



## ST-22

# ANALISA PERBANDINGAN KINERJA STRUKTUR DAN BIAYA KONSTRUKSI MENGGUNAKAN PORTAL BIASA DAN SISTEM GANDA

I Gusti Made Sudika<sup>1\*</sup>, I Gusti Ngurah Eka Partama<sup>2</sup>, Putu Darmawan<sup>3</sup> dan Ni Kadek Astariani<sup>4</sup>

<sup>1\*</sup>Program Studi Teknik Sipil, Universitas Ngurah Rai, Jl. Padma Penatih, Denpasar Timur  
e-mail: [made.sudika@unr.ac.id](mailto:made.sudika@unr.ac.id)

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Sipil, Universitas Ngurah Rai, Jl. Padma Penatih, Denpasar Timur  
e-mail: [epartama@gmail.com](mailto:epartama@gmail.com)

<sup>3</sup>Program Studi Teknik Sipil, Universitas Ngurah Rai, Jl. Padma Penatih, Denpasar Timur  
e-mail: [putudarmawan846@gmail.com](mailto:putudarmawan846@gmail.com)

<sup>4</sup>Program Studi Teknik Sipil, Universitas Ngurah Rai, Jl. Padma Penatih, Denpasar Timur  
e-mail: [kadek.astariani@unr.ac.id](mailto:kadek.astariani@unr.ac.id)

## ABSTRAK

Bangunan bertingkat kearah vertikal menjadi salah satu solusi untuk lahan yang terbatas, namun bangunan bertingkat sangat rentan terhadap gaya lateral seperti gempa. Sehingga dibutuhkan sistem struktur bangunan untuk menahan gaya lateral seperti sistem rangka pemikul momen (SRPM), sistem dinding geser dan sistem ganda yang merupakan gabungan antara SRPM dengan dinding geser. Pada penelitian ini, akan dilakukan metode komparasi sistem struktur eksisting yang merupakan sistem portal biasa dibandingkan dengan sistem struktur ganda dengan penambahan dinding geser, dengan tujuan membandingkan kinerja struktur terhadap gempa serta membandingkan biaya konstruksi menggunakan sistem portal biasa dan sistem ganda pada studi kasus “Gedung Apartemen Lewis”. Dari hasil analisis diperoleh kekakuan struktur sistem ganda lebih tinggi dari kekakuan struktur eksisting, sehingga dengan beban gempa yang sama menghasilkan simpangan antar lantai yang lebih kecil. Pada arah X perpindahan yang terjadi pada elevasi tertinggi sistem ganda mencapai 17% lebih kecil dari struktur eksisting dan pada arah Y perpindahan yang terjadi pada elevasi tertinggi sistem ganda mencapai 68% lebih kecil dari perpindahan struktur eksisting. Untuk pengaruh P-Delta dari kedua sistem struktur sama-sama tidak diperhitungkan karena  $\theta < 0,1$  dan  $\theta < \theta_{max}$ , serta untuk perbandingan biaya yang diperoleh struktur atas menggunakan sistem ganda lebih efisien 3,91% dibandingkan sistem struktur eksisting yang merupakan sistem portal biasa.

Kata kunci: kinerja struktur, sistem ganda, dinding geser, sistem rangka, beban gempa

## PENDAHULUAN

Banyaknya bangunan bertingkat kearah vertikal menjadi salah satu solusi untuk lahan yang terbatas, namun bangunan bertingkat sangat rentan terhadap gaya lateral seperti gempa. Sehingga dibutuhkan sistem struktur bangunan untuk menahan gaya lateral seperti sistem rangka pemikul momen (SRPM), sistem dinding geser, dan sistem ganda yang merupakan gabungan antara SRPM dengan dinding geser (Wijayana, 2020).

Dari posisi penempatan dinding geser pada bangunan bertingkat dapat diklasifikasikan menjadi 3 bagian yaitu Bearing wall, Frame wall, dan Core Wall. Bearing wall yaitu dinding geser yang menahan sebagian besar beban gravitasi yang penempatannya seperti partisi ruangan yang berdekatan, Frame wall yaitu dinding geser menahan beban lateral yang dibangun diantara pada baris kolom terluar, Core wall yaitu dinding geser menahan beban lateral yang dibangun pada pusat bangunan dan biasanya di fungsikan sebagai dinding lift (Wiryadi, 2019). Penelitian tentang pengaruh konfigurasi dan posisi dinding geser pada struktur gedung telah dilakukan oleh Sudarsana dkk (2019) dengan hasil dinding geser bentuk L menghasilkan target perpindahan terkecil untuk arah X dan Y. Dharma Giri (2018) menghasilkan penelitian tentang struktur rangka dengan dinding geser menghasilkan momen dan gaya geser pada balok dan kolom yang relatif lebih kecil jika dibandingkan dengan struktur rangka yang dimodelkan tanpa dinding geser

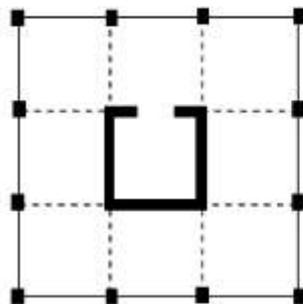
Penelitian ini mengambil data pada Proyek Apartemen Lewis secara umum memiliki ukuran panjang 52.15 m, lebar 13.75 m dan tinggi 14.4 m dengan ukuran bangunan tersebut dapat diamati perbandingan antara panjang dan lebar bangunan tidak seimbang sehingga menghasilkan bentuk bangunan yang cenderung memanjang atau pipih. Bangunan dengan bentuk memanjang ini akan menghasilkan kekakuan kearah memanjang yang besar dan kearah memendek yang jauh lebih kecil.

Perencanaan struktur gedung Apartemen Lewis yang berlokasi di Desa Tibubeneng, Kecamatan Kuta Utara, Kabupaten Badung terdiri dari empat lantai yang sebelumnya didesain menggunakan sistem portal biasa. Pada penelitian ini sistem struktur sebelumnya akan dianalisis menggunakan sistem ganda pada program *ETABS 16.2.1.*, dengan tujuan untuk mengetahui perbandingan kinerja struktur serta perbandingan biaya konstruksi menggunakan portal biasa dan sistem ganda.

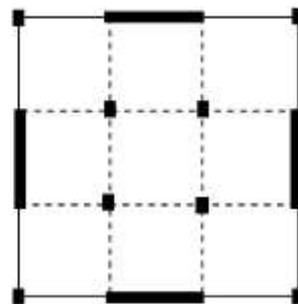
## KAJIAN PUSTAKA

Dinding Struktural atau dinding geser (*shear wall*) beton bertulang yang dipasang dalam posisi vertikal pada sisi bangunan gedung tertentu, yang dapat menahan kekuatan struktur dan menyerap gaya geser yang besar seiring semakin tingginya struktur bangunan yang diakibatkan oleh gaya lateral. Dinding geser berfungsi untuk menahan gaya lateral yang diakibatkan oleh beban gempa, hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan dinding geser (*shear wall*) yaitu dinding geser tidak boleh runtuh akibat gaya lateral, dimana struktur yang menerima gaya lateral akibat beban gempa akan mengalami keruntuhan karena tidak ada elemen struktur yang mampu menahan gaya lateral. Maka dari itu, perencanaan desain dinding geser harus mampu menahan gaya lateral yang terjadi akibat beban gempa (Fauziah, 2013).

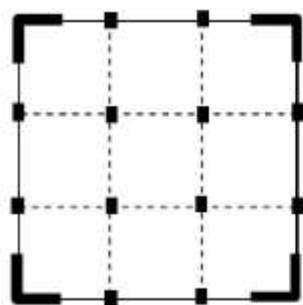
Bentuk dan penempatan dinding geser mempunyai akibat yang besar terhadap suatu sistem struktur apabila dibebani secara lateral (Rizki, 2016). Adapun tipe dari dinding geser untuk letak dan pemasangan yang bisa digunakan dilapangan seperti pada Gambar 2.1.



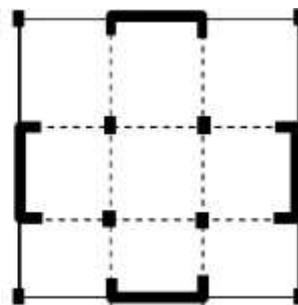
(b) Tipe Tube



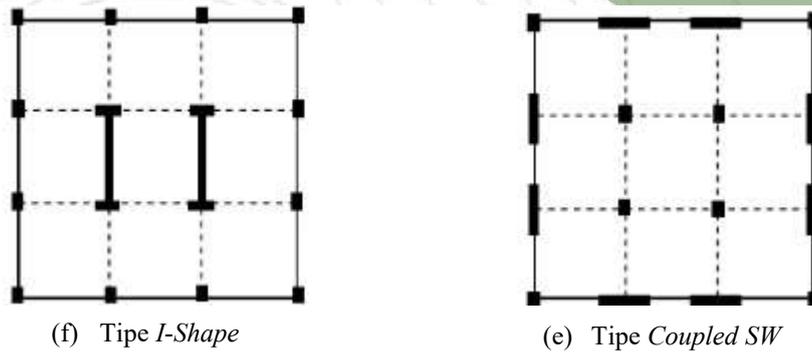
(a) Tipe Rectangle



(d) Tipe L-Shape



(c) Tipe C-Shape



Gambar 1 Tipe Dinding Geser

Sumber: Nur A, 2011

Dinding geser yaitu struktur kearah vertikal yang digunakan pada bangunan bertingkat tinggi yang berfungsi sebagai penahan gaya lateral yang besar akibat beban gempa serta menambah kekakuan pada struktur gedung bertingkat tinggi (Amaral, 2016). Berdasarkan letak dan fungsinya dinding geser diklasifikasikan menjadi tiga bagian yaitu *Bearing wall* yaitu dinding geser yang menahan sebagian besar beban gravitasi yang penempatannya seperti partisi ruangan yang berdekatan, *Frame wall* yaitu dinding geser penahan beban lateral yang dibangun diantara baris kolom terluar, *Core wall* yaitu dinding geser penahan beban lateral yang dibangun pada pusat bangunan dan biasanya di fungsikan sebagai dinding lift (Wiryadi, 2019)

## METODE PENELITIAN

### a. Lokasi Perencanaan

Gedung Apartemen Lewis berlokasi di Jalan Beten Kepuh, Desa Tibubeneng, Kecamatan Kuta Utara, Kabupaten Badung.

### b. Metode Pengumpulan Data

#### 1. Data gambar arsitektur

Gambar arsitektur digunakan dalam membantu proses pemodelan pada program *ETABS 16.2.1* untuk mengetahui posisi penempatan elemen struktur serta mengetahui fungsi rung untuk perhitungan pembebanan.

#### 2. Data tanah

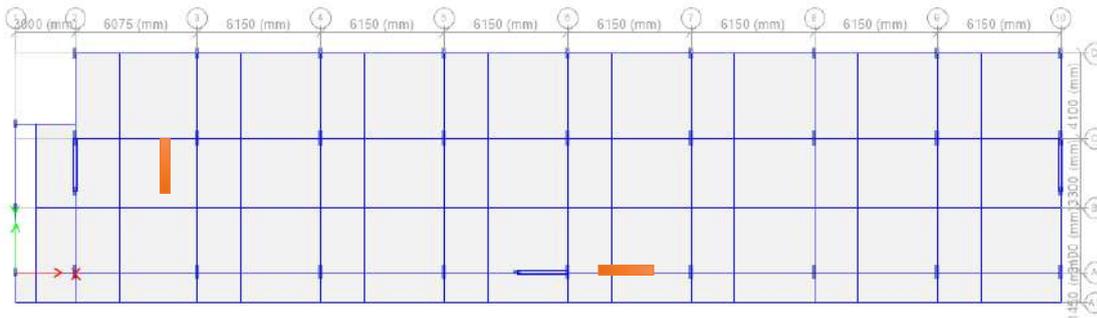
Data boring berfungsi untuk menentukan jenis tanah dalam perencanaan beban gempa.

#### 3. Data gambar struktur eksisting

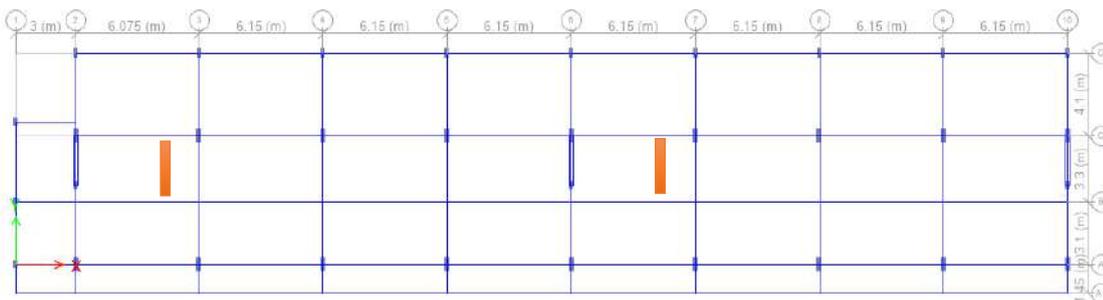
Data gambar struktur eksisting digunakan sebagai perbandingan hasil perencanaan.

### c. Metode Pengolahan Data

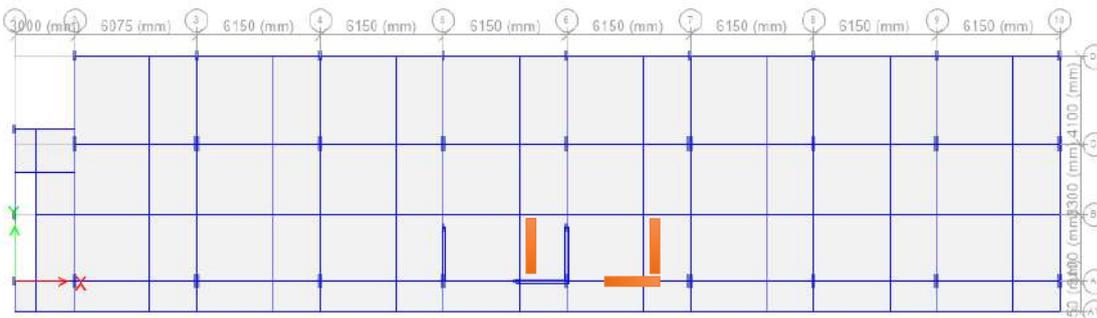
Rencana posisi penempatan dinding geser dibagi menjadi 3 bagian yaitu Model A diasumsikan sebagai *frame wall*, Model B diasumsikan sebagai *bearing wall*, dan model C diasumsikan sebagai *core wall*, seperti pada Gambar 2, Gambar 3, Gambar 4.



Gambar 2. Denah Model A ( : Dinding Geser)



Gambar 3. Denah Model B ( : Dinding Geser)



Gambar 4 Denah Model C ( : Dinding Geser)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### a. Bentuk dan Jumlah Ragam

Berdasarkan SNI 1726-2019 pada Pasal 7.9.1.1, analisis dilakukan untuk mengetahui jumlah ragam yang cukup dengan partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit 90%, ditabelkan pada Tabel 1.

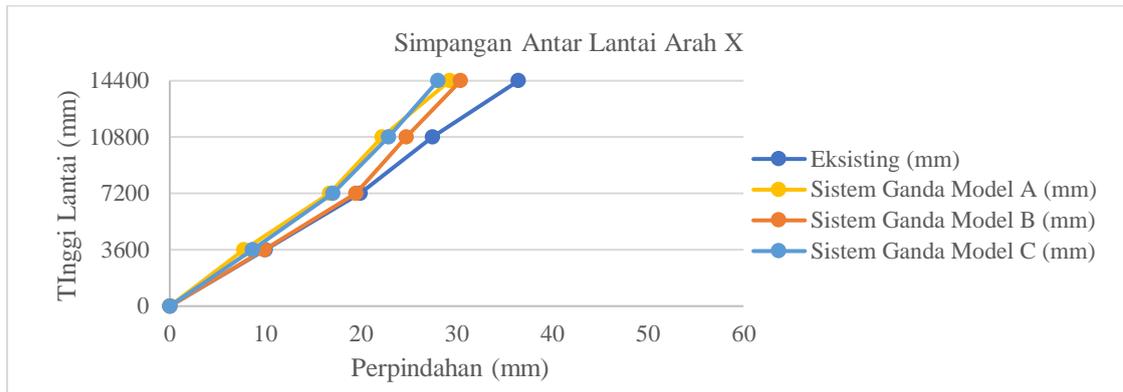
Tabel 1 Partisipasi Massa Struktur

Nama	Mode	Arah X	Arah Y
Model Eksisting	9	94,33%	93,77%
Model A	6	90,40%	90,13%
Model B	8	93,08%	90,84%
Model C	8	92,01%	90,55%

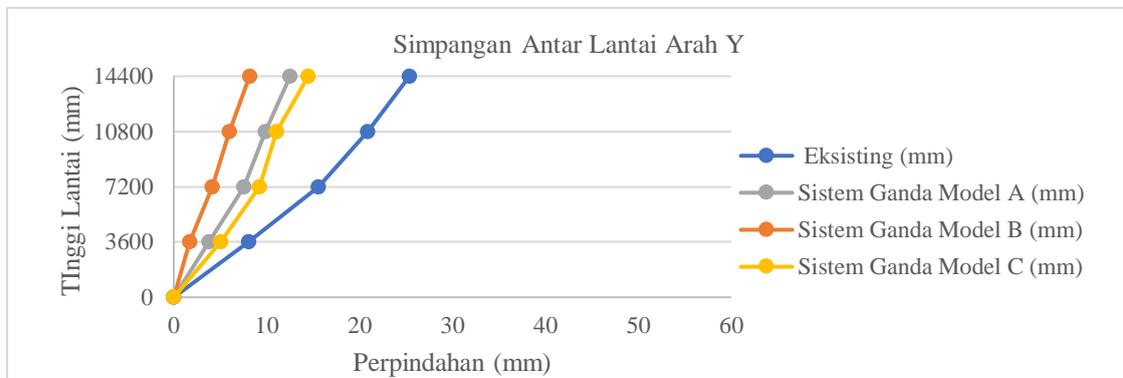
Partisipasi massa struktur Model A s/d Model C telah mencapai 90%, maka sesuai syarat SNI 1726-2019 pada Pasal 7.9.1.1 untuk partisipasi massa struktur menggunakan sistem ganda telah memenuhi syarat.

### b. Simpangan Antar Lantai

Simpangan antar lantai di peroleh dari hasil analisis menggunakan program *ETABS 16.2.1*, dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6 untuk simpangan antar lantai di masing-masing model.



Gambar 5. Grafik Simpangan Antar Lantai Arah X

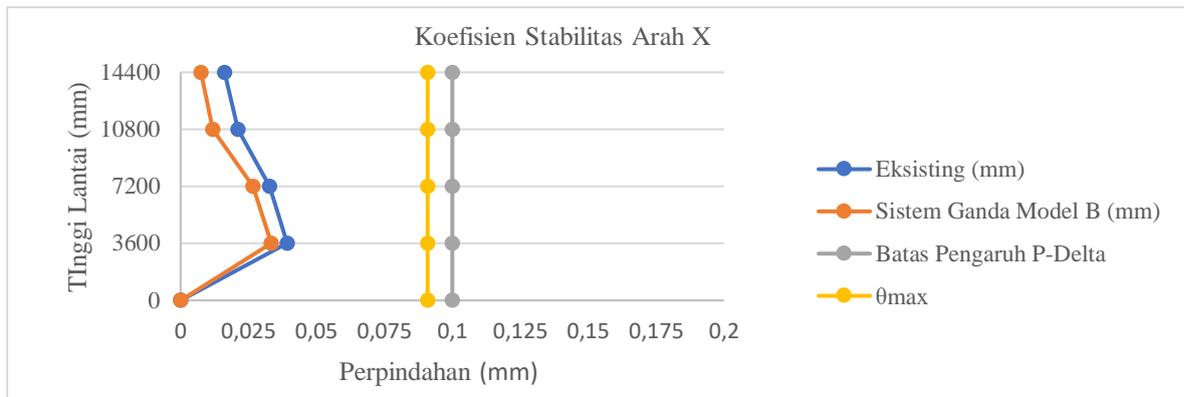


Gambar 6. Grafik Simpangan Antar Lantai Arah Y

Berdasarkan grafik pada Gambar 5 dan Gambar 6 dapat dilihat bahwa struktur gedung eksisting yang menggunakan sistem rangka portal biasa memiliki simpangan antar lantai yang lebih besar dibandingkan struktur dengan sistem ganda. Perbedaan hasil simpangan ini disebabkan karena sistem struktur yang berperilaku sebagai pemikul beban lateral dalam kasus ini yaitu beban gempa. Pada struktur eksisting yang mana merupakan sistem rangka portal biasa, kekakuan lateral struktur gedung dipikul oleh mekanisme kolom dan balok, sedangkan sistem struktur ganda kekakuan lateral struktur sebagian besar dipikul oleh dinding geser serta mekanisme kolom balok. Untuk model sistem ganda simpangan antar lantai arah-X tidak terlalu jauh berbeda, sedangkan arah-Y Model B memiliki simpangan antar lantai yang jauh lebih kecil dari Model A dan Model C, sehingga untuk perhitungan selanjutnya digunakan Model B.

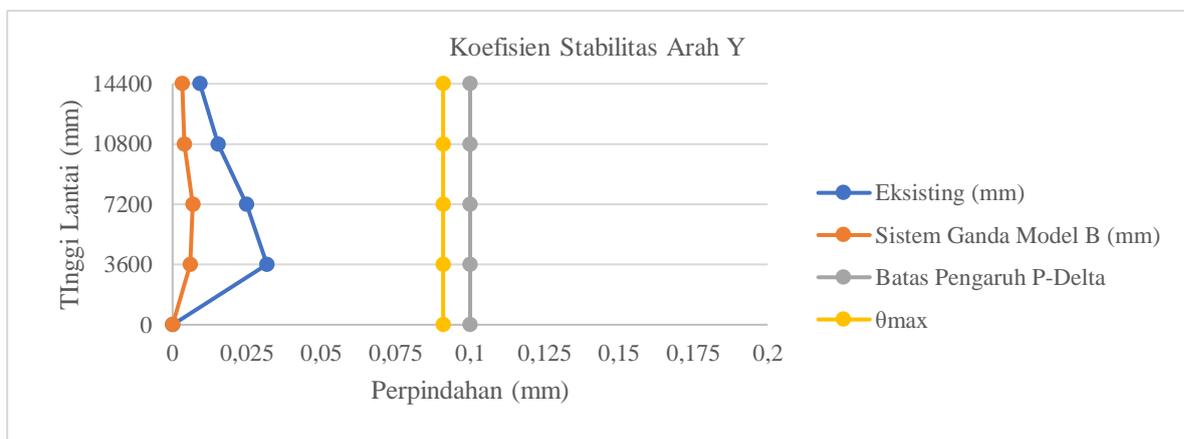
c. Pengaruh P-Delta

Berdasarkan SNI-1726-2019 pada Pasal 7.8.7, dijelaskan bahwa pengaruh P-Delta tidak diperhitungkan



apabila  $\theta \leq 0,10$ . Hasil analisis pengaruh P-Delta dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8.

Gambar 7. Grafik Koefisien Stabilitas Arah X



Gambar 8. Grafik Koefisien Stabilitas Arah Y

Dari hasil analisis pengaruh P-Delta pada tabel dapat diamati untuk koefisien stabilitas yang paling tinggi terjadi pada

lantai satu dari kedua sistem struktur. Untuk sistem struktur ganda Model B pada lantai satu arah-X diperoleh nilai koefisien stabilitas yaitu sebesar 0,0334, sedangkan untuk struktur eksisting diperoleh nilai koefisien stabilitas pada lantai satu arah-X yaitu sebesar 0,0392. Sehingga pengaruh P-Delta dari kedua sistem struktur sama-sama tidak memperhitungkan efek P-Delta karena  $\theta < 0,1$  dan  $\theta < \theta_{max}$ .

d. Kontrol Syarat Sistem Ganda Pada Struktur

Sesuai SNI 1726-2019 pada pasal 7.2.5.1, rangka pemikul momen harus mampu memikul paling sedikit 25% gaya seismik desain untuk sistem ganda. Diperoleh hasil persentase arah-X dan arah-Y sebagai berikut :

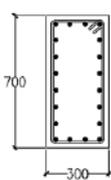
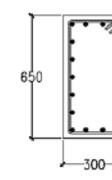
Presentase X = 29,9 %

Presentase Y = 74,5 %

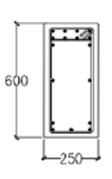
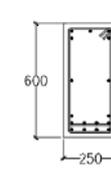
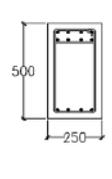
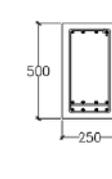
Dari hasil presentase arah-X dan presentase arah-Y diatas, bahwa syarat sistem ganda telah memenuhi syarat, SNI 1726-2019 pada pasal 7.2.5.1.

e. Perhitungan Penulangan

Setelah dilakukan perhitungan penulangan, tulangan kolom dan balok pada struktur sistem ganda membutuhkan jumlah yang lebih sedikit dibandingkan dengan struktur eksisting yang menggunakan sistem portal biasa. Untuk tulangan kolom C1 pada struktur sistem ganda Model B diperoleh jumlah tulangan 18 D19 sedangkan pada eksisting diperoleh jumlah tulangan 20 D19, tulangan balok B1 pada struktur sistem ganda Model B diperoleh jumlah tulangan tumpuan 8 D16 dan lapangan 4 D16 sedangkan pada eksisting diperoleh jumlah tulangan tumpuan 10 D16 dan lapangan 5 D16. Gambar penulangan kolom C1 dapat dilihat pada Gambar 9 dan penulangan balok B1 dapat dilihat pada Gambar 10.

Type	Eksisting	Sistem Ganda
Dimensi		
Tulangan		
Tul. Lentur	20 D 19	18 D 19
Geser Ujung	Ø10 - 100	Ø10 - 100
Geser Tengah	Ø10 - 150	Ø10 - 150
Selimit Beton	25 mm	25 mm

Gambar 9. Dimensi dan tulangan kolom C1

Type	Eksisting		Sistem Ganda	
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Dimensi				
Tulangan				
Atas	10 D 16	5 D 16	8 D 16	4 D 16
Bawah	5 D 16	10 D 16	4 D 16	8 D 16
Samping	2 D 13			
Geser	Ø10 - 100	Ø10 - 150	Ø10 - 100	Ø10 - 150
Selimit beton	25 mm	25 mm	25 mm	25 mm

Gambar 10. Dimensi dan tulangan balok B1

f. Perbandingan Biaya Konstruksi

Dalam perbandingan biaya konstruksi akan ditampilkan dalam bentuk tabel rekapitulasi harga per lantai seperti pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2 Biaya Konstruksi Eksisting

No	Jenis Pekerjaan	Total
I	Pekerjaan Struktur Lantai Dasar	551,281,727
II	Pekerjaan Struktur Lantai I	1,020,914,852
III	Pekerjaan Struktur Lantai II	972,353,939
IV	Pekerjaan Struktur Lantai III	826,828,249
V	Pekerjaan Struktur Atap	445,200,728

<b>Jumlah Total</b>	<b>3,816,579,495</b>
<b>Dibulatkan</b>	<b>3,816,580,000</b>

Tabel 3 Biaya Konstruksi Sistem Ganda

No	Jenis Pekerjaan	Total
I	Pekerjaan Struktur Lantai Dasar	564,304,158
II	Pekerjaan Struktur Lantai I	958,086,955
III	Pekerjaan Struktur Lantai II	869,770,782
IV	Pekerjaan Struktur Lantai III	796,202,561
V	Pekerjaan Struktur Atap	478,928,797
<b>Jumlah Total</b>		<b>3,667,293,254</b>
<b>Dibulatkan</b>		<b>3,667,293,000</b>

Dari Tabel 2 dan Tabel 3 selisih harga yang diperoleh dari lantai 1 s/d lantai 3 struktur sistem ganda Model B menghasilkan biaya lebih efisien dari struktur eksisting sehingga secara keseluruhan perbandingan harga yang diperoleh yaitu senilai Rp. 149.287.000 (seratus empat puluh sembilan juta dua ratus delapan puluh tujuh ribu rupiah).

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil evaluasi akibat perubahan sistem struktur menggunakan sistem ganda pada struktur Gedung Apartemen Lewis, dapat ditarik kesimpulan, sebagai berikut:

- Karena kekakuan struktur sistem ganda Model B lebih tinggi dari kekakuan struktur eksisting, sehingga dengan beban gempa yang sama menghasilkan simpangan antar lantai yang lebih kecil. Pada arah X perpindahan yang terjadi pada elevasi tertinggi sistem ganda Model B mencapai 17% lebih kecil dari struktur eksisting dan pada arah Y perpindahan yang terjadi pada elevasi tertinggi sistem ganda Model B mencapai 68% lebih kecil dari perpindahan struktur eksisting.
- Untuk pengaruh P-Delta dari kedua sistem struktur koefisien stabilitas yang paling tinggi terjadi pada lantai 1. Untuk sistem struktur ganda Model B pada lantai satu arah x diperoleh nilai koefisien stabilitas yaitu sebesar 0,0334, sedangkan untuk struktur eksisting diperoleh nilai koefisien stabilitas pada lantai satu arah x yaitu sebesar 0,0392. Sehingga dari kedua sistem struktur pengaruh P-Delta yang dibandingkan sama-sama tidak diperhitungkan karena  $\theta < 0,1$  dan  $\theta < \theta_{max}$ .
- Perbandingan hasil perencanaan struktur sistem ganda Model B dengan struktur eksisting dari segi biaya konstruksi yaitu:
  - Struktur eksisting = Rp. 3.816.580.000
  - Struktur sistem ganda = Rp. 3,667,293,000
  - Selisih = Rp. 149.287.000 (3,91%)

Sehingga untuk perencanaan dengan sistem ganda pada Apartemen Lewis lebih efisien dibandingkan dengan eksisting.



## DAFTAR PUSTAKA

- Amaral, C. (2016). Alternatif Perencanaan Dinding Geser (*Shear Wall*) dengan Sistem Kantilever pada Gedung Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Malang.
- Asroni. (2010). Balok dan Plat Beton Bertulang. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Asroni. (2010). Kolom Pondasi & Balok T Beton Bertulang. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Badan Standar Nasional. (2019). SNI 1726:2019 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung. Jakarta.
- Badan Standar Nasional. (2019). SNI 2847:2019 Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan. Jakarta.
- Badan Standar Nasional. (2020). SNI 1727:2020 Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain. Jakarta.
- Dewi, S. U. (2018). Analisa Perencanaan Struktur Beton Gedung Kuliah Kampus 2 IAIN Kota Metro Menggunakan Program Etabs. Tapak.
- Fauziah, L. (2013). Pengaruh Penempatan dan Posisi Dinding Geser Terhadap Simpangan Bangunan Beton Bertulang Bertingkat Banyak Akibat Beban Gempa. Jurnal Sipil Statik.
- Giri, I. B. (2018). Perbandingan Perilaku Struktur Bangunan Tanpa dan Dengan Dinding Geser Beton Bertulang. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil.
- Nur A. (2011). Diafragma dan Dinding Geser. Jakarta.
- Rahadiansyah, G. (2018). Analisis Perilaku Bangunan Tower ATC Menggunakan Sistem *Shear Wall* dan *Tanpa Shear Wall* (Studi Kasus: Tower ATC Pada Bandar Udara Internasional Sultan Aji Muhammad Sulaiman, Sepinggan, Balikpapan). Jurnal Teknik Sipil.
- Rizki, M. (2016). Efek Penambahan *Shearwall* Berbentuk L Pada Bangunan Rusunawa Unand.
- Sudarsana, I. K. (2019). Kinerja Struktur Gedung Sistem Ganda (*Dual System*) dengan Berbagai Konfigurasi dan Posisi Dinding Geser. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil.
- Wibowo, L. S. (2021). Analisis Pengaruh Lokasi Dinding Geser Terhadap Pergeseran Lateral Bangunan Bertingkat Beton Bertulang 5 Lantai. Jurnal Perencanaan dan Rekayasa Sipil.
- Wijayana, H. (2020). Studi Perbandingan Letak *Shear Wall* terhadap Perilaku Struktur. Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan VIII 2020.
- Wiryadi, I Gede Gegiranang. (2019). Analisis Pengaruh Bentuk Dinding Geser Beton Bertulang Terhadap Kapasitas dan Luas Tulangan. Jurnal Spektran.