

PERKUATAN STRUKTUR BANGUNAN RUMAH SAKIT BERTINGKAT SEDANG DENGAN LAYOUT-S TERHADAP BEBAN GEMPA DI KOTA PADANG DENGAN DINDING GESER

Yudha Suryadafi Al Faqih¹, Eka Juliafad², Fajri Yusmar³

^{1,2,3}Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

Email: yudhasuryadafi01@gmail.com

Abstrak: Gempa bumi merupakan fenomena getaran akibat pelepasan energi dari dalam bumi yang sering terjadi di wilayah dengan aktivitas lempeng tektonik tinggi, termasuk Indonesia, khususnya Kota Padang di Sumatera Barat yang berada pada zona rawan gempa dan tsunami. Pertumbuhan penduduk dan perkembangan infrastruktur di Kota Padang menuntut pembangunan fasilitas kritikal seperti rumah sakit yang harus dirancang tahan gempa agar tetap berfungsi saat bencana. Kondisi tanah lunak di wilayah ini memperbesar getaran gempa dan risiko kerusakan bangunan, sehingga perencanaan struktur tahan gempa perlu mempertimbangkan interaksi tanah dan bangunan. Penggunaan *shear wall* (dinding geser) sebagai perkuatan struktur rumah sakit sangat dianjurkan untuk menahan gaya lateral akibat gempa dan mengurangi deformasi berlebih. Penelitian ini bertujuan menganalisis model penempatan dinding geser terbaik dengan membandingkan parameter dinamik struktur dan perubahan *displacement* pada bangunan setelah pemasangan dinding geser. Pemodelan dilakukan menggunakan software ETABS menggunakan metode analisis respon spektrum. Hasil analisis menunjukkan bahwa model Sistem Ganda 3 merupakan model terbaik yang memenuhi semua persyaratan parameter dinamik struktur, dengan penurunan *displacement* sebesar 14%–31% pada arah X dan 20%–29% pada arah Y.

Kata Kunci : *shear wall*, ETABS, *displacement*.

Abstract: Earthquake is a vibration phenomenon caused by the release of energy from within the earth, frequently occurring in regions with high tectonic plate activity, including Indonesia, particularly the city of Padang in West Sumatra, which is located in an earthquake and tsunami-prone zone. The population growth and infrastructure development in Padang demand the construction of critical facilities such as hospitals, which must be designed to be earthquake-resistant to remain operational during disasters. The soft soil conditions in this area amplify earthquake vibrations and increase the risk of structural damage, making it essential to consider soil-structure interaction in earthquake-resistant design. The use of shear walls as structural reinforcement in hospitals is highly recommended to resist lateral seismic forces and reduce excessive deformation. This study aims to analyze the optimal shear wall placement model by comparing structural dynamic parameters and displacement changes in buildings after shear wall installation. Modeling was conducted using ETABS software with the response spectrum analysis method. The analysis results show that the Dual System 3 model is the best model, meeting all dynamic structural parameter requirements, with displacement reductions ranging from 14% to 31% in the X direction and 20% to 29% in the Y direction.

Keyword : *shear wall*, ETABS, *displacement*.

PENDAHULUAN

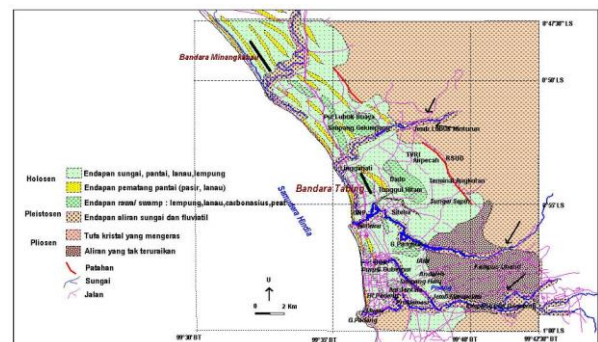
Gempa bumi adalah getaran atau guncangan yang terjadi akibat pelepasan energi dari dalam bumi

yang menimbulkan terjadinya gelombang seismik pada kerak bumi (Yulita et al., 2023). Fenomena getaran seperti gempa bumi sering terjadi di daerah

Kota Padang termasuk wilayah yang berpotensi mengalami gempa dan tsunami karena berada di kawasan *Megatrast*, yaitu area yang terletak tepat di atas lempeng tektonik yang bergeser dan saling bertumpuk, menyimpan energi yang sewaktu-waktu dapat melepaskan sehingga diperkirakan akan menyebabkan gempa dan tsunami besar (Rifa & Juliafad, 2024). Gempa bumi besar pernah melanda Kota Padang pada 30 September 2009 dengan magnitudo 7,6 Skala Richter (SR) dan menjadikan Kota Padang sebagai daerah yang paling banyak mengalami kerusakan akibat gempa ini, dengan lebih dari 1.000 korban jiwa (Juliafad et al., 2017). Sebagai ibu kota Provinsi Sumatera Barat, penting untuk melakukan mitigasi risiko bencana di Kota Padang karena berada di wilayah yang sangat rawan gempa dan tsunami.

Kota Padang merupakan ibu kota Provinsi Sumatera Barat yang berpotensi sebagai daerah padat penduduk di tahun mendatang dengan jumlah penduduk di tahun 2021 mencapai 913.450 jiwa. Menurut data Badan Pusat Statistik Kota Padang (2024), pada tahun 2022 jumlah penduduk di Kota Padang telah mencapai 919.150 jiwa. Pertumbuhan penduduk Kota Padang yang terus meningkat mendorong pembangunan berbagai fasilitas publik, termasuk rumah sakit. Rumah sakit merupakan infrastruktur kritikal yang harus tetap berfungsi selama dan setelah gempa bumi karena

Salah satu faktor penting dalam perencanaan gedung tahan gempa adalah kondisi tanah di lokasi pembangunan. Kajian tentang *Soil-Structure Interaction* (SSI) dalam jurnal *Natural Hazards Research* menjelaskan bahwa interaksi antara struktur bangunan dan tanah sangat memengaruhi perilaku bangunan saat gempa (Wani et al., 2022). Kota Padang didominasi oleh tanah lunak atau lentur, yang dapat memperbesar getaran gempa dan meningkatkan risiko kerusakan bangunan. Penelitian yang dilakukan oleh Tohari dan Wardhana (2018) menunjukkan lapisan batuan sedimen di wilayah pesisir Kota Padang, hingga kedalaman 30 m, tersusun oleh lapisan pasir dengan kepadatan yang bervariasi dari lepas hingga padat dan lapisan lempung lunak. Menurut penelitian Rahardjo et al (2014) berdasarkan peta geologi Kota Padang pada gambar 1 terlihat bahwa kondisi geologi Padang merupakan endapan dataran pantai Holosen yang dicirikan oleh endapan kuartar yang terdiri dari endapan pematang pantai, endapan swamp, dan endapan aluvial. Tanah lunak seperti pasir lepas atau lempung memiliki kemampuan redaman yang rendah terhadap gelombang seismik, sehingga struktur bangunan di atasnya berpotensi mengalami deformasi besar.



