	Statik (kN)	SC	Keterangan
Non – Soft Story				
X	3743,7480	5892,0650	1,58	TS
Y	3806,6820	5892,0650	1,56	TS
Soft first story 1				
X	3387,4390	5972,8330	1,77	TS
Y	3702,0610	5972,8330	1,62	TS
Soft first story 2				
X	3574,9950	5945,9100	1,67	TS
Y	3910,5810	5945,9100	1,53	TS
Soft first story 3				
X	3364,3260	5921,6380	1,77	TS
Y	3679,6690	5921,6380	1,62	TS
Soft first story 4				
X	3188,6220	5999,7560	1,89	TS
Y	3442,5220	5999,7560	1,75	TS

Sumber: Hasil Penelitian, 2025

Kondisi sebelumnya tidak memenuhi SNI 1726:2019, yang mewajibkan bahwa gaya geser dasar dari analisis dinamik tidak boleh kurang dari 100% gaya geser dasar statik. Oleh karena itu, untuk menjamin kesesuaian terhadap standar, dilakukan perhitungan faktor skala (*scaling factor*) dengan menggunakan persamaan 1.

Tabel 8 Gaya geser dasar dan faktor koreksi struktur *non-soft story, soft first story* 1-4

Base Shear	Dinamik	Statik	Keterangan
	kN	kN	
Non – Soft Story			
X	5915,3620	5892,0650	MS
Y	5938,6660	5892,0650	MS
Soft first story 1			
X	5963,4320	5918,9880	MS
Y	5955,3720	5918,9880	MS
Soft first story 2			
X	5970,4850	5945,9100	MS
Y	5983,4330	5945,9100	MS
Soft first story 3			
X	5996,0110	5972,8330	MS
Y	5997,5840	5972,8330	MS
Soft first story 4			
X	6026,7420	5999,7560	MS
Y	6024,6590	5999,7560	MS

