

Pengaruh Bentuk Geometri Horizontal Terhadap Perilaku Struktur Gedung Bertingkat 4 Lantai (*The Influence of Horizontal Geometric Shape on the Structural Behavior of a 4-Story Building*)

Siti Nurhayati Safi'i¹, Rahmani Kadarningsih², Mirzan Gani³

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

snhayati2808@gmail.com¹, rkadarningsih@ung.ac.id², mirzangani@ung.ac.id³

Article Info

Article history:

Received: 10 Juni 2025

Revised: 28 Juni 2025

Accepted: 29 Juni 2025

Keywords:

Base Shear

Displacement

Story Drift

Kata Kunci:

Gaya Geser Dasar

Perpindahan

Simpangan Antar Lantai

Abstract

In the construction of multi-story buildings, improvisation is often carried out on the shape of the building due to land limitations and differences in space functions, and also to meet the needs of architects. Improvised building form means the building has an irregular geometric shape horizontally or vertically. This research analyzes the effect of horizontal geometry shape on the structural behavior of a 4-story high-rise building with 5 variations of T-shaped modeling based on the ratio of L_x and L_y . A comparison of structural behavior in this research was carried out on Model 3 based on base shear, displacement, and drift. The study's results discovered the effect of increasing the span length on the X-direction earthquake load and the Y-direction earthquake load, causing an increase in the base shear, displacement, story drift, and a decrease in stiffness for all modeling variations against Model 3. Meanwhile, the largest increase and decrease were in Model on the Y-direction earthquake load, with an increase in the base shear value of 113.548%, a displacement value of 112.615%, an average story drift value of 28.521%, and a decrease in stiffness of 30.723%.

Abstrak

Dalam konstruksi bangunan bertingkat, sering dilakukan improvisasi terhadap bentuk bangunan karena keterbatasan lahan dan perbedaan fungsi ruang, serta untuk memenuhi kebutuhan arsitek. Bentuk bangunan yang diimprovisasi berarti bangunan memiliki bentuk geometris yang tidak beraturan secara horizontal maupun vertikal. Penelitian ini menganalisis pengaruh bentuk geometri horizontal terhadap perilaku struktur bangunan bertingkat 4 lantai dengan 5 variasi pemodelan berbentuk huruf T berdasarkan rasio L_x dan L_y . Perbandingan perilaku struktur dalam penelitian ini dilakukan pada Model 3 berdasarkan gaya geser dasar (base shear), perpindahan (displacement), dan simpangan antar lantai (story drift). Hasil penelitian menunjukkan adanya pengaruh peningkatan panjang bentang terhadap beban gempa arah-X dan beban gempa arah-Y, yang menyebabkan peningkatan pada nilai base shear, displacement, story drift, serta penurunan kekakuan pada semua variasi model dibandingkan dengan Model 3. Sementara itu, peningkatan dan penurunan terbesar terjadi pada Model terhadap beban gempa arah-Y, yaitu dengan peningkatan nilai base shear sebesar 113,548%, nilai displacement sebesar 112,615%, nilai rata-rata story drift sebesar 28,521%, dan penurunan kekakuan sebesar 30,723%.

Corresponding Author:

Siti Nurhayati Safi'i
Fakultas Teknik
Universitas Negeri Gorontalo
snhayati2808@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan jumlah penduduk yang pesat serta perkembangan teknologi di Indonesia telah meningkatkan kebutuhan akan infrastruktur yang memadai (Aulia et al., 2024; Melo et al., 2024; Khairunnisa et al., 2025). Salah satu tantangan utama dalam pembangunan infrastruktur, terutama di kawasan perkotaan, adalah keterbatasan lahan (Carolin & Kurniati, 2025; Nurprasetyarani & Suwitri, 2025). Hal ini mendorong adanya solusi alternatif berupa pembangunan gedung bertingkat untuk memaksimalkan pemanfaatan ruang secara vertikal (Liando et al., 2020). Namun, pembangunan gedung bertingkat menghadirkan tantangan baru dalam perencanaan dan analisis struktur, khususnya terkait ketahanan terhadap beban gempa (Iskandar, 2024).

Berdasarkan ketentuan dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) 1726:2019 mengenai tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non-gedung, dikenal adanya dua jenis ketidakberaturan struktur, yaitu ketidakberaturan horizontal dan ketidakberaturan vertikal. Ketidakberaturan horizontal mengacu pada sumbu-x dan y, sedangkan ketidakberaturan vertikal berkaitan dengan sumbu-xz atau yz. Ketidakberaturan bentuk struktur ini sangat memengaruhi kinerja bangunan ketika menerima beban gempa, sehingga struktur yang memiliki konfigurasi tidak teratur cenderung menunjukkan perilaku yang berbeda dibandingkan struktur konvensional dengan geometri teratur. Hal ini terlihat dari parameter-parameter struktural seperti gaya geser dasar (*base shear*), perpindahan (*displacement*), dan simpangan antar lantai (*drift*), yang bisa mengalami peningkatan signifikan akibat bentuk geometri yang tidak simetris.

