

Analisa Perbandingan Perilaku Struktur Gedung Menggunakan Dinding Geser Beton Bertulang Berjenis *Frame Walls* Dan *Core Walls*

Thobyhend J. M. Sahureka¹, Vector Johannes², Fritz Kwannandar³, Deny. I. Putuhena⁴

^{1,2,3}Staf Pengajar Universitas Kristen Indonesia Maluku, Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil

Gmail : thobyhendsahureka25@gmail.com, vectorjohannes2020@gmail.com, fritzferlinkwanandar@gmail.com

⁴Mahasiswa Universitas Kristen Indonesia Maluku, Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil

Gmail : deniputuhena2@gmail.com

Abstract

Building is a enclosed structure that has wall, floor, roof, and typically windows. Building is a place for humans do their activities, living, workplace/office, school, etc. This research discussed about comparison between 2 buildings that has a different kind of shear walls, core walls and frame walls. The purposes of this research is to analyze the preliminary design of the building, analyze the occuring story drift at a building, and comparing the story drifts between those 2 buildings. Collecting data method that is used is a primary data such as structural plan and secondary data such as spectrum response graphic, and analyzed using the static equivalent method based on SNI 1726-2019. Structural analyzing process also calculated with ETABS. Results of this research showed the preliminary of the structural column 800mm x 800mm, practical column 150mm x 150mm, structural beam 350mm x 500mm, secondary beam 250mm x 350mm, thickness of A type floor slab 125mm, thickness of B type floor slab 200mm, shear wall thickness is 200mm. Maximum interstory displacement of a building that uses core walls type is 166.826mm and exceeding the limit of 69.231mm. Therefore, the interstory displacement of a building that uses frame walls is 26.653 mm, and it does not exceeding the interstory displacement limit of 69.231mm. From the calculation above, the difference between those 2 interstory displacement was 140.173mm, and the frame wall type of shear wall is better for reducing the story drift that happens from lateral forces.

Keywords : Multi-stories Bulding, Shear Wall, Frame Wall, Core Walls

1. PENDAHULUAN

Suatu sistem struktur kerangka terdiri dari rakitan elemen struktur. Dalam sistem struktur konstruksi beton bertulang, elemen balok, kolom, atau dinding geser membentuk struktur kerangka yang disebut juga sistem struktur portal. Gedung bertingkat perlu struktur penahan tambahan untuk menahan gaya gempa, salah satu contoh struktur penahan tersebut adalah dinding geser (*shear wall*). Pemasangan dinding geser (*shear wall*) pada umumnya dipasang di tengah bangunan searah dengan tinggi bangunan. Salah satu langkah yang cukup penting untuk diperhatikan adalah tahapan *preliminary design*. Berdasarkan latar belakang tersebut akan dilakukan peneletian tentang menganalisa dimensi awal struktur (*preliminary design*) dan perbandingan perilaku seperti kekakuan pada struktur yang menggunakan dinding geser *core walls* dan struktur yang mengaplikasikan dinding geser *frame walls*

2. TINJAUAN PUSTAKA

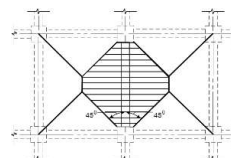
2.1. Bangunan Gedung

Bangunan adalah struktur tertutup yang memiliki dinding, lantai, atap, dan biasanya jendela. Bangunan adalah hasil akhir dari suatu pekerjaan konstruksi

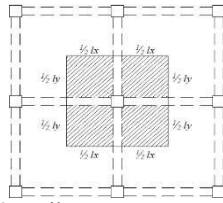
yang direncanakan. Bangunan merupakan sebuah tempat untuk manusia melakukan kegiatan, seperti untuk hunian, tempat kerja/kantor, sekolah, dan sebagainya. Kedalaman air tanah

2.2 Preliminary Design

Preliminary design adalah langkah awal perencanaan bangunan bertingkat, kemudian dilakukan perhitungan menggunakan software komputer untuk mendapatkan dimensi elemen struktur yang efektif. Design awal dimodelkan dalam aplikasi stuktur dengan melakukan input pembebanan dan perletakan yang telah direncanakan. Jika setelah dilakukan analisis ternyata penampang elemen struktur bangunan tidak dapat menahan beban yang bekerja, maka desain penampang harus dirubah. Ilustrasi *tributary area* dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. *Tributary Area* untuk Balok
(Sumber : SNI 2847-2019)



Gambar 2. Tributary Area untuk Kolom
(Sumber : SNI 2847-2019)

Berdasarkan SNI, gaya aksial terfaktor pada komponen struktur harus memiliki nilai yang memenuhi persamaan berikut :

$$P_u < 0.1 \cdot A_{gg} \cdot f_c \quad (1)$$

2.3 Respons Struktur Terhadap Gempa

Terdapat 2 jenis gedung yang memiliki perbedaan, yaitu gedung dengan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) dan sistem ganda dengan rangka pemikul momen menggunakan dinding geser (shear wall). Kedua gedung memiliki denah dan pemodelan yang serupa, namun pada 1 gedung akan menerapkan penggunaan dinding geser pada strukturnya. Dalam FEMA-356, tingkat keamanan gedung setelah terjadinya gempa bumi dapat dibagi dalam beberapa kategori sebagai berikut:

a. Immediate Occupancy (IO)

Immediate occupancy mengartikan bahwa bangunan masih bisa untuk tetap dihuni setelah terjadinya gempa

b. Life Safety (LS)

Life Safety berarti setelah gempa atau, beberapa kerusakan mungkin terjadi pada rangka struktur.

c. Collapse prevention (CP)

Collapse prevention mengindikasikan bahwa kerusakan setelah gempa cukup destruktif.

