

PERENCANAAN DINDING GESER PADA GEDUNG LABORATORIUM TEKNIK KIMIA XV INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG

Rifqi Muhammad Akbar¹, Dea Yunita Sari²

^{1,2} Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sangga Buana

¹ korespondensi: rifqimakbar22@gmail.com

ABSTRACT

The planning of multi-story buildings in Indonesia, located in earthquake-prone areas, requires a structural system capable of resisting lateral loads effectively. This study aims to analyze the structural behavior of the Chemical Engineering Laboratory XV building, Bandung Institute of Technology, by implementing a dual system and planning the dimensions of shear walls. The method used is structural modeling using ETABS 2018 software with response spectrum analysis based on SNI 1726:2019 and SNI 2847:2019, and evaluating the inter-story drift, the effect of P-Delta, and structural irregularities. The results show that the structure meets the requirements for inter-story drift with a maximum value of 24.963 mm below the allowable limit of 38.462 mm, the P-Delta stability coefficient is below the safe limit, and an adequate configuration of beam, column, and shear wall reinforcement is obtained. In conclusion, the implemented dual system has successfully improved the structural performance against earthquake loads with all checked parameters meeting the planning requirements.

Keywords: Dual System, Shearwall, Structural Behavior, ETABS

ABSTRAK

Perencanaan gedung berlantai banyak di Indonesia, yang terletak di wilayah rawan gempa, memerlukan sistem struktur yang mampu menahan beban lateral secara efektif. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perilaku struktur gedung Laboratorium Teknik Kimia XV Institut Teknologi Bandung dengan menerapkan sistem ganda dan merencanakan dimensi dinding geser. Metode yang digunakan adalah pemodelan struktur menggunakan perangkat lunak ETABS 2018 dengan analisis respons spektrum berdasarkan SNI 1726:2019 dan SNI 2847:2019, serta melakukan evaluasi terhadap simpangan antar lantai, pengaruh P-Delta, dan ketidakberaturan struktur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa struktur memenuhi persyaratan simpangan antar lantai dengan nilai maksimum 24,963 mm di bawah batas izin 38,462 mm, koefisien stabilitas P-Delta di bawah batas aman, serta didapatkan konfigurasi tulangan balok, kolom, dan dinding geser yang memadai. Kesimpulannya, sistem ganda yang diterapkan berhasil meningkatkan kinerja struktur terhadap beban gempa dengan semua parameter yang dicek telah memenuhi persyaratan perencanaan.

Kata Kunci: Sistem Ganda, Dinding Geser, Perilaku Struktur, ETABS.

PENDAHULUAN

Indonesia yang terletak di kawasan Cincin Api Pasifik (*Ring of Fire*), memiliki tingkat kerentanan seismik yang tinggi. Kondisi geografis ini menimbulkan ancaman signifikan terhadap stabilitas struktur bangunan, khususnya pada gedung-gedung bertingkat tinggi. Salah satu bangunan yang termasuk dalam kategori tersebut adalah Gedung Laboratorium Teknik Kimia XV

Institut Teknologi Bandung, yaitu bangunan setinggi sembilan lantai dengan dua lantai basement yang berfungsi menampung aktivitas riset serta berbagai peralatan laboratorium yang bersifat sensitif terhadap getaran. Dengan karakteristik dan fungsi vitalnya, gedung ini memerlukan sistem struktur yang andal guna menjamin keselamatan pengguna, keutuhan bangunan, serta kelangsungan operasional pasca-gempa.

Untuk mencapai tingkat keamanan yang memadai, rancangan struktur bangunan harus memenuhi ketentuan yang diatur dalam standar nasional, yaitu SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung serta SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan. Kedua standar tersebut menjadi acuan utama agar aspek kekuatan, kekakuan, dan daktilitas struktur dapat terpenuhi sesuai kriteria ketahanan gempa nasional.

