

# ***Analisis Kinerja Kolom Pipih Dan Kolom Konvensional Pada Bangunan Bertingkat Rendah***

## ***Performance Analysis of Flat Columns and Conventional Columns in Low-Rise Building***

Tersianus Rada Sakti<sup>1</sup>, Dolly W. Karels<sup>2\*</sup>, Remigildus Cornelis<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang 65145, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang 65145, Indonesia

<sup>3</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang 65145, Indonesia

---

### **Article info:**

Kata kunci:

Kolom pipih, kolom konvensional, bangunan bertingkat rendah

Keywords:

Unconventional column, Conventional Columns, Low-Rise Building

### **Article history:**

Received: 22-04-2022

Accepted: 12-05-2022

\*Koresponden email:

[radatersianus@gmail.com](mailto:radatersianus@gmail.com)

[dollywkarels@gmail.com](mailto:dollywkarels@gmail.com)

[remi@staf.undana.ac.id](mailto:remi@staf.undana.ac.id)

### **Abstrak**

Kolom pipih sangat familiar digunakan dalam dunia konstruksi bangunan modern karena berdampak pada fungsi ruangan menjadi efisien, sedangkan, kolom konvensional berdampak pada kurangnya efisiensi fungsi ruangan. Analisis perbandingan kinerja kedua jenis kolom tersebut menggunakan analisis *pushover* metode spektrum kapasitas dengan *software* ETABS ver. 16.1.0. Hasil level kinerja kedua jenis kolom pada bangunan bertingkat rendah adalah sama yaitu *Immediate Occupancy*. The largest maximum base shear force is in low-rise buildings with flat columns where the pushover force in the east is 20,815.90 kN and the maximum displacement is 160.00 mm, and the smallest base shear force is in low-rise buildings with conventional columns where the pushover force is 2,478.83 kN with a maximum displacement of 90.11 mm. So it can be concluded that conventional columns are stronger than flat columns.

### **Abstract**

Unconventional columns are very familiar in modern building construction because they impact the room's efficiency. Meanwhile, conventional columns affect the lack of efficiency in the room's functions. The performance analysis of the two types of columns used pushover analysis of the capacity spectrum method using ETABS v 16.1.0 software. The performance level results of the two types of columns in low-rise buildings are the same, which is *Immediate Occupancy*. The most significant maximum shearing force is at a low-rise building with an unconventional column with a maximum displacement on the east side of 160,00 mm. The smallest is a low-rise building with a conventional column in the east direction with maximum displacement on the North side of 90,11 mm. Thus, comparing the performance of the two types of columns can be concluded that conventional columns are stronger than unconventional columns.

---

## 1. Pendahuluan

Kota Kupang merupakan ibu kota Provinsi Nusa Tenggara Timur dengan luas wilayah 180,27 km<sup>2</sup> dan jumlah penduduk ±423.800 jiwa. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (2012 dan 2019), laju pertumbuhan penduduk di Kota Kupang tahun 2011-2018 adalah 3,07% yang termasuk kategori tinggi. Hal ini berdampak pada keterbatasan lahan dalam mendirikan bangunan tempat tinggal. Salah satu solusi dalam mengatasi masalah tersebut adalah dengan membangun gedung untuk tempat tinggal secara vertikal atau bertingkat. Ada dua komponen penting dalam mendesain suatu bangunan bertingkat yaitu struktur dan non- struktur. Komponen struktur adalah struktur utama suatu bangunan yang berfungsi untuk mendukung keberadaan komponen non-struktur.. Komponen struktur menjadi komponen yang paling penting dalam mendirikan bangunan.

Komponen-komponen struktur utama suatu bangunan gedung meliputi balok, kolom dan fondasi. Berdasarkan karakteristik kekakuan elemen, balok dan kolom merupakan elemen kaku yang tidak mengalami perubahan bentuk yang cukup besar apabila mengalami tekanan beban. Kolom merupakan elemen struktur vertikal yang berfungsi memikul beban berupa gaya aksial serta momen lentur dari elemen horizontal untuk diteruskan ke fondasi. Pada struktur bangunan bertingkat rendah dapat digunakan kolom konvensional dengan penampang berbentuk segiempat dan bulat, atau kolom non-konvensional yakni kolom pipih berbentuk L, T, plus (+), dan I. Saat ini semakin banyak digunakan kolom pipih pada bangunan bertingkat rendah dengan pertimbangan bahwa kolom tersebut permukaannya rata dengan dinding sehingga memiliki nilai estetika yang lebih dibandingkan kolom konvensional. Oleh karena itu perlu diteliti kinerja dari kolom pipih dan kolom konvensional.

