

ANALISIS KEKUATAN STRUKTUR BERDASARKAN RESPON SPEKTRUM TERHADAP GAYA GEMPA YANG AKAN DATANG DI KOTA SORONG

Epafroditus Tuwanakota¹, Christianto P Banten²

^{1,2} Program Studi Diploma Empat (D4) Teknik Sipil, Politeknik Saint Paul Sorong
Email: epafroditust@gmail.com

Abstrak

Struktur bangunan tahan gempa harus memiliki kekuatan yang cukup untuk mencegah terjadinya keruntuhan atau kegagalan struktur. Oleh karena itu dalam perencanaan Analisis Struktur Berdasarkan Respon Spektrum Terhadap Gaya Gempa Yang Akan Datang Di Kota Sorong. Dimana peneliti meneliti sebuah perencanaan gedung kantor yang berada di kota Sorong dengan memperhitungkan respon spektrum yang berpedoman pada puskim sehingga dapat merencanakan sebuah bangunan yang tahan akan gempa yang memperhatikan struktur pada bangunan tersebut sehingga meminimalisir terjadinya korban jiwa pada saat terjadi gempa bumi. Hasil Kinerja Batas Layan di dapatkan hasil Δs antar tingkat lantai atap 0,001 m, Lantai 4 0,003 m, lantai 3 0,003 m, lantai 2 0,002 m, lantai 1 0,001 m dan syarat Δs adalah 0,015 m. Hasil dari batas layan Δs antar tingkat lebih kecil dari syarat Δs , dengan itu maka kinerja batas layan aman. Kinerja batas ultimit lantai atap arah x 0,08 m dan arah y 0,08 m, lantai 4 arah x 0,00 dan arah y 0,00, lantai 3 arah x 0,08 m dan arah y 0,08 m, lantai 2 arah x 0,08 m dan arah y 0,08 m, lantai 1 arah x 0,08 m dan arah y 0,08 m dan syarat Δm adalah 0,008 m. Hasil dari batas ultimit Δs antar tingkat arah x dan arah y lebih kecil dari syarat Δm , dengan itu maka kinerja batas layan aman.

Kata kunci : Respons Spektrum, Kinerja Batas Layan, Kinerja Batas Ultimit

1. PENDAHULUAN

Gempa bumi adalah getaran atau getar-getar yang terjadi di permukaan bumi akibat pelepasan energi dari dalam secara tiba-tiba yang menciptakan gelombang seismik. Gempa bumi biasa disebabkan oleh pergerakan kerak bumi (lempeng bumi). Frekuensi suatu wilayah mengacu pada jenis dan ukuran gempa bumi yang dialami selama periode waktu.

Di Indonesia sering terjadi gempa bumi sehingga mengakibatkan banyak korban jiwa akibat gempa yang terjadi khususnya pada bangunan yang runtuh sehingga mengakibatkan jatuhnya korban jiwa di Indonesia sering terjadi gempa bumi diantaranya ; Aceh tahun 2004 dengan kekuatan 9,3 SR, Sumatera utara tahun 2005 dengan kekuatan 8,7 SR, Pangandaran tahun 2006 dengan kekuatan 7,7 SR, Bengkulu tahun 2007 dengan kekuatan 7,9 SR, Mentawai tahun 2016 dengan kekuatan 7,8 SR, Lombok tahun 2018 dengan kekuatan 7,0 SR, Palu dan Donggala tahun 2018 dengan kekuatan 7,4 SR, Banten tahun 2019 dengan kekuatan 7,4 SR. Dan pada gempa tersebut yang terjadi yaitu runtuh dari bangunan sehingga mengakibatkan korban jiwa dan mengakibatkan orang terjebak dalam runtuhannya tersebut.

Oleh karena itu dibuatlah peraturan SNI 03-1726-2002 (Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung) untuk merencanakan bangunan yang tahan akan gempa sehingga penghuni didalamnya ada waktu untuk menyelamatkan diri mereka dan pada tahun 2012 di buatlah pembaharuan dari SNI 03-1726-2002, menjadi SNI 1726:2012. Dalam pada tahun 2019 diperbaharui lagi menjadi SNI 1726-2019 (Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung) Yang mana masih menjadi tujuan utamanya yaitu merencanakan bangunan tahan gempa. Dalam merencanakan pembuatan bangunan sangat diperlukan pedoman bangunan tahan gempa yang berlaku sehingga bangunan yang kita rencanakan dan diperhitungkan menurut daerah yang akan kita bangun. Dalam perencanaan bangunan tahan gempa dirancang yaitu Respon Spektra atau Respon Spektrum.

