

## PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG 5 LANTAI DI KELURAHAN NGADE TERNATE

Zulham S. Lambado<sup>1\*</sup>, Imran<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Sipil, Universitas Khairun, Ternate  
<sup>1\*</sup>zhoel.ismi67@gmail.com

### Abstrak

Suatu bangunan gedung yang berlantai banyak perlu direncanakan dengan tepat dan teliti agar memenuhi kriteria kekuatan (*strength*), kenyamanan (*serviceability*), keselamatan (*safety*), dan umur rencana bangunan (*durability*). Gempa bumi sering terjadi di wilayah Indonesia, baik yang bersifat tektonik maupun vulkanik menimbulkan dampak kerusakan yang tidak sedikit khususnya pada sarana dan prasarana maupun infrastruktur secara umum. Bangunan tahan gempa merupakan bangunan yang mampu meredam energi gempa yang terjadi, melalui kombinasi gaya dalam bangunan yang di hasilkan dari komponen struktur dan non struktur bangunan. Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan suatu struktur bangunan yang tahan terhadap gempa, dengan menggunakan metode analisa statik dan analisa dinamik. Gedung didesain dengan tingkat daktilitas tinggi, agar saat terjadi gempa kuat struktur gedung tidak runtuh. Dengan menentukan kategori seismik berdasarkan kategori resiko gempa, bangunan masuk kategori resiko D. Gedung termasuk kedalam kategori resiko II dengan faktor keutamaan gempa  $I_e = 1$ . Struktur didesain dengan sistem rangka pemikul momen dengan nilai koefisien modifikasi respons ( $R$ ) 8. Rangka pemikul momen sekurang-kurangnya mampu menahan 25% dari gaya lateral total. Periode maksimum untuk syarat batas periode gedung adalah 1,0623 detik. Waktu getar gedung untuk mode satu didapatkan sebesar 1,001 detik dan mode dua sebesar 0,841 detik, sehingga batasan periode terpenuhi. Persentase base shear rangka pemikul momen telah memenuhi syarat minimum yaitu 25% dari gaya lateral total gedung. Simpangan antar lantai baik gempa statik dan dinamik arah  $x$  dan  $y$  tidak melebihi simpangan yang diizinkan sehingga struktur mampu menahan gaya gempa yang terjadi.

Kata kunci: Seismik, Statik, Dinamik, Gedung

### PENDAHULUAN

Pembangunan dalam jumlah banyak menyebabkan semakin sempitnya lahan yang dapat digunakan. Pembangunan gedung kearah vertikal di kota-kota besar menjadi solusi masalah keterbatasan lahan. Suatu bangunan gedung yang berlantai banyak perlu direncanakan dengan tepat dan teliti agar memenuhi kriteria kekuatan (*strength*), kenyamanan (*serviceability*), keselamatan (*safety*), dan umur rencana bangunan (*durability*) (Hartono,1999).

Gempa bumi sering terjadi di wilayah Indonesia, baik yang bersifat tektonik maupun vulkanik menimbulkan dampak kerusakan yang tidak sedikit khususnya pada sarana dan prasarana maupun infrastruktur secara umum. Sebelum mendirikan bangunan, harus diketahui terlebih dahulu jenis tanah yang akan menentukan jenis pondasi yang di pilih untuk mentransfer beban ke lapisan yang lebih dalam untuk mencapai kedalaman tertentu sampai didapat jenis tanah yang mendukung daya beban struktur bangunan. Pondasi harus didesain untuk menahan gaya yang dihasilkan dan mengakomodasi pergerakan yang disalurkan ke struktur oleh gerak tanah desain.

Pemilihan sistem rangka pemikul momen sangat berpengaruh terhadap kekuatan dan kestabilan struktur. Maka struktur perlu direncanakan dengan sistem ganda yaitu sistem rangka pemikul momen khusus dan dinding geser. Menurut SNI 03-1726-2012 pasal 7.2.5.1 bahwa sistem rangka pemikul momen sekurang-kurangnya mampu menahan 25% dari gaya lateral total dan sisanya ditahan oleh dinding geser.

Bangunan tahan gempa merupakan bangunan yang mampu meredam energi gempa yang terjadi, melalui kombinasi gaya dalam bangunan yang dihasilkan dari komponen struktur dan non struktur bangunan. Syarat-syarat bangunan tahan gempa yaitu bila terjadi gempa bumi lemah, bangunan

tersebut tidak mengalami kerusakan sama sekali. Bila terjadi gempa sedang, bangunan tersebut boleh mengalami kerusakan pada komponen non strukturalnya saja, tetapi tidak boleh mengalami kerusakan pada elemen-elemen strukturalnya. Sedangkan bila terjadi gempa kuat, bangunan tersebut boleh mengalami kerusakan pada elemen struktural maupun elemen non strukturalnya, namun kerusakan yang terjadi tidak sampai menyebabkan bangunan runtuh.