## 2. Bahan dan Metode

Pada struktur yang stabil, deformasi yang diakibatkan oleh beban pada umumnya kecil. Gaya internal yang timbul di dalam struktur mempunyai kecenderungan mengembalikan bentuk struktur ke bentuk semula apabila bebannya dihilangkan. Sedangkan pada struktur yang tidak stabil, deformasi yang diakibatkan oleh beban pada umumnya mempunyai kecenderungan untuk terus bertambah selama struktur tersebut dibebani (Suryatmono 1991).

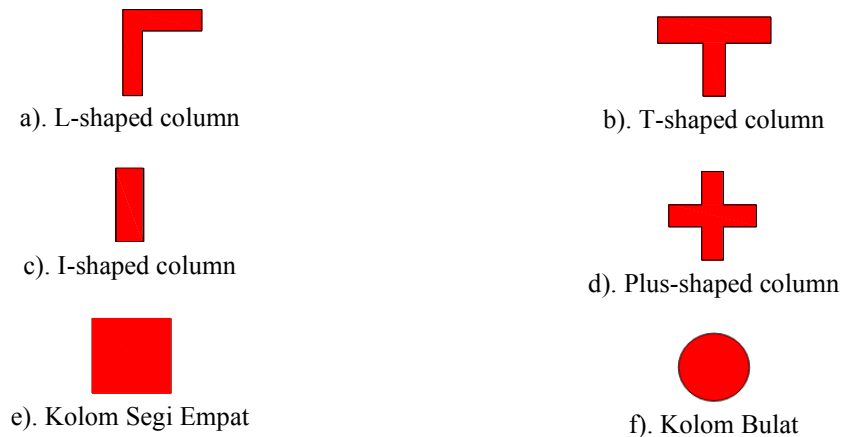


(a) Susunan Kolom dan Balok

(b) Ketidakstabilan Terhadap Beban Horizontal

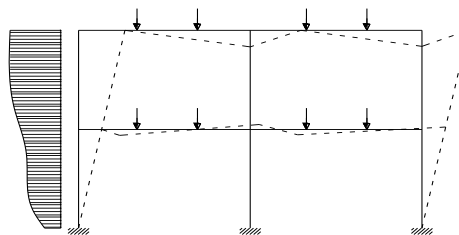
**Gambar 1.** Ketidakstabilan Struktur terhadap Kondisi Pembebebanan

Kolom merupakan elemen vertikal yang menerima beban aksial tekan serta momen lentur. Kolom pipih mempunyai 4 bentuk yaitu L-shaped column, T-shaped column, plus-shaped column, dan I-shaped column, sedangkan kolom konvensional mempunyai 2 bentuk yaitu kolom segi empat dan kolom bulat. Bentuk kolom pipih dan konvensional dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Bentuk Kolom Pipih dan Kolom Konvensional

Pembebanan yang digunakan yaitu beban mati dan beban hidup sesuai dengan PPIUG (Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung, 1983). Analisis pushover menggunakan metode capacity spectrum. Metode spektrum kapasitas adalah metode untuk mengetahui kinerja dari struktur dengan diberikan beban dorong statis non-linier (pushover) secara bertahap hingga beberapa komponen struktur mengalami leleh dan berdeformasi inelastic. Ilustrasi pushover dapat dilihat pada Gambar 3 berikut ini.



**Gambar 3.** Ilustrasi Pushover

Kurva yang dihasilkan dari analisis statis pushover non-linier yaitu hubungan antara gaya geser dasar (base shear) dengan perpindahan atap (roof displacement). Kurva kapasitas hasil dari analisis pushover dapat dikonversikan ke dalam format ADRS (Acceleration-Displacement Response Spectra) menggunakan persamaan sebagai berikut:

Modal Participation Factor Mode 1:

$$PF = \frac{[\sum_{i=1}^n w_1 \cdot \phi_{i1} / g]}{[\sum_{i=1}^n (w_1 \cdot \phi_{i1})^2 / g]} \tag{1}$$

Modal Mass Coefficient Mode 1:

$$\alpha_1 = \frac{[\sum_{i=1}^n w_1 \cdot \phi_{i1} / g]}{[\sum_{i=1}^n w_1 / g] [\sum_{i=1}^n (w_1 \cdot \phi_{i1})^2 / g]} \tag{2}$$

Spectrum Acceleration:

$$S_a = \frac{V/W}{\alpha_1} \tag{3}$$

Spectrum Displacement:

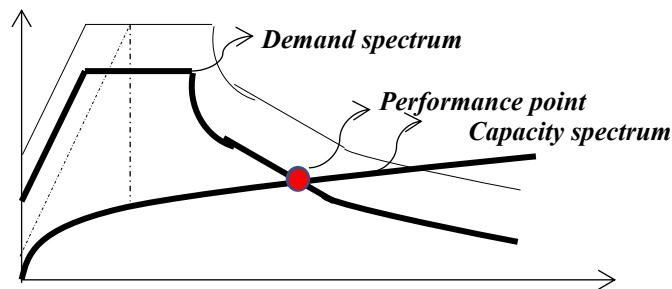
$$S_d = \frac{\Delta_{roof}}{PF_1 \cdot \phi_{roof,1}} \tag{4}$$

