

STUDI PENGARUH TANGGA PADA PEMODELAN STRUKTUR BANGUNAN TAKBERATURAN AKIBAT BEBAN GEMPA

Rinaldi A. P. Silitonga¹ (aldhysilitonga@gmail.com)

Partogi H. Simatupang² (simatupangpartogi@yahoo.com)

Yunita A. Messah³ (yunafliana@gmail.com)

ABSTRAK

Ketidakteraturan bangunan gedung mempengaruhi beban yang terjadi dan menimbulkan simpangan antar lantai serta titik pusat pembebanannya dapat berubah. Ini yang menyebabkan bangunan gedung bertingkat sering didesain dengan tidak menyertakan tangga pada pemodelannya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana respon struktur bangunan akibat perubahan model tangga, dilakukan analisis struktur dengan *software* SAP2000, analisis gempa respon spektrum dan analisis struktur (*running analysis*). Model struktur gedung yang digunakan yaitu gedung berbentuk L dengan tangga L, gedung berbentuk L dengan tangga U, gedung berbentuk U dengan tangga L, serta gedung berbentuk U dengan tangga U. Berdasarkan hasil analisis, dengan penempatan dan variasi bentuk yang berbeda, dapat mempengaruhi kekakuan struktur terhadap beban yang diterima karena tangga sebagai pengekang (*brace frame*) yang mengakibatkan suatu struktur bangunan gedung menjadi lebih kaku (*rigid*), hasil analisis keempat model, ternyata struktur lantai dasar menerima gaya dalam momen yang lebih besar dan untuk perpindahan yang terjadi pada tangga $U < L$ terhadap arah memanjang struktur sedangkan perpindahan yang terjadi pada tangga $L < U$ terhadap arah melintang struktur.

Kata Kunci: Tangga, *Displacement*, Model, SAP2000

ABSTRACT

The irregularity of the building affects the load that occurs and causes the deviation between floors and the center of the load to change. This is why high rise buildings are often designed not to include stairs in the modeling. This study aims to determine how the response of the building structure due to changes in the staircase model, structural analysis was carried out using SAP2000 software, earthquake response spectrum analysis and structural analysis (running analysis). The building models used are L-shaped buildings with L stairs, L-shaped buildings with U stairs, U-shaped buildings with L stairs, and U-shaped buildings with U stairs. the load received because the ladder is a brace frame which causes a building structure to become more rigid, the results of the analysis of the four models, it turns out that the ground floor structure receives a larger moment force and the displacement that occurs on the $U < L$ stairs towards the direction of the ladder. extending the displacement structure that occurs on the ladder $L < U$ with respect to the transverse direction of the structure.

Keywords: Stairs, *Displacement*, Model, SAP2000

PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan teknologi, gedung dibangun dalam beberapa model tidak beraturan atau tidak simetris. Ketidakteraturannya bangunan gedung dapat mempengaruhi beban yang terjadi dan akan diterima oleh struktur gedung, yaitu dapat menimbulkan simpangan antar lantai dan titik pusat pembebanannya dapat berubah. Simpangan yang terjadi dan berubahnya titik pusat pembebanan dapat menyebabkan respon bangunan yang berbeda-beda terhadap gaya

¹ Prodi Teknik Sipil – FST Undana, (penulis korespondensi);

² Prodi Teknik Sipil – FST Undana;

³ Prodi Teknik Sipil – FST Undana.

gempa dibandingkan dengan bangunan gedung yang beraturan atau simetris. Ini yang menyebabkan bangunan gedung bertingkat sering didesain dengan tidak menyertakan tangga pada pemodelannya. Pada penelitian ini penulis tertarik untuk meninjau terhadap variasi ketidakberaturan model gedung dan tangga terhadap respon struktur bangunan gedung bertingkat. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui bagaimana respon struktur bangunan gedung akibat perubahan model gedung dan tangga.

TINJAUAN PUSTAKA

Struktur Bangunan Tidak Beraturan

Menurut SNI 1726:2019 pasal 7.3.2, struktur gedung dapat diklasifikasikan sebagai bangunan beraturan dan tidak beraturan. Kriteria ini harus berdasarkan pada konfigurasi horizontal dan vertikal dari struktur bangunan gedung. Struktur dalam konteks hubungannya dengan bangunan adalah sebagai sarana untuk menyalurkan beban dan akibat penggunaannya dan atau kehadiran bangunan ke dalam tanah. Struktur adalah tata ukur, tata hubung, tata letak dalam suatu sistem yang membentuk satuan kerja (Scodek, 1998).

Tangga

Tangga adalah sebuah konstruksi yang dirancang untuk menghubungkan dua tingkat vertikal yang memiliki jarak satu sama lain. Konstruksi tangga pada perencanaan bangunan bertingkat seperti pada rumah atau bangunan umum perlu dirancang senyaman mungkin. Dalam perencanaan tangga memiliki sudut tangga yang ideal $\pm 40^\circ$ karena pada waktu menggunakan tangga tidak terasa lelah pada saat arah naik dan tidak berbahaya pada saat arah turun dari tangga. Tangga merupakan suatu sambungan yang dapat dilalui antar tingkat sebuah bangunan, dan dapat dibuat dari kayu, pasangan batu, baja, beton bertulang dan lain-lain. Tangga dapat bersifat permanen maupun non permanen, tangga permanen biasanya digunakan untuk menghubungkan dua bidang horisontal pada bangunan lantai bangunan yang berbeda.