Perencanaan beban struktur dalam penelitian ini mengacu pada SNI 1726:2019 dan SNI 1727:2020, yang mencakup beban mati, beban hidup, dan beban gempa. Perhitungan beban gempa sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain kategori risiko bangunan, faktor keutamaan gempa (*I_e*), parameter kelas situs (*S_{A-SF}*), parameter percepatan gempa (*SS* dan *SI*), serta koefisien dan parameter respon spektrum percepatan gempa maksimum akibat gempa dengan risiko tertarget (*MCER*). Faktor-faktor tersebut menghasilkan parameter percepatan spektral desain dan respon spektrum desain, yang selanjutnya menentukan kategori desain seismik, sistem struktur yang digunakan, dan koefisien respon seismik bangunan.

Permasalahan yang menjadi fokus dalam penelitian ini adalah bagaimana bentuk geometri horizontal gedung memengaruhi perilaku struktur terhadap beban gempa. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan desain bangunan yang fungsional dan estetis, improvisasi bentuk gedung—seperti bentuk T, L, U, dan variasi lainnya—menjadi hal yang umum dijumpai. Sayangnya, bentuk-bentuk tersebut berpotensi menimbulkan ketidakberaturan struktur horizontal yang dapat menurunkan kinerja bangunan saat terjadi gempa.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh bentuk geometri horizontal terhadap perilaku struktur pada gedung bertingkat empat, khususnya terhadap gaya geser dasar, perpindahan, dan simpangan antar lantai. Penelitian dilakukan dengan membandingkan beberapa variasi model berbentuk huruf T berdasarkan rasio bentang (*L_x/L_y*) menggunakan perangkat lunak analisis struktur sesuai data perencanaan. Hasil analisis berupa nilai partisipasi massa, periode fundamental, dan gaya geser dasar akan dibandingkan dan dievaluasi mengacu pada kriteria yang ditetapkan dalam SNI 1726:2019.

Penelitian ini memiliki urgensi dan signifikansi yang tinggi karena dapat memberikan kontribusi nyata terhadap perencanaan struktur gedung bertingkat dengan bentuk geometri tidak teratur. Hasilnya diharapkan dapat menjadi acuan bagi perencana struktur dan arsitek dalam mengintegrasikan aspek keamanan dan fungsionalitas bangunan, terutama dalam wilayah rawan gempa seperti Indonesia. Selain itu, penelitian ini juga mendukung terciptanya bangunan yang lebih efisien dan andal terhadap beban gempa melalui pendekatan desain yang responsif terhadap bentuk geometri horizontal.

2. KAJIAN TEORI

2.1 Partisipasi Massa

Dalam analisis struktur bangunan terhadap beban gempa, partisipasi massa merupakan parameter penting untuk menunjukkan seberapa besar massa struktur yang ikut terlibat dalam getaran akibat eksitasi seismik (Nursani & Noor, 2023; Ramadhan et al., 2022). Menurut Nurasih dan Erizal (2022), partisipasi

massa menggambarkan rasio massa bangunan yang berkontribusi terhadap respons dinamik struktur. SNI 1726:2019 mensyaratkan bahwa nilai partisipasi massa minimal harus mencapai 90% dari total massa struktur, meskipun idealnya adalah 100%. Hal ini penting karena semakin besar partisipasi massa yang terlibat, maka semakin representatif respons struktur terhadap beban gempa yang dianalisis. Dalam konteks penelitian ini, partisipasi massa menjadi dasar evaluasi terhadap ketepatan model struktur gedung dengan variasi bentuk geometri horizontal, karena bentuk struktur dapat memengaruhi distribusi massa dan getaran global bangunan.

2.2 Periode Fundamental

Periode fundamental adalah waktu yang dibutuhkan oleh struktur untuk menyelesaikan satu siklus getaran alami. Nilai ini sangat memengaruhi respons struktur terhadap gempa bumi, di mana struktur dengan periode lebih panjang cenderung mengalami perpindahan yang lebih besar. Berdasarkan SNI 1726:2019, periode fundamental pendekatan (T_a) dihitung menggunakan persamaan:

$$T_a = C_t h_n^x \quad (1)$$

$$T_{maks} = C_u \cdot T_a \quad (2)$$

Keterangan :

T_a = Batas minimum periode

T_{maks} = Batas maksimum periode

C_t = Koefisien parameter pendekatan

h_n = ketinggian struktur dari dasar sampai tingkat tertinggi

x = Koefisien parameter pendekatan

C_u = Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung

Dalam penelitian ini, periode fundamental menjadi parameter kunci untuk mengevaluasi pengaruh variasi bentuk horizontal terhadap kekakuan dan fleksibilitas bangunan. Bangunan dengan bentuk geometri T yang lebih lebar cenderung memiliki periode yang lebih panjang akibat distribusi massa dan kekakuan yang tidak merata.