Keterangan:

- $PF_1$  : Modal participation factor untuk mode pertama
- $\alpha_1$  : modal mass coefficient untuk mode pertama
- $S_a$  : spectral acceleration
- $S_d$  : spectral displacement
- $\phi_{i1}$  : amplitud untuk mode pertama
- $V$  : gaya geser
- $W$  : beban mati bangunan ditambah beban hidup
- $\Delta_{roof}$  : roof displacement

2.1. Performance Point

Performance point adalah titik dimana kurva kapasitas berpotongan dengan single demand. Performance point dapat ditentukan dengan melakukan plot demand spectrum dan menggabungkan dengan capacity spectrum. Grafik titik kinerja dapat dilihat pada Gambar 4 berikut ini.



Gambar 4. Performance Point (ATC-40 1996)

2.2. Performance Level

Performance level merupakan batasan kerusakan pada struktur dan beban gempa yang ada. Menurut ATC 40, perilaku suatu struktur diukur dari tingkat kerusakan struktural dan non-struktural berdasarkan level kinerja ATC 40. Persamaan yang digunakan dalam menentukan level kinerja adalah:

$$\text{Maximum drift} = \frac{D_t}{H} \tag{5}$$

$$\text{Maximum inelastic drift} = \frac{D_t - D_1}{H_{total}} \tag{6}$$

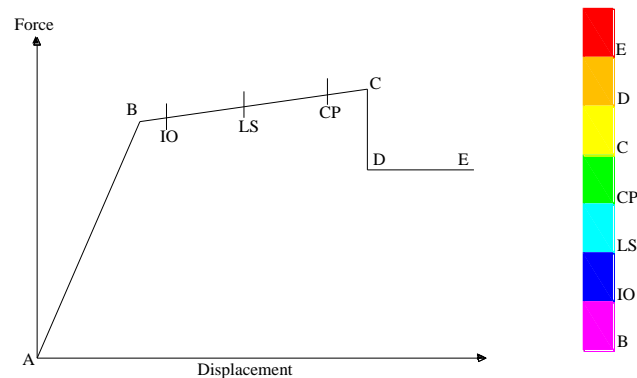
Keterangan:

- $D_t$  : Target displacement
- $D_1$  : Displacement pada step 1
- :

$H_{total}$  Tinggi total struktur

### 2.3. Properti Sendi Plastis

Sendi plastis merupakan bentuk ketidakmampuan elemen struktur balok dan kolom menahan gaya dalam. Pemodelan sendi plastis diaplikasikan pada elemen kolom untuk mengetahui perbandingan pola keruntuhan dari kolom pipih dan konvensional. Adapun keterangan mengenai karakteristik sendi plastis dapat dilihat pada Gambar 5 berikut ini.



**Gambar 5.** Properti Sendi Plastis (ETABS v 16.1.0.)

Pemodelan sendi plastis pada struktur bangunan bertingkat rendah menggunakan kolom pipih dan konvensional dapat diaplikasikan dengan bantuan program *ETABS version 16.1.0*. Dalam penelitian ini elemen kolom menggunakan tipe sendi default-PMM (pemikul momen menengah) dengan pertimbangan bahwa elemen kolom terdapat hubungan gaya aksial dengan momen (diagram interaksi P-M).

### 2.4. Standar Nasional Indonesia 03-1726-2012 Tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung

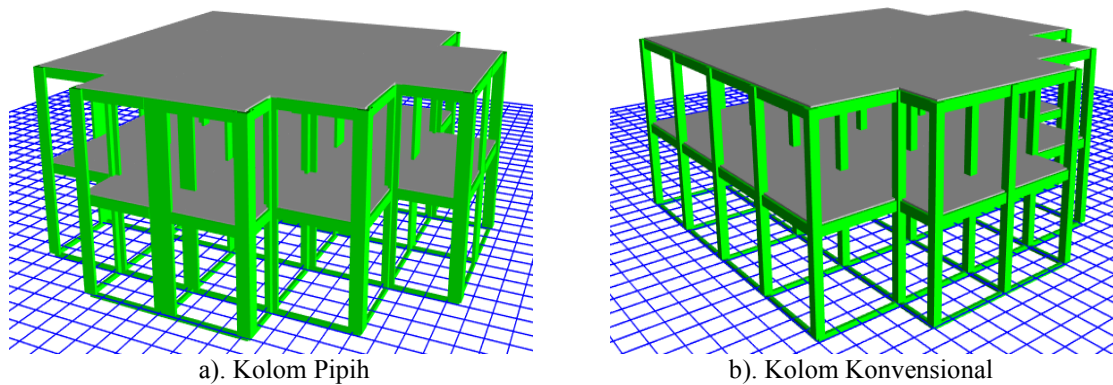
Simpangan antar lantai maksimum yang berkaitan dengan gaya lateral rencana termasuk perpindahan akibat deformasi vertikal dari sistem isolasi tidak boleh melebihi batasan berikut ini:

1. Simpangan antar lantai maksimum dari struktur sistem isolasi yang dihitung dengan analisis spektrum respons tidak boleh melebihi  $0,015 h_{sx}$
2. Simpangan antar lantai maksimum struktur sistem isolasi yang dihitung dengan menggunakan analisis riwayat respons berdasarkan karakteristik gaya-lendutan dari elemen-elemen non-linier sistem penahan gaya gempa tidak boleh melebihi  $0,020 h_{sx}$

Berdasarkan SNI 03-1726-2002 pasal 8.2.1, syarat untuk memenuhi kinerja batas ultimit struktur gedung dalam segala hal simpangan antar-tingkat yang dihitung dari simpangan struktur gedung tidak boleh melampaui 0,02 kali tinggi tingkat yang bersangkutan.

### 2.5. Analisis Data

Data pembebanan yaitu beban mati dan beban hidup dihitung berdasarkan PPIUG 1983. Untuk analisis struktur dan kinerja kolom pipih dan kolom konvensional digunakan software ETABS version 16.1.0. Penentuan level kinerja didasarkan pada standard ATC 40. Pemodelan kolom pipih dan kolom konvensional dapat dilihat pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Pemodelan Kolom 3 Dimensi Menggunakan Etabs version 16.1.0

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Kurva Kapasitas

Kurva kapasitas merupakan hubungan antara gaya geser dasar dan perpindahan atap akibat beban dorong pushover. Beban pushover yang diberikan ditingkatkan secara bertahap hingga struktur tersebut runtuh. Kurva ini dapat diperoleh dengan menggunakan ASCE-NSP Etabs v.16.1.0.

##### 3.1.1.1 Kolom Pipih.

Rekapitulasi gaya geser dasar maksimum kolom pipih dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Rekapitulasi Gaya Geser Dasar Maksimum Kolom Pipih

Arah Pushover	Displacement (mm)	Base Shear (kN)
Arah Timur	160,00	20815,90
Arah Utara	154,13	19889,54

##### 3.1.1.2 Kolom Konvensional.

Rekapitulasi gaya geser dasar maksimum kolom konvensional dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Rekapitulasi Gaya Geser Dasar Maksimum Kolom Konvensional

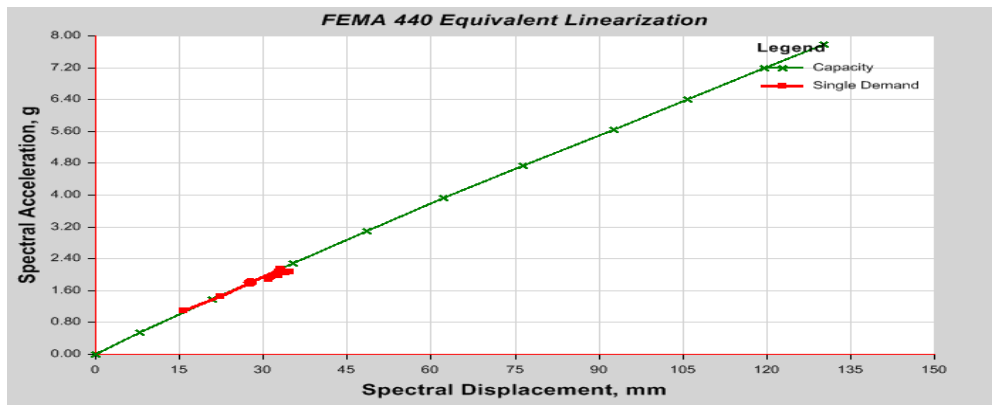
Arah Pushover	Displacement (mm)	Base Shear (kN)
Arah Timur	88,82	2478,83
Arah Utara	90,11	2264,30

#### 3.2. Performance Point

Performance point adalah titik dimana kurva kapasitas berpotongan dengan single demand. Performance point yang dihasilkan dari analisis pushover berupa grafik dari FEMA 440 Etabs v 16.1.0.