2.4 Dinding Geser

Dinding geser atau yang juga sering disebut dengan shear wall adalah suatu pelat beton bertulang yang dipasang secara vertikal pada suatu sisi di sebuah gedung. Shear wall pada umumnya digunakan untuk menambah kekuatan atau kekakuan struktur untuk menahan gaya lateral yang dihasilkan, contohnya seperti beban angin (wind load) atau beban gempa (seismic load) (Fat Churrohman, 2012). Jenis – jenis dinding geser yang digunakan pada perencanaan struktur ini adalah :

a. Core Walls

Core walls adalah dinding geser pada suatu bangunan gedung atau inti struktur. Merupakan dinding geser yang terletak di dalam wilayah inti pusat dalam gedung, yang biasanya diisi tangga atau lift.

b. Frame Walls

Frame walls adalah dinding geser yang menahan beban

lateral, dimana beban gravitasi berasal dari frame beton bertulang. Tembok-tembok ini dibangun diantara baris kolom bagian dalam.

2.5 Konsep Perencanaan Dinding Geser

Menurut (SNI 1726-2019) tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (2019) Gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlampaui besarnya selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar 2%. Perhitungan untuk merencanakan dinding geser (*shear wall*) sebagai struktur penahan gaya lateral pada bangunan gedung biasanya dilakukan dengan menerapkan konsep perhitungan gaya dalam

2.6 Pola Keruntuhan Dinding Geser

Kerusakan-kerusakan yang dapat menyebabkan keruntuhan pada dinding geser (*shear wall*) dapat diklasifikasi sebagai :

a. Flexural behavior, dimana kerusakan terjadi akibat gaya-gaya luar yang disebabkan oleh melelehnya tulangan yang menahan lentur, kerusakan ini bersifat daktail

b. Flexural-shear behavior, dimana kelelahan tulangan mengakibatkan gagalnya dinding dalam menahan gaya geser yang bekerja

c. Shear behavior, dimana keruntuhan terjadi karena kerusakan langsung pada dinding dan bukan diakibatkan karena gagalnya tulangan geser yang menahan lentur, kerusakan ini bisa dibagi menjadi diagonal tension shear failure (yang bersifat daktail karena keruntuhan pertama terjadi pada tulangan), dan diagonal compression shear failure (yang umumnya bersifat brittle)

d. Sliding shear behavior, dimana Ketika terjadi pergerakan pada struktur terjadi retakan yang besar di dasar dinding, kerusakan ini bersifat getas dan berdampak cukup buruk.

2.7 Perencanaan Struktur Gedung Beraturan

Menurut (SNI 1726-2002), untuk struktur gedung beraturan, pengaruh gempa rencana dapat ditinjau sebagai pengaruh beban gempa statik ekuivalen, sehingga menurut standar ini analisisnya dapat dilakukan berdasarkan analisis statik ekuivalen.

2.8 Pembebanan Struktur

Pembebanan struktur juga merupakan peran penting dalam perencanaan struktur bangunan dan perlu diperhitungkan agar tidak terjadi kegagalan komponen lain seperti balok, kolom, dan plat dalam memikul beban-beban yang bekerja. Ada 3 Pembebanan yang ditinjau dalam penelitian ini, yaitu beban hidup (*live load*), beban mati (*dead load*), dan

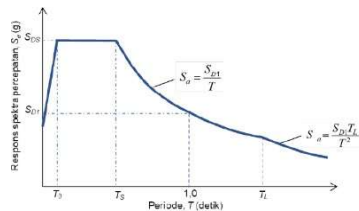
beban gempa (*seismic load*).

Kombinasi pembebanan merupakan berbagai persamaan untuk mendapat nilai pembebanan akumulatif yang lebih maksimal, hal ini diterapkan agar struktur yang dirancang harus sedemikian hingga kuat struktur rencananya akan menyamai atau bahkan melebihi pengaruh beban-beban terfaktor yang bekerja, persamaan-persamaan kombinasi adalah sebagai berikut :

1. $1,4D$
2. $1,2D + 1,6L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$
3. $1,2D + 1,6 (Lr \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
4. $1,2D + 1,0W + L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$
5. $0,9D + 1,0W$
6. $1,2D + E_v + E_h + L$
7. $0,9D - E_v + E_h$

2.9 Beban Gempa Rencana

Dalam perencanaan bangunan gedung, penetapan beban gempa rencana bisa ditinjau dengan berbagai metode, namun metode yang akan digunakan dalam menetapkan beban gempa adalah metode analisa statik ekuivalen. Spektrum respon desain dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Spektrum Respon Desain
(Sumber : SNI 1726- 2019)

Grafik yang tergambar pada spektrum respon desain tentunya berbeda di setiap lokasinya. Kategori desain seismik (KDS) merupakan indikator yang digunakan untuk memastikan bahwa struktur yang direncanakan dapat memenuhi syarat-syarat untuk menahan gaya lateral gempa yang dialami. KDS atau kategori desain seismik diperoleh dari tabel 2.3 dan tabel 2.4 dengan memperhatikan nilai S_{DS} dan S_{D1} yang didapat dari spektrum respon desain. Kategori desain seismik (KDS) berdasarkan SNI-1726-2019 dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Kategori Desain Seismik Berdasarkan Respons Percepatan Periode Pendek , Sumber : SNI 1726-2019

