

Kinerja Beban Seismik Arah Tegak Lurus Akselerasi Respons Spektrum Pada Bangunan Gedung Tidak Beraturan Vertikal Berdasar SNI-1726-2019 Studi Kasus Kota Baubau

Muhammad Abdu^{1,*}

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Buton, Baubau¹

Koresponden*, Email: abdumuhammad54744531@gmail.com

Info Artikel		Abstract
Diajukan	19 Juli 2024	Buildings with vertical irregularities for high-rise buildings that are included in the spectral response analysis require special attention in the seismic load analysis, especially related to the direction perpendicular to the spectral acceleration response. It is important to review the loads perpendicular to the acceleration direction by analyzing the performance of seismic loads in the direction perpendicular to the spectral acceleration response with the help of software, compared to the load combinations based on the provisions of SNI 1726:2019. The case study in this research is taken from a vertical building in Baubau City, Indonesia. The method used is the spectral response analysis in accordance with the provisions of SNI 1726:2019. Furthermore, an analysis is carried out to evaluate the effect of vertical irregularity on the shear force perpendicular to the acceleration. The research results show that the vertical irregularity in the building structure in Baubau City has an influence on the shear force perpendicular to the acceleration. Earthquake loads in the perpendicular direction result in a significant increase or decrease in the forces, more than what is determined by the SNI 1726:2019 standard which only accounts for 30%. Therefore, in determining the structural combination, the analysis of the shear force perpendicular to the direction considered in the dynamic spectral response load must be carried out to see the effect of the combination used, whether adjustments are necessary or not.
Diperbaiki	18 Juni 2024	
Disetujui	09 Januari 2024	

Keywords: seismic loads, response spectrum, vertical irregularity

Abstrak
Bangunan gedung dengan ketidakberaturan vertikal untuk bangunan tinggi yang masuk dalam analisis respons spektrum memerlukan perhatian khusus dalam analisis beban seismik, terutama terkait dengan arah tegak lurus akselerasi respons spektrum. Hal ini penting untuk meninjau beban tegak lurus arah akselerasi dengan menganalisis kinerja beban seismik arah tegak lurus akselerasi respons spektrum dengan bantuan perangkat lunak, dibandingkan dengan kombinasi beban berdasarkan ketentuan SNI 1726:2019. Studi kasus dalam penelitian ini diambil dari bangunan vertikal di Kota Baubau, Indonesia. Metode yang digunakan adalah analisis respons spektrum sesuai dengan ketentuan SNI 1726:2019. Selanjutnya, dilakukan analisis untuk mengevaluasi pengaruh ketidakberaturan vertikal terhadap gaya geser tegak lurus akselerasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketidakberaturan vertikal pada struktur bangunan gedung di Kota Baubau memberikan pengaruh terhadap gaya geser tegak lurus akselerasi. Beban gempa pada arah tegak lurus menghasilkan peningkatan atau penurunan gaya yang cukup besar, lebih dari yang ditentukan oleh standar SNI 1726:2019 yang memperhitungkan 30% saja. Oleh karena itu, dalam menentukan kombinasi struktur, analisis gaya geser tegak lurus dari arah yang ditinjau dalam beban dinamik respons spektrum harus dilakukan untuk melihat efek dari kombinasi yang digunakan, apakah perlu dilakukan penyesuaian atau tidak.

Kata kunci: beban seismik, respons spektrum, ketidakberaturan vertikal,

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu negara dengan kondisi yang sering terjadi gempa dikarenakan berada pada area yang dikelilingi oleh lempeng bumi di mana Indonesia ini di kelilingi empat lempeng yaitu lempeng Australia, lempeng Eurasia, lempeng Filipina dan lempeng Pasifik. Pada tahun 2023 ini gempa bumi sudah terjadi sampai 5 kali yaitu pada tanggal 9 Januari di Maluku, 9 Februari 2023 di Papua, 14 April di Jawa Timur, 25 April di Sumatra barat dan terakhir

pada tanggal 30 Juni di Yogyakarta [1]. Gempa bumi merupakan salah satu pengaruh terbesar yang dapat mengakibatkan kerusakan pada bangunan, baik gedung, jembatan, maupun bangunan lainnya. Oleh karena itu, gempa bumi menjadi bagian penting dalam analisis beban seismik, sehingga diperlukan upaya untuk merancang struktur dengan kinerja yang baik ketika bangunan mengalami guncangan akibat gempa bumi. Perkembangan di bidang konstruksi dan teknologi dalam penanggulangan bencana akibat gempa

bumi yang terfokus pada infrastruktur telah mengalami kemajuan yang sangat baik dan pesat. Dalam permodelan dan analisis gempa bumi, penggunaan perangkat lunak (software) untuk pendekatan analisis sudah sangat efektif dalam membantu proses perancangan struktur yang tahan terhadap beban seismik. [2], [3]. Salah satu upaya untuk mengetahui batas kinerja struktur dalam analisis sebuah struktur dengan menggunakan bantuan perangkat lunak (software) adalah melalui metode analisis pushover. Dalam metode ini, beban lateral diberikan secara bertahap pada struktur bangunan gedung hingga terjadi keruntuhan pada pertemuan kolom dan balok, yang menjadi titik lemah dari struktur tersebut [4], [5].

Proses pergerakan atau terjadinya gempa bumi menyebabkan perubahan yang selalu terjadi. Hal ini menjadikan Indonesia salah satu negara dengan aturan standar perencanaan gedung yang selalu berubah, mengikuti perkembangan teknologi dalam upaya meningkatkan keakuratan penentuan kondisi perkiraan gaya gempa. Salah satu contoh perkembangan teknologi yang berpengaruh adalah kemampuan dalam menentukan perubahan dan pergeseran lempeng bumi, yang digunakan untuk memperbarui peta kerawanan gempa[6], [7].