2.3 Base Shear (Gaya Geser Dasar)

Base shear adalah gaya lateral total akibat gempa yang bekerja di dasar struktur (Zachari & Turuallo, 2020). Besarnya base shear menentukan seberapa besar gaya lateral yang harus ditahan struktur agar tidak mengalami keruntuhan. Perhitungan base shear statik dilakukan dengan rumus:

$$V = C_s \cdot W \quad (3)$$

Dimana C_s adalah koefisien respon seismik dan W adalah berat seismik efektif struktur. Namun demikian, dalam perencanaan berbasis analisis dinamik (response spectrum), gaya geser dasar yang diperoleh harus dibandingkan dengan nilai gaya statik. Jika nilai dinamik lebih kecil dari statik, maka perlu dilakukan *scaling* menggunakan faktor skala (η) yang dihitung berdasarkan:

$$\eta_x = V_x/V_{ix} \geq 1,0 \quad (4)$$

$$\eta_y = V_y/V_{iy} \geq 1,0 \quad (5)$$

Keterangan:

η = Faktor skala

V = Gaya geser statik

V_i = Gaya geser dinamik

Penelitian ini memanfaatkan parameter gaya geser dasar untuk menilai seberapa besar pengaruh bentuk geometri horizontal terhadap kekuatan lateral struktur. Bangunan dengan bentuk geometri tidak teratur horizontal seperti bentuk T memiliki distribusi massa dan kekakuan yang tidak seragam, sehingga menghasilkan nilai base shear yang lebih besar dibandingkan bentuk simetris.

2.4 Pengaruh P-Delta

Efek P-Delta adalah efek sekunder yang terjadi akibat perpindahan lateral struktur yang menghasilkan momen tambahan karena eksentrisitas antara beban vertikal dan perpindahan (Hilmi & Febrita, 2021). Efek ini signifikan terhadap stabilitas struktur dan harus dianalisis, terutama pada bangunan tinggi. SNI 1726:2019 menyatakan bahwa efek P-Delta boleh diabaikan jika koefisien stabilitas (θ) $\leq 0,10$. Koefisien stabilitas dihitung dengan rumus:

$$\theta = (P_x \Delta I_e) / (V_x h_{sx} C_d) \quad (6)$$

Keterangan:

θ = Koefisien stabilitas

P_x = Beban desain vertikal di atas tingkat x

Δ = Simpangan antar tingkat

I_e = Faktor keutamaan gempa

V_x = Gaya geser seismik yang bekerja antar tingkat x dan x-1

h_{sx} = Tinggi tingkat di bawah tingkat x
 C_d = Faktor amplifikasi defleksi

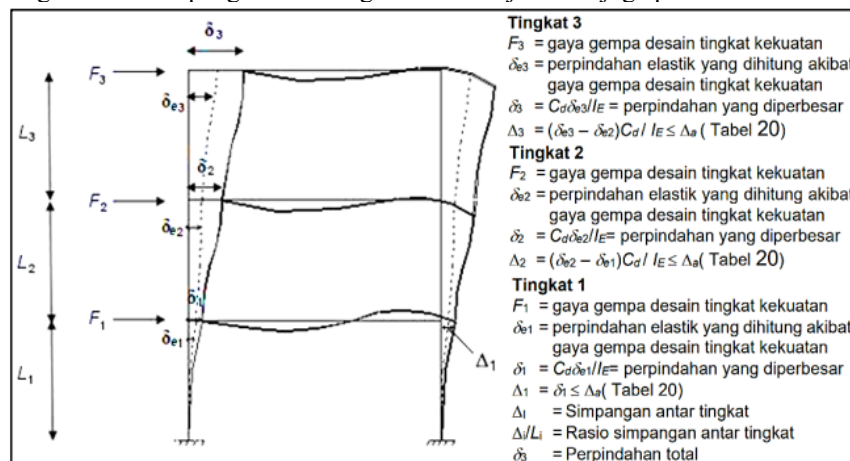
Dalam konteks penelitian ini, bentuk horizontal gedung yang tidak seragam dapat meningkatkan nilai perpindahan antar tingkat, sehingga berpotensi meningkatkan pengaruh P-Delta yang harus dipertimbangkan dalam desain.

2.5 Simpangan Antar Tingkat (Story Drift)

Simpangan antar tingkat adalah perbedaan defleksi lateral antara dua tingkat yang bersebelahan pada pusat massa (Pramesti, 2018). Ini merupakan indikator utama kerusakan struktural maupun non-struktural yang terjadi pada bangunan akibat gempa. Simpangan ini dihitung berdasarkan selisih simpangan pusat massa antara tingkat ke- x dan $x-1$, Simpangan pusat massa pada tingkat ke- x (Δ_x) dihitung berdasarkan Persamaan 7.

$$\Delta_x = \frac{C_d \cdot (\delta_{ex} - \delta_{ex-1})}{I_e} \quad (7)$$

Perhitungan untuk simpangan antar tingkat desain dijelaskan juga pada Gambar 1.



Gambar 1. Penentuan Simpangan Antar Tingkat

Nilai simpangan antar tingkat desain (Δ) kemudian dibandingkan dengan simpangan antar tingkat izin (Δ_a) yang tergantung pada kategori risiko struktur dan tinggi lantai (h_{sx}). Ketentuan simpangan antar tingkat izin berdasarkan SNI 1726:2019 dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah.