Respon Spektrum adalah suatu spektrum yang disajikan dalam bentuk grafik atau plot antara periode getar struktur T, versus respon-respon maksimum berdasarkan rasio redaman dan gempa tertentu. Respon-respon maksimum dapat berupa simpangan maksimum (spectral displacement, SD), kecepatan maksimum (spectral velocity, SV),

atau percepatan maksimum (spectral acceleration, SA) dari massa struktur singel degree of freedom (SDOF).

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah : Mengetahui kekuatan struktur berdasarkan respon spektrum terhadap gaya gempa di Kota Sorong.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Di Indonesia sering terjadi gempa bumi di karenakan Indonesia berada didaerah Cincin Api Pasifik (Ring Of Fire), dan Indonesia tidak akan lepas dari bencana gempa bumi yang sewaktu-waktu dapat terjadi.

Direktorat Vulkanotologi dan Mitigasi Bencana Geologi (DVMBG) Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) menyatakan wilayah di Indonesia yang rawan gempa dan tsunami diantaranya Aceh, Sumatera Utara, Sumatera Barat, Bengkulu, Lampung, Banten, Jawa Tengah, Jogjakarta, Jawa Timur, Bali, Nusa Tenggara Barat, Nusa Tenggara Timur, Sulawesi Utara, Sulawesi Tengah, Sulawesi Selatan, Maluku Utara, Maluku Selatan, Biak, Yapen, Dan Fak-fak di Papua Serta Balikpapan.

Oleh karena letak Indonesia di daerah rawan gempa oleh karena itu di butuhnya perencanaan dalam pembuatan bangunan gedung maupun non gedung yang tahan terhadap gempa sehingga bangunan tersebut bisa menyelamatkan jiwa yang ada dalam bangunan tersebut.

Gempa bumi ini menjalar dalam bentuk gelombang, gelombang ini mempunyai suatu energi yang dapat menyebabkan permukaan bumi dan bangunan diatasnya menjadi bergetar. Getaran ini nantinya akan menimbulkan gaya-gaya pada struktur bangunan karena struktur cenderung mempunyai gaya untuk mempertahankan gaya untuk mempertahankan dirinya dari gerakan. (Schodek, 1999)

Kinerja bangunan terhadap gempa harus dinyatakan secara jelas adalah salah satu hal yang penting. Kinerja tersebut terdiri dari kejadian gempa rencana yang ditentukan, dan taraf kerusakan yang diijinkan atau level kinerja dari bangunan terhadap kejadian gempa tersebut.

(Dewobroto, 2006).

2.1 Konsep Perencanaan Struktur

Struktur bangunan tahan gempa harus memiliki kekuatan yang cukup untuk mencegah terjadinya keruntuhan atau kegagalan struktur. Oleh karena itu dalam perencanaan harus memenuhi beberapa kondisi, yaitu :

- a. Struktur bangunan yang di rencana harus memiliki kekakuan dan kekuatan yang cukup sehingga bila terjadi gempa yang berkekuatan kecil struktur bersifat elastik.
- b. Saat terjadi gempa struktur yang kita rancang tidak boleh mengalami kerusakan struktural namun dapat mengalami kerusakan non struktural atau kerusakan ringan.
- c. Pada saat terjadi gempa bumi berskala besar struktur bangunan harus dirancang mengalami kerusakan struktural namun harus tetap berdiri sehingga orang yang berada di dalam Gedung tersebut dapat menyelamatkan diri mereka sehingga tidak ada korban jiwa.

Oleh karena itu dalam perencanaan bangunan struktur harus dirancang tahan gempa dan harus diperhitungkan dampak dari gaya lateral, dalam hal ini gaya yang diakibatkan oleh gempa bumi yang bersifat siklis (bolak-balik) yang dialami oleh struktur bangunan tersebut. Dalam merencanakan struktur harus dapat memiliki daktilitas yang memadai di daerah joint atau elemen struktur tahan gempa seperti dinding geser atau biasa disebut shearwall.

Struktur bangunan harus dapat memberikan layanan yang sesuai dengan perencanaan, sehingga pada saat struktur bangunan terkena gempa bangunan masih dapat bertahan.