Perubahan peta gempa dan aturan analisis bangunan tahan gempa tidak selamanya menghasilkan peningkatan gaya gempa, tetapi ada juga yang mengalami penurunan gaya gempa akibat perubahan tersebut. Hal ini merupakan salah satu cara pemutakhiran yang serius dalam menentukan pengaruh gempa terhadap struktur. Salah satu penyebab penurunan kinerja struktur adalah geometri bangunan yang tidak teratur, baik secara vertikal maupun horizontal[8], [9]. Salah satu upaya untuk menjaga kinerja struktur agar lebih baik adalah dengan mengatur geometri bangunan dan menambahkan perkuatan, seperti dinding geser, *base isolation*, atau model lain yang dapat menahan atau mengurangi beban seismik akibat gempa bumi[10], [11]

Dalam analisis beban gempa pada suatu struktur bangunan, beban gempa biasanya dimodelkan dalam dua arah, yaitu arah sumbu X (longitudinal) dan arah sumbu Y (transversal). struktur harus diatur pada kombinasi beban gempa sumbu X 100% + sumbu Y 30%, dan sebaliknya sumbu Y 100% + sumbu X 30% [12]. Tujuan dari kombinasi beban gempa ini adalah untuk memastikan bahwa struktur bangunan dapat menahan beban gempa yang mungkin terjadi dari berbagai arah, sehingga dapat memberikan keamanan yang memadai bagi pengguna bangunan. Analisis respons spektrum merupakan metode untuk menentukan respons struktur terhadap beban seismik. Dalam analisis respons spektrum, beban gempa yang terjadi akibat pergerakan struktur berdasarkan model struktur secara otomatis

terbentuk dalam dua arah, yaitu arah pergerakan maupun arah tegak lurus dari arah akselerasi. Pada analisis respons spektrum, beban gempa tidak hanya terjadi pada satu arah saja (misalnya arah sumbu X atau sumbu Y), tetapi terbentuk secara otomatis dalam dua arah yang saling tegak lurus. Hal ini disebabkan karena analisis respons spektrum mempertimbangkan model struktur secara tiga dimensi, sehingga pergerakan struktur akibat beban gempa tidak hanya terjadi pada satu arah, tetapi terjadi pada dua arah yang saling tegak lurus. Dengan demikian, dalam analisis respons spektrum, beban gempa yang terjadi akibat pergerakan struktur akan membentuk dua arah beban, yaitu arah yang sesuai dengan input akselerasi dan arah tegak lurus terhadap input akselerasi tersebut. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa struktur mampu menahan beban gempa dari berbagai arah yang mungkin terjadi.[13], [14], [15]

Dalam kombinasi beban gempa nilai faktor kombinasi beban yang digunakan yaitu 100% arah yang digunakan serta 30% arah tegak lurusnya sedangkan pada analisis respon spektrum beban gempa arah tegak lurus sudah terbentuk sehingga ada kemungkinan 30% yang diisyaratkan pada arah tegak lurus dalam kombinasi mengalami penurunan Gaya yang mengakibatkan tidak terpenuhinya lagi syarat arah tegak lurus karena adanya beban tegak lurus yang muncul berlawanan arah dari nilai kombinasi tegak lurusnya sehingga sangat perlu dilakukan pengkajian apakah tidak beraturan struktur mempunyai pengaruh terhadap pembesaran terhadap beban tegak lurus arah yang ditinjau, dan serta beban tegak lurus dari arah akselerasi mengalami peningkatan atau penurunan dan perlu di perhatikan dalam menentukan kombinasi karena efek dari peningkatan atau penurunan dari akselerasi yang sudah di syaratkan dalam SNI-1726-2019.

2. Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode analisis struktur bangunan dengan respons spektrum. Objek penelitian adalah bangunan gedung tidak beraturan secara vertikal di wilayah Kota Baubau. Perangkat Lunak (Software) yang Digunakan Penelitian ini akan memanfaatkan perangkat lunak elemen hingga (finite element) berupa software ETABS untuk pemodelan dan analisis struktur bangunan. Variabel independen berupa Beban seismik arah tegak lurus akselerasi respons spektrum, geometri bangunan tidak beraturan vertikal. Variabel dependen yang dianalisis berupa Respons struktur, seperti gaya dalam, deformasi, dan indikator kinerja struktur.

a. Tahapan Penelitian:

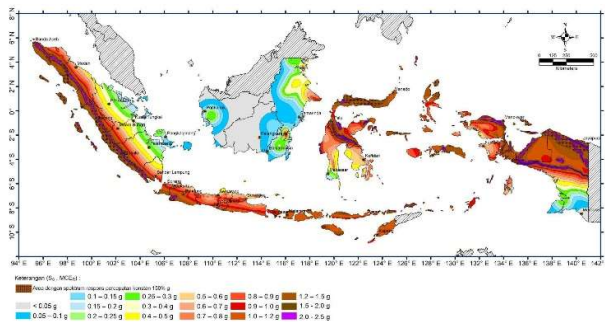
- 1) Pengumpulan data geometri, material, dan parameter bangunan gedung tidak beraturan vertikal di Kota Baubau.
- 2) Pemodelan struktur bangunan menggunakan perangkat lunak elemen hingga.
- 3) Penentuan beban seismik berdasarkan SNI-1726-2019, berupa respons spektrum dengan nilai diagram terlihat pada Error! Reference source not found..
- 4) Analisis struktur dengan metode respons spektrum untuk mengevaluasi kinerja struktur.
- 5) Analisis perbandingan kinerja struktur antara beban seismik arah utama dan arah tegak lurus.

b. Teknik Analisis Data:

- 1) Analisis numerik respons struktur berupa gaya geser
- 2) Interpretasi hasil analisis untuk mengevaluasi kinerja struktur terhadap beban seismik.
- 3) Analisis statistik untuk membandingkan kinerja struktur pada beban seismik arah utama dan arah tegak lurus dan efek dari beban seismik terhadap kombinasi beban.