## **METODE PENELITIAN**

Metodologi perencanaan ini akan menguraikan dan menjelaskan tahapan penyelesaian desain secara detail, mulai dari studi literatur, penentuan data perencanaan, pemodelan struktur dengan menggunakan program untuk analisis pembebanan, analisa struktur, dan pendetailan elemen struktur.

Tahap-tahapan pengujian yang dilakukan dalam melaksanakan penelitian ini adalah:

1. Analisis beban gempa (SNI 1726:2012)
  - a. Menentukan kategori resiko struktur bangunan dan faktor keutamaan
  - b. Menentukan kelas situs
  - c. Menentukan parameter percepatan gempa ( $S_s$ ,  $S_1$ )
  - d. Menentukan koefisien situs dan parameter respons spectra percepatan gempa
  - e. Menentukan spektrum respons desain
  - f. Menentukan kategori desain seismik
  - g. Pemilihan sistem struktur dan parameter sistem
  - h. Menghitung periode struktur ( $T$ )
2. Analisis beban gempa statik ekuivalen
  - a. Menghitung berat struktur
  - b. Menghitung koefisien respons seismik
  - c. Menghitung gaya geser dasar
  - d. Menghitung distribusi beban gempa
  - e. Menentukan eksentrisitas rencana ( $e_d$ )
  - f. Menginput beban gempa statik ekuivalen
3. Analisis beban gempa dinamik respons spektrum
  - a. Input respons spektrum gempa rencana
  - b. Menentukan tipe analisis ragam respons spektrum
  - c. Kontrol partisipasi massa
  - d. Gaya geser dasar nominal,  $V$  (*Base Shear*)
  - e. Simpangan struktur

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Menentukan Katagori Resiko Struktur Bangunan dan Faktor Keutamaan**

Berdasarkan pasal 4.1.2 SNI 03-1726-2012 disebutkan bahwa gedung asrama haji dengan fungsi bangunan sebagai rumah tinggal (hunian) termasuk dalam kategori resiko II dengan faktor keutamaan gempa  $I_e$  sebesar 1,0.

### **Menentukan Kelas Situs**

Asumsi yang digunakan adalah tanah keras (SC)

### Menentukan Parameter Percepatan Gempa ( $S_s$ , $S_1$ )

Situs online Dinas PU [http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain\\_spektra\\_indonesia2011/](http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia2011/)

Variabel	Nilai
PGA (g)	0.457
$S_s$ (g)	1.095
$S_1$ (g)	0.517
CRs	1.125
CR1	1.032
FpGA	1.000
F1	1.000

**Gambar 1.** Output desain spektra pada website [puskim.pu.go.id](http://puskim.pu.go.id)

### Menentukan Koefisien Situs dan Parameter Respons Spectra Percepatan Gempa

Situs online Dinas PU [http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain\\_spektra\\_indonesia2011/](http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia2011/)

Variabel	Nilai
PSA (g)	0.457
$S_{MS}$ (g)	1.095
$S_{M1}$ (g)	0.673
$S_{DS}$ (g)	0.730
$S_{D1}$ (g)	0.448
$T_0$ (detik)	0.123
$T_S$ (detik)	0.614

**Gambar 2.** Respons spektrum desain berdasarkan website [puskim.pu.go.id](http://puskim.pu.go.id)

### Menentukan Spektrum Respons Desain

Situs online Dinas PU [http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain\\_spektra\\_indonesia2011/](http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia2011/)

T (detik)	SA (g)
0	0.292
$T_0$	0.730
$T_S$	0.730
$T_S+0$	0.628
$T_S+0.1$	0.551
$T_S+0.2$	0.491
$T_S+0.3$	0.448