Tingginya kompleksitas dan risiko kegagalan struktur pada bangunan tinggi di wilayah seismik aktif menuntut penerapan sistem struktur yang tidak hanya kuat, tetapi juga memiliki kemampuan disipasi energi yang baik. Sistem konvensional seperti rangka momen atau dinding geser tunggal memiliki keterbatasan dalam hal kinerja seismik; rangka momen cenderung mengalami simpangan yang besar, sedangkan dinding geser sering kali terlalu kaku sehingga mengurangi fleksibilitas struktur. Oleh karena itu, penerapan sistem ganda (dual system) yang mengombinasikan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan Dinding Geser (Shear Wall) menjadi solusi optimal. Sistem ini mengandalkan kekakuan dinding geser untuk mengontrol simpangan antar lantai sekaligus memanfaatkan daktilitas rangka momen untuk menyerap energi gempa, sebagaimana diatur dalam SNI 1726:2019 dan SNI 2847:2019 (1, 2).

Urgensi penelitian ini terletak pada penerapan sistem ganda untuk gedung laboratorium dengan kategori risiko IV, yaitu kategori tertinggi dalam klasifikasi struktur bangunan. Kegagalan struktur pada kategori ini dapat menimbulkan dampak serius terhadap keselamatan manusia, kehilangan aset penelitian, serta gangguan terhadap keberlanjutan kegiatan pendidikan dan riset. Penelitian-penelitian terdahulu telah mengkaji berbagai sistem penahan gaya seismik. Efektivitas *shear wall* tipe C-Shape dalam mengontrol *story drift* pada gedung 15 lantai (3). Eksplorasi perencanaan dinding geser dalam sistem ganda dan penerapan SRPMK pada gedung tinggi (4,5). Mengenai mempelajari alternatif perencanaan *shear wall* kantilever (6).

Namun demikian, sebagian besar penelitian sebelumnya berfokus pada sistem struktur tunggal atau tipe bangunan yang berbeda, sehingga belum banyak kajian komprehensif mengenai penerapan sistem ganda pada gedung laboratorium dengan risiko tinggi. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk memberikan analisis mendalam terhadap perilaku struktur Gedung Laboratorium Teknik Kimia XV yang dirancang menggunakan sistem ganda.

Secara khusus, tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis perilaku struktur Gedung Laboratorium Teknik Kimia XV melalui pemodelan menggunakan perangkat lunak ETABS 2018 dengan metode analisis respons spektrum. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk merencanakan dimensi dan penulangan elemen dinding geser yang

memenuhi persyaratan kekuatan, kekakuan, dan daktilitas sesuai ketentuan dalam SNI 1726:2019 dan SNI 2847:2019.

Lebih lanjut, berdasarkan teori-teori dasar sistem struktur tahan gempa, Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) merupakan sistem rangka ruang di mana komponen struktur dan sambungannya mampu menahan gaya lentur, geser, dan aksial secara simultan. Sistem ini banyak digunakan pada wilayah dengan risiko gempa tinggi (wilayah gempa 5 dan 6) (7, 8). Sementara itu, Sistem Dinding Struktural diproporsikan untuk menahan kombinasi gaya geser, momen, dan gaya aksial akibat pengaruh gempa (9, 10, 11). Kedua sistem tersebut dapat dikombinasikan dalam bentuk Sistem Ganda (Dual System), yaitu sistem struktur di mana beban gravitasi dipikul penuh oleh rangka ruang (space frame), sedangkan beban lateral dipikul secara

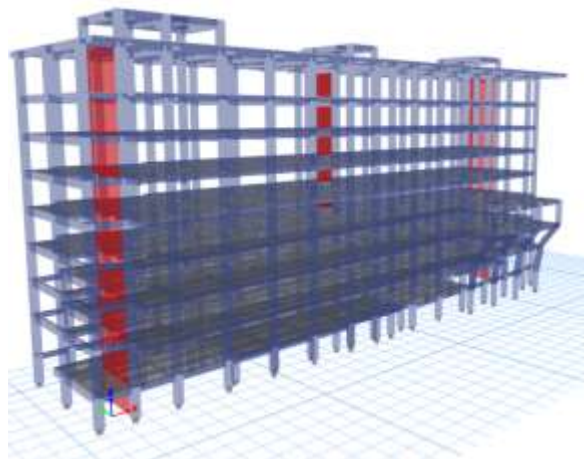
bersama oleh rangka dan dinding geser. Sistem ini sangat sesuai untuk digunakan pada konstruksi bangunan di daerah dengan aktivitas seismik tinggi karena mampu memberikan keseimbangan antara kekakuan dan daktilitas struktur. Tahanan gaya gempa total dalam sistem ini harus disediakan oleh kombinasi rangka pemikul momen dan dinding geser dengan distribusi beban yang sebanding dengan kekakuannya (12, 13, 14).