Pembebanan

Kombinasi beban gempa yang digunakan sebagai berikut:

1. $1,4D$ (1)
2. $1,2D + 1,6L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$ (2)
3. $1,2D + 1,6 (Lr \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5 W)$ (3)
4. $1,2D + 1,0W + L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$ (4)
5. $1,2D + 1,0E + L$ (5)
6. $0,9D + 1,0W$ (6)
7. $0,9D + 1,0E$ (7)

SAP2000

SAP 2000 merupakan program untuk perhitungan kekuatan struktur khususnya bangunan-bangunan bertingkat tinggi dan jembatan. Program ini sangat diminati oleh semua *civil engineer* karena sangat mudah dipelajari dan simpel digunakan. Sebelum adanya program SAP 2000 ini, para *civil engineer* sering menggunakan rumus analisis struktur yang membutuhkan waktu lama, setelah adanya program ini dapat mempercepat hasil dari analisis.

Respon Spektrum

Respon spektrum adalah plat respons maksimum (perpindahan, kecepatan, percepatan, maksimum ataupun besaran yang diinginkan) dari fungsi beban tertentu untuk semua kemungkinan system berderajat-kebebasan-tunggal. Absis dari spektrum adalah frekuensi natural (atau periode) dari system dan ordinat adalah respons maksimum.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode analisis, dalam penelitian ini digunakan analisis beban gempa dengan metode *Linear static Procedures*, yaitu Analisis Statis Equivalen dan juga metode *Linear Dynamic Procedures*, yaitu Metode Modal Analisis. Diawali dengan perhitungan pembebanan, yaitu beban mati, beban hidup didasarkan pada PPIUG 1983 dan beban gempa, menentukan kelas situs, menghitung nilai S_{MS} dan S_{M1} , menghitung nilai S_{DS} dan S_{D1} , analisis kurva respons spectrum, *load patern*, *load case*, *load combination* dan Pusat Massa per Lantai, kemudian dianalisa menggunakan aplikasi SAP2000 v.20 untuk memperoleh gaya dalam dan *displacement*, selanjutnya dari output SAP2000 tersebut dilakukan rekapan untuk memperoleh gaya dalam dan *displacement*.

Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskripsi gedung yang akan dipakai yaitu jenis struktur, fungsi gedung, luas total gedung, tinggi gedung dan jumlah lantai gedung.

Data Primer

- (i) Dimensi struktur, yaitu kolom, balok, pelat lantai dan tangga yang akan digunakan dalam penelitian
- (ii) Elevasi untuk setiap lantai

Data Sekunder

- (i) Data Material

Untuk mutu beton (f_c'), mutu baja tulangan longitudinal (f_y') dan tulangan sengkang (f_{ys}) yang dipakai adalah sebagai berikut :

Mutu Beton (f_c')

$K-300 = 300 \text{ kg/cm}^2$, karena $1 \text{ Mpa} = 10 \text{ kg/cm}^2$, maka mutu beton tersebut adalah: $300 \text{ kg/cm}^2 = 30 \text{ Mpa}$.

Mutu Baja Tulangan Longitudinal (f_y') $f_y' = 400 \text{ Mpa}$.

Mutu Baja Tulangan Sengkang (f_{ys}) $f_{ys} = 240 \text{ Mpa}$.

- (ii) Beban Gempa

Data gempa yang digunakan pada penelitian ini adalah data respon spektrum PUSKIM (Pusat Litbang Perumahan dan Pemukiman) untuk desain spektra Indonesia di Kota Kupang.

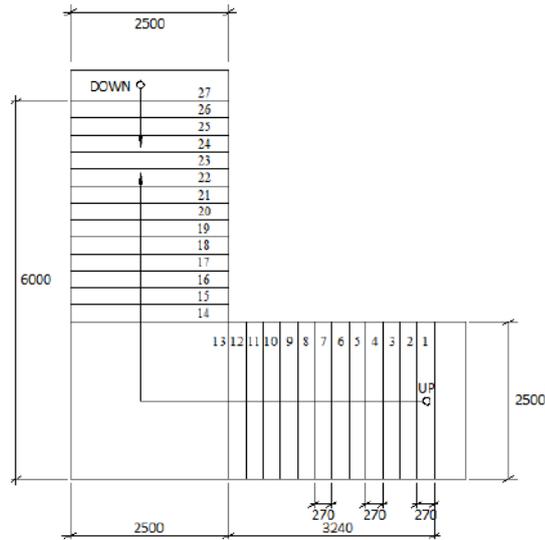
- (iii) Data Denah

Deskripsi gedung dapat dilihat pada table berikut.