c. Data Penelitian

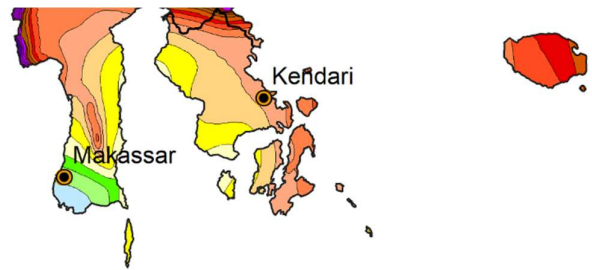
- 1) Jenis tanah
Jenis tanah yang di analisis merupakan tanah Lunak (SE)
- 2) Lokasi
Penelitian Berada di kota baubau dengan Koordinat Lintang : -5,484739275 dan Bujur : 122,5844628,
- 3) Peta Gempa
Peta gempa merupakan gambaran tentang Percepatan Gempa pada periode Pendek dan periode 1 detik dengan menggambarkan warna sebagai bagian dari pembagian wilayah dan risiko dari besarnya dampak akibat gempa bumi dan dalam penentuan nilai-nilai faktor dan parameter untuk kebutuhan analisis bangunan tahan gempa sudah di cantumkan pada peraturan SNI 1726:2019 menggunakan Peta gempa tahun 2017 [6].



Gambar 1. Peta Gempa 2017 Parameter Percepatan Ss [6]

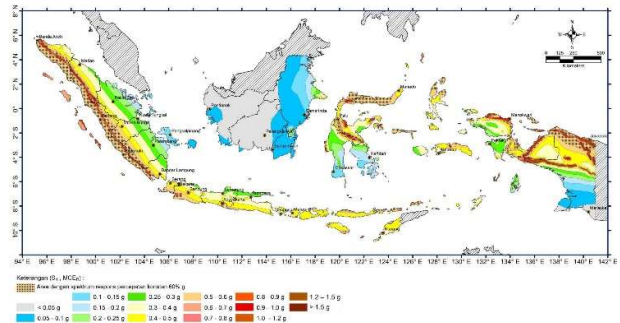
Gambar 1 menjelaskan tentang parameter gerak tanah, Ss untuk spektrum respons 0,2 detik dengan nilai redaman kritis 5% di mana pembagian area dari percepatan periode pendek (Ss) dengan gambaran masing-masing warna sudah ditentukan nilainya dengan nilai terkecil < 0,05g dan terbesar

2,5g sehingga untuk peta kota baubau bisa dilihat pada **Gambar 2.**



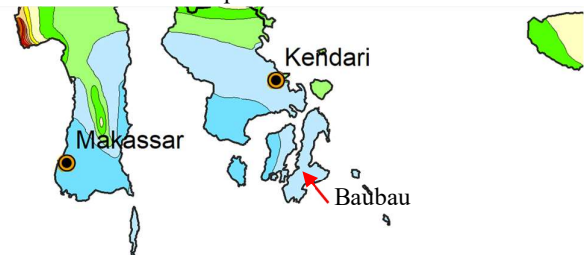
Gambar 2. titik Lokasi Kota baubau peta Ss [6]

Berdasarkan Peta gempa yang ada pada Gambar 1 untuk wilayah kota Baubau, berdasarkan warna dan keterangan peta gempa maka percepatan periode pendek (Ss) berada antara 0,6g-0,7g sehingga nilai percepatan periode pendek yang ditentukan yaitu $S_s = 0,64$.



Gambar 3. Peta Gempa 2017 Parameter Percepatan S1 [6]

Pada **Gambar 3** menjelaskan tentang parameter gerak tanah, S1 untuk spektrum respons 0,2 detik dengan nilai redaman kritis 5% di mana pembagian area dari percepatan periode 1 detik (Ss) ditentukan berdasarkan warna dengan nilai terkecil < 0,05g dan terbesar >1,5g sehingga untuk peta kota Baubau bisa dilihat pada **Gambar 4:**



Gambar 4. titik Lokasi Kota baubau peta S1[6]

Berdasarkan Peta gempa **Gambar 3** untuk wilayah kota Baubau, berdasarkan warna dan keterangan peta gempa maka percepatan periode 1 detik (Ss) berada antara 0,15g-0,2g sehingga nilai percepatan periode 1 detik yang ditentukan yaitu $S_s = 0,17$.

4) Penentuan Faktor Parameter beban seismik Respons spektrum

Tabel 1. Koefisien situs Fa

Kelas Situs	Parameter respon spektral percepatan gempa (MCER) terpetakan pada periode pendek, T = 0,2 detik, Ss					
	Ss ≤ 0,25	Ss = 0,5	Ss = 0,75	Ss = 1	Ss = 1,2	Ss ≥ 1,5
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF	SS(a)					

Keterangan: Fa = Parameter respon spektral percepatan gempa (MCER) terpetakan pada periode pendek, T = 0,2 detik, Ss [6]

Berdasarkan Tabel 1 dengan nilai Ss = 0,64 dan S1 = 0,17 dan jenis tanah SE maka koefisien Fa dengan nilai interpolasi didapat 1,46

Tabel 2. Koefisien situs Fv

Kelas Situs	Parameter respon spektral percepatan gempa (MCER) terpetakan pada periode pendek, T = 1 detik, S1					
	S1 ≤ 0,1	S1 = 0,2	S3 = 0,3	S4 = 0,4	S5=0,5	S5≥0,6
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	0,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4	2,0
SF	SSa					

Keterangan: Fa = Parameter respon spektral percepatan gempa (MCER) terpetakan pada periode pendek, T = 1 detik, S1 [6]

Berdasarkan Tabel 2 dengan nilai Ss = 0,64 dan S1 = 0,17 dan jenis tanah SE maka koefisien Fv dengan nilai interpolasi didapat 3,29