Untuk mengurangi risiko tersebut, penggunaan *shear wall* atau dinding geser sangat disarankan sebagai perkuatan struktur bangunan rumah sakit. Dinding geser baik tipe *core wall* di bagian inti struktur maupun *frame wall* di perimeter bangunan, berfungsi menahan gaya lateral akibat gempa dan mengurangi deformasi berlebih (Rizki, 2016). Dinding geser adalah dinding rangka yang digunakan untuk menambah kekakuan struktur gedung terhadap beban lateral akibat gempa.

Dinding geser lebih kaku dari elemen rangka konvensional sehingga dapat menahan beban lateral gempa yang lebih besar dan membatasi simpangan antar tingkat (Wibowo & Zebua, 2021). Penempatan dan desain dinding geser yang tepat telah terbukti secara penelitian dapat meningkatkan kekakuan dan kestabilan bangunan, sehingga rumah sakit tetap aman dan berfungsi optimal saat terjadi gempa. Analisis penempatan dinding geser pada kondisi tanah lunak di Kota Padang menjadi penting untuk memastikan keberlanjutan layanan kesehatan di tengah ancaman gempa bumi. Melalui analisis penempatan dinding geser, penelitian bertujuan untuk menganalisis model penempatan dinding geser terbaik dengan membandingkan parameter dinamik struktur dan perubahan *displacement* pada bangunan setelah penempatan dinding geser.

METODE PENELITIAN

1. Studi Literatur

Studi literatur merupakan suatu kegiatan yang dilakukan dengan mengumpulkan, membaca, mencatat, dan mengkaji berbagai sumber yang relevan dengan masalah dan tujuan penelitian. Sumber-sumber tersebut dapat berupa hasil studi, tesis, hasil survei, studi historis, buku, artikel, jurnal dan referensi lainnya yang berkaitan dengan topik yang akan peneliti bahas serta tinjauan terhadap penelitian terdahulu.

2. Pengumpulan Data

Merupakan suatu tahapan untuk mengumpulkan data maupun informasi yang diperlukan untuk menjawab pertanyaan penelitian. Terdapat 2 jenis data yaitu data primer dan data sekunder.

a. Data primer

Data yang dikumpulkan langsung oleh peneliti dari sumber pertama untuk tujuan penelitian yang sedang dilakukan. Pada penelitian ini dilakukan *preliminary design* guna memperoleh data primer berupa *preliminary design* elemen elemen struktur seperti balok, kolom, pelat dan tangga.

b. Data sekunder

Data yang diperoleh secara tidak langsung dari objek penelitian, melainkan dari sumber yang sudah ada sebelumnya dan biasanya dikumpulkan oleh pihak lain. Dalam penelitian ini digunakan data sekunder berupa data tanah dan data gempa.

3. Pemodelan Struktur

Pemodelan struktur pada penelitian ini dilakukan secara tiga dimensi dengan bantuan program struktur berupa *software* ETABS. Jenis elemen yang digunakan untuk elemen struktur balok dan kolom yaitu elemen *frame*, sementara untuk elemen pelat lantai menggunakan tipe elemen *shell* dan untuk elemen dinding geser menggunakan tipe *wall*. Pada penelitian ini terdapat 4 model struktur yang dimodelkan, yaitu Model SRPMK, Model Sistem Ganda 1 (penempatan *core wall*), Model Sistem Ganda 2 (penempatan *frame wall*) dan Model Sistem Ganda 3 (penempatan *core wall* dan *frame wall*).

4. Pembebanan

Pada tahapan ini dilakukan proses input beban struktur pada bangunan yang akan diteliti terhadap pengaruh gempa bumi. Pembebanan tersebut berupa beban mati, beban hidup, beban gempa dan kombinasi beban.

- Beban Mati Tambahan
- Beban Hidup
- Beban Gempa
- Kombinasi Beban

5. Validasi Struktur

Setelah melakukan permodelan dan menginput pembebanan struktur, dilakukan tahapan validasi struktur. Validasi dilakukan dengan membandingkan *joint reaction* ETABS dengan *joint reaction* perhitungan teoritis. Tahapan ini bertujuan untuk memastikan permodelan yang telah dilakukan benar.