METODE

Deskripsi Bangunan

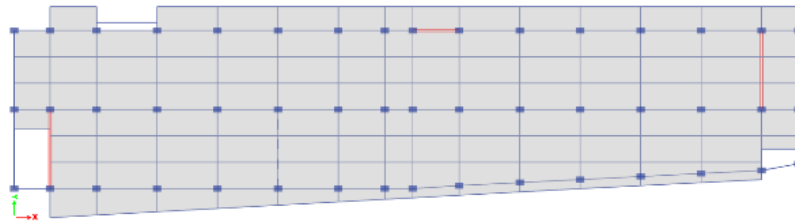
Gedung bertingkat 11 lantai ini berfungsi sebagai gedung laboratorium, dimensi struktur gedung ini adalah sebagai berikut:

- a. Panjang bentang memanjangnya 84,3 M dan panjang bentang melintangnya 17 M
- b. Tinggi total bangunan 34,3 M dengan rata-rata ketinggian antar lantai 4,2 M



Gambar 1: Tampak 3D Bangunan Dengan Dinding Geser

Sumber: Kajian Penulis



Gambar 2: Tampak Atas Bangunan Dengan Dinding Geser

Sumber: Kajian Penulis

Penampang Material

Berikut ini adalah material yang digunakan pada Gedung Laboratorium Teknik Kimia:

1. Beton

- a) Kuat tekan beton (f_c') = 30 MPa
- b) Modulus elastisitas beton = 25,743 MPa

2. Baja Tulangan

Baja Tulangan ulir BJTS 420B
 $F_y = 420$ MPa
 $F_u = 525$ MPa

Pembebanan

Beban-beban yang termasuk dalam elemen struktur yang diteliti mengacu pada PPPURG 1987 adalah sebagai berikut (15):

Tabel 1: Beban mati yang digunakan

Jenis Beban	Beban Merata (kN/m ²)
Beban mati pada pelat lantai	0,88
Beban mati pada pelat atap	0,45
Beban mati pada balok	2,50
Beban hidup	2,87
Beban hidup pada atap	0,96

Sedangkan untuk data-data beban gempa yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 2: Parameter seismik

Jenis Data	Nilai
S _s	1,2239
S ₁	0,5245
SDS	0,7513 g
SD1	0,7521 g
R	7
Ω_0	2,5
C _d	5,5

Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang digunakan mengacu pada peraturan SNI 1729:2019 pasal 4.2.2.

a. $1,4 D$ (1)

b. $1,2 D + 1,6 L$ (2)

c. $1,2 D + 1,6 L + 0,5 Lr$ (3)

d. $1,2 D + 1,0 L + 1,0 E_x + 1,0 E_y$ (4)

e. $0,9 D + 1,0 E_x + 1,0 E_y$ (5)

Dimensi Penampang

Berikut ini adalah dimensi pada struktur yang digunakan:

a) Dimensi Kolom

Tabel 3: Dimensi kolom yang digunakan

No	Kode	Dimensi
1.	K1	800 x 900
2.	K2	650 x 900
3.	K3	750 x 750
4.	K4	400 x 600
5.	KL	300 x 300

b) Dimensi Balok

Tabel 4: Dimensi balok yang digunakan

No	Kode	Dimensi	No	Kode	Dimensi
1	B1-B	550 x 650	15	B2-2	450 x 600
2	B2-B	450 x 600	16	B3-2	500 x 850
3	B3-B	500 x 850	17	BA2	250 x 400
4	B1-BS	550 x 650	18	BA3	250 x 400
5	B2-BS	450 x 600	19	BA4	300 x 500
6	BP	300 x 550	20	BK1	300 x 500
7	BA1-B	250 x 350	21	BK2	300 x 450
8	BA2-B	250 x 400	22	BK1S	400 x 650
9	BA3-B	250 x 400	23	B1K	450 x 650
10	B1-1	450 x 650	24	B2K	400 x 650
11	B2-1	450 x 600	25	B3K	450 x 700
12	B3-1	500 x 850	26	BA2K	250 x 400
13	BA1	250 x 350	27	B4	700 x 600
14	B1-2	450 x 650			

