

# **LAPORAN PENELITIAN**

## ***“Pembesaran Gaya Dalam dan Rasio Kekuatan Elemen Struktur Baja untuk berbagai Zona Gempa di Indonesia”***

Kamaludin, MT.



**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
BANDUNG - 2019**

# Pembesaran Gaya Dalam dan Rasio Kekuatan Elemen Struktur Baja untuk berbagai Zona Gempa di Indonesia

KAMILA SHAOMI NAZILA, KAMALUDIN

Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Bandung  
Email: Kamila.nazila@yahoo.co.id

## ABSTRAK

*Struktur bangunan dapat dikatakan kuat jika dapat memikul semua beban salah satunya, beban gempa. Waktu mendesain struktur akibat beban gempa lebih lama daripada akibat beban tanpa gempa. Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi pembesaran gaya dalam dan prediksi rasio kekuatan pada struktur akibat adanya beban tanpa gempa. Penelitian ini dilakukan terhadap gedung 10 lantai dengan material baja. Tujuh model variasi beban pada gedung sebagai berikut: beban tanpa gempa, beban tanpa gempa dan percepatan 0,2g; 0,4g; 0,6g; 0,8g; 1,0g; juga 1,2g. Analisis gaya dalam dan pengecekan kekuatan struktur bangunan menggunakan software ETABS 2015. Hasil yang diperoleh pada balok yaitu, gaya lentur ( $M_3$ ) dengan pembesaran momen maksimum kurang lebih 0,9 kali terhadap momen akibat beban tanpa gempa. Pembesaran momen relatif antar variasi beban kurang lebih 1,2. Hal ini mengakibatkan rasio untuk desain awal kurang lebih 30% untuk daerah gempa kuat.*

**Kata kunci:** struktur baja, beban gempa, pembesaran momen, pembesaran rasio.

## ABSTRACT

*The structure of the building can be said to be strong if it can carry all the loads, such as the earthquake loads. Time to design structures due to earthquake loads is longer than without earthquakes loads. This study aims to predict the magnification of internal forces and the ratio of strength to structures due to without earthquake loads. This research was conducted on 10-story steel building. Seven models of load variations in the building are as follows: load without earthquake, load without earthquake and acceleration of 0.2g, 0.4g, 0.6g, 0.8g, 1.0g, and 1.2g. The internal force analysis and checking of building structure strength are using ETABS 2015. The results obtained that flexural force ( $M_3$ ) with a maximum moment magnification of approximately 0.9 times the moment due to without earthquake loads on the beam. Enlargement of relative moments between load variations is approximately 1.2. Therefore, ratio of the initial design is approximately 30% for strong earthquake areas.*

**Keywords:** steel structure, earthquake load, moment magnification, ratio enlargement.

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang rawan dengan gempa bumi. Hal ini dikarenakan Indonesia berada di posisi geografis yang diapit oleh dua samudera yaitu, samudera hindia dan samudera pasifik. Indonesia juga berada di posisi geologis pada pertemuan tiga lempeng utama yaitu, lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia, dan lempeng Pasifik.

Suatu bangunan diharuskan mampu memikul berbagai beban gempa baik beban secara vertikal maupun horizontal. Menurut Kurnia, M. A. (2015) struktur bangunan dapat dikatakan kuat dan mengurangi korban jiwa meskipun terjadi kerusakan juga kerugian materialnya jika:

1. Terkena gempa bumi dengan frekuensi ringan, bangunan tersebut tidak mengalami kerusakan.
2. Terkena gempa bumi dengan frekuensi sedang, bangunan tersebut hanya rusak ringan dan dapat diperbaiki.
3. Terkena gempa bumi dengan kekuatan besar, bangunan tersebut rusak berat namun tidak runtuh

Dalam tahap *running software* ETABS 2015 ini, didapatkan nilai *output* dari gaya dalam dan kekuatan rasio yang ada untuk berbagai zona gempa di Indonesia. Penelitian ini dilakukan dengan maksud memudahkan para perencana untuk mendesain struktur bangunan dengan memperhitungkan beban gempa sesuai dengan zona gempanya masing-masing dari nilainya besaran percepatan respon spektrum untuk 1 periode ( $S_1$ ).

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Konsep Dasar LRFD

Balok adalah bagian struktur yang mendukung beban transversal. Beban yang bekerja pada balok akan menghasilkan gaya geser dan momen lentur. Jika adanya beban aksial pada kolom, maka bagian ini disebut sebagai balok-kolom. Meskipun beberapa tingkat adanya beban aksial di setiap bagian struktur, kenyataannya saat perencanaan dapat diabaikan dan bagian ini dapat diperlakukan sama halnya dengan balok (Segui, W. T., 2013).