Tabel 1. Simpangan Antar Tingkat Izin

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 lantai tingkat.	$0,025h_{sx}^c$	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata ^d .	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya.	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$
Semua struktur lainnya.	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$	$0,010h_{sx}$

Dalam penelitian ini, simpangan antar tingkat digunakan untuk mengevaluasi apakah variasi bentuk horizontal pada bangunan menyebabkan peningkatan simpangan yang dapat melampaui batas izin. Bangunan berbentuk T yang memiliki distribusi massa asimetris cenderung menghasilkan simpangan lateral yang lebih besar.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh bentuk geometri horizontal terhadap perilaku struktur bangunan bertingkat empat menggunakan pendekatan simulasi numerik berbasis perangkat lunak struktur. Metode yang digunakan dalam penelitian ini merupakan metode kuantitatif deskriptif dengan

pendekatan studi pemodelan struktur. Penelitian dilakukan secara simulatif menggunakan perangkat lunak ETABS versi 21 dengan tahapan meliputi pengumpulan data, pemodelan struktur, analisis pembebanan, dan evaluasi perilaku struktur.

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi perencanaan bangunan yang menjadi objek pemodelan struktur dalam penelitian ini berada di Desa Ngatabaru, Kecamatan Sigi Biromaru, Kabupaten Sigi, Provinsi Sulawesi Tengah, dengan koordinat geografis Lintang Selatan: -0.9214678338762212 dan Bujur Timur: 119.99646807447272. Lokasi ini digunakan untuk menentukan parameter seismik lokal, seperti nilai percepatan gempa dan klasifikasi tanah.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

3.2 Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan sekunder. Data primer meliputi dokumen perencanaan bangunan yang mencakup jenis dan mutu material (beton dan baja tulangan), profil baja struktur atap, dimensi struktur, denah bangunan, serta hasil simulasi struktur yang dilakukan melalui program ETABS v21. Sementara itu, data sekunder diperoleh dari berbagai sumber literatur dan dokumen teknis, seperti SNI 1726:2019, SNI 1727:2020, serta data percepatan spektrum respons desain dari instansi terkait.

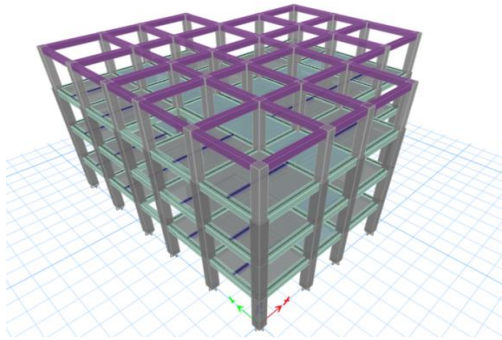
3.3 Tahap Penelitian dan Pemodelan

Pemodelan struktur dilakukan dalam bentuk tiga dimensi dengan tipe bangunan perkantoran empat lantai yang menggunakan sistem atap rangka baja dan sistem struktur utama berupa Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Tinggi total bangunan mencapai 17,2147 meter, dengan tinggi antar lantai 3,6 meter, dan tinggi struktur utama 14,4 meter, sedangkan atap baja memiliki ketinggian 2,8147 meter. Panjang bangunan pada arah X (Lx) dan Y (Ly) masing-masing sebesar 19 meter. Penelitian ini merancang lima model geometri bangunan berbentuk huruf T dengan variasi rasio bentang horizontal dan vertikal. Meskipun bentuk horizontal bervariasi, seluruh model menggunakan dimensi elemen struktur yang seragam sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2 berikut.

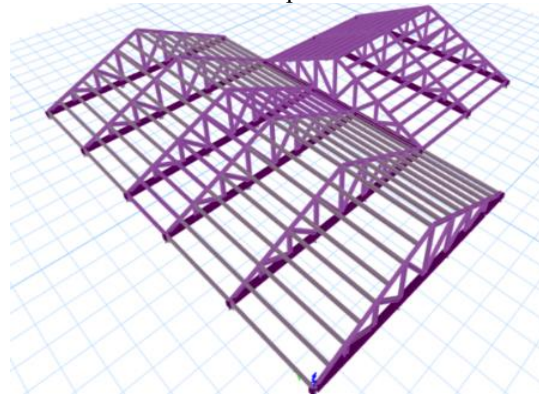
Tabel 2. Dimensi Elemen Struktur Bangunan

	Elemen Struktur	Ukuran	Keterangan
Kolom	K1	550 x 550	b x h
	K2	450 x 450	
Balok	B1	500 x 350	b x h
	B2	450 x 300	
Pelat	Pelat lantai	120	Tebal
Kuda-kuda ₁	IWF 200 x 200 x 8	250 x 200 x 8	
Kuda-kuda ₂	IWF 150 x 75 x 5 x 7	150 x 75 x 5 x 7	
Gording	C 150 x 65 x 3.2	150 65 x 3.2	

Visualisasi bentuk geometri horizontal bangunan dalam pemodelan ditampilkan pada Gambar 3 (tampak 3 dimensi bangunan) dan Gambar 4 (sistem atap rangka baja).