2.2 Pembebanan Struktur

Dalam mendesain bangunan gedung diperlukan struktur bangunan, dan di indentifikasikan perilaku bangunan dan besar beban yang akan bekerja pada bangunan yang di desain. Pembebanan struktur sangat mendasar adalah pemisahan antara beban-beban yang bersifat statis dan dinamis

Beban yang timbul pada struktur bangunan baik yang bersumber dari alam maupun buatan manusia, beban yang terjadi bersumber dari alam diantaranya ialah gempa bumi, angin, hujan salju dan lain-lain Dan Beban yang ditimbulkan oleh manusia ialah manusia itu sendiri, mesin,

kendaraan bermotor, dan sebagainya. Untuk memperjelasnya beban yang ditimbulkan oleh alam dan manusia diatas akan diklasifikasikan sesuai dengan jenisnya

Beban Statis

Beban Statis adalah beban yang memiliki perubahan intensitas beban terhadap waktu berjalan lambat atau konstan. Jenis beban statis menurut Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Rumah dan Gedung 1987 sebagai berikut

a. Beban Mati

Beban mati adalah semua beban yang berasal dari berat bangunan, termasuk segala unsur tambahan tetap yang merupakan satu kesatuan dengannya, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan oleh gedung. Yang termasuk beban mati adalah dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dan finishing.

Beban Hidup

Beban Hidup adalah beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan ke dalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut.

Beban Dinamik

Beban Dinamik adalah beban dengan variasi perubahan intensitas beban terhadap waktu yang cepat. Beban dinamis ini terdiri dari beban gempa dan beban angin.

- **Beban Angin**

Beban Angin ialah semua beban yang berkerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara.

Dalam menentukan beban angin penggunaan menentukan parameter dan untuk penentuan beban angin pada SPBAU dan K&K.

- **Beban Gempa**

Gempa bumi adalah getaran atau getar-getar yang terjadi di permukaan bumi akibat pelepasan energi dari dalam secara tiba-tiba yang menciptakan gelombang seismik. Oleh karena itu

dalam perencanaan struktur gempa terdapat kelas kategori resiko sebagai berikut

Tabel 1. Faktor kepentingan berdasarkan kategori resiko bangunan dan struktur

Kategori Risiko	Faktor Kepentingan Seismik, I_e
I	1,00
II	1,00
III	1,25
IV	1,50

2.3 Respon Spektrum

Respon Spektrum adalah plot suatu spectrum yang disajikan dalam bentuk grafik/plot antar priode getar struktur T, Lawan respons-respons maksimumnya untuk suatu rasio redaman dan beban gempa tertentu.

Respon-respon maksimum dapat berupa simpangan maksimum (spectral displacement, SD), kecepatan maksimum) spectral velocity, SV atau percepatan maksimum (spectral acceleration, SA) suatu massa struktur dengan derajat kebebasan tunggal (single degree of freedom, SDOF).

3. METODOLOGI

3.1 Metode Penyusunan

Metode Penyusunan yang dilakukan penulis adalah metode kuantitatif yang dilakukan secara terencana dan sistematis untuk mendapatkan jawaban pemecahan masalah terhadap penelitian yang dilakukan.

Penelitian kuantitatif menurut Margono (2000) adalah suatu proses menemukan pengetahuan yang menggunakan data berupa angka sebagai alat menemukan keterangan mengenai apa yang ingin kita ketahui.

Suatu Proses menemukan pengetahuan yang menggunakan data berupa angka sebagai alat menganalisis keterangan mengenai apa yang ingin diketahui. Sebelum melakukan penelitian ini yaitu menyusun apa yang harus penulis akukan selama penelitian itu berlangsung yaitu :

1. Pengumpulan data untuk menganalisis

Dalam pengumpulan data peneliti merancang sebuah bangunan yang dimana bangunan yang di rencanakan harus tahan terhadap gempa sehingga

pada saat terjadi gempa bumi hal terburuk yang terjadi ialah merancang agar struktur tidak terjadi patahan sehingga tidak terjadi korban jiwa.

2. Perhitungan Struktur SNI 1726-2019

SNI yang digunakan peneliti adalah SNI terbaru yang diterbitkan Badan Standardisasi Nasional dimana SNI ini sudah diperbaharui dari SNI sebelumnya SNI 1726:2012 menjadi SNI 1726:2019 yang menjadi pedoman peneliti dalam melakukan perhitungan Respon Spektra

3. Melakukan perhitungan Pada Etabs V.16

Dalam melakukan perhitungan dari data analisis yang telah dikumpulkan dan berpedoman pada SNI 1726:2019 peneliti menggunakan Etabs dalam melakukan perhitungan struktur.