**Gambar 3.** Respons spektrum desain berdasarkan website [puskim.pu.go.id](http://puskim.pu.go.id)

### Menghitung Periode Struktur

$$T_a = C_t \cdot h_n^x = 0,759 \text{ detik}$$

$$T_{maks} = C_u \cdot T_a = 1,0623 \text{ detik}$$

$$T_{cx} = 0,759 \text{ detik}$$

$$T_a = 0,759 \text{ detik}$$

Dimana :

$$H_n = 22 \text{ m}$$

$$C_t = 0,0466$$

$$X = 0,9$$

$$C_u = 1,4$$

Kontrol :

$$T_{cx} < T_{maks} \rightarrow 1,001 < 1,0623$$

$$T_{cx} < T_{maks} \rightarrow 0,841 < 1,0623$$

### Menghitung Berat Struktur

Tabel 1. Berat struktur gedung

Lantai	Beban mati tambahan (kN)	Beban hidup tereduksi (kN)	Berat sendiri struktur (kN)	Beban total (kN)	Luas pelat (m <sup>2</sup> )
1	3.226,84	719,80	3.586,02	7.532,66	429
2	3.226,84	719,80	3.446,57	7.393,21	429
3	3.226,84	719,80	3.466,09	7.412,73	429
4 (atap)	198,76	106,01	3.441,82	3.746,58	442
Beban Total	9.879,3	2.265,40	13.940,48	2.6085,2	

### Menghitung Koefisien Respon Seismik

$$C_s = \frac{SDS}{R} = \frac{0,730}{\frac{8}{1}} = 0,091g$$

$$C_{smin} = 0,044 \cdot SDS \cdot I_e \geq 0,01$$

$$= 0,044 \times 0,730 \times 1,00$$

$$= 0,0321 \geq 0,01$$

$$C_{smaks X} = \frac{SD1}{T_x \frac{R}{I_e}} = \frac{0,448}{1,001 \frac{8}{1}} = 0,056g$$

$$C_{smaks Y} = \frac{SD1}{T_y \frac{R}{I_e}} = \frac{0,448}{1,001 \frac{8}{1}} = 0,056g$$

### Menghitung Gaya Geser Dasar

$$\begin{aligned} V_x &= C_{sx} \times W \\ &= 0,056 \times 26.085,18 \\ &= 1.459,311 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_y &= C_{sy} \times W \\ &= 0,067 \times 26.085,18 \\ &= 1.736,944 \text{ kN} \end{aligned}$$

### Perhitungan Distribusi Beban Gempa

Perhitungan distribusi beban gempa disajikan pada tabel 2 dan tabel 3.

**Tabel 2.** Perhitungan gaya gempa tiap lantai

Lantai	Beban total(kN)	Tinggi struktur (m)	W x h(kN)	F <sub>x</sub> (kN)	F <sub>y</sub> (kN)
1	7.532,66	4.6	159391.12	67.12	79.89
2	7.393,21	9.2	625761.21	263.52	313.66
3	7.412,73	13.8	1411679.97	594.49	707.59
4 (atap)	3.746,58	18.4	1268442.87	534.17	635.80

$$\begin{aligned} \Sigma W &= 26.085,20 \text{ kN} \\ \Sigma W \times h &= 3.465.275,17 \text{ kN} \end{aligned}$$

**Tabel 3.** Perhitungan gaya gempa arah X dan Y

Lantai	Gaya gempa 100% arah yang ditinjau dan 30% arah tegak lurus			
	F <sub>x</sub> (kN)	30% F <sub>x</sub> (kN)	F <sub>y</sub> (kN)	30% F <sub>y</sub> (kN)
1	67,123	20,137	79,894	23,968
2	263,523	79,057	313,658	94,097
3	594,492	178,348	707,594	212,278
4 (atap)	534,172	160,252	635,798	190,739

### Menentukan Eksentrisitas Rencana

Ukuran Gedung :  
Panjang = 22,3 m  
Lebar = 32 m

**Tabel 4.** Perhitungan eksentrisitas (ed) tiap lantai

Lantai	Pusat massa (m)		Pusat rotasi (m)		Eksentrisitas (e)		Ed = 1,5e+0,05b		Koordinat pusat massa (m)	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
1	15,003	12,920	15,151	12,603	-0,149	0,318	0,892	1,591	14,260	11,011
2	15,001	12,920	15,116	12,728	-0,115	0,192	0,942	1,403	14,174	11,325
3	15,001	12,920	15,097	12,757	-0,096	0,163	0,971	1,359	14,127	11,398
4 (atap)	15,424	12,743	15,131	12,761	0,293	-0,018	1,554	1,087	13,578	11,674

Dimana :  
Koordinat Pusat Massa = Pusat Rotasi – Eksentrisitas Rencana (ed)