Gambar 2. Tampak 3 Dimensi



Gambar 3. Atap Rangka Baja

3.4 Perencanaan Pembebanan

Pembebanan struktur mengikuti ketentuan dari SNI 1726:2019, SNI 1727:2020, dan PPPURG 1987, yang mencakup beban mati, beban hidup, dan beban gempa. Perencanaan beban gempa dilakukan dengan metode analisis respons spektrum, mengacu pada lokasi bangunan yang termasuk dalam kategori risiko II (bangunan kantor) dengan faktor keutamaan gempa (I_e) sebesar 1.

Nilai parameter gempa ditentukan berdasarkan data lokasi:

- Percepatan spektrum respons: $S_s = 1,55$ dan $S_l = 0,613$
- Kelas situs tanah: SE (tanah lunak)

Faktor koreksi:

$$F_a = 0,8$$

$$F_v = 2$$

Selanjutnya dihitung:

- $S_{MS} = F_a \cdot S_s = 0,8 \times 1,55 = 1,24$
- $S_{M1} = F_v \cdot S_l = 2 \times 0,613 = 1,226$
- $S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} = \frac{2}{3} \times 1,24 = 0,8266 \text{ g}$
- $S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} = \frac{2}{3} \times 1,226 = 0,8173 \text{ g}$

Berdasarkan hasil tersebut, bangunan dikategorikan dalam Kategori Desain Seismik D, dan ditetapkan koefisien sistem struktur sebagai berikut:

- R (faktor reduksi gempa) = 8
- Ω_0 (faktor overstrength) = 3
- C_d (faktor amplifikasi defleksi) = 5,5

3.5 Teknik Pengumpulan dan Analisis Data

Pengumpulan data dilakukan dengan mengintegrasikan data geometrik dan parameter struktural dari dokumen teknis, serta menggunakan perangkat lunak ETABS untuk menyusun model 3D bangunan. Setelah model selesai, dilakukan proses analisis struktur dengan input beban gempa menggunakan metode respons spektrum. Analisis difokuskan pada tiga parameter utama yaitu: gaya geser dasar (base shear), simpangan antar lantai (story drift), dan perpindahan maksimum (displacement).

Setiap model geometri dibandingkan dengan model acuan (Model 3) untuk mengetahui besarnya perubahan perilaku struktural akibat variasi bentuk horizontal bangunan. Selain itu, dilakukan analisis terhadap periode fundamental dan partisipasi massa untuk menilai respons dinamis dan efisiensi model dalam

menghadapi beban lateral. Evaluasi akhir dilakukan dengan membandingkan hasil analisis terhadap batasan yang ditetapkan dalam SNI 1726:2019, untuk memastikan apakah model geometri tertentu menyebabkan peningkatan risiko ketidakaturan struktur.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Partisipasi Massa

Analisis partisipasi massa dilakukan untuk mengetahui seberapa besar massa struktur yang berpartisipasi terhadap respons getaran akibat beban gempa. Nilai partisipasi massa diambil dari hasil analisis menggunakan perangkat lunak ETABS versi 21. Tabel 3 menunjukkan nilai partisipasi massa kumulatif untuk arah translasi X (UX), arah translasi Y (UY), dan arah rotasi terhadap sumbu vertikal (RZ) dari mode ke-1 hingga mode ke-12.

Tabel 1. Partisipasi Massa

Case	Mode	Period sec	UX	UY	RZ	SumUX	SumUY	SumR Z
Modal	1	0.563	2.00E-04	0.8201	0.0072	2.00E-04	0.8201	0.0072
Modal	2	0.561	0.8276	0.0002	0.00002106	0.8277	0.8203	0.0072
Modal	3	0.513	3.43E-05	0.0072	0.8227	0.8278	0.8274	0.8299
2Modal 1	4	0.172	0.0001	0.1133	0.0008	0.8279	0.9407	0.8307
Modal	5	0.171	0.1138	0.0001	1.58E-05	0.9417	0.9408	0.8307
Modal	6	0.159	2.61E-05	0.0007	0.1108	0.9417	0.9415	0.9415
Modal	7	0.115	2.051E-06	1.10E-05	0.0001	0.9417	0.9415	0.9416
Modal	8	0.102	0.036	6.00E-04	7.87E-06	0.9788	0.9786	0.9426
Modal	9	0,095	1,47E-05	2,00E-04	3,64E-02	0,9788	0,9788	0,979
Modal	10	0,072	1,35E-05	0,021	0,0002	0,9789	0,9998	0,9791
Modal	11	0,072	0,0211	1,36E-05	0,00E+00	1	0,9999	0,9791
Modal	12	0,067	0	1,00E-04	2,09E-02	1	1	1

Berdasarkan tabel di atas, partisipasi massa struktur pada arah X dan Y telah memenuhi syarat sesuai SNI 1726:2019, yaitu minimum kumulatif sebesar 90% dan idealnya mencapai 100%. Nilai kumulatif untuk arah X (UX) adalah 1.0000 (100%), begitu pula untuk arah Y (UY) adalah 1.0000 (100%), dan untuk rotasi RZ sebesar 1.0000 (100%). Hal ini menunjukkan bahwa struktur telah dimodelkan dengan baik dan semua mode dominan telah diperhitungkan dalam analisis.