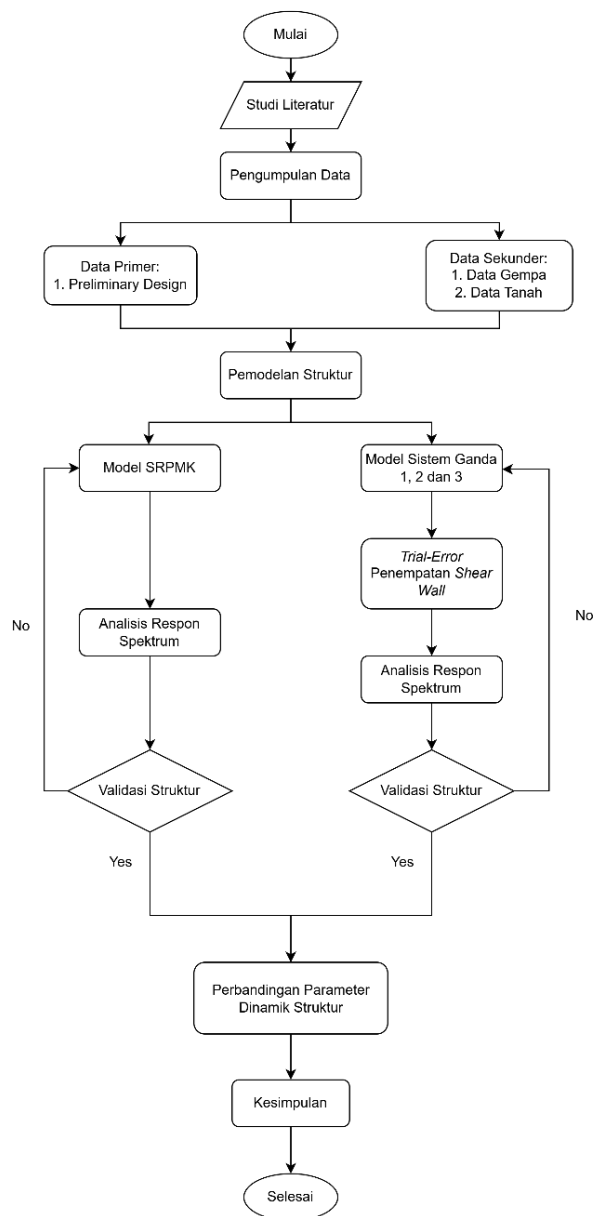
6. Analisis Struktur

Analisis struktur dilakukan dengan *software* ETABS untuk memudahkan perhitungan dan analisis reaksi perletakan dan gaya-gaya dalam yang bekerja akibat beban dan kombinasi beban.

7. Perbandingan Parameter Dinamik Struktur

Tahapan ini merupakan tahap membandingkan parameter dinamik struktur terhadap model tanpa dinding geser dengan model menggunakan dinding geser melalui pemeriksaan rasio partisipasi modal massa, gaya geser dasar seismik, simpangan antar tingkat, pengecekan p-delta, ketidakberaturan torsi dan pengecekan kontribusi frame pemikul gaya lateral.

Alur penelitian dapat dilihat berdasarkan diagram alir berikut:



Gambar 2. Diagram Alir

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Preliminary Design

Dimensi penampang yang direncanakan pada penelitian ini sesuai dengan syarat SNI 03-2847-2019 tentang kualifikasi beton struktural pada struktur gedung yaitu sebagai berikut

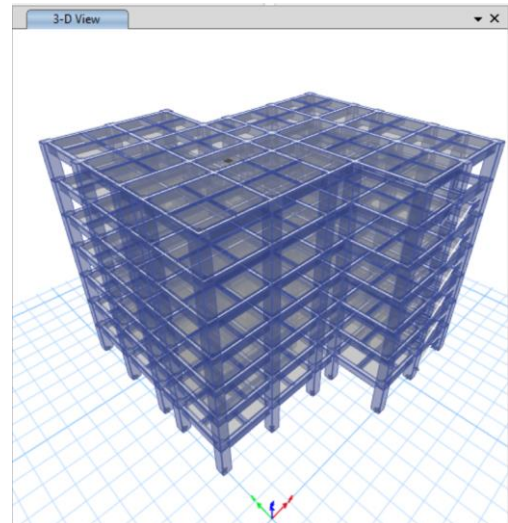
Tabel 1. Preliminary Design Struktur

Elemen Struktur	Dimensi (mm)
Balok Induk	450 x 700 mm
Balok Anak	350 x 500 mm
Kolom	900 x 900 mm
Pelat	150 mm
Pelat Tangga	120 mm
Dinding Geser	300 mm

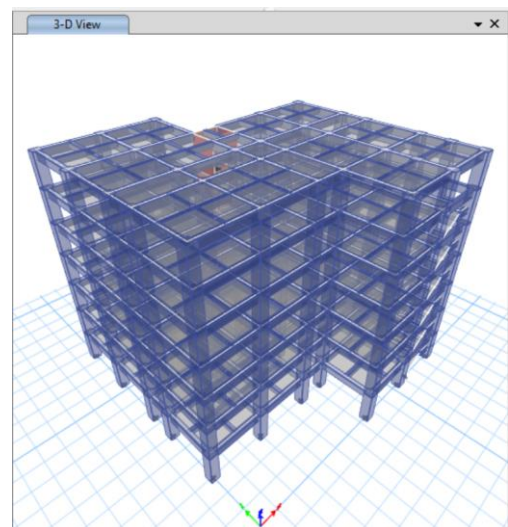
2. Pemodelan Struktur

Berikut merupakan 4 jenis pemodelan struktur yang terdiri dari Model SRPMK, Model

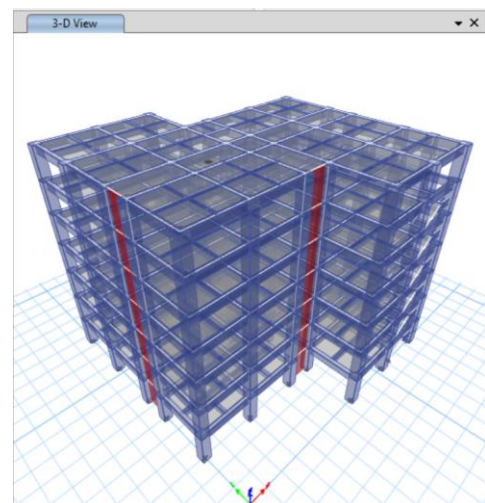
Sistem Ganda 1, Model Sistem Ganda 2 dan Model Sistem Ganda 3.



