JURNAL SONDIR
p-ISSN 1979-2832
e-ISSN 2746-8275

https://ejournal.itn.ac.id/index.php/sondir
vol. 7 No. 1 Tahun 2023, pp.33-41

PERBANDINGAN PERILAKU GEDUNG BETON BERTULANG 6 LANTAI DENAH BERATURAN DAN DENAH TIDAK BERATURAN TIPE-L

Abdul Kholid[1.] dan Retno Trimurtiningrum[2.]

[1]Jurusan Teknik Sipil, Untag Surabaya, Jl. Semolowaru. No.45 Surabaya
Email: abdulkholid0204@gmail.com
[2] Jurusan Teknik Sipil, Untag Surabaya, Jl. Semolowaru. No.45 Surabaya
Email: retnotrimurti@untag-sby.ac.id

ABSTRACT

The difference in ~~the~~ variation of plans in building construction is due to the lack of existing land, shaping the plan to maximize land use. This difference in variation has an impact on the behavior of the building after being exposed to earthquake forces, especially in high-rise buildings. In this study, a comparative analysis of structural behavior in a 6-story building with 3 (three) modeling variations was carried out, namely a regular plan (Model 1) and an irregular plan in the form of an "L" with a reduced value of 0.25% (Model 2) and a reduction value of 0.4% (Model 3). The structural behavior analyzed in this study is the magnitude of the value of the period, displacement, and story drift. We found that buildings with a regular plan (Model 1) were more stable than those of Model 2 and Model 3 with a period of 1.663 s, a maximum displacement of 0.602543 mm, and a maximum story drift of 0.61435 mm. On the other hand, in an irregular plan (Model 2) it had a period value of 1.957 s, a maximum displacement of 0.681990 mm, and a maximum story drift of 0.64093 mm. We also found that an irregular plan (Model 3) had the most unstable behavior with a period value of 1.962 s, maximum displacement of 0.64093 mm, and maximum story drift of 0.657736.

Keywords: horizontal irregularity, period, displacement, story drift

ABSTRAK

Perbedaan variasi denah dalam pembangunan suatu gedung diakibatkan minimnya lahan yang ada sehingga bentuk denah didesain untuk memaksimalkan pengggunaan lahan. perbedaan variasi ini memiliki dampak terhadap perilaku gedung tersebut setelah terkena gaya gempa terutama pada gedung lantai tinggi. Pada penelitian ini dilakukan analisan perbandingan perilaku struktur pada gedung 6 lantai dengan 3 (tiga) variasi permodelan yakni denah beraturan (Model 1) dan denah tidak beraturan berbentuk "L" dengan nilai reduksi 0,25% (Model 2) dan nilai reduksi 0,4% (Model 3). Perilaku struktur yang dianalisa dalam penelitian ini adalah besar nilai periode, nilai simpangan *(displacement)* dan nilai simpangan antar lantai *(story drift)*. Hasil dari penelitian ini didapatkan bahwa gedung dengan denah beraturan (Model 1) lebih stabil dibandingkan (Model 2) dan (Model 3) dengan nilai periode sebesar 1,663 s, nilai simpangan *(displacement)* maksimum 0,602543 mm dan nilai simpangan antar lantai *(story drift)* maksimum sebesar 0,61435 mm, sedangkan pada denah tidak beraturan (Model 2) memiliki nilai periode sebesar 1,957 s, nilai simpangan *(displacement)* maksimum 0,681990 mm dan nilai simpangan antar lantai *(story drift)* maksimum sebesar 0,64093 mm kemudian denah tidak beraturan (Model 3) memiliki perilaku paling tidak stabil dengan nilai periode sebesar 1,962 s, nilai simpangan *(displacement)* maksimum 0,64093 mm dan nilai simpangan antar lantai *(story drift)* maksimum sebesar 0,657736.

Kata kunci: Ketidak beraturan horizontal, periode, simpangan, simpangan antar lantai.

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan daerah rawan gempa dikarenakan berada di antara empat lempeng tektonik aktif, sehingga perencanan pembangunan gedung tahan gempa sangat penting dilakukan dengan mempertimbangkan gaya gempa yang akan terjadi (Yosafat A. 2006).

Intensitas gempa di setiap daerah di indonesia memiliki nilai yang berbeda-beda, sehingga pembangunan perlu disesuaikan~~,~~ Selain itu, pembangunan suatu gedung tentu perlu memperhatikan beberapa aspek lain selain intensitas gempa, yakni penyesuaian model gedung dengan memanfaatkan lahan yang ada.