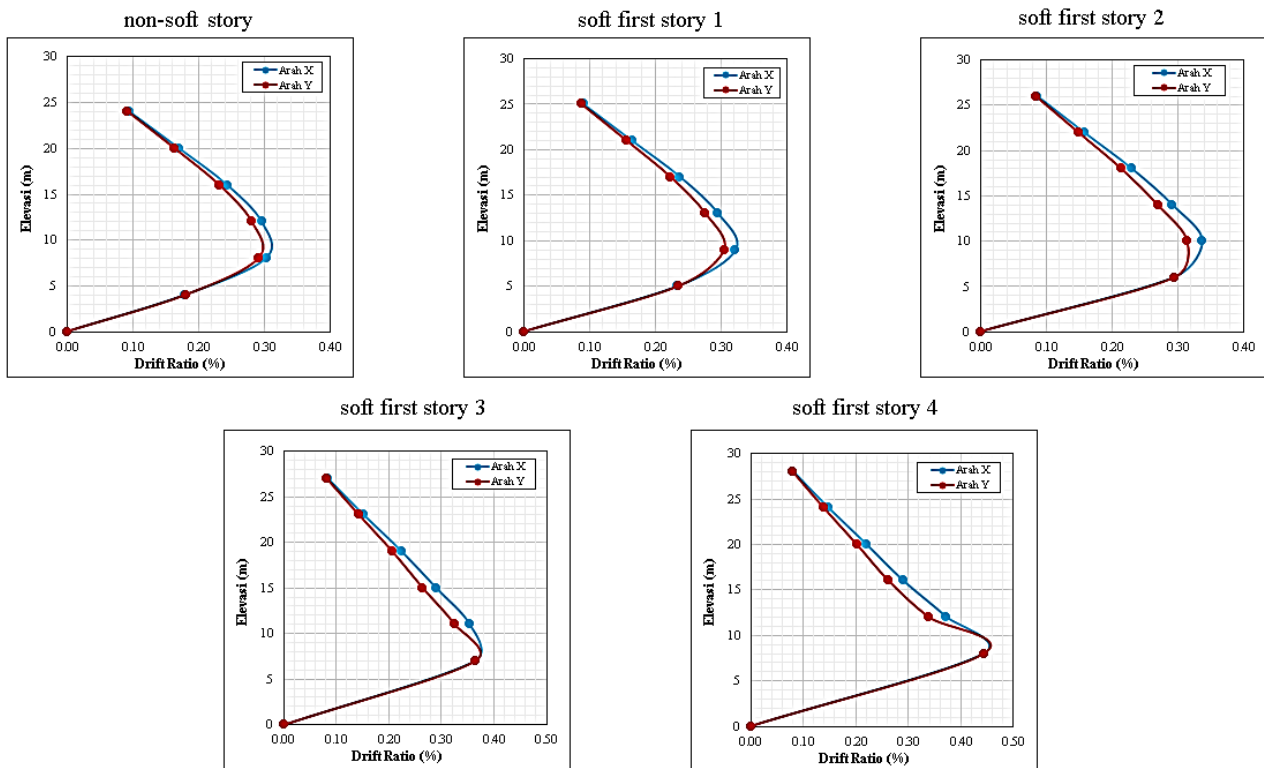
Sumber: Hasil Penelitian, 2025

Perbandingan Simpangan Antar Lantai (*Drift Ratio*)

Untuk menghitung Drift Ratio (DR%) atap arah X menggunakan persamaan 2 berikut.

$$\text{Drift Ratio } \% = \frac{(0.0515 - 0.0477)}{4} \times 100 = 0.09\%$$

Rekapitulasi hasil perhitungan drift ratio disajikan dalam bentuk grafik berikut :



Gambar 7 Grafik *drift ratio* arah x dan y pada struktur *non-soft story*, *soft first story* 1-4
Sumber: Hasil Penelitian, 2025

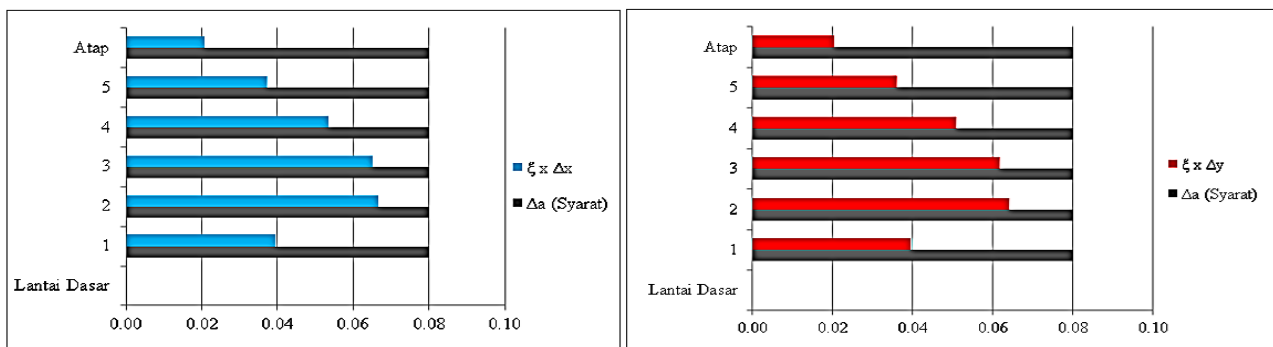
Simpangan Antar Lantai (*Story Drift*) dari Hasil Analisa *Response Spectrum*

Perhitungan Simpangan Maksimum (Δ) atap arah x menggunakan persamaan 3 dan 4 berikut:

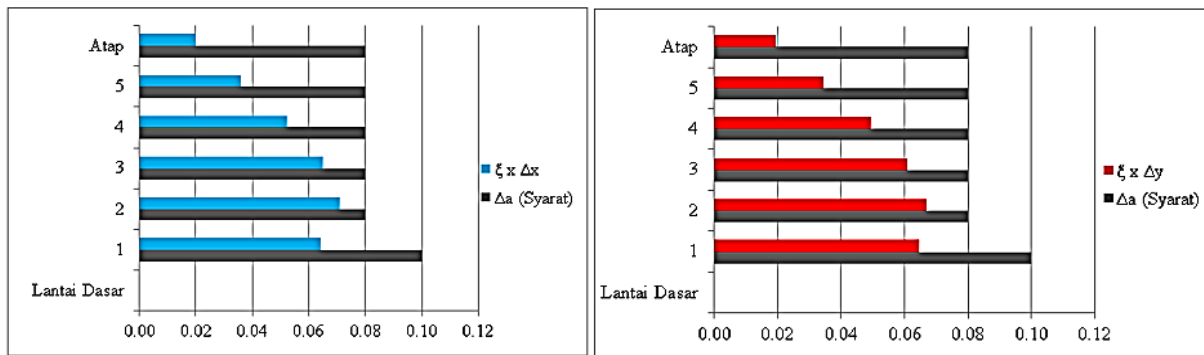
$$\Delta x = 0.0515 - 0.0477 = 0.0038 \text{ m}$$

$$\text{Simpangan Maksimum } (\Delta) = 5.5 / 1 \times 0.0038 = 0.0208 \text{ m}$$