Selanjutnya, berdasarkan hasil output ETABS, periode dominan pertama untuk arah X adalah sebesar 0,563 detik, dan untuk arah Y adalah 0,560 detik. Nilai periode fundamental pendekatan (T_a) dihitung menggunakan Persamaan (1) dan menghasilkan $T_a = 0,5139$ detik, sedangkan batas maksimum periode yang diperbolehkan (T_{max}) dari Persamaan (2) adalah 0,7195 detik. Karena nilai periode ETABS berada dalam rentang antara T_a dan T_{max} ($0,5139 < T_c < 0,7195$), maka nilai periode dari hasil ETABS dapat digunakan untuk perencanaan dan evaluasi struktur.

Dengan demikian, analisis partisipasi massa menunjukkan bahwa struktur telah memenuhi persyaratan dari SNI 1726:2019 dan valid untuk digunakan dalam evaluasi lanjutan seperti perhitungan gaya geser dasar, simpangan, dan analisis stabilitas. Periode dominan yang akurat dari ETABS juga menunjukkan bahwa respons dinamis struktur dapat dipertanggungjawabkan dalam pemodelan.

4.2 Gaya Geser Dasar

Hasil dari gaya geser dasar dinamis (V_{RS}) harus 100% gaya geser dasar statik ($V_{stat.}$) [1]. Apabila nilai *base shear* tidak memenuhi syarat tersebut maka perlu di lakukan pengoreksian faktor skala. Gaya geser dasar (*base shear*) dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 2. Base Shear

Variasi	V _{RS} X	V _{RS} Y
	Kn	Kn
Gaya geser statik	1571.383	1571.383
Gaya gesr dinamis	1313.517	1307.632
Gaya geser terkoreksi	1571,383	1571,383

Berdasarkan pada Tabel 4 diperoleh nilai *base shear* arah X dan ara Y memiliki nilai yang sama yaitu sebesar 1571,383 Kn.

4.3 Displacement

Displacement adalah simpangan atau perpindahan suatu lantai terhadap lantai dasar bangunan. *Displacement* pada setiap variasi ditinjau dari arah X dan arah Y. Nilai *displacement* diambil dari salah satu titik yang mempunyai nilai terbesar dan mempunyai kolom menerus dari lantai dasar (*basement*) sampai lantai atap (*roof*). Nilai *displacement* arah X dan arah Y pada Tabel 5 dan Tabel 6

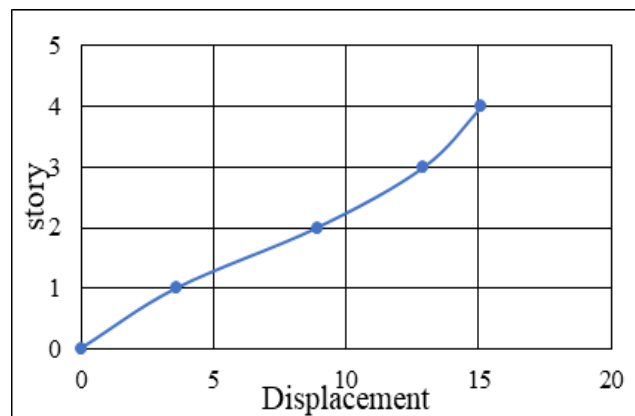
Tabel 3. *Displacement* Arah X

Story	Model
4	15,104
3	12,911
2	8,906
1	3,604
Base	0

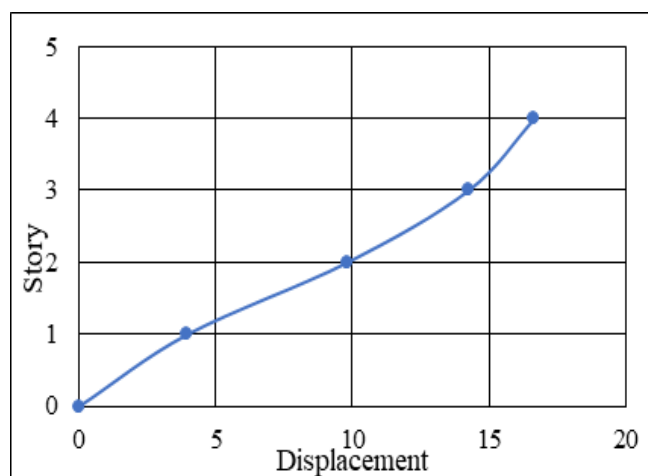
Tabel 4. *Displacement* Arah Y

Story	Model 3
4	16,659
3	14,238
2	9,809
1	3,9595
Base	0

Berdasarkan pada Tabel 5 dan Tabel 6 diketahui nilai *displacement roof* arah X sebesar 15,104 mm dan nilai *displacement roof* arah Y sebesar 16,659 mm. Grafik *displacement* dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 4. Displacement Arah X



Gambar 5. Displacement Arah Y

Berdasarkan Pada Grafik diketahui displacement untuk arah X dan arah Y memiliki pola yang sama tetapi nilai *displacement* pada dua arah tersebut memiliki perbedaan dimana nilai *displacement* arah X lebih kecil dari pada nilai *displacement* arah Y.

