

Analisa Beban Lateral Akibat Gempa Dengan Metode Statik Ekuivalen**Rafki Imani¹, Rita Nasmirayanti², Utami Dewi Arman³, Afrilda Sari⁴**Fakultas Teknik, Universitas Putra Indonesia "YPTK" Padang^{1,2,3,4}Email: rafimani17@yahoo.co.id¹, tathen94@gmail.com², udewi2679@gmail.com³,
afrildasari@yahoo.com⁴DOI: <http://dx.doi.org/10.31869/rtj.v4i1.2339>

Abstract: Perencanaan gedung bertingkat harus dibangun sesuai dengan standar ketahanan gempa, agar tidak menyebabkan jatuhnya korban jiwa terhadap manusia yang ada di dalamnya. Penelitian ini dilakukan untuk menentukan gaya geser beban lateral terhadap gedung RS H. Hanafie yang terdapat di Kabupaten Muaro Bungo Provinsi Jambi. Metode yang digunakan adalah metode analisis statik ekuivalen dengan hasil penelitian diperoleh gaya geser arah $X=3,85$ kN dan arah $Y=57,23$ kN pada periode 1 detik.

Keywords: Metode statik ekuivalen, gempa, RS H. Hanafie Muaro Bungo.

PENDAHULUAN

Gempabumi adalah bencana paling besar dampaknya terhadap wilayah Indonesia, dimana kondisi Indonesia yang berada pada batas pertemuan tiga lempeng tektonik besar dunia yaitu lempeng Eurasia, lempeng Pilipina dan lempeng Indo-Australia [1]. Keruntuhan bangunan akibat gempa yang dapat menyebabkan jatuhnya korban jiwa, adalah karena buruknya kualitas struktur. Struktur yang dibangun di wilayah yang dekat dengan sumber gempa akan memiliki kemungkinan besar menyebabkan kegagalan. Disamping itu, pengaruh ketinggian suatu struktur juga akan memiliki peluang besar terkena dampak risiko gempa dibandingkan dengan bangunan yang rendah.

Beban Lateral akibat Gempa

Struktur yang bertingkat tinggi harus didisain tahan terhadap beban lateral/horizontal yang langsung berpengaruh pada struktur bawah bangunan, seperti beban yang diakibatkan oleh getaran gempa. Getaran akibat gempa ini biasanya bergerak horizontal dan vertikal atau kombinasi keduanya (arah X, Y, Z), sehingga bangunan harus didisain dengan memperhatikan beban lateral tersebut [2].

Beban lateral yang berasal dari gempa akan menyebabkan bangunan bergeser. Pergeseran ini akan didistribusikan ke semua struktur tingkat di atasnya. Jika pengaruh pergeseran ini melebihi beban geser maksimum maka struktur akan mengalami keruntuhan. Untuk menghindari kegagalan struktur tersebut maka perlu dilakukan perencanaan dan evaluasi struktur, agar

dampak gempa dapat diminimalisir dan bangunan yang didirikan bisa tahan gempa.

Umumnya evaluasi struktur dilakukan dengan analisa beban statik ekuivalen, analisa beban dinamik ragam respon spectrum dan analisa beban dinamik ragam *time history*. Metode yang paling baik adalah analisa beban dinamik ragam *time history*, namun membutuhkan waktu yang lama [3]. Untuk keperluan praktis di lapangan maka metode analisis beban statik ekuivalen lebih dipilih, tetapi hanya ditujukan untuk bangunan regular horizontal dan vertikal saja, yaitu bangunan dengan ketinggian 40 m dan 10 lantai [4]. Acuan untuk perencanaan konstruksi ramah gempa di Indonesia ini diatur dalam Standar SNI-03-1726:2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Gedung dan Non Gedung [5].

Beban Gempa Statik Ekuivalen

Gaya statik ekuivalen merupakan gaya yang sama besar dengan beban gempa yang mempengaruhi struktur pada batas tertentu yang tidak menimbulkan tegangan yang berarti [6] (Latuheru&Prasojo). Berdasarkan SNI-03-1726:2012, analisa statik ekuivalen didasarkan pada perhitungan sebagai berikut:

(1) Beban geser V struktur bawah akibat gempa:

$$V = C_s \cdot W \quad (1)$$

dengan,

$$C_s = \frac{S_{Ds}}{T \left(\frac{R}{I_e} \right)}$$

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e} \right)} \quad (2)$$

$$C_s = 0,044 \cdot S_{Ds} \cdot I_e \geq 0,01$$

Dimana,

C_s = koefisien respon seismik

W = berat seismik efektif

S_{DS} = koefisien percepatan respon spektrum disain periode pendek

S_{D1} = koefisien percepatan respon disain spektrum periode 1 detik

R = faktor modifikasi respon

I_e = faktor keutamaan gempa, besarnya diatur berdasarkan kategori gempa dalam SNI-03-1726-2012

(2) Gaya lateral gempa F_x dihitung dengan:

$$F_x = C_{vx} \cdot V \quad (3)$$

dengan,

$$C_{vx} = \frac{W_x \cdot h_x^k}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot h_i^k} V \quad (4)$$

dimana,

V = gaya lateral disain total (F_x) atau gaya geser di dasar struktur (kN)

W_i (W_x) = berat seismik efektif total struktur yang dikenakan pada tingkat i atau x

h_i (h_x) = tinggi struktur (m) dari dasar sampai tingkat i atau x

k = eksponen yang terkait dengan perioda struktur, dimana nilainya adalah, $k=1$ untuk struktur yang mempunyai perioda $T \leq 0,5$ detik, $k=2$ untuk struktur yang mempunyai perioda $T \geq 2,5$ detik, dan untuk k harus sebesar 2 atau ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2 untuk struktur yang mempunyai perioda antara $0,5 \leq T \leq 2,5$ detik.

Periode Fundamental Struktur T

Periode fundamental struktur (T), tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan di atas pada periode yang dihitung (C_u).

Berdasarkan Tabel 1, sebagai alternatif untuk keperluan analisis dalam menentukan periode fundamental struktur (T), dapat menggunakan periode bangunan pendekatan, T_A . Periode Fundamental pendekatan (T_A), harus ditentukan dari persamaan berikut,

$$T_A = C_t \cdot h_n^x \quad (5)$$

dengan h_n^x adalah ketinggian struktur, dalam meter (m).

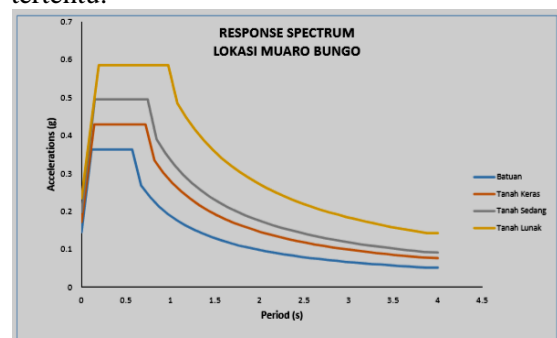
Tabel 1. Koefisien batas atas periode hitung (SNI-03-1726-2012).

Parameter percepatan respons spektral disain 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

Respon Spektrum

Respon spektrum adalah plot grafik spektrum antara periode getar struktur T terhadap respon-respon maksimum berdasarkan rasio redaman dan gempa tertentu. Respon-respon maksimum (*spectral displacement*, S_D) kecepatan maksimum (*spectral velocity*, SV) atau percepatan maksimum (*spectral acceleration*, SA) masa struktur *single degree of freedom* (SDOF) (Widodo, 2001).

Spektrum percepatan akan berhubungan dengan gaya geser maksimum yang bekerja pada dasar struktur. Terdapat dua macam respons spektrum yaitu respon spektrum elastik dan respon spektrum inelastik. Spektrum elastik adalah suatu spektrum respon spektrum yang didasarkan atas respon elastik suatu struktur, sedangkan spektrum inelastik adalah respon spectrum yang di-scale down dari spektrum elastik dengan nilai daktilitas tertentu.



Gambar 1. Respon spektrum berbagai jenis tanah di Muaro Bungo Jambi.

Respon Spektrum

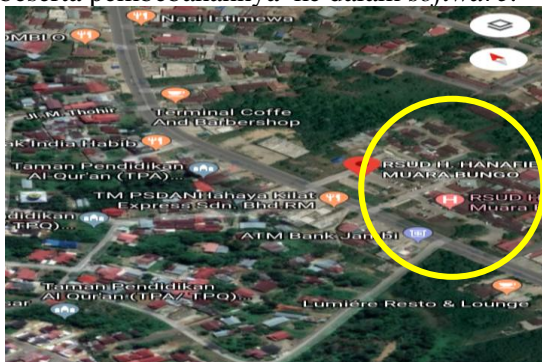
Kondisi tanah sangat mempengaruhi perencanaan bangunan tahan gempa. Terdapat empat tipe jenis tanah yaitu tanah batuan, tanah keras, tanah sedang, dan tanah lunak. Jenis tanah ini diklasifikasikan berdasarkan SNI-03-1726-2012, seperti Tabel 2.