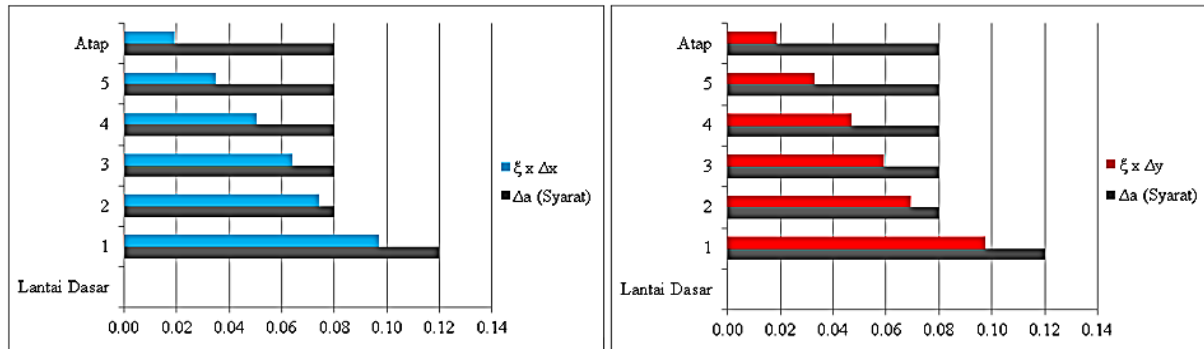
Batas untuk simpangan ijin (Δ_a) berdasarkan tabel 1 Rekapitulasi hasil perhitungan simpangan disajikan dalam bentuk grafik gambar 8 hingga gambar 12 berikut :



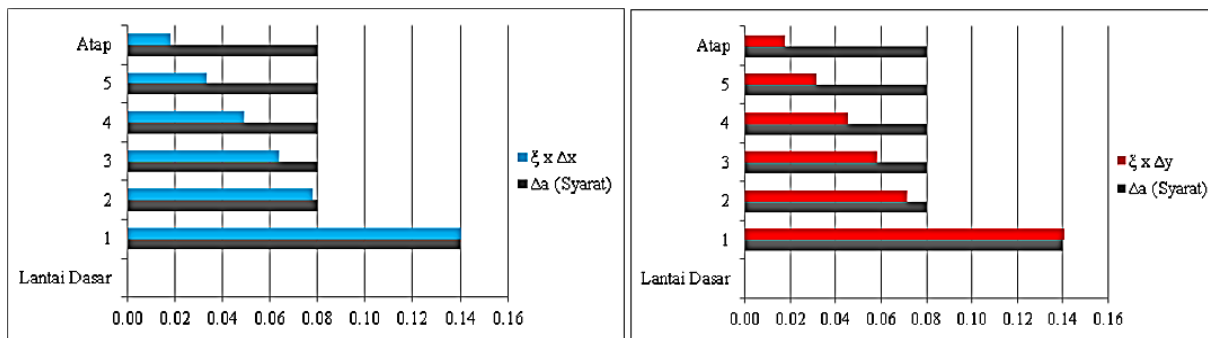
Gambar 8 Grafik Evaluasi simpangan antar lantai arah x dan y terhadap batas izin pada struktur *non-soft story*
Sumber: Hasil Penelitian, 2025



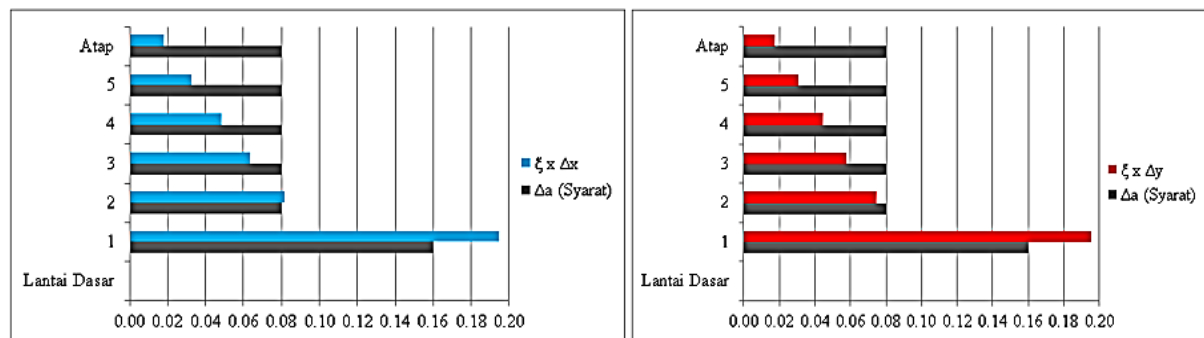
Gambar 9 Grafik Evaluasi simpangan antar lantai arah x dan y terhadap batas izin pada struktur soft first story 1
Sumber: Hasil Penelitian, 2025