Nilai S_{DS}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Tabel 2. Kategori Desain Seismik Berdasarkan Respons Percepatan Periode 1 Detik, Sumber : SNI 1726-2019

Nilai S_{D1}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

Periode struktur dapat ditentukan berdasarkan persamaan yang tercantum dalam SNI 1726-2019 adalah sebagai berikut:

$$T_a = C_t h_n^x \quad (2)$$

Adapula persamaan lain yang digunakan untuk menentukan nilai periode fundamental struktur (T_a), persamaan alternatif ini memiliki syarat yaitu ketinggian struktur tidak lebih dari 12 tingkat. Persamaan tersebut adalah sebagai berikut :

$$T_a = C_t \times h_n^x \quad (3)$$

Analisa statik ekuivalen pada umumnya berupa sebuah metode untuk mendistribusikan beban gempa yang dialami dari masing-masing kepada setiap lantai dari bangunan yang direncanakan. Untuk menentukan nominal beban geser dasar, maka dapat dihitung dengan persamaan berikut menurut SNI 1726-2019 :

$$V = C_s W \quad (4)$$

Nilai C_s yang merupakan koefisien respon seismik wajib ditentukan melalui persamaan berikut ini jika :

$$C_s = \frac{0,5S_1}{(I_e)} \quad (5)$$

Nilai beban geser dasar V harus dibagikan secara vertikal kepada setiap lantainya untuk menjadi beban seismic nominal statik ekuivalen. Nilai F_i yang diperoleh pada lantai ke- i akan didapat melalui persamaan berikut :

$$F_i = \frac{W_i Z_i}{\sum_{i=1}^n W_i Z_i} \quad (6)$$

Simpangan pada pusat masa di lantai ke- x (δ_x) harus ditinjau sesuai persamaan berikut :

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \quad (7)$$

Simpangan antar tingkat izin juga tercantum dalam SNI 1726:2019. Simpangan izin dapat dilihat dalam Tabel 3.

Tabel 3. Simpangan Antar Tingkat Izin,
Sumber : SNI 1726:2019

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

Dalam SNI-1726-2019, P-Delta tidak perlu diperhitungkan apabila nilai koefisien stabilitas (θ) yang diperoleh melalui persamaan berikut sama atau kurang dari 0,10 :

$$\theta = \frac{P_x \Delta I_e}{V_x h_{sx} C_d} \quad (8)$$

Nilai θ_{max} dapat diperoleh melalui persamaan berikut :

$$\theta_{max} = \frac{0.5}{\beta C_d} \leq 0.25 \quad (9)$$

2.10 Software

AutoCad adalah sebuah *software* yang dapat digunakan untuk menggambar dan mendesain dengan bantuan komputer dalam membentuk model dengan tampilan dua dan tiga dimensi atau lebih dikenal sebagai *Computer-aided drafting and design program* (CAD). Aplikasi ini bisa digunakan pada seluruh bidang kerja, terutama dalam bidang-bidang yang sangat memerlukan *skill* khusus seperti bidang

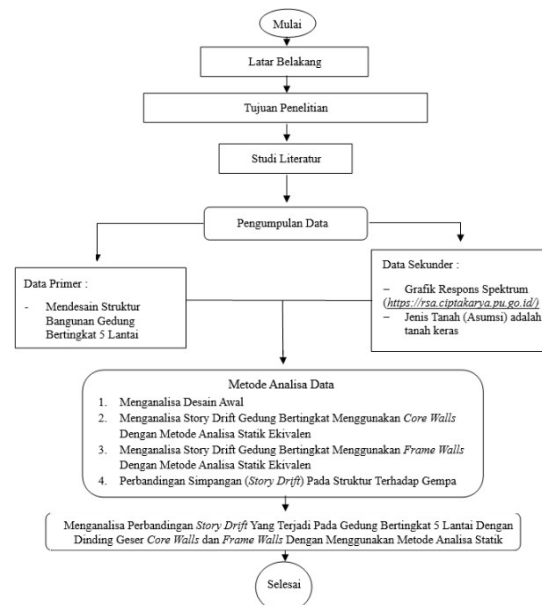
Mechanical Engineering, Sipil, Arsitektur, Desain Grafis, dan seluruh bidang yang bersangkutan dengan penggunaan CAD.

ETABS (*Extended Three Dimension Analysis of Building System*) merupakan program yang digunakan khusus sebagai *software* bantu untuk merencanakan gedung yang memiliki konstruksi dari beton, baja dan komposit. *Software* tersebut memiliki *interface* yang serupa dengan SAP2000, karena aplikasi tersebut dikembangkan oleh *developer* yang sama (*Computers and Structures Inc, CSI*) yaitu salah satu perusahaan pembuat perangkat lunak untuk perencanaan struktur bangunan.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Bagan Alir

3.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian terletak di Kota Ambon, Maluku. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 5. Kekuatan pondasi tidak diperhitungkan dan tanah pada lokasi penelitian diasumsikan sebagai tanah keras.



Gambar 5. Lokasi Penelitian
(Sumber : Google Earth)

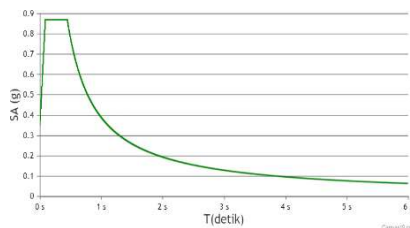
3.3 Metode Pengumpulan Data

1. Data Primer

Struktur gedung yang dimodelkan pada adalah struktur beton bertulang 5 lantai, dan gedung digunakan sebagai perkantoran. Mutu beton dan mutu baja yang akan digunakan dalam perencanaan struktur beton bertulang ini adalah 30 MPa dan 420 MPa.