Tabel 2. Klasifikasi jenis tanah.

Kelas situs	V_s (m/detik)	N atau N_{60}	f_v (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedana)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100

METODE PENELITIAN

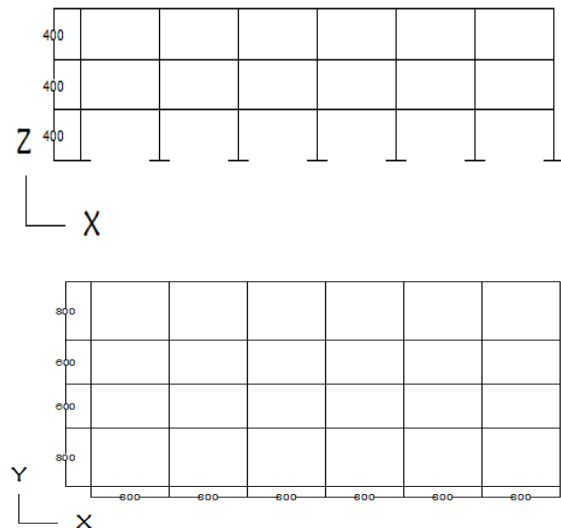
Penelitian ini dilakukan terhadap gedung RS. H. Hanafie di Kabupaten Muara Bungo, Provinsi Jambi pada bulan Agustus sampai dengan akhir Oktober 2009. Metode penelitian ini adalah metode analisis dan dibantu dengan *software* ETABS. Analisis dilakukan dengan cara permodelan gedung mulai dari kolom, balok, plat lantai dan struktur gedung lainnya, beserta pembebanannya ke dalam *software*.



Gambar 2. Lokasi gedung RS H. Hanafie di Muara Bungo Provinsi Jambi.

Permodelan

Permodelan struktur yang akan ditinjau adalah struktur beton bertulang 3 tingkat. Struktur bangunan difungsikan sebagai gedung rawat inap rumah sakit, dan beban hidupnya diatur berdasarkan SNI 1727-2013, yaitu sebesar 250 kg/m^2 . Gambar pemodelan dapat dilihat pada Gambar 3 di bawah.



Gambar 3. Permodelan struktur 3 tingkat.

Data Struktur

Data struktur yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Material
 - Kuat tekan beton ($f'c$) = 25 Mpa
 - Berat jenis beton (W) = 2400 kg/m^3
 - Modulus elastisitas, E_c = 20.000 Mpa
 - Tegangan leleh (f_y) = 300 Mpa
- Elemen struktur
 - Pelat = 15 cm
 - Kolom tingkat 1-2 = 55/55 cm
 - Balok = 35/65 cm
 - Sistem struktur adalah SPRMK

HASIL DAN PEMBAHASAN

Lokasi bangunan termasuk kelas situs SD (kondisi tanah sedang) dengan kategori risiko IV (Gambar 1) dan faktor keutamaan gempa (I_e) = 1,50.

Pembebanan

Data Beban mati merupakan beban dari semua elemen gedung yang bersifat permanen termasuk peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung. Beban mati yang bekerja yaitu; beton bertulang (2400 kg/m^3), pasir (1600 kg/m^3), adukan semen dan spasi (21 kg/m^3), keramik (24 kg/m^3). Beban hidup merupakan beban yang bekerja pada lantai bangunan, yang berdasarkan fungsi ruang yang digunakan. Pembagian beban hidup sebagai berikut:

- atap = 100 kg/m^2 ,
- tangga = 300 kg/m^2 , dan
- lantai rumah sakit = 250 kg/m^2 .

Perhitungan Berat Struktur Tiap Lantai

Berat lantai-3		
Pelat	48 x 76 x 0,12 x 2400	= 1050624 kg
Balok	0,35x0,65x(3,5.48+(6,5 x28))x2400	= 191100 kg
Kolom	0,55 x 0,55 x (84x4/2) x 2400	= 121968 kg
Dinding	(3,5.48+(6,5x28))x 4/2 x 250	= 175000 kg
Plafon	48 x 28x 11	= 14784 kg
M/E	48x28 x 25	= 33600 kg
	Beban Total Lantai 3	= 0 kg
		1587076 kg

Berat lantai-2

Berat lantai-1

Berat total lantai 1 sampai dengan lantai 3 adalah 5179216 kg (5179,26 kN). Berdasarkan peta dalam SNI-03-1726-2012, bangunan mempunyai nilai $S_1=10,31g$ dan $S_2=20,544 g$, dan nilai $F_A=1,365$ dan $F_V=1,78$.