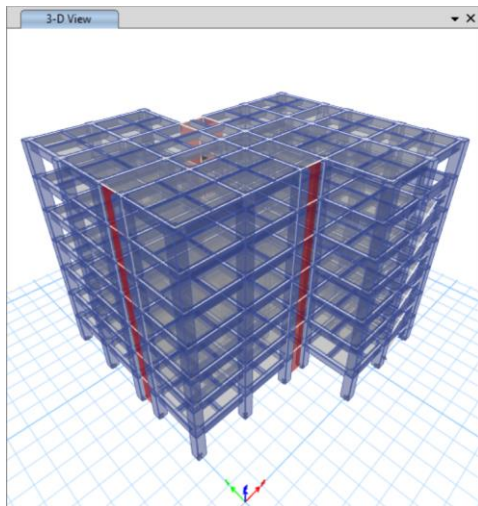
Gambar 3. Model SRPMK



Gambar 4. Model Sistem Ganda 1



Gambar 5. Model Sistem Ganda 2



Gambar 6. Model Sistem Ganda 3

3. Pembebanan Struktur

a. Beban Mati Tambahan

Beban mati tambahan yang dipakai adalah:

Tabel 2. Beban Mati Tambahan

Jenis Beban	Beban Mati Tambahan (kN/m ²)
Penutup lantai keramik	0,24
Berat pasir tebal 1 cm	0,16
Berat pasir tebal 3 cm	0,66
Berat platfond dan penggantung	0,2
MEP	0,25
Total beban	1,51

b. Beban Hidup

Beban hidup yang digunakan pada penelitian ini berdasarkan SNI 1727:2020 pasal 4.3.1 dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 3. Beban Hidup

Jenis Beban	Beban Mati Tambahan (kN/m ²)
Ruang Pasien	1,92
Ruang Operasi	2,4
Atap	0,96
Ruangan Lift (merata)	7,18
Ruangan Lift (terpusat)	1,33

c. Beban Gempa

Fungsi Bangunan = Rumah Sakit

Kategori risiko = IV

Faktor keutamaan gempa (I_e)

$I_e = 1,5$

Faktor kuat lebih sistem (Ω_0)

Model SRPMK = 3

Model Sistem Ganda = 2,5

Faktor pembesaran defleksi (C_d)

$C_d = 5,5$

Koefisien modifikasi respon (R)

Model SRPMK = 8

Model Sistem ganda = 7

Kategori Desain Seismik (KDS)

KDS = D

Kelas Situs Tanah

Situs Tanah = SE

Percepatan desain periode pendek (S_{DS})

$S_{DS} = 0,7521$

Percepatan desain periode pendek (S_{D1})

$S_{D1} = 0,7879$

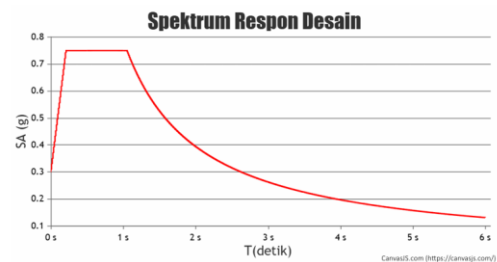
Koefisien situs (F_a)

$F_a = 0,9456$

Koefisien situs (F_v)

$F_v = 2,0430$

Untuk grafik respon spektrum dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Grafik Respon Spektrum

d. Kombinasi beban

Tabel 4. Kombinasi Beban

No.	Kombinasi Beban
1	1,4D
2	1,2D + 1,6L
3	1,35D + 1,3Qx + 0,39Qy + L
4	1,35D + 1,3Qx - 0,39Qy + L
5	1,35D - 1,3Qx + 0,39Qy + L
6	1,35D - 1,3Qx - 0,39Qy + L
7	1,35D + 0,39Qx + 1,3Qy + L
8	1,35D + 0,39Qx - 1,3Qy + L
9	1,35D - 0,39Qx + 1,3Qy + L
10	1,35D - 0,39Qx - 1,3Qy + L
11	0,75D + 1,3Qx + 0,39Qy
12	0,75D + 1,3Qx - 0,39Qy
13	0,75D - 1,3Qx + 0,39Qy
14	0,75D - 1,3Qx - 0,39Qy
15	0,75D + 0,39Qx + 1,3Qy
16	0,75D + 0,39Qx - 1,3Qy
17	0,75D - 0,39Qx + 1,3Qy
18	0,75D - 0,39Qx - 1,3Qy

Keterangan:

D = Beban Mati

L = Beban Hidup

Qx = Beban Gempa Arah X

Qy = Beban Gempa Arah Y

4. Analisis Struktur

- a. Rasio Partisipasi Modal Massa
Menurut SNI 1726:2019 pada pasal 7.9.1.1 telah menyatakan bahwa dalam menentukan ragam alami pada struktur harus memperoleh partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar 100% dari massa struktur bangunan atau minimal 90% dari massa struktur pada masing-masing arah horizontal orthogonal. Kemudian, guna keamanan layout bangunan maka mode 1 dan 2 (Ux dan Uy) harus mengalami translasi dan mode 3 (Rz) mengalami rotasi. Berikut disajikan rasio partisipasi massa pada Model SRPMK, Model Sistem Ganda 1, Model Sistem Ganda 2 dan Model Sistem Ganda 3 yang tercantum dalam tabel 5, 6, 7 dan 8.

Tabel 5. Partisipasi Modal Massa Model SRPMK

Mode	Periode (detik)	UX	UY	RZ
1	0,985	0,5492	0,1054	0,1253
2	0,934	0,1813	0,5512	0,0458
3	0,782	0,0462	0,1228	0,6105
4	0,291	0,0886	0,0127	0,0153
5	0,279	0,0229	0,0818	0,011
6	0,243	0,0046	0,0218	0,0863
7	0,146	0,0389	0,0052	0,0062
8	0,141	0,0098	0,0347	0,0054
9	0,127	0,0019	0,0091	0,0374
10	0,105	2,145E-05	5,943E-06	3,361E-05
11	0,093	4,743E-06	2,459E-05	0,0003
12	0,088	0,0198	0,004	0,0039
SUM		96,32%	94,87%	
>90%		OK	OK	

Tabel 6. Partisipasi Modal Massa Model Sistem Ganda 1

Mode	Periode (detik)	UX	UY	RZ
1	0,892	0,7613	1,072E-05	0,0002
2	0,846	0,0003	0,464	0,306
3	0,749	0,0002	0,3052	0,468
4	0,264	0,1035	0,0043	0,0129
5	0,249	0,0223	0,0578	0,0487
6	0,227	0,0033	0,0611	0,0576
7	0,134	0,0339	0,0023	0,0146
8	0,126	0,0151	0,0205	0,0153
9	0,117	0,0028	0,0275	0,0195
10	0,104	9,775E-06	9,712E-07	0,0001
11	0,092	0	0,0008	0,0004
12	0,085	0,0001	1,044E-05	0,0001
SUM		94,28%	94,36%	