4.4 Story Drift

Simpangan antar tingkat izin berdasarkan Tabel 1. menyesuaikan dengan tipe struktur dan kategori resikonya sehingga pada pemodelan ini menggunakan $0.020/h_x$. simpangan antar tingkat desain dihitung (Δ) berdasarkan persamaan 7 hasil perhitungan dilihat pada Tabel 7.

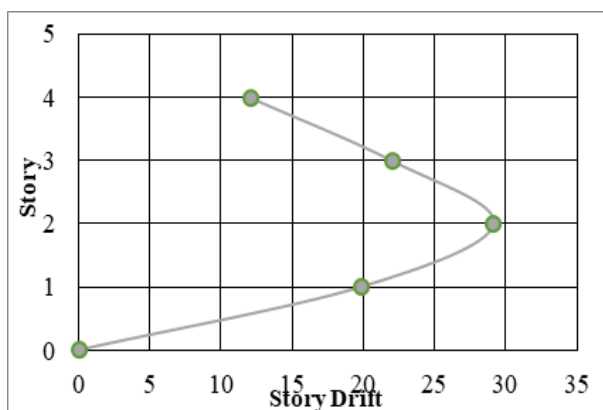
Tabel 5. *Stori Drift* Arah X

Variasi	Story	H	δ_y	δ_y	δ_{ey}	δ_y	Cek
Model	4	3600	15,104	2,193	12,062	72	OK
	3	3600	12,911	4,005	22,028	72	OK
	2	3600	8,906	5,302	29,161	72	OK
	1	3600	3,604	3,604	19,822	72	OK

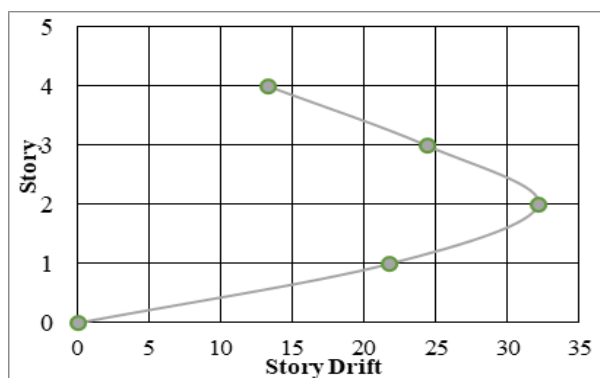
Tabel 6. *Story Drift* Arah Y

Variasi	Story	H	δ_y	δ_{ey}	Δ_y	Δa	Cek
Model	4	3600	16,659	2,421	13,316	72	OK
	3	3600	14,238	4,429	24,360	72	OK
	2	3600	9,809	5,850	32,175	72	OK
	1	3600	3,959	3,959	21,775	72	OK

Berdasarkan pada Tabel 7 dan Tabel 8 diketahui nilai *story drift* pada dua arah yang ditinjau memiliki perbedaan *story drift* terbesar terdapat pada lantai dua diman untuk arah X yaitu 29,161 mm dan arah Y yaitu 32,175 mm. Grafik simpangan antar tingkat arah X dan arah Y dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8.



Gambar 6. *Story Drift* Arah X



Gambar 7. *Story Drift* Arah Y

Berdasarkan pada grafik diketahui simpangan antar tingkat untuk kedua arah yang ditinjau yaitu arah X dan arah Y memiliki pola yang sama tetapi nilai yang berbeda dimana *story drift* arah X memiliki nilai yang lebih kecil dari pada nilai *story drift* arah Y.

4.5 Stiffness

Kekakuan/*stiffness* bangunan merupakan salah satu aspek penting dalam perencanaan gedung tahan gempa. Nilai *Stiffness* arah X dan arah Y untuk masing-masing variasi pemodelan dapat dilihat pada Tabel 9 dan Tabel 10.

Tabel 7. *Stiffness* Arah X

Story	Model 3
4	95079,634
3	229776,578
2	267797,155
1	455951,948

Tabel 8. *Stiffness* Arah Y

Story	Model 3
4	90146,714
3	217336,531
2	253751,228
1	433423,559

Berdasarkan pada Tabel 9 dan Tabel 10 diketahui nilai *stiffness* untuk arah X dan arah Y berbeda dimana nilai *stiffness* arah x lebih besar dari pada nilai *stiffnes* arah Y. nilai *stiffnes* terbesar berada dilantai 1 yaitu untuk arah X sebesar 455951,948 kN dan untuk arah Y sebesar 433423,559 kN.

5. KESIMPULAN DAN SARAN/REKOMENDASI

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa bentuk geometri horizontal bangunan berpengaruh signifikan terhadap perilaku struktur gedung, khususnya dalam merespons beban gempa. Bangunan dengan bentuk geometri horizontal berbentuk huruf T, seperti yang digunakan dalam penelitian ini, menunjukkan bahwa struktur lebih stabil dan siap menerima beban gempa dari arah X dibandingkan arah Y. Hal ini terlihat dari nilai-nilai parameter struktural yang dianalisis, yang menunjukkan perbedaan respons antara kedua arah tersebut.