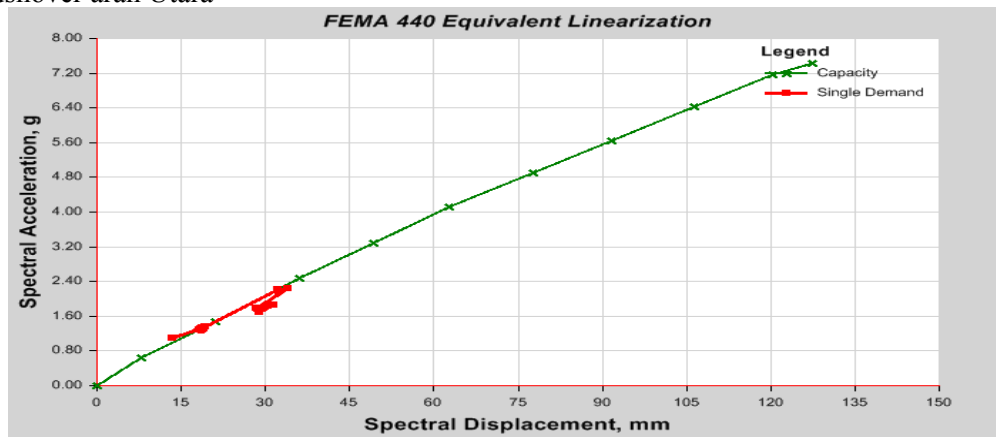
##### 3.2.1.1 Kolom Pipih.

- Pushover arah timur



Gambar 7. Kurva Capacity Spectrum Pushover Arah Timur

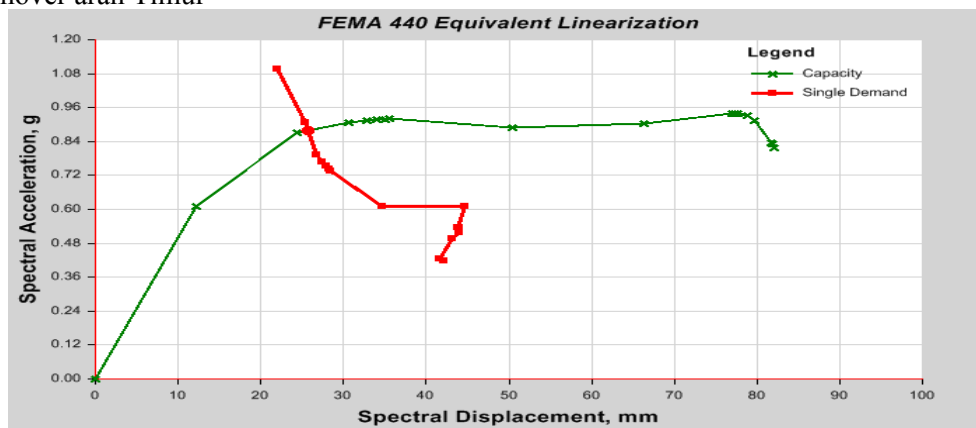
- Pushover arah Utara



Gambar 8. Kurva Capacity Spectrum Pushover Arah Utara

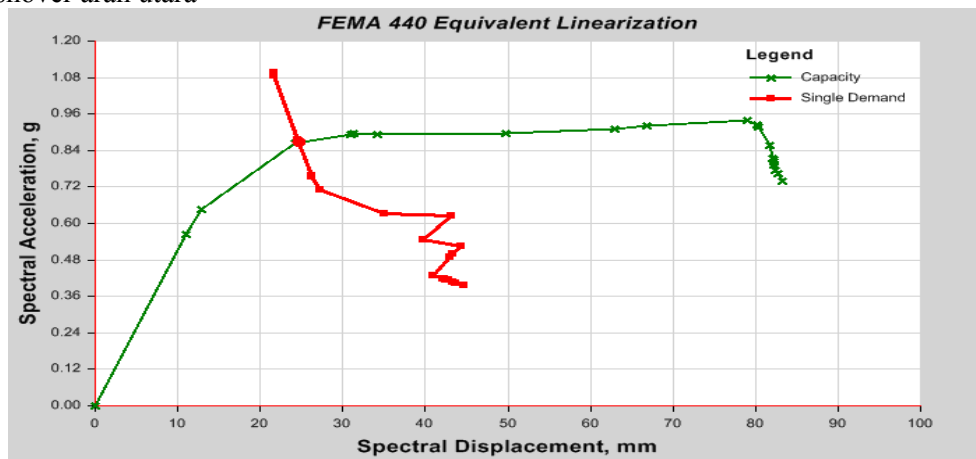
3.2.1.2 Kolom Konvensional.

- Pushover arah Timur



Gambar 9. Kurva Capacity Spectrum Pushover Arah Timur

- Pushover arah utara



Gambar 10. Kurva Capacity Spectrum Pushover Arah Utara

3.3. Evaluasi Kinerja Struktur Bangunan (ATC 40)

1. Kinerja Batas Berdasarkan SNI 2012

Perhitungan kinerja batas berdasarkan SNI 2012 untuk kolom pipih dan konvensional dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi Gaya Geser Dasar Maksimum Kolom Konvensional