3.2 Pengumpulan Data

Dalam melakukan penelitian ini data yang diperlukan meliputi :

Lokasi

Lokasi yang peneliti rencana ialah berada di Kota Sorong.

Fungsi Bangunan

Fungsi Bangunan yang direncanakan Gedung Perkantoran.

Tinggi Bangunan

Tinggi bangunan 5 lantai dengan tinggi perlantai 4 meter.

Struktur Bangunan

Struktur bangunan yang direncanakan struktur beton.

Jenis Tanah

Jenis tanah yang di gunakan yaitu tanah lunak mengingat dimana kota sorong mayoritas tanah rawa.

Diagram Alur Analisis

Mulai - Rumusan Masalah - Pengumpulan Data - Pemodelan - Perhitungan - Respon Spektrum 2019 - Hasil - Kesimpulan

Gambar dan Tabel dibuat menurut aturan baku penulisan artikel. Pemberian garis di Tabel hanya diperbolehkan garis horizontal pada header dan penutup (Lihat contoh Tabel 1). Tambahkan keterangan statistik jika memang menggunakan perhitungan statistik misalkan *p value*, *standard error* dan sebagainya.

Gambar dalam bentuk peta, foto maupun grafik harus dibuat dengan resolusi yang cukup tinggi agar tidak blur. Seandainya penulis

mengirimkan Grafik yang kurang jelas, maka editor berhak untuk meminta data asli untuk diedit ulang oleh Editor.

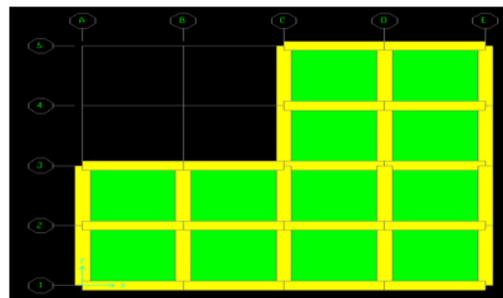
Gambar maupun Tabel dapat diletakkan pada 2 kolom maupun pada 1 kolom (d disesuaikan dengan ukurannya, lihat contoh Tabel maupun Gambar 1 dan 2). Demikian juga jika penulis menggunakan persamaan matematika. Khusus untuk persamaan matematika agar menuliskan persamaannya baik menggunakan tool equation pada word maupun software pembantu seperti Math Type yg dapat diintegrasikan di MS Office.

Isi tabel sekiranya tidak mencukupi menggunakan font ukuran 11 dapat menggunakan font ukuran yang lebih kecil.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pemodelan Struktur

Dalam perhitungan Respon Spektrum gempa di kota sorong dengan bangunan yang direncanakan oleh karena itu peneliti menggunakan aplikasi Etabs untuk membuat pemodelan dan perhitungan dengan berpedoman pada SNI 1726:2019 (Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung)



Gambar 1. Pemodelan 2D Etabs

4.2. Data Perencanaan

Dalam merencanakan bangunan tahan gempa dengan metode respon spektrum diperlukan data perencanaan sebagai berikut :

Kolom	: 70 x 70 cm
Balok	: 60 x 30 cm
Mutu Beton f_c'	: 25 Mpa
Mutu Baja f_y	:
	400 Mpa (Tulangan Utama)
	240 Mpa (Tulangan Sengkang)

Pelat Lantai : 15 cm
Pelat Atap : 10 cm
Tingg tiap lantai : 4 m
Jenis Pemanfaatan : Gedung Kantor Lokasi Gedung : Sorong, Papua Barat
Kategori Pemanfaatan : II

4.3. Penentuan Beban Gempa Desain Berdasarkan Metode Respon Spektrum

Menentukan Kategori Resiko

Untuk menentukan kategori resiko berdasarkan tabel 2 Maka kategori resiko II.