c) Dimensi Pelat

Tabel 5: Dimensi pelat yang digunakan

No	Kode	T Pelat
1	S1	125
2	S2	150
3	S3	300

HASIL DAN PEMBAHASAN

Periode Struktur

Berdasarkan nilai S_{D1} yang diketahui sebesar 0,7521 g, maka nilai periode struktur diketahui sebagai berikut.

Tabel 6: Hasil Perhitungan periode struktur

Jenis Data	Nilai
C_u	1,4
C_t	0,0466
X	0,9
T_a	1,2655 detik
T_{max}	1,773
$T_{c,X}$	1,606
$T_{c,Y}$	1,054

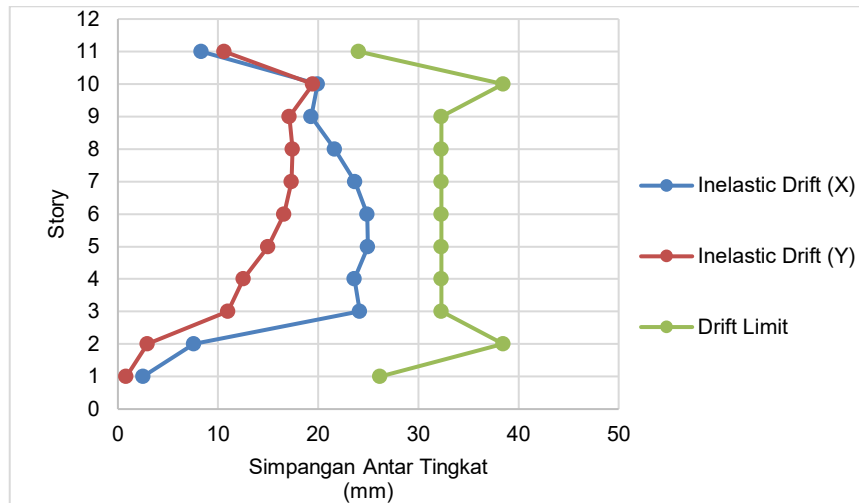
Bentuk dan Jumlah Ragam

Analisis gempa menggunakan prosedur analisis spektrum respons ragam sesuai SNI 1726:2019 mensyaratkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar 100%, dengan pengecualian peraturan mengizinkan massa ragam terkombinasi paling sedikit 90%. Pada struktur ini, diketahui ragam partisipasi massa pada arah x sebesar 96,41% dan ragam partisipasi massa pada arah y sebesar 92,29%. Selain itu, pada ragam 1 struktur ini memiliki partisipasi massa sebesar 73,99% untuk arah X dan pada ragam 2 memiliki partisipasi

massa 67,34% untuk arah Y. jadi dapat dinyatakan bahwa pada ragam 1 dan 2 masih mengalami translasi. Lalu untuk ragam 3 memiliki partisipasi massa 67,91% pada sumbu Z, dimana hal ini dinyatakan bangunan mengalami rotasi.

Simpangan Antar Lantai

Berdasarkan data nilai simpangan yang didapat dari *software* ETABS, dapat disimpulkan bahwa simpangan antar lantai bangunan telah memenuhi syarat dimana seluruh lantai memiliki simpangan lebih kecil dari batas simpangan, yaitu sebesar 32,208.