2. Data Sekunder

Perencanaan gedung pada berlokasi di wilayah Ambon, Maluku. Oleh karena itu, gambar respons spektrum yang ditinjau dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Respons Spektrum Wilayah Ambon

(Sumber : <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/>)

3.4 Metode Analisa Data

1. Menganalisa Desain Awal

Langkah awal setelah melakukan pemodelan struktur adalah menentukan *preliminary design* dari bangunan itu sendiri

2. Menganalisa *Story Drift* Gedung Bertingkat Menggunakan *Core Walls* Dengan Metode Analisa Statik Ekuivalen

Gedung yang direncanakan akan digunakan atau dfungsikan sebagai kantor. Analisa statik ekuivalen dilakukan untuk mengetahui nominal beban-beban gempa yang bekerja pada setiap lantainya

3. Menganalisa *Story Drift* Gedung Bertingkat Menggunakan *Frame Walls* Dengan Metode Analisa Statik Ekuivalen

Langkah-langkah dalam menentukan simpangan antar lantai pada gedung bertingkat yang menggunakan *frame walls* memiliki langkah yang

serupa dengan *core walls*.

4. Perbandingan Simpangan (*Story Drift*) Pada Struktur Terhadap Gempa

Hasil simpangan diambil dari analisa yang telah dilakukan. Kemudian hasil simpangan dari gedung dapat dibandingkan untuk menentukan simpangan antar lantai (*story drift*) lebih kecil atau lebih minimum.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Informasi Umum Bangunan

- ♦ Fungsi Bangunan = Gedung Perkantoran
- ♦ Lokasi = Kota Ambon, Maluku
- ♦ Tinggi Bangunan = 20.5 m
- ♦ Panjang Bangunan = 28 m
- ♦ Lebar Bangunan = 12 m
- ♦ Luas Bangunan = 336 m²
- ♦ Jumlah Lantai = 5 Lantai
- ♦ Dinding = Pasangan ½ Bata
- ♦ Atap = Dak (Pelat) Beton
- ♦ Mutu Beton = 30 MPa
- ♦ Mutu Baja
 - f_y = 420 MPa (Balok & Kolom)
 - f_u = 525 MPa (Balok & Kolom)
 - f_y = 420 MPa (Pelat)
 - f_u = 525 MPa (Pelat)
- ♦ Denah dan Potongan = Terlampir

4.2 Preliminary Design

Preliminary untuk elemen struktur yang telah direncanakan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Rekapitulasi *Preliminary Design*,
Sumber : Hasil Perhitungan (2024)

Elemen Struktur	Dimensi / Tebal (mm)
Kolom Struktur	800 x 800
Kolom Praktis	150 x 150
Balok Struktur	350 x 500
Balok Anak	250 x 350
Pelat A (2 Arah)	T = 125 mm
Pelat B (1 Arah)	T = 200 mm
Dinding Geser	T = 200 mm

4.3 Pembebanan Struktur

1. Berat Struktur Dengan Menggunakan *Core Walls* dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Rekapitulasi Pembebanan Struktur Dengan Core Walls, Sumber : Hasil Perhitungan (2024)

Lantai	Dead Load	Live Load	Total
6	3678.48	322.56	4,001
5	5736.84	852.32	6,589
4	5736.84	852.32	6,589
3	5736.84	852.32	6,589
2	5925.63	852.32	6,778
1	2131.47	-	2,131
SUBTOTAL			32,678

2. Berat Struktur Dengan Menggunakan *Frame Walls* dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Rekapitulasi Pembebanan Struktur Dengan Frame Walls, Sumber : Hasil Perhitungan (2024)

Lantai	Dead Load	Live Load	Total
6	3701.84	322.56	4,024
5	5758.36	852.32	6,611
4	5758.36	852.32	6,611
3	5758.36	852.32	6,611
2	5950.07	852.32	6,802
1	2157.75	-	2,158
SUBTOTAL			32,817

4.4 Perhitungan Beban Gempa Struktur Menggunakan Core Walls dengan Analisa Statik Ekuivalen

1. Parameter Pehitungan Beban Gempa

Berbagai parameter yang digunakan untuk membantu analisa statik ekuivalen didapat dari grafikrespons spektrum melalui situs resmi kementerian pupr. Parameter - parameter yang akan ditinjau dapat dilihatkembali sebagai berikut :

- ◆ $S_{ds} = 0.87$
- ◆ $S_{d1} = 0.39$
- ◆ $S_s = 1.08$
- ◆ $S_1 = 0.39$

2. Menentukan Kategori Resiko, KDS, Dan Faktor Keutamaan Gempa

Gedung yang direncanakan merupakan gedung perkantoran. Maka sesuai SNI- 1726:2019 dalam Tabel 3, gedung ini memiliki kategori resiko II. Faktor keutamaan gempa dapat ditentukan setelah menentukan kategori resiko gedung, dalam SNI-1726:2019 Tabel 4, untuk kategori resiko II memiliki faktor keutamaan gempa (I_e) dengan koefisien 1,0.

Kategori Desain Seismik (KDS) juga ditentukan dalam SNI-1726:2019, kategori desain seismik ditentukan berdasarkan parameter S_{ds} yang didapat dari situs kementerian pupr (<https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/>).