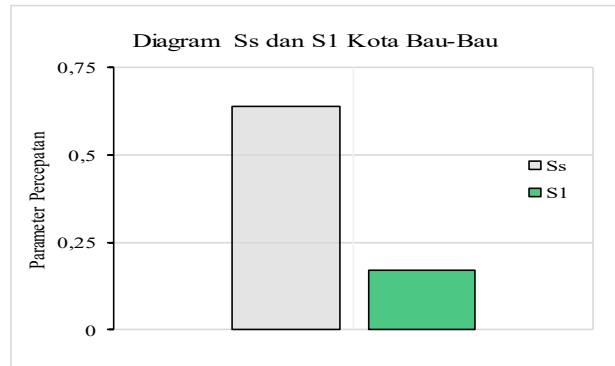
Tabel 3. Parameter Untuk Beban Seismik kota baubau

Aturan	Ss	S1	Fa SE	Fv SE
SNI 1726:2019	0,64	0,17	1,46	3,29

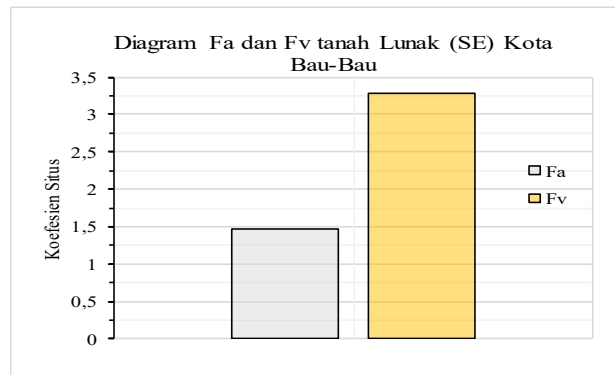
Ss : parameter respons spektral percepatan gempa MCERperiode pendek;

S1 : parameter respons spektral percepatan gempa MCER periode 1,0 detik.

SE : Jenis Tanah Lunak



Gambar 5. Diagram Ss dan S1 Kota baubau



Gambar 6. Diagram Fa dan Fv Kota-baubau

5) respons spektral percepatan pada periode pendek (SMS)

$$\begin{aligned} SMS &= Fa * Ss \\ &= 1,46 * 0,64 \\ &= 0,9344 \end{aligned}$$

6) respons spektral percepatan pada periode 1 detik (SM1)

$$\begin{aligned} SM1 &= Fv * S1 \\ &= 3,29 * 0,17 \\ &= 0,5593 \end{aligned}$$

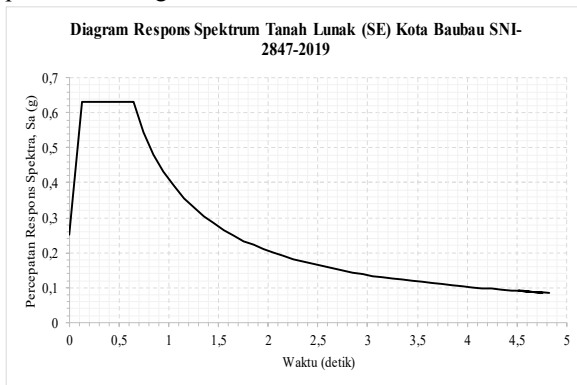
7) Parameter percepatan spektral desain

$$\begin{aligned} SDS &= 2/3 SMS \\ &= 2/3 * 0,9344 \\ &= 0,623 \\ SD1 &= 2/3 SM1 \\ &= 2/3 * 0,5593 \\ &= 0,3729 \end{aligned}$$

8) Model Respons Spektrum Beban Seismik

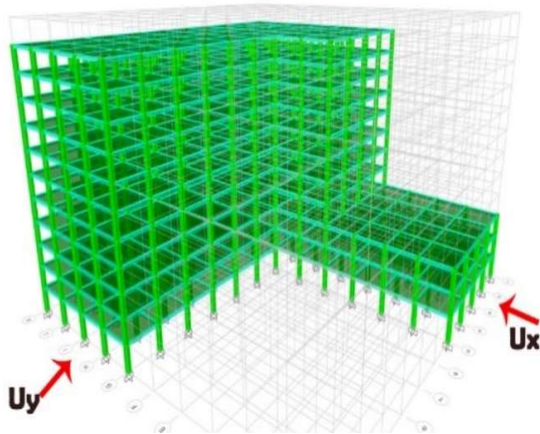
Analisis dinamis bertujuan untuk mengetahui partisi gaya geser akibat gerakan tanah yang disebabkan oleh gempa bumi dan dapat dilakukan dengan menganalisis spektrum respons yang berbeda. Partisi level gaya geser dimaksudkan untuk menggantikan partisi gaya geser dasar akibat gempa di sepanjang ketinggian bangunan dalam analisis beban statik ekuivalen[17], [18], [19].

adapun respon spektrum yang digunakan dalam penelitian sebagai berikut :



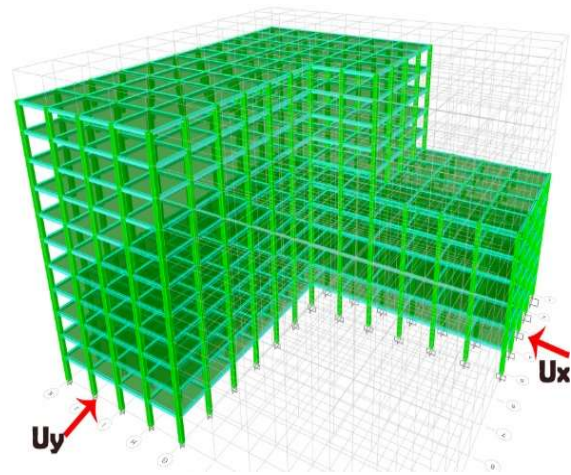
Gambar 7. Diagram Respons Spektrum Tanah Keras

