



ST-32

## ANALISIS PERBANDINGAN PERILAKU STRUKTUR GEDUNG TANPA DAN DENGAN DINDING GESER PELAT BAJA MENGGUNAKAN METODE *NON-LINEAR TIME HISTORY ANALYSIS*

Michael Oktavianus Hartanto<sup>1</sup>, Khouw Victor Cliff<sup>2</sup>, Gabriel J.P. Ghewa<sup>3</sup> dan Widija Suseno Widjaja<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Soegijapranata, Jl. Pawiyatan Luhur IV/1 Kota Semarang

e-mail: [michaeloktavianus66@gmail.com](mailto:michaeloktavianus66@gmail.com)

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Soegijapranata, Jl. Pawiyatan Luhur IV/1 Kota Semarang

e-mail: [victor.cliff49@gmail.com](mailto:victor.cliff49@gmail.com)

<sup>3</sup>Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Soegijapranata, Jl. Pawiyatan Luhur IV/1 Kota Semarang

e-mail: [ghewa@unika.ac.id](mailto:ghewa@unika.ac.id)

<sup>4</sup>Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Soegijapranata, Jl. Pawiyatan Luhur IV/1 Kota Semarang

e-mail: [widija@unika.ac.id](mailto:widija@unika.ac.id)

### ABSTRAK

Perancangan struktur bangunan di wilayah Indonesia perlu dilakukan perlakuan khusus untuk mendapatkan struktur tahan gempa agar terhindari dari kegagalan struktur akibat gempa. Salah satu upaya yang bisa dilakukan adalah menggunakan dinding geser pada setiap bangunan tinggi. Pada struktur bangunan tinggi gedung baja dapat digunakan dinding geser pelat baja sebagai sistem penahan gaya lateral. Tujuan dari penelitian ini yaitu memahami perbedaan perilaku pada bangunan struktur gedung baja baik yang menggunakan dan tidak menggunakan dinding geser pelat baja. Diharapkan setelah dilakukan penelitian ini, dapat dipahami pengaruh gempa terhadap perilaku struktur bangunan gedung baja tanpa dan dengan menggunakan dinding geser pelat baja berdasarkan periode getar alami, simpangan antar tingkat, pengaruh P-delta, dan besar gaya geser dasar yang bekerja pada masing-masing pemodelan struktur. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu pengumpulan data dan studi literatur, melakukan dua pemodelan struktur tanpa dan dengan dinding geser pelat baja, pembebanan dengan beban gravitasi dan beban gempa riwayat waktu, melakukan analisis hasil, dan membuat kesimpulan dan saran. Hasil dari penelitian ini adalah struktur dengan dinding geser pelat baja memiliki periode struktur, simpangan antar tingkat, stabilitas struktur, dan gaya geser yang lebih baik daripada struktur tanpa dinding geser pelat baja setelah dilakukan analisis menggunakan analisis riwayat waktu non linier.

Kata kunci: dinding geser pelat baja, analisis riwayat waktu non linier, periode struktur, simpangan antar tingkat, gaya geser dasar, stabilitas struktur.

### PENDAHULUAN

Posisi geologis Indonesia yang berada pada pertemuan beberapa lempeng tektonik yang bergerak menjadikan Indonesia sebagai salah satu wilayah yang paling aktif secara seismik di dunia. Hal ini merujuk pada adanya sumber gempa yang tercipta dari interaksi 4 lempeng tektonik di Indonesia. Keempat lempeng tektonik tersebut adalah Lempeng Benua Eurasia yang bergerak ke arah tenggara, Lempeng Samudera Indo – Australia yang bergerak ke arah utara, Lempeng Samudera Pasifik yang bergerak ke arah barat dan Lempeng Laut Filipina yang bergerak ke arah barat (Kious dan Tilling, 1996). Pertemuan lempeng-lempeng tersebut menyebabkan terbentuknya sumber gempa tektonik dan nontektonik baik di laut maupun di darat, serta tsunami.

Berdasarkan catatan dari Badan Geologi sejak tahun 2000 hingga 2022 telah terjadi sebanyak 255 kejadian gempa bumi merusak (*destructive earthquake*) pada Indonesia yang mengakibatkan terjadinya korban jiwa, kerusakan bangunan, kerusakan lingkungan dan kerugian harta benda. Oleh sebab itu perancangan struktur bangunan di wilayah Indonesia perlu dilakukan perlakuan khusus untuk mendapatkan struktur tahan gempa agar terhindari dari kegagalan struktur akibat gempa. Salah satu upaya yang bisa dilakukan adalah menggunakan dinding geser pada setiap bangunan tinggi. Bangunan tinggi tahan gempa pada umumnya menggunakan elemen-elemen struktur kaku berupa dinding geser untuk menahan kombinasi gaya geser, momen, dan gaya aksial yang timbul akibat beban gempa. Dengan adanya dinding geser pada suatu bangunan, sebagian besar beban gempa akan terserap oleh dinding geser tersebut.

Pada perkembangannya di negara-negara maju seperti Kanada, Amerika Serikat, Meksiko, dan Jepang sudah sejak lebih dari tiga dekade yang lalu menggunakan dinding geser pelat baja (*Steel Plate Shear Wall*) (Astaneh-Asl, 1996). Oleh sebab itu peneliti akan melakukan sebuah analisis perbandingan kinerja struktur tanpa dan dengan dinding geser pelat baja untuk bangunan tahan gempa di Indonesia. Pada penelitian ini peneliti melakukan analisis dinamik menggunakan metode *non-linear Time History Analysis*. *Time History Analysis* merupakan analisis dinamik struktur berdasarkan rekaman gempa berupa percepatan tanah yang pernah terjadi sebelumnya (Wilkinson dan Hiley, 2006).

## Rumusan masalah

Rumusan masalah yang diperoleh dari penelitian ini antara lain:

- Apa perbedaan perilaku struktur bangunan gedung baja tanpa dan dengan menggunakan dinding geser pelat baja?
- Bagaimana pengaruh gempa terhadap perilaku struktur bangunan gedung baja tanpa dan dengan menggunakan dinding geser pelat baja?

## Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang ada maka tujuan dari penelitian ini antara lain:

- Memahami perbedaan perilaku pada struktur bangunan gedung baja yang menggunakan dan tidak menggunakan dinding geser pelat baja.
- Memahami pengaruh gempa terhadap perilaku struktur bangunan gedung baja tanpa dan dengan menggunakan dinding geser pelat baja berdasarkan periode getar alami, simpangan antar tingkat, pengaruh P-delta, dan besar gaya-gaya geser dasar (*base shear*) yang bekerja pada masing-masing pemodelan struktur.

## Manfaat penelitian

Manfaat yang akan diperoleh dari hasil penelitian ini dapat diuraikan sebagai berikut:

Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi dalam mendesain dan merencanakan struktur gedung baja agar struktur dapat memiliki ketahanan terhadap pembebanan baik beban gravitasi maupun beban lateral.

Hasil penelitian dapat dijadikan sebagai referensi untuk penggunaan dinding geser pelat baja sebagai salah satu alternatif struktur bangunan tahan gempa terutama pada gedung berlantai banyak.

## Batasan penelitian

Untuk mencapai tujuan dari rumusan masalah akan diperjelas dengan batasan penelitian sebagai berikut:

Hanya struktur bagian atas yang ditinjau pada gedung bertingkat tinggi yang berjumlah 10 lantai yang difungsikan sebagai kantor.

Struktur yang digunakan adalah struktur baja berdasarkan SNI 1729:2020 dan SNI 7860:2020.

Pembebanan gravitasi struktur direncanakan berdasarkan peraturan pembebanan pada SNI 1727:2020.



Struktur gedung direncanakan berada di wilayah kota Magelang, Jawa Tengah dengan kondisi tanah sedang berdasarkan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung menurut SNI 1726:2019.

Menggunakan *software* ETABS v20.0.0 untuk permodelan gedung baja baik menggunakan dan tanpa menggunakan dinding geser pelat baja.

Analisis gempa terhadap struktur bangunan menggunakan *non-linear time history analysis*.

Penelitian ini hanya melakukan analisis perbandingan periode getar alami, besar gaya-gaya geser dasar (*base shear*) yang bekerja, gaya geser antar lantai (*story shear*), simpangan antar tingkat, dan kekakuan struktur pada masing-masing pemodelan.

Analisis tidak memperhitungkan struktur bawah atau pondasi.

Analisis tidak memperhitungkan *stiffener* atau pengaku pada dinding geser pelat baja.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Struktur Bangunan Tinggi Tahan Gempa

Sistem penahan gaya lateral dan vertikal harus terdapat pada sebuah struktur gedung bertingkat tinggi. Sistem penahan ini harus mampu memberikan kekuatan, kekakuan, dan kapasitas disipasi yang cukup untuk menahan gerak tanah. Dalam perencanaan struktur bangunan tahan gempa, diperlukan dasar dan peraturan perencanaan bangunan untuk mengurangi dampak dampak yang bisa terjadi. Dengan adanya perencanaan struktur bangunan tahan gempa yang baik maka bisa menghindari dan mengurangi korban jiwa dan kerusakan bangunan yang disebabkan oleh gempa bumi yang sering terjadi. (Budiono,2011).

Menurut Widodo (2012) filosofi bangunan tahan gempa adalah sebagai berikut.

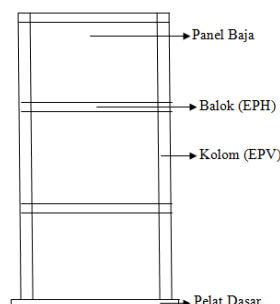
Pada gempa kecil (*light, atau minor earthquake*), maka struktur utama bangunan tidak boleh rusak dan harus masih bisa berfungsi secara baik. Kerusakan kecil elemen non struktur masih diperbolehkan

Pada gempa menengah (*moderate earthquake*), maka struktur utama bangunan boleh rusak tetapi masih bisa diperbaiki. Kerusakan elemen non-struktur masih diperbolehkan asalkan masih bisa diperbaiki

Pada gempa kuat (*strong earthquake*), maka struktur utama bangunan boleh rusak tetapi tidak boleh runtuh total (*totally collapse*). Ini berguna supaya bisa menyelamatkan manusia yang berada di dalam gedung secara maksimum.

### Definisi dinding geser pelat baja

Dinding geser pelat baja atau *Steel Plate Shear Wall (SPSW)* adalah sistem penahan beban lateral yang terdiri dari pelat baja dengan elemen pembatas, yaitu kolom yang merupakan Elemen Batas Vertikal (EBV), dan balok sebagai Elemen Batas Horisontal (EBH). Elemen pembatas berfungsi sebagai pemberi kekuatan dan penahan gaya gravitasi yang memungkinkan pelat baja mencapai tingkat kelelahan secara keseluruhan yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Dinding Geser Pelat Baja dengan Elemen Pembatasnya. (Sumber: Stankevicius,2011)

Analisis konsep desain dan perencanaan dinding geser pelat baja mulai di kenalkan dan dikembangkan oleh Thorburn (1983). Analisis pemodelan tersebut diberi nama *strip model* yang dapat digunakan untuk memodelkan perilaku dinding geser pelat baja dan leleh tarik (*tensile yielding*) web/dinding baja pada sudut  $\alpha$ . Pada *strip model* kemiringan sudut tunggal diambil sebagai rata-rata untuk keseluruhan panel yang dapat digunakan untuk menganalisis keseluruhan dinding, dengan jumlah dari strip per panel diambil lebih besar sama dengan 10. Metode analisis ini telah memperlihatkan korelasi dengan *test data physical*.

Pada tahun 2003, Berman dan Bruneau melakukan penelitian lanjutan dengan hasil bahwa idealnya dinding geser pelat baja harus direncanakan sedemikian rupa sehingga semua panel dinding geser pelat baja dapat meredam energi melalui deformasi inelastik ketika struktur terkena gempa. Oleh karena itu, ketebalan dari dinding geser pelat baja pada tiap lantai harus ditentukan dengan gaya geser lantai.

## Beban Gempa

Beban gempa merupakan beban luar yang bekerja pada struktur bangunan sebagai akibat dari pergerakan tanah yang disebabkan oleh gempa bumi yang terjadi pada suatu struktur. Untuk merencanakan suatu bangunan yang tahan gempa, harus diketahui percepatan yang terjadi pada batuan dasar sesuai dengan lokasi proyek tersebut (SNI 1726:2019). Kombinasi beban untuk metode ultimit struktur, komponen-komponen struktur, dan elemen-elemen fondasi harus sedemikian hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor. Menurut SNI 1727:2020, kombinasi dasar pembebanan yaitu:

1,4D

1,2D + 1,6L + 0,5(L<sub>r</sub> atau S atau R)

1,2D + 1,6(L<sub>r</sub> atau S atau R) + (L + 0,5W)

1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5(L<sub>r</sub> atau S atau R)

0,9D + 1,0W

1,2D + E<sub>v</sub> + E<sub>h</sub> + 1,0L + 0,2S

0,9D - E<sub>v</sub> + E<sub>h</sub>

1,0D + 0,7E<sub>v</sub> + 0,7E<sub>h</sub>

1,0D + 0,525E<sub>v</sub> + 0,525E<sub>h</sub> + 0,75L + 0,75S

0,6D + 0,7E<sub>v</sub> + 0,7E<sub>h</sub>

Keterangan:

D = Beban Mati (kg/m<sup>2</sup>)

L = Beban Hidup (kg/m<sup>2</sup>)

R = Beban Air Hujan (kg/m<sup>2</sup>)

W = Beban Angin (kg/m<sup>2</sup>)

E<sub>v</sub> = Gaya Gempa Vertikal (cm/s<sup>2</sup>)

E<sub>h</sub> = Gaya Gempa Horizontal (cm/s<sup>2</sup>)

L<sub>r</sub> = Beban Hidup di Atap (kg/m<sup>2</sup>)

S = Beban Salju (kg/m<sup>2</sup>)

## Periode Alami Struktur

Periode alami struktur yaitu besarnya waktu suatu struktur untuk mencapai satu getaran. Periode alami struktur perlu diketahui agar resonansi pada struktur dapat dihindari. Resonansi struktur adalah suatu keadaan saat frekuensi alami pada struktur sama dengan frekuensi beban luar yang bekerja sehingga dapat menyebabkan kegagalan struktur.



Pembatasan periode alami bertujuan agar dapat dicegahnya penggunaan struktur yang terlalu fleksibel. Berdasarkan SNI 1726:2019 Pasal 7.8.2 periode fundamental pendekatan ( $T_a$ ) harus ditentukan sebagai berikut.

$$T_a = C_t h_n^x \quad (1)$$

Dengan:

- $h_n$  = Ketinggian struktur (m)
- $C_t$  = Ditentukan pada Tabel 1
- $x$  = Ditentukan pada Tabel 1

Tabel 4 Nilai Parameter Periode Pendekatan  $C_t$  dan  $x$

Tipe Struktur	$C_t$	$x$
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 % gaya seismik yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya seismik:		
• Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8
• Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

(Sumber: SNI 1726:2019)

Periode pendekatan maksimum ( $T_{a \text{ maks}}$ ) ditentukan sebagai berikut

$$T_{a \text{ maks}} = C_u T_a \quad (2)$$

Dengan:

- $T_{a \text{ maks}}$  = Batas atas periode bangunan
- $C_u$  = Ditentukan pada Tabel 2

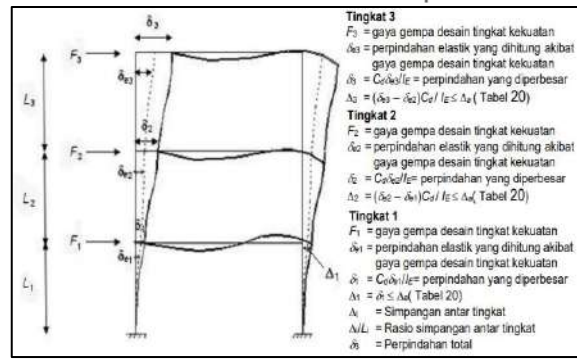
Tabel 5 Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung

Parameter Percepatan Spektral Desain pada 1 detik, $S_{D1}$	Koefisien $C_u$
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,5
0,2	1,6
0,15	1,7

(Sumber: SNI 1726:2019)

### Simpangan antar lantai

Berdasarkan SNI 1726:2019, penentuan simpangan antar lantai ( $\Delta$ ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Apabila pusat massa tidak terletak segaris dalam arah vertikal, diijinkan untuk menghitung defleksi di dasar tingkat berdasarkan proyeksi vertikal dari pusat massa tingkat di atasnya. Jika desain tegangan ijin digunakan,  $\Delta$  harus dihitung menggunakan gaya gempa tingkat kekuatan yang ditentukan tanpa reduksi untuk desain tegangan ijin. Penentuan simpangan antar tingkat dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Cara Penentuan Simpangan Antar Tingkat. (Sumber: SNI 1726:2019)

Simpangan pusat massa di tingkat- $x$  ( $\delta_x$ ) (mm) harus ditentukan sebagai berikut

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \quad (3)$$

Keterangan:

- $C_d$  = faktor pembesaran simpangan
- $\delta_{xe}$  = simpangan di tingkat- $x$  yang ditentukan dengan analisis elastik
- $I_e$  = faktor keutamaan gempa

Simpangan antar tingkat desain ( $\Delta$ ) tidak boleh melebihi simpangan antar tingkat izin ( $\Delta_d$ ) yang diatur pada Tabel 3

Tabel 6 Simpangan Antar Lantai Izin ( $\Delta_d$ )

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.	$0,025h_{zx}$	$0,020h_{zx}$	$0,015h_{zx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata	$0,010h_{zx}$	$0,010h_{zx}$	$0,010h_{zx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007h_{zx}$	$0,007h_{zx}$	$0,007h_{zx}$
Semua struktur lainnya	$0,020h_{zx}$	$0,015h_{zx}$	$0,010h_{zx}$

(Sumber: SNI 1726:2019)

### Non-linear time history analysis

Cara yang paling umum untuk mendeskripsikan gerak tanah (*ground motion*) adalah dengan rekaman riwayat gempa (*time history*). Parameter gerakan dapat berupa *acceleration*, *velocity*, *displacement*, kombinasi dari ketiga parameter tersebut. Sebagai respons dari struktur tergantung pada frekuensi alam dan frekuensi struktur.

Analisis respons riwayat waktu harus terdiri dari analisis model matematis suatu struktur untuk menentukan responsnya melalui metoda integrasi numerik terhadap kumpulan riwayat percepatan gerak tanah yang kompatibel dengan spektrum respons desain untuk situs yang bersangkutan (SNI 1726:2019). Analisis harus dilakukan sesuai dengan persyaratan-persyaratan berikut ini:

#### Pemodelan

Model matematika struktur harus dibuat untuk tujuan penentuan gaya elemen struktur yang dihasilkan dari beban yang diterapkan dan semua perpindahan yang dikenakan atau pengaruh P-delta. Model harus





menyertakan kekakuan dan 14 kekuatan elemen yang signifikan terhadap distribusi gaya dan deformasi dalam struktur dan merepresentasikan distribusi massa dan kekakuan secara parsial pada seluruh struktur. Sebagai tambahan, model tersebut harus sesuai dengan hal berikut ini :

- Properti kekakuan elemen beton dan batu bata harus memperhitungkan pengaruh penampang retak.
- Untuk sistem rangka baja pemikul momen, kontribusi deformasi daerah panel pada simpangan antar lantai tingkat keseluruhan harus disertakan.

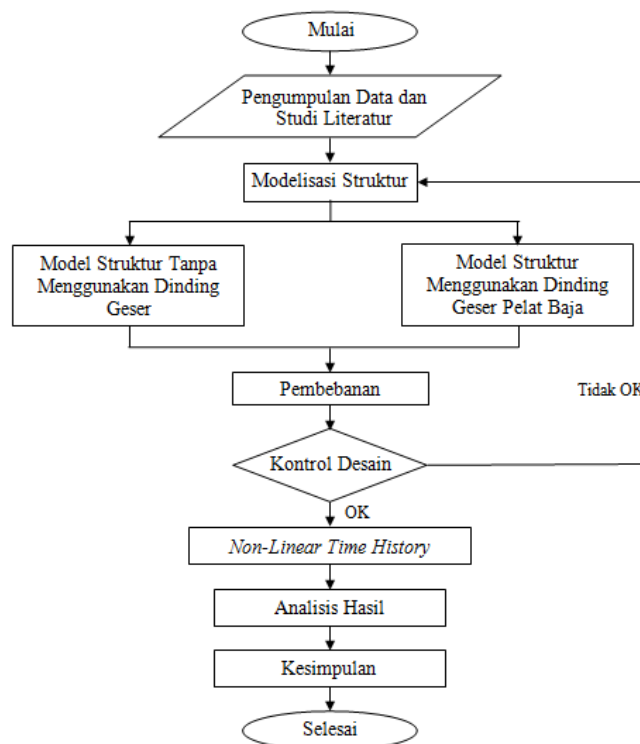
### Gerak Tanah

Pada gerak tanah, paling sedikit tiga gerak tanah yang sesuai harus digunakan dalam analisis. Gerak tanah yang digunakan harus memenuhi persyaratan-persyaratan. Percepatan tanah yang sesuai diambil dari rekaman peristiwa gempa yang memiliki magnitudo, jarak patahan dan mekanisme sumber gempa yang konsisten dengan hal-hal yang mengontrol ketentuan gempa maksimum yang dipertimbangkan. Apabila jumlah rekaman gerak tanah yang sesuai tidak mencukupi maka harus digunakan rekaman tanah buatan untuk menggenapi jumlah total yang dibutuhkan.

## METODE PENELITIAN

### Alur penelitian

Perencanaan dan analisis struktur gedung pada tugas akhir ini dilakukan dengan beberapa tahapan. Tahapan tersebut diperlihatkan pada diagram alur penelitian pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

### Data perencanaan struktur

Data perencanaan struktur pada tugas akhir ini diuraikan sebagai berikut:

Lokasi : Magelang, Jawa Tengah

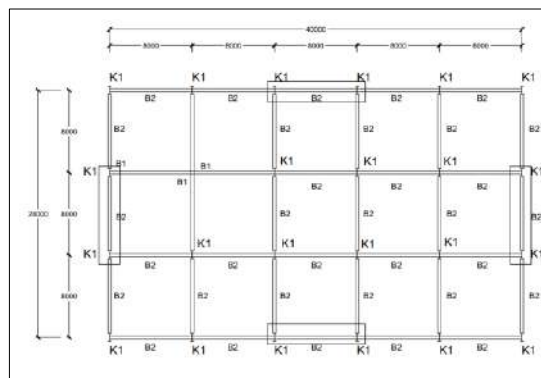
Fungsi : Perkantoran

Tinggi Bangunan : 40 m

Struktur Utama : Baja

Jenis Tanah : Tanah Sedang

Denah perencanaan struktur gedung perkantoran ini dibuat dengan luas 1120 m<sup>2</sup> untuk setiap lantainya. Bangunan ini dibuat tipikal setiap lantainya dengan jumlah 10 lantai. Tinggi bangunan setiap lantainya adalah 4 m. Terdapat 2 tipe balok dan 1 tipe kolom pada struktur gedung ini. Kolom K1 direncanakan menggunakan baja HC 478×447×60×60. Balok B1 direncanakan menggunakan WF 400×400×13×21 dan Balok B2 menggunakan WF 400×200×8×13. Terdapat 4 jenis beban gempa *time history* yang digunakan untuk pembebanan gempa yakni gempa Chi-Chi, El Centro, Kobe, dan Sumatera.



Gambar 4. Denah Struktur Gedung Dengan SPSW Tipikal Lantai 1-10

## ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Perbandingan perilaku struktur pada setiap model dilakukan sesuai dengan tujuan penelitian ini, yakni meninjau perbandingan perilaku dari masing-masing struktur untuk bisa diperoleh kesimpulan. Dalam hal ini akan meninjau perbandingan periode struktur, simpangan antar tingkat, pengaruh P-delta, dan gaya geser dasar yang terjadi pada setiap model struktur.

### 1. Periode struktur

Perbandingan periode struktur yang ditinjau berdasarkan SNI 1726:2019 dan juga hasil ETABS dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 7 Perbandingan Periode Struktur Gedung

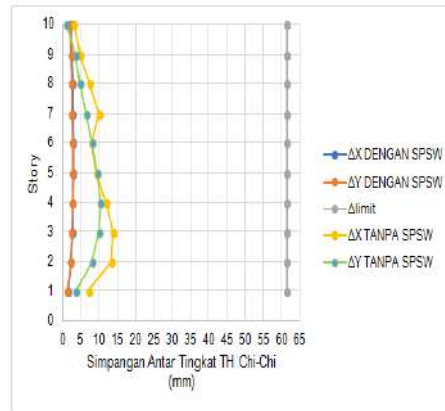
	Tanpa Dinding Geser Pelat Baja		Dengan Dinding Geser Pelat Baja	
	T <sub>max</sub> SNI 1726:2019 (Detik)	T Hasil ETABS (Detik)	T <sub>max</sub> SNI 1726:2019 (Detik)	T Hasil ETABS (Detik)
<b>Arah X</b>	1.939	2.300	1.087	0.742
<b>Arah Y</b>	1.939	2.150	1,087	0.733

Dari Tabel 4 periode struktur pada bangunan tanpa dinding geser pelat baja memiliki periode yang melebihi batas atas perhitungan periode struktur sesuai SNI 1726:2019. Periode yang melebihi batas tersebut dapat mengindikasikan bahwa struktur terlalu fleksibel dalam menerima getaran. Untuk bangunan dengan dinding geser pelat baja, periode yang dihasilkan masih dibawah batas atas perhitungan periode struktur sesuai SNI 1726:2019. Penambahan dinding geser pelat baja dapat mereduksi periode struktur yang fleksibel menjadi lebih kaku.

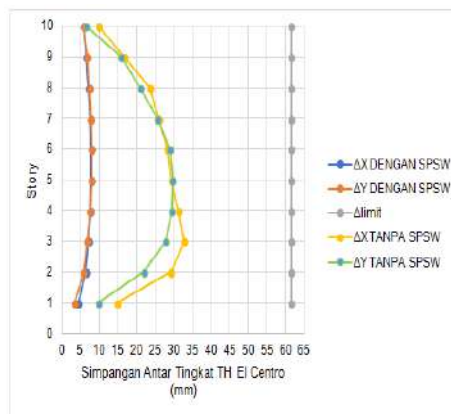


## 2. Simpangan antar tingkat

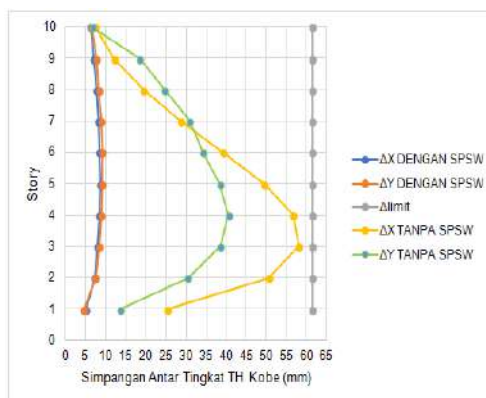
Gedung dengan dan tanpa dinding geser pelat baja memiliki simpangan antar tingkat yang tidak melebihi simpangan antar tingkat izin sesuai SNI 1726:2019. Namun pada bangunan yang menggunakan dinding geser pelat baja memiliki nilai simpangan antar tingkat yang lebih kecil dibandingkan dengan bangunan tanpa dinding geser pelat baja. Perbandingan simpangan antar tingkat yang ditinjau pada setiap model disajikan dalam bentuk grafik. Grafik perbandingan simpangan antar tingkat dapat dilihat pada Gambar 5, Gambar 6, Gambar 7, dan Gambar 8.



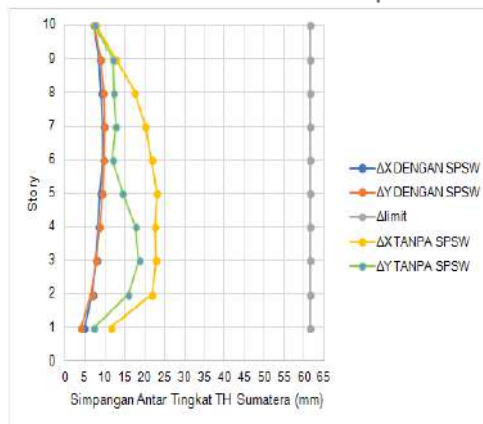
Gambar 5. Perbandingan Simpangan Antar Tingkat Tanpa dan Dengan SPSW Gempa Chi-Chi



Gambar 6. Grafik Simpangan Antar Tingkat Tanpa dan Dengan Dinding Geser Pelat Baja Gempa El Centro



Gambar 7. Grafik Simpangan Antar Tingkat Tanpa dan Dengan Dinding Geser Pelat Baja Gempa Kobe

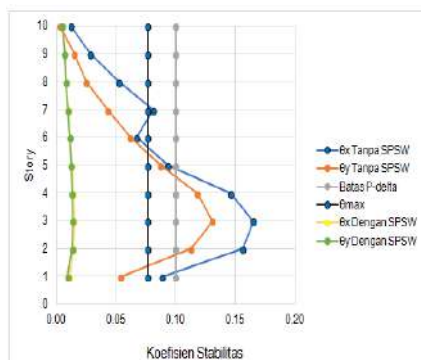


Gambar 8. Grafik Simpangan Antar Tingkat Tanpa dan Dengan Dinding Geser Pelat Baja Gempa Sumatera

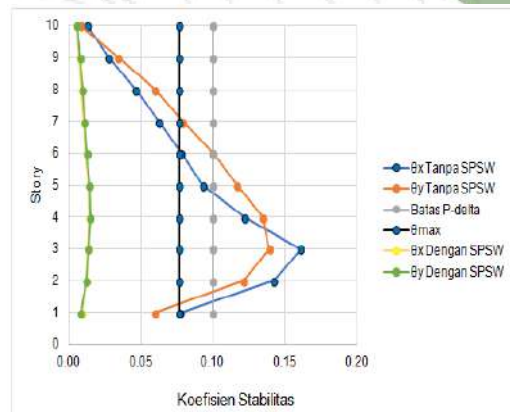
Simpangan antar tingkat dengan *time history* Chi-Chi, penggunaan dinding geser pelat baja dapat mengurangi simpangan antar tingkat rata-rata mencapai 68,23%. Simpangan antar tingkat dengan *time history* El Centro, penggunaan dinding geser pelat baja dapat mengurangi simpangan antar tingkat rata-rata mencapai 70,58%. Simpangan antar tingkat dengan *time history* Kobe, penggunaan dinding geser pelat baja dapat mengurangi simpangan antar tingkat rata-rata mencapai 75,2%. Simpangan antar tingkat dengan *time history* Sumatera, penggunaan dinding geser pelat baja dapat mengurangi simpangan antar tingkat rata-rata mencapai 48,04%.

### 3. Pengaruh P-Delta

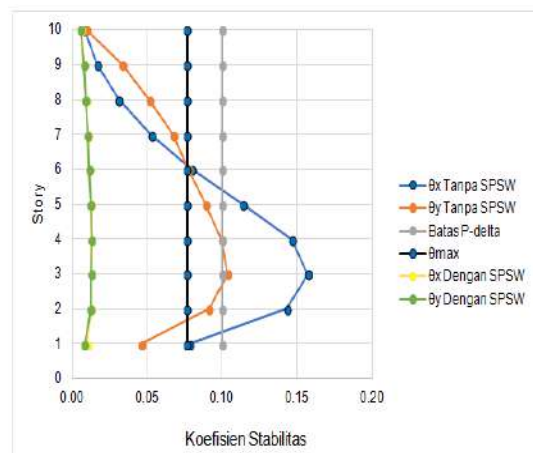
Perbandingan pengaruh P-delta pada setiap model disajikan dalam bentuk grafik. Grafik perbandingan pengaruh P-delta dapat dilihat pada Gambar 9, Gambar 10, Gambar 11, Gambar 12.



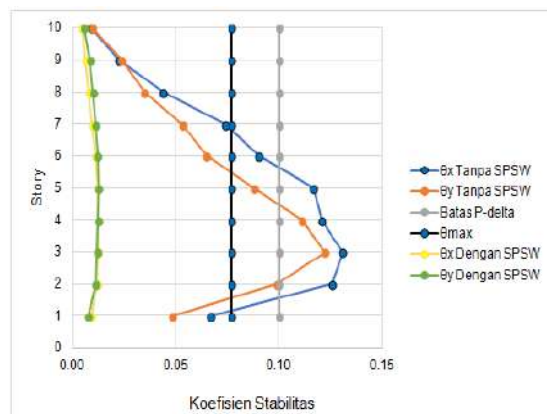
Gambar 9. Grafik Perbandingan Pengaruh P-Delta Arah X dan Y Tanpa dan Dengan Menggunakan Dinding Geser Pelat Baja Gempa Chi-Chi



Gambar 10. Grafik Perbandingan Pengaruh P-Delta Arah X dan Y Tanpa dan Dengan Menggunakan Dinding Geser Pelat Baja Gempa El Centro



Gambar 11. Grafik Perbandingan Pengaruh P-Delta Arah X dan Y Tanpa dan Dengan Menggunakan Dinding Geser Pelat Baja Gempa Kobe



Gambar 12. Grafik Perbandingan Pengaruh P-Delta Arah X dan Y Tanpa dan Dengan Menggunakan Dinding Geser Pelat Baja Gempa Sumatera

Pada semua *time history*, koefisien stabilitas bangunan tanpa dinding geser pelat baja melebihi batas P-delta dan  $\theta_{max}$ . Jika koefisien stabilitas ini lebih besar maka struktur berpotensi tidak stabil dan harus

didisain ulang. Setelah melakukan disain ulang dengan penambahan dinding geser pelat baja, terbukti dapat meningkatkan stabilitas struktur yang dibuktikan dengan koefisien stabilitas bangunan yang tidak melebihi batas  $P$ -delta dan  $\theta_{max}$ . Peningkatan koefisien stabilitas struktur ini terjadi pada bangunan dengan dinding geser pelat baja untuk semua *time history*.

#### 4. Gaya geser dasar

Semakin meningkatnya gaya geser dasar maka menunjukkan semakin kaku suatu struktur bangunan (Umam dkk, 2020). Perbandingan gaya geser dasar hasil *Non-Linear Time History Analysis* pada arah X dan Y setiap model dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4. Gaya Geser Dasar Tanpa Dinding Geser Pelat Baja

Base Shear (kN)				
	Chi-Chi	El Centro	Kobe	Sumatera
Arah X	114.9224	281.5027	473.5148	248.8963
Arah Y	96.6323	240.7954	434.6553	221.2045

Tabel 5. Gaya Geser Dasar Dengan Dinding Geser Pelat Baja

Base Shear (kN)				
	Chi-Chi	El Centro	Kobe	Sumatera
Arah X	237.5261	699.5815	800.5199	771.2116
Arah Y	231.6548	633.8164	844.4724	788.6618

Gaya geser dasar terkecil yang terjadi pada bangunan tanpa dinding geser pelat baja, untuk arah X dan Y yaitu pada *time history* Chi-Chi. Gaya geser dasar terbesar terjadi pada bangunan dengan dinding geser pelat baja yaitu pada *time history* Kobe. Dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5, terjadi peningkatan gaya geser dasar pada setiap *time history* yang sudah diberi perkuatan dinding geser pelat baja.

## KESIMPULAN

Berdasarkan analisis data dan pembahasan mengenai perbandingan antara pengaruh perilaku struktur gedung tanpa menggunakan dinding geser pelat baja (SPSW) dan dengan menggunakan dinding geser pelat baja, maka dapat diambil kesimpulan bahwa dinding geser pelat baja berperan secara efektif untuk menahan beban gempa pada struktur bangunan. Penggunaan dinding geser pelat baja pada model 2 menghasilkan penyerapan energi yang lebih baik sehingga memiliki simpangan antar tingkat yang lebih kecil dibandingkan dengan struktur tanpa menggunakan dinding geser pelat baja pada model 1 yang memiliki simpangan antar tingkat mendekati batas izin. Pada model 2 memiliki koefisien stabilitas struktur yang lebih baik dibandingkan dengan model 1 yang strukturnya tidak memenuhi batas koefisien stabilitas sehingga penggunaan dinding geser pelat baja dapat meningkatkan stabilitas struktur serta memenuhi persyaratan sesuai SNI 1726:2019. Penggunaan dinding geser pelat baja pada model 2 juga secara efektif dapat mengurangi periode getar alami pada bangunan sehingga tidak melebihi batas atas periode getar alami yang ditentukan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Astaneh-Asl. (1996): Shaking table tests of rigid, semirigid, and flexible steel frames. *Journal of Structural Engineering*, American Society of Civil Engineers, 591-592 dalam Saadi, M., Yahiaoui, D., Lahbari, N., dan Tayeb ,B. (2021): Seismic fragility curves for performance of semi-rigid connections of steel frames, *Civil Engineering Journal*, 7 (7), 1112-1124.
- Badan Standarisasi Nasional, (2019): Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung. SNI 2847-2019. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional, (2019): Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung. SNI 1726-2019. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.



- Badan Standarisasi Nasional, (2020): Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural. SNI 1729-2020. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional, (2020): Ketentuan seismik untuk struktur baja bangunan gedung. SNI 7860-2020. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Berman dan Bruneau (2003): Plastic analysis and design of steel plate shear walls, *Journal of Structural Engineering*, 129 (11), 37-38
- Bruneau dan Sabelli (2006): Steel plate shear walls steel design guide 20, American Institute of Steel Construction, 76.
- Budiono, B. dan Supriatna, L. (2011). Studi komparasi desain bangunan tahan gempa dengan menggunakan SNI 03-1726-2012, Penerbit ITB, Bandung. 40-42.
- Dewobroto (2006): Evaluasi kinerja bangunan baja tahan gempa dengan SAP2000. TA Program Teknik Sipil, Universitas Pelita Harapan, 7-8.
- Kious, W.J. dan Tilling R.I. (1996): The dynamic earth: the story of plate tectonics, U.S. Geological Survey, 159-165.
- Stankevicius (2011): A design guide for steel plate shear walls in canada, *Structure Engineering Thesis*, University of Alberta, 8.
- Thorburn (1983): Analysis of steel plate shear wall, *Structural Engineering Report*, 4-10.
- Umam, K., Rochmanto, D., Saputro Y.A., Fauziah S. (2020): Analisa gaya geser dasar dan gaya dalam pada kolom terhadap penambahan dinding geser, *Portal Jurnal Teknik Sipil*, 12 (2), 90.