Nilai Respon Spektrum

Besar nilai respon spektrum percepatan perioda pendek (S_{MS}) dan perioda 1 detik (S_{M1}).

$$S_{MS} = F_a \cdot S_s = 1,365 \times 0,544 g = 0,743 g$$

$$S_{M1} = F_v \cdot S_1 = 1,78 \times 0,31 g = 0,552 g$$

sehingga:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} = \frac{2}{3} \times 0,743 g = 0,495 g$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} = \frac{2}{3} \times 0,552 g = 0,368 g$$

Nilai T_0 dan T_1 dihitung dengan persamaan:

$$T_0 = 0,2 \left(\frac{S_{D1}}{S_{DS}} \right)$$

$$T_1 = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

Untuk ($0 \leq T < T_0$):

$$S_A = S_{DS} (0,4 + 0,6T_0)$$

Untuk ($T_0 - T_s$); $S_A = S_{DS}$

Untuk ($T > T_s$); $S_A = S_{D1} \cdot T$

Periode Getar

Berdasarkan SNI-03-1726-2012, periode fundamental struktur dalam arah yang ditinjau harus diperoleh menggunakan properti struktur dan karakteristik deformasi elemen penahan dalam analisis yang teruji, $T_A = C_t \cdot h_n^x$, dengan h_n adalah ketinggian struktur (m), di atas dasar sampai tingkat 3 struktur (12 m), koefisien $C_t=0,0466$ dan $x=0,9$ yang ditentukan dari Tabel 15 SNI-03-1726-2012. Dari program analisis struktur diperoleh periode fundamental $T_c=0,5810$ detik, sehingga

Pelat	48 x 76 x 0,12 x 2400	= 1050624 kg
Balok	0,35x0,65x(3,5.48+(6,5x28)) x2400	= 191100 kg
Kolom	0,55 x 0,55 x (84x4/2) x 2400	= 121968 kg
Dinding	(3,5.48+(6,5x28))x 4/2 x 250	= 175000 kg
Plafon	48 x 28 x 11	= 14784 kg
Spesi	48 x 28 x 21	= 28224kg
Kerami	48 x 28 x 24	= 32256 Kg
k		
M/E	48 x 28 x 25	= 33600 kg
	Beban Total	= 1647556 kg
Pelat	48 x 76 x 0,12 x 2400	= 1050624 kg
Balok	0,35x0,65x(3,5.48+(6,5x28)) x2400	= 191100 kg
Kolom	0,55 x 0,55 x (84x4) x 2400	= 243936 kg
Dinding	(3,5.48+(6,5x28))x 4 x 250	= 350000 kg
Platfond	48 x 28 x 11	= 14784 kg
Spesi	48 x 28 x 21	= 28224kg
Keramik	48 x 28 x 24	= 32256 Kg
M/E	48 x 28 x 25	= 33600 kg
	Beban Total Lantai	= 1944584 kg

$$T_A = C_t \cdot h_n^x = 0,0466 \times 120,9 = 0,430 \text{ detik}$$

$$S_{D1} = 0,368 g$$

$$C_u = 1,4 \text{ (Tabel 14 SNI - 03 - 1726 - 2012)}$$

$$T_{maks} = C_u \cdot T_A = 1,4 \times 0,430 = 0,602 \text{ detik}$$

Jika $T_c > C_u \cdot T_A$, maka gunakan $T = C_u \cdot T_A$, jika $T_A < T_c < C_u \cdot T_A$, maka gunakan $T = T_c$ dan jika $T_c < T_A$, gunakan $T = T_A$, dengan T_c adalah perioda fundamental struktur yang diperoleh dari program analisis struktur.

Berdasarkan ketentuan di atas, maka digunakan $T_A < T_c < C_u \cdot T_A$ dimana $0,430 < 0,5810 < 0,602$, sehingga periode

Lantai ke- <i>i</i>	h_i (m)	h_i^k	W_i (kN)	$W_i \cdot h_i^k$ (kN m)	$F_{i,x-y}$ (kN)	Untuk tiap portal	
						1/4 F_{ix}	1/6 F_{iy}
3	12	13,25	1587,0	21027,7	343,43	85,85	57,23
2	8	8,69	1647,5	14316,7	233,82	58,45	38,97
1	4	4,22	1944,5	8205,79	134,02	33,05	22,33
	Σ		5179,2	43550,19			

fundamental dasar struktur adalah, $T=T_c=0,5810$ detik.