Kolom	Pushover arah	$\Delta$ (m)	hsx (m)	$0,020$ hsx	$\Delta < 0,020$ hsx	Keterangan
Kolom pipih	Timur	0,160	8	0,16	$0,160 = 0,160$	Tidak Memenuhi
	Utara	0,154	8	0,16	$0,154 < 0,160$	Memenuhi
Kolom konvensional	Timur	0,089	8	0,16	$0,089 < 0,160$	Memenuhi
	Utara	0,090	8	0,16	$0,090 < 0,160$	Memenuhi

2. Level Kinerja Berdasarkan ATC 40

Rekapitulasi *performance point* kolom pipih dan kolom konvensional dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Performance Point Kolom Pipih dan Kolom Konvensional

Bangunan	Arah	Performance Point					
		V (kN)	D (mm)	Sa (g)	Sd (m)	Teff (det)	$\beta_{eff}$ (%)
Kolom Pipih	Timur	4822,74	33,90	1,80	27,62	0,38	0,17
	Utara	3595,85	22,98	1,32	18,63	0,29	0,12
Kolom Konvensional	Timur	2535,68	30,56	0,88	25,73	0,33	0,09
	Utara	2508,95	29,24	0,87	24,62	0,32	0,08



Hasil perhitungan level kinerja berdasarkan ATC 40 untuk kolom pipih dan kolom konvensional dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Level Kinerja Berdasarkan ATC 40

Bangunan	Pushover Arah Timur		Level Kinerja Bangunan
	Maximum Drift (m)	Maximum Inelastic Drift	
Kolom Pipih	0,0042 m	0,0030	Tidak Terjadi Kerusakan Struktural ( <i>Immediate Occupancy</i> )
Kolom Konvensional	0,0038 m	0,0020	Tidak Terjadi Kerusakan Struktural ( <i>Immediate Occupancy</i> )

3.4. Mekanisme Sendi Plastis

Skema distribusi sendi plastis diambil keseluruhan dari portal utama yang menjadi parameter apabila terjadi keruntuhan total. Gambar yang akan ditampilkan yaitu pada kondisi maksimum yang menentukan.

1. Distribusi Sendi Plastis pada Kolom Pipih

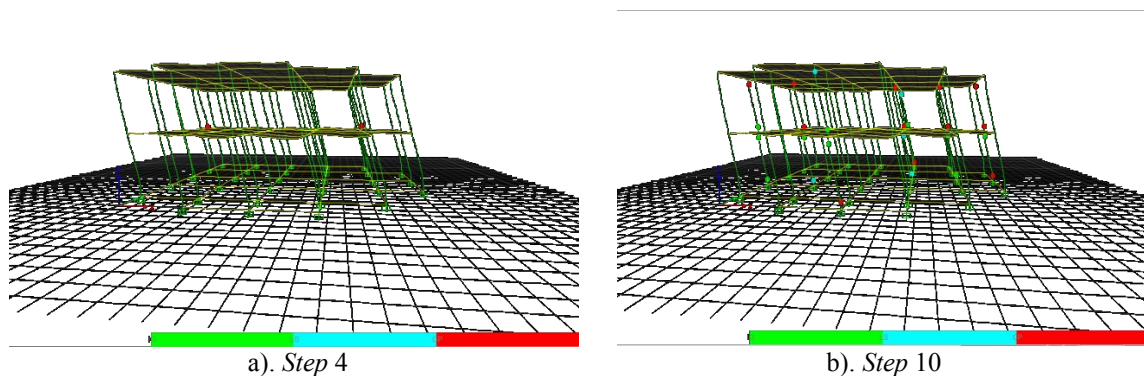
- Pushover Arah Timur

Hasil pushover arah Timur untuk kolom pipih dapat dilihat pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Hasil Pushover Arah Timur untuk Kolom Pipih

Distribusi Sendi Plastis	Step	Besar Perpindahan (mm)	Gaya Geser Dasar (kN)
Pertama Kali Terjadi Pelelehan Sendi Plastis	4	59,36 mm	8.295,26 kN
Kondisi Maksimum	10	160 mm	20.815,899 kN

Kondisi distribusi sendi plastis pushover arah Timur untuk kolom pipih dapat dilihat pada Gambar 11 berikut ini.