Berdasarkan SNI- 1726:2019, gedung ini memiliki nilai $S_{ds} \geq 0.50$ dan $S_{d1} \geq 0.20$, maka kategori desain seismic (KDS) untuk gedung ini adalah D.

3. Menentukan Periode Struktur Dan Eksponen Terkait Periode Struktur.

◆ Periode Struktur (T_a) Arah X (SRPMK)

Diketahui :

$$C_t = 0.0466 \quad (\text{SNI-1726:2019. Tabel 18})$$

$$x = 0.9 \quad (\text{SNI-1726:2019. Tabel 18})$$

$$T_a = C_t \cdot h_n^x \\ = 0.0466 \cdot 20.5^{0.9}$$

$$T_a = 0.706$$

◆ Eksponen Terkait Dengan Periode Struktur (k) Arah X (SRPMK)

Nilai k akan ditentukan menggunakan metode interpolasi linear sebagai berikut :

Tabel 7 Interpolasi Linear Untuk Nilai K Arah X Struktur Gedung dengan Core Walls, Sumber : Hasil Perhitungan (2024)

$y = k$	$x = T_a$
$y_1 = 1$	$x_1 = 0.5$
?	0.706
$y_2 = 2$	$x_2 = 2.5$

Maka,

$$y = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} (x - x_1) + y_1 \\ y = \frac{2 - 1}{2.5 - 0.5} (0.706 - 0.5) + 1 \\ k = 1.103$$

◆ Periode Struktur (T_a) Arah Y (Sistem Ganda) Diketahui :

$$C_t = 0.0488 \quad (\text{SNI-1726:2019. Tabel 18})$$

$$x = 0.75 \quad (\text{SNI-1726:2019. Tabel 18})$$

$$T_a = C_t \cdot h_n^x \\ = 0.0488 \cdot 20.5^{0.75}$$

$$T_a = 0.470$$

◆ Eksponen Terkait Dengan Periode Struktur (k) Arah Y (SRPMK)

Karena nilai $T_a \leq 0.5$, maka nilai k adalah 1

4. Menentukan Koefisien Respons Seismik

◆ Koefisien Respons Seismik (C_s) Arah X (SRPMK)

$$C_s = \frac{S_{DS}}{R/I_e} \\ = \frac{0.87}{7/1} \\ C_s = 0.124$$

- ◆ Koefisien Respons Seismik (C_s) Arah Y (Sistem Ganda)

$$C_s = \frac{S_{DS}}{R/I_e}$$

$$= \frac{0.87}{7/1}$$

$$C_s = 0.124$$

Perhitungan nilai C_{smax} ditinjau sebagai berikut :

- ◆ Koefisien Respons Seismik Maksimum (C_{smax}) Arah X (SRPMK)

$$C_{smax} = \frac{S_{DS}}{T \left(\frac{R}{I_e} \right)}$$

$$= \frac{0.87}{0.470 \left(\frac{7}{1} \right)}$$

$$C_{smax} = 0.264$$

- ◆ Koefisien Respons Seismik Maksimum (C_{smax}) Arah Y (Sistem Ganda)

$$C_{smax} = \frac{S_{DS}}{T \left(\frac{R}{I_e} \right)}$$

$$= \frac{0.87}{0.470 \left(\frac{7}{1} \right)}$$

$$C_{smax} = 0.264$$

Perhitungan C_{smin} dapat dilihat sebagai berikut :

- ◆ Koefisien Respons Seismik Minimum (C_{smin}) Arah X (SRPMK)

$$C_{smin} = 0.044 \times S_{ds} \times I_e \geq 0.01$$

$$= 0.044 \times 0.87 \times 1.0 \geq 0.01$$

$$C_{smin} = 0.038 \geq 0.01 \text{ (Terpenuhi)}$$

- ◆ Koefisien Respons Seismik Minimum (C_{smin}) Arah Y (Sistem Ganda)

$$C_{smin} = 0.044 \times S_{ds} \times I_e \geq 0.01$$

$$= 0.044 \times 0.87 \times 1.0 \geq 0.01$$

$$C_{smin} = 0.038 \geq 0.01 \text{ (Terpenuhi)}$$

Maka, nilai koefisien respons seismik (C_s) yang digunakan untuk arah x dan y adalah 0.124

5. Menghitung Gaya Geser Dasar Seismik

- ◆ Gaya Geser Dasar Seismik (V) Arah X (Sistem Ganda)

$$V = C_s \times W$$

$$= 0.124 \times 32,817$$

$$V = 4,078.63 \text{ kN}$$

- ◆ Gaya Geser Dasar Seismik (V) Arah Y (Sistem Ganda)

$$V = C_s \times W$$

$$= 0.124 \times 32,817$$

$$V = 4,078.63 \text{ kN}$$

6. Menentukan Distribusi Vertikal Gaya Seismik

Distribusi vertikal gaya seismik arah X struktur gedung dengan *core walls* dapat dilihat pada Tabel 8 dan arah Y dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 8. Distribusi Vertikal Gaya Seismik Arah X Struktur Gedung dengan *Core Walls*,
Sumber : Hasil Perhitungan (2024)

Lantai	w_x	h_x	h_x^k	$w_x \cdot h_x^k$	C_{vx}	F_x (kN)
6	4,001	20.5	27.992	111,997.34	0.239	847.73
5	6,589	16.5	22.031	145,168.67	0.309	1,098.82
4	6,589	12.5	16.219	106,872.07	0.228	808.94
3	6,589	8.5	10.599	69,839.29	0.149	528.63
2	6,778	4.5	5.255	35,618.58	0.076	269.61
1	2,131	0	0.000	0.000	0.000	0.000
Subtotal				469,495.94		3,553.73