Menentukan Faktor Keutamaan

Untuk menentukan faktor keutamaan berdasarkan tabel 2 Maka kategori faktor keutamaan masuk dalam kategori resiko I atau II dengan nilai faktor keutamaan gempa yaitu $I_e = 1,0$. Hal tersebut dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

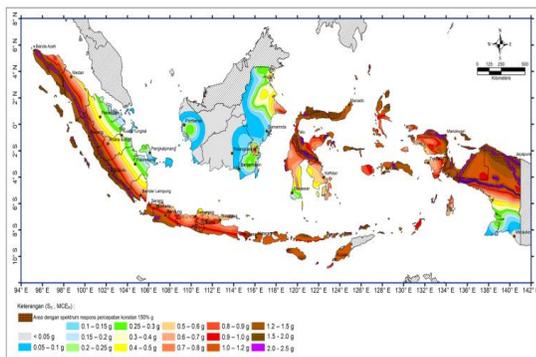
Tabel 2. Faktor Keutamaan

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

Sumber SNI 1726-2019

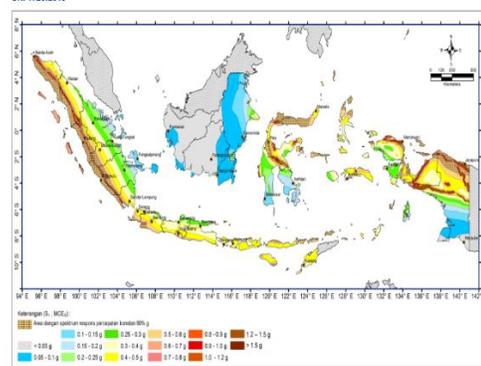
Parameter Percepatan Respon Spektral

- Peta MCER Periode Pendek



Gambar 2 Peta Mcer Periode Pendek (SNI 1726:2019 Tata cara perencanaan ketahanan gempa struktur bangunan gedung dan nongedung)

- Peta MCER Periode 1-detik



Gambar 3. Peta Mcer Periode 1 Detik (SNI 1726:2019 Tata cara perencanaan ketahanan gempa struktur bangunan gedung dan non gedung)

Tabel 3. Faktor R, Ω_0 , dan Cd untuk sistem pemikul gaya seismik

Sistem Pemikul Gaya Seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat lebih sistem, Ω_0^b	Faktor pembesaran defleksi, C_d^c
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5,5
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5,5
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4,5	3	4
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3,5	3	3
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5,5
6. Rangka beton bertulang pemikul beban menengah	5	3	4,5
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2,5
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5,5
9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	4,5
10. Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	5,5
11. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	2,5
12. Rangka baja canai dingin pemikul momen khusus dengan pembuatan	3,5	3 ^o	3,5

4.4. Respon Spektrum (Puskim)

Kategori Resiko : II
Faktor Keutamaan : 1,0

Program Respons Spektra Peta Gempa Indonesia 2019
(C) Copyright Puskim-PusGeN-ESRC, 2019-2020

Nama Kota : Kota sorong (B)
Bujur / Longitude : 131.2876 Degrees
Lintang / Latitude : -0.8810 Degrees

Kelas Situs : SE - Tanah Lunak

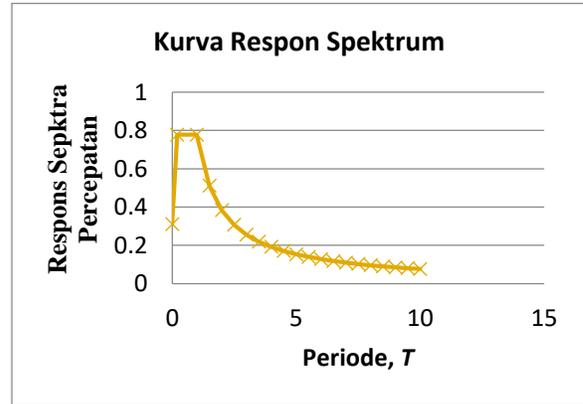
PGA = 0.536305 g
PGAm = 0.624095 g
CRs = 0.000000
CRl = 0.000000
Ss = 1.373162 g
S1 = 0.554433 g
TL = 10.000000 detik
Fa = 0.850735
Fv = 2.091134
Sms = 1.168197 g
Sm1 = 1.159394 g
Sds = 0.778798 g
Sd1 = 0.772929 g
T0 = 0.198493 detik
Ts = 0.992464 detik

Time (sec) Value (g)

Gambar 4. Data RSA

T	Sa (g)
0	0,3112
0,1971	0,7780
0,9854	0,7780
1,5	0,5111
2	0,3834
2,5	0,3067
3	0,2556
3,5	0,2191
4	0,1917
4,5	0,1704
5	0,1533
5,5	0,1394
6	0,1278
6,5	0,1180
7	0,1095