## Input Respons Spektrum Gempa Rencana

**Tabel 5.** Respons spektrum gempa rencana

T (detik)	SA (g)	T (detik)	SA (g)	T (detik)	SA (g)
0	0.292	1.614	0.262	2.814	0.154
0.123	0.73	1.714	0.247	2.914	0.149
0.614	0.73	1.814	0.234	3.014	0.144
0.614	0.628	1.914	0.223	3.114	0.14
0.714	0.551	2.014	0.212	3.214	0.135
0.814	0.491	2.114	0.203	3.314	0.131
0.914	0.442	2.214	0.194	3.414	0.128
1.014	0.403	2.314	0.186	3.514	0.124
1.114	0.369	2.414	0.178	3.614	0.121
1.214	0.341	2.514	0.172	3.714	0.118
1.314	0.317	2.614	0.165	3.814	0.115
1.414	0.296	2.714	0.159	4	0.112
1.514	0.278				

### Menentukan Tipe Analisis Ragam Respons Spektrum

- CQC (*complete quadratic combination*)
- SRSS (*square root of the sum of squares*)
- Redaman struktur beton (damping) = 0.05  
Perbandingan redaman struktur beton dengan redaman kritis = 0.05
- Input respons spectra  
Faktor keutamaan (I) = 1 (untuk hunian)  
Faktor reduksi gempa (R) = 8 (untuk daktilitas penuh)  
Faktor skala gempa arah X =  $(G \times I) / R = 9.81 \times 1 / 8 = 1,226$   
Faktor skala gempa arah Y =  $30\% \times$  gempa arah X = 0,368

### Gaya Geser Dasar Nominal, V ( *Base Shear* )

**Tabel 4.** Besar gaya geser dasar nominal masing-masing gempa

Tipe beban gempa		Fx	Fy	80% Statik X	80% Statik Y
Statik	EQx	-1.459,31	-437.79	-1.167,45	-350,24
	EQy	-521,08	-1.736,94	-416,87	-1.389,56
Dinamik	RSPx	1.999,88	614,39		
	RSPy	600,62	2.945,78		
<b>Arah X</b>		$\frac{1.167,45}{1.999,88} = 0,584$		$\frac{1.389,55}{2.945,78} = 0,472$	

### Simpangan Struktur

- Faktor pembesaran defleksi (Cd) = 5.5  
 Faktor keutamaan gempa (Ie) = 1  
 Faktor redundansi gedung (p) untuk KDS D = 1.3  
 Simpangan antar lantai yang diijinkan untuk gedung dengan kategori resiko II ( $\Delta_a$ ) =  $0.02 \times h$

Dimana :

h = Tinggi tingkat ke-i

**Tabel 5.** Simpangan struktur akibat gempa statik arah X dan Y

Lantai	Tinggi tingkat (h), (mm)	Statik X Arah		Statik Y Arah		Diizinkan (Da), (mm)	Keterangan
		X (mm)	Y (mm)	X (mm)	Y (mm)		
1	4600	0,000642	0,000255	0,000253	0,000839	92	Ok
2	4600	0.000914	0.000509	0.000303	0.001719	92	Ok
3	4600	0.000797	0.000268	0.000247	0.000846	92	Ok
4 (atap)	4600	0.000470	0.000141	0.000139	0.000468	92	Ok

**Tabel 6.** Simpangan struktur akibat gempa dinamik arah X dan Y

Lantai	Tinggi tingkat (h), (mm)	Statik X Arah		Statik Y Arah		Diizinkan (Da), (mm)	Keterangan
		X (mm)	Y (mm)	X (mm)	Y (mm)		
1	4600	0.000448	0.000379	0.000363	0.000449	92	Ok
2	4600	0.001527	0.000794	0.001235	0.000946	92	Ok
3	4600	0.001576	0.001274	0.001274	0.000409	92	Ok
4 (atap)	4600	0.001194	0.000207	0.000965	0.000231	92	Ok

## KESIMPULAN

Dimensi struktur gedung berdasarkan hasil analisa dan perhitungan diperoleh dengan hasil sebagai berikut :

1. Dimensi balok arah memanjang dan melintang 60 x 30 cm dengan tulangan tumpuan 2 $\phi$ 22, tulangan lapangan 2  $\phi$ 22, tulangan badan 2  $\phi$ 22 dan tulangan sengkang  $\phi$ 16-22.
2. Tebal pelat lantai 12 cm, tulangan arah X  $\phi$ 10-240 dan tulangan arah Y  $\phi$ 10-240.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional 2013, *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*, SNI 03-2847-2013.
- Badan Standarisasi Nasional 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*, SNI 03-1726-2012.
- Badan Standarisasi Nasional 2013, *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*, SNI 03-1727-2013.
- Badan Standarisasi Nasional 2017, *Baja Tulangan Beton*, SNI 03-2052-2017.
- Muhammad Miftakhur Riza, *Ebook Aplikasi Perencanaan Gedung dengan ETABS*.
- Mufti Amir Sultan, *Struktur Beton 1*. Lepkhair