Tabel 9. Distribusi Vertikal Gaya Seismik Arah Y Struktur Gedung dengan *Core Walls*,
Sumber : Hasil Perhitungan (2024)

Lantai	w_x	h_x	h_x^k	$w_x \cdot h_x^k$	C_{vx}	F_x (kN)
6	4,001	20.5	20.50	82,021.320	0.228	926.327
5	6,589	16.5	16.50	108,721.140	0.302	1,227.867
4	6,589	12.5	12.50	82,364.500	0.229	930.202
3	6,589	8.5	8.50	56,007.860	0.156	632.538
2	6,778	4.5	4.50	30,500.775	0.085	344.467
1	2,131	0	0.00	0.000	0.000	0.000
Subtotal				359,615.59		4,061.40

Frame Walls dengan Analisa Statik Ekuivalen

1. Menentukan Periode Struktur Dan Eksponen Terkait Periode Struktur

- ◆ Periode Struktur (T_a) Arah X (Sistem Ganda) Diketahui :

$$C_t = 0.0488 \text{ (SNI-1726:2019. Tabel 18)}$$

$$x = 0.75 \text{ (SNI-1726:2019. Tabel 18)}$$

$$T_a = C_t \cdot h_n^x$$

$$= 0.0488 \cdot 20.5^{0.75}$$

$$T_a = 0.470$$

- ◆ Eksponen Terkait Dengan Periode Struktur (k) Arah X (Sistem Ganda)

Karena nilai $T_a \leq 0.5$, maka nilai k adalah 1.

- ◆ Periode Struktur (T_a) Arah Y (Sistem Ganda) Diketahui :

$$C_t = 0.0488 \text{ (SNI-1726:2019. Tabel 18)}$$

$$x = 0.75 \text{ (SNI-1726:2019. Tabel 18)}$$

$$T_a = C_t \cdot h_n^x$$

$$= 0.488 \cdot 20.5^{0.75}$$

$$T_a = 0.470$$

- ◆ Eksponen Terkait Dengan Periode Struktur (k) Arah Y (SRPMK)

Karena nilai $T_a \leq 0.5$, maka nilai k adalah 1.

2. Menentukan Koefisien Respons Seismik

- ◆ Koefisien Respons Seismik (C_s) Arah X (SRPMK)

$$C_s = \frac{S_{DS}}{R/I_e}$$

$$= \frac{0.87}{7/1}$$

$$C_s = 0.124$$

- ♦ Koefisien Respons Seismik (C_s) Arah Y (Sistem Ganda)

$$C_s = \frac{S_{DS}}{R/I_e}$$

$$= \frac{0.87}{7/1}$$

$$C_s = 0.124$$

Perhitungan nilai C_{smax} ditinjau sebagai berikut :

- ♦ Koefisien Respons Seismik Maksimum (C_{smax}) Arah X (SRPMK)

$$C_{smax} = \frac{S_{DS}}{T \left(\frac{R}{I_e} \right)}$$

$$= \frac{0.87}{0.470 \left(\frac{7}{1} \right)}$$

$$C_{smax} = 0.264$$

- ♦ Koefisien Respons Seismik Maksimum (C_{smax}) Arah Y (Sistem Ganda)

$$C_{smax} = \frac{S_{DS}}{T \left(\frac{R}{I_e} \right)}$$

$$= \frac{0.87}{0.470 \left(\frac{7}{1} \right)}$$

$$C_{smax} = 0.264$$

Perhitungan C_{smin} dapat dilihat sebagai berikut :

- ♦ Koefisien Respons Seismik Minimum (C_{smin}) Arah X (SRPMK)

$$C_{smin} = 0.044 \times S_{ds} \times I_e \geq 0.01$$

$$= 0.044 \times 0.87 \times 1.0 \geq 0.01$$

$$C_{smin} = 0.038 \geq 0.01 \text{ (Terpenuhi)}$$

- ♦ Koefisien Respons Seismik Minimum (C_{smin}) Arah Y (Sistem Ganda)

$$C_{smin} = 0.044 \times S_{ds} \times I_e \geq 0.01$$

$$= 0.044 \times 0.87 \times 1.0 \geq 0.01$$

$$C_{smin} = 0.038 \geq 0.01 \text{ (Terpenuhi)}$$

Maka, nilai koefisien respons seismik (C_s) yang digunakan untuk arah x dan y adalah 0.124

3. Menghitung Gaya Geser Dasar Seismik

- ♦ Gaya Geser Dasar Seismik (V) Arah X (Sistem Ganda)

$$V = C_s \times W$$

$$= 0.124 \times 32,817$$

$$V = 4,078.63 \text{ kN}$$

- ♦ Gaya Geser Dasar Seismik (V) Arah Y (Sistem Ganda)

$$V = C_s \times W$$

$$= 0.124 \times 32,817$$

$$V = 4,078.63 \text{ kN}$$

4. Menentukan Distribusi Vertikal Gaya Seismik

Distribusi vertikal gaya seismik arah X struktur gedung dengan *Frame Walls* dapat dilihat pada Tabel 10 sedangkan arah Y dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 10. Distribusi Vertikal Gaya Seismik Arah X
Struktur Gedung dengan *Frame Walls*,
Sumber : Hasil Perhitungan (2024)