### 2.2 Pembebanan

Beban yang digunakan dalam penelitian ini, terdiri dari:

1. Beban Mati  
Beban mati yang digunakan pada penelitian ini seperti beban plafon, beban ME (*Mechanical Electrical*), lantai, komponen arsitektural dan struktural lainnya.
2. Beban Hidup  
Beban hidup yang digunakan menggunakan nilai yang terdapat pada SNI 1727 tahun 2013 sesuai dengan fungsinya sebagai kantor.
3. Beban Gempa  
Beban gempa pada penelitian ini dikelompokkan menjadi beberapa kelompok zona dilihat dari nilai percepatan respon spektrum pada 1 periode ( $S_1$ ).

### 2.3 Preliminary Design

Untuk mengitung *preliminary design*, digunakan persamaan-persamaan sebagai berikut:

1. Pelat Beton
  - a. Untuk  $0,2 < \alpha_{fm} < 2$ ,  $h$  tidak boleh kurang dari **Persamaan 1**

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0,2)} \quad \dots(1)$$

Hasil dari **Persamaan 1** tidak boleh < 125 mm

- b. Untuk  $\alpha_{fm} \geq 2$ , ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari **Persamaan 2**

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0,2)} \quad \dots(2)$$

Hasil dari **Persamaan 2** tidak boleh < 90 mm

halmana:

$h$  = tebal pelat [m],

$f_y$  = tegangan leleh baja [MPa],

$\beta$  = rasio dimensi panjang terhadap pendek,

$\alpha_{fm}$  = nilai rata-rata  $\alpha$  untuk semua balok pada tepi panel.

## 2. Balok baja

Ketentuan untuk menghitung dimensi balok berdasarkan SNI 1729:2015 antara lain:

### a. Syarat Lentur

Untuk syarat lentur pada struktur baja ialah  $Z_{x_{syarat\ lentur}} < Z_{x_{profil}}$  dimana  $Z_{x_{syarat\ lentur}}$  dihitung dari **Persamaan 3**

$$Z_x = \frac{M_n}{f_y} \quad \dots(3)$$

halmana:

$Z_x$  = modulus plastis penampang [mm<sup>3</sup>],

$M_n$  = kekuatan lentur nominal pada penampang [Nmm].

### b. Syarat tekuk

Untuk menghindari tekuk pada struktur baja, maka  $L_b < L_p$  (tertekuk), dimana  $L_p$  dihitung dari **Persamaan 4**

$$L_p = 1,76 * r_y * \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad \dots(4)$$

halmana :

$L_b$  = panjang bentang [m],

$L_p$  = panjang bentang maksimum untuk balok yang mampu menerima momen plastis [m],

$r_y$  = jari-jari girasi penampang [mm],

$E$  = modulus elastisitas baja = 200.000 MPa.

### c. Pengecekan penampang

Menurut Segui, W. T.(2013) untuk mengetahui penampang termasuk kedalam penampang kompak, non kompak/langsing batasannya sebagai berikut:

1. Jika penampang kompak,  $\lambda \leq \lambda_p$  atau  $L_b \leq L_p$ .

2. Jika penampang non kompak,  $\lambda_p < \lambda \leq \lambda_r$  atau  $L_p < L_b \leq L_r$ .

3. Jika penampang langsing,  $\lambda > \lambda_r$  atau  $L_b > L_r$ .

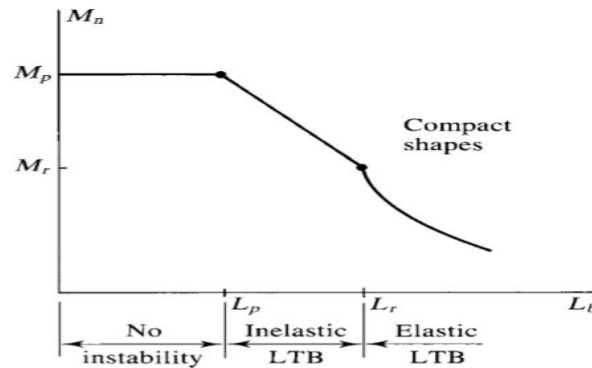
halmana:

$\lambda$  = rasio lebar ke tebal,

$\lambda_p$  = batas atas untuk kategori kompak,

$\lambda_r$  = batas atas untuk kategori non kompak.

Mengetahui batasan penampang-penampang tersebut, dapat dilihat juga pada **Gambar 1**.



**Gambar 1. Batasan penampang kompak, non kompak dan langsing**  
(Sumber: Segui, W. T., 2013)

Menurut Segui, W. T. (2013) batasan dan rasio tersebut didapatkan dari pengecekan pada *web* dan *flange* pada persamaan-persamaan di bawah ini:

- i. Untuk *Web* (badan profil baja IWF) menggunakan **Persamaan 5** dan **Persamaan 6**

$$\lambda = \frac{H-2t_f}{t_w} \quad \dots(5)$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad \dots(6)$$

- ii. Untuk *Flange* (sayap profil baja IWF) menggunakan **Persamaan 7** dan **Persamaan 8**

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} \quad \dots(7)$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad \dots(8)$$

