

ANALISIS PERILAKU STRUKTUR GEDUNG SEKOLAH DENGAN METODE RESPON SPEKTRUM STUDI KASUS: SMAN 9 DENPASAR

Ni Made Trangipani, I Gede Gegiranang Wiryadi, I Putu Agus Putra Wirawan,
I Gede Oka Darmayasa

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mahasaraswati Denpasar
Email: mdpani808@gmail.com

ABSTRAK: Struktur bangunan tahan gempa didasari oleh perencanaan yang baik dan sesuai dengan regulasi yang ada. Gedung sekolah termasuk salah satu bangunan yang termasuk dalam kategori IV dalam kategori risiko bangunan SNI 1726:2012. Karena alasan tersebut, gedung sekolah harus memiliki struktur yang kuat dan tahan gempa. Untuk mengetahui perilaku struktur terhadap gempa perlu dilakukan analisis. Pada penelitian ini dilakukan analisis menggunakan gempa rencana dengan analisis respons spektrum pada studi kasus Gedung Ruang Kelas SMAN 9 Denpasar. Permodelan dan analisa akan dilakukan dengan bantuan perangkat lunak SAP2000. Data-data yang diperlukan dalam melakukan penelitian ini adalah data sekunder berupa *as-built drawing* serta data respon spektra pada lokasi studi kasus. Data ini didapatkan di situs Desain Spektra Indonesia lalu diinput pada program SAP2000 untuk dianalisis. Simpangan yang diperoleh dengan metode Respon Spektrum dengan menggunakan gempa rencana masih dibawah angka simpangan ijin. Didapatkan gaya geser maksimum arah x sebesar 927,43 kN, dan arah y sebesar 913,88 kN.

Kata kunci: gempa, perilaku struktur, respon spektrum

ABSTRACT: Earthquake-resistant building structures are based on good planning and in accordance with existing regulations. The school building is one of the buildings included in category IV in the building risk category of SNI 1726: 2012 For this reason, the school building must have a strong and earthquake-resistant structure. To determine the behavior of the structure against earthquakes, it is necessary to do an analysis. In this study, an analysis was carried out using a designed earthquake with response spectrum analysis in the case study of the Classroom Building of SMAN 9 Denpasar. Modeling and analysis will be carried out with the help of SAP2000 software. The data needed in conducting this research are secondary data in the form of as-built drawings and spectral response data at the location of the case study. This data was obtained on the Desain Spektra Indonesia website and then inputted into the SAP2000 program for analysis. The displacement obtained by the Response Spectrum method using the design earthquake is still below the allowable displacement based on SNI 1726: 2012. The maximum shear in the x-direction of 927.43 kN, and the y-direction of 913.88 kN..

Keywords: earthquake, structure behavior, response spectrum

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki ancaman gempa bumi yang cukup tinggi karena terletak pada tiga pertemuan lempeng tektonik yaitu lempeng Indo-Australia, Eurasia, dan Pasifik. Telah banyak tercatat gempa-gempa besar terjadi karena aktivitas lempeng-lempeng tektonik ini. Hal ini tentu perlu diperhatikan karena gempa bumi dapat menyebabkan banyak kerusakan dan korban jiwa.

Tingkat kerusakan akibat gempa bervariasi, dipengaruhi besarnya kekuatan gempa, jarak dari titik pusat gempa, sistem fondasi, beban bangunan, dimensi bangunan, bentuk bangunan, karakteristik batuan dasar, serta jenis tanah. Jika gempa bumi terjadi, dapat menimbulkan bahaya karena gempa tidak dapat diprediksi secara pasti. Oleh karena itu struktur bangunan harus direncanakan mampu memikul

beban dan tahan gempa guna memperkecil risiko korban jiwa dan kerusakan.