7,5	0,1022
8	0,0958
8,5	0,0902
9	0,0852
9,5	0,0807
10	0,0767



Gambar 5. Grafik Respons Spektrum

4.5. Perhitungan ETABS 2000 V.16 Pembebanan

Lantai 1-4

Plat	=	192	x	0,15	x	2400	=	69120	kg				
Balok	=	0,3	x	0,6	x	128	x	2400	=	55296	kg		
Kolom	=	0,7	x	0,7	x	4	x	2400	x	18	=	84672	kg
DinDing	=	108	x	4	x	250	=	108000	kg				
Plafond	=	20	x	8	x	11	=	1760	kg				
Spesi	=	20	x	8	x	21	=	3360	kg				
Keramik	=	20	x	8	x	24	=	3840	kg				
							=	326048	kg				
								3260,48	Kn				

Lantai atap

Balok	=	0,3	x	0,6	x	128	x	2400	=	55296	kg
Plafond	=	192	x	11	=	2112	Kg				
Plat	=	192	x	0,1	x	2400	=	46080	kg		
							=	103488	kg		
								1034,88	Kn		

Perhitungan Fundamental

$$T_a = C_t H_n x$$

$$C_t = 0,0466$$

$$X = 0,9$$

Tabel 5. Koefisien Ct dan x

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka pemikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenal gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 ^a	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 ^a	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 ^a	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 ^a	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 ^a	0,75

$$\begin{aligned} H_n &= 20 \\ T_a &= 0,466 \times 14,823 \\ &= 0,69074 \text{ detik} \\ SDS &= 0,778 \\ SD1 &= 0,772 > 0,4 \text{ detik} \end{aligned}$$

Tabel 6. Koefisien Cu

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

$$\begin{aligned} C_u &= 1,4 \\ T_{max} &= C_u \cdot T_a \\ &= 1,4 \times 0,69074 \\ &= 0,9670 \\ T_a &= 0,1 \cdot N \\ &= 0,1 \times 5 \\ &= 0,5 \text{ detik} \\ T &= 0,691 \text{ detik} \end{aligned}$$

Perhitungan Gaya Geser

$$\begin{aligned} V &= C_s \cdot W \\ C_s &= \text{Koefisien Seismik} \\ W &= \text{Berat Seismik Efektif} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_L &= 12 \text{ Detik} \\ T &= 0,6907 < T_L \\ C_{smax} &= (SD1 / (T(R/I_e))) \\ &= (0,772 / (0,6907(8/1))) \\ &= 0,13971 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{smin} &= 0,044 \times SDS \times I_e \\ &= 0,044 \times 0,7780 \times 1 \\ &= 0,03423 > 0,01 \end{aligned}$$

$$C_s = 0,03423 \text{ yang digunakan}$$

$$\begin{aligned} V &= C_s \cdot W_i \\ &= 0,034 \times 1034,88 \\ &= 35,43 \end{aligned}$$

Tabel 7. Hasil Perhitungan Vx dan Vy

Lantai ke i	Hi (m)	Cs	wi (kn)	V=C _s .Wi	Tiap portal (kN)	
					V _x = V/5	V _y = V/5
Atap	20	0,034	1034,88	35,43	7,085	7,085
Lantai 4	16	0,034	3260,48	111,61	22,323	22,323
Lantai 3	12	0,034	3260,48	111,61	22,323	22,323
Lantai 2	8	0,034	3260,48	111,61	22,323	22,323
Lantai 1	4	0,034	3260,48	111,61	22,323	22,323

Hasil Output Displasment

Tabel 8. Hasil Displasment

Tingkat	Elevasi	ux	uy
	(m)		
Atap	20	0,004	0,004
4	16	0,003	0,003
3	12	0,003	0,003
2	8	0,002	0,002
1	4	0,001	0,001
Base	0	0	0

Simpangan Arah x

$$\begin{aligned} \delta x (\text{Lantai 1}) &= C_d \times \delta x_e / i_e \\ &= 5,5 \times 0,004 \times 1 \\ &= 0,022 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta \text{ mm} &= \Delta \text{ Lantai atap} - \Delta \text{ Lantai 3} \\ &= 0,0055 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta A/p (\text{Lantai 1}) &= \Delta a \times h \times p \\ &= 0,025 \times 4 / 1 \\ &= 0,1 \text{ m} \end{aligned}$$