**Gambar 11.** Distribusi Sendi Plastis pada Kolom Pipih Pushover Arah Timur

- Pushover Arah Utara

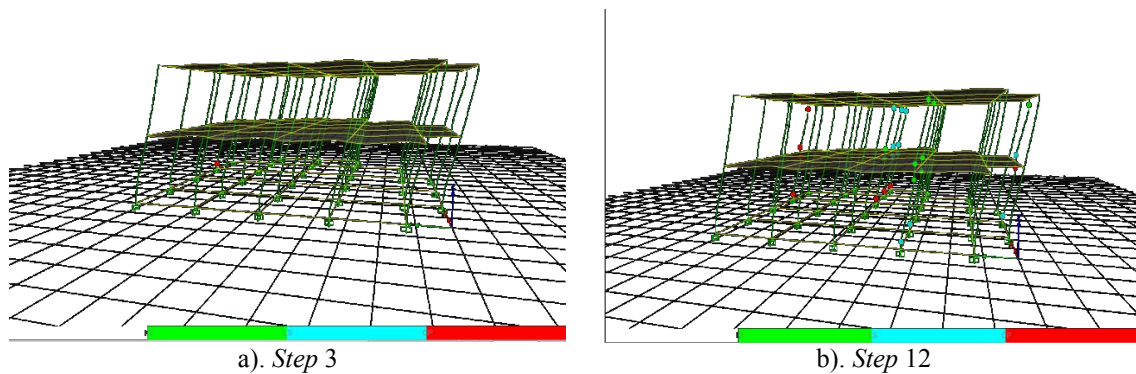
Hasil pushover arah Utara untuk kolom pipih dapat dilihat pada Tabel 7.

**Tabel 7.** Hasil Pushover Arah Utara untuk Kolom Pipih

Distribusi Sendi Plastis	Step	Besar Perpindahan (mm)	Gaya Geser Dasar (kN)
Pertama Kali Terjadi Pelelehan Sendi Plastis	3	44,03 mm	6.678,40 kN

Kondisi Maksimum	12	154,13 mm	19.889,54 kN
------------------	----	-----------	--------------

Kondisi distribusi sendi plastis pushover arah Utara untuk kolom pipih dapat dilihat pada Gambar 12 berikut ini.



**Gambar 12.** Distribusi Sendi Plastis pada Kolom Pipih *Pushover* Arah Utara

2. Distribusi Sendi Plastis pada Kolom Konvensional

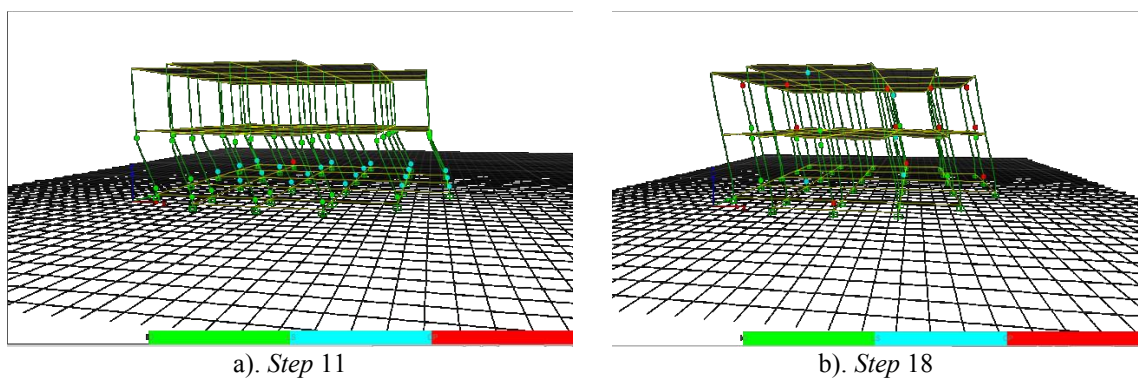
• *Pushover* Arah Timur

Hasil *pushover* arah Timur untuk kolom konvensional dapat dilihat pada Tabel 8.

**Tabel 8.** Hasil *Pushover* Arah Timur untuk Kolom Konvensional

Distribusi Sendi Plastis	Step	Besar Perpindahan (mm)	Gaya Geser Dasar (kN)
Pertama Kali Terjadi Pelelelahan Sendi Plastis	11	84,26 mm	2.848,12 kN
Kondisi Maksimum	18	88,82 mm	2.478,83 kN

Kondisi distribusi sendi plastis pushover arah Timur untuk kolom konvensional dapat dilihat pada Gambar 13 berikut ini.



**Gambar 13.** Distribusi Sendi Plastis pada Kolom Konvensional *Pushover* Arah Timur

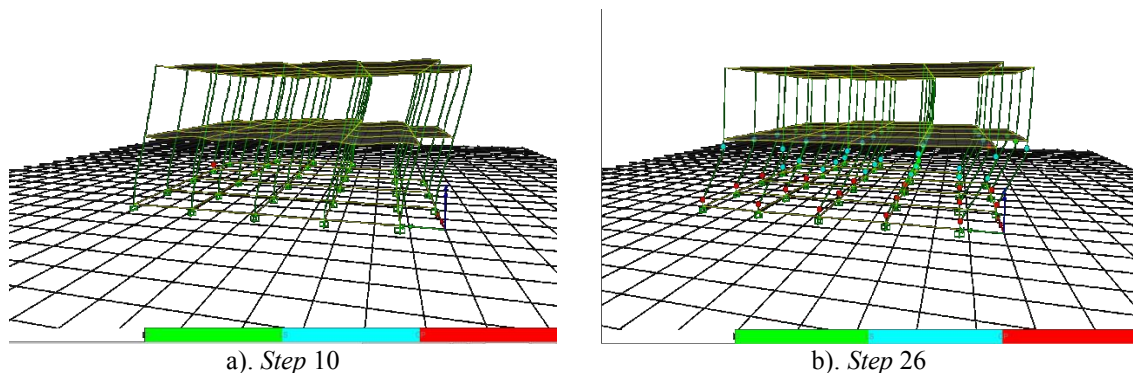
• *Pushover* Arah Utara

Hasil *pushover* arah Utara untuk kolom konvensional dapat dilihat pada Tabel 9.

**Tabel 9.** Hasil *Pushover* Arah Utara untuk Kolom Konvensional

Distribusi Sendi Plastis	Step	Besar Perpindahan (mm)	Gaya Geser Dasar (kN)
Pertama Kali Terjadi Pelelelahan Sendi Plastis	10	86,01 mm	2.863,26 kN
Kondisi Maksimum	26	90,112 mm	2.264,30 kN

Kondisi distribusi sendi plastis pushover arah Utara untuk kolom konvensional dapat dilihat pada Gambar 14 berikut ini.



**Gambar 14.** Distribusi Sendi Plastis pada Kolom Konvensional *Pushover* Arah Utara

Kinerja bangunan menggunakan kolom pipih dari kurva kapasitas yaitu: Gaya geser dasar maksimum pushover arah Timur: 20.815,90 kN dan arah Utara: 19.889,54 kN dengan Perpindahan maksimum arah Timur: 160,00 mm dan arah Utara: 154,13 mm, serta Level kinerja berdasarkan ATC 40: **Immediate Occupancy**

Kinerja bangunan menggunakan kolom konvensional dari kurva kapasitas yaitu: Gaya geser dasar maksimum pushover arah Timur: 2.478,83 kN dan arah Utara: 2.264,30 kN dengan Perpindahan maksimum arah Timur: 88,82 mm dan arah Utara: 90,11 mm, serta Level kinerja berdasarkan ATC 40: **Immediate Occupancy**

Perbandingan kinerja dari kedua jenis kolom tersebut adalah Gaya geser dasar maksimum arah Timur dan arah Utara lebih kecil 1 : 10 dan Perpindahan maksimum arah Timur dan arah Utara lebih kecil 1 : 2 Mekanisme sendi plastis

- *Pushover* arah Timur pada kolom pipih  
Mengalami keruntuhan *step* ke 10 yang merupakan kondisi maksimum. Pada *step* ke 10 ini besar perpindahan adalah 160 mm dan gaya geser dasar 20.815,899 kN dibandingkan
- *Pushover* arah Utara pada kolom konvensional  
Yang mengalami keruntuhan pada *step* ke 26 yang merupakan kondisi maksimum. Pada *step* ke 26 ini besar perpindahan adalah 90,112 mm dan gaya geser dasar 2.264,30 kN.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis menggunakan ETABS v. 16.1.0, perbandingan kinerja dari kedua jenis kolom yaitu kolom pipih dan kolom konvensional dapat disimpulkan bahwa kolom konvensional lebih kuat dari kolom pipih karena gaya geser dasar maksimum dan perpindahan maksimum pada kolom pipih yang bernilai besar.

#### Ucapan terima kasih

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada pihak-pihak yang telah membimbing, memotivasi, mendorong, dan telah membantu penulis dalam menyelesaikan artikel ini.

#### Daftar Pustaka

- Asroni, Ali. 2010. *Kolom Fondasi & Balok T Beton Bertulang*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- ATC-40. 1996. *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Building*. California: Applied Technology Council.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung (SNI 1726-2012)*. Jakarta: BSN.

- BPS. "Kota Kupang Dalam Angka 2012 Dan 2019." [www.bps.go.id](http://www.bps.go.id) (February 24, 2020).
- Frans, R, F Thioriks, J Tanijaya, and H T Kalangi. 2013. "Analisis Diagram Interaksi Kolom Pada Perencanaan Kolom Pipih Beton Bertulang." 7(KoNTekS 7): 54–60.
- Gurki, J. Thambah Sembiring. 2010. *Beton Bertulang Edisi Revisi*. Bandung: Rekayasa Sains.
- P, Anindityo Budi. 2011. *Evaluasi Kinerja Seismik Struktur Beton Dengan Analisis Pushover Prosedur A Menggunakan Program ETABS v 9.50*. Surakarta: Program Studi Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret.
- PPIUG. 1983. *Peraturan-Pembebanan-Indonesia-1983*. Bandung: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah bangunan.
- Suryoatmono, Bambang. 1991. *Struktur*. Bandung: Eresco.
- Umum, Departemen Pekerjaan. 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002) Dilengkapi Penjelasan (S-2002)*. Bandung: Yayasan Badan Penerbit PU.