Gambar 10 Grafik Evaluasi simpangan antar lantai arah x dan y terhadap batas izin pada struktur soft first story 2
Sumber: Hasil Penelitian, 2025



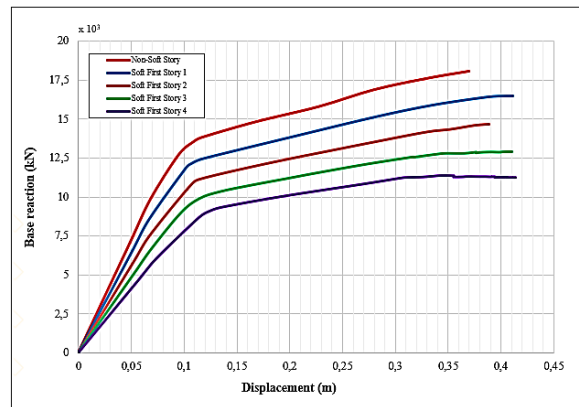
Gambar 11 Grafik Evaluasi simpangan antar lantai arah x dan y terhadap batas izin pada struktur soft first story 3
Sumber: Hasil Penelitian, 2025



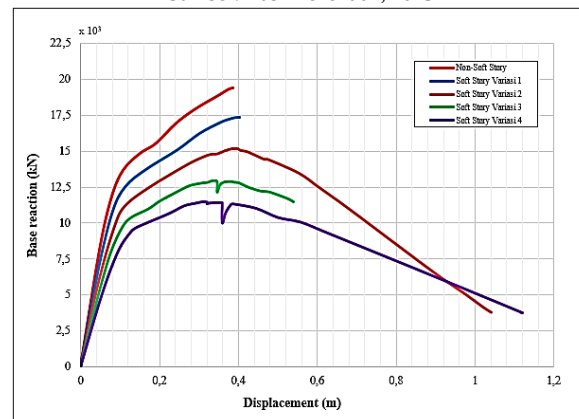
Gambar 12 Grafik Evaluasi simpangan antar lantai arah x dan y terhadap batas izin pada struktur soft first story 4
Sumber: Hasil Penelitian, 2025

Kapasitas Struktur

Evaluasi kapasitas struktur dilakukan melalui analisis statik nonlinier (pushover) dalam arah X dan Y. Hasil analisis ini divisualisasikan dalam Grafik gambar 13 untuk arah X dan grafik gambar 14 untuk arah Y berikut.



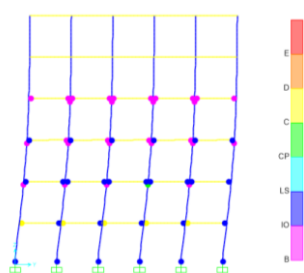
Gambar 13 Grafik kurva kapasitas gedung akibat push X
Sumber: Hasil Penelitian, 2025



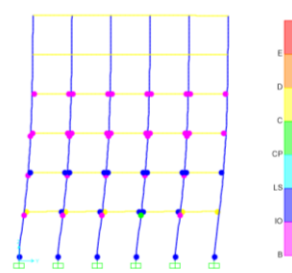
Gambar 14 Grafik kurva kapasitas gedung akibat push Y
Sumber: Hasil Penelitian, 2025

Distribusi Sendi Plastis

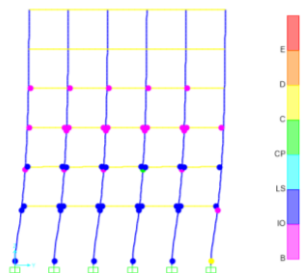
Distribusi sendi plastis arah-Y dianalisis pada displacement 0,39 m untuk menggambarkan perkembangan plastisitas antar variasi struktur. Gambar 15–19 menyajikan hasil distribusi sendi plastis pada pembebanan lateral arah-Y.



