



Analisa Dinamik Bangunan Bertingkat Yang Memiliki Ketidakberaturan Horisontal Berbentuk T Akibat Gempa Berdasarkan SNI 1726:2019

Christoffel Tanauma^{#a}, Reky S. Windah^{#b}, Steenie E. Wallah^{#c}

[#]Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia
^actanauma12@gmail.com; ^brekywindah@unsrat.ac.id; ^csteenie@unsrat.ac.id,

Abstrak

Gempa yang terjadi dapat mengakibatkan deformasi pada struktur bangunan yang bisa menyebabkan suatu struktur mengalami kerusakan. Penggunaan struktur yang tidak beraturan dapat mempengaruhi kestabilan suatu struktur sehingga deformasinya akan lebih besar. Gedung dengan denah bentuk T adalah salah satu model struktur dengan ketidakberaturan horizontal. Struktur yang direncanakan adalah struktur gedung beton bertulang yang difungsikan sebagai gedung perkantoran yang berlokasi di Kota Manado, Sulawesi Utara. Analisis dilakukan pada gedung dengan 1 model denah tipikal beraturan dan 3 model denah tipikal berbentuk T dengan luas denah yang sama yaitu 1944m². Untuk menganalisis struktur gedung tiap model digunakan metode analisis dinamik respons spektrum ragam sesuai dengan SNI 1726:2019. Gaya geser dasar hasil analisis dinamik respons spektrum ragam pada model D gedung berbentuk T dengan proyeksi sudut dalam arah Y sebesar 75% mengalami penurunan sebesar 708kN untuk arah X dibandingkan dengan model A gedung beraturan. Gedung berbentuk T yang kemudian dilakukan variasi peningkatan proyeksi sudut dalam pada arah Y menyebabkan peningkatan nilai simpangan arah X yang tegak lurus dari arah proyeksi sudut dalam dibandingkan dengan pemodelan beraturan model A dengan peningkatan simpangan yang mencapai 12,25% pada model D dengan proyeksi sudut dalam terbesar, yaitu 75%. Semakin besar proyeksi sudut dalam pada suatu bangunan, semakin besar pula simpangan yang terjadi.

Kata kunci: bangunan bertingkat, ketidakberaturan, ETABS, analisa dinamik respons spektrum ragam

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Sebagai salah satu negara berkembang, Indonesia banyak melakukan pembangunan infrastruktur, salah satunya adalah gedung bertingkat. Pada umumnya, gedung bertingkat digunakan untuk bangunan perkantoran, rumah sakit, institusi pendidikan, hotel, pusat belanja, dll. Gempa bumi sering terjadi di Indonesia karena merupakan daerah rawan gempa sehingga dalam merencanakan bangunan bertingkat, pengaruh gaya gempa harus diperhatikan untuk menghindari kerusakan struktur yang dapat menimbulkan korban jiwa.

Gempa yang terjadi dapat mengakibatkan deformasi pada struktur bangunan yang bisa menyebabkan suatu struktur mengalami kerusakan. Karena adanya integrasi dengan ilmu arsitektur, konstruksi bangunan bertingkat dengan struktur yang tidak beraturan sering digunakan. Gedung dengan denah bentuk T adalah salah satu model struktur dengan ketidakberaturan horizontal.

Struktur yang stabil apabila menerima beban yang sama besar, struktur tersebut akan mengalami perubahan bentuk atau berdeformasi lebih kecil dibandingkan dengan struktur yang tidak stabil (Schodek, 1999). Penggunaan struktur yang tidak beraturan dapat mempengaruhi kestabilan suatu struktur sehingga deformasinya akan lebih besar. Oleh karena itu, analisis perlu dilakukan untuk bangunan dengan struktur yang tidak beraturan agar tahan terhadap beban gempa. Respons suatu bangunan terhadap beban gempa dapat dianalisis secara statik maupun dinamik.

Berdasarkan uraian di atas, penulis tertarik untuk mempelajari respons struktur bangunan bertingkat dengan denah bentuk T menggunakan metode analisis dinamik.

1.2. Rumusan Masalah

Bagaimana respons struktur pada bangunan gedung bertingkat dengan ketidakberaturan horizontal bentuk T sesuai SNI 1726-2019.

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Struktur bangunan yang ditinjau adalah bangunan 8 lantai.
2. Struktur bangunan menggunakan beton bertulang.
3. Fungsi bangunan diasumsikan sebagai Gedung Kantor.
4. Direncanakan struktur berada di Kota Manado yang dibangun di atas tanah sedang.
5. Direncanakan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)
6. Struktur dianalisis menggunakan analisa dinamik respons spektrum ragam
7. Analisis struktur dilakukan dengan bantuan aplikasi ETABS versi 18.
8. Parameter yang ditinjau adalah gaya geser dasar (base shear), displacement, dan simpangan antar lantai (story drift).

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan penulisan Tugas Akhir ini adalah untuk mengetahui respons struktur pada bangunan bertingkat yang tidak beraturan dengan bentuk T dilihat dari gaya geser dasar (base shear), displacement, dan simpangan antar lantai (story drift).