9) Model Geometri Gedung pada Software Etabs
 Dalam analisis ini, tiga model geometri bangunan digunakan, yaitu SV1, SV2, dan SV3. Model-model ini mewakili bangunan berbentuk L dengan salah satu bagian menghadap arah x yang diatur ketidakteraturan vertikalnya. Perangkat lunak yang digunakan untuk pemodelan adalah software ETABS. Bagian struktur berupa balok dan kolom dimodelkan sebagai frame, sementara plat dimodelkan sebagai shell. Anda dapat melihatnya pada **Gambar 8.** Model SV1



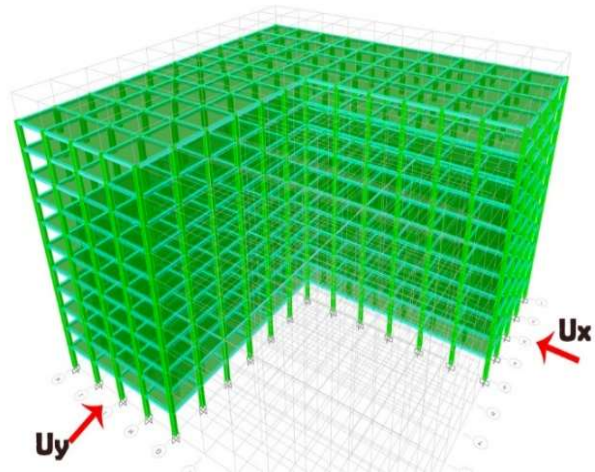
Gambar 8. Model SV1

Pada Model SV1 jumlah tingkat maksimum pada arah Uy adalah 11 tingkat, sedangkan untuk arah Ux sebagian area hanya berjumlah 3 tingkat.



Gambar 9. Model SV2

Pada Model SV2 jumlah tingkat maksimum pada arah Uy adalah 11 tingkat, sedangkan untuk arah Ux sebagian area hanya berjumlah 6 tingkat.



Gambar 10. Model SV3

Pada Model SV3 jumlah tingkat maksimum pada arah Uy sama dengan jumlah pada arah Ux, yaitu 11 tingkat.

3. Hasil dan Pembahasan

Pada analisis struktur, setiap model menggunakan analisis dengan bantuan perangkat lunak Etabs di mana balok dan kolom dimodelkan sebagai frame, sedangkan plat dimodelkan sebagai shell. Untuk setiap model, baik MODEL SV1, Model SV2, maupun SV3, dianalisis berdasarkan beban dan parameter yang sudah dihitung dan ditentukan, dengan hasil analisis sebagai berikut:

a) Gaya Geser

Tabel 4. Gaya Geser Akselerasi arah x (Ux)

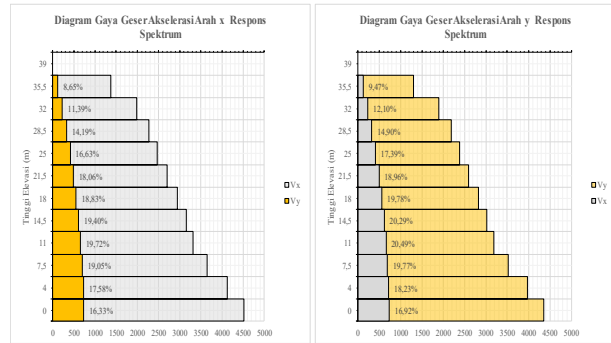
Elv m	Gaya Geser Akselerasi Arah x (Ux)					
	SV1		SV2		SV3	
	Vx kN	Vy kN	Vx kN	Vy kN	Vx kN	Vy kN
39	0	0	0	0	0	0
35,5	1371,2	118,6	1365,7	168,6	1612,7	9,0
32	1981,0	225,7	1972,4	332,2	2355,2	17,1
28,5	2270,0	322,0	2283,1	484,1	2759,3	24,0
25	2463,7	409,8	2542,9	621,7	3094,7	29,7
21,5	2701,8	487,8	2824,3	742,6	3453,0	34,6
18	2948,2	555,2	3185,8	879,9	3793,4	38,9
14,5	3148,4	610,7	3449,4	998,0	4064,3	42,7
11	3314,9	653,9	3665,2	1091,3	4294,4	46,1
7,5	3650,6	695,5	3955,9	1157,6	4579,4	48,8
4	4119,1	724,3	4368,9	1196,9	4959,9	50,6
0	4512,3	736,9	4732,3	1211,9	5289,9	51,3

Berdasarkan Tabel 4, untuk Gaya geser dasar pada model SV1, $V_x = 4512,3$ kN, sedangkan gaya geser arah tegak lurus yang terjadi, $V_y = 736,9$ artinya ada 15,33% gaya arah tegak lurus yang terjadi. Pada model SV2, $V_x = 4732,3$ kN, sedangkan gaya geser arah tegak lurus yang timbul, $V_y = 1211,9$ artinya ada 25,61% gaya arah tegak lurus yang terjadi. Untuk model SV3, $V_x = 5289,9$ kN, sedangkan gaya geser arah tegak lurus yang timbul, $V_y = 51,3$ artinya ada 0,97% gaya arah tegak lurus yang terjadi.

Tabel 5. Gaya Geser Akselerasi arah y (Uy)

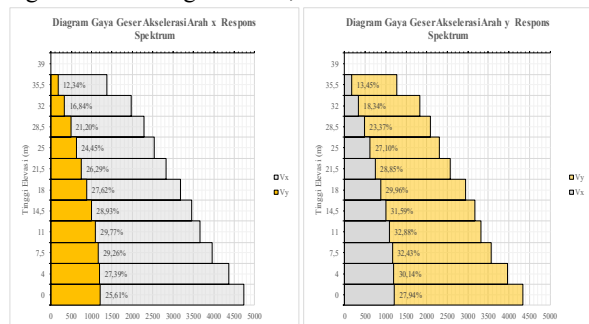
Elv m	Gaya Geser Akselerasi Arah y (Uy)					
	SV1		SV2		SV3	
	Vx kN	Vy kN	Vx kN	Vy kN	Vx kN	Vy kN
39	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
35,5	122,3	1292,0	171,3	1273,7	9,0	1612,7
32	228,9	1891,3	335,7	1830,5	17,1	2355,2
28,5	325,3	2183,6	487,0	2084,3	24,0	2759,3
25	413,0	2374,5	623,4	2300,7	29,7	3094,7
21,5	491,3	2590,6	742,4	2573,2	34,6	3453,0
18	557,9	2820,0	880,4	2938,2	38,9	3793,4
14,5	612,1	3016,8	998,6	3161,5	42,7	4064,3
11	653,4	3188,2	1091,6	3320,0	46,1	4294,3
7,5	695,3	3516,3	1157,7	3569,8	48,8	4579,4
4	724,3	3973,5	1196,9	3970,9	50,6	4959,9
0	736,9	4356,1	1211,8	4337,8	51,3	5289,9