>90%	OK	OK
------	----	----

Tabel 7. Partisipasi Modal Massa Model Sistem Ganda 2

Mode	Periode (detik)	UX	UY	RZ
1	0,902	0,5713	0,0684	0,1309
2	0,823	0,0873	0,6706	0,0029
3	0,674	0,0972	0,023	0,6227
4	0,266	0,0742	0,0254	0,022
5	0,24	0,0475	0,0906	0,0001
6	0,192	0,0181	0,0192	0,1195
7	0,136	0,0234	0,0148	0,0108
8	0,124	0,0196	0,0287	0
9	0,104	0,0008	0,0008	0,0051
10	0,101	0,0058	0,0021	0,0283
11	0,092	0,0005	0,002	0,0031
12	0,085	0,0001	0,0005	0
SUM		94,59%	94,62%	
>90%		OK	OK	

Tabel 8. Partisipasi Modal Massa Model Sistem Ganda 3

Mode	Periode (detik)	UX	UY	RZ
1	0,823	0,6684	0,0113	0,0692
2	0,75	0,0289	0,6813	0,0522
3	0,666	0,0476	0,0637	0,6296
4	0,233	0,1021	0,0166	0,0206
5	0,22	0,0419	0,0798	0,0129
6	0,187	0,0053	0,0418	0,1131
7	0,118	0,0241	0,0143	0,0125
8	0,113	0,0259	0,02	0,0041
9	0,103	0	0,0007	0,0005
10	0,097	0,0011	0,0153	0,0297
11	0,091	0,0003	0,0002	0,0017
12	0,084	1,945E-05	3,806E-05	1,483E-05
SUM		94,55%	94,51%	
>90%		OK	OK	

Berdasarkan pengecekan rasio partisipasi modal massa, keempat model telah mengalami translasi pada mode 1 dan 2 (Ux dan Uy) dan rotasi pada mode 3 (Rz). Selain itu, keempat model telah memenuhi syarat partisipasi jumlah ragam lebih dari 90%.

- b. Gaya Geser Dasar Seismik

Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.9.1.4.1, apabila nilai $V_{dinamik}$ kurang dari V_{statik} , maka faktor skala gempa harus diperbesar sebesar $f = V_{statik}/V_{dinamik}$. Nilai gaya geser statik dan dinamik dari keempat model dapat dilihat pada tabel 9, 10, 11 dan 12.

Tabel 9. Gaya Geser Dasar Model SRPMK

Jenis Beban	Fx (kN)	Fy (kN)
V Statik X	7625,01	0

V Statik Y	0	7625,01
V Dinamik X	7625	2088,03
V Dinamik Y	2195,12	7624,9805

Tabel 10. Gaya Geser Dasar Model Sistem Ganda 1

Jenis Beban	Fx (kN)	Fy (kN)
V Statik X	8698,61	0
V Statik Y	0	8698,61
V Dinamik X	8698,58	277,29
V Dinamik Y	324,83	8698,59

Tabel 11. Gaya Geser Dasar Model Sistem Ganda 2

Jenis Beban	Fx (kN)	Fy (kN)
V Statik X	8793,64	0
V Statik Y	0	8793,64
V Dinamik X	8793,60	2980,17
V Dinamik Y	2685,83	8793,62

Tabel 12. Gaya Geser Dasar Model Sistem Ganda 3

Jenis Beban	Fx (kN)	Fy (kN)
V Statik X	8775,78	0
V Statik Y	0	8775,78
V Dinamik X	8775,74	1465,1034
V Dinamik Y	1433,812	8775,74

c. Displacement

Terdapat perubahan *displacement* antara model SRPMK dengan model sistem ganda yang disajikan pada tabel 13, 14, 15 dan 16.

Tabel 13. Displacement SRPMK

Lt	Displacement (δe) (SRPMK)	
	δex	δey
7	41,042	35,983
6	37,880	33,285
5	32,931	28,994
4	26,555	23,410
3	18,984	16,756
2	10,924	9,664
1	3,677	3,312

Tabel 14. Displacement Sistem Ganda 1

Lt	Sistem Ganda 1		Persentase perubahan	
	δex	δey	%	%
7	43,715	30,839	7%	-14%
6	39,335	28,089	4%	-16%
5	33,509	24,145	2%	-17%
4	26,512	19,246	0%	-18%
3	18,629	13,576	-2%	-19%
2	10,547	7,692	-3%	-20%
1	3,503	2,575	-5%	-22%

Tabel 15. Displacement Sistem Ganda 2

Lt	Sistem Ganda 1		Persentase perubahan	
	δex	δey	%	%

7	37,381	35,023	-9%	-3%
6	33,876	31,727	-11%	-5%
5	28,752	27,224	-13%	-6%
4	22,677	21,615	-15%	-8%
3	15,918	15,285	-16%	-9%
2	9,051	8,783	-17%	-9%
1	3,028	3,063	-18%	-8%

Tabel 16. Displacement Sistem Ganda 3

Lt	Sistem Ganda 1		Persentase perubahan	
	δex	δey	%	%
7	35,499	28,900	-14%	-20%
6	31,487	25,958	-17%	-22%
5	26,214	22,158	-20%	-24%
4	20,276	17,496	-24%	-25%
3	13,961	12,263	-26%	-27%
2	7,781	6,943	-29%	-28%
1	2,540	2,351	-31%	-29%

Setelah dilakukan pengecekan *displacement*, sebagian besar nilai *displacement* cenderung menurun karena adanya dinding geser. Penurunan *displacement* terbesar terdapat pada model Sistem Ganda 3 arah X sebesar 31% dan arah Y sebesar 29%. Namun, di beberapa lantai juga ditemukan adanya peningkatan *displacement*. Pada Model Sistem Ganda 1 terjadi peningkatan nilai *displacement* arah X dari lantai 4-7 dengan peningkatan tertinggi sebesar 7%. Untuk arah Y seluruh lantai mengalami penurunan *displacement*. Sedangkan untuk Model Sistem Ganda 2 dan 3 baik arah X maupun Y sudah mengalami penurunan *displacement*.

d. Simpangan Antar Tingkat

Penentuan dan batasan simpangan antar lantai terdapat dalam pasal 7.8.6 SNI 1726:2019. Penentuan simpangan antar tingkat desain (Δ) wajib dihitung sebagai perbedaan simpangan pada pusat massa di atas dan di bawah tingkat yang ditinjau. Simpangan pusat massa di tingkat-x (δ_x) (mm) harus ditentukan berdasarkan persamaan berikut:

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} < \Delta a$$

C_d = Faktor pembesaran defleksi

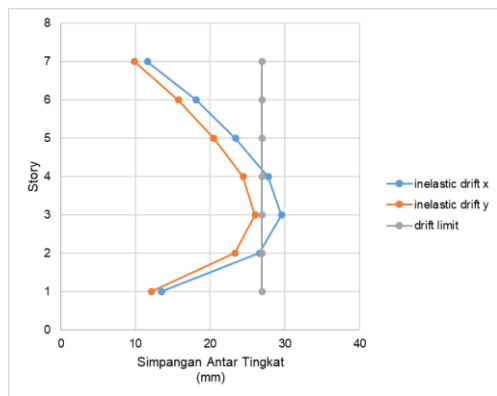
δ_{xe} = defleksi pada lokasi elastis

I_e = Faktor keutamaan gempa

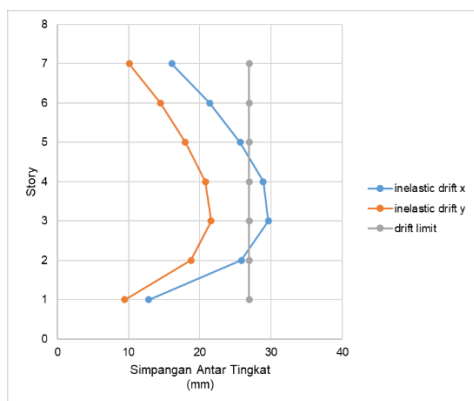
Δa = simpangan izin

Sedangkan untuk syarat simpangan antar lantai izin sesuai tabel 20 pada SNI 1726-2019, $\Delta a = 0,01h$. Berikut merupakan

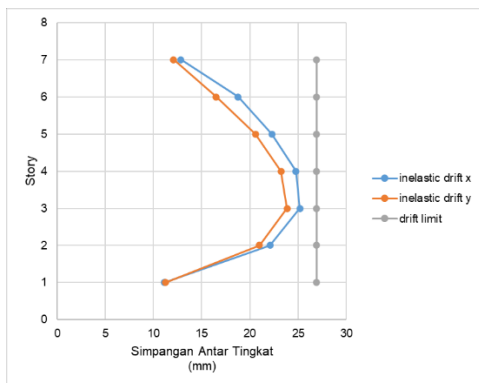
grafik simpangan antar tingkat pada keempat model.



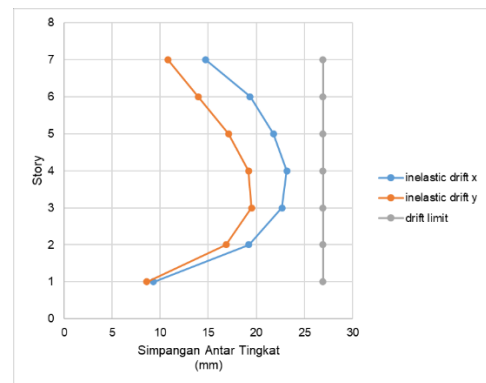
Gambar 8. Grafik Simpangan Model SRPMK



Gambar 9. Grafik Simpangan Model Sistem Ganda 1



Gambar 10. Grafik Simpangan Model Sistem Ganda 2



Gambar 11. Grafik Simpangan Model Sistem Ganda 3

Keberadaan dinding geser cenderung menyebabkan penurunan pada nilai simpangan. Dari keempat model, penurunan simpangan terbesar di arah X terjadi di model Sistem Ganda 3 sebesar 31% dan arah Y sebesar 29%. Namun, penempatan dinding geser juga menyebabkan peningkatan pada nilai simpangan. Peningkatan simpangan terbesar terjadi pada model Sistem Ganda 1 arah X sebesar 39% dan arah Y sebesar 22%. Kemudian, dari keempat model, model Sistem Ganda 2 dan 3 memenuhi simpangan izin, sedangkan model SRPMK dan model Sistem Ganda 1 terdapat 2 lantai nilai simpangan yang melampaui nilai simpangan izin.

e. P-Delta

P-delta adalah momen yang diperoleh dengan mengalikan gaya akibat berat struktur dan beban aksial yang diterapkan (P) dengan defleksi orde pertama, Δ atau δ . Menurut SNI 1726:2019 pasal 7.8.7, pengaruh P-delta terhadap geser tingkat dan momen, gaya dan momen elemen struktur yang dihasilkan, dan simpangan antar tingkat tidak perlu diperhitungkan bila koefisien stabilitas (θ) sesuai pada persamaan di bawah ini

$$\theta = \frac{P_x \Delta I_e}{V_x h_{sx} C_d}$$

Keterangan:

- P_x = Beban desain vertikal total
- Δ = Simpangan desain (mm)
- I_e = Faktor keutamaan gempa
- V_x = Gaya geser seismik (kN)
- h_{sx} = Tinggi tingkat (mm)
- C_d = Faktor pembesaran defleksi

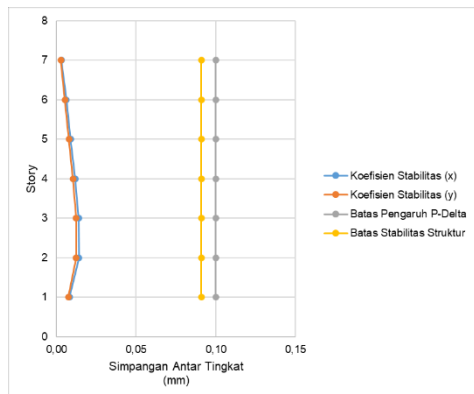
Koefisien stabilitas (θ) harus kecil sama dari nilai θ_{max} seperti persamaan di bawah ini:

$$\theta_{max} = \frac{0,5}{\beta C_d} \leq 0,25$$

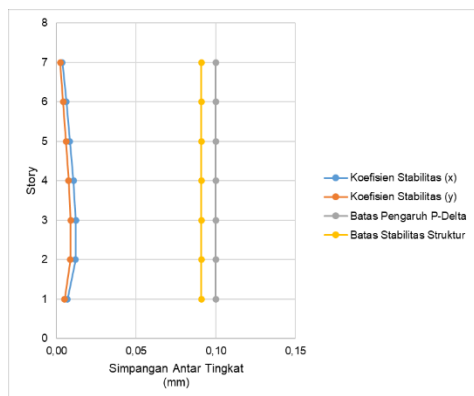
Keterangan:

β = Rasio kapasitas geser terhadap kapasitas geser

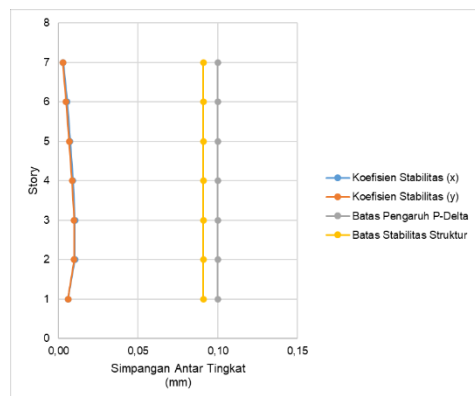
Setelah dilakukan pengecekan P-Delta, diperoleh hasil pada grafik gambar 12 sampai gambar 15.



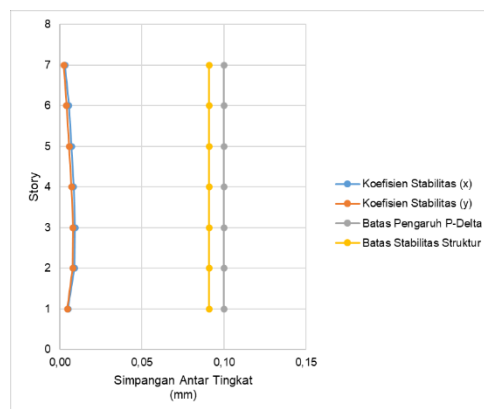
Gambar 12. Grafik P-Delta SRPMK



Gambar 13. Grafik P-Delta Sistem Ganda 1



Gambar 14. Grafik P-Delta Sistem Ganda 2



Gambar 15. Grafik P-Delta Sistem Ganda 3

Berdasarkan pengecekan p-delta di keempat model, nilai koefisien stabilitas (θ) arah X maupun Y lebih kecil daripada batas pengaruh P-Delta sebesar 0,1 dan batas stabilitas struktur (θ_{max}) sebesar 0,0909, sehingga keempat model struktur baik tanpa dinding geser maupun dengan dinding geser dapat dikatakan aman dan stabil.

f. Ketidakberaturan Torsi

Menurut SNI 1726:2019, ketidakberaturan torsi 1a perlu dipertimbangkan jika simpangan antar tingkat maksimum yang dihitung termasuk akibat torsi tak terduga dengan $A_x = 1$ di salah satu ujung struktur melintang terhadap suatu sumbu adalah lebih dari 1,2 kali simpangan antar tingkat rata – rata di kedua ujung struktur. Sementara itu, ketidakberaturan 1b dinyatakan ada jika simpangan antar tingkat maksimum yang dihitung termasuk akibat torsi tak terduga dengan $A_x = 1$ di salah satu ujung struktur melintang terhadap suatu sumbu adalah lebih dari 1,4 kali simpangan antar tingkat rata – rata di kedua ujung struktur. Berikut merupakan pengecekan ketidakberaturan torsi pada keempat model pada tabel 17 sampai tabel 20.

Tabel 17. Ketidakberaturan Torsi SRPMK

Lt	Arah X		Arah Y	
	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek
7	1,068	OK	1,15	OK
6	1,113	OK	1,154	OK
5	1,124	OK	1,156	OK
4	1,121	OK	1,157	OK
3	1,119	OK	1,156	OK
2	1,118	OK	1,147	OK
1	1,135	OK	1,135	OK

Tabel 18. Ketidakberaturan Torsi Sistem Ganda 1

Lt	Arah X		Arah Y	
	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek
7	1,088	OK	1,152	OK
6	1,086	OK	1,152	OK
5	1,057	OK	1,149	OK
4	1,023	OK	1,147	OK
3	1,01	OK	1,143	OK
2	1,038	OK	1,132	OK
1	1,062	OK	1,121	OK

Tabel 19. Ketidakberaturan Torsi Sistem Ganda 2

Lt	Arah X		Arah Y	
	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek
7	1,036	OK	1,195	OK
6	1,131	OK	1,077	OK
5	1,174	OK	1,013	OK
4	1,195	OK	1,079	OK
3	1,213	H.1a	1,138	OK
2	1,224	H.1a	1,19	OK
1	1,225	H.1a	1,192	OK

Tabel 20. Ketidakberaturan Torsi Sistem Ganda 3

Lt	Arah X		Arah Y	
	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek
7	1,046	OK	1,178	OK
6	1,101	OK	1,069	OK
5	1,117	OK	1,012	OK
4	1,119	OK	1,069	OK
3	1,122	OK	1,121	OK
2	1,118	OK	1,168	OK
1	1,1	OK	1,169	OK

Setelah dilakukan pengecekan ketidakberaturan torsi, hanya model Sistem Ganda 3 yang mengalami ketidakberaturan 1a. Untuk model SRPMK, model Sistem Ganda 1 dan 3 dinyatakan aman dari ketidakberaturan torsi.

- g. Pengecekan Syarat Sistem Ganda
 Dalam pasal 7.2.5.1 SNI 1726:2019 dijelaskan bahwa sistem rangka pemikul momen (SRPM) dengan sistem ganda harus dapat memikul beban gempa minimal 25% dari beban gempa keseluruhan pada struktur. Pengecekan ini dilakukan dengan perbandingan tinjauan arah X dan Y terhadap beban gempa yang diterima oleh elemen rangka pemikul momen dengan beban gaya keseluruhan. Berikut merupakan pengecekan syarat system ganda pada tabel 21 sampai tabel 24.