1.5. Manfaat Penelitian

Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat memberikan pengetahuan mengenai respons suatu struktur dengan ketidakberaturan horizontal yang berbentuk T serta dapat menjadi referensi dalam merencanakan suatu bangunan bertingkat bentuk T.

2. Metode

2.1. Studi Literatur

Dalam penelitian ini, metodologi yang digunakan adalah melakukan studi literatur terhadap SNI 1726:2019 sebagai acuan dalam melakukan desain dan analisis. Studi literatur juga dilakukan dari buku, jurnal-jurnal, dan pedoman/peraturan lainnya yang diperlukan berkaitan dengan penelitian ini.

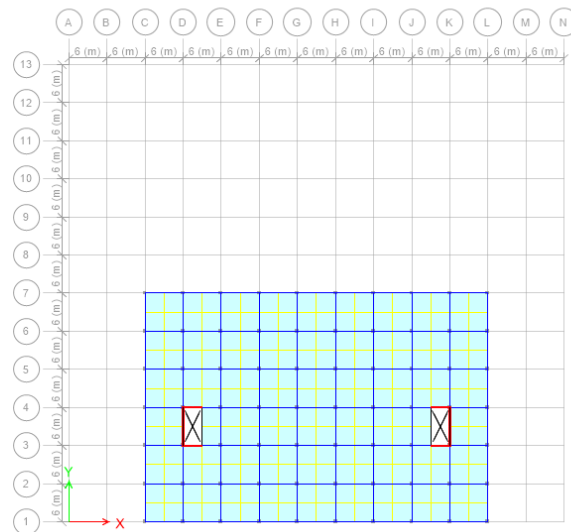
2.2. Data Perencanaan Struktur

Data struktur yang akan di analisa adalah sebagai berikut:

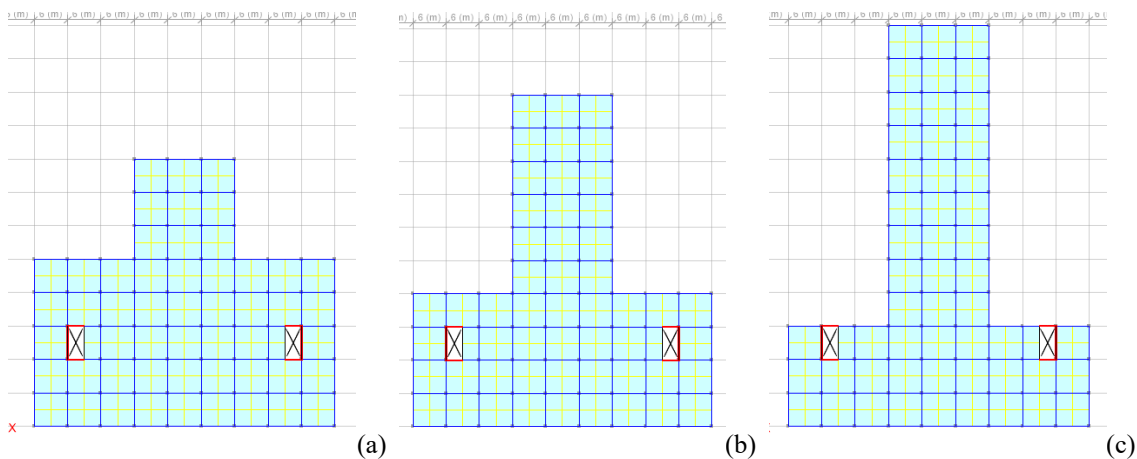
- Jenis portal : Struktur gedung beton bertulang
- Fungsi bangunan : Gedung Perkantoran
- Lokasi : Manado
- Jenis Tanah : Tanah Sedang
- Sistem struktur : SRPMK
- Tinggi bangunan : 32 m (8 lantai)
- Mutu Beton : 35 MPa
- Mutu Baja : 420 MPa.

2.3. Denah Gedung Rencana

Analisis akan dilakukan pada gedung dengan 1 model denah lantai tipikal beraturan sebagai acuan dan 3 model denah lantai tipikal tidak beraturan berbentuk T yang divariasikan dengan luas denah yang sama yaitu 1944 m².



Gambar 1. Denah Tipikal Model A (Beraturan)



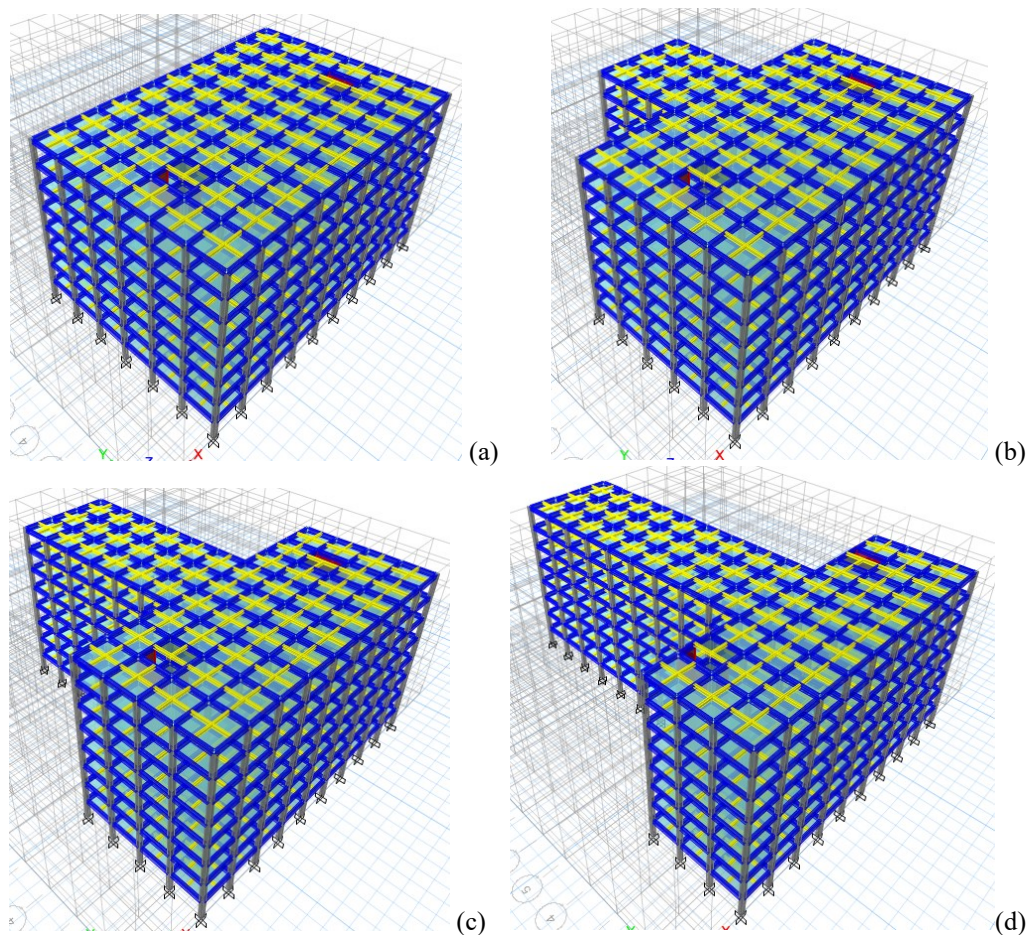
Gambar 2. Denah Tipikal Berbentuk T (a) Model B; (b) Model C; (c) Model D

2.4. Preliminary Desain Struktur

Preliminary Desain dilakukan untuk memperkirakan dimensi-dimensi struktur awal, dalam penulisan ini akan dilakukan untuk menentukan dimensi balok, kolom, dan pelat. Preliminary desain dilakukan dengan mengacu pada Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung SNI 2847 (2019).

2.5. Pemodelan Struktur

Pemodelan struktur 3D dilakukan menggunakan aplikasi ETABS berdasarkan pada data struktur yang telah disebutkan sebelumnya. Langkah-langkah pemodelan bangunan dengan software ETABS versi 18 terlampir pada lampiran. Berikut adalah gambar-gambar dari struktur gedung yang sudah dimodelkan di ETABS 18 untuk semua model.



Gambar 3. (a) 3D Model A; (b) 3D Model B; (c) 3D Model C; (d) 3D Model D

2.6. Pembebanan

Beban-besan yang bekerja pada struktur adalah beban gravitasi (beban mati dan beban hidup) dan beban lateral (beban gempa). Perhitungan pembebanan mengacu pada SNI 1727:2020 tentang Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain (Badan Standardisasi Nasional, 2020).

1. Beban Mati

Beban mati yang diterapkan ke dalam pemodelan bangunan dalam penelitian ini merupakan berat sendiri dari tiap elemen struktural bangunan seperti balok, pelat, kolom dan dinding geser serta beban tambahan yang bekerja namun bukan merupakan elemen struktural. Nilai berat sendiri setiap komponen struktur akan secara otomatis dihitung dalam pemrograman ETABS, sedangkan untuk beban mati tambahan yang digunakan mengacu pada SNI 1727:2020.

2. Beban Hidup

Besarnya nilai beban hidup ditentukan berdasarkan fungsi yang ada pada bangunan. Beban hidup yang digunakan mengacu pada SNI 1727:2020 seperti pada tabel berikut.

3. Beban Gempa

Pembebanan gempa direncanakan berdasarkan SNI 1726:2019 dengan analisis respon spektrum. Bangunan berlokasi di Kota Manado. Data gempa rencana diambil dari website yang disediakan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (Desain Spektra Indonesia, 2021)

4. Kombinasi Pembebanan

Bangunan akan menghadapi berbagai macam beban, dan beban-besan yang bekerja dapat bekerja bersamaan. Maka dari itu, dalam melakukan analisis, perlu mempertimbangkan semua kemungkinan kombinasi pembebanan yang dapat terjadi. Kombinasi pembebanan diatur dalam SNI 1726:2019 pasal 4.2.

2.7. Analisis Dinamik Respons Spektrum

Untuk menganalisis struktur gedung tiap model digunakan metode analisis dinamik respons spektrum ragam sesuai dengan SNI 1726:2019 tentang Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung.

Data yang dibutuhkan adalah fungsi bangunan, nilai parameter spektral, kelas situs dan tipe struktur. Data fungsi bangunan digunakan untuk mendapatkan nilai faktor keutamaan (I), letak wilayah bangunan terhadap daerah gempa dan kelas situs untuk mendapatkan nilai waktu getar alami (T_c) dan kurva respon spektrum gempa rencana sedangkan tipe struktur dipakai untuk menentukan faktor reduksi gempa.

2.8. Kontrol Desain

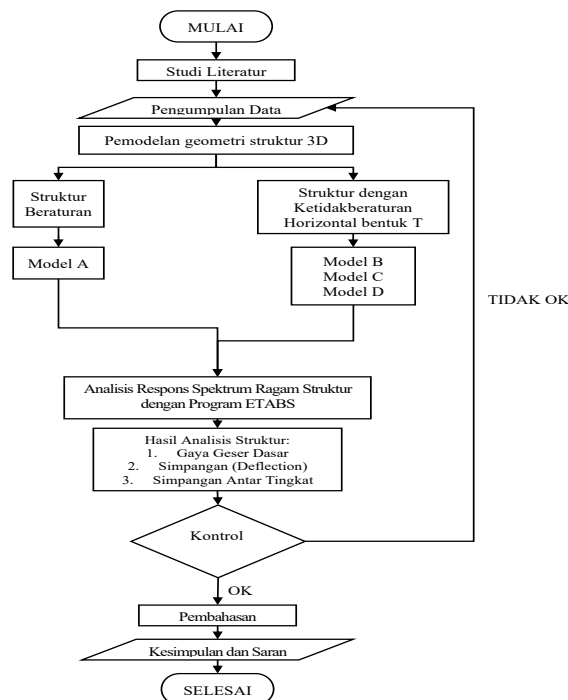
Desain model struktur perlu dilakukan pengecekan terhadap batasan kinerja struktur, yaitu tidak boleh melebihi batasan simpangan antar lantai izin (Δa).

Tabel 1. Simpangan antar tingkat izin (SNI 1726, 2019)

Struktur	Kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar tingkat.	$0,025h_{sx}^c$	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$
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	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$	$0,010h_{sx}$

2.9. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir di bawah ini merupakan langkah-langkah yang diambil untuk proses penelitian.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

3. Kajian literatur

3.1. Prosedur Analisis Gaya Gempa

Berdasarkan SNI 1726:2019 Pasal 7.7.2, terdapat tiga prosedur analisis gaya gempa suatu bangunan, yaitu analisis statik ekuivalen (analisis gaya lateral ekuivalen) analisis dinamik spektrum respons ragam, dan analisis dinamik time history (Prosedur respons riwayat waktu seismik).

Tabel 2. Prosedur Analisis Gaya Gempa (SNI 1726, 2019)

Kategori desain seismik	Karakteristik struktur	Analisis gaya lateral ekuivalen pasal 0	Analisis spektrum respons ragam pasal 0	Prosedur respons riwayat waktu seismik pasal 0
B, C	Semua struktur	I	I	I
D, E, F	Bangunan dengan kategori risiko I atau II yang tidak melebihi 2 tingkat diatas dasar	I	I	I
	Struktur tanpa ketidakberaturan struktural dan ketinggiannya tidak melebihi 48,8 m	I	I	I
	Struktur tanpa ketidakberaturan struktural dengan ketinggian melebihi 48,8 m dan $T < 3,5 T_S$	I	I	I
	Struktur dengan ketinggian tidak melebihi 48,8 m dan hanya memiliki ketidakberaturan horizontal tipe 2,3,4 atau 5 atau ketidakberaturan vertikal tipe 4, 5a atau 5b	I	I	I
	Semua struktur lainnya	TI	I	I

3.2. Analisis Dinamik Spektrum Respons Ragam

Menurut Purnomo (2014), Analisis dinamik adalah analisis struktur di mana pembagian gaya geser gempa di seluruh tingkat diperoleh dengan memperhitungkan pengaruh dinamis gerakan tanah terhadap struktur. Analisis dinamik untuk perancangan struktur tahan gempa dilakukan jika diperlukan evaluasi yang lebih akurat dari gaya-gaya gempa yang bekerja pada struktur, serta untuk mengetahui perilaku dari struktur akibat pengaruh gempa.

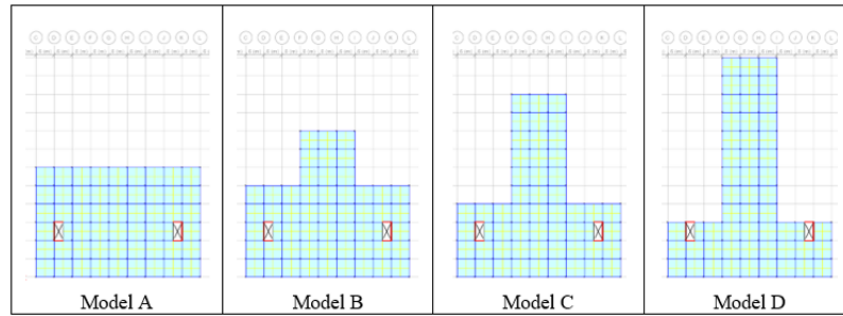
3.3. Ketidakberaturan Struktur Horizontal

Ketidakberaturan suatu struktur dapat ditentukan dengan mengikuti peraturan yang terdapat pada SNI 1726:2019 Pasal 7.3.2. Ketidakberaturan struktur dibagi menjadi dua yaitu ketidakberaturan horizontal dan ketidakberaturan vertikal. Pada penelitian ini hanya akan dilakukan analisis ketidakberaturan struktur dalam arah horizontal saja, dan hanya ditinjau terhadap ketidakberaturan sudut dalam.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Ketidakberaturan Sudut Dalam

Berdasarkan SNI 1726:2019, ketidakberaturan sudut dalam terjadi jika kedua dimensi proyeksi (P_x dan P_y) sudut dalam lebih besar dari 15% dari denah struktur dalam arah yang ditinjau (L_x dan L_y). Perhitungan ketidakberaturan sudut dalam dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 3. Perhitungan Ketidakberaturan Sudut Dalam


No	Model	Lx	Ly	Px	Py	Px/Lx	Py/Ly
		m	m	m	m	%	%
1	A	54	36	0	0	0.00	0.00
2	B	54	48	18	18	33.33	37.50
3	C	54	60	18	36	33.33	60.00
4	D	54	72	18	54	33.33	75.00

4.2. Periode Struktur, Jumlah, dan Bentuk Ragam

Berikut adalah periode struktur yang didapat dari output ETABS untuk masing-masing model.

Tabel 4. Periode Struktur

		Model A	Model B	Model C	Model D
Periode Maksimum	T_{max}	0.9192	0.9192	0.9192	0.9192
Periode Hasil Analisis Arah X	$T_{e,X}$	1.2630	1.2670	1.2790	1.3130
Periode Hasil Analisis Arah Y	$T_{e,Y}$	1.0240	1.0210	1.0170	1.0300
Periode Pakai Arah X	T_X	0.9192	0.9192	0.9192	0.9192
Periode Pakai Arah Y	T_Y	0.9192	0.9192	0.9192	0.9192

Dilakukan pengecekan bentuk dan jumlah ragam melalui hasil analisis modal dari ETABS untuk tiap model. Untuk bentuk ragam, output yang diinginkan adalah dominan translasi (UX atau UY) pada mode 1 dan 2, dan dominan rotasi (RZ) pada mode 3. Semua model memenuhi syarat bentuk dan jumlah ragam.

4.3. Gaya Geser Dasar (Base Shear)

Berikut adalah Gaya Geser Dasar dari hasil analisis dinamik respons spektrum dari ETABS pada tiap-tiap model.

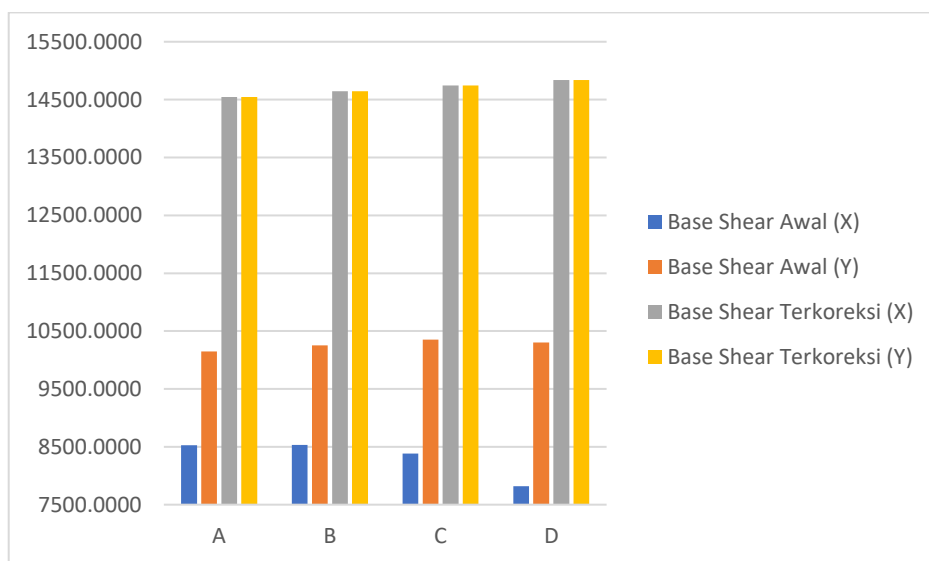
Tabel 5. Nilai Gaya Geser Dasar Statik dan Dinamik hasil analisis ETABS

Model	Base Shear Statik $C_s * W$		Base Shear Hasil Analisis ETABS	
	Arah X (kN)	Arah Y (kN)	Arah X (kN)	Arah Y (kN)
A	14546.4876	14546.4876	8526.7815	10147.2318
B	14644.4405	14644.4405	8534.9154	10250.6274
C	14742.3934	14742.3934	8380.8247	10355.2469
D	14840.3463	14840.3463	7818.5697	10303.6962

Berdasarkan SNI 1726:2019 Pasal 7.9.1.4.1, jika nilai Gaya Geser Dasar hasil analisis ETABS kurang dari 100% gaya geser statik, maka faktor skala pada ETABS harus diperbesar agar $V_t > V$. Setelah dilakukan analisis kembali dengan faktor skala yang baru, maka didapatkan nilai gaya geser dasar terkoreksi seperti ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Gaya Geser Dasar Hasil Analisis Terkoreksi

Model	Base Shear Statik $C_s * W$		Base Shear Awal		Base Shear Terkoreksi	
	Arah X (kN)	Arah Y (kN)	Arah X (kN)	Arah Y (kN)	Arah X (kN)	Arah Y (kN)
A	14546.4876	14546.4876	8526.7815	10147.2318	14546.6850	14547.0575
B	14644.4405	14644.4405	8534.9154	10250.6274	14645.0607	14645.0914
C	14742.3934	14742.3934	8380.8247	10355.2469	14742.7018	14742.7465
D	14840.3463	14840.3463	7818.5697	10303.6962	14840.4093	14840.4263



Gambar 3. Gaya Geser Dasar Hasil Analisis

4.4. Simpangan (Deflection)

Setelah dilakukan analisis pada masing-masing model dengan ETABS, didapatkan nilai simpangan ditinjau dari pusat massa lantai dan selisihnya terhadap gedung beraturan Model A, ditunjukkan pada tabel dan gambar berikut.

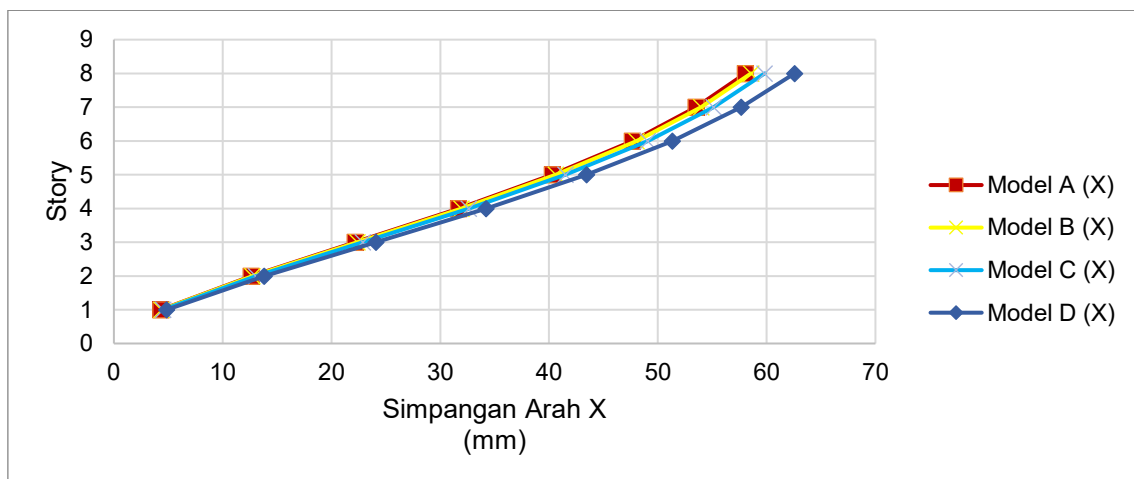
Tabel 7. Simpangan dan selisih terhadap model A Arah X

Story	Model A	Model B		Model C		Model D	
	δ_{ex}	δ_{ex}	Selisih	δ_{ex}	Selisih	δ_{ex}	Selisih
	(mm)	(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)
8	58.060	58.575	0.887	59.822	3.035	62.576	7.778
7	53.527	53.994	0.872	55.134	3.002	57.656	7.714
6	47.652	48.058	0.852	49.071	2.978	51.333	7.725
5	40.310	40.647	0.836	41.509	2.974	43.457	7.807
4	31.678	31.942	0.833	32.637	3.027	34.226	8.043
3	22.193	22.381	0.847	22.898	3.177	24.091	8.552
2	12.619	12.732	0.895	13.064	3.526	13.839	9.668

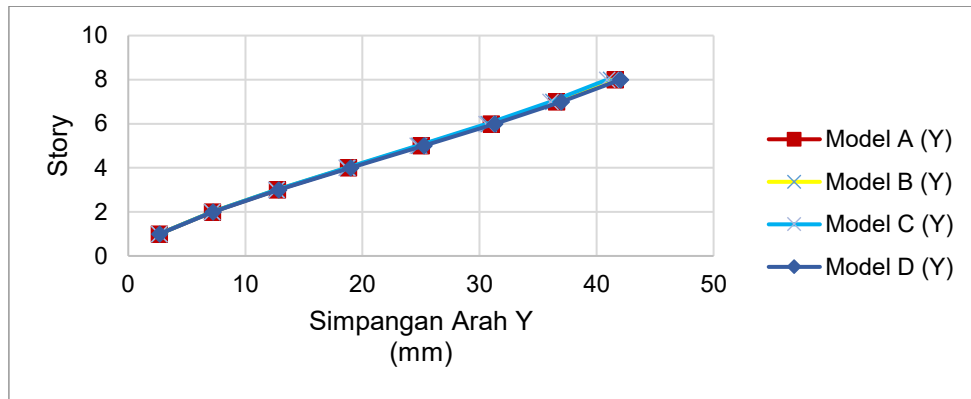
Story	<i>Model A</i>	<i>Model B</i>		<i>Model C</i>		<i>Model D</i>	
	δ_{ex}	δ_{ex}	<i>Selisih</i>	δ_{ex}	<i>Selisih</i>	δ_{ex}	<i>Selisih</i>
	(mm)	(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)
1	4.328	4.373	1.040	4.518	4.390	4.858	12.246
Selisih Rata-Rata			0.883		3.264		8.692

Tabel 8. Simpangan dan selisih terhadap model A Arah Y

Story	<i>Model A</i>	<i>Model B</i>		<i>Model C</i>		<i>Model D</i>	
	δ_{ey}	δ_{ey}	<i>Selisih</i>	δ_{ey}	<i>Selisih</i>	δ_{ey}	<i>Selisih</i>
	(mm)	(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)
8	41.580	41.244	-0.808	40.903	-1.628	42.053	1.138
7	36.595	36.329	-0.727	36.058	-1.467	36.993	1.088
6	31.003	30.803	-0.645	30.596	-1.313	31.324	1.035
5	25.012	24.872	-0.560	24.724	-1.151	25.258	0.984
4	18.826	18.736	-0.478	18.641	-0.983	19.001	0.930
3	12.752	12.704	-0.376	12.651	-0.792	12.863	0.870
2	7.200	7.180	-0.278	7.158	-0.583	7.257	0.792
1	2.660	2.655	-0.188	2.650	-0.376	2.676	0.602
Selisih Rata-Rata			-0.508		-1.037		0.930



Gambar 4. Simpangan Arah X



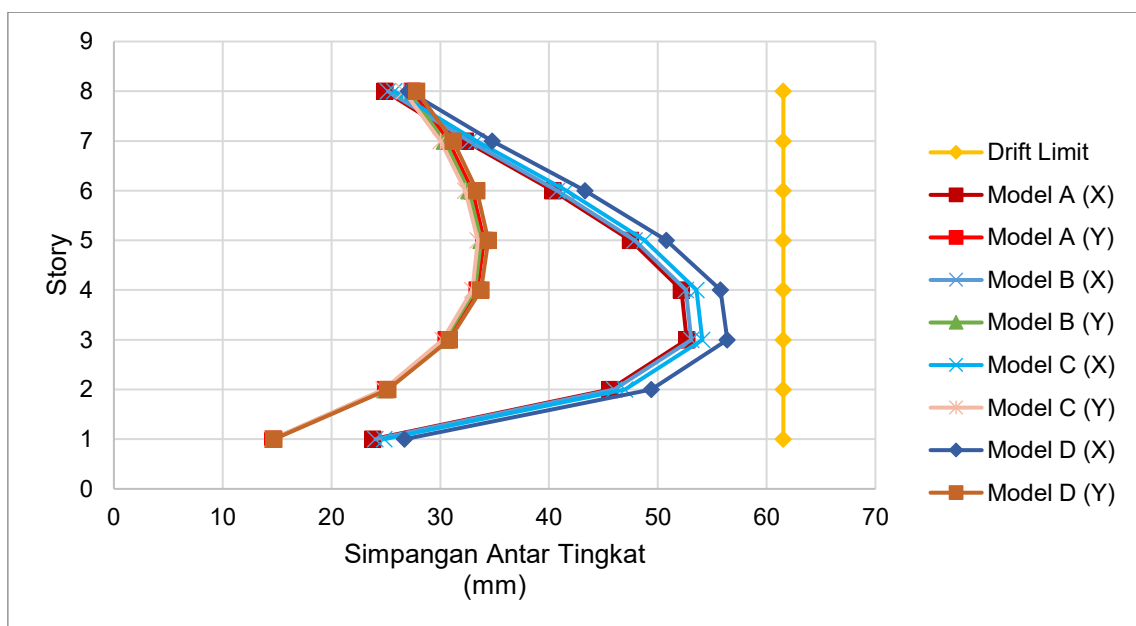
Gambar 5. Simpangan Arah Y

4.5. Simpangan Antar Lantai

Hasil Perhitungan untuk kontrol terhadap simpangan antar lantai izin dapat dilihat pada Tabel 9 dan Gambar 6.

Tabel 9. Simpangan antar tingkat model A, B, C, D

Story	Model A		Model B		Model C		Model D		Drift Limit
	Δx	Δy	Δx	Δy	Δx	Δy	Δx	Δy	
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
8	24.932	27.418	25.196	27.033	25.784	26.648	27.060	27.830	61.538
7	32.313	30.756	32.648	30.393	33.347	30.041	34.777	31.180	61.538
6	40.381	32.951	40.761	32.621	41.591	32.296	43.318	33.363	61.538
5	47.476	34.023	47.878	33.748	48.796	33.457	50.771	34.414	61.538
4	52.168	33.407	52.586	33.176	53.565	32.945	55.743	33.759	61.538
3	52.657	30.536	53.070	30.382	54.087	30.212	56.386	30.833	61.538
2	45.601	24.970	45.975	24.888	47.003	24.794	49.396	25.196	61.538
1	23.804	14.630	24.052	14.603	24.849	14.575	26.719	14.718	61.538



Gambar 6. Simpangan antar Tingkat Model A, B, C, D

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian ini, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Variasi gedung yang berbentuk T model B, C, dan D memiliki ketidakberaturan horizontal sudut dalam dikarenakan kedua nilai P_x/L_x dan P_y/L_y lebih dari 15% untuk ketiga model tersebut.
2. Pemodelan gedung dengan ketidakberaturan berbentuk T dapat mengakibatkan perlunya penambahan elemen struktur, sehingga dapat mempengaruhi nilai gaya geser dasar.
3. Sebelum dikoreksi, nilai aya geser dasar hasil analisis dinamik respons spektrum ragam pada model D gedung berbentuk T dengan proyeksi sudut dalam arah Y sebesar 75% mengalami penurunan sebesar 708kN untuk arah X dibandingkan dengan model A gedung beraturan. Ini menunjukkan bahwa semakin besar proyeksi sudut dalam pada suatu bangunan, maka semakin menurun nilai gaya geser dasar dinamik sebelum dikoreksi.
4. Ditinjau dari simpangan yang terjadi, pemodelan gedung berbentuk T yang kemudian dilakukan variasi peningkatan proyeksi sudut dalam pada arah Y menyebabkan peningkatan nilai simpangan arah X yang tegak lurus dari arah proyeksi sudut dalam dibandingkan dengan pemodelan beraturan model A dengan peningkatan simpangan yang mencapai 12,25% pada model D dengan proyeksi sudut dalam terbesar, yaitu 75%. Semakin besar proyeksi sudut dalam pada suatu bangunan, semakin besar pula simpangan yang terjadi.
5. Simpangan antar lantai yang terjadi, baik pada model gedung beraturan model A, maupun pada model tidak beraturan berbentuk T model B, C, dan D dengan proyeksi sudut dalam arah X sebesar 33,33% dan arah Y secara berturut-turut sebesar 37,5%, 60%, dan 75%, semua model masih memenuhi yaitu simpangan antar lantai yang terjadi di bawah nilai simpangan antar lantai yang diizinkan sesuai dengan perhitungan dalam SNI 1726-2019, dengan nilai simpangan antar lantai terbesar terdapat pada model D yaitu 56.386 mm.

6. Saran

Berdasarkan hasil penelitian, maka saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan analisis pada variasi dengan proyeksi sudut dalam yang lebih besar baik itu untuk arah X maupun arah Y.
2. Direkomendasikan untuk menganalisis dengan metode analisis gempa yang berbeda, misalnya dengan metode analisis dinamik time history untuk dapat membandingkan hasil analisis yang telah dilakukan.
3. Perlu dilakukan analisis pada bangunan yang lebih tinggi.
4. Perlu dilakukan analisis untuk konfigurasi dinding geser yang berbeda.

Referensi

- Badan Standardisasi Nasional. (2019). Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung SNI 2847:2019. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung SNI 1726:2019. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2020). Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain SNI 1727:2020. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Ivan, L., & Leo, E. (2019). Analisis Dinamik Perilaku Gedung Dengan Ketidakberaturan Massa Pada Masing-Masing Tingkat Terhadap Beban Gempa . Jakarta: Jurnal Mitra Teknik Sipil .
- Khoirunnissa, U., Djakfar, R., & Setiawan, Y. (2020). ANALISIS DINAMIK RESPON STRUKTUR GEDUNG BERATURAN DAN KETIDAKBERATURAN HORIZONTAL. Depok: Construction and Material Journal.
- Kusumastuti. (2010). Pengaruh Tinggi Struktur dan Jumlah Bentang Terhadap Kontribusi Mode Pada Struktur Beton Bertulang Bertingkat Banyak dengan Pendekatan Kekakuan Kolom Shear Building dan Cara Muto. Yogyakarta: Tesis Magister Teknik Sipil UII.
- Paz, M., & Kim, Y. H. (2018). Structural Dynamics Theory and Computation Sixth Edition . Louisville: Springer Nature Switzerland AG.
- Purnomo, E., Purwanto, E., & Supriyadi, A. (2014). Analisis Kinerja Struktur Pada Gedung Bertingkat Dengan Analisis Dinamik Respon Spektrum Menggunakan Software Etabs (Studi Kasus Bangunan Hotel Di Semarang). Surakarta: e-Jurnal MATRIKS TEKNIK SIPIL.
- PuSGeN, DBTPP, Ditjen Cipta Karya, Kementerian PUPR. (2021). Desain Spektra Indonesia. Diambil

- kembali dari Aplikasi Spektrum Respons Desain Indonesia 2021: <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/>
- Schodek, D. L. (1999). Struktur Edisi kedua. Erlangga. Jakarta.
- Tarigan, M., & Teruna, R. D. (2014). Perbandingan Respon Struktur Beraturan dan Ketidakberaturan Horizontal Sudut dalam Akibat Gempa Dengan Menggunakan Analisis Statik Ekuivalen dan Time History. Jurnal Teknik Sipil USU vol.3, no.1, 1-10.
- Tumilar, S. (28 Juli 2011). Prosedur Analisis Struktur Beton Akibat Gempa Menurut SNI-03-1726-2010. Seminar HAKI. Jakarta.
- Uniform Building Code (Structural Engineering Design Provisions ed., Vol. 2). (1997). U.S.A.: International Council of Building Officials.
- Widodo. (2001). Respon Dinamik Struktur Elastik. Yogyakarta: UII Press.