Tabel 9. Simpangan Arah x

Lantai	h	δx_e mm	δx	Δ	$\Delta A/P$	Cek
	(m)					
Atap	4	0,004	0,022	0,0055	0,1	Aman
4	4	0,003	0,0165	0	0	Aman
3	4	0,003	0,0165	0,0055	0,1	Aman
2	4	0,002	0,011	0,0055	0,1	Aman
1	4	0,001	0,0055	0,0055	0,1	Aman
Base	0	0	0	0	0	Aman

Simpangan Arah Y

$$\delta x \text{ (Lantai 1)} = Cd \times \delta x_e / ie$$

$$= 5,5 \times 0,004 \times 1$$

$$= 0,022 \text{ m}$$

$$\Delta \text{ mm} = \Delta \text{ Lantai atap} - \Delta \text{ Lantai 3}$$

$$= 0,0055 \text{ m}$$

$$\Delta A/p \text{ (Lantai 1)} = \Delta a \times h \times p$$

$$= 0,025 \times 4 / 1$$

$$= 0,1 \text{ m}$$

Tabel 10. Simpangan Arah Y

Lantai	h	δx_e mm	δx	Δ	$\Delta A/P$	Cek
	(m)					
Atap	4	0,004	0,022	0,0055	0,1	Aman
4	4	0,003	0,0165	0	0	Aman
3	4	0,003	0,0165	0,0055	0,1	Aman
2	4	0,002	0,011	0,0055	0,1	Aman
1	4	0,001	0,0055	0,0055	0,1	Aman
Base	0	0	0	0	0	Aman

Kinerja Batas Layan

$$\Delta s \text{ antar tingkat} < \frac{0,03}{R} \times H \text{ (SNI 03 - 1726 - 2019)}$$

$$\Delta s \text{ Atap} - \Delta s 2' < \frac{0,03}{R} \times H_{\text{Atap}}$$

$$0,004 - 0,003 < \frac{0,03}{8} \times 4$$

$$0,001 \text{ m} < 0,015 \text{ (Memenuhi Syarat)}$$

$$\Delta s \text{ Antar Tingkat x (h) Lantai Atap} = \text{Lantai Atap} - \text{Lantai 2}$$

$$= 0,004 \text{ m} - 0,003 \text{ m}$$

$$= 0,001 \text{ m}$$

$$\Delta s \text{ Antar Tingkat y (h) Lantai Atap} = \text{Lantai Atap} - \text{Lantai 2}$$

$$= 0,004 \text{ m} - 0,0003 \text{ m}$$

$$= 0,001 \text{ m}$$

Syarat Δs Lantai Atap

$$= (0,03 / 8) \times 4 \text{ m}$$

$$= 0,00375 \times 4 \text{ m}$$

$$= 0,015 \text{ m}$$

Tabel 11. Kinerja Batas Layan

No	Lantai	H (m)	Δs Arah X (m)	Δs Antar Tingkat X (m)	Δs Arah Y (m)	Δs Antar Tingkat Y (m)	Syarat Δs (m)	Ket
							$(0,03/R) \times H$	
1	Atap	4	0,004	0,001	0,004	0,001	0,015	aman
2	4	4	0,003	0	0,003	0	0,015	aman
3	3	4	0,003	0,001	0,003	0,001	0,015	aman
4	2	4	0,002	0,001	0,002	0,001	0,015	aman
5	1	4	0,001	0,001	0,001	0,001	0,015	aman
6	Base	0	0	0,001	0	0	0	aman

Kinerja Batas Ultimit

Untuk memenuhi persyaratan kinerja batas ultimit gedung, dalam segala hal simpangan antar tingkat yang dihitung dari simpangan struktur ($\Delta m \times \xi$) tidak boleh melampaui 0,02 kali tinggi tingkat yang bersangkutan.