Lantai	w_x	h_x	h_x^3	$w_x \cdot h_x^3$	C_{vx}	F_x (kN)
6	4,024	20.5	20.50	8,500.200	0.229	932.070
5	6,611	16.5	16.50	109,076.220	0.302	1,232.320
4	6,611	12.5	12.50	82,633.500	0.229	933.576
3	6,611	8.5	8.50	56,190.780	0.156	634.832
2	6,802	4.5	4.50	30,610.755	0.085	345.834
1	2,158	0	0.000	0.000	0.000	0.000
Subtotal				361,011.46		4,078.632

Tabel 11. Distribusi Vertikal Gaya Seismik Arah Y
Struktur Gedung dengan *Frame Walls*,
Sumber : Hasil Perhitungan (2024)

Lantai	w_x	h_x	h_x^3	$w_x \cdot h_x^3$	C_{vx}	F_y (kN)
6	4,024	20.5	20.50	82500.200	0.229	932.070
5	6,611	16.5	16.50	109,076.220	0.302	1,232.320
4	6,611	12.5	12.50	82,633.500	0.229	933.576
3	6,611	8.5	8.50	56,190.780	0.156	634.832
2	6,802	4.5	4.50	30,610.755	0.085	345.834
1	2,158	0	0.000	0.000	0.000	0.000
Subtotal				361,011.46		4,078.632

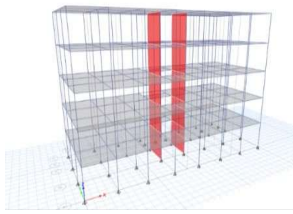
4.5 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi – kombinasi dalam perhitungan analisa struktur gedung dapat ditinjau pada Bab 2. Beban yang ditinjau adalah beban mati, beban hidup, dan beban gempa, maka persamaan kombinasi pembebanan yang ditinjau hanya sebagai berikut :

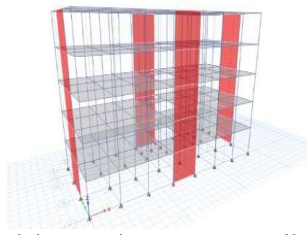
- 1,4D
- 1,2D + 1,6L
- 1,2D + E_v + E_h + L
- 0,9D - E_v + E_h

4.6 Pemodelan dan Analisa Struktur dengan ETABS

Pemodelan struktur *Core Walls* dengan *software* ETABS dapat dilihat pada Gambar 6 sedangkan struktur *Frame Walls* dapat dilihat pada Gambar 7.



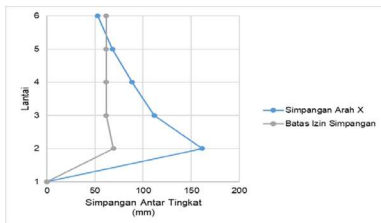
Gambar 6. Pemodelan Struktur *Core Walls* dengan *Software ETABS*



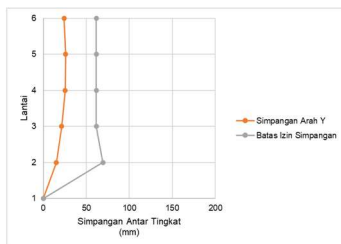
Gambar 7. Pemodelan Struktur *Frame Walls* dengan *Software ETABS*

1. Simpangan Antar Lantai dan *Displacement* Struktur dengan *Core Walls*

Story drift arah Y pada gedung dengan *core walls* dapat dilihat pada Gambar 8 dan arah X pada Gambar 9.



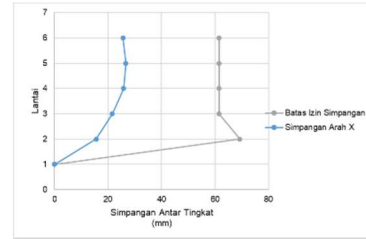
Gambar 8. *Story Drift* Arah Y Pada Gedung Dengan *Core Walls*



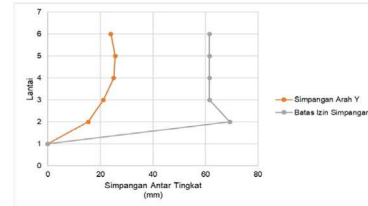
Gambar 9. *Story Drift* Arah X Pada Gedung Dengan *Core Walls*

2. Simpangan Antar Lantai dan *Displacement* Struktur dengan *Frame Walls*

Story drift arah X pada gedung dengan *frame walls* dapat dilihat pada Gambar 10 sedangkan arah Y dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 10. *Story Drift* Arah X Pada Gedung Dengan *Frame Walls*



Gambar 11. *Story Drift* Arah Y Pada Gedung Dengan *Frame Walls*

4.7 Stabilitas Struktur

Koefisien stabilitas struktur gedung menggunakan *core walls* dapat dilihat pada Tabel 12 sedangkan koefisien stabilitas struktur gedung menggunakan *Frame Walls* dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 12. Koefisien Stabilitas Struktur Gedung Menggunakan *Core Walls*,
Sumber : Hasil Perhitungan (2024)

Lantai	Simpangan (mm)		Story Forces (kN)			Koefisien Stabilitas		Batas Stabilitas
	Δ_x	Δ_y	P	V_x	V_y	θ_x	θ_y	
6	52.877	24.195	2247.84	847.73	926.327	0.0064	0.0027	0.0909
5	68.195	25.971	8884.008	1946.55	2154.194	0.0141	0.0049	0.0909
4	88.396	25.399	15540.82	2755.49	3084.396	0.0227	0.0058	0.0909
3	111.502	21.335	22197.62	3284.12	3716.934	0.0343	0.0058	0.0909
2	161.403	15.334	28854.43	3553.73	4061.401	0.0529	0.0044	0.0909
1	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabel 13. Koefisien Stabilitas Struktur Gedung Menggunakan *Frame Walls*,
Sumber : Hasil Perhitungan (2024)