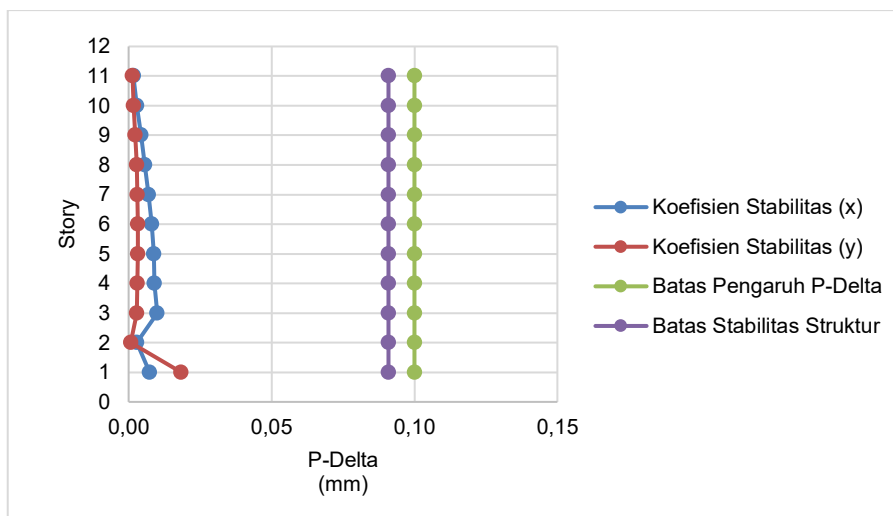


Gambar 3: Kurva hasil Perhitungan simpangan antar lantai

P-Delta

Setelah dilakukan Perhitungan, diketahui koefisien stabilitas (θ) baik arah x maupun arah y memiliki nilai dibawah batas pengaruh

P-Delta dan Batas stabilitas struktur (θ_{max}). maka dapat disimpulkan bahwa struktur ini telah memenuhi syarat P-Delta.



Gambar 4: Kurva hasil Perhitungan P-Delta

Perancangan Dinding Geser

Setelah struktur saat ini ditambahkan dinding geser, dimensi dan penulangan kolom, balok dan hubungan kolom-balok (*Joint*) dilakukan Perhitungan ulang. Hal ini dilakukan agar ditemukannya dimensi dan penulangan optimal pada dinding geser yang direncanakan

agar mampu menahan gaya momen serta gaya geser.

SNI 2847-2013 pasal 15.4.3.1 mensyaratkan ketebalan dinding pendukung (tipe tumpuan) tidak boleh kurang dari 1/25 tinggi atau panjang bagian dinding yang ditopang secara lateral, diambil yang terkecil dan tidak boleh kurang dari 100 mm. Berdasarkan data

perencanaan didapat panjang dinding geser adalah 8500 mm dan tinggi dinding geser pada lantai 1 5000 mm, maka diambil yang terkecil 5000 mm. Sehingga 1/25 dari 5000 mm adalah 200 mm dan pada perencanaan ini digunakan tebal dinding geser 250 mm. Hal

ini karena pengangkuruan tulangan geser sesuai persyaratan SNI 2847 akan sulit diaplikasikan pada pelat yang lebih tipis dari 250 mm. berikut ini adalah geometri dari dinding geser yang direncanakan.

Tabel 7: Geometri Desain Dinding Geser

Jenis Data	Nilai
Tebal Dinding Geser (tw)	250 mm
Panjang (As ke As) L	8500 mm
Panjang Kolom (hk)	900 mm
Lebar Kolom (bk)	800 mm
Tinggi Geser Total (hw)	38600 mm
Diameter Tul. Longitudinal Badan	19 mm
Diameter Tul. Transversal Badan	19 mm
Diameter Tulangan Kolom	29 mm
Kuat Tekan Beton	30 MPa
Panjang Total	9400 mm
Panjang Bersih	7600 mm
Luas Penampang Melintang	2350000 mm ²
Luas total dinding geser	3340000 mm ²

Kebutuhan Tulangan Minimum

Tabel 8: Hasil Perhitungan kebutuhan tulangan

Keterangan	Simbol	Hasil
Faktor reduksi kuat geser	ϕ	0,75
Gaya Geser	$\frac{Vu}{\phi}$	4803225 N
Batas Zona 1	$0,083 \times Acv \times fc^{0,5}$	1068333 N
Batas Zona 2	$0,17 \times Acv \times fc^{0,5}$	2188152 N
Rasio tulangan longitudinal bagian badan	ρ_l	1,134 %
Rasio tulangan longitudinal bagian kolom	ρ_l	2,569 %

Berdasarkan hasil Perhitungan diatas, rasio tulangan longitudinal baik pada bagian kolom telah maupun pada bagian badan telah memenuhi persyaratan rasio tulangan minimum pada SNI 1726:2019 karena rasio tulangannya lebih besar dari 0,25%.