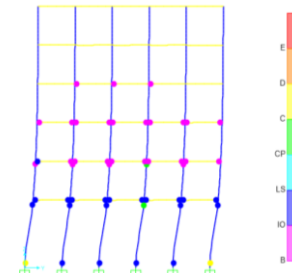
Gambar 15 Deformasi sendi plastis *non-soft story* step 10



Gambar 16 Deformasi sendi plastis *soft first story 1* step 9

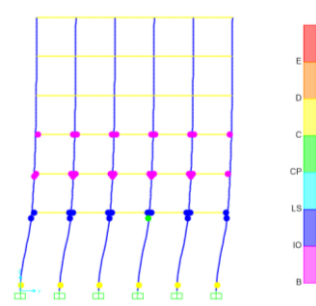


Gambar 17 Deformasi sendi plastis *soft first story 2* step 14



Gambar 18 Deformasi sendi plastis *soft first story 3* step 28

Sumber : Hasil penelitian 2025 SAP2000 v22



Gambar 19 Deformasi sendi plastis soft first story 4 step 30
Sumber : Hasil penelitian 2025 SAP2000 v22

Performance Point

Performance point dengan metode spektrum kapasitas hasil SAP2000 setiap permodelan di tampilkan dalam tabel dan tabel sebagai berikut:

Tabel 9 *Performance point* push X dengan ATC-40

Performance Point	Tipe Gedung				
	Non Soft Story	Soft First Story 1	Soft First Story 2	Soft First Story 3	Soft First Story 4
V (kN)	14855.872	13664.654	12523.860	11493.624	10587.545
D, δ (m)	0.170	0.190	0.204	0.223	0.244
Sa (g)	0.390	0.346	0.305	0.272	0.245
Sd (m)	0.138	0.158	0.172	0.190	0.212
Teff (det)	1.194	1.346	1.500	1.677	1.858
Beff (%)	0.284	0.279	0.291	0.299	0.294

Sumber : Hasil penelitian 2025

Tabel 10 *Performance point* push Y dengan ATC-40

Performance Point	Tipe Gedung				
	Non Soft Story	Soft First Story 1	Soft First Story 2	Soft First Story 3	Soft First Story 4
V (kN)	15243.045	14131.747	13060.581	11894.379	10933.865
D, δ (m)	0.173	0.191	0.208	0.226	0.246
Sa (g)	0.394	0.358	0.317	0.281	0.254
Sd (m)	0.131	0.147	0.164	0.183	0.204
Teff (det)	1.150	1.277	1.440	1.617	1.794
Beff (%)	0.297	0.288	0.295	0.300	0.296

Sumber : Hasil penelitian 2025

Evaluasi Kinerja Struktur berdasarkan ATC-40

Berikut evaluasi kinerja struktur non-soft story arah x menggunakan persamaan 5 dan 6 berikut:

$$\text{Maksimum total Drift} = \frac{0.170 \text{ m}}{24 \text{ m}} = 0.007$$

$$\text{Maksimal Inelastik Drift} = \frac{0.170 - 0.047 \text{ m}}{24 \text{ m}} = 0.0051$$

Menurut ATC-40, Pada tabel 3 Maka tingkat kinerja gedung tersebut adalah damage control.

Hasil rekapitulasi evaluasi stuktur *non soft story* dan *soft first story* 1-4 dapat dilihat pada tabel 11 berikut:

Tabel 11 Hasil rekapitulasi evaluasi struktur non soft story dan soft first story 1-4

Variasi	Arah	Parameter		Performa Level
		Maks. Drift	Maks. Inelastik Drift	
Non-soft story	X	0.007	0.0051	Immediate Occupancy
	Y	0.007	0.0052	

<i>Soft first story 1</i>	X	0.008	0.0056	Damage Control
	Y	0.008	0.0058	
<i>Soft first story 2</i>	X	0.008	0.0058	Damage Control
	Y	0.008	0.0062	
<i>Soft first story 3</i>	X	0.008	0.0073	Damage Control
	Y	0.008	0.0074	
<i>Soft first story 4</i>	X	0.009	0.0067	Damage Control
	Y	0.009	0.0069	