- iii. Untuk momen lentur pada penampang

1. Jika penampang kompak dihitung menggunakan **Persamaan 9**

$$M_n = M_p = f_y * Z_x \quad \dots(9)$$

2. Jika penampang non kompak dihitung menggunakan **Persamaan 10**

$$M_n = M_p - (M_p - 0,7f_y Z_x) * \left( \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right) \quad \dots(10)$$

halmana:

$\lambda_r$  didapat dari **Persamaan 11**

$$\lambda_r = 1 * \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad \dots(11)$$

### 3. Kolom baja

Ketentuan untuk menghitung dimensi kolom berdasarkan SNI 1729:2015 antara lain:

#### a. Pengecekan Kelangsingan kolom

- i. Jika  $\frac{KL}{r} > 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$ , maka elastis, maka menggunakan **Persamaan 12**

$$F_{cr} = \left( 0,658 \frac{f_y}{f_e} \right) f_y \quad \dots(12)$$

- ii. Jika  $\frac{KL}{r} < 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$ , maka inelastik, maka menggunakan **Persamaan 13**

$$F_{cr} = 0,877 f_e \quad \dots(13)$$

halmana:

$f_e$  = tegangan tekuk elastis, dihitung menggunakan **Persamaan 14**

$$f_e = \frac{\pi^2}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} \quad \dots(14)$$

#### b. Menghitung *Biaxial bending* (Segui, W. T., 2013)

- i. Untuk  $\frac{P_r}{P_c} \geq 0,2$ , menggunakan **Persamaan 15**

$$\frac{P_u}{P_d} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{uy}}{M_{dy}} + \frac{M_{uz}}{M_{dz}} \right) \leq 1,0 \quad \dots(15)$$

- ii. Untuk  $\frac{P_r}{P_c} < 0,2$ , menggunakan **Persamaan 16**

$$\frac{P_u}{2P_d} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{uy}}{M_{dy}} + \frac{M_{uz}}{M_{dz}} \right) \leq 1,0 \quad \dots(16)$$

halmana:

$P_u$  = kekuatan material yang diperlukan (didapat dari hasil *output* ETABS 2015) [N],

$P_d$  = kekuatan desain material yang ada [N],

$M_u$  = momen ultimit (didapat dari hasil *output* ETABS 2015) [Nmm],

$M_d$  = momen desain [Nmm].

## 2.4 Studi Terdahulu

Pada tahap studi terdahulu dilakukan pengkajian dan perbandingan teori dasar yang berkaitan dengan pembesaran gaya dalam dan rasio kekuatan elemen struktur baja untuk berbagai zona gempa di Indonesia. Studi terdahulu dapat dilihat pada **Tabel 1**

**Tabel 1. Studi Terdahulu**

No.	Penelitian	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1	Kurnia, M. A (2015)	Perancangan Bangunan Tahan Gempa	Penyebab kerusakan dan kehancuran struktur bangunan adalah terjadinya gempa bumi dengan kekuatan tertentu yang tidak diperhitungkan sebelumnya oleh perencana

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini akan dilakukan analisis pembesaran gaya dalam dan kekuatan rasio pada struktur baja untuk berbagai zona gempa di Indonesia. Sebelum penelitian dilakukan, terlebih dahulu survey proyek yang dijadikan sebagai sumber penelitian setelah didapatkan, menghitung *preliminary design* awal tanpa gempa untuk profil baja yang akan digunakan pada elemen balok dan kolom. Selanjutnya dilakukan pengecekan kekuatan profil baja yang digunakan dengan memasukkan data ke *software* ETABS 2015 tanpa gempa. Setelah pengecekan dinilai kuat dengan nilai rasio yang tidak lebih dari 0,95, maka dimasukkan beban gempa yang dikelompokkan berdasarkan besarnya percepatan respon spektrum dengan 1 periode( $S_1$ ). Dari *software* ETABS 2015 akan menghasilkan data *output* berupa gaya dalam dan rasio yang nantinya dianalisis berdasarkan pembesaran gaya dalam yang terjadi dan kekuatan rasio untuk berbagai zona gempa di Indonesia.

### 4. HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Preliminary Design

Dilakukan *preliminary design* awal tanpa gempa untuk acuan pemodelan pada *software* ETABS 2015. Struktur yang digunakan ialah struktur baja baik pada elemen balok maupun pada elemen kolom. Hasil dari *preliminary design* ini dapat dilihat pada **Tabel 2**.

**Tabel 2. Preliminary Design Awal tanpa Gempa**

Bentang [m]	Balok (IWF) [mm]	Lantai	Kolom ( <i>Double Hollow</i> ) [mm]
2	250/250	1 – 6	1000/185
4	350/350	7 – 8	900/170
6	400/200	9 – 10	800/155
7,2	600/200		
8	700/300		

#### 4.2 Pembebanan

Beban-beban yang diperhitungkan pada perencanaan gedung ini, yaitu:

1. Beban Mati  
Beban mati yang bekerja pada struktur ini berupa berat sendiri pelat, berat sendiri balok dan berat sendiri kolom dengan berat jenis baja yang digunakan sebesar  $7.850 \text{ kg/m}^3$  dan berat jenis beton