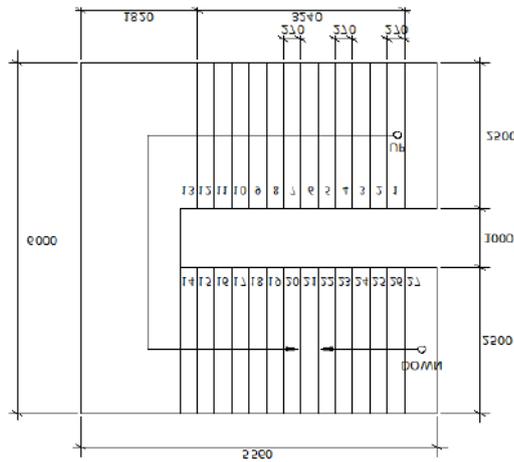
Tabel 1. Deskripsi Struktur Gedung

Deskripsi gedung	Keterangan
Jenis struktur	Beton Bertulang
Fungsi gedung	Perkantoran
Luas total gedung	42 m x 30 m
Tinggi gedung	15 m
Jumlah lantai gedung	4
Kolom	0,7 m x 0,7 m
Balok	0,35 m x 0,45 m
Pelat lantai	0,12 m
Tinggi antar lantai	5 m

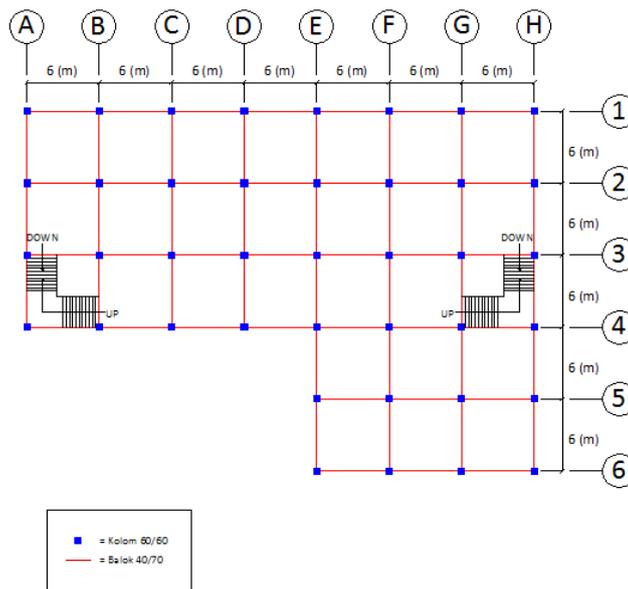
Dimensi Tangga dan Bangunan



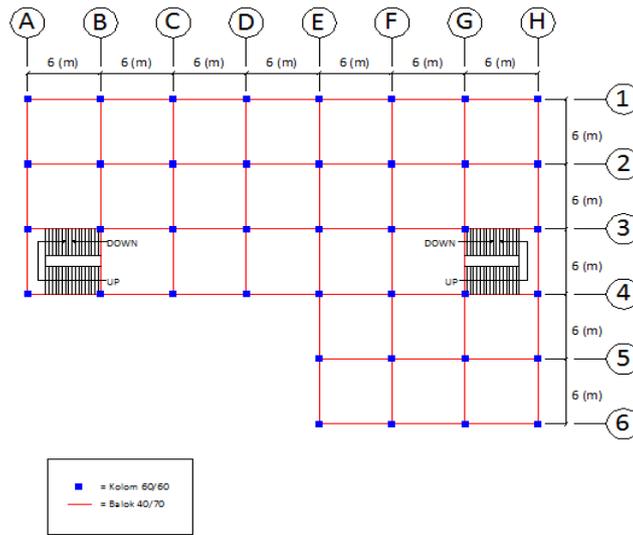
Gambar 1. Dimensi Tangga L



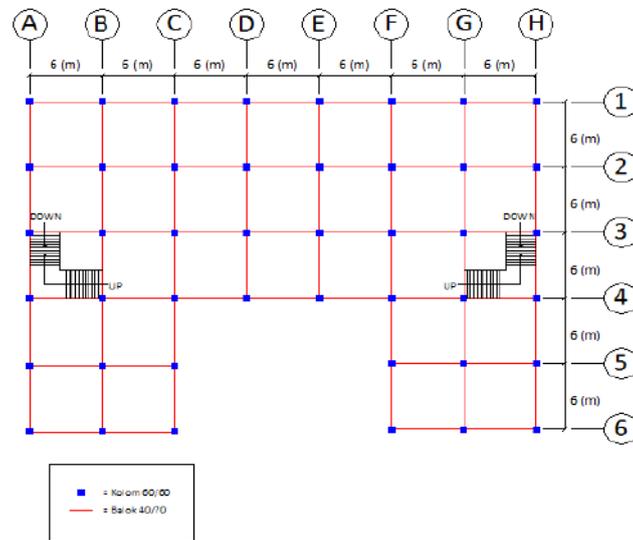
Gambar 2. Dimensi Tangga U