Berdasarkan Tabel 4, untuk Gaya geser dasar pada model SV1, $V_y = 4356,1$ kN sedangkan gaya geser arah tegak lurus yang terjadi, $V_x = 736,9$ kN artinya terdapat 16,92% gaya arah tegak lurus yang terjadi. Pada model SV2, $V_y = 4337,8$ kN sedangkan gaya geser arah tegak lurus yang timbul, $V_x = 1211,8$ kN artinya terdapat 27,94% gaya arah tegak lurus yang terjadi. Untuk model SV3, $V_y = 5289,9$ kN sedangkan gaya geser arah tegak lurus yang timbul, $V_x = 51,3$ kN artinya terdapat 0,97% gaya arah tegak lurus yang terjadi. Informasi lebih lanjut dapat dilihat pada diagram batang berikutnya.



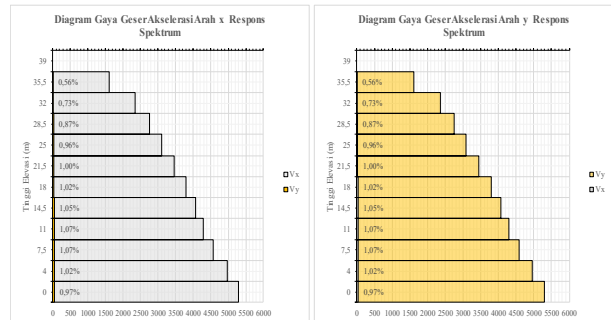
Gambar 11. Diagram Gaya Geser SV1

Berdasarkan Gambar 11, persentase gaya geser untuk Model SV1 di tingkat dasar untuk arah x adalah 16,33%, mencapai puncak pada tingkat ke-4 dengan nilai 19,72%, dan pada tingkat teratas dengan nilai 8,65%. Untuk arah y, persentase di dasar bangunan adalah 16,92%, mencapai maksimum di tingkat 4 dengan nilai 20,49%, dan pada tingkat teratas dengan nilai 9,47%.



Gambar 12. Diagram Gaya Geser SV2

Berdasarkan Gambar 12, persentase gaya geser untuk Model SV1 di tingkat dasar untuk arah x adalah 25,61%, mencapai puncak pada tingkat ke-4 dengan nilai 29,77%, dan pada tingkat teratas dengan nilai 12,34%. Untuk arah y, persentase di dasar bangunan adalah 27,94%, mencapai maksimum di tingkat 4 dengan nilai 32,88%, dan pada tingkat teratas dengan nilai 13,45%.



Gambar 13. Diagram Gaya Geser SV3

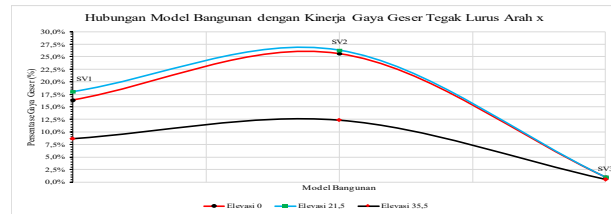
Berdasarkan Gambar 13, persentase gaya geser untuk Model SV1 di tingkat dasar untuk arah x sama dengan arah y

yaitu 0,97%, mencapai puncak pada tingkat ke-4 dengan nilai 1,07%, dan pada tingkat teratas dengan nilai 0,56%.

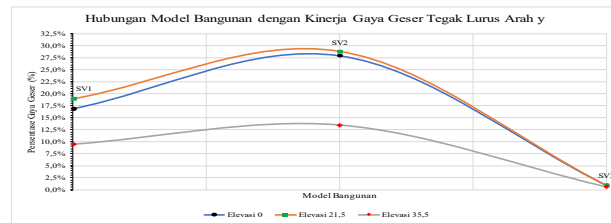
Dari nilai-nilai di atas, terlihat bahwa besar gaya yang mempengaruhi munculnya gaya geser tegak lurus dari akselerasi yang ditinjau tergantung pada geometri dari strukturnya. Gaya geser maksimum tegak lurus dari akselerasi terjadi pada Model SV2 dan untuk Elevasinya berada di tengah bangunan. Tinjauan yang diperiksa berada pada Elevasi 0, 21,5 m, dan 35,5 m, dan informasi ini dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Persentase Gaya Geser Tegak Lurus Akselerasi

Persentase Gaya Geser Tegak lurus Akselerasi						
Elv m	SV1		SV2		SV3	
	x	y	x	y	x	y
0	16,44%	16,92%	25,61%	27,94%	0,97%	0,97%
21,5	18,06%	18,96%	26,29%	28,85%	1%	1%
35,5	8,65%	9,47%	12,34%	13,45%	0,56%	0,56%



Gambar 14. Hubungan Model Bangunan dengan Kinerja Gaya Geser Tegak Lurus Akselerasi Arah x

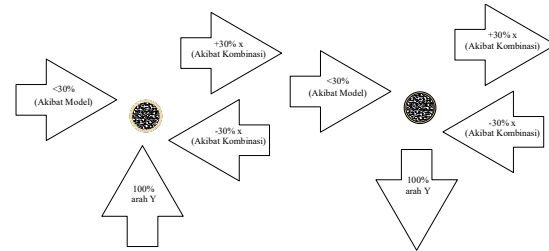


Gambar 15. Hubungan Model Bangunan dengan Kinerja Gaya Geser Tegak Lurus Akselerasi Arah y

Berdasarkan Gambar 14 dan Gambar 15, Menunjukkan bahwa pengaruh beban akselerasi tegak lurus terbesar terjadi pada Model SV2. Dalam masing-masing arahnya, untuk tegak lurus arah x mencapai 26,29%, sedangkan untuk tegak lurus arah y mencapai 28,85%.