JURNAL SONDIR
p-ISSN 1979-2832
e-ISSN 2746-8275
https://ejournal.itn.ac.id/index.php/sondir
vol. 7 No. 1 Tahun 2023, pp.33-41

Beban gempa merupakan beban yang tidak dapat diperkirakan dengan pasti baik arahnya, waktunya maupun kekuatannya. Pengaruh beban gempa pada struktur tergantung pada gaya horizontal dan gaya vertical, sedangkan untuk momen torsi yang dipengaruhi oleh kekakuan struktur bangunan, jenis tanah dasar, dan juga konfigurasi denah yang digunakan (Agus Bambang S. 2018)

Minimnya lahan yang ada di Indonesia mengakibatkan penentuan denah harus menyesuaikan dan memaksimalkan lahan yang ada, sehingga banyak gedung yang terpaksa menggunakan denah tidak beraturan. Pengaruh gaya gempa terhadap suatu gedung dengan denah beraturan akan berbeda dengan gedung tidak beraturan misalnya pada nilai simpangan dan simpangan antar lantai (Hotmal L Purba, 2014).

Perbedaan perilaku dari berbagai denah gedung inilah yang membuat pembangunan sebuah gedung tingkat tinggi perlu dilakukan perencanaan yang memperhitungkan intensitas gempa di daerah tersebut dan juga model denah yang akan digunakan.

Pada penelitian ini dibahas perbandingan perilaku struktur gedung beton bertulang 6 lantai dengan variasi konfigurasi denah beraturan horizontal dan denah tidak beraturan horizontal. Perilaku struktur yang akan diteliti meliputi besar nilai Periode, nilai simpangan (*displacement),* dan simpangan antar lantai *(story drift)* menggunakan bantuan software SAP2000.

2. KAJIAN PUSTAKA

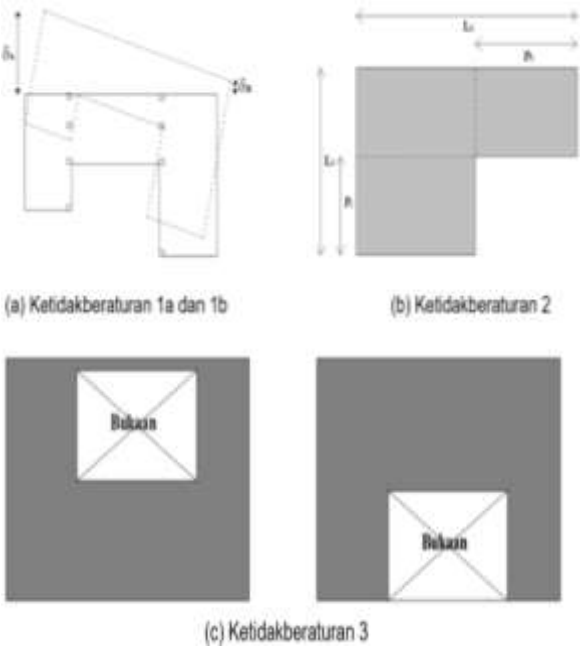
Masalah denah bangunan atau konfigurasi bangunan diklasifikasikan menjadi denah beraturan dan denah tidak beraturan berdasarkan SNI 1726-2019. Ketidakberaturan struktur sendiri dibagi menjadi dua, yaitu:

a. Ketidakberaturan Horizontal

Ketidakberaturan horizontal mengacu pada bentuk bangunan yang tidak simetris baik sumbu x maupun sumbu y seperti denah berbentuk huruf “L”, berbentuk persegi panjang ataupun yang lainnya.

b. Ketidakberaturan Vertikal

Ketidak beraturan vertikal dapat berupa perbedaan bentuk atau dimensi di setiap lantainya hal ini mengacu pada kekuatan, kekakuan, dan geometri ataupun massa yang mengakibatkan deformasi dan distribusi gaya tidak beraturan.



Gambar 1. Macam-macam ketidakberaturan

Perbedaan variasi denah beraturan dan tidak beraturan akan berdampak pada perilaku struktur ketika mengalami gaya gempa. Hal ini disebabkan oleh berbedanya pusat massa, sehingga sangat penting untuk dilakukan perencanaan pembangunan suatu gedung untuk mendapat struktur yang kuat dan stabil (Faisal, Prasetio,2019).

Struktur dengan konfigurasi denah beraturan horizontal memiliki respon atau perilaku lebih stabil (optimal) dibandingkan dengan struktur denah tidak beraturan horizontal (Yansiku dan Dala, 2017).