Secara spesifik, pada arah X diperoleh nilai base shear sebesar 1571,383 kN, displacement atap (roof displacement) sebesar 15,104 mm, story drift maksimum sebesar 29,161 mm, dan nilai kekakuan struktur (*stiffness*) tertinggi sebesar 455951,948 kN. Sementara itu, pada arah Y, meskipun nilai base shear sama yaitu 1571,383 kN, nilai displacement roof meningkat menjadi 16,659 mm, story drift terbesar mencapai 32,175 mm, dan kekakuan struktur menurun menjadi 433423,559 kN. Hasil ini menunjukkan bahwa bentuk geometri horizontal menyebabkan peningkatan deformasi dan penurunan kekakuan struktur saat menerima beban gempa dari arah Y, sehingga menunjukkan pentingnya mempertimbangkan arah beban gempa dalam desain bangunan bertingkat dengan bentuk geometris tidak beraturan.

5.2 Saran/Rekomendasi

Penelitian ini hanya berfokus pada model struktur dengan geometri tapak bangunan berbentuk huruf T, sehingga belum menggambarkan perilaku struktur dengan variasi bentuk lainnya. Oleh karena itu, untuk penelitian selanjutnya disarankan agar menggunakan model struktur dengan bentuk geometri tapak yang berbeda guna memperoleh pemahaman yang lebih luas terhadap pengaruh bentuk geometri terhadap respons struktur bangunan. Selain itu, penelitian mendatang juga diharapkan melibatkan analisis dengan variabel yang lebih beragam agar simpulan yang diperoleh dapat lebih komprehensif dan mencerminkan kompleksitas perilaku struktur bangunan bertingkat secara keseluruhan.

REFERENSI

- Aulia, S., Anisa, S. N., Indah, A., Dipa, M. A. K., & Panorama, M. (2024). Analisis peran infrastruktur dalam pertumbuhan ekonomi pembangunan di Kota Palembang. *Jurnal Publikasi Ekonomi Dan Akuntansi (JUPEA)*, 4(1), 36-54.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). *SNI 1726:2019 – Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung*. Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2020). *SNI 1727:2020 – Beban minimum untuk perencanaan bangunan gedung dan struktur lainnya*. Badan Standardisasi Nasional.
- Carolyn, V., & Kurniati, E. (2025). Tantangan Pembangunan Perkotaan Terhadap Urbanisasi, Kemacetan Di Jakarta: Analis Permasalahan Dan Solusi. *Jurnal Ilmu Ekonomi*, 4(1), 252-273.

- Khairunnisa, D., Winanda, P., & Pangaribuan, L. R. (2025). Pertumbuhan Penduduk dan Kaitannya dengan Pembangunan Ekonomi. *Jurnal Manajemen dan Ekonomi Kreatif*, 3(1), 222-228.
- Hilmi, M., & Febrita, J. (2021). Analisis Kinerja Struktur pada Bangunan Bertingkat dengan Metode Analisis Respon Spektrum Berdasarkan SNI 1726: 2019. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 6(3), 143-158.
- Iskandar, R. (2024). Analisis Kekuatan Material dalam Konstruksi Gedung Bertingkat Tinggi. *Circle Archive*, 1(6).
- Liando, F. J., Dopas, S. O., & Wallah, S. E. (2020). Perencanaan Struktur Beton Bertulang Gedung Kuliah 5 Lantai. *Jurnal Sipil Statik*, 8, 471-482.
- Melo, R. H., Lasulika, C., & Saleh, S. E. (2024). Optimalisasi Bonus Demografi Melalui Kebijakan Kependudukan untuk Mendorong Pertumbuhan Ekonomi Indonesia. *Geosfera: Jurnal Penelitian Geografi*, 3(2), 143-148.
- Nurasih, S. M., & Erizal. (2022). Analisis dan Evaluasi Struktur Gedung Auditorium FEM IPB Berdasarkan SNI 1726:2019 dan SNI 2847:2019. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 222-230.
- Nursani, R., & Noor, D. E. (2023). Analisis Pengaruh Penambahan Dinding Geser terhadap Perilaku Struktur Gedung Sistem Ganda. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 8(2), 105-114.
- Nurprasetyarani, S. Z., & Suwitri, S. (2025). Evaluasi Peningkatan Kualitas Permukiman Kumuh Melalui Program Kota Tanpa Kumuh (Kotaku) Di Kelurahan Bandarharjo Kota Semarang. *Journal of Public Policy and Management Review*, 14(2), 456-475.
- Pramesti, N. R. (2018). *Analisa perilaku bangunan tidak beraturan horizontal dengan variasi dimensi kolom terhadap gempa* (Doctoral dissertation, UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA).
- Ramadhan, A. R., Naibaho, P. R. T., & Sembiring, K. (2022). Analisis Displacement Dan Partisipasi Massa Struktur Jembata Terhadap Beban Gempa (Studi Kasus: Pembangunan Jembatan Jalan TOL Ruas Besuki-Asembagus). *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, 1(12), 3285-3294.
- Zachari, M. Y., & Turuallo, G. (2020). Analisis struktur baja tahan gempa dengan sistem SRPMK (Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus) berdasarkan SNI 1729: 2015 dan SNI 1726: 2012. *Rekonstruksi Tadulako: Civil Engineering Journal on Research and Development*, 9-16.