Lantai	Simpangan (mm)		Story Forces (kN)			Koefisien Stabilitas		Batas Stabilitas
	Δ_x	Δ_y	P	V_x	V_y	θ_x	θ_y	
6	24.486	23.012	2247.84	932.07	932.07	0.0027	0.0025	0.0909
5	25.531	24.624	8804.648	2164.39	2164.39	0.0047	0.0046	0.0909
4	24.783	24.145	15374.42	3097.966	3097.966	0.0056	0.0054	0.0909
3	20.752	20.372	21944.18	3732.798	3732.798	0.0055	0.0054	0.0909
2	15.004	14.834	28513.95	4078.632	4078.632	0.0042	0.0042	0.0909
1	0	0	0	0	0	0	0	0

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

- Dimensi elemen struktur dari perhitungan perencanaan pada perhitungan *preliminary design* untuk struktur gedung 5 lantai dengan menggunakan dinding geser berjenis *core walls* dan *frame walls* adalah sebagai berikut :
 - Kolom Struktur = 800 mm x 800 mm

- b. Kolom Praktis = 150 mm x 150 mm
 - c. Balok Struktur = 350 mm x 500 mm
 - d. Balok Anak = 250 mm x 350 mm
 - e. Pelat Lantai A = Tebal 125 mm
 - f. Pelat Lantai B = Tebal 200 mm
 - g. Dinding Geser = Tebal 200 mm
2. *Story drift* yang didapat dari hasil analisa menggunakan *software* ETABS menunjukkan bahwa simpangan struktur terbesar terjadi pada struktur gedung dengan menggunakan dinding geser berjenis *core walls* arah x yang sebesar 166.826 mm, dan telah melewati batas izin sebesar 69.231 mm. Sedangkan, simpangan lantai arah y adalah sebesar 26.961 mm, dan masih berada di dalam batasan izin yaitu 69.231 mm
 3. *Story drift* yang didapat dari hasil analisa menggunakan *software* ETABS menunjukkan bahwa simpangan struktur terbesar terjadi pada struktur gedung dengan menggunakan dinding geser berjenis *frame walls* arah x yang sebesar 26.653 mm, dan tidak melewati batas izin sebesar 69.231 mm. Simpangan lantai terbesar arah y adalah 25.652 mm, dan masih berada di dalam batasan izin yaitu 69.231 mm
 4. Hasil perbandingan simpangan yang terjadi antara struktur gedung 5 lantai dengan menggunakan *core walls* dan *frame walls* menunjukkan bahwa simpangan (*story drift*) yang terjadi pada gedung yang menggunakan dinding geser berjenis *core walls* lebih besar dari gedung yang menggunakan dinding geser berjenis *frame walls*, simpangan maksimum yang dialami terjadi pada struktur gedung dengan menggunakan *core walls* adalah 166.826 mm dan pada stuktur gedung dengan menggunakan *frame walls* adalah sebesar 26.653 mm. Selisih antara simpangan yang dihasilkan dari 2 struktur tersebut adalah 140.173 mm. Maka, dinding geser berjenis *frame walls* lebih dianjurkan untuk mengurangi simpangan yang terjadi akibat gaya lateral yang dihasilkan oleh gempa.

5.2 Saran

1. Pembangunan struktur gedung bertingkat sedang atau tinggi dapat menerapkan konstruksi dinding geser berjenis *frame walls*. Hal ini dikarenakan *story drift* yang terjadi pada sturktur gedunng dengan menggunakan dinding geser berupa *frame walls* mampu mengurangi simpangan lantai yang terjadi dengan lebih baik.
2. Simpangan yang terjadi pada struktur gedung dengan *core walls* memiliki nilai yang telah melebihi batasan izin, solusi yang dapat diterapkan untuk menjaga *story drift* agar tetap berada di dalam batasan izin adalah

menambahkan dinding geser pada arah y pada struktur gedung yang direncanakan. Dibutuhkan penelitian lanjut untuk membuktikan bahwa penambahan dinding geser pada arah y dapat mengurangi simpangan lantai yang terjadi pada struktur gedung dengan *core walls* yang direncanakan.

3. Simpangan antar lantai (*story drift*) yang cukup besar dapat dikurangi dengan meningkatkan dimensi kolom dan mengurangi ketinggian pada setiap taraf lantai. Hal ini juga membutuhkan penelitian yang lebih lanjut untuk membuktikan bahwa dimensi kolom dan tinggi setiap lantai memiliki pengaruh terhadap simpangan antar lantai (*story drift*).
4. Simpangan antar lantai (*story drift*) berlebihan yang terjadi pada gedung pada saat gempa dapat direduksi dengan cara menggunakan dimensi kolom struktur yang berbentuk persegi panjang. Orientasi dari kolom struktur yang berbentuk persegi panjang tersebut dapat disesuaikan dengan arah yang memiliki gaya lateral lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional (2002) SNI 03-1726-2002 Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung. Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional (2019) SNI 2847-2019.Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan. Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional (2019) SNI 1726-2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung d an Non Gedung. Jakarta
- Fat Churrohman (2012) Studi Perilaku Dinding Geser Beton Bertulang dan Dinding Geser Pelat Baja Dengan Analisis Statik Non-Linier PUSHOVER. Universitas Indonesia. Jakarta