Sumber : Hasil penelitian 2025

KESIMPULAN

Pada arah X, non-soft story memiliki kapasitas terbesar (18067,745 kN), sedangkan kapasitas menurun berturut-turut pada soft story 1 hingga 4 (16498,45 kN → 11267,63 kN). Hal serupa terlihat pada arah Y, dengan kapasitas maksimum non-soft story 19397,882 kN dan penurunan signifikan pada soft story 1 hingga 4 (17332,026 kN → 11296,245 kN). Hal ini menegaskan bahwa keberadaan soft story menurunkan kapasitas seismik struktur secara konsisten. Struktur bangunan tanpa konfigurasi soft story (non-soft story) menunjukkan respons seismik yang baik pada displacement 0.34m menurut kriteria performa ATC-40, di mana mayoritas sendi plastis berada pada tingkat IO (Immediate Occupancy) hingga LS (Life Safety). distribusi sendi plastis merata di seluruh ketinggian bangunan. Pola ini menunjukkan perilaku daktail dengan kemampuan penyebaran energi gempa yang baik. Sebaliknya, struktur dengan konfigurasi soft story terutama yang memiliki kolom lantai dasar lebih tinggi memperlihatkan konsentrasi plastisitas di kolom lantai dasar sejak awal pembebanan hingga mendekati displacement rencana sebagian besar kolom tersebut sudah mencapai kondisi CP (Collapse Prevention), dominasi CP semakin besar sementara lantai atas tetap elastis. Kondisi ini menandakan kegagalan distribusi deformasi ke lantai atas dan meningkatkan risiko soft story failure ketika terjadi gempa besar.

Hasil analisis menunjukkan bahwa semakin tinggi kolom pada lantai dasar (dari 5 m hingga 8 m), semakin besar nilai drift ratio yang terjadi pada lantai tersebut. Pada variasi soft story dengan ketinggian kolom 8 m (Soft first story 4), terjadi peningkatan nilai drift ratio maksimum hingga mencapai 44% dan nilai koreksi gaya geser dasar (SC) tertinggi sebesar 1,89 (X) dan 1,75 (Y). Kondisi ini mengindikasikan bahwa struktur semakin fleksibel dan kehilangan kekakuan lateral yang signifikan. Dengan demikian, variasi ketinggian kolom pada konfigurasi soft story secara langsung mempengaruhi tingkat kerentanan struktur terhadap beban gempa lateral.

REFERENSI

- Anam, S., Sutriyono, B., & Trimurtiningrum, R. (2020). Studi perbandingan kinerja gedung SRPMK 6 lantai dengan metode pushover dan time history. *Jurnal Teknik Sipil*
- Fajar, M. N., Setyo, A. D., & Mangandar, E. S. (2023). Studi analisis kinerja struktur gedung bertingkat tidak beraturan terhadap soft storey akibat beban gempa.
- Fitria, N. J. L., & Marga, U. P. (2022). Kawasan ekonomi khusus Singosari sebagai pembangunan berkelanjutan dengan tema heritage and historical tourism berbasis teknologi. *The Indonesian Journal of Public Administration*. <http://journal.uta45jakarta.ac.id/index.php/admpublik>
- Olabaniye, K., Oyedele, N., & Scott, C. (2023). Analysis the effect of column height variation on the performance of increased building structure. *Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology*, 8(1), 56–61. [https://doi.org/10.25299/jgeet.2023.8.1.13462:contentReference\[oaicite:6\]{index=6}](https://doi.org/10.25299/jgeet.2023.8.1.13462:contentReference[oaicite:6]{index=6}).
- Saputro, T., Momot, H., & Sorong, P. (2020). Pemutakhiran peta sebaran gempa bumi berdasarkan magnitudo dan kedalaman di wilayah Provinsi Papua Barat pada 50 tahun terakhir. *Prodi Diploma 4 Teknik Sipil Politeknik Saint*, 10(1). <http://u.lipi.go.id/1320332466>
- Siswanto, S., & Prijasambada. (2023). Analisis kinerja struktur gedung bertingkat menggunakan metode pushover. *Ikraith-Teknologi*. <https://journals.upi-yai.ac.id/index.php/ikraith-teknologi>
- Adyeel, Abu Huraira Mohammed et al. (2025). Analisis Perbandingan Kinerja Seismik Gedung RC dengan Variasi Ukuran dan Orientasi Kolom. *Jurnal Teknik Sipil Amerika*, Vol. 13, No. 1, hlm. 1-9.