Sesuai dengan ketentuan SNI 1726:2019, kombinasi struktur untuk beban gempa harus memperhatikan pengaruh beban gempa pada kedua arah utama struktur. Dalam hal ini, beban gempa yang bekerja pada arah x akan menambahkan pengaruh sebesar 30% terhadap arah tegak lurus (arah y), dan begitu pula sebaliknya. Oleh karena itu, dalam menentukan kombinasi beban seismik untuk beban gempa respons spektrum, perhatian harus diberikan kembali sehingga beban gempa yang diisyaratkan terpenuhi dan jangan sampai malah arah gaya tegak lurus tidak memenuhi di semua kondisi.

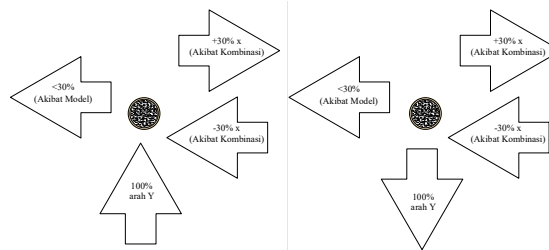
Adapun model dari arah pembebanan respons spektrum akan terbentuk dalam dua kondisi dengan model arah gempa dan untuk contoh dimodelkan beban gempa pada arah Y, dengan dua kondisi arah tegak lurus yaitu pada kondisi bernilai positif dan sebaliknya, dapat dilihat pada Gambar 16 dan Gambar 17.



Gambar 16. Kondisi model 1 beban Tegak Lurus akselerasi bernilai Positif

Tabel 7. Kinerja Gaya geser yang timbul akibat Kombinasi SNI 1726:2019 dan Kondisi 1 pada Model SV2

SNI 1726:2019	Kondisi 1 Yang Terjadi	Keterangan
$100\% y + 30\% x$	$100\%y + 30\% x + 27,94\% x$ Menjadi $100\%y + 57,94\% x$	Ok
$100\% y - 30\%x$	$100\%y - 30\% x + 27,94\% x$ Menjadi $100\%y - 2,06 x$	Tidak Ok
$-100\% y + 30\% x$	$-100\%y + 30\% x + 27,94\% x$ Menjadi $-100\%y + 57,94\% x$	Ok
$-100\% y - 30\%x$	$-100\%y - 30\% x + 27,94\% x$ Menjadi $-100\%y - 2,06 x$	Tidak Ok



Gambar 17. Kondisi model 2 beban Tegak Lurus akselerasi bernilai Negatif

4. Simpulan

Berdasarkan rangkaian analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, terdapat beberapa hal yang dapat disimpulkan antara lain:

1. Ketidakberaturan vertikal pada struktur dapat mempengaruhi besarnya gaya geser tegak lurus terhadap arah akselerasi yang ditinjau.

2. Gaya geser tegak lurus yang timbul akibat ketidakberaturan struktur dapat mempengaruhi kombinasi struktur. Pada kondisi tertentu, kombinasi yang dihasilkan dari arah tegak lurus akibat efek struktur, dengan kombinasi yang ditentukan sebesar 30%, dapat mengalami peningkatan atau penurunan yang signifikan, sehingga ada kemungkinan tidak memenuhi persyaratan.
3. Dalam menentukan kombinasi struktur, analisis gaya geser tegak lurus dari arah yang ditinjau harus dilakukan untuk melihat efek dari kombinasi yang digunakan, apakah perlu dilakukan penyesuaian atau tidak.

Tabel 8. Kinerja Gaya geser yang timbul akibat Kombinasi SNI 1726:2019 dan Kondisi 2 pada Model SV2

SNI 1726:2019	Kondisi 2 Yang Terjadi	Keterangan
100% y + 30% x	100%y + 30% x - 27,94% x Menjadi 100%y + 2,06 x	Tidak Ok
100% y - 30% x	100%y - 30% x - 27,94% x Menjadi 100%y - 57,94% x	Ok
-100% y + 30% x	-100%y + 30% x - 27,94% x Menjadi -100%y + 2,06 x	Tidak Ok
-100% y - 30% x	-100%y - 30% x - 27,94% x Menjadi -100%y - 57,94% x	Ok