Struktur bangunan tahan gempa didasari oleh perencanaan yang baik dan sesuai dengan regulasi yang ada. Salah satu bangunan yang termasuk dalam kategori IV dalam kategori risiko bangunan SNI 1726:2012 adalah gedung sekolah. Selain berfungsi sebagai fasilitas pendidikan, gedung sekolah juga biasa digunakan sebagai tempat perlindungan atau pengungsian jika terjadi bencana besar. Karena alasan tersebut, gedung sekolah haruslah memiliki struktur yang kuat dan tahan gempa. Untuk mengetahui perilaku struktur terhadap gempa perlu dilakukan analisis.

Pada penelitian terkait oleh Rantawan tahun 2019 dilakukan analisis dengan metode respon spektrum pada bangunan rencana tingkat 4. Analisis dilakukan dengan 3 kondisi yaitu pada tanah keras, tanah sedang, serta tanah lunak. Dari hasil penelitian diketahui

simpangan serta gaya geser pada portal beton bertulang tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui simpangan serta gaya geser pada masing-masing jenis tanag dan apakah simpangan serta gaya geser tersebut maemenuhi syarat berdasarkan regulasi yang ada. Dari simpulan diketahui bahwa simpangan maksimum dan simpangan antar tingkat masih aman karena masih dibawah nilai kontrol ijin.

Pada penelitian dalam skripsi ini dilakukan analisis dengan metode respons spektrum untuk mendapat perilaku struktur Gedung Ruang Kelas SMAN 9 Denpasar akibat gempa rencana. Permodelan dan analisa akan dilakukan dengan bantuan perangkat lunak SAP2000. Alur permodelan merujuk pada skripsi oleh Rantawan tahun 2019. Dimulai dengan menggambar model struktur, menentukan dimensi model, merencanakan material bangunan, menentukan balok dan kolom, menentukan pembebanan, menentukan jenis tanah, dan mengubah perletakan.

ANALISIS RESPON SPEKTRUM

Analisis yang akan dilakukan pada gedung ruang kelas SMAN 9 Denpasar merupakan jenis analisis dinamis. Beban dinamik merupakan beban yang berubah-ubah menurut waktu dan arahnya. Contohnya getaran akibat gempa dimana terkadang terasa keras dan terkadang lemah. Arahnya pun kadang horizontal (kekanan dan kiri), kadang vertikal (naik turun). Metode analisis yang digunakan adalah metode respons spektrum.

Analisis respon spektrum adalah suatu metode analisis struktur dengan menyajikan spektrum berupa kurva antar periode struktur T, dengan respon-respon maksimum berdasarkan rasio redaman gempa tertentu.

Dalam SNI 1726-2012 (Badan Standardisasi Nasional (BSN)), ditetapkan jenis tanah di Indonesia ada 6 kategori, diantaranya; batuan keras (SA), batuan (SB), tanah keras (SC), tanah sedang (SD) tanah lunak (SE), dan tanah khusus (SF).

SNI 1726-2012 adalah standar nasional Indonesia dalam bidang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung. Dalam SNI ini diberikan persyaratan minimum perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non-gedung.

Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek (S_{DS}) dan parameter percepatan

spektral desain periode 1 detik (S_{D1}), ditentukan berdasarkan:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (1)$$

dimana

$$S_{MS} = F_a \cdot S_s \quad (2)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \cdot S_{M1} \quad (3)$$

dimana

$$S_{M1} = F_v \cdot S_1 \quad (4)$$

Terkait dalam mencari besaran nilai F_a dan F_v dapat dilihat pada tabel 6 koefisien situs F_a dan tabel 7 koefisien situs F_v pada SNI 1726-2012.

A) Simpangan

Pada penelitian ini, perilaku struktur yang ingin dicari adalah simpangan dan gaya geser. Besaran simpangan dan simpangan antar tingkat menentukan batas ultimit struktur terhadap pengaruh gempa. Menurut (Edhi, 2013), deformasi merupakan parameter utama dalam perencanaan struktur tahan gempa dibandingkan gaya dan kekuatan yang merupakan metode konvensional yang diterapkan pada kebanyakan peraturan bangunan. Salah satu bentuk deformasi ini adalah simpangan antar lantai.

Simpangan antar lantai harus dihitung dari simpangan struktur akibat pengaruh gempa yang telah dibagi oleh factor skala. Agar memenuhi batas layanan menurut SNI 1726-2012, simpangan tidak boleh melampaui persamaan:

$$\Delta_1 = \frac{0,0003}{R} h_i \quad (5)$$

Keterangan:

Δ_1 = simpangan antar tingkat yang telah dibagi faktor skala

R = faktor reduksi gempa struktur gedung

h_i = tinggi tingkat yang bersangkutan

Simpangan ijin ditentukan dengan persamaan:

$$\Delta_a = 0,020 \times h_{sx} \quad (6)$$

Keterangan:

Δ_a = simpangan lantai ijin (Tabel 16, SNI 1726:2019)

h_{sx} = tinggi tingkat di bawah tingkat x

Simpangan total ditentukan dengan persamaan:

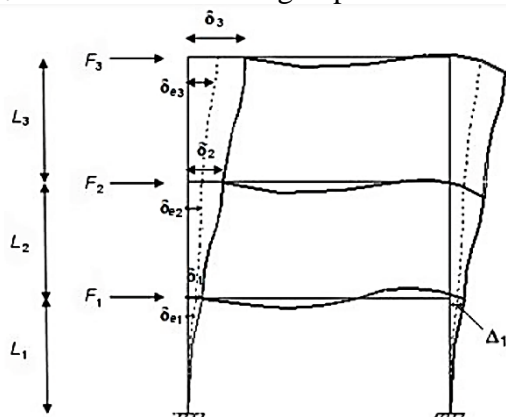
$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \quad (7)$$

Keterangan:

C_d = faktor amplifikasi defleksi

δ_{xe} = defleksi pada lokasi yang diisyaratkan dengan analisis elastis

I_e = faktor keutamaan gempa



Gambar 1. Penentuan Simpangan
Sumber: SNI 1726-2012 hal.61

Keterangan:

Tingkat 3

F_3 = Gaya gempa desain tingkat kekuatan

δ_{e3} = Perpindahan elastis yang dihitung akibat gaya gempa desain tingkat kekuatan

$\delta_3 = \frac{C_d \delta_{e3}}{I_e}$ = Perpindahan yang diperbesar

$$\Delta_3 = (\delta_{e3} - \delta_{e2}) \frac{C_d \delta_{e3}}{I_e} \leq \Delta_a$$

Tingkat 2

F_2 = Gaya gempa desain tingkat kekuatan

δ_{e2} = Perpindahan elastis yang dihitung akibat gaya gempa desain tingkat kekuatan

$\delta_2 = \frac{C_d \delta_{e2}}{I_e}$ = Perpindahan yang diperbesar

$$\Delta_2 = (\delta_{e2} - \delta_{e1}) \frac{C_d \delta_{e2}}{I_e} \leq \Delta_a$$

Tingkat 1

F_1 = Gaya gempa desain tingkat kekuatan

δ_{e1} = Perpindahan elastis yang dihitung akibat gaya gempa desain tingkat kekuatan

$\delta_1 = \frac{C_d \delta_{e1}}{I_e}$ = Perpindahan yang diperbesar

$$\Delta_1 = \delta_1 \leq \Delta_a$$

Δ_1 = Simpangan antar lantai

Δ_1/L = Rasio simpangan antar lantai

δ_3 = Perpindahan total

B) Gaya Geser

Selain menentukan simpangan, gaya geser dasar struktur juga ditinjau. Gaya geser dasar merupakan gaya geser atau lateral yang terjadi pada tingkat dasar. Dengan adanya gaya geser yang terjadi pada elemen struktur dapat menimbulkan momen lentur. Lenturan ini dapat menimbulkan distorsi pada keseluruhan struktur gedung.

Untuk mencegah terjadinya keruntuhan geser, elemen struktur umumnya dirancang dengan kekuatan geser lebih tinggi dari gaya geser maksimumnya. Berdasarkan SNI 1726-2012 gaya geser dasar ditentukan dengan:

$$V = C_s W_t \dots \dots \dots (8)$$

Ket: V = gaya geser

C_s = koefisien respons seismic

W_t = berat seismic efektif

Koefisien respons seismic, C_s , harus ditentukan dengan persamaan:

$$C_s = \frac{S_{D1}}{\left[\frac{R}{I_e} \right]} \dots \dots \dots (9)$$

Nilai C_s tidak boleh melebihi:

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \left[\frac{R}{I_e} \right]} \dots \dots \dots (10)$$

dan C_s harus tidak kurang dari:

$$C_s = 0,44 S_{DS} I_e \geq 0,01 \dots \dots \dots (11)$$

Keterangan:

S_{D1} = parameter spektrum respons percepatan periode 1 detik

S_{DS} = parameter spektrum respons percepatan periode pendek

R = faktor modifikasi respons

I_e = faktor keutamaan gempa

C) Faktor Keutamaan Gempa

Berdasarkan SNI 1726-2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung Pasal 4.1.2, kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung harus dikalikan dengan faktor keutamaan (I_e) seperti dalam tabel berikut ini:

Tabel 1. Faktor Keutamaan Gempa

| Kategori risiko | Faktor keutamaan gempa (I_e) |
|-----------------|----------------------------------|
| I atau II | 1,0 |
| III | 1,25 |
| IV | 1,50 |

lunak, serta jurnal dan penelitian yang terkait dengan analisa dinamik dengan metode riwayat waktu terhadap struktur beton bertulang.

Jenis data yang digunakan adalah data kuantitatif, yaitu data berupa variabel data atau bilangan yang dapat diukur dan dihitung. Dalam penelitian ini yang termasuk data kuantitatif adalah, data dimensi atau ukuran bangunan, profil material, data pembebanan, data tanah dan data perhitungan struktur.

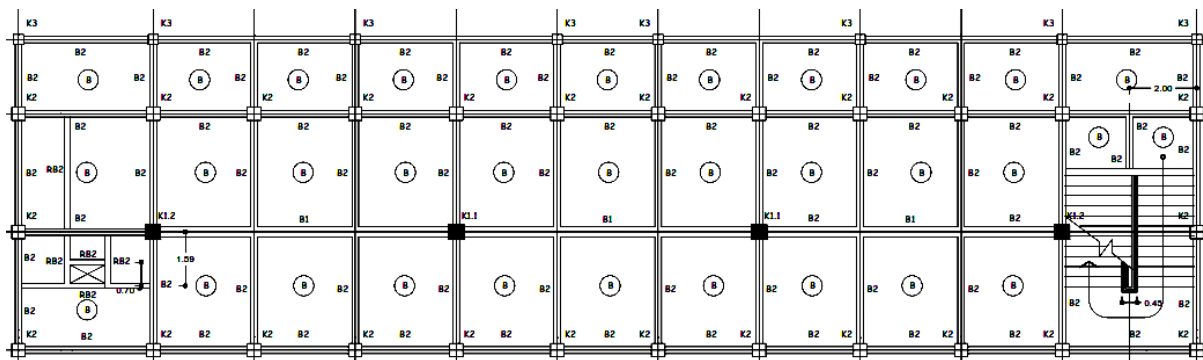
Data mutu bahan yang digunakan :

Mutu beton : K250 ($f'c$ 20,75 Mpa)

Mutu Baja Tulangan : BJ32 (f_y 320 MPa)

Mutu Baja Senggang : BJ24 (f_y 240 MPa)

Pada bangunan terdapat 6 jenis kolom, 7 jenis balok, dan 2 jenis plat. Untuk kolom jenis-jenis nya adalah K1.1 (45cm x 45cm), K1.2 (45cm x 45cm), K2 (40cm x 40cm), K3 (30cm x 30cm), K4 (20cm x 20cm), dan KP (15cm x 15cm).



Gambar 2. Denah Lantai 1

METODE PENELITIAN

Gempa merupakan salah satu masalah dalam perencanaan struktur bangunan gedung. Setiap masalah yang ada, termasuk gempa harus dicari solusinya agar tidak menghambat pembangunan suatu gedung. Salah satu solusi yang dapat dilakukan adalah membangun struktur tahan gempa.

Untuk membangun bangunan tahan gempa, analisis struktur perlu dilakukan salah satunya analisis perilaku gedung. Analisis perilaku struktur terhadap gempa penting dilakukan terutama untuk bangunan-bangunan di Bali, karena Bali merupakan wilayah dengan intensitas gempa tinggi.

Setelah dilakukan identifikasi masalah, dilanjutkan dengan melakukan studi literatur. Penelitian dan penyusunan skripsi ini berdasarkan pada pustaka mengenai analisa struktur, pemodelan struktur dengan perangkat

Jenis-jenis balok diantaranya B1 (60cm x 30cm), B2 (40cm x 30cm), B3 (40cm x 30cm), TB (40 cm x 25cm), BK (35cm x 20cm), RB1 (40cm x 20cm), dan RB (30cm x 15cm). Sedangkan untuk pelat terdapat dua tipe yaitu pelat atap / Plat Type A ($t = 10$ cm) dan pelat lantai / Plat Type B ($t = 12,5$ cm). Lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2. Bentuk bangunan yaitu memanjang dengan Panjang 35 m arah x dan 9,2 m arah y.

Sumber data dalam penelitian ini menggunakan sumber data primer dan sekunder. Untuk data primer berupa hasil pengukuran lapangan. Sedangkan data sekunder diperoleh dari data yang sudah ada sebelumnya, yaitu berupa Data Gambar Struktur Bangunan SMAN 9 Denpasar, Data Tanah Proyek SMAN 9 Denpasar, Jurnal Penelitian, Buku-buku, Internet

Struktur dimodelkan secara 3D pada program SAP2000 dengan beberapa tahapan

yaitu; menentukan bentuk struktur, menginput jenis material, mendefinisikan element property, menggambar elemen struktur, pemodelan daya dukung tanah, mendefinisikan beban pada struktur, pengerjaan beban pada struktur serta mendefinisikan kombinasi beban.

Data beban yang digunakan dalam penelitian yaitu dead load (beban mati) yang mengacu pada PPPURG 1987, live load (beban hidup) yang mengacu pada SNI 1727-2013.

Tabel 2. Peraturan yang digunakan dalam penelitian

| Perhitungan | Peraturan (code) |
|-------------|------------------|
| Beban mati | PPPURG 1987 |
| Beban hidup | SNI 1727-2013 |
| Beban gempa | SNI 1726-2012 |

Beban mati (*Dead Load*) yang bekerja adalah sesuai dengan dimensi struktur dan beban tambahan. Untuk beban mati akibat berat sendiri dihitung dengan software SAP 2000.

Kombinasi pembebanan dan faktor beban mengacu pada regulasi yang ada yaitu SNI 1726-2012 yaitu sebagai berikut:

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

Pada kombinasi pembebanan, pengaruh beban gempa ditentukan sebagai berikut:

1. Beban gempa dalam kombinasi nomor 5 ditentukan sesuai:

$$E = E_h + E_v$$

2. Beban gempa dalam kombinasi nomor 7 ditentukan sesuai:

$$E = E_h - E_v$$

Dengan :

$$E_h = \rho QE$$

$$E_v = 0,2S_{DS}D$$

Keterangan :

E_h = pengaruh beban gempa horizontal

E_v = pengaruh beban gempa vertical

Beban gempa respons spektrum struktur dikerjakan dengan bantuan program SAP2000 dengan memasukkan data berupa grafik respons spektrum dengan data wilayah gempa dan tanah

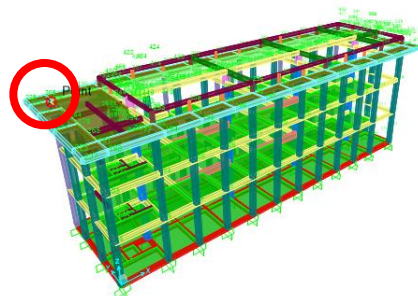
sedang yang diambil dari web Desain Spektra Indonesia oleh Direktorat Jendral Cipta Karya.

Setelah struktur dimodelkan lalu diinput data respons spektrum. Analisis ini digunakan ini untuk mengetahui perilaku dan respons dinamis struktur terhadap getaran respon spektrum tersebut. Setelah semua analisis dan perhitungan dilakukan pembahasan terhadap hasil data yang telah didapat. Data-data tersebut berupa perilaku struktur gedung, simpangan maksimum, simpangan antar tingkat, gaya geser, serta gaya geser dasar.

Hasil analisis data dijabarkan dari perangkat lunak SAP2000. Data-data tersebut adalah hasil respons struktur berupa simpangan dan gaya geser. Simpulan ini nantinya akan menjawab rumusan masalah, serta sebagai acuan untuk penelitian selanjutnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

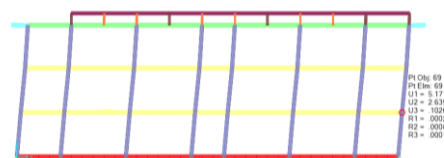
Langkah permodelan meUntuk memudahkan analisa, digunakan salah satu join sebagai tinjauan yaitu join 176 karena menunjukkan perubahan yang cukup signifikan.



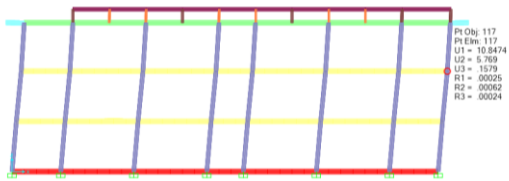
Gambar 3. Posisi Joint 176

Simpangan

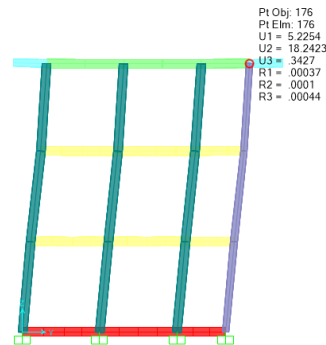
Cara untuk menampilkan simpangan yang terjadi pada struktur yaitu dengan mengklik menu "show deformed shape". Setelah itu akan muncul desain struktur yang mengalami kemiringan pada arah X yang diakibatkan oleh simpangan seperti pada gambar berikut:



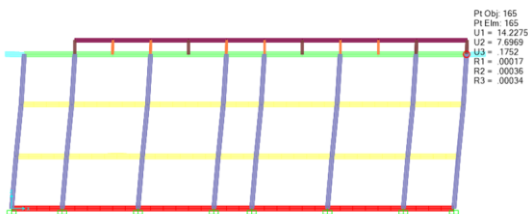
Gambar 4. Simpangan gempa arah X pada lantai 1



Gambar 5. Simpangan gempa arah X pada lantai 2

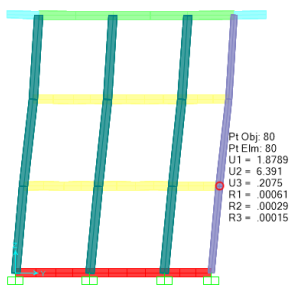


Gambar 9. Simpangan gempa arah Y pada lantai 3

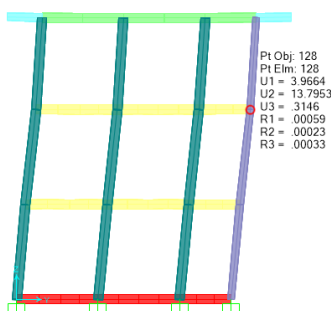


Gambar 6. Simpangan gempa arah X pada lantai 3

Sedangkan untuk hasil gempa arah Y adalah sebagai berikut:



Gambar 7. Simpangan gempa arah Y pada lantai 1



Gambar 8. Simpangan gempa arah Y pada lantai 2

Nilai simpangan ditentukan dengan syarat menurut SNI gempa tahun 2012. Diketahui sebagai berikut:

$$C_d = 5,5$$

$$I_e = 1,5$$

$$\Delta_a = 0,015 h_{sx}$$

$$\delta = C_d \delta_e / I_e$$

$$\Delta_1 = \delta_1 \leq \Delta_a$$

$$\Delta_2 = (\delta_{e2} - \delta_{e1}) C_d / I_e \leq \Delta_a$$

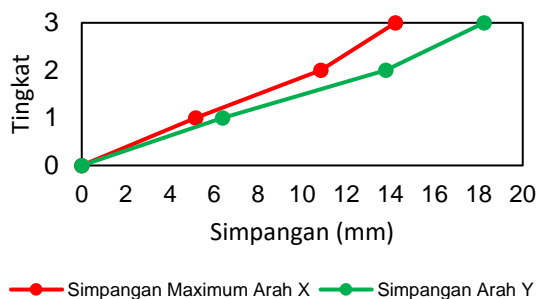
$$\Delta_3 = (\delta_{e3} - \delta_{e2}) C_d / I_e \leq \Delta_a$$

$$\Delta_4 = (\delta_{e4} - \delta_{e3}) C_d / I_e \leq \Delta_a$$

Tabel 3. Simpangan Maksimum Arah X dan Y

| Lantai | δ_e (mm) | |
|--------|-----------------|--------|
| | Arah X | Arah Y |
| 3 | 14.228 | 18.242 |
| 2 | 10.847 | 13.795 |
| 1 | 5.172 | 6.391 |

Dibawah dijabarkan dalam bentuk grafik:



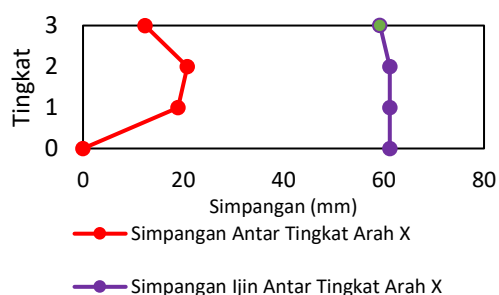
Gambar 10. Grafik Simpangan Maksimum Arah X dan Y

Tabel 4. Simpangan Antar Tingkat Arah X

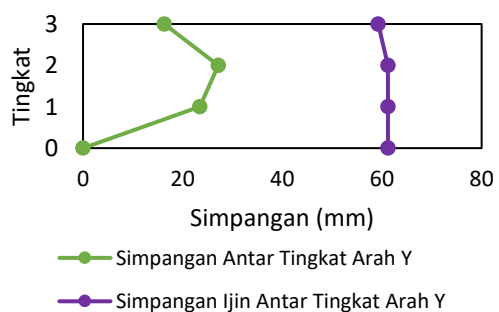
| Lt | δe | Cd | Ie | δ | Δ | Δa |
|----|------------|-----|-----|----------|----------|------------|
| 3 | 14.3 | 5.5 | 1.5 | 52.2 | 12.4 | 59.3 |
| 2 | 10.8 | 5.5 | 1.5 | 39.8 | 20.8 | 61.2 |
| 1 | 5.2 | 5.5 | 1.5 | 19.0 | 19.0 | 61.2 |

Tabel 5. Simpangan Antar Tingkat Arah Y

| Lt | δe | Cd | Ie | δ | Δ | Δa |
|----|------------|-----|-----|----------|----------|------------|
| 3 | 18.2 | 5.5 | 1.5 | 66.9 | 16.3 | 59.3 |
| 2 | 13.8 | 5.5 | 1.5 | 50.6 | 27.2 | 61.2 |
| 1 | 6.4 | 5.5 | 1.5 | 23.4 | 23.4 | 61.2 |



Gambar 11. Grafik Simpangan Antar Tingkat Arah X



Gambar 12. Grafik Simpangan Maksimum Arah Y

Diatas dijabarkan grafik simpangan antar tingkat arah X dan Y dengan metode respons spektrum. Dalam grafik terlihat bahwa simpangan antar tingkat baik arah x maupun y masih dibawah simpangan ijin, yang berarti masih memenuhi syarat berdasarkan SNI 1726-2012. Perbedaan yang jauh antara simpangan ijin dan simpangan respon spektrum dikarenakan kekakuan dari bangunan yang cukup kuat untuk menahan getaran dari gempa respon spektrum, sehingga simpangan yang terjadi masih dibawah nilai ijin

Gaya Geser

Selanjutnya untuk menentukan gaya geser dengan bantuan aplikasi SAP2000 dilakukan dengan mengklik menu "show forces/stress" dan pilih "frames/cable/tendons". Akan muncul tampilan gaya geser dengan masing-masing nilainya.

Nilai dari semua kolom tiap lantai lalu dicatat dan dihitung agar dapat menentukan nilai geser dasar dan geser antar tingkat gempa arah x dan y.

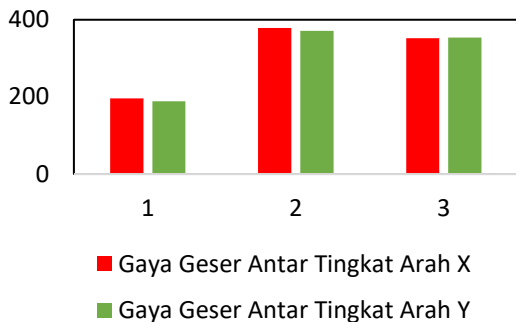
Tabel 6. Gaya Geser Antar Tingkat Arah X

| Lantai | Geser |
|--------|--------|
| 0 | 0 |
| 1 | 195.83 |
| 2 | 379.06 |
| 3 | 352.54 |

Tabel 7. Gaya Geser Antar Tingkat Arah Y

| Lantai | Geser |
|--------|--------|
| 0 | 0 |
| 1 | 188.33 |
| 2 | 371.59 |
| 3 | 353.96 |

Dibawah ini dijabarkan data tersebut dalam bentuk diagram batang :



Gambar 13. Grafik Gaya Geser Antar Tingkat Akibat Gempa Arah X dan Y

SIMPULAN

Berdasarkan pembahasan dan hasil analisa dari bab – bab sebelumnya, dapat diambil simpulan berupa jawaban dari rumusan masalah yaitu perilaku struktur dengan metode respon spektrum. Pertama, gaya geser yang diperoleh dengan metode Respon Spektrum yaitu geser maksimum arah x sebesar 927,43 kN, dan arah y sebesar 913,88 kN. 3) Simpangan yang diperoleh dengan metode Respon Spektrum dengan menggunakan gempa rencana masih dibawah angka simpangan ijin. Simpangan terbesar pada arah x adalah 14,228 mm sedangkan simpangan ijinnya sebesar 61,2 mm. Untuk arah Y simpangan terbesar yang terjadi adalah 18,24 mm dengan simpangan ijin 61,2 mm.

Simpangan arah x dan y memiliki sedikit perbedaan, dimana secara keseluruhan simpangan yang terjadi pada arah x lebih besar dibandingkan yang terjadi pada arah y. Hal ini dipengaruhi oleh bentuk bangunan yang memanjang kearah y, sehingga jika bangunan dikenakan gaya gempa pada arah x maka akan lebih mudah mengalami goyangan yang menimbulkan simpangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional (BSN) (2012) *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. SNI 1726-2. Jakarta.
- Direktorat Jendral Cipta Karya (2021) *Desain Spektra Indonesia*. Available at: <http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/>.
- Edhi, S. (2013) *Perkuatan Dinding Beton Bertulang Sebagai Alternatif Mengurangi Drift pada Bangunan Tidak Simetris*. Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.
- Rantawan, I. N. (2019) *Analisis Perilaku Struktur Portal Beton Bertulang Pemikul Momen Khusus Akibat Gempa dengan Berbagai Kondisi Tanah*. Universitas Mahasaraswati Denpasar.