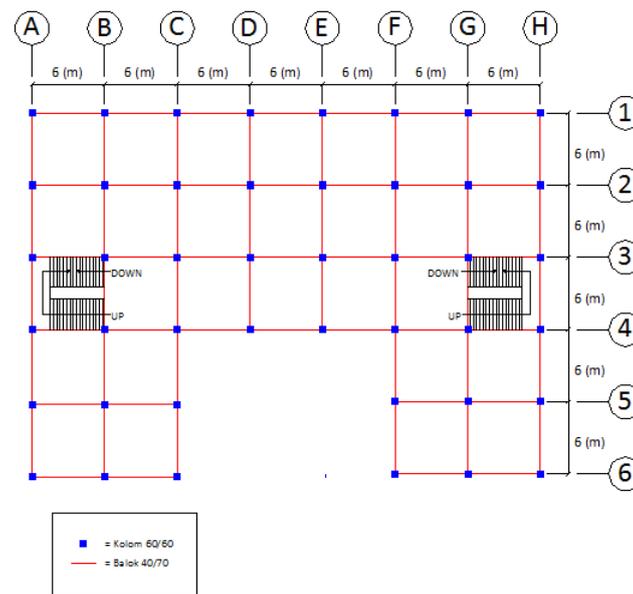
Gambar 3. Dimensi Bangunan L



Gambar 4. Dimensi Bangunan L

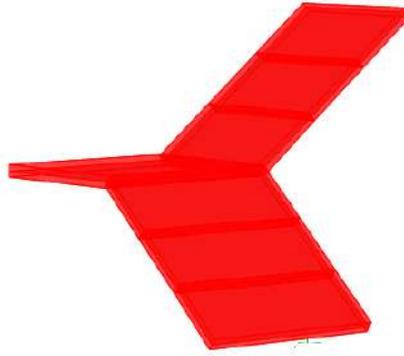


Gambar 5. Dimensi Bangunan U

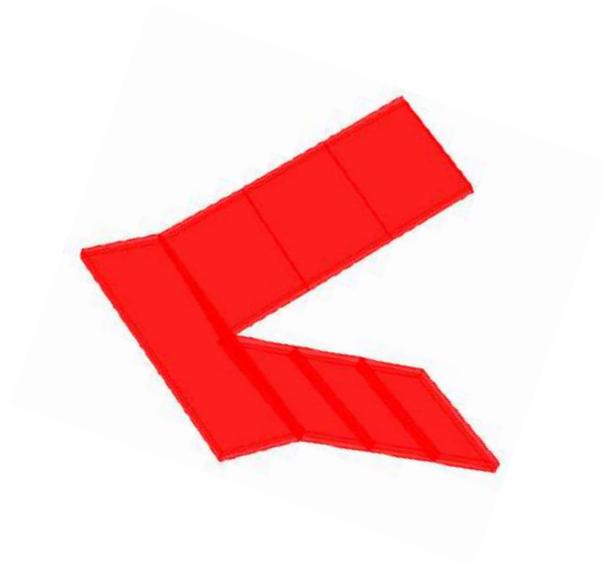


Gambar 6. Dimensi Bangunan U

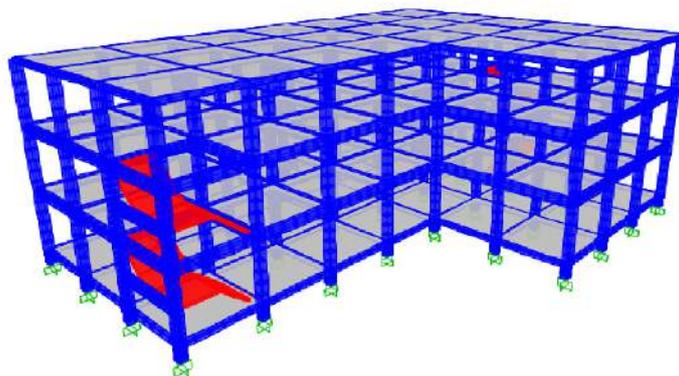
Model Tangga dan Bangunan



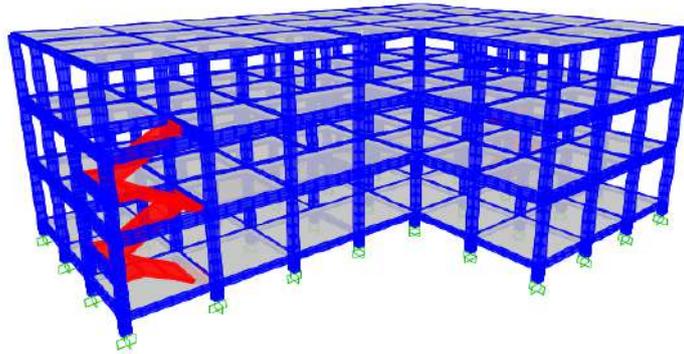
Gambar 7. Model Tangga L



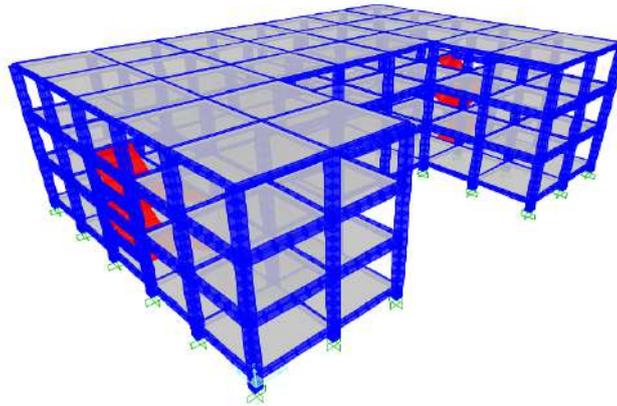
Gambar 9. Model Tangga U



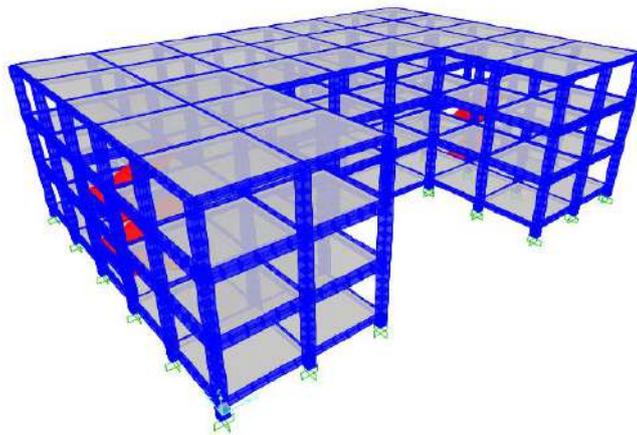
Gambar 9. Model Gedung Berbentuk L dengan Tangga L