Pengecekan Kapasitas Geser

Dengan panjang total dinding geser sepanjang 9400 mm dan tinggi totalnya 38600 mm, maka rasio tinggi dinding dengan panjang total adalah 4,1064. Lalu, diketahui Koefisien kekuatan beton terhadap geser dinding nominal (α_c) adalah 0,17. Maka kuat dinding geser dapat diketahui dengan persamaan:

$$V_n = A_{cv} (\alpha_c \times f_c^{0.5} + \rho_t \times f_y) \dots\dots\dots (6)$$

Maka didapat nilai kuat geser dinding sebesar 13381866 N, batas kuat gesernya sebesar 8495177 N dan nilai V_u/ϕ sebesar 4803225 N. Maka dapat disimpulkan bahwa syarat dari kapasitas geser telah terpenuhi dikarenakan kuat geser pakai lebih besar dari V_u/ϕ .

Pengecekan Kebutuhan Elemen Khusus

Perlu atau tidaknya dinding geser ditambahkan elemen khusus bergantung pada dua metode pengecekan, yaitu *strength based method* dan *displacement-based method*.

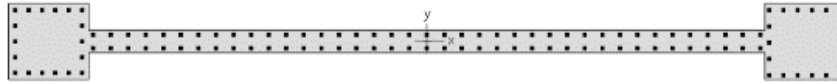
Pada metode *strength based*, tegangan pada dinding geser yang dicari menggunakan persamaan:

$$\frac{P_u}{A_g} + \left(\frac{M_u}{I_g} \times \frac{L}{2} \right) \dots\dots\dots (7)$$

Tidak boleh lebih dari 20% kekuatan beton yang digunakan. Pada struktur ini, tegangan terbesarnya adalah 5,428 MPa yang dimana tegangan tersebut lebih kecil dari batas tegangan sebesar 6,000 MPa. Maka berdasarkan *strength based method*, dinding geser ini tidak memerlukan penambahan elemen khusus. Untuk *displacement-based method* juga berkesimpulan tidak perlu penambahan elemen khusus setelah dilakukan pengecekan pada Panjang Zona Tekan Terbesar.

Tabel 9: Hasil Perhitungan Desain Dinding Geser

Kesimpulan	
Rasio Tulangan Kolom	Ok
Rasio Tulangan Longitudinal Badan	Ok
Rasio Tulangan Transversal Badan	Ok
Kapasitas Geser	Ok
Elemen Batas Khusus (<i>Displacement Base</i>)	Tidak Perlu
Elemen Batas Khusus (<i>Strength Base</i>)	Tidak Perlu
Tulangan Kolom	
Longitudinal	28 D29
Transversal	8 D13-100
Tulangan Badan	
Longitudinal	2 D19-100
Transversal	2 D19-100
Confinement	5 D13-100



Gambar 5: Penulangan Dinding Geser

Sumber: Kajian Penulis

SIMPULAN

Berdasarkan hasil perencanaan dinding geser pada Gedung Laboratorium Teknik Kimia XV Institut Teknologi Bandung, diperoleh bahwa seluruh kriteria kinerja struktur terhadap beban gempa telah terpenuhi sesuai dengan ketentuan SNI 1726:2019. Hasil analisis menunjukkan bahwa kontrol bentuk ragam dan partisipasi massa bangunan telah memenuhi syarat hingga ragam ke-12 dari 20 ragam yang diambil, dengan nilai partisipasi massa sebesar 94,14% untuk arah UX, 90,03% untuk arah UY, dan 94,10% untuk arah UZ, sesuai dengan ketentuan pasal 7.9.1.1. Hasil kontrol simpangan antar lantai juga menunjukkan kinerja yang baik, dengan simpangan maksimum arah X sebesar 24,963 mm dan arah Y sebesar 19,485 mm, keduanya masih berada di bawah batas izin sebesar 38,462 mm sebagaimana diatur dalam pasal 7.12.1. Selain itu, pengaruh P-Delta berada dalam batas aman, dengan nilai maksimum 0,010 pada arah X dan 0,0184 pada arah Y, jauh di bawah batas maksimum 0,091 sesuai pasal 7.8.7. Dari hasil perencanaan diperoleh pula kebutuhan tulangan dinding geser yang memenuhi syarat kekuatan dan daktilitas, yaitu tulangan kolom utama 28D29 dengan tulangan transversal 8D13–100, serta tulangan badan dinding geser longitudinal 2D19–200, tulangan transversal 2D19–200, dan tulangan