Tabel 21. Syarat Sistem Ganda 1

Elemen	Gaya Gempa (kN)	
	X	Y
Keseluruhan	7156,84	6810,05
Dinding Geser	1486,27	1715,24
Rangka (min 25%)	5670,57	5094,81
Elemen	Persentase (%)	
	X	Y
Keseluruhan	100%	100%
Dinding Geser	20,77%	25,19%
Rangka (min 25%)	79,23%	74,81%

Tabel 22. Syarat Sistem Ganda 2

Elemen	Gaya Gempa (kN)	
	X	Y
Keseluruhan	6599	7159,51
Dinding Geser	1923,2	2026,97
Rangka (min 25%)	4675,8	5132,54
Elemen	Persentase (%)	
	X	Y
Keseluruhan	100%	100%
Dinding Geser	29,14%	28,31%
Rangka (min 25%)	70,86%	71,69%

Tabel 23. Syarat Sistem Ganda 3

Elemen	Gaya Gempa (kN)	
	X	Y
Keseluruhan	6764,6	7011,44
Dinding Geser	3109,44	3023,4
Rangka (min 25%)	3655,16	3988,04
Elemen	Persentase (%)	
	X	Y
Keseluruhan	100%	100%
Dinding Geser	45,97%	43,12%
Rangka (min 25%)	54,03%	56,88%

Berdasarkan pengecekan syarat sistem ganda, semua model sistem ganda telah memenuhi syarat, dimana rangka telah mampu memikul minimal 25% gaya gempa sesuai SNI 1726:2019 pasal 7.2.5.1.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari pembahasan mengenai analisis perbandingan penempatan dinding geser, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Setelah dilakukan perbandingan parameter dinamik struktur pada setiap model penempatan dinding geser, model Sistem Ganda 3 (penempatan *core wall* dan *frame wall*) merupakan model yang memenuhi semua syarat di setiap parameter dinamik struktur sesuai SNI 1726:2019.
2. Penempatan dinding geser dapat menimbulkan perubahan berupa penurunan nilai *displacement* pada struktur. Penurunan *displacement* terbesar terdapat pada model Sistem Ganda 3 arah X sebesar 14% hingga 31% dan arah Y sebesar 20% hingga 29%. Namun, di model lain terkhusus di beberapa lantai juga ditemukan adanya peningkatan *displacement*. Pada Model Sistem Ganda 1 terjadi peningkatan nilai *displacement* arah X dari lantai 4-7 dengan peningkatan tertinggi sebesar 7% dan untuk arah Y seluruh lantai mengalami penurunan *displacement*. Sedangkan untuk Model Sistem Ganda 2 dan 3 baik arah X maupun Y seluruh lantai telah mengalami penurunan *displacement*.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. (2024). Jumlah Penduduk Kota Padang. Diambil pada tanggal 21 Mei 2024 dari <https://padangkota.bps.go.id/id/statistics-table/2/MzUwIzI=/jumlah-penduduk.html>
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung dan Nongedung, SNI 1726-2019. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2020). Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung Dan Struktur Lain. Jakarta: BSN.
- Juliafad, E., Gokon, H., & Putra, R. R. (2021). Defect Study on Single Storey Reinforced Concrete Building In West Sumatra: Before And After 2009 West Sumatra Earthquake. *GEOMATE Journal*, 20(77), 205-212. <https://doi.org/10.21660/2020.77.ICEE03>
- Juliafad, E., Meguro, K., & Gokon, H. (2017). Study on The Environmental System Towards The Development Of Assessment Tools for Disaster Reduction Of Reinforced Concrete Building due to Future Mega-Earthquake in Padang City, Indonesia. *Seisan-Kenkyu*, 69(6), 351-355. <https://doi.org/10.11188/seisankenkyu.69.351>
- Pinanggih, Y., & Yogaswara, D. (2023). Analisis Dilatasi pada Beton Bertulang Studi Kasus Rumah Sakit Limbangan. *Jurnal Konstruksi*, 21(1), 20–29. <https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.21-1.1240>
- Pramono, P., Widjaja, B., Herina, S., Sri Lestari, A., Lim, A., Rustiani, S., Wiguna, S., & Hapsari, V. (2014). Kajian geoteknik infrastruktur untuk Kota Padang menghadapi ancaman gempa dan tsunami. Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Universitas Katolik Parahyangan.
- Putri, R., & Juliafad, E. (2024). Deformasi Horizontal Struktur Beton Bertulang Bertingkat Rendah Dengan Menggunakan Dinding Bata Ringan. *Jurnal Applied Science in Civil Engineering*, 5(1), 40-48. <https://doi.org/10.24036/asce.v5i1.100283>
- Rifa, B., & Juliafad, E. (2024). Evaluasi Struktur Bangunan Shelter Tsunami Di Lingkungan Universitas Negeri Padang. *Jurnal Applied Science in Civil Engineering*, 5(1), 20-27. <https://doi.org/10.24036/asce.v5i1.100483>
- Rizki, M. W. (2016). Efek penambahan shear wall berbentuk L pada bangunan Rusunawa Unand Skripsi. Universitas Andalas
- Tohari, A., & Wardhana, D. D. (2018). Mikrozonasi seismik wilayah Kota Padang berdasarkan pengukuran mikrotremor. *Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan*, 28(2), 205–220. <https://doi.org/10.14203/risetgeotam2018.v28.984>
- Wani, F. M., Vemuri, J., Rajaram, C., & Babu R, D. V. (2022). Effect of soil structure interaction on dynamic response of reinforced concrete structures. *Natural Hazards Research*, 2(2), 304–315. <https://doi.org/10.1016/j.nhres.2022.11.002>
- Wibowo, L. S. B., & Zebua, D. (2021). Analisis Pengaruh Lokasi Dinding Geser Terhadap Pergeseran Lateral Bangunan Bertingkat Beton Bertulang 5 Lantai. *Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan Dan Rekayasa Sipil*, 4(01), 16-20. <https://doi.org/10.25139/jprs.v4i1.3490>
- Yulita, T., Lubis, C. T., & Hidayat, A. S. E. (2023). Penentuan Premi Murni Di Kabupaten Kepahiang Provinsi Bengkulu Dengan Memperhitungkan Peluang Kejadian Gempa Bumi Dan Rasio Kerusakan Bangunan. *VARIANCE: Journal of Statistics and Its Applications*, 5(2), 147–158. <https://doi.org/10.30598/variancevol5iss2page147-158>

Yusmar, F., Rezki, D., & Juliafad, E. (2022). Parameter Dinamik Struktur Base Isolation Dan Fixed Base Pada Gedung Bertingkat Sedang di Kota Padang. *CIVED*, 9(2), 158-165.