$$T \text{ efektif} = 0,69074 \text{ detik}$$

$$SD1 = 0,772$$

Maka :

$$C1 = \frac{SD1}{T} = \frac{0,772}{0,69074}$$

$$= 1,117641949$$

$$\begin{aligned}
 V1 &= \frac{C1 \times I \times Wt}{R} \\
 &= \frac{1,11764195 \times 1}{8} \times 13103,68 \\
 &= \frac{1,117641949}{8} \times 13103,68 \\
 &= 0,139705244 \times 13103,68 \\
 &= 1830,652807
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V &\geq 0,8 V1 \\
 V_x &= 22323 \geq 0,8 \cdot 1830,652807 \\
 V_x &= 22323 \geq 1482,828 \\
 &\text{(Memenuhi Syarat)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_y &= 22323 \geq 0,8 \cdot 1830,652807 \\
 V_y &= 22323 \geq 1482,828 \\
 &\text{(Memenuhi Syarat)} \\
 &\text{Mencari faktor skala :}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{sx} &= \frac{0,8 \times 1830,652807}{20942} = \frac{1464,522246}{20942} \\
 &= 0,069932301
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{sx} &= \frac{0,8 \times 1830,652807}{20942} = \frac{1464,522246}{20942} \\
 &= 0,069932301
 \end{aligned}$$

$$\xi = \frac{0,7 \times R}{\text{Faktor Skala}}$$

$$\xi_x = \frac{0,7 \times 8}{0,1} = 80,077$$

Perhitungan Batas Ultimit Arah X dan Y
 Δm Antar tingkat = Δm atap - Δm 2

$$\begin{aligned}
 &= 0,004 \text{ m} - 0,003 \text{ m} \\
 &= 0,001 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \xi \times \Delta m \text{ antar tingkat} &< 0,02 \cdot H \\
 80 \times 0,001 \text{ m} &< 0,02 \cdot 4 \text{ m} \\
 0,008 &< 0,8 \text{ m (Memenuhi Syarat)}
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan kinerja batas ultimit arah X dan arah Y ditabelkan di table 12

Tabel 12. Kinerja Batas Ultimit

Lantai	H	Δs Arah	Δs Antar		$\xi \cdot \Delta m$ Arah	Δs Antar		$\xi \cdot \Delta m$ Antar	Syarat	Ket
			Tingkat X	Antar tingkat		Tingkat Y	Antar tingkat			
	(m)	X (m)	(m)	X (m)	Y (m)	(m)	Y (m)	(m)		
Atap	4	0,004	0,001	0,08008	0,004	0,001	0,0801	0,008	aman	
4	4	0,003	0	0,00000	0,003	0	0,0000	0,008	aman	
3	4	0,003	0,001	0,08008	0,003	0,001	0,0801	0,008	aman	
2	4	0,002	0,001	0,08008	0,002	0,001	0,0801	0,008	aman	
1	4	0,001	0,001	0,08008	0,001	0,001	0,0801	0,008	aman	
Base	0	0	0,001	0,08008	0	0,001	0,0801	0	aman	

$$\begin{aligned}
 \xi \cdot \Delta m \text{ Antar tingkat x (Atap)} \\
 &= 80 \times 0,001 \text{ m} \\
 &= 0,08 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \xi \cdot \Delta m \text{ Antar tingkat y (Atap)} \\
 &= 80 \times 0,001 \text{ m} \\
 &= 0,08 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Syarat } \Delta m \text{ Kinerja Batas Ultimate (Lantai Atap)} \\
 &= 0,02 \times (h) \text{ Lantai Atap} \\
 &= 0,02 \times 4 \\
 &= 0,08
 \end{aligned}$$

5. KESIMPULAN

Setelah dilakukan perencanaan ini dengan metode respon spektrum peneliti menyimpulkan bahwa :

1. Dari hasil analisis perencanaan kantor yang direncanakan dapat disimpulkan struktur dalam kondisi aman.
2. Hasil dari simpangan arah x dan arah y dinyatakan memenuhi syarat.
3. Dari Hasil Kinerja Batas Layan Jadi hasil dari kinerja batas layan dinyatakan aman.
4. Dari Hasil Kinerja Batas Ultimit, dari hasil tersebut Δs Arah x dan Δs Arah y < Syarat

Δs maka bangunan yang dirancang dinyatakan aman

6. DAFTAR PUSTAKA

- Mohammad Kasram. 2008. Metode Penelitian Kuantitatif-Kualitatif. Malang: UIN Malang Press.
- Schodek, Daniel L. 1999. Struktur Edisi Kedua. Jakarta: Erlangga.
- Wiryanto Dewobroto. 2006. Evaluasi Kinerja Bangunan Baja Tahan Gempa dengan SAP2000, Jurnal Teknik Sipil UPH, Vol. 3.
- SNI 1727:2013. 2013. Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan gedung dan struktur lain. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta
- SNI 1726:2019. 2019. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan gedung dan nongedung. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta
- Margono. 2002. Metode penelitian pendidikan. Jakarta : Rineka Cipta