confinement 5D13–100. Dengan demikian, desain dinding geser pada bangunan ini dinyatakan telah memenuhi seluruh persyaratan kinerja struktur terhadap gempa dan dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap ketahanan lateral serta stabilitas global bangunan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Badan Standardisasi Nasional. Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung. Sni 2847-2019. 2019;(8):720.
2. Sistem D, Standar P. Penerapan Standar Nasional Indonesia. 2020;(8).
3. Diniar Ra, Ryanto M. Analisis Perilaku Struktur Gedung 15 Lantai Dengan Sistem Pengaku Dinding Geser (Shear Wall) Tipe C-Shape| Terhadap Beban Pros Sobat (Seminar Sos 2020;(November 2020):1–10.
4. Robach C, Retno A, Zacoeb A. Perencanaan Dinding Geser Pada Struktur Gedung Beton Bertulang Dengan Sistem Ganda. J Apl Tek Sipil. 2002;(February 1921):1–4.
5. Mahendrayu B, Kartini W. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (Srpmk) Struktur Beton Bertulang Pada Gedung Graha Siantar Top Surabaya. J Tek Sipil Kern. 2012;2(2):121–30.
6. Cristovao, Amaral. Alternatif Perencanaan Dinding Geser (Shear Wall) Dengan Sistem Kantilever Pada Gedung Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Malang. 2016;1–71.

7. Honarto Rj, Handono Bd, Pandaleke Re. Perencanaan Bangunan Beton Bertulang Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus Di Kota Manado. *J Sipil Statik*. 2019;7(2):201–8.
8. Brawijaya G, Machmoed Sp. Perencanaan Gedung Rusunawa 10 Lantai Di Kota Yogyakarta Dengan Struktur Beton Bertulang Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (Srpmk). *Axial J Rekayasa Dan Manaj Konstr* [Internet]. 2022 Aug 30;10(2):051. Available From: <https://journal.uwks.ac.id/index.php/Axial/article/view/2480>
9. Hendrik Ii Dan F. Perencanaan Lanjut Struktur Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa. 2014;
10. Rangan Pr, Honta Zl, Matana H, Tarru H, Lotim Yb, Arrang At, Et Al. Tinjauan Perencanaan Struktur Gedung Kantor Pariwisata Menggunakan Metode Dinding Geser. *J Dyn Saint*. 2020 Oct 30;5(2):995–1010.
11. Zahrotunnabila B, Wahiddin W, Raharjo Ba. Analisis Perilaku Struktur Gedung Terhadap Variasi Penempatan Dinding Geser Menggunakan Metode Respon Spektrum. *J Online Skripsi Manaj Rekayasa Konstr*. 2025 Mar 17;6(1):261–5.
12. Ansyori R. Disain Elemen Struktur Bangunan Bertingkat Dengan Sistem Ganda; Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (Srpmk) Dan Sistem Dinding Struktur Khusus (Sdsk). 2017;
13. Ryanto M. Analisis Pushover Pada Bangunan Struktur Ranca Baja Asrama Sangkuriang Itb-Bandung. *J Techno-Socio Ekon Univ Sangga Buana Ypkp*. 2017;10(2):153–63.
14. Khairudin Ma, Ryanto M, Studi P, Sipil T, Buana Us. Analisis Struktur Gedung Berlantai Dengan Shear Wall Tube Type Terhadap Beban Gempa 1,2. 2023;3(2):260–72.
15. Ppurg. Pppurg_1987.Pdf. 1987.