Daftar Pustaka

- [1] Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, "Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika Wilayah 3 Denpasar." Accessed: Jan. 01, 2024. [Online]. Available: <https://bbmkg3.bmkg.go.id/tentang-gempa>
- [2] T. A. Putera, A. Faisal, and S., "Evaluasi Perbandingan Simpangan Struktur Srpm Akibat Permodelan Struktur Yang Berbeda," *Educational Building: Jurnal Pendidikan Teknik Bangunan dan Sipil*, vol. 4, no. 1 JUNI, pp. 18–24, Jun. 2018, doi: 10.24114/EB.V4I1.10040.
- [3] T. Desri Yulia and dan Syafri Wardi, "Pengaruh Penerapan SNI 1726:2019 terhadap Beban Gempa dan Simpangan pada Struktur Beton Bertulang (Studi Kasus: Gedung Rusunawa Tiga Tingkat di Kota Padang)," *Seminar Nasional Riset & Inovasi Teknologi*, vol. 1, no. 1, pp. 702–707, Jul. 2022, Accessed: Dec. 27, 2023. [Online]. Available: <https://e-proceeding.itp.ac.id/index.php/sinarint/article/view/113>
- [4] F. Mirza, R. Thamrin, and Z. Zaidir, "Kinerja Struktur Gedung Beton Bertulang dengan Variasi Arah Penampang dan Rasio Tulangan Kolom," *Siklus : Jurnal Teknik Sipil*, vol. 7, no. 2, pp. 93–105, Sep. 2021, doi: 10.31849/SIKLUS.V7I2.6926.
- [5] B. Mutu *et al.*, "Prediksi Tingkat Kinerja Struktur Gedung Kantor Berdasarkan Mutu Beton Dengan Metode Jaringan Saraf Tiruan," *Siklus : Jurnal Teknik Sipil*, vol. 3, no. 2, pp. 107–116, Oct. 2017, doi: 10.31849/SIKLUS.V3I2.393.
- [6] Badan Standardisasi Nasional, "Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung SNI 1726:2019," Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2019. [Online]. Available: <https://www.bsn.go.id/>
- [7] A. W. Zebua, "Analisis Gaya Gempa Pada Bangunan Rumah Tinggal Di Wilayah Gempa Tinggi," *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 7, no. 2, pp. 57–64, Nov. 2018, doi: 10.24815/JTS.V7I2.10126.
- [8] A. W. Zebua, "Analisis Gaya Gempa Bangunan Rumah Tinggal Di Wilayah Gempa Tinggi," *Siklus : Jurnal Teknik Sipil*, vol. 4, no. 1, pp. 23–35, Apr. 2018, doi: 10.31849/SIKLUS.V4I1.1128.
- [9] R. F. Nabhillah and G. A. Hayu, "Analisis Perilaku Struktur Perkantoran Tahan Gempa Menggunakan Metode Pushover Analysis," *Siklus : Jurnal Teknik Sipil*, vol. 6, no. 2, pp. 141–154, Oct. 2020, doi: 10.31849/SIKLUS.V6I2.4889.
- [10] B. P. Hutama, "Evaluasi Kinerja Bangunan Rumah Sakit Santa Maria Pemasang dengan Non-linier Static Pushover Analysis Metode ATC-40 dan FEMA 440," *INERSIA Informasi dan Ekspose Hasil Riset Teknik Sipil dan Arsitektur*, vol. 17, no. 2, pp. 118–129, Dec. 2021, doi: 10.21831/INERSIA.V17I2.25511.
- [11] A. Aldo, D. G. Nur, and I. Putra Pratama, "Evaluasi Ketahanan Gempa Rumah Sederhana Di Kelurahan Rum, Kota Tidore Kepulauan," *INERSIA Informasi dan Ekspose Hasil Riset Teknik Sipil dan Arsitektur*, vol. 15, no. 2, pp. 1–9, Dec. 2019, doi: 10.21831/INERSIA.V15I2.28565.
- [12] P. Peta Percepatan Gerakan Tanah Puncak Kota Semarang berdasarkan Peraturan Gempa Tahun *et al.*, "Pengembangan Peta Percepatan Gerakan Tanah Puncak Kota Semarang Berdasarkan Peraturan Gempa Tahun 2019," *Media Komunikasi Teknik Sipil*, vol. 27, no. 2, pp. 203–212, Dec. 2021, doi: 10.14710/MKTS.V27I2.40714.

- [13] E. Perilaku *et al.*, “Evaluasi Perilaku Seismik Akibat Ketidakberaturan Vertikal pada Bangunan Beton Bertulang Bertingkat Tinggi,” *Media Komunikasi Teknik Sipil*, vol. 28, no. 2, pp. 178–191, Jan. 2023, doi: 10.14710/MKTS.V28I2.41765.
- [14] B. Budiono and E. B. Wicaksono, “Perilaku Struktur Bangunan dengan Ketidakberaturan Vertikal Tingkat Lunak Berlebihan dan Massa Terhadap Beban Gempa,” *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 23, no. 2, pp. 113–126, Aug. 2016, doi: 10.5614/JTS.2016.23.2.4.
- [15] I. Ayu *et al.*, “Kinerja Struktur Rangka Beton Bertulang dengan Penambahan Dinding Pengisi Berlubang sebagai Perkuatan Seismik,” *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 24, no. 1, pp. 43–50, Apr. 2017, doi: 10.5614/JTS.2017.24.1.6.
- [16] Syahnandito, R. Suryanita, and Ridwan, “Pengaruh Penggunaan Base Isolation High Damping Rubber Bearing Pada Struktur Beton Bertulang,” *Siklus : Jurnal Teknik Sipil*, vol. 6, no. 2, pp. 181–194, Oct. 2020, doi: 10.31849/SIKLUS.V6I2.4906.
- [17] D. I. Wahyudi, “Pemilihan dan Pen-skala-an Rekaman Akselerogram Gempa Nyata agar Sesuai dengan Spektrum Respons SNI 1726-2012,” *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, vol. 15, no. 2, pp. 67–72, Dec. 2017, doi: 10.12962/J2579-891X.V15I2.3103.
- [18] D. Daerah Banda Aceh Zeldi Zainaldi, Z. Darwis, J. Teknik Sipil, F. Teknik, and U. Sultan Ageng Tirtayasa Jl Jenderal Sudirman Km, “Studi Komparasi Gaya Geser Dasar Gempa Dengan Metode Respons Spectrum SNI 1726:2019 Terhadap SNI 1726:2012 di Daerah Banda Aceh,” *Fondasi : Jurnal Teknik Sipil*, vol. 11, no. 2, pp. 200–209, Nov. 2022, doi: 10.36055/FONDASI.V11I2.17104.
- [19] M. Sitompul *et al.*, “Studi Perbandingan Spektrum Respons Desain SNI 1726:2019 Terhadap SNI 1726:2012 Di Provinsi Sumatera Utara,” *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 11, no. 1, pp. 30–39, May 2022, doi: 10.24815/JTS.V11I1.23010.

Halaman ini sengaja dikosongkan