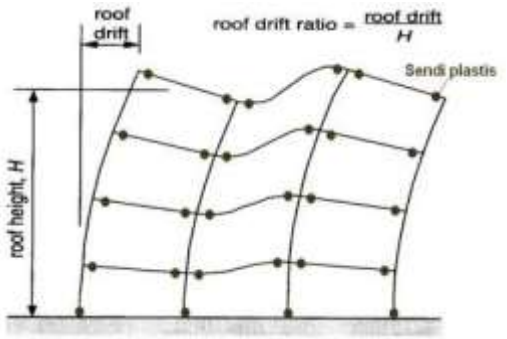
Selain permasalahan konfigurasi bangunan, beban gempa juga menjadi faktor penting dalam penelitian ini. Oleh karena itu, gedung yang akan dibangun akan menggunankan sistem rangka pemikul momen khusus atau SRPMK. Hal ini dilakukan mengingat intensitas gempa yang sangat kuat, sehingga memerlukan desain struktur dengan pendetailan khusus dengan komponen-komponen struktur yang dapat menahan gaya-gaya melalui aksi lentur. Pada permodelan dengan menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) beban gravitasi dan beban lateral akan didisribusikan kepada balok dan kolom.

Sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) memiliki duktilitas tinggi atau lebih fleksibel dengan pendetailan sesuai dengan peraturan untuk SRPMK pada SNI 03-2847-2019. Pada faktor reduksi gaya gempa R sebesar 8 yang artinya gaya gempa rencana hanya 1/8 dari gaya gempa yang digunakan dalam elastis desain. Pengambilan nilai R lebih besar dari 1 dikarenakan untuk mempertimbangkan post elastic

JURNAL SONDIR
p-ISSN 1979-2832
e-ISSN 2746-8275
https://ejournal.itn.ac.id/index.php/sondir
vol. 7 No. 1 Tahun 2023, pp.33-41

desain yaitu struktur gedung mengalami kelelehan tanpa kegagalan fungsi.

Prinsip SRPMK yakni struktur mampu menerima respon inelastic saat menerima beban gempa rencana, dengan kondisi struktur utamatidak mengalami keruntuhan. Pendetailan pada struktur yang memggunakan sistem SRPMK adalah untuk memastikan bahwa respon inelastic dari struktur bersifat daktail dengan menggunakan *Strong Column Weak Beam* yakni kolom kuat dengan balok yang lemah sehingga balok akan mengalami kelelehan terlebih dahulu sehingga tidak terjadi keruntuhan.



Gambar 2. Sendi plastik pada gedung

Dalam gedung beton bertulang terdapat beberapa titik yang mengalami pelelehan, sehingga perancangan suatu gedung didesain agar bagian balok mengalami pelelehan terlebih dahulu sebelum energi gempa yang diterima menyebar ke struktur kolom.

Dalam perencanaan suatu struktur terdapat beberapa beban yang akan diperhitungkan. Beberapa beban ini akan diaplikasikan untuk mengetahui perilaku struktur tidak hanya karena diakibatkan oleh beban gempa melainkan juga diakibatkan beban yang lain. Adapun beban-beban yang diperhitungkan adalah sebagai berikut:

a. Beban mati

Beban mati atau dead load (DL) merupakan beban sendiri dari seluruh bagian-bagian struktur yang bersifat tetap. Beban mati sendiri dibagi menjadi 2 yaitu beban berat struktur itu sendiri dan juga beban mati tambahan atau beban mati yang diletakkan pada struktur. Contoh beban mati adalah lantai keramik dan lain sebagainya.

b. Beban hidup

Beban hidup atau live load (LL) adalah beban yang tidak tetap, baik posisi ataupun besar bebannya. Beban hidup merupakan beban yang diakibatkan karena penggunaan gedung ataupun penghunian, termasuk beban-beban yang berasal dari barang ataupun mesin yang dapat dipindah-pindahkan serta segala bentuk barang yang tidak terpisahkan dari gedung tersebut. Beban hidup sendiri memiliki nilai yang sudah ditentukan tergantung penggunaan gedung tersebut dan hal ini sudah diatur pada SNI 2847-2019.

c. Beban angin

Beban angin terjadi akibat adanya gesekan udara pada suatu bagian struktur sehingga terdapat perbedaan tekanan pada bagian yang terkena gesekan udara dengan bagian dibaliknya. Dalam pengaplikasian beban angin pada perilaku struktur akan dipengaruhi oleh kecepatan angin, rapat massa udara dan juga bentuk konfigurasi bangunan.

Dari beberapa beban yang akan diperhitungkan terdapat kombinasi yang akan digunakan dalam peneltian ini yaitu sebagai berikut:

1. $1{,}4D$
2. $1{,}2D + 1{,}6L + 0{,}5(L_r \; atau \; R)$
3. $1{,}2D + 1{,}6(L_r \; atau \; R) + (L \; atau \; 0{,}5W)$
4. $1{,}2D + 1{,}0W + L + 0{,}5(L_r \; atau \; R)$
5. $0{,}9D + 1{,}0W$
6. $1{,}2D + E_v + E_h + L$
7. $0{,}9D - E_v + E_h$

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini berupa studi perbandingan perencanaan gedung beton bertulang denah beraturan dan denah tidak beraturan horizontal dengan tiga model variasi denah. Dalam penelitian dilakukan analisis nilai periode, simpangan dan simpangan antar lantai dari 3 macam model konfigurasi dengan analisis beban gempa menggunakan analisis respon spektrum berdasarkan SNI 1726-2019.

Dari hasil analisis ketiga permodelan akan dilakukan perbandingan untuk mengetahui perbedaan perilaku sehingga akan didapatkan permodelan yang paling stabil dan paling mendekati permodelan dengan denah beraturan.

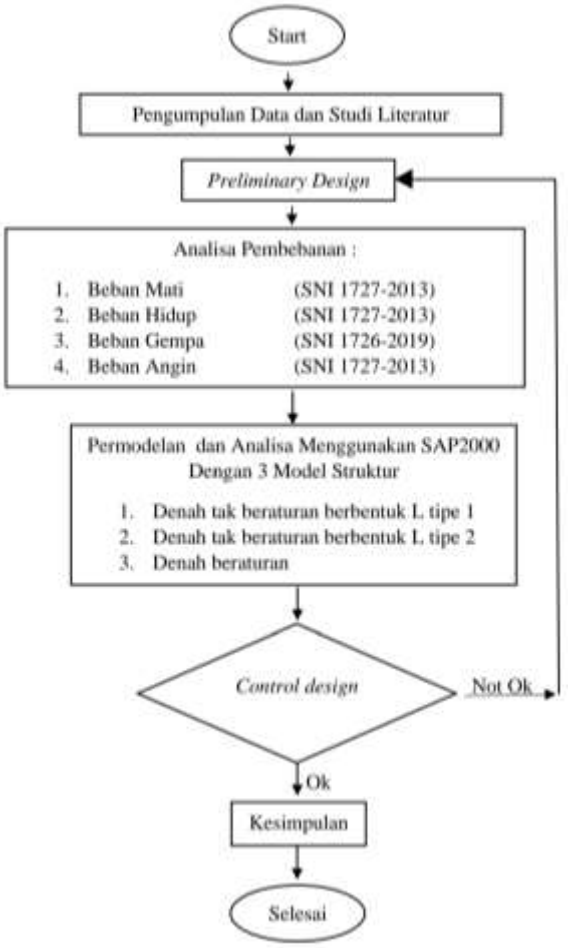
Data Perencanaan Struktur

Dalam perencanaan struktur pada penelitian ini untuk dimensi elemen struktur seperti balok dan kolom dihitung dalam *preliminary design*. Elemen struktur yang dihitung dalam *preliminary design* dengan mengasumsikan dimensi balok dan kolom pada semua model adalah sama. Berikut adalah spesifikasi gedung permodelan pada penelitian ini:

JURNAL SONDIR
p-ISSN 1979-2832
e-ISSN 2746-8275
https://ejournal.itn.ac.id/index.php/sondir
vol. 7 No. 1 Tahun 2023, pp.33-41

Tabel 1 . Data struktur gedung

Kriteria	**Studi Kasus**
Fungsi bangunan	Apartemen
Jumlah lantai	6 lantai
Tinggi bangunan	24 m
Panjang keseluruhan	30 m
Lokasi	Surabaya
Jenis struktur Permodelan	Struktur beton bertulang Denah beraturan (model 1) Denah beraturan tipe L1 (model 2) Denah beraturan tipe L2 (model 3)

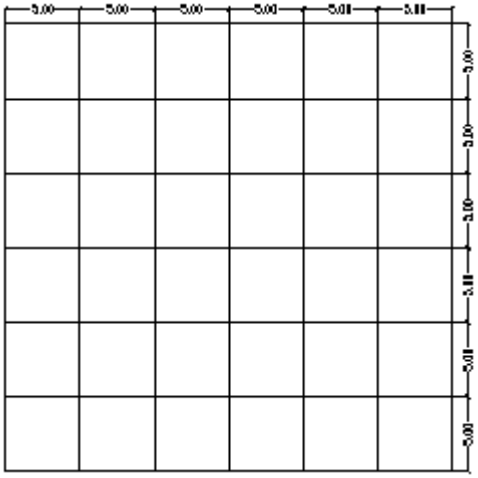


Gambar 3. Diagram alir penelitian

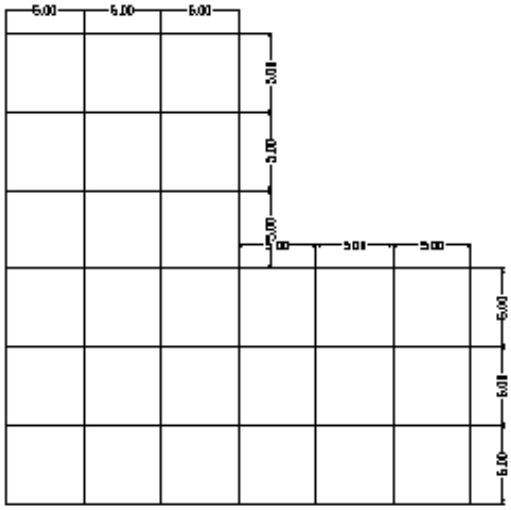
Permodelan struktur

Dalam penelitian ini dilakukan analisis terhadap 3 permodelan yakni denah beraturan, denah tipe L1 dan denah tipe L2 dimana untuk luas dari 3 permodelan dianggap sama yakni 600 m^2.

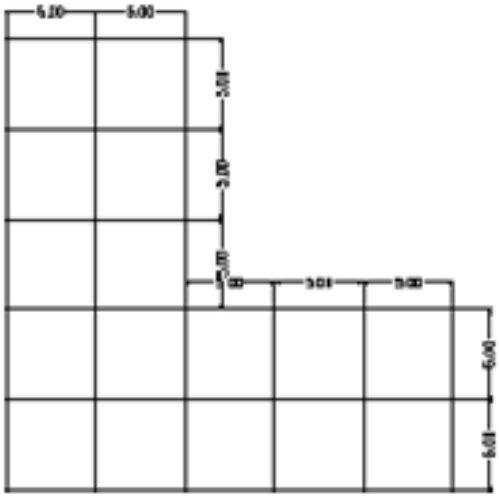
JURNAL SONDIR
p-ISSN 1979-2832
e-ISSN 2746-8275
https://ejournal.itn.ac.id/index.php/sondir
vol. 7 No. 1 Tahun 2023, pp.33-41



Gambar 4. Konfigurasi denah beraturan persegi Model 1



Gambar 5. Konfigurasi denah tidak beraturan tipe-L1 Model 2



Gambar 6. Konfigurasi denah tidak beraturan tipe-L2 Model 3

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan *preliminary design* menggunakan bantuan software SAP2000 maka dilakukan analisis untuk mengetahui perilaku struktur dari setiap permodelan. Berikut adalah hasil analisis dari ketiga permodelan.

Periode struktur

Periode struktur atau periode getar struktur dapat dilihat atau dianalisa setelah perencanan selesai dilakukan dikarenakan merupakan output dari massa dan kekakuan.

Analisa harus dilakukan untuk menentukan banyak ragam getar alami pada struktur. Untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar 100% dari massa struktur maka saat dilakukan analisa harus menyertakan jumlah ragam yang cukup (SNI 1726-2019).

Tabel 2 . Data Periode Struktur

Perbandingan Periode			
Step	Model 1	Model 2	Model 3
1	1,662924	1,957052	1,962236
2	1,662924	1,956483	1,942046
3	1,600688	1,862802	1,863949
4	0,743319	0,765127	0,753519
5	0,632986	0,76504	0,75146
6	0,632986	0,726056	0,722282
7	0,610912	0,438944	0,431648
8	0,536217	0,438943	0,431035
9	0,536217	0,418136	0,415219
10	0,496233	0,328023	0,319135
11	0,408958	0,328014	0,319134
12	0,408958	0,310147	0,304815

Dari hasil analisa yang dilakukan diperoleh nilai periode struktur pada gedung beraturan adalah yang terkecil yakni sebesar 1,662924 s, pada gedung tidak beraturan tipe L1 (Model 2) sebesar 1,957052 s dan sedangkan nilai periode struktur terbesar terdapat pad gedung tidak beraturan tipe L2 (Model 3) yakni sebesar 1,962236 s.

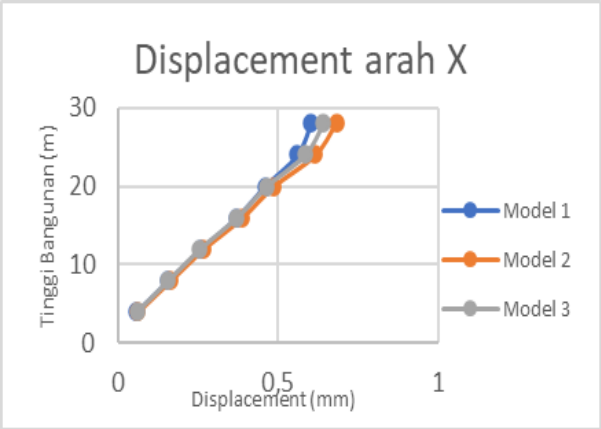
Analisis Perpindahan (*displacement)*

Displacement atau perpindahan merupakan perubahan bentuk atau posisi asal suatu struktur. Dari perpindahan tersebut akan didapatkan perbedaan nilai di setiap lantainya.

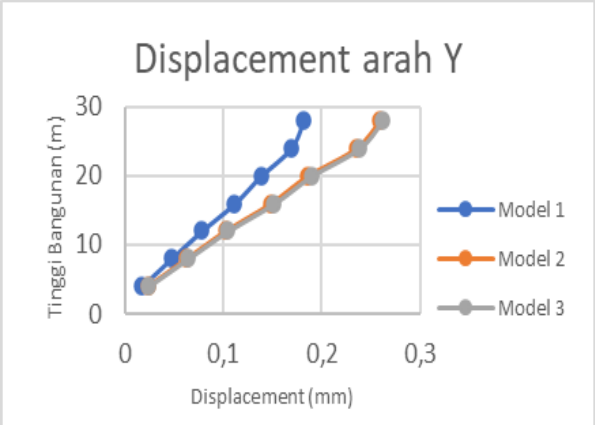
Terjadinya perpindahan ini disebabkan adanya pergeseran struktur oleh beban yang berlaku pada

JURNAL SONDIR
p-ISSN 1979-2832
e-ISSN 2746-8275
https://ejournal.itn.ac.id/index.php/sondir
vol. 7 No. 1 Tahun 2023, pp.33-41

struktur tersebut sehingga terjadi deformasi dibeberapa titik, hal ini sudah direncanakan menggunakan prinsip SRPMK agar beberapa titik mengalami deformasi tapi tidak sampai mengalami keruntuhan.
Pada penelitian ini, dilakukan analisis menggunakan bantuan software SAP2000 untuk mendapatkan besaran nilai displacement yang nantinya akan digunakan untuk memperoleh besaran nilai simpangan antar lantai dari setiap permodelan.
Setelah dilakukan analasis terhadap ketiga permodelan diperoleh bahwa denah beraturan (Model 1) memiliki nilai simpangan paling kecil jika dibandingkan dengan nilai simpangan pada model denah tidak beraturan baik pada model 2 maupun model 3. Nilai simpangan dari ketiga permodelan akan disajikan dalam bentuk kurva sebagai berikut



Gambar 7. Hasil Perbandingan *Displacement* arah x setiap permodelan



Gambar 8. Hasil Perbandingan *Displacement* arah y setiap permodelan

Berdasarkan kurva perbandingan besar nilai simpangan (*displacement*) diperoleh nilai simpangan terbesar untuk arah X terdapat pada bangunan dengan denah tidak beraturan tipe-L1 (model 2) yakni sebesar 0,681990 mm dan nilai simpangan terbesar untuk arah Y terdapat pada bangunan dengan denah tidak beraturan tipe-L2 (Model 3) yakni sebesar 0,64093 mm sedangkan nilai simpangan terkecil terdapat pada bangunan denah beraturan (Model 1) yakni sebesar 0,602543.
Gedung yang menggunakan denah beraturan dikategorikan lebih stabil karena memiliki nilai simpangan (*displacement)* yang lebih kecil dibandingkan gedung dengan denah tidak beraturan (Simamora, Leonardus, dkk. 2020).

Analisis Simpangan Antar Lantai (*Story Drift)*

Struktur dikategorikan aman apabila nilai simpangan antar lantai (*Story drift)* tidak melebihi batas ijin simpangan antar lantai seperti yang telah dijelaskan pada SNI 1726-2019 pasal 7.8.6.
Nilai simpangan dianalisis dengan menggunakan output nilai *joint displacement* yang didapatkan dari software SAP2000, sebelum menentukan simpangan massa maka dilakukan cek terhadap refleksi dengan mrnggunakan rumus

$$\delta_{ne} = \delta_{ne} - \delta_{(n-1)e} \qquad \text{persamaan 1.}$$

Dimana:

δ_{ne} : nilai refleksi atau simpangan di tingkat-n yang diisyaratkan dan telah ditentukan dengan menggunakan analisis elastik

δ_{ne} : *joint displacement* lantai n

Setelah melakukan cek refleksi, kemudian menentukan simpangan pusat massa di tingkat-x (δ_x)(mm) dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\delta_x = \frac{C_d\, \delta_{ne}}{I_e} \qquad \text{persamaan 2}$$

Dimana:

δ_x : simpangan pusat massa tingkat-x

C_d : faktor pembesar simpangan lateral

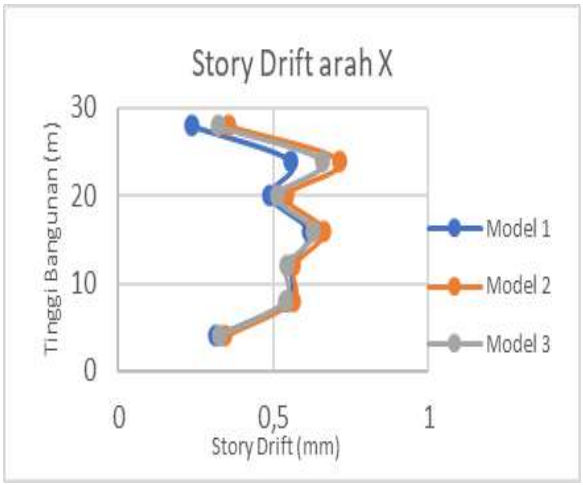
δ_{ne} : nilai refleksi atau simpangan di tingkat-n yang diisyaratkan dan telah ditentukan dengan menggunakan analisis elastik

I_e : faktor keutamaan gempa

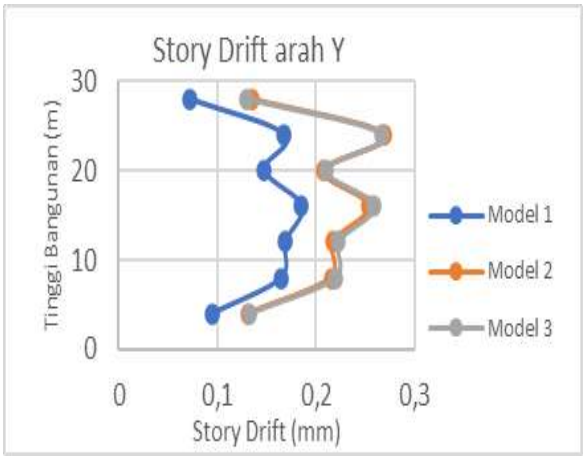
Pada penilitian ini didapatkan nilai simpangan antar lantai (*story drift*) pada gedung dengan denah tidak beraturan lebih besar dibandingkan gedung dengan denah beraturan. Untuk hasil dari analisa simpangan

JURNAL SONDIR
p-ISSN 1979-2832
e-ISSN 2746-8275
https://ejournal.itn.ac.id/index.php/sondir
vol. 7 No. 1 Tahun 2023, pp.33-41

antar lantai akan disajikan dalam bentuk kurva sebagai berikut



Gambar 9. Hasil Perbandingan *Displacement* arah x setiap permodelan



Gambar 10. Hasil Perbandingan *Displacement* arah y setiap permodelan

Hasil analisis simpangan simpangan antar lantai *(story drift)* dari ketika permodelan didapatkan perbandingan seperti yang telah disajikan dalam kurva dari gambar 7 dan 8 nilai simpangan antar lantai terbesar terdapat pada model 2 yakni untuk arah X sebesar 0,714824 mm untuk arah Y sebesar 0,269566 mm.

Setelah nilai simpangan antar lantai didapatkan maka nilai tersebut harus dipastikan berada dibawah nilai batas ijin simpangan antar lantai. Dikarenakan dalam penelitian ini bangunan termasuk dalam kategori resiko II dan termasuk struktur semua struktur lainnya mengakomodasi simpangan lantai antar tingkat, maka Δa = 0,020 hsx, dengan hsx adalah tinggi bangunan atau tingkat 4000 mm. sedangkan struktur yang dirancang untuk kategori desain seismik D maka batas simpangan Δ antar lantai tingkat tidak boleh melebihi $^{\Delta}/_{\rho}$ dengan faktor redudansi (ρ) = 1,3 berdasarkan SNI 1726-2019.

Sehingga untuk mengetahui nilai batas ijin simpangan antar lantai dapat diperoleh dengan persamaan :

$$\Delta a = 0{,}020 hsx \times {}^{\Delta a}/_{\rho} \qquad \text{persamaan 3}$$

$$\Delta a = 0{,}020 \times {}^{4000}/_{1{,}3} = 61{,}538 \text{ mm}$$

Dimana :
Δa : nilai batas ijin simpangan antar lantai
Δ : tinggi lantai (mm)
ρ : faktor redudansi

Dapat dilihat nilai simpangan antar lantai baik arah x maupun arah y dari ketiga permodelan masih berada di bawah nili batas ijin simpamgan antar lantai yakni 61,538 mm sehingga dari ketiga permodelan dapat disimpulkan semua denah bangunan masih dikategorikan aman.

Namun dilihat dari perbedaan nilai simpangan baik pada denah beraturan, denah tidak beraturan tipe L1 dan juga denah tidak beraturan tipe L2 faktor ketidak beraturan horizontal akan mempengaruhi besar nilai simpangan antar lantai dimana gedung atau struktur yang memiliki sudut dalam (denah tidak beraturan) akan menghasilkan nilai simpangan antar lantai (*story drift*) lebih besar dibandingkan gedung dengan denah beraturan (Purba L. Hotman, 2014)

5. KESIMPULAN

Dari hasil analisa yang sudah dilakukan diperoleh besar nilai periode pada gedung model 1 sebesar 1,663 s, nilai simpangan (*displacement*) terbesar yakni 0,6025, nilai simpangan antar lantai (*story drift*) sebesar 0,614. Kemudian pada gedung model 2 diperoleh nilai periode sebesar 1,957 s, nilai simpangan (*displacement*) terbesar yakni 0,682, nilai simpangan antar lantai (*story drift*) sebesar 0,715. Sedangkan pada gedung model 3 diperoleh nilai periode sebesar 1,962 s, nilai simpangan (*displacement*) terbesar yakni 0,64, nilai simpangan antar lantai (*story drift*) sebesar 0,657. Sehingga dari hasil analisa tersebut dapat disimpukan bahwa gedung dengan denah beraturan (Model 1) adalah struktur yang paling stabil dikarenakan memiliki nilai periode, simpangan (*displacement*) dan simpangan antar lantai (*story dritf*) lebih kecil dibandingkan dengan model yang lain. Sedangkan untuk gedung tidak beraturan tipe-L baik model 2 dan model 3 tidak memiliki perbedaan yang signifikan baik dalam besar nilai periode, nilai simpangan (*displacement*) maupun besar nilai simpangan antar lantai (*story dritf).*

JURNAL SONDIR
p-ISSN 1979-2832
e-ISSN 2746-8275
https://ejournal.itn.ac.id/index.php/sondir
vol. 7 No. 1 Tahun 2023, pp.33-41

DAFTAR PUSTAKA

Agus, Bambang S. (2018). Kriteria Dasar Perencanaan Struktur Bangunan Tahan Gempa. *Jurnal Teknik Sipil Untag Semarang 1*(11). 740-754

Badan Standarisasi Nasional. (2019). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.* Jakarta: Badan Standar Nasional Indonesia.

Faisal, A, Darsono, A. (2019). Perilaku Non Linier Struktur Gedung Baja dengan Bentuk Denah L, T dan U Akibat Gempa. *Progress in Civil Engineering Journal, 1*(1), 63-73.

Purba, Hotman L. (2014). Analisis Kinerja Struktur pada Bangunan Bertingkat Beraturan dan Ketidakberaturan Horizontal. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan, 2*(4), 701-711.

Simamora, J, dkk. (2020). Analisis Perpindahan Lateral Struktur Beton Bertulang pada Bangunan Bertingkat Beraturan dan Ketidakberaturan Horizontal. *Jurnal Perencanaan dan Rekayasa Sipil,3*(1), 19-23.

Yansiku. S, Dala. S, (2017). Perilaku Struktur Dual System Penahan Gempa Akibat Ketidakberaturan Horisontal Struktur Gedung Bertingkat. *SIARTEK, 3*(2), 23-31.

Yosafat, A. (2006). Evaluasi Kinerja Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa dengan *Pushover Analysis* (Sesuai ATC-40, FEMA 356 dan FEMA 440). *Jurnal Teknik Sipil, 3*(1), 41-52.