Gambar 10. Model Gedung Berbentuk L dengan Tangga U



Gambar 11. Model Gedung Berbentuk U dengan Tangga L



Gambar 12. Model Gedung Berbentuk U dengan Tangga U

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Dalam proses mendesain struktur dengan menggunakan *software* SAP2000. Dimodelkan struktur tidak beraturan dengan 4 variasi, sesuai dengan denah. Maka dengan data mutu beton K-300 atau 30 MPa, dengan baja tulangan logitudinal (f_y') dan tulangan sengkang (f_{ys}) sebesar 400 MPa dan 200 MPa. Data tersebut digunakan untuk melakukan pemodelan struktur gedung sesuai rencana, yaitu dengan 4 variasi gedung.

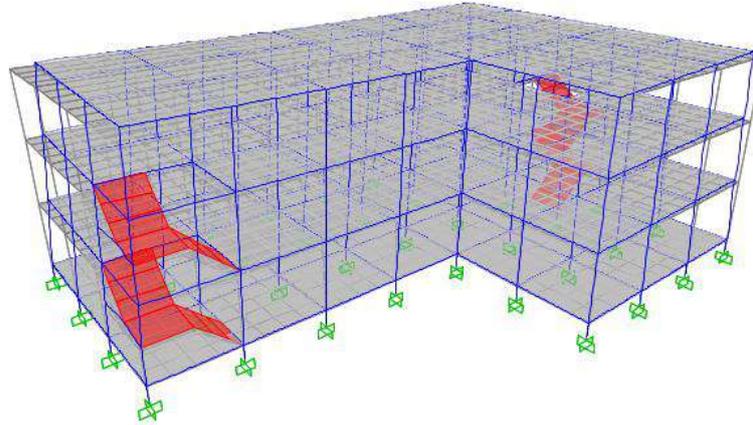
Analisis Data

Dilakukan analisa struktur menggunakan aplikasi SAP2000 v.20 untuk mengetahui gaya dalam yang bekerja dan *displacement* pada struktur. Gaya dalam yang diambil dalam penelitian ini adalah pada kolom. Dari gaya dalam dan *displacement* tersebut, dilakukan rekapitulasi yang

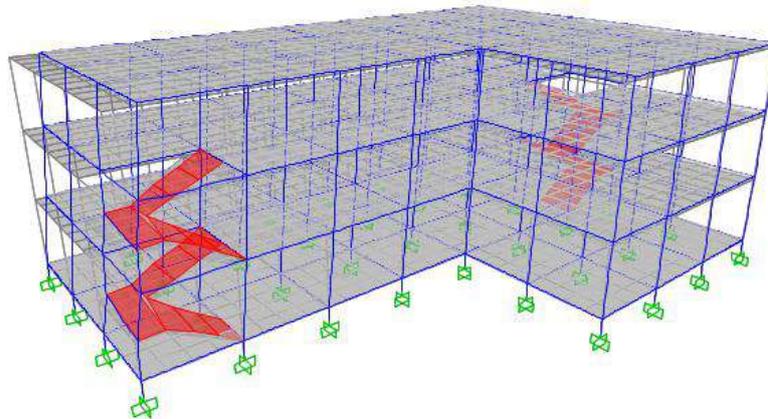
selanjutnya akan digunakan untuk menarik kesimpulan sesuai tujuan penelitian (Lampiran 9 – 20).

Hasil Analisis Respons Spektrum dan Beban Lainnya Pada Struktur Gedung Desain

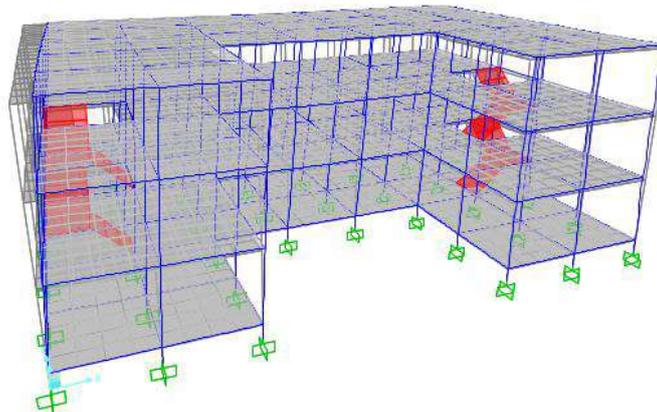
Beban dan nilai respons spektrum hasil analisis diinput dalam struktur gedung desain, maka keempat model struktur yang didesain dapat dilihat pada Gambar 13, Gambar 14, Gambar 15 dan Gambar 16.



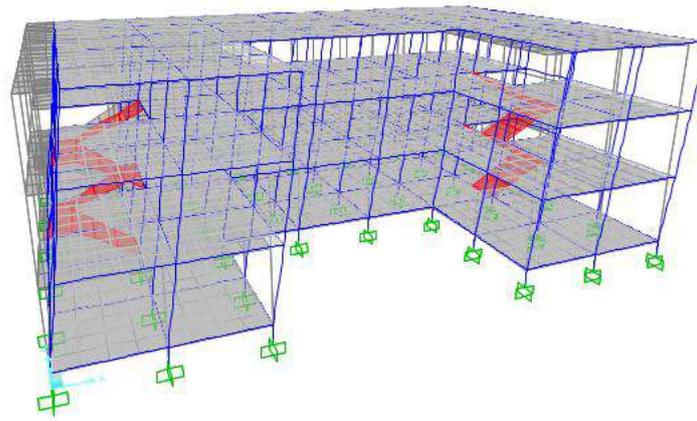
Gambar 13. Gambar Struktur Gedung Berbentuk L dengan Tangga L



Gambar 14. Gambar Struktur Gedung Berbentuk L dengan Tangga U



Gambar 15. Gambar Struktur Gedung Berbentuk U dengan Tangga L



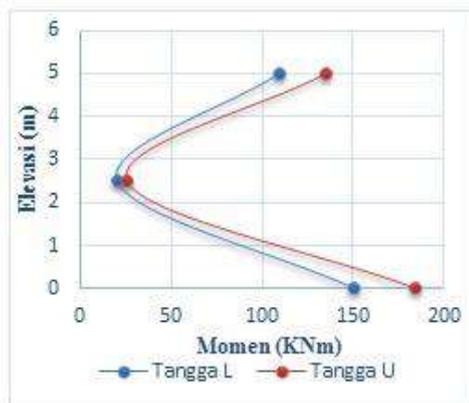
Gambar 16. Gambar Struktur Gedung Berbentuk U dengan Tangga U

Gaya Dalam Momen Pada Struktur Kolom (M_{KOLOM})

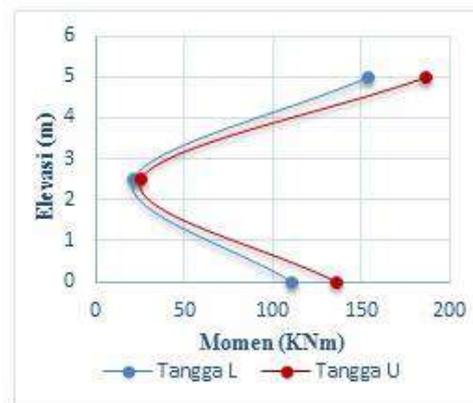
Keempat struktur yang dianalisis memiliki perbedaan juga pada gaya dalamnya, yaitu momen gaya. Momen gaya atau bisa juga disebut sebagai torsi adalah seberapa besar gaya yang diberikan untuk memutar suatu benda terhadap suatu poros tertentu atau dalam pengertian lain adalah kecenderungan gaya dalam memutar suatu benda. Kolom yang akan ditinjau adalah kolom yang terdapat pada pertemuan portal 4 (memanjang) dan portal F (melintang) pada struktur tersebut.

Tabel 2. Rekanan Gaya Dalam Momen Struktur Kolom

Lantai	Ele. m	Momen			
		Struktur Gedung L		Struktur Gedung U	
		Tangga L kN-m	Tangga U kN-m	Tangga L kN-m	Tangga U kN-m
3	0	150.6211	184.5652	111.177	136.5288
	2.5	20.7093	25.3991	21.1569	25.4849
	5	109.2886	134.9223	153.5462	186.4432
2	0	152.8528	203.9652	164.5966	224.4936
	2.5	8.3966	9.6213	8.5005	9.7301
	5	162.8804	219.236	154.9811	208.8635
1	0	191.8426	247.4301	198.6795	260.8399
	2.5	4.2703	6.9969	4.5976	7.0734
	5	195.9476	257.1888	193.9992	251.4847
Dasar	0	231.9198	293.8335	236.6156	298.5096
	1	106.5821	143.2082	107.2178	145.2126

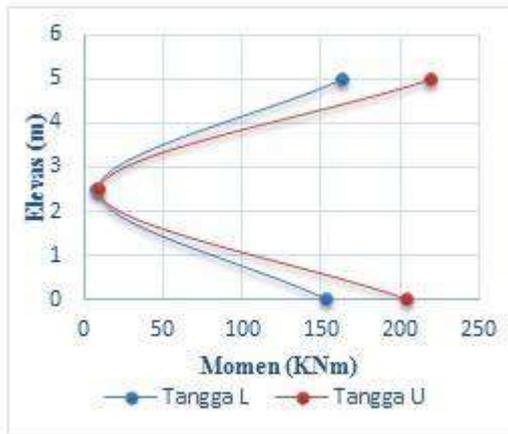


Gambar 17. Grafik Hubungan Momen

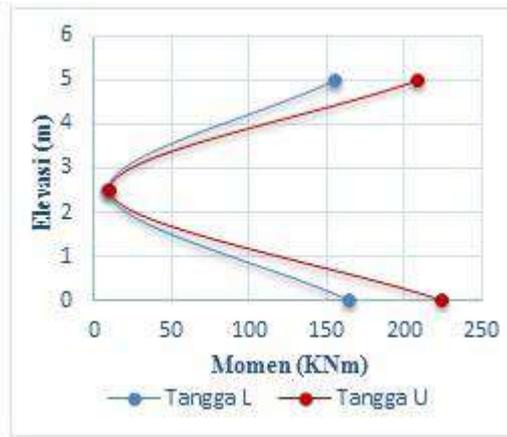


Gambar 18. Grafik Hubungan Momen

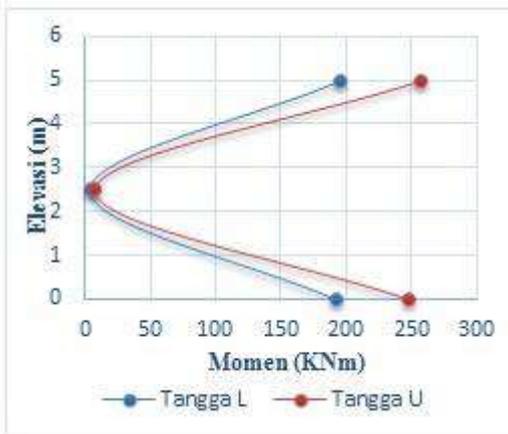
(M) dan Elevasi (h) untuk Kolom Lantai 3 Model Struktur Gedung L *(M) dan Elevasi (h) untuk Kolom Lantai 3 Model Struktur Gedung U*



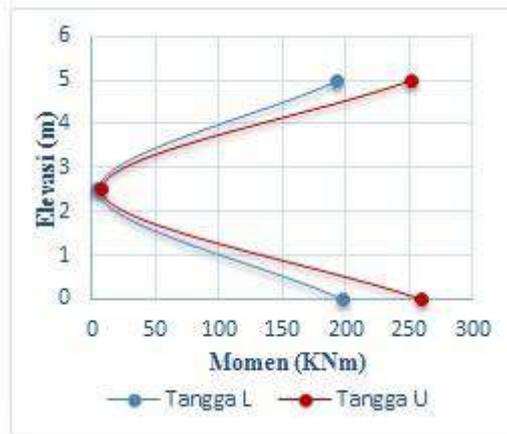
Gambar 19. Grafik Hubungan Momen (M) dan Elevasi (h) untuk Kolom Lantai 2 Model Struktur Gedung L



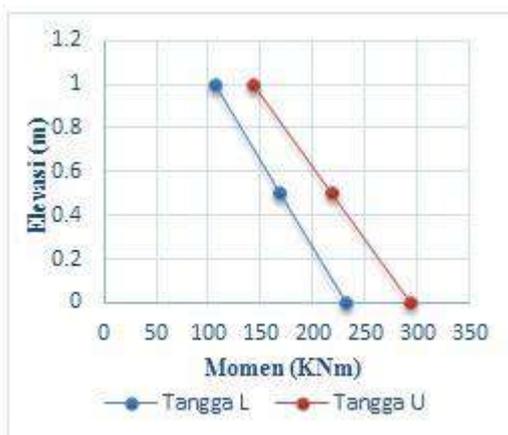
Gambar 20. Grafik Hubungan Momen (M) dan Elevasi (h) untuk Kolom Lantai 2 Model Struktur Gedung U



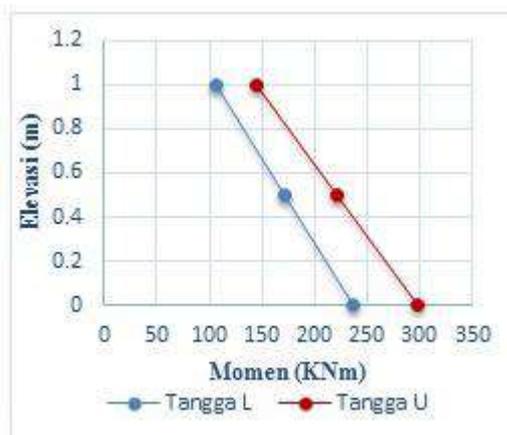
Gambar 21. Grafik Hubungan Momen (M) dan Elevasi (h) untuk Kolom Lantai 1 Model Struktur Gedung L



Gambar 22. Grafik Hubungan Momen (M) dan Elevasi (h) untuk Kolom Lantai 1 Model Struktur Gedung U



Gambar 23. Grafik Hubungan Momen (M) dan Elevasi (h) untuk Kolom Lantai Dasar Model Struktur Gedung L



Gambar 24 Grafik Hubungan Momen (M) dan Elevasi (h) untuk Kolom Lantai Dasar Model Struktur Gedung U

Berdasarkan Tabel 2., maka bisa diperoleh grafik hubungan momen dan elevasi untuk masing-masing kolom per lantai gedung, grafiknya ditampilkan pada Gambar 17. sampai Gambar 24.

Dari tabel-tabel dan grafik-grafik di atas dapat diperoleh hasil bahwa terdapat perbedaan. Momen kolom pada portal struktur bangunan tangga U relatif lebih besar baik pada bagian bawah, tengah, maupun bagian atas kolom dibandingkan dengan momen kolom yang terjadi pada struktur bangunan dengan tangga L. Hal ini terjadi akibat letak atau posisi tangga pada portal yang berperilaku sebagai, pengekang (*brace frame*) pada portal bangunan, sehingga berpengaruh terhadap kekakuan struktur bangunan tersebut dengan nilai gaya dalam momen pada model struktur gedung L untuk tangga U pada lantai dasar, 1, 2 dan 3 lebih besar yaitu 26,70%, 31,25%, 34,60% dan 22,54% dengan gaya dalam momen terbesar terjadi pada kolom lantai dasar sebesar 293.8335 KNm, sedangkan nilai gaya dalam momen pada model struktur gedung U untuk tangga U pada lantai dasar, 1, 2 dan 3 lebih besar yaitu 26,16%, 31,29%, 36,39% dan 21,42% dengan gaya dalam momen terbesar terjadi pada kolom lantai dasar sebesar 298,5096 KNm.

Perpindahan (*Displacement*) Antar Lantai Struktur

Perpindahan (*displacement*) antar lantai berguna untuk menentukan kinerja batas layan struktur gedung akibat beban gempa, batas layan struktur disini yaitu untuk membatasi terjadinya pelelehan baja dan peretakan beton yang berlebihan. Selain itu juga untuk menjaga kenyamanan penghuni gedung. Pada SNI 2019 point 7.12.1, menetapkan batas ijin simpangan berdasarkan tinggi tingkat antar struktur.

Tabel 3. Rekapitan Nilai Perpindahan (*Displacement*)

Lantai	<i>Displacement</i>							
	Struktur Gedung L				Struktur Gedung U			
	Tangga L		Tangga U		Tangga L		Tangga U	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
4	22.50	16.70	21.80	21.00	22.60	17.10	21.80	19.80
3	16.00	10.40	15.40	14.40	16.00	10.70	15.40	13.50
2	9.00	5.40	8.60	8.20	9.00	5.60	8.60	7.60
1	0.50	0.40	0.50	0.50	0.50	0.40	0.50	0.50

Berdasarkan tabel 3, maka bisa diperoleh grafik hubungan antara nilai *displacement* dan elevasi untuk masing-masing lantai gedung, baik arah memanjang dan arah melintang, grafiknya bisa dilihat pada Gambar 25 sampai Gambar 28.



Gambar 25. Grafik Hubungan Displacement dan Elevasi (h) antar Lantai Arah Memanjang Model



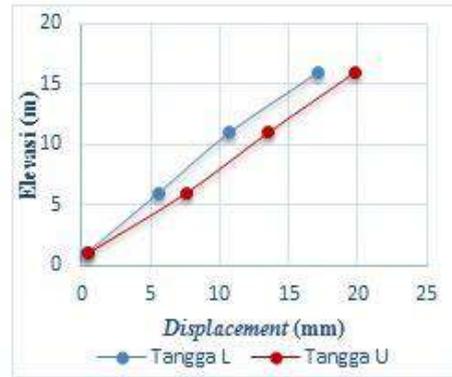
Gambar 26. Grafik Hubungan Displacement dan Elevasi (h) antar Lantai Arah Memanjang Model

Struktur Gedung L



Gambar 27. Grafik Hubungan Displacement dan Elevasi (h) antar Lantai Arah melintang Model Struktur Gedung L

Struktur Gedung U



Gambar 28. Grafik Hubungan Displacement dan Elevasi (h) antar Lantai Arah melintang Model Struktur Gedung U

Dari tabel dan grafik dapat diperoleh hasil bahwa terdapat juga perbedaan dari *displacement*. Dengan nilai *displacement* pada model struktur gedung L terhadap arah memanjang untuk tangga L > U yaitu 3,21% dan terhadap arah melintang tangga U > L yaitu 25,75% dengan nilai *displacement* terbesar terjadi pada lantai 4 sebesar 22,60 mm, sedangkan untuk nilai *displacement* pada model struktur gedung U terhadap arah memanjang untuk tangga L > U yaitu 3,67% dan terhadap arah melintang tangga U > L yaitu 15,79% dengan nilai *displacement* terbesar terjadi pada lantai 4 sebesar 21,00 mm. Dengan variasi dan posisi tangga yang berbeda didapat tangga L dapat memperkecil perpindahan yang terjadi pada arah melintang struktur dan tangga U dapat memperkecil perpindahan yang terjadi pada arah memanjang struktur.

KESIMPULAN

1. Dengan penempatan dan variasi bentuk yang berbeda, dapat mempengaruhi kekakuan struktur terhadap beban yang diterima karena tangga sebagai pengekang (*brace frame*) yang mengakibatkan suatu struktur bangunan gedung menjadi lebih kaku (*rigid*).
2. Dari hasil analisis ke empat model yang ada, ternyata struktur lantai dasar menerima gaya dalam momen yang lebih besar dan untuk *displacement* sendiri perpindahan yang terjadi pada tangga U < L terhadap arah memanjang struktur sedangkan perpindahan yang terjadi pada tangga L < U terhadap arah melintang struktur.
 - a. Pada analisis nilai gaya dalam momen pada model struktur gedung L untuk tangga U pada lantai dasar, 1, 2 dan 3 lebih besar yaitu 26,70%, 31,25%, 34,60% dan 22,54% sedangkan nilai gaya dalam momen pada model struktur gedung U untuk tangga U pada lantai dasar, 1, 2 dan 3 lebih besar yaitu 26,16%, 31,29%, 36,39% dan 21,42%.
 - b. Pada analisis nilai *displacement* model struktur gedung L terhadap arah memanjang untuk tangga L > U yaitu 3,21% dan terhadap arah melintang tangga U > L yaitu 25,75% sedangkan untuk nilai *displacement* pada model struktur gedung U terhadap arah memanjang untuk tangga L > U yaitu 3,67% dan terhadap arah melintang tangga U > L yaitu 15,79%.

Daftar Pustaka

Nasional, B. S. (2019). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

PPIUG. (1983). *Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983*. Bandung: Penerbit Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.

PU, K. (2021). *Desain Spektra Indonesia*. Diambil dari ://puskim.go.id/Apkasi/desain_spektra_gempa_indonesia_2021/.

Schodek, D. L. (1991). *Struktur*. Bandung: PT ERESKO BANDUNG.