Gaya Geser Dasar Seismik

Koefisien respon seismik, C_s ditentukan dengan,

$$C_s = \frac{S_{DS}}{R} \cdot I_e$$

dimana

S_{DS} = parameter percepatan spektrum respons desain perioda pendek (0,495 g).

R = faktor modifikasi respons ($R_x = R_y = 8,0$)

I_e = faktor keutamaan gempa ($I_e=1,50$)

$$C_s = (0,044 \cdot S_{DS} \cdot I_e \geq 0,01) < \left(C_s = \frac{S_{DS}}{R} \right) < \left(C_s = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e} \right)} \right)$$

$$C_{s_{max}} = 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I_e \geq 0,01 = 0,044(0,495)(1,50) = 0,0326$$

$$C_{s_{min}} = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e} \right)} = \frac{0,368}{0,5810 \left(\frac{8}{1,50} \right)} = 0,118$$

$$C_s = \frac{S_{DS}}{R} \cdot \frac{0,495}{1,50} = 0,0412$$

sehingga,

$$C_{s_{min}} < C_s < C_{s_{max}}$$

$$0,0326 < 0,0412 < 0,118$$

jadi besar gaya geser di dasar struktur adalah:

$$V = C_s \cdot W$$

$$V = 0,0412 (5179,216)$$

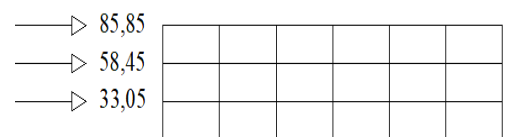
$$V = 213,383 \text{ ton} = 2133,836 \text{ kN}$$

Gaya gempa lateral (F_x) yang timbul di semua tingkat harus ditentukan berdasarkan:

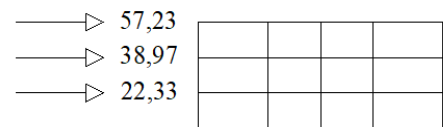
- untuk struktur dengan periode $T \leq 0,5$ detik, $k=1$
- untuk struktur dengan periode $T \geq 2,5$ detik, maka $k=2$
- untuk struktur dengan periode $0,5 \leq T \leq 2,5$ detik, k harus sebesar 2 atau ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2.
Jika $T=0,581$ detik, maka nilai k diperoleh sebesar $k=1,04$ yang dimanipulasi dengan cara interpolasi. Perhitungan beban gempa ditampilkan dalam Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Perhitungan beban gempa.

Beban gempa arah X



Beban gempa arah Y



PENUTUP

Dimensi kolom utama 550 mm x 550 mm, balok utama 350 mm x 650 mm dan dengan periode fundamental 1 detik adalah 0,581 detik. Struktur menghasilkan gaya geser pada arah X pada lantai sebesar 3,85 kN dan pada arah Y sebesar 57,23 kN ketika terjadi periode getar gempa selama 1 detik.

DAFTAR PUSTAKA

- Soelarso, Baehaki, F.D. Subhan, "Analisis Struktur Beton Bertulang SRPMK Terhadap Beban Gempa Statik dan Dinamik dengan Peraturan SNI 1726 2012," *Jurnal Fondasi*, Vol 4 No 2, pp 1-7, 2015.
- R. Fauziah, "Studi Perbandingan Beban Gempa Statik Ekuivalen dan Dinamik Time history pada Gedung Bertingkat di Yogyakarta," *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik*, vol 18 No 2, pp. 190-199, 2015.
- Widodo, "Respon Dinamik Struktur Elastik.," *UII Press*. Yogyakarta, 2001.
- N. Safira, S. Sebayang, and M. Helmi, "Analisis Pengaruh Beban Gempa pada Gedung Tiga Lantai Menggunakan

Metode Statik Ekuivalen,” *JRSDD*, Vol. 6, No. 3, pp 273 – 282, 2018.

Standar SNI 03 1726:2012, “Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung,” *Badan Standardisasi Nasional BSN*, Jakarta, 2012.

R.R. Latuheru, and R. Prasajo, “Analisa Statik Dan Dinamik Gedung 8 Lantai,” *Jurnal Tugas Akhir Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Universitas 17 Agustus 1945*, Jakarta.