



STUDI EFEK PEMODELAN STRUKTUR TANGGA PADA BANGUNAN RUKO 3 TINGKAT AKIBAT BEBAN GEMPA

Agus subrianto^{1,*}

¹ Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Sriwijaya

* email@korespondensi : a_subrianto@polsri.ac.id

Naskah diterima : 05 Februari 2023. Disetujui: 1 Maret 2023. Diterbitkan : 30 Maret 2023

ABSTRACT

In designing buildings such as shophouses, the staircase structure is often modeled as a load and calculated separately from the structure. In this study, the effect of staircase modeling on the structure is reviewed by observing 3 conditions, namely: 1) the staircase structure is defined as a line load on the floor beam directly, 2) part of the staircase load is included on the landing beam, and 3) the stairs are modeled as a complete structure into the building. The building is located on soft soil and is categorized as SDC D. The structure consists of 3 levels with 4 door buildings. The structures are modeled in 3 dimensions, using the lateral equivalent static earthquake procedure. The results show that modeling the stairs as a structure can increase the stiffness up to 41.82%, reduce the period of vibration up to 12.06%, the base shear force increases 3.41%, overturning moment up to 6.56%, the inter story drift and the stability coefficient is smaller, the shear force on the column supporting the stairs increased very significantly to 268.63% on the major axis and up to 405.92% on the minor axis.

Keywords : Staircase structure, shophouse building, stiffnes, shear force

ABSTRAK

Dalam mendisain bangunan seperti ruko seringkali struktur tangga dimodelkan sebagai beban dan dihitung terpisah dari struktur. Pada studi kali ini ditinjau efek pemodelan tangga pada struktur dengan meninjau 3 kondisi yaitu: 1) struktur tangga dimasukkan sebagai beban pada balok lantai secara langsung, 2) sebagian beban tangga dimasukkan ke balok bordes, dan 3) tangga dimodelkan sebagai struktur secara utuh ke dalam bangunan. Bangunan terletak pada tanah lunak dan dikategorikan sebagai KDS D. Struktur terdiri dari 3 tingkat dengan bangunan 4 pintu. Struktur dimodelkan secara 3 dimensi, menggunakan prosedur gempa statik ekuivalen. Hasil menunjukkan bahwa memodelkan tangga sebagai struktur dapat menaikkan kekakuan hingga 41,82%, menurunkan periode getar hingga 12,06%, gaya geser dasar naik 3,41%, momen guling naik hingga 6,56%, simpangan antar lantai dan koefisien stabilitas lebih kecil, gaya geser pada kolom yang memikul tangga naik sangat signifikan hingga 268,63% pada sumbu mayor dan naik 405,92% pada sumbu minor.

Kata kunci : Struktur tangga, ruko, kekakuan, gaya geser



PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Bangunan gedung dapat berfungsi sebagai tempat atau aktivitas hunian, keagamaan, usaha, sosial budaya, fungsi khusus maupun fungsi hunian. Rumah toko (ruko) merupakan salah satu perwujudan dari bangunan gedung yang banyak terdapat di kota Palembang. Rumah toko difungsikan sebagai tempat usaha di lantai paling bawah, dan bagian atas menjadi tempat hunian. Dalam perizinan bangunan gedung, bangunan seperti ini diklasifikasikan sebagai bangunan dengan fungsi campuran [1]

Struktur tangga merupakan salah satu elemen struktural dalam bangunan gedung. Tangga beton bertulang terbuat dari pelat miring yang diujungnya diberi perletakan yang menumpu pada balok struktural. Dimensi struktur tangga ini memiliki ketetapan standar untuk lebar, ukuran anak tangga, kemiringan, dan beban disain nya. [2]

1.2. Permasalahan

Struktur tangga seringkali dimodelkan secara terpisah dari struktur utama. Dalam metode tradisional, struktur tangga dihitung secara manual menggunakan persamaan statika. Dengan perkembangan teknologi, struktur bangunan gedung dapat dimodelkan secara menyeluruh menggunakan *software-software* yang canggih [3]. Meskipun demikian, masih banyak yang tidak memodelkan struktur tangga ini ke dalam struktur utama. Hal ini dapat disebabkan oleh faktor kebiasaan, kemudahan menu dalam *software*, hingga asumsi tertentu dari perencanaan struktur. Dengan kondisi tersebut, pengaruh kekakuan tangga tidak bisa dilihat terutama di area sekitar void tangga yaitu kolom dan balok yang dapat saja mengalami gaya geser dan torsi yang berbeda dengan struktur yang tangganya dimodelkan. [4][5]

1.3. Tujuan dan Batasan Penelitian

Studi ini bertujuan untuk melakukan investigasi terhadap perilaku struktur bangunan ruko 3 tingkat akibat pengaruh kekakuan struktur tangga yang diberikan beban gempa. Ruko yang ditinjau adalah ruko 3 pintu berada di Palembang dengan kondisi tanah lunak.

2. METODE PENELITIAN

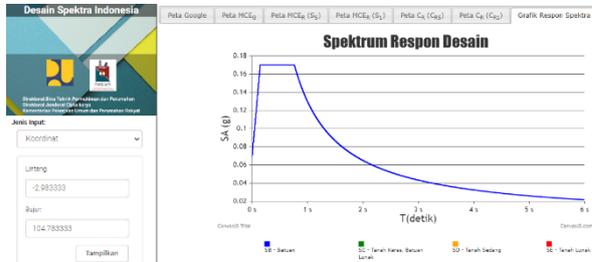
2.1. Profil Struktur

Dimensi ruko mengikuti ukuran standar yang banyak dibuat di Palembang yaitu lebar pintu 4 m. Jarak antar kolom kearah belakang adalah 5m + 4m +5m, kearah samping yaitu 4 bentang agar struktur terlihat lebih simetris dengan 2 pasang tangga. Tangga diletakkan dibagian belakang. Bentang 5m di arah belakang sebesar 5m agar struktur tangga dapat memenuhi kemiringan yang standar. Dimensi standar tangga, kolom, pelat lantai, mutu material dan pembebanan mengikuti ketentuan dalam SNI [2][6][7][8]. Ruko yang dimodelkan digunakan sebagai hunian di lantai 2 dan 3, dan fungsi usaha hanya digunakan di lantai 1. Ketentuan-ketentuan tersebut dituangkan dalam tabel 1.

Tabel 1. Data struktur

Parameter	Dimensi
Jumlah tingkat	3
Jumlah pintu	4
Jarak antar lantai	4 m
Jarak antar kolom arah X	4m
Jarak antar kolom arah Y	5 m, 4 m, 5 m
Panjang kantilever (depan -belakang)	1,5 m
Ukuran kolom	300 mm x 400 mm
Ukuran balok induk (B1)	250 mm x 400 mm
Ukuran balok anak (B2)	200 mm x 300 mm
Tebal pelat lantai	120 mm
Beban mati	1,5 kN/m ²
Beban hidup lantai	1,92 kN/m ²
Beban hidup atap	0,96 kN/m ²
Beban dinding	2,5 kN/m ¹
Jenis pondasi	Telapak dengan cerucuk
Kuat tekan beton (f_c')	21 MPa
Kuat leleh baja (lentur)	420 MPa
Kuat leleh baja (geser)	280 MPa

Bangunan terletak di tanah lunak sesuai dengan ketentuan di tabel 5 SNI 1726:2019. Untuk menentukan parameter respon spektra, diambil dari Aplikasi Spektum Respons Desain Indonesia 2021.



Gambar 1. Spektrum disain
Sumber: <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021>

Dari situs tersebut juga didapatkan parameter $SDS = 0,44$ g dan $SD1 = 0,51$ g.

Tabel 2. Parameter seismik bangunan sesuai [9]

Ketentuan	Parameter	Nilai
Tabel 3	Fungsi bangunan gedung	Rumah toko
Tabel 3	Kategori resiko bangunan	II
Tabel 4	Faktor keutamaan gempa	1
Tabel 4	Tinggi bangunan	12 m
Tabel 4	Sistem struktur	SRPMK
Tabel 12	Faktor modifikasi respon R	8
Tabel 12	Faktor pembesaran defleksi C_d	5,5
Tabel 12	Faktor kuat lebih Ω_0	3
Tabel 17	Koefisien batas atas C_u	1,4
Tabel 18	Koefisien C_t	0,0466
Tabel 18	Koefisien x	0,9

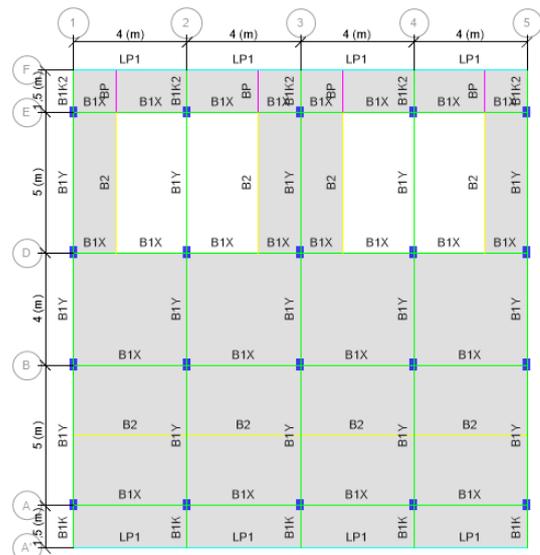
2.2. Pemodelan Struktur

Struktur dimodelkan dengan bantuan salah satu *software* analisis dan disain struktur yaitu ETABS v 20. Struktur dimodelkan secara langsung mulai dari dasar pondasi sebagai perletakan, hingga struktur atap dalam model 3 dimensi dengan dan tanpa struktur tangga. Tumpuan dianggap sendi karena telapak pondasi berada diatas cerucuk pada kedalamaman -1,5 m. Model dibuat dalam 3 tipe yaitu:

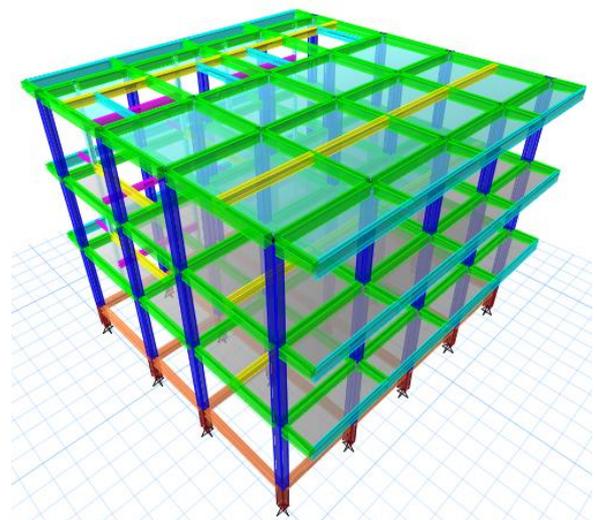
1. Model A, struktur tangga dianggap sebagai beban yang didistribusikan ke balok dibawah tangga dan balok di atas tangga tanpa balok bordes,

2. Model B, struktur tangga dianggap sebagai beban yang didistribusikan ke balok bordes, balok dibawah tangga dan balok di atas tangga.
3. Model C: struktur tangga dimodelkan secara langsung sebagai stuktur yang memikul beban mati dan beban hidup.

Tangga dipasang dari sloof hingga ke lantai atap. Di lantai atap ada beban tambahan untuk penutup bukaan.



Gambar 2. Denah bangunan



Gambar 3. Model 3D struktur

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Partisipasi Massa

Setelah dilakukan pemodelan struktur 3D, ke 3 model sudah memenuhi 100% rasio partisipasi massa.

Tabel 3. Partisipasi massa

Kode Model	Mode	UX	UY	RZ	Sum
A	1	99%	0%	1%	100%
	2	0%	100%	0%	100%
	3	1%	0%	99%	100%
B	1	82%	0%	18%	100%
	2	0%	100%	0%	100%
	3	18%	0%	82%	100%
C	1	51%	0%	49%	100%
	2	0%	100%	0%	100%
	3	49%	0%	51%	100%

Sesuai tabel 3, partisipasi massa arah mode 1 semakin mengecil apabila kekakuan bangunan bertambah, yaitu mendekati torsi (51%) untuk model C.

3.2. Periode Getar Struktur

Periode getar struktur hasil perhitungan (Tabel 1), berada diatas nilai yang digunakan menggunakan rumus pendekatan sesuai pasal 7.8.2.1 SNI 1726:2019 [9], yaitu:

$$T_a = C_t h_n^x \tag{1}$$

dimana didapatkan $T_a = 0,4362$ detik dan:

$$T_a = 0,1N \tag{2}$$

didapatkan $T_a = 0,3$ detik

Tabel 4. Periode getar struktur

Mode	Period (detik)		
	A	B	C
1	1,227	1,17	1,079
2	1,135	1,144	0,918
3	1,11	1,048	0,857
4	0,4	0,381	0,346
5	0,351	0,353	0,286
6	0,35	0,334	0,261

7	0,246	0,234	0,210
8	0,208	0,201	0,166
9	0,198	0,199	0,161

Sesuai tabel 4, periode getar struktur semakin kecil seiring dengan model yang lebih kaku. Nilai T untuk model A, B dan C berturut-turut adalah 1,227 detik, 1,17 detik dan 1,079 detik. Periode getar yang cukup tinggi di mode awal disebabkan oleh bangunan yang cukup fleksibel, dimana kekakuan bangunan pada lantai diatas lantai 1 lebih besar karena memiliki kantilever dibagian depan dan belakang. Meskipun demikian, periode getar menjadi turun drastis setelah mencapai mode 4, yaitu berkisar antara 3-4 detik. Periode getar tersebut tidak boleh melebihi ketentuan pada persamaan (3).

$$T = T_a \times C_u \tag{3}$$

Didapatkan batas atas periode fundamental (T) tersebut adalah 0,4362 detik x 1,4 = 0,6106 detik. Karena seluruh periode getar, baik arah X dan Y untuk ke 3 model hasil perhitungan T_c melebihi T, maka diambil nilai T yaitu 0,6106 detik untuk menentukan gaya geser dasar.

3.3. Gaya Geser Dasar (V)

Dalam menghitung koefisien respons seismic dan gaya geser dasar (V), telah dilakukan perhitungan sesuai dengan ketentuan pasal 7.8.1 SNI 1726:2019. Gaya geser dasar digunakan nilai dari perhitungan statik ekuivalen, setelah dilakukan penskalaan gaya gempa. Karena periode getar struktur ditentukan oleh batas atas, maka gaya geser dasar untuk arah X dan Y bernilai sama.

Tabel 5. Gaya geser dasar

Model	Base shear (V), kN	
	Arah X	Arah Y
A	473,05	473,05
B	479,8	479,8
C	489,3	489,3

Nilai gaya geser dasar terjadi kenaikan hingga sebesar 1,43 % apabila dibandingkan antara struktur pada model B dengan A.

Kenaikan total sebesar 3,41 % antara model C dengan A.

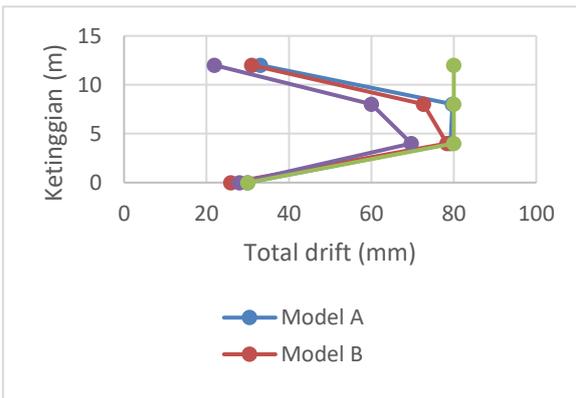
3.4. Momen Guling (*Overtuning Moment*), kNm

Momen guling semakin tinggi seiring dengan naiknya gaya geser dasar. Untuk arah X, kenaikan dari model A ke B sebesar 4,41% dan dari model A ke C sebesar 6,56%. Pada arah Y terjadi kenaikan momen guling sebesar 2,1% dan 4,65% untuk pola yang sama.

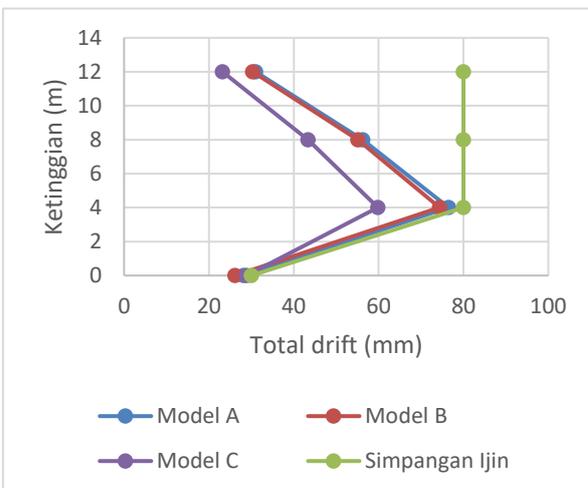
Tabel 6. Momen guling

Model	<i>Overtuning moment, kNm</i>	
	Arah X	Arah Y
A	121199,8	102967,5
B	126544,1	105128,5
C	129152,2	107759

3.5. Simpangan Antar Lantai (*Interstory drift*)



Gambar 4. Simpangan antar lantai Arah X



Gambar 5. Simpangan antar lantai Arah Y

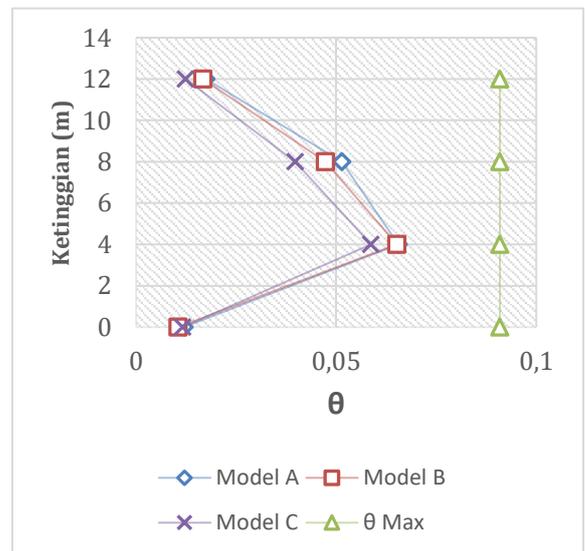
Seperti terlihat pada gambar 4 dan 5, simpangan antar lantai struktur masih memenuhi syarat dari simpangan ijin sesuai tabel 20 SNI 1726:2019, baik pada arah X maupun arah Y.

3.6. P Delta

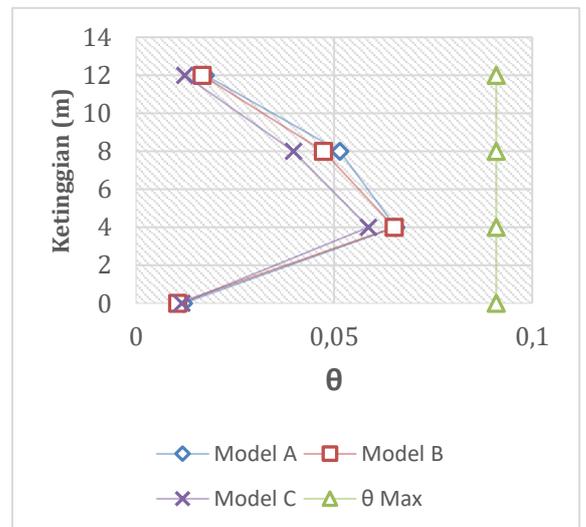
Persyaratan P delta dalam perhitungan ditentukan oleh batasan koefisien stabilitas θ , dimana:

$$\theta = \frac{0,5}{\beta C_d} \leq 0,25 \quad (4)$$

Didapat nilai $\theta = 0,09$ dan sesuai gambar 6 dan 7, nilai koefisien stabilitas untuk ke 3 model pada arah X dan Y tidak melebihi θ_{max} sehingga bangunan dinyatakan stabil.



Gambar 6. Koefisien stabilitas Arah X



Gambar 7. Koefisien stabilitas Arah Y

3.7. Gaya Dalam Pada Kolom

Gaya dalam dihitung setelah dilakukan kombinasi pembebanan ultimit dengan memasukkan pengaruh beban gravitasi maupun gempa statik dan diambil nilai *envelope* dalam kondisi penampang retak. Gaya dalam yang terjadi pada kolom merupakan gaya dalam terbesar dan dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Gaya dalam pada kolom

Gaya dalam	Satuan	Model		
		A	B	C
Pu max	kN	786,53	851,02	978,22
Pu min	kN	77,42	88,60	84,18
Mu _{mayormax}	kNm	60,43	52,87	60,72
Mu _{mayormin}	kNm	-60,46	-53,41	-60,69
Mu _{minormax}	kNm	79,83	79,28	77,64
Mu _{minormin}	kNm	-78,11	-77,90	-78,67
Vu _{mayormax}	kN	31,67	56,48	56,35
Vu _{mayormin}	kN	4,28	21,27	15,77
Vu _{minormax}	kN	38,83	62,91	69,68
Vu _{minormin}	kN	5,74	27,22	29,05

Seperti yang terlihat pada tabel 7, gaya aksial pada kolom meningkat sebesar 24,37% dari model A ke model C. Momen pada sumbu mayor naik sebesar 0,48%, momen pada sumbu minor naik 0,71%. Peningkatan yang sangat signifikan terjadi pada gaya geser. Gaya geser pada sumbu mayor kolom naik sebesar 268,63% dan pada sumbu minor naik sebesar 405,92%.

3.8. Gaya Dalam Pada Balok

Pada tabel 8, dapat dilihat bahwa gaya dalam yang terjadi pada balok cenderung menurun seiring bertambahnya kekakuan pada struktur.

Tabel 8. Gaya dalam pada balok

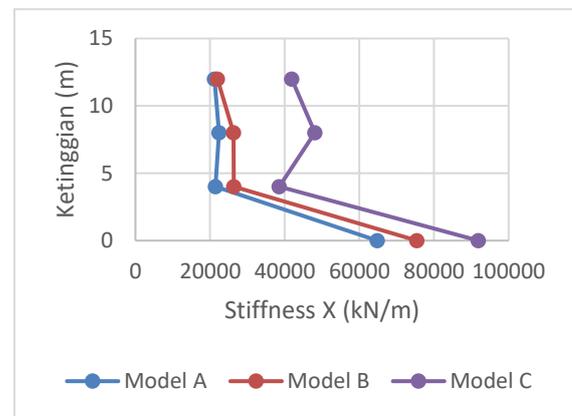
Gaya dalam	Satuan	Model		
		A	B	C
Momen tumpuan ⁽⁻⁾	kNm	104,09	103,91	91,83
Momen lapangan ⁽⁺⁾	kNm	50,63	50,93	53,05
Geser	kN	103,11	93,71	91,53
Torsi	kNm	16,67	15,42	13,64

Momen lentur yang terjadi pada tumpuan turun sebesar 11,78 % dari model A ke model C. Sebaliknya momen lapangan naik sebesar 4,78%. Sedangkan gaya geser dan momen torsi berkurang masing-masing 11,23% dan 18,14%.

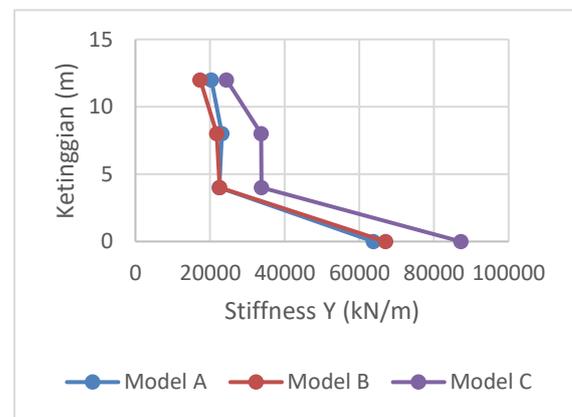
3.9. Diskusi

Kekakuan struktur sangat mempengaruhi periode getar sesuai persamaan 5. [10]

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (5)$$



Gambar 8. Stiffnes Arah X

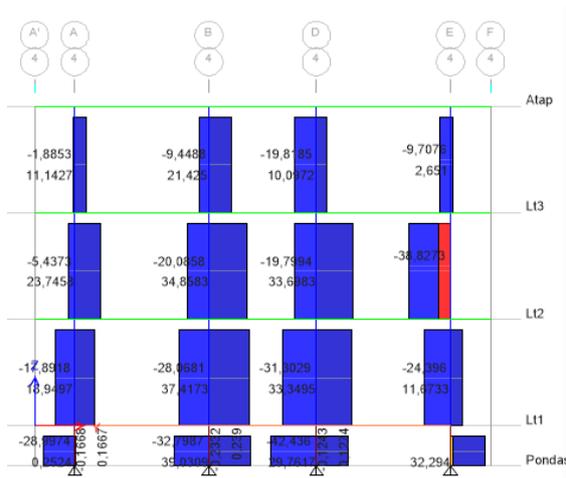


Gambar 9. Stiffnes Arah Y

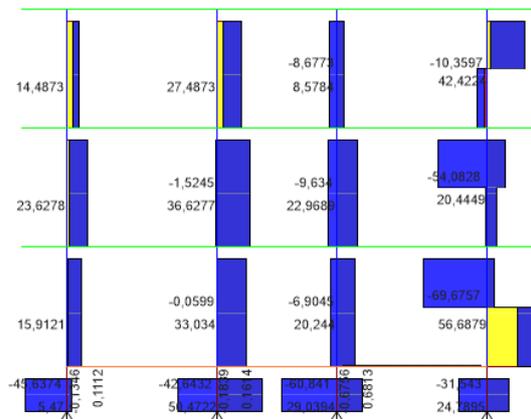
Pada gambar 8 dan 9 dapat dilihat bahwa model C yang menggunakan tangga sebagai struktur, kekakuan nya lebih tinggi disbanding model B dan model B kekakuannya lebih tinggi dari model A. Secara keseluruhan, sebagai contoh, pada elevasi 0, kekakuan pada model C lebih tinggi 41,82% dibanding kekakuan model A pada arah X. sedangkan pada arah Y, kekakuan nya selisih sebanyak 36,72%.

Semakin tinggi kekakuan, maka periode getar akan semakin rendah seperti yang didapatkan pada tabel 4, dan selanjutnya akan memperbesar gaya geser dasar yang direpresentasikan pada tabel 5. Secara empiris, pada model yang diuji pada tulisan ini dapat dinyatakan bahwa kenaikan kekakuan akibat tangga sebesar 41,82% dapat menaikkan gaya geser dasar sebesar 3,41%. Hal ini sama seperti yang ditemukan pada penelitian sebelumnya [3] dan [5].

Gaya geser kolom pada model A lebih terdistribusi pada kolom-kolom yang lain. Sedangkan pada model B dan C gaya geser kolom lebih terkonsentrasi di lokasi dimana ada pengaruh bordes. Sebagai perbandingan kontras dapat dilihat pada gambar 10 dan gambar 11.



Gambar 10. Geser kolom pada Model A



Gambar 11. Geser kolom pada Model C

Dari gambar 10 dan 11 diatas dapat dilihat bahwa diperlukan antisipasi terhadap gaya geser pada kolom di sekitar tangga.

4. KESIMPULAN

Dari hasil studi yang telah dilakukan terhadap ke 3 model struktur beton bertulang bangunan ruko 3 tingkat 4 pintu yang terletak pada tanah lunak dan KDS D dapat disimpulkan bahwa pemodelan tangga sebagai struktur sangat mempengaruhi perilaku seismik bangunan. Memodelkan tangga sebagai struktur dapat: menaikkan kekakuan tangga hingga 41,82%, periode getar menurun hingga 12,06%, gaya geser dasar naik hingga 3,41%, momen guling naik hingga 6,56%, simpangan antar lantai dan koefisien stabilitas menurun sehingga bangunan lebih stabil dan perpindahan lebih sedikit, gaya aksial pada kolom akan naik, gaya geser pada kolom naik sangat signifikan terutama pada kolom yang terkoneksi dengan struktur tangga, gaya dalam pada balok secara umum menurun akibat gaya yang banyak terserap pada kolom. Struktur tangga yang dimodelkan secara langsung perlu diperhatikan detailing pada kolom karena terjadi semacam efek kolom pendek sehingga gaya geser pada daerah itu sangat tinggi dan diperlukan penulangan geser yang lebih besar dibandingkan kolom-kolom yang lain.

Daftar Pustaka

- [1] Presiden Republik Indonesia, “Peraturan Pemerintah No 16 tahun 2021 Tentang Peraturan Pelaksanaan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2002 Tentang Bangunan Gedung,” in *Presiden Republik Indonesia*, no. 087169, Jakarta. 2021
- [2] Badan Standar Nasional Indonesia, "SNI 8900 tahun 2020, *Panduan Desain Sederhana untuk Bangunan Gedung*". Jakarta 2020.
- [3] J. H. Takesan, P. H. Simatupang, and W. Bunganaen, “Studi Pengaruh Tangga pada Pemodelan Struktur Bangunan Beraturan Akibat Beban Gempa dengan Menggunakan Software Etabs,” *J. FORUM Tek. SIPIL*, vol. 1, no. 2, pp. 48–59, 2021, doi: 10.35508/forteks.v1i2.4886.
- [4] O. G. Kumbhar, R. Kumar, and S.

- Adhikary, "Effect of staircase on seismic performance of RC frame building," *Earthq. Struct.*, vol. 9, no. 2, pp. 375–390, 2015, doi: 10.12989/eas.2015.9.2.375.
- [5] Y. A. Harsoyo, "Pengaruh Pemodelan Elemen Tangga pada Gedung Beton Bertulang terhadap Beban Gempa: Studi Kasus Gedung Hotel Tajem Paradise City Yogyakarta 5 Lantai," *Semesta Tek.*, vol. 19, no. 2, pp. 142–147, 2018.
- [6] Badan Standar Nasional Indonesia, "SNI 2847 tahun 2019, *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*", Jakarta. 2019.
- [7] Badan Standar Nasional Indonesia, "SNI 1727 tahun 2020: *Beban desain minimum dan Kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain*", Jakarta. 2020.
- [8] Badan Standar Nasional Indonesia, " *SNI 2847 tahun 2019: Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan*", Jakarta. 2019.
- [9] Badan Standar Nasional Indonesia, "SNI 1726 tahun 2019: *Tata cara perancangan ketahanan gempa untuk bangunan gedung dan nongedung*", Jakarta. 2019.
- [10] N. Farzad, "*The seismic design handbook second edition*" . Springer, USA, 2012.