

ANALISIS STRUKTUR GEDUNG BERLANTAI DENGAN SHEAR WALL TUBE TYPE TERHADAP BEBAN GEMPA

Muhamad Amin Khairudin¹, Muhamad Ryanto²
^{1,2} Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sangga Buana

¹korespondensi : muhamadamin.9d@gmail.com

ABSTRAK

Pada penelitian Analisis telah dilakukan terhadap pemanfaatan dinding geser tipe tabung pada sebuah gedung berlantai 15 Dengan pemanfaatan metode penahan gaya seismik awal yang berdasarkan struktur SRPMK, gedung ini berperan sebagai hunian komersil atau hotel yang memiliki kategori risiko 2, terletak di kota Bandung dengan tanah berkelas sedang. Analisis gempa dilakukan dengan metode analisis respons spektral dinamis yang sesuai dengan peraturan gempa SNI 1726:2012. Tujuan dari analisis ini adalah untuk membandingkan perilaku antara struktur SRPMK dan Sistem Ganda. Hasil analisis mengungkapkan perbedaan signifikan dalam beberapa aspek. Periode osilasi struktur SRPMK adalah $T=3,2292$ detik, sedangkan Sistem Ganda memiliki periode $T=3,0333$ detik, mengakibatkan penurunan sebesar 6,067%. Gaya geser dasar seismik pada struktur SRPMK adalah 5675,89 kN untuk arah X dan 5674,57 kN untuk arah Y, sementara Sistem Ganda memiliki nilai 5935,54 kN untuk arah X dan 5935,53 kN untuk arah Y, mengalami kenaikan sebesar 4,575% pada arah X dan 4,599% pada arah Y. Simpangan maksimum antar lantai pada SRPMK adalah 65,8851 mm untuk arah X dan 74,1208 mm untuk arah Y. Di sisi lain, Sistem Ganda memiliki simpangan 69,4740 mm untuk arah X dan 43,6854 mm untuk arah Y, dengan kenaikan sebesar 5,447% pada arah X, tetapi mengalami penurunan sebesar 41,062% pada arah Y. Nilai P-Delta pada SRPMK adalah 0,076383 untuk arah X dan 0,086128 untuk arah Y, sementara Sistem Ganda memiliki nilai 0,071118 untuk arah X dan 0,042638 untuk arah Y, dengan penurunan sebesar 6,893% pada arah X dan 50,495% pada arah Y. Lebih lanjut, berat struktur SRPMK adalah 158926 kN, sementara Sistem Ganda memiliki berat 148413 kN. Selisih berat kedua struktur tersebut adalah 10513 kN, sehingga menghasilkan penurunan berat bangunan sebesar 7,084%. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan Sistem Ganda sebagai sistem penahan gaya seismik lebih efektif karena struktur Ganda tersebut lebih kaku dibandingkan dengan struktur SRPMK. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa penggunaan Sistem Ganda sebagai sistem penahan gaya seismik lebih efektif karena lebih kaku daripada struktur SRPMK.

Kata Kunci: Spectral Response, SRPMK, Dual System, Tube-Type Shear Walls, Structural Behavior.

ABSTRACT

In research, analysis has been carried out on the use of tube-type shear walls in a 15-story building. Using the initial seismic force resisting method based on the SRPMK structure, this building acts as a commercial residence or hotel which has risk category 2, located in the city of Bandung with medium class land. . Earthquake analysis was carried out using the dynamic spectral response analysis method in accordance with SNI 1726:2012 earthquake regulations. The aim of this analysis is to compare the behavior between SRPMK and Dual System structures. The analysis results revealed significant differences in several aspects. The oscillation period of the SRPMK structure is $T=3.2292$ seconds, while the Dual System has a period of $T=3.0333$ seconds, resulting in a decrease of 6.067%. The basic seismic shear force on the SRPMK structure is 5675.89 kN for the X direction and 5674.57 kN for the Y direction, while the Dual System has a value of 5935.54 kN for the in the X direction and 4.599% in the Y direction. The maximum deviation between floors in SRPMK is 65.8851 mm for the X direction and 74.1208 mm for the Y direction. .6854 mm for the Y direction, with an increase of 5.447% in the has a value of 0.071118 for the X direction and 0.042638 for the Y direction, with a decrease of 6.893% in the The difference in weight between the two structures is 10513 kN, resulting in a reduction in building weight of 7.084%. Thus, it can be concluded that the use of the Dual System as a system for resisting seismic forces is more effective because the Dual structure is stiffer than the SRPMK structure. From these results it can be concluded that the use of the Dual System as a system for resisting seismic forces is more effective because it is stiffer than the SRPMK structure.

Keywords: Spectral Response, SRPMK, Dual System, Tube-Type Shear Walls, Structural Behavior.

PENDAHULUAN

Indonesia, sebagai Negara yang sering mengalami gempa bumi karena terletak di persimpangan tiga lempeng bumi utama, termasuk lempeng Eurasia, lempeng Indo-Australia, dan lempeng Pasifik. Gempa bumi adalah peristiwa alam yang dapat menyebabkan kerusakan serius pada bangunan dan infrastruktur. Dengan jumlah penduduk yang terus meningkat, pembangunan gedung bertingkat tinggi menjadi solusi utama untuk memenuhi kebutuhan perumahan dan fasilitas lainnya. Namun, ketika terjadi gempa, bangunan bertingkat tinggi memiliki risiko keruntuhan yang tinggi.

Beban gempa merupakan salah satu beban dinamis yang sangat signifikan dalam perencanaan struktur bangunan [1]. Beban ini tidak hanya besar, tetapi juga berubah-ubah seiring waktu, menciptakan gaya lateral yang harus ditahan oleh bangunan. Akibatnya, struktur bangunan dapat mengalami simpangan horisontal yang berpotensi melebihi batas izin yang ditetapkan, mengancam keselamatan dan kestabilan bangunan [2].

Salah satu pendekatan yang digunakan untuk meningkatkan kestabilan struktur gedung dalam menghadapi gempa adalah dengan memasang dinding geser (shear wall). Dinding geser berfungsi sebagai pengaku yang menghubungkan struktur hingga ke pondasi dan didesain secara spesifik untuk menghadapi gaya geser lateral yang muncul akibat gempa bumi.

Dalam konteks ini, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji dampak pemasangan dinding geser tipe tabung pada struktur gedung berlantai 15 didesain untuk menghadapi beban gempa yang telah direncanakan. Penelitian ini akan menganalisis nilai perioda getar struktur, gaya geser dasar, simpangan antar lantai, dan pengaruh P-Delta dari struktur tersebut. Selain itu, akan dibandingkan perilaku struktur bangunan gedung yang dilengkapi dengan dinding geser tipe tube dengan bangunan yang tidak memiliki dinding geser.

Pembahasan ini akan mencakup pemodelan menggunakan perangkat lunak ETABS 9.5, perhitungan gempa berdasarkan standar SNI 1726:2012, dan analisis kekuatan struktur dengan Mengaplikasikan gabungan sistem untuk menghadapi gempa, meliputi dinding geser (shear wall) bersama dengan sistem rangka khusus yang mampu menahan momen (SRPMK) sesuai kategori desain seismic dalam SNI.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang berharga tentang pengaruh pemasangan dinding geser terhadap respons struktur bangunan gedung bertingkat tinggi. Selain itu, penelitian ini juga dapat menjadi referensi penting bagi para perencana struktur dalam merancang dinding geser yang terbuat dari beton bertulang dianalisis dengan bantuan perangkat lunak komputer seperti ETABS 9.5. Dengan pemahaman yang lebih baik tentang peran dinding geser dalam meningkatkan keamanan bangunan, langkah-langkah yang lebih efektif dapat diambil dalam memitigasi risiko gempa bumi di Indonesia.

TINJAUAN PUSTAKA

Prinsip Desain Bangunan Anti-Gempa

Struktur anti-gempa adalah jenis struktur yang mampu bertahan (tidak mengalami kerusakan atau keruntuhan) ketika terjadi gempa, berikut adalah tiga kriteria standar pada struktur tahan gempa [3], [4]:

1. Dalam peristiwa gempa yang tidak besar (kecil), struktur utama bangunan dalam kondisi baik. Kerusakan ringan yang masih dapat masih diperbolehkan adanya toleransi pada komponen non-struktural.
2. Dalam peristiwa gempa sedang (menengah), struktur utama bangunan dalam kategori rusak/retak ringan tapi masih dapat diperbaiki. Kategori elemen non struktur dapat saja rusak tetapi dapat diganti yang baru.
3. Pada gempa kuat (*strong earthquake*), bangunan boleh rusak tetapi tidak runtuh total (*totally collapse*). melindungi manusia/penghuni bangunan secara maksimum. Untuk melindungi manusia/penghuni bangunan, kondisi seperti ini juga diharapkan pada gempa besar (*great earthquake*).

Sistem Struktural untuk Menahan Gaya Akibat Gempa Bumi

Secara umum, sistem struktural untuk menahan gaya seismik dapat diklasifikasikan menjadi tiga jenis Sistem rangka yang terdiri dari tiga jenis, yaitu: Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM), Sistem Dinding Struktural (SDS), dan Sistem Kombinasi (gabungan SRPM dan SDS) [5], [6].

1. Sistem Struktural Pemikul Momen

Sistem struktural dilengkapi dengan rangka ruang yang mampu menahan beban gravitasi, sementara beban lateral dari gempa ditanggung oleh kerangka pemikul momen melalui mekanisme yang bisa bergerak. Sistem ini memiliki tiga variasi, yaitu SRPMB (Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa), SRPMM (Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah), dan SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus).

2. Sistem Dinding Struktural

Sistem struktural dinding adalah jenis sistem yang tidak memiliki rangka ruang yang mampu menahan sepenuhnya beban gravitasi, di mana Beban gravitasi tersebut dijalankan oleh dinding penyangga dan sistem bresing, sedangkan beban lateral akibat gaya gempa ditanggung oleh dinding geser atau kerangka bresing.

3. Sistem yang berganda

Sistem ganda merupakan tipe sistem struktural yang memiliki kerangka ruang yang sanggup menopang beban gravitasi sepenuhnya, sementara beban lateral yang muncul akibat gempa bisa ditopang oleh kerangka pemikul momen dan dinding geser, atau juga melalui kombinasi antara kerangka pemikul momen dan kerangka bresing.

Dinding Geser (Shear Wall)

Dinding geser (shear wall) adalah elemen vertikal dalam struktur yang memiliki tingkat kekakuan yang sangat tinggi untuk menanggung gaya geser, momen, dan gaya

aksial yang terjadi akibat beban gempa [7], [8].

Dinding geser (Shear Wall) memiliki dua peran utama dalam struktur, yaitu sebagai elemen kekuatan (untuk mengatasi gaya lateral dari gempa) dan elemen kekakuan (untuk menahan gaya lateral) [9].

Dengan mempertimbangkan lokasinya, dinding geser (shear wall) dapat dikelompokkan menjadi tiga jenis, yaitu bearing walls, frame walls, dan core walls [10].

Perencanaan Struktur Bangunan Terhadap Beban Gempa Berdasarkan SNI 1726:2012

a. Gaya Geser Dasar Seismik

Gaya geser dasar seismik (V) , harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$V = C_s \cdot W_t \dots\dots\dots (1)$$

b. Simpangan Antar Lantai

Simpangan antara lantai dalam tingkat perencanaan (Δ) perlu simpangan antar lantai dalam analisis adalah selisih defleksi pada pusat massa antara lantai teratas dan terbawah. Untuk menghitung defleksi pusat massa pada tingkat x (δ_x) dalam satuan milimeter, rumus berikut harus digunakan:

$$\delta_x = (C_d \cdot \delta_{xe}) / I_x \dots\dots\dots (2)$$

c. Dampak P-Delta

Efek P-Delta perlu diinspeksi dengan mempertimbangkan koefisien kestabilan θ . Ini dihitung menggunakan rumus berikut:

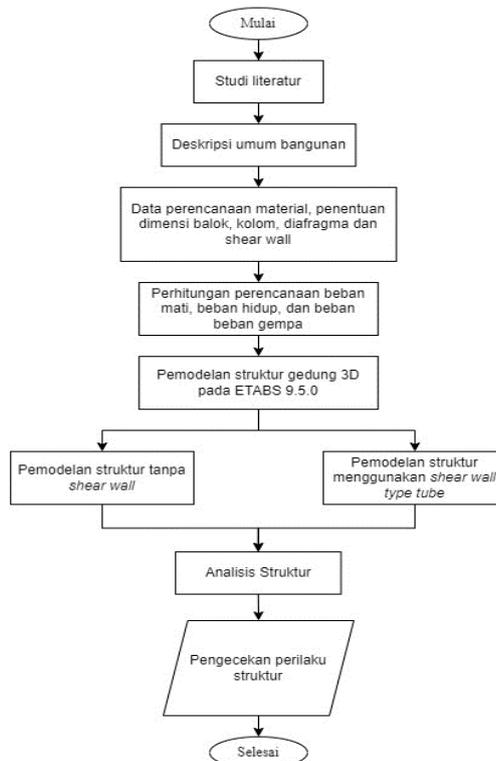
$$\theta = (P_x \Delta I_e) / (V_x h_{sx} C_d) \dots\dots\dots (3)$$

Koefisien kestabilan (θ) harus tetap berada di bawah nilai maksimal θ_{max} , yang didefinisikan sebagai berikut:

$$\theta_{max} = 0,5 / (\beta C_d) \leq 0,25 \dots\dots\dots (4)$$

METODE

Diagram Alir (Flow Chart)



Gambar 1. Pemodelan Struktur SRPMK

Deskripsi Umum Struktur

1. Fungsi bangunan : Hotel
2. Tinggi bangunan : 61 m
 - Lantai 1 : 5 m
 - Lantai 2-15 : 4 m
3. Dimensi bangunan : 35×25 m.
4. Lokasi bangunan : Jl. PHH.Mustopa
No.68 Kota Bandung
5. Mutu material :
 - Mutu Beton = 35 MPa
 - Mutu Baja = 400 MPa

Pembebanan Struktur

1. Beban Mati
 - Beban Mati Sendiri (DL)

Dihitung otomatis oleh ETABS dengan menggunakan berat jenis material:

1. Beton = 24 kN/m³
2. Baja = 78,50 kN/m³.
- Beban Mati Tambahan (SDL)
 1. Lantai 1-15 = 1,3 kN/m²
 2. Lantai Atap = 0,87 kN/m²
 3. Dinding = 9,25 kN/m
2. Beban Hidup (LL)
 - Ruang hotel = 2,5 kN/m²
 - Koridor = 3 kN/m²
 - Atap = 1 kN/m²
3. Beban Gempa

Metode analisis gempa dalam penelitian ini menggunakan analisis dinamis metode respons spektra. Berikut parameter respons spektra pada wilayah Kota Bandung.

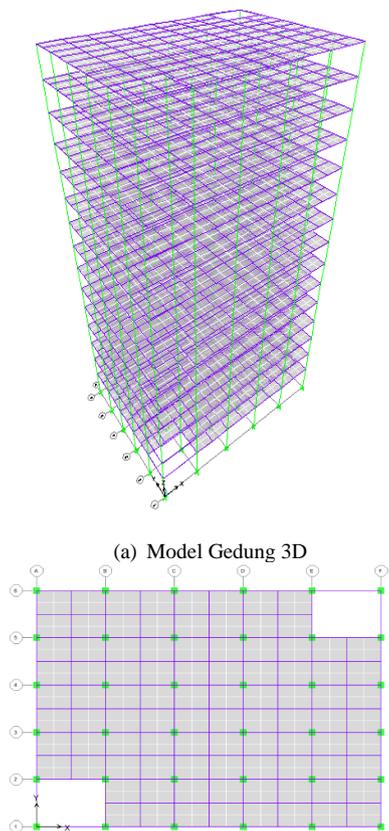
Tabel 1: Parameter Respons Spektra

| Parameter Respons Spektra | | |
|--|----------|-------|
| Fungsi bangunan | | Hotel |
| Kategori risiko | | II |
| Faktor keutamaan gempa | I_e | 1,000 |
| Klasifikasi situs | | SD |
| Percepatan gempa MCEr periode pendek | S_s | 1,435 |
| Percepatan gempa MCEr untuk periode pendek | S_1 | 0,491 |
| Faktor amplifikasi periode pendek | F_A | 1,000 |
| Faktor amplifikasi untuk periode 1 detik | F_v | 1,509 |
| Percepatan pada periode pendek | S_{MS} | 1,435 |
| Percepatan pada periode 1 detik | S_{M1} | 0,741 |
| Percepatan desain pada periode pendek | S_{DS} | 0,957 |
| Percepatan desain pada periode pendek | S_{D1} | 0,494 |
| Parameter periode | T_o | 0,103 |
| | T_s | 0,516 |

Setelah dilakukan analisis dengan program ETABS, berikut adalah resume dari parameter seismik bangunan:

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Perilaku Struktur SRPMK



(a) Model Gedung 3D
(b) Model Denah Gedung
Gambar 2: Pemodelan Struktur SRPMK

Dimensi struktur yang digunakan adalah sebagai berikut :

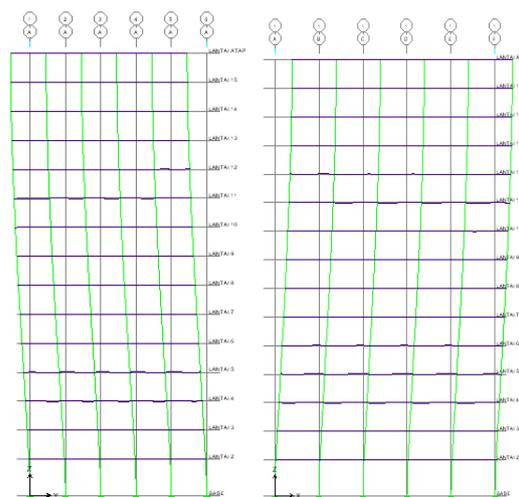
| Penampang | | Dimensi (cm) |
|-----------|------------------|--------------|
| Kolom | Lantai 1-5 | 80 × 80 |
| | Lantai 6-10 | 70 × 70 |
| | Lantai 11-15 | 60 × 60 |
| Balok | B.I. Bentang 7 m | 30 × 65 |
| | B.I. Bentang 5 m | 30 × 55 |
| | B.A. Bentang 7 m | 20 × 35 |
| | B.A. Bentang 5 m | 20 × 30 |
| Pelat | Lantai 1-15 | 13 |

Tabel 3: Parameter Seismik Bangunan

| Parameter | | Nilai |
|------------------------------|----------------------------------|-----------|
| Koefisien Modifikasi Respons | R = | 8 |
| Periode Struktur | T_x model = | 3,0291 s |
| | T_y model = | 3,2292 s |
| | $C_u \cdot T_a$ = | 2,6382 s |
| Koefisien Respons Seismik | | |
| C_s max | $S_{DS}/(R/I_e)$ = | 0,120 |
| C_s | $S_{D1}/T_a(R/I_e)$ = | 0,023 |
| C_s min | $0,044 \cdot S_{DS} \cdot I_e$ = | 0,042 |
| C_s Pakai | | 0,042 |
| Berat Seismik | W_t = | 158926 kN |
| Gaya Geser Statik | $V_{(x)}$ = | 6674,9 kN |
| | $V_{(y)}$ = | 6674,9 kN |
| Gaya Geser Dinamik | $V_t(x)$ = | 2791,3 kN |
| | $V_t(y)$ = | 2636,2 kN |
| Skala Faktor | $SF_{(x)}$ = | 2,490 |
| | $SF_{(y)}$ = | 2,636 |

Berikut adalah hasil dari analisis perilaku struktur SRPMK :

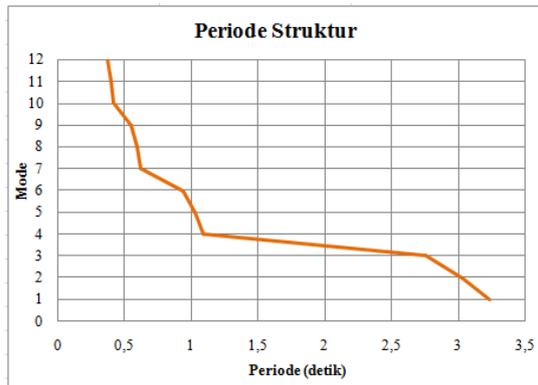
1. Periode Struktur



(a) Mode 1, T=3,229 s (b) Mode 2, T=3,029 s

Gambar 3: Gerakan Perode Struktur Gedung

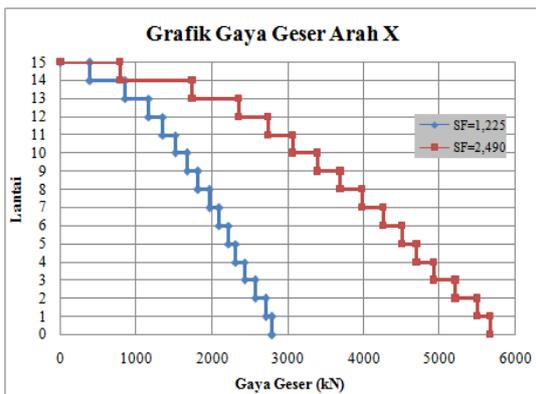
Berikut adalah grafik dari periode struktur SRPMK :



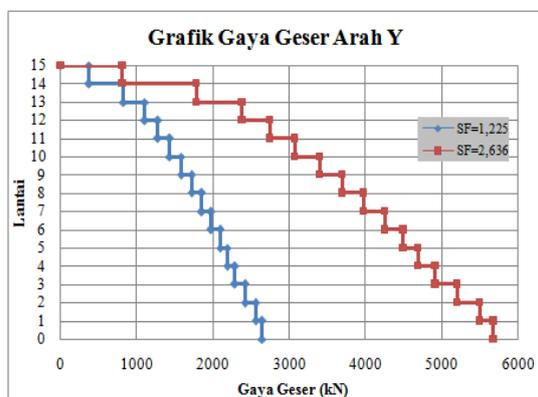
Gambar 4: Grafik Periode Struktur SRPMK

2. Gaya Geser Dasar Seismik

Berikut adalah grafik gaya geser dasar seismik arah X dan Y :



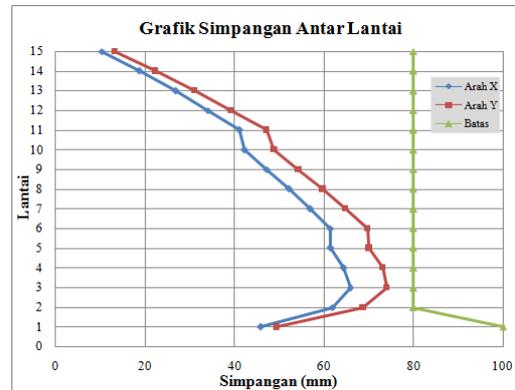
Gambar 5: Grafik Gaya Geser Arah X



Gambar 6: Grafik Gaya Geser Arah Y

3. Simpangan Antar Lantai

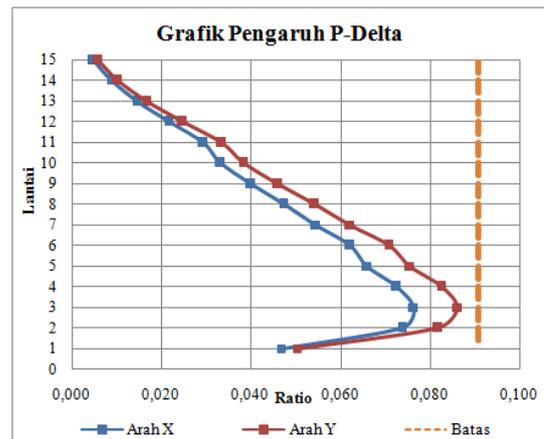
Berikut adalah grafik dari simpangan antar lantai struktur pada arah X dan Y :



Gambar 7: Grafik Simpangan Antar Lantai

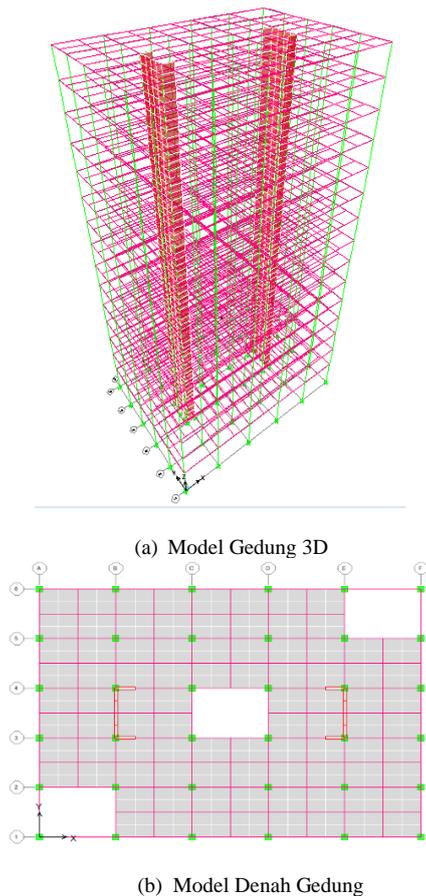
4. Pengaruh P-Delta

Berikut adalah grafik dari pengaruh P-Delta pada struktur untuk arah X dan Y :



Gambar 8: Grafik Pengaruh P-Delta

Analisis Perilaku Struktur Sistem Ganda



Gambar 9. Pemodelan Struktur Sistem Ganda

Dimensi struktur yang digunakan adalah sebagai berikut :

Tabel 4: Dimensi Struktur

| Penampang | | Dimensi (cm) |
|---------------|------------------|--------------|
| Kolom | Lantai 1-5 | 60 × 75 |
| | Lantai 6-10 | 50 × 65 |
| | Lantai 11-15 | 40 × 55 |
| Balok | B.I. Bentang 7 m | 30 × 60 |
| | B.I. Bentang 5 m | 30 × 45 |
| | B.A. Bentang 7 m | 20 × 30 |
| | B.A. Bentang 5 m | 20 × 25 |
| Pelat | Lantai 1-15 | 12,5 |
| Dinding Geser | SW | 20 |

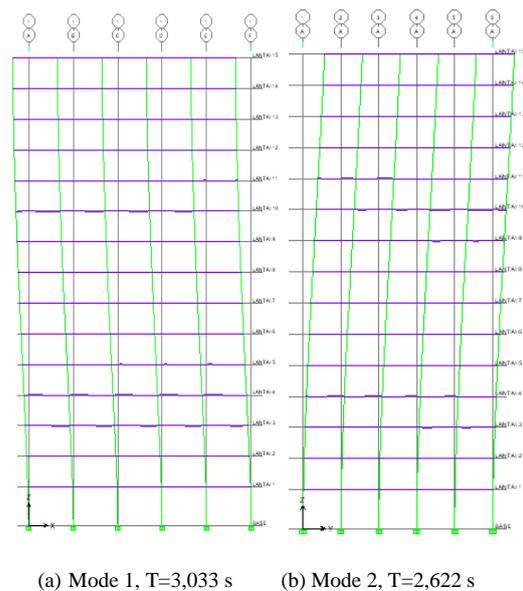
Berikut resume dari parameter seismik bangunan hasil analisis program ETABS:

Tabel 5: Parameter Seismik Bangunan

| Parameter | | Nilai |
|------------------------------|----------------------------------|-----------|
| Koefisien Modifikasi Respons | R= | 7 |
| Periode Struktur | T_x model = | 3,0333 s |
| | T_y model = | 2,6218 s |
| | $C_u \cdot T_a$ = | 1,4912 s |
| Koefisien Respons Seismik | | |
| C_s max | $S_{DS}/(R/I_e)$ = | 0,137 |
| C_s | $S_{D1}/T_a(R/I_e)$ = | 0,047 |
| C_s min | $0,044 \cdot S_{DS} \cdot I_e$ = | 0,042 |
| C_s Pakai | | 0,042 |
| Berat Seismik | W_t = | 148413 kN |
| Gaya Geser Statik | $V_{(x)}$ = | 6980,9 kN |
| | $V_{(y)}$ = | 6980,9 kN |
| Gaya Geser Dinamik | $V_{t(x)}$ = | 3048,3 kN |
| | $V_{t(y)}$ = | 4167 kN |
| Skala Faktor | $SF_{(x)}$ = | 2,728 |
| | $SF_{(y)}$ = | 1,996 |

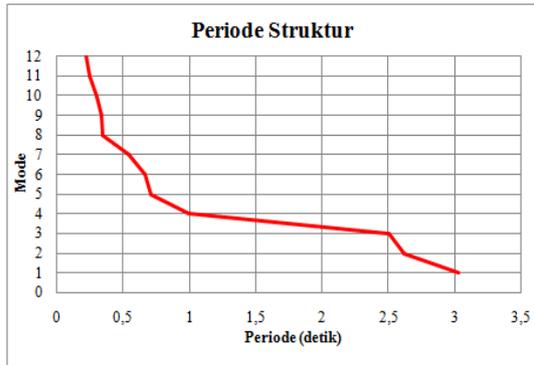
Berikut adalah hasil dari analisis perilaku struktur Sistem Ganda :

1. Periode Struktur



Gambar 10: Gerakan Periode Struktur Gedung

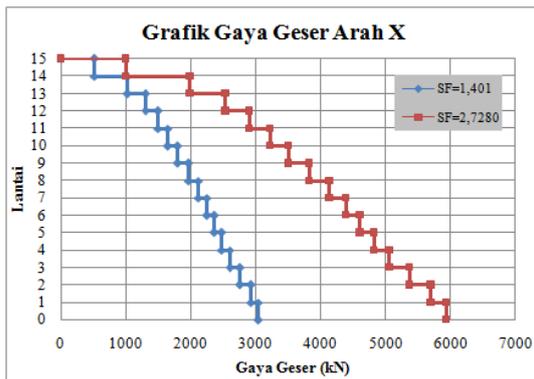
Berikut adalah grafik dari periode struktur sistem ganda :



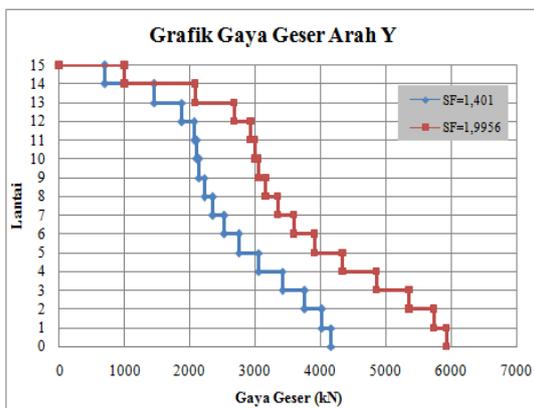
Gambar 11: Grafik Periode Struktur Sistem Ganda

2. Gaya Geser Dasar Seismik

Berikut adalah grafik gaya geser dasar seismik arah X dan Y :



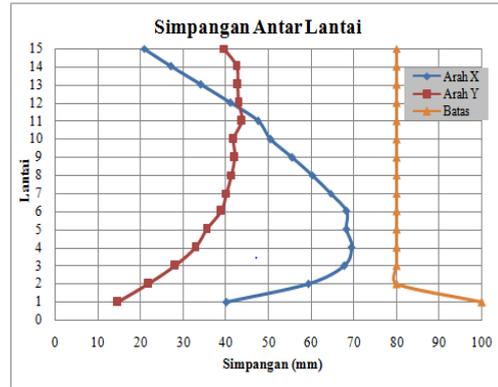
Gambar 12: Grafik Gaya Geser Arah X



Gambar 13: Grafik Gaya Geser Arah Y

3. Simpangan Antar Lantai

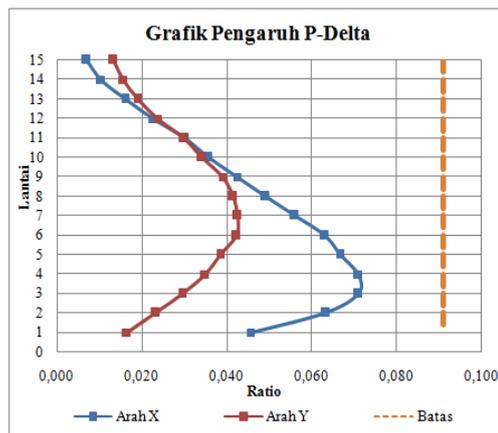
Berikut adalah grafik dari simpangan antar lantai struktur pada arah X dan Y :



Gambar 14: Grafik Simpangan Antar Lantai

4. Pengaruh P-Delta

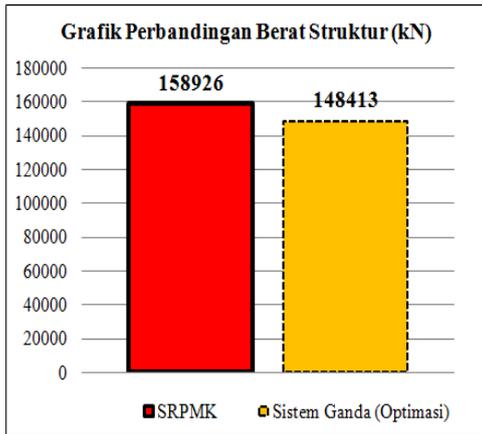
Berikut adalah grafik dari pengaruh P-Delta pada struktur untuk arah X dan Y :



Gambar 15: Grafik Pengaruh P-Delta

Perbandingan Perilaku Struktur SRPMK dan Sistem Ganda

Berikut adalah perbandingan dari berat kedua struktur :

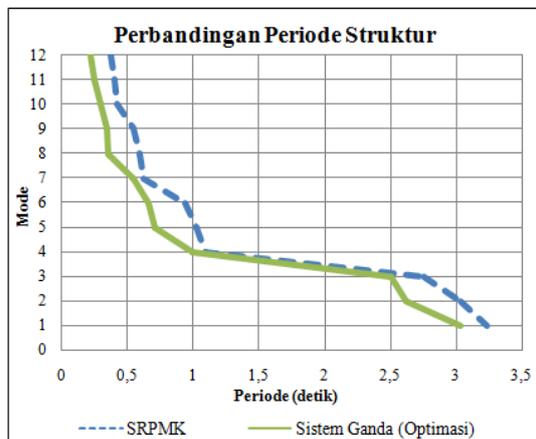


Gambar 16. Perbandingan Berat Struktur

Berdasarkan grafik diatas terlihat bahwa struktur Sistem Ganda terdiri dari berat yang lebih ringan dengan selisih sebesar 10513 kN, sehingga struktur Sistem Ganda memiliki persentase perbandingan sebesar 7,084% lebih kecil dibandingkan struktur SRPMK.

Dan berikut adalah komparasi perilaku dari struktur Sistem Ganda dengan struktur SRPMK:

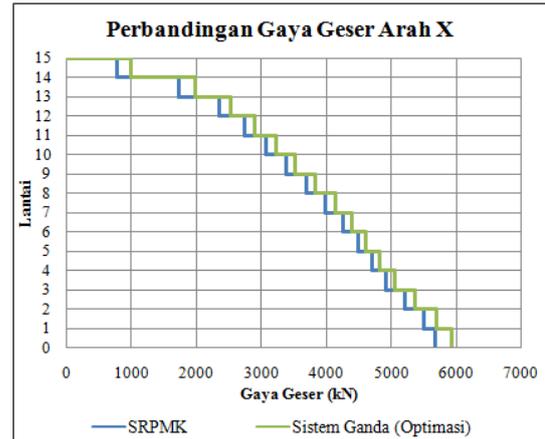
1. Perbandingan Periode Struktur



Gambar 17: Perbandingan Periode Struktur

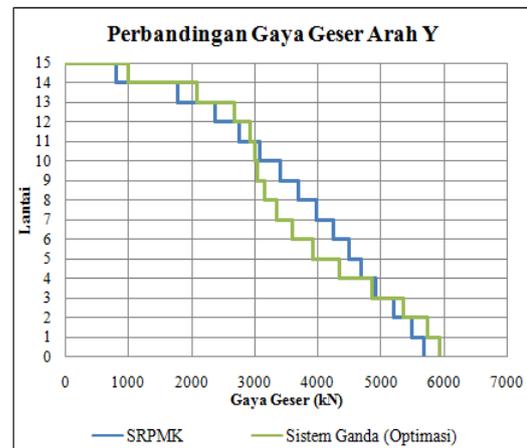
Nilai periode terbesar pada struktur SRPMK yaitu 3,2292 detik dan sistem ganda yaitu 3,0333 detik, didapat penurunan 0,1959 detik pada sistem ganda dengan persentase sebesar 6,067%.

2. Perbandingan Gaya Geser Dasar Seismik



Gambar 18: Perbandingan Gaya Geser Arah X

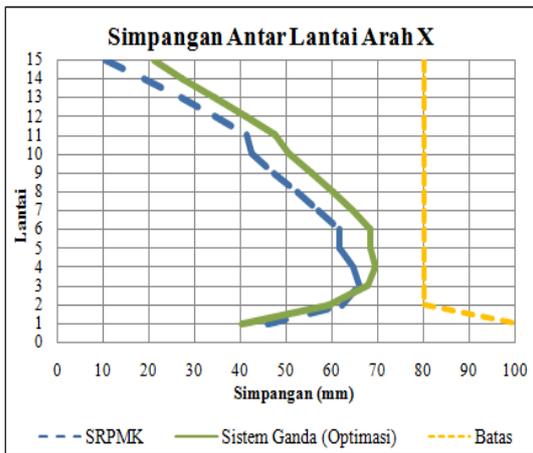
Nilai gaya geser maksimum arah X pada SRPMK adalah 5675,89 kN dan pada Sistem Ganda yaitu 5935,54 kN, didapat kenaikan 259,65 kN pada sistem ganda dengan persentase sebesar 4,575%.



Gambar 19: Perbandingan Gaya Geser Arah Y

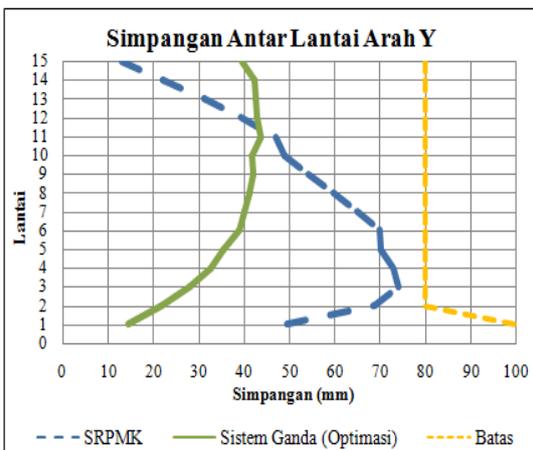
Nilai gaya geser maksimum arah Y pada SRPMK adalah 5674,57 kN dan pada Sistem Ganda adalah 5935,53 kN, didapat kenaikan 260,96 kN pada sistem ganda dengan persentase sebesar 4,599%.

3. Perbandingan Simpangan Antar Lantai



Gambar 20: Perbandingan Simpangan Antar Lantai Arah X

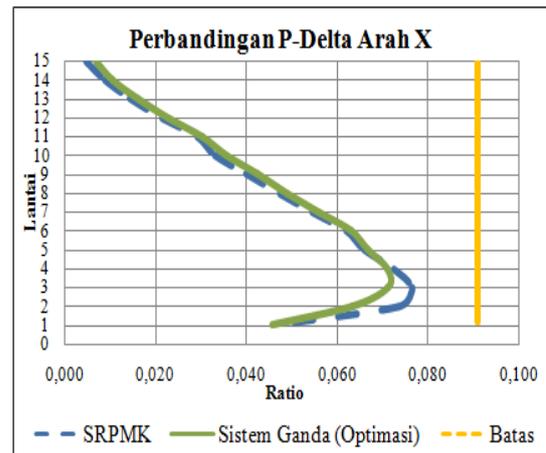
Nilai simpangan antar lantai maksimum arah X pada SRPMK adalah 65,8851 mm dan pada Sistem Ganda adalah 69,4740 mm, didapat kenaikan 3,5889 mm pada sistem ganda dengan persentase sebesar 5,447%.



Gambar 21: Perbandingan Simpangan Antar Lantai Arah Y

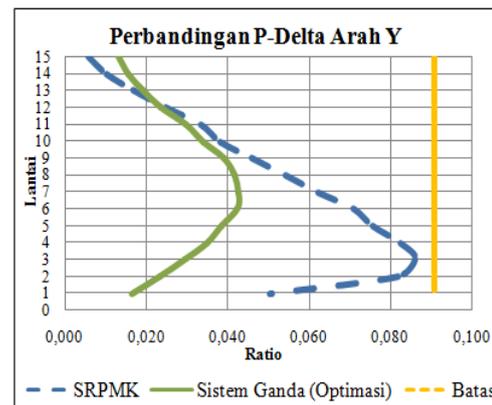
Besar nilai simpangan antar lantai maksimum arah Y pada SRPMK adalah 74,1208 mm dan pada Sistem Ganda adalah 43,6854 mm, didapat penurunan 30,4354 mm pada sistem ganda dengan persentase sebesar 41,062%.

4. Perbandingan Pengaruh P-Delta



Gambar 22. Perbandingan P-Delta Arah X

Besar nilai P-Delta maksimum arah X pada SRPMK adalah 0,076383 dan pada Sistem Ganda adalah 0,071118, didapat penurunan 0,005265 pada sistem ganda dengan persentase sebesar 6,893%.



Gambar 23: Perbandingan P-Delta Arah Y

Nilai P-Delta maksimum arah Y pada SRPMK adalah 0,086128 dan pada Sistem Ganda adalah 0,042638, didapat penurunan 0,04349 pada sistem ganda dengan persentase sebesar 50,495%.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dengan program ETABS, maka struktur gedung 15 lantai tersebut lebih efektif menggunakan struktur sistem ganda dengan dinding geser tipe *tube*

jika dibandingkan dengan struktur SRPMK, hal ini dikarenakan :

1. Struktur dengan menggunakan sistem ganda, memiliki berat struktur yang lebih ringan jika dibandingkan dengan struktur SRPMK, selisih perbandingan kedua struktur tersebut adalah sebesar 7,084%.
2. Perilaku struktur pada sistem ganda lebih kaku jika dibandingkan dengan perilaku struktur SRPMK.

Berikut adalah saran yang dapat digunakan dalam penelitian selanjutnya :

1. Pada penelitian ini, analisis beban gempa menggunakan metode analisis dinamis respons spektra, untuk analisis selanjutnya dapat digunakan analisis beban gempa dinamis lainnya dengan metode *Time History*.
2. Pada penelitian ini, beban lateral yang digunakan hanyalah beban gempa. Namun pada kenyataannya ada beban lateral lain, salah satunya adalah beban angin. Dalam mendesain struktur gedung, beban angin pun perlu dianalisis.
3. Menggunakan peraturan gempa terbaru, yaitu SNI 1726:2019 "*Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*". Dan juga menggunakan peraturan beton terbaru, yaitu SNI 2847:2019 "*Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*".

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Budiono And E. B. Wicaksono, "Perilaku Struktur Bangunan Dengan Ketidakberaturan Vertikal Tingkat

Lunak Berlebihan Dan Massa Terhadap Beban Gempa," *J. Tek. Sipil Itb*, Vol. 23, No. 2, Pp. 113–126, 2016.

- [2] B. Junita, "Respon Struktur Bangunan Tinggi Dengan Variasi Penempatan Outrigger Terhadap Beban Lateral (Studi Kasus: Bangunan Tower A St. Moritz Panakkukang)." Universitas Negeri Jakarta, 2018.
- [3] G. A. J. Szakats, "Meningkatkan Daya Tahan Terhadap Gempa Pada Gedung Kecil, Rumah Dan Prasarana Daerah," *New Zeal. New Zeal. Agency Int. Dev.*, 2006.
- [4] R. R. H. Rismatullah Raudhatul Hikmah And F. I. Fina Idamatussilmi, "Reengineering Proyek Pembangunan Rumah Sakit Pendidikan Universitas Muhammadiyah Semarang." Universitas Islam Sultan Agung Semarang, 2022.
- [5] P. H. Karisoh, S. O. Dapas, And R. Pandaleke, "Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus," *J. Sipil Statik*, Vol. 6, No. 6, Pp. 361–372, 2018.
- [6] A. G. Arifah, M. R. Akbar, And R. B. A. Affandhie, "Perencanaan Struktur Gedung Kuliah Fakultas Teknik Di Malang Dengan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah," *Inst. Teknol. Sepuluh November, Surabaya*, 2017.
- [7] H. Hamzah, "Pengaruh Bentuk Dinding. Geser.(Shear. Wall.) Terhadap. Prilaku Struktur. Akibat. Beban. Gempa.(Studi Kasus Struktur Gedung Hotel Golden Tulip Mataram)." Universitas_Muhammadiyah_Mataram, 2021.
- [8] W. Dewobroto, "Menyongsong Era Bangunan Tinggi Dan Bentang Panjang," *Univ. Pelita Harapan. Tangerang*, 2012.
- [9] T. A. Putera And A. Faisal, "Evaluasi Perbandingan Simpangan Struktur Srpm Akibat Permodelan Struktur Yang Berbeda," *Educ. Build. J. Pendidik. Tek. Bangunan Dan Sipil*, Vol. 4, No. 1 Juni, Pp. 18–24.
- [10] A. Christian And L. Subekti, "Perencanaan Struktur Gedung Bertingkat Tinggi Menggunakan Software Etabs, Sap2000 Dan Safe"

Structural Analysis Of High Rise
Building Using Etabs, Sap2000 And

Safe.” F. Teknik Undip, 2009.