

# STUDI PERILAKU STRUKTUR GEDUNG 10 LANTAI MENGUNAKAN *COUPLED SHEAR WALL* DENGAN SISTEM *COUPLING BEAM* TERHADAP BEBAN GEMPA BERDASARKAN SNI 1726-2019

Octavia Eka Putri<sup>1</sup>, Muhammad Ryanto<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>Universitas Sangga Buana

<sup>1</sup>Korespondensi : putrioctavia543@gmail.com

## ABSTRAK

Perbandingan perilaku pada struktur gedung 10 lantai tanpa shear wall dan menggunakan coupled shear wall sistem coupling beam yang berada di lokasi Kota Bandung. Kedua struktur tersebut didesain sebagai bangunan apartemen dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dan Sistem Dinding Struktural Khusus. Lokasi zona gempa menggunakan prosedur analisis respons spektrum adalah termasuk kategori risiko II. Kelas situs tanah di daerah tersebut termasuk tanah sedang (SD). Hasil analisis dari kedua struktur tersebut, diperoleh nilai mode 1 arah y sebesar 2,14 detik untuk struktur tanpa shear wall dan 1,21 detik untuk struktur coupled shear wall sistem coupling beam. Hal ini menunjukkan struktur tanpa shear wall 76% lebih lentur dibanding struktur yang menggunakan shear wall. Struktur menggunakan shear wall didesain untuk menahan gaya geser gempa dengan nilai yang diperoleh sebesar 5292,3 kN, 78% lebih besar dari struktur tanpa shear wall yang hanya mempunyai nilai gaya geser sebesar 2969,8 kN. Selain itu, simpangan antar tingkat yang terjadi pada struktur coupled shear wall sistem coupling beam 13% lebih kaku dari struktur tanpa shear wall. Dengan demikian, bahwa struktur coupled shear wall sistem coupling beam memiliki daktilitas yang tinggi dan cenderung tidak getas sehingga mampu menahan gaya geser, gaya lateral yang diakibatkan oleh gempa bumi.

*Keywords: coupled shear wall, coupling beam, periode, gaya geser, simpangan antar tingkat*

## PENDAHULUAN

Bangunan bertingkat sedang meruak pada jaman sekarang, pembangunan sudah menjalar hingga ke kota-kota kecil sebagai tuntutan fasilitas tempat hunian yang memadai. Salah satu fasilitas yang dibutuhkan oleh suatu kota adalah gedung bertingkat yang bisa mencakup berbagai kegiatan di dalamnya, baik perkantoran, perdagangan maupun pendidikan. Namun, struktur bangunan bertingkat sangat rawan terhadap gaya lateral, khususnya terhadap gaya yang ditimbulkan oleh gempa. Oleh karena itu, diperlukan perkuatan untuk memikul beban dinamis pada struktur dan menahan gaya yang ditimbulkan oleh gempa bumi.

Cara yang tepat untuk mengatasi masalah tersebut yaitu penggunaan dinding geser atau dikenal dengan nama *Shear Wall* [1]. Dalam arti sederhananya, *shear wall* mampu menyerap gaya geser, gaya lateral akibat gempa bumi dengan semakin tingginya suatu struktur. Selain itu, dinding geser tidak mungkin digunakan tanpa adanya beberapa bukaan (*openings*), dimana untuk menempatkan jendela, pintu, saluran-saluran mekanikal dan elektrik dan beberapa fungsi lainnya [2]. Salah satu cara yang dapat digunakan yaitu dengan menempatkan bukaan (*openings*) diantara dua dinding geser dan diantara kedua dinding geser tersebut terhubung dengan balok perangkai. Balok perangkai memberikan kekakuan tambahan dan dapat mendisipasi energi..

Dari penjelasan latar belakang di atas, maka penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh penggunaan dinding geser berangkai sistem *coupling beam* dan mengetahui besar nilai kekuatan geser yang terjadi serta menentukan efisien dan efektif atau tidaknya pengaruh penggunaan *coupling beam* [3].

## TINJAUAN PUSTAKA

*Shear Wall* atau lebih dikenal dengan istilah dinding geser adalah elemen struktur berbentuk dinding beton bertulang yang dapat menahan gaya lateral akibat gempa bumi dengan menyerap gaya geser dan gaya lainnya pada gedung bertingkat [3]. Dinding geser ini terdapat berbagai jenis di dalam gedung, berdasarkan geometrinya, struktur dinding geser dapat dibagi atas :

- a) *Flexural wall* (dinding langsing), merupakan dinding geser yang memiliki rasio  $h_w/l_w \geq 2$
- b) *Squat wall* (dinding pendek), merupakan dinding geser yang memiliki rasio  $h_w/l_w \leq 2$
- c) *Coupled shear wall* (dinding berangkai), dimana momen guling yang terjadi akibat beban gempa ditahan oleh sepasang dinding yang dihubungkan oleh balok-balok penghubung

Balok perangkai merupakan balok penghubung antara dua buah dinding geser berangkai (*coupled walls system*). Pada awalnya, balok perangkai di desain mempunyai tulangan yang sama dengan balok konvensional. Menurut Robert Park

dan Thomas Paulay (*Reinforced Concrete Structures*, 1975) mengatakan dalam eksperimennya bahwa tulangan diagonal dapat menyalurkan gaya geser lebih baik dari tulangan konvensional[4]. Kemudian ada beberapa tipe balok berangkai yang terdiri dari konfigurasi tulangan yang berbeda yaitu, penulangan batang konvensional, tulangan diagonal panjang penuh, konfigurasi belah ketupat, *full length* dan *cut off dowels* berisi panjang penuh dan potongan pasak yang dimaksudkan untuk menahan mode kegagalan geser.

## METODE PENELITIAN

Data awal yang penting untuk diperoleh yaitu:

- a) Menentukan Kategori Risiko Struktur Bangunan. Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung, pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan gempa  $I_e$  seperti terdapat pada Tabel 1 [5].
- b) Pemilihan Sistem Struktur. Sistem pemikul gaya seismik yang berbeda diizinkan untuk digunakan, masing-masing nilai  $R$ ,  $C_d$ , dan  $\Omega_0$  harus diterapkan pada setiap sistem termasuk batasan sistem struktur seperti pada Tabel 2 [6].
- c) Pemilihan Spektrum Respons Desain. Bila spektrum respons desain diperlukan dan prosedur gerak tanah dari spesifik-situs tidak digunakan, maka kurva spektrum respons desain harus

dikembangkan seperti yang disajikan pada Grafik 1 dan Tabel 3 [7].

**Tabel 1 : Faktor Keutamaan Gempa**

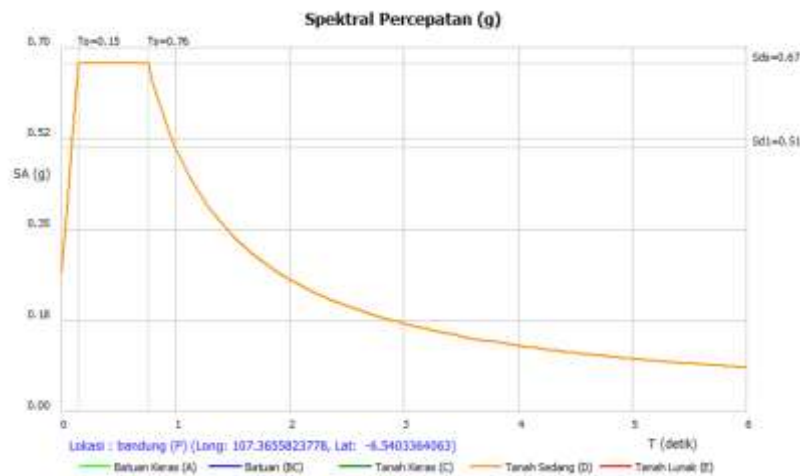
Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, $I_e$
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

(Sumber : SNI 1726-2019)

**Tabel 2 : Parameter Sistem ( $R$ ,  $C_d$ , dan  $\Omega_0$ )**

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, $R^a$	Faktor kuat lebih sistem, $\Omega_0^b$	Faktor pembesaran defleksi, $C_d^c$
<b>C. SRPM</b>			
C.5 khusus	8	3	5 ½
C.6 menengah	5	3	4 ½
C.7 biasa	3	3	2 ½
<b>D. SDS</b>			
D.3 khusus	7	2 ½	5 ½
D.4 biasa	6	2 ½	5

(Sumber : SNI 1726-2019)



**Gambar 1 : Grafik 1 Respons Spektrum untuk Wilayah Kota Bandung-Tanah Sedang**  
(Sumber : rsapuskim.litbang.pu.go.id)

**Tabel 3 : Parameter Gempa**

Tanah Sedang (D)			
Variabel	Nilai	Variabel	Nilai
$S_s$ (g)	0,871	$S_{M1}$ (g)	0,762
$S_1$ (g)	0,401	$S_{DS}$ (g)	0,669
TL (detik)	20	$S_{D1}$ (g)	0,508
$F_a$	1,151	$T_0$ (detik)	0,152
$F_v$	1,899	$T_s$ (detik)	0,760
$S_{MS}$ (g)	1,003	$PGA_m$	0,480

(Sumber : rsapuskim.litbang.pu.go.id)

Tabel 4 : Data Objek Penelitian

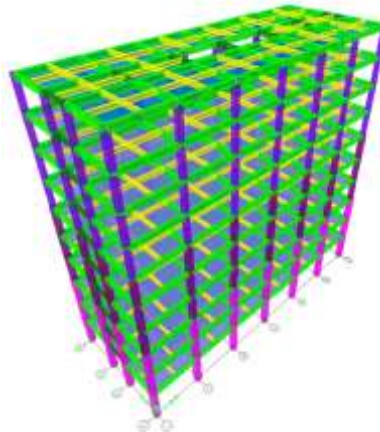
Data-data Gedung	
Fungsi Bangunan	Apartemen
Tinggi Bangunan	41 m
Tinggi Lantai 1	5 m
Tinggi Lantai 2-10	4 m
Jumlah Lantai	10 Lantai
Lokasi	Kota Bandung
Material	Beton Bertulang
Mutu Beton ( $f_c$ )	35 MPa
Mutu Baja ( $f_y$ )	400 MPa
Panjang bangunan	42 m
Lebar bangunan	16 m

## HASIL DAN PEMBAHASAN

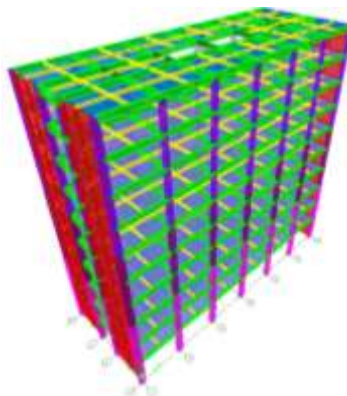
Pada bagian ini akan dibandingkan hasil struktur tanpa *shear wall* dan struktur menggunakan *coupled shear wall* sistem

*coupling beam*, serta melakukan komparasi dengan hasil rekan teman yang menganalisis struktur dengan *shear wall* tipe yang berbeda

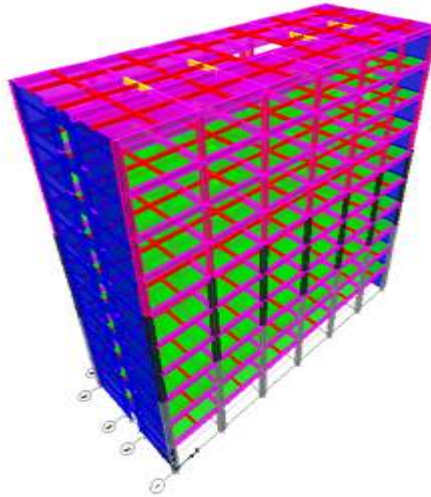
### Perbandingan Model Struktur



Gambar 2: Model Struktur tanpa Shear Wall



Gambar 3 : Model Struktur *Coupled Shear Wall* sistem *Coupling Beam*



**Gambar 4 : Model Struktur *Opening Shear Wall***

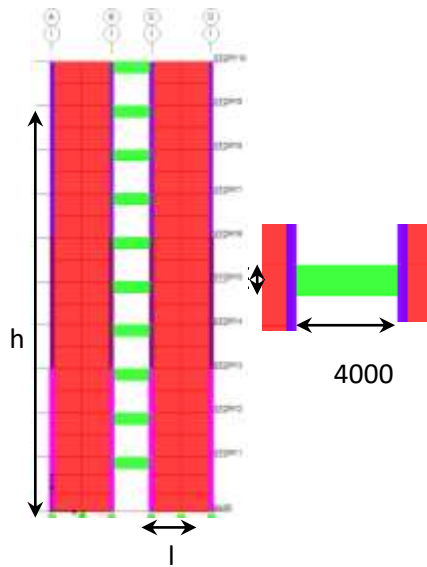
(Sumber : Yusy Alamiati, 2021)

**Tabel 5 : Estimasi Dimensi Elemen Struktur**

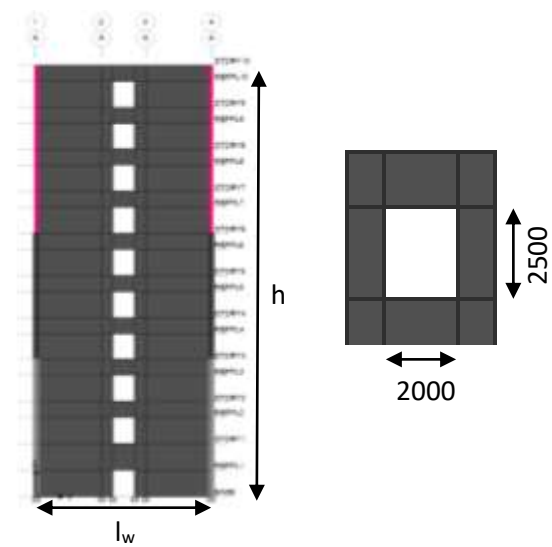
Elemen Struktur	Struktur tanpa <i>shear wall</i>	Struktur <i>coupling beam</i>	Struktur <i>opening</i>
Kolom (K1)	75×75 cm	50×90 cm	45×90 cm
Kolom (K2)	65×65 cm	40×80 cm	40×80 cm
Kolom (K3)	50×50 cm	35×70 cm	35×70 cm
Balok Induk (B1)	45×65 cm	40×60 cm	35×70 cm
Balok Induk (B2)	35×55 cm	30×50 cm	25×50 cm
Balok Anak (BA)	25×35 cm	20×30 cm	20×40 cm
Tebal Slab	120 mm	120 mm	120 mm

**Tabel 6 : Berat Seismik Efektif**

Berat Seismik Efektif	Struktur tanpa <i>shear wall</i> (kN)	Struktur <i>coupling beam</i> (kN)	Struktur <i>opening</i> (kN)
DL	49119,6	47875,2	48249,9
SIDL	29392,7	30142,6	15017,5
LL	8851,9	3548,2	7711,9
Total (W)	87364,2	81566,0	70979,3



**Gambar 5 : Detail Coupled Shear Wall  
Sistem Coupling Beam**



**Gambar 6 : Detail Opening Shear Wall**  
(Sumber : Yusy Alamiati, 2021)

**Tabel 7 : Detail Dimensi Shear Wall**

Struktur coupling beam		Struktur opening	
Tinggi ( $h_w$ )	= 41 m	Panjang bukaan = 2m	
Tebal ( $b_w$ )	= 250 mm	Lebar bukaan = 250 mm	
Panjang ( $l_w$ )	= 6 m	Jumlah bukaan = 20	
Tinggi c.beam, (h)	= 1 m	Tebal ( $b_w$ ) = 250 mm	
Lebar c.beam, ( $b_w$ )	= 400 mm	Tinggi ( $h_w$ ) = 41 m	
Panjang coupl.beam ( $l_n$ )	= 4 m	Panjang ( $l_w$ ) = 16 m	
Berat total (w) = 3336 kN		Berat total (w) = 3636 kN	

**Perbandingan Hasil Analisis Gaya Geser  
Gempa**

Struktur termasuk lentur tidaknya bisa dilihat dari nilai periode natural struktur, hasil ketiga struktur dapat dilihat pada Tabel 8.

Berdasarkan SNI 1726-2019, gaya geser dinamik harus memenuhi 100% gaya geser statik. Maka dari itu, gaya geser statik

ekivalen dalam arah yang ditinjau dihitung dengan menggunakan persamaan[8] :

$$V = C_s W \dots\dots\dots (1)$$

di mana :

$C_s$  = koefisien respons seismik

$W$  = berat total gedung

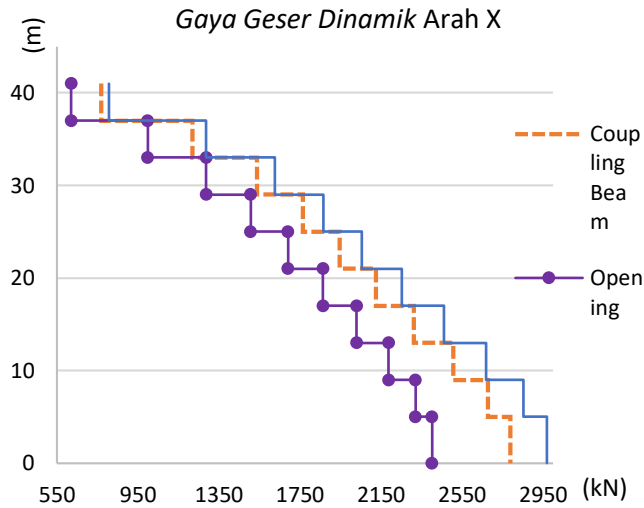
Berikut hasil gaya geser statik dan dinamik :

**Tabel 8 : Periode Natural Struktur**

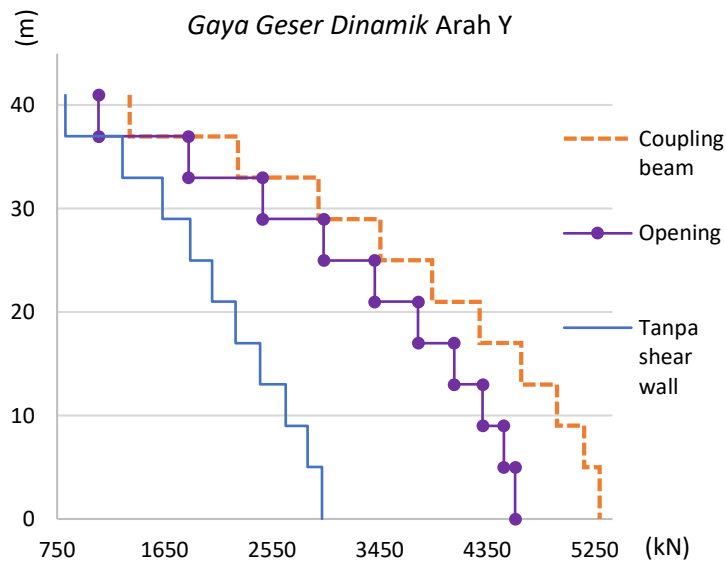
Periode Natural	Struktur tanpa shear wall	Struktur coupling beam	Struktur opening
$T_a$ Mode 1	2,1 detik	2,2 detik	1,9 detik
$T_a$ Mode 2	2,1 detik	1,2 detik	0,8 detik

Tabel 9 : Gaya Geser Dinamik

Gaya gempa	V <sub>x</sub> (kN)	V <sub>y</sub> (kN)
Struktur tanpa <i>shear wall</i>	2969,9	2969,8
Struktur <i>coupling beam</i>	2789,4	5292,3
Struktur <i>opening</i>	2402,4	4586,1



Gambar 7 : Grafik 1 Gaya Geser Dinamik Arah X



Gambar 8 : Grafik 2 Gaya Geser Dinamik Arah Y

Hasil perbandingan dari grafik di atas, terlihat struktur *coupling beam* memiliki kekuatan geser lebih besar dibanding struktur tanpa *shear wall* dan struktur *opening*.

**Perbandingan Hasil *Story Drift***

Struktur dikatakan aman, apabila simpangan antar tingkat yang terjadi tidak melebihi simpangan izinnya. Selain itu, letak kekakuan struktur terdapat pada seberapa besar nilai simpangan antar tingkat yang terjadi.

$$\Delta_a = 0,020h_{sx} \dots \dots \dots (2)$$

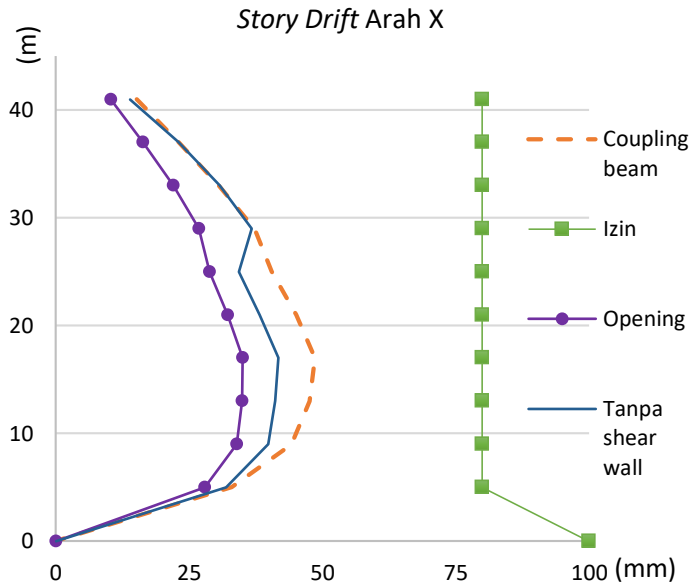
$$\delta_i = \frac{C_d \delta_{ei}}{I_e} \dots \dots \dots (3)$$

$$\Delta_i = \delta_i - \delta_{i-1} \dots \dots \dots (4)$$

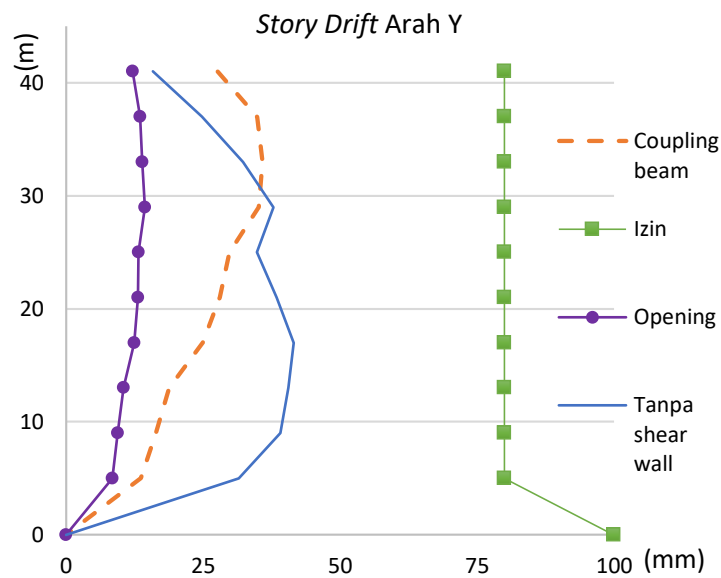
Keterangan :

$\delta_{ei}$  = simpangan di tingkat-i

$\delta_i$  = simpangan pusat massa di tingkat-i



Gambar 9 : Grafik 4 Story Drift Arah X



Gambar 10 : Grafik 5 Story Drift Arah Y

Berdasarkan hasil grafik di atas, struktur *opening* lebih kaku dibanding struktur tanpa *shear wall* dan struktur *coupling beam*.

**Perbandingan P-Delta**

Pengaruh P-delta pada geser tingkat dan momen, gaya dan momen elemen struktur yang dihasilkan, dan simpangan antar tingkat yang diakibatkannya tidak perlu



diperhitungkan bila koefisien stabilitas ( $\theta$ ) kurang dari atau sama dengan 0,1[9].

$$\theta = \frac{P_x \Delta I_e}{V_x h_{sx} C_d} \dots \dots \dots (5)$$

$$\theta_{maks} = \frac{0,5}{\beta C_d} \leq 0,25 \dots \dots \dots (6)$$

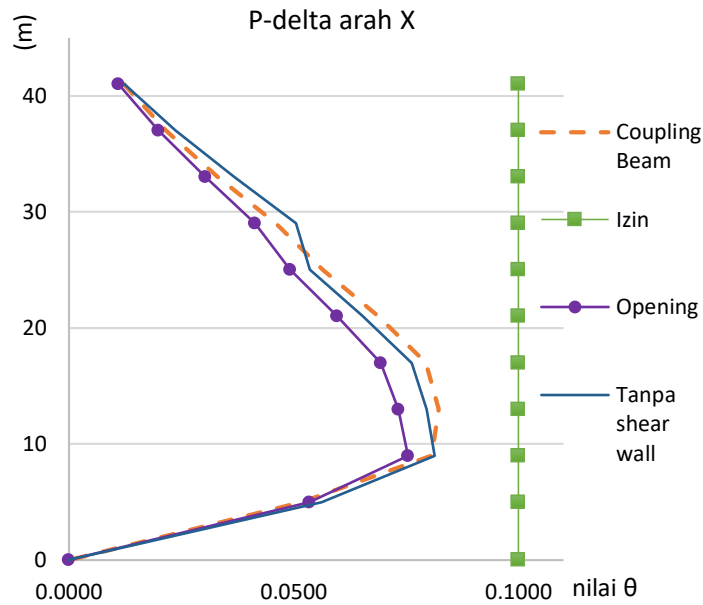
$P_x$  = beban desain vertikal total (kN)

$\Delta$  = simpangan antar tingkat desain (mm)

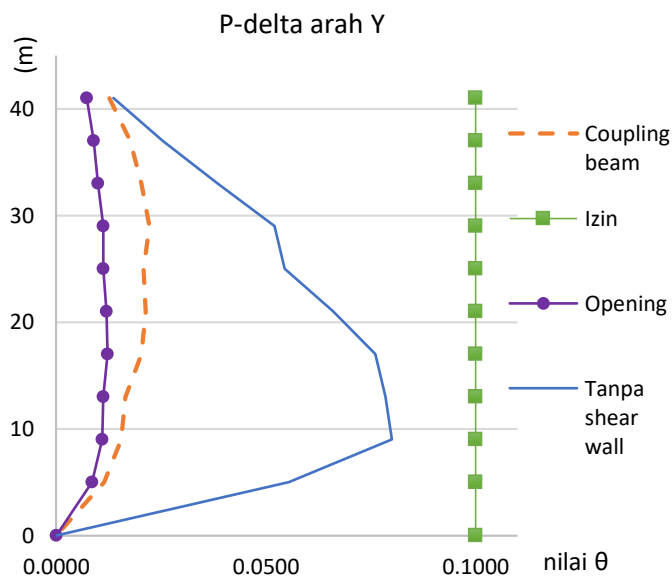
$V_x$  = gaya geser seismik (kN)

$h_{sx}$  = tinggi tingkat di bawah tingkat x, (mm)

di mana :



Gambar 11 : Grafik 6 Pengaruh P-delta Arah X



Gambar 12 : Grafik 7 Pengaruh P-delta Arah Y

Terlihat dari grafik, struktur masih dalam keadaan stabil sehingga tidak perlu P-delta.

## Desain Kebutuhan Tulangan

### Penulangan Balok

Perhitungan desain tulangan balok harus sesuai dengan persyaratan SNI 2847-2019 pasal 18.6 sebagai sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK)[10].

Baja tulangan	$f_y$	= 400 MPa
Tinggi balok	$h$	= 600 mm
Selimut beton	$t_s$	= 40 mm
Faktor reduksi lentur	$\phi$	= 0,9
Koef. lengan momen	$j$	= 0,85
D longitudinal	$D$	= 22 mm

$$d_1 = h - t_s - d_{st} - D/2$$

$$= 600 - 40 - 13 - 11 = 536 \text{ mm}$$

$$M_{u1} = |Mu_{min}| = 332,52 \text{ kNm}$$

Luas tulangan yang dibutuhkan :

$$A_s = \frac{M_{u1}}{\phi \cdot f_y \cdot j \cdot d_1}$$

$$= \frac{332,52 \times 10^6}{0,9 \cdot 400 \cdot 0,85 \cdot 536}$$

$$A_s = 2027 \text{ mm}^2$$

Gunakan tulangan D22 dengan

$$A_s = \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 = 380 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{2027}{380} = 5,3 \approx 6 \text{ maka digunakan } \mathbf{6 \text{ D22}}$$

✓ Momen Tumpuan Atas : 6D22

$$\rightarrow A_s = 2280 \text{ mm}^2$$

✓ Momen Tumpuan Bawah : 3D22

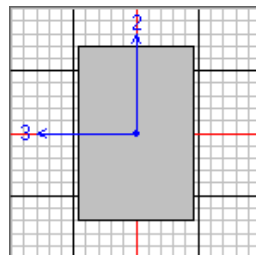
$$\rightarrow A_s = 1140 \text{ mm}^2$$

✓ Momen Lapangan Bawah : 4D22

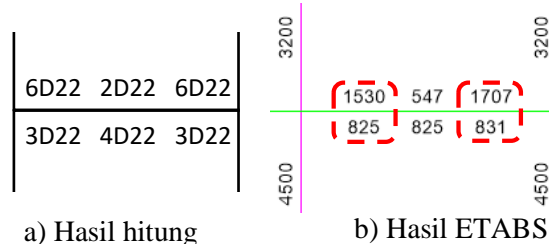
$$\rightarrow A_s = 1520 \text{ mm}^2$$

✓ Momen Lapangan Atas : 2D22

$$\rightarrow A_s = 760 \text{ mm}^2$$



Gambar 13 : Balok Induk B1 As C/2-3 40 x 60 cm



Gambar 14 : Tata Letak Penulangan Longitudinal

### Penulangan Kolom

Cek konfigurasi tulangan :

Diameter tul.longitudinal  $D = 25 \text{ mm}$

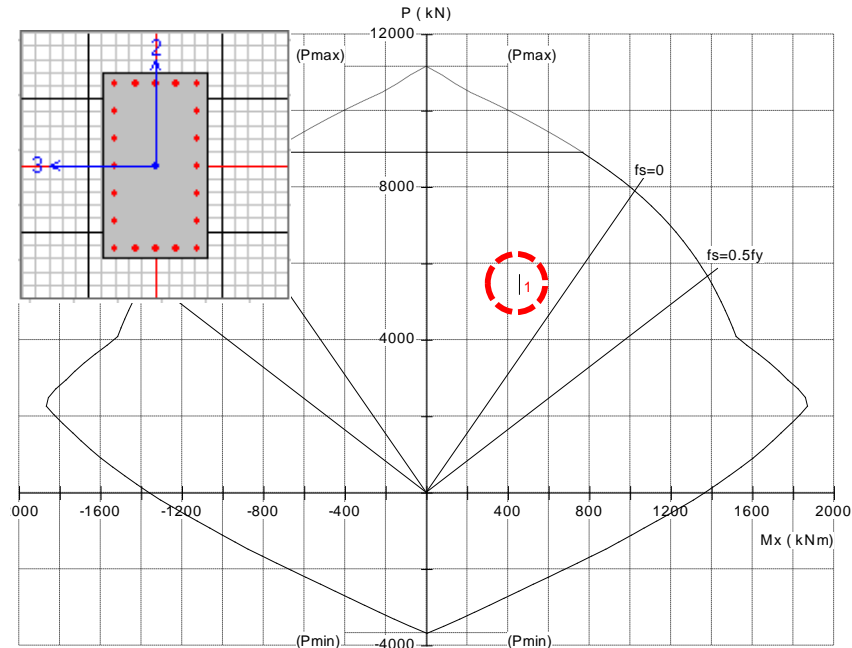
Jumlah tul.longitudinal  $n = 20$

$$A_s = \frac{1}{4} \pi (25)^2 \times 20 = 9817 \text{ mm}^2$$

Rasio tulangan dibatasi tidak kurang dari 0.01 dan tidak lebih dari 0.06

$$A_g = 500 \times 900 = 450000 \text{ mm}^2$$

Rasio  $A_s/A_g = 0,022$  OK!



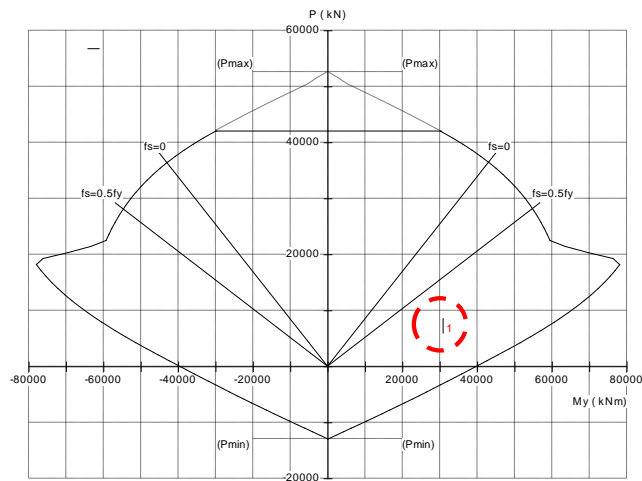
Gambar 15 : Grafik 8 Diagram Interaksi K1 50 x 90 cm

Dari diagram interaksi di atas, terlihat bahwa letak *cross* berada di dalam diagram maka kolom yang di desain aman.

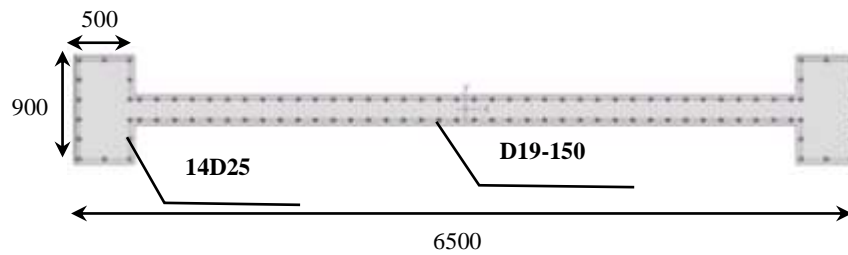
### Penulangan *Shear Wall*

Pada grafik di bawah ini tampak bahwa plot gaya – gaya dalam yang terjadi pada *shear*

*wall*, masih berada di dalam diagram interaksi kapasitas dinding, sehingga dapat dikatakan *shear wall* tersebut masih mampu menahan beban. Disajikan dalam Grafik 9 dan Gambar 9 untuk detail penulangannya.



Gambar 16 : Grafik 9 Diagram Interaksi *Shear Wall* Desain Story 1



Gambar 17 : Detail Penulangan *Shear Wall* Story 1

### Penulangan *Coupling Beam*

Berdasarkan SNI 2847-2019 pasal 18.10.7, balok perangkai (*coupling beam*) dengan ( $l_n/h \geq 4$ ) harus memenuhi persyaratan :

Panjang *coupl. beam*  $l_n = 4000$  mm

Tinggi *coupl. beam*  $h = 1000$  mm

Faktor reduksi geser  $\phi = 0,75$

Diameter longitudinal  $D = 22$  mm

$$V_u = 0,33\lambda\sqrt{f_c'}A_{cw}$$

$$= 0,33 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 40000 = 780,9 \text{ kN}$$

Berdasarkan hasil tersebut, balok perangkai akan ditulangi diagonal sebagai alternatif dari tulangan konvensional.

$$r = \sqrt{l_w^2 + h^2} = \sqrt{4000^2 + 1000^2}$$

Hasil desain tulangan *coupling beam* :

$$r = 4123,1 \text{ mm}$$

Sudut antara batang tulangan diagonal dan sumbu longitudinal *coupl. beam* :

$$\sin \alpha = \frac{1000}{4123,1} = 0,242$$

$$A_{vd} = \frac{V_u}{2\phi f_y \sin \alpha} = \frac{780,9 \times 10^3}{2 \cdot 0,75 \cdot 400 \cdot 0,242}$$

$$A_{vd} = 5378 \text{ mm}^2$$

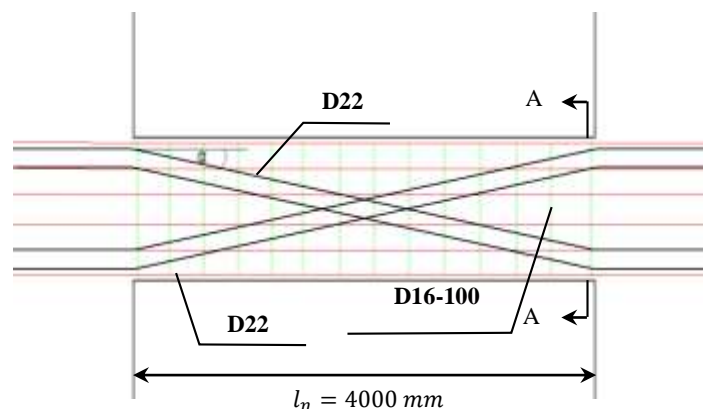
Untuk desain, digunakan tulangan D22 ( $A_s$  Aktual = 380 mm<sup>2</sup>).

Jumlah tulangan yang diperlukan :

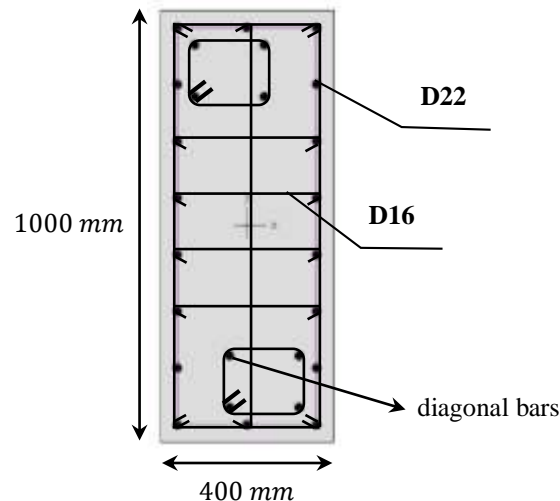
$$n = \frac{A_{vd}}{A_s} = \frac{5378}{380}$$

$$n = 14,15 \approx 15 \text{ buah}$$

Untuk mempermudah penulangan, maka digunakan 16D22. Dipasang 10D22 pada masing-masing sisi sehingga total menjadi 26D22.



Gambar 18 : Detail Penulangan *Coupling Beam*



Gambar 19 : Potongan A-A

## KESIMPULAN

Setelah melakukan pemodelan dan analisis struktur gedung 10 lantai, dapat ditarik beberapa kesimpulan diantaranya :

- Penggunaan *coupled shear wall* sistem *coupling beam* memberikan pengaruh pada besarnya nilai periode natural struktur, yaitu 43% lebih tahan lentur dibanding dengan struktur tanpa *shear wall*.
- Penggunaan *coupled shear wall* sistem *coupling beam* memberikan pengaruh pada besarnya nilai kekuatan geser, dimana struktur *coupling beam* 78% lebih besar dibanding struktur tanpa *shear wall*.
- Fungsi *coupled shear wall* sistem *coupling beam* mampu dan efektif dalam menahan gaya gempa. Selain itu, penggunaan konfigurasi tulangan perkuatan diagonal pada antarmuka balok dinding lebih efisien daripada tulangan konvensional. Hal itu dikarenakan secara signifikan

meningkatkan kinerja balok perangkai dalam hal kekuatan dan kekakuan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. A. Mayasari And I. S. Indra, "Perencanaan Dinding Geser Dengan Bukaan Pada Gedung Dinas Pendidikan Kabupaten Ponorogo," *Sondir*, Vol. 1, No. 2, Pp. 1–9, 2017.
- [2] F. M. Annas And S. T. Yenny Nurchasanah, "Kapasitas Geser Balok Kopel Dengan Perkuatan Tulangan Pada Area Diagonal Tekan." Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2017.
- [3] R. Ernawati, "Perencanaan Coupling Beam Dengan Metode Dual System Studi Kasus Pada Proyek Apartemen Di Bekasi." Universitas Mercu Buana Jakarta, 2019.

- [4] R. Park And T. Paulay, *Reinforced Concrete Structures*. John Wiley & Sons, 1991.
- [5] F. Fakhurrizi, T. Saidi, And M. Muttaqin, “Analisis Komparasi Rasio Kapasitas Kolom Gedung Bertingkat Rendah Pada 23 Kabupaten Di Provinsi Aceh Berdasarkan Sni 03-1726-2002 Dan Sni 03-1726-2012,” *J. Arsip Rekayasa Sipil Dan Perenc.*, Vol. 1, No. 4, Pp. 184–191, 2018.
- [6] S. Satriadi, “Perencanaan Struktur Gedung Rumah Sakit 6 Lantai Di Palembang Dengan Metode “Response Spectrum Analysis.” Universitas Muhammadiyah Surabaya, 2018.
- [7] A. Syahrin, “Pengaruh Gempa Berulang Mengandung Efek Fling Terhadap Kurva Kerapuhan Sistem Rangka Pemikul Momen Beton Bertulang (Studi Literatur).” 2019.
- [8] A. Wafi, M. Isneini, And H. R. Husni, “Analisis Pengaruh Beban Gempa Pada Gedung Tujuh Lantai Menggunakan Metode Statik Ekuivalen (Study Kasus: Rumah Sakit Ibu Dan Anak Hermina Lampung),” *J. Rekayasa Dan Desain*, Vol. 9, No. 2, Pp. 377–386, 2021.
- [9] W. Tianusa, “Perancangan Struktur Atas Bangunan 60 Lantai Di Jakarta Pusat Dengan Pemakaian Outrigger.” Universitas Atma Jaya Yogyakarta, 2020.
- [10] N. F. Wiyata, R. A. Daniswara, S. Sumirin, And M. R. Ahyar, “Perencanaan Struktur Atas Tahan Gempa Hotel Laras Asri Salatiga Berdasarkan Sni 1726-2019,” *Pros. Konstelasi Ilm. Mhs. Unissula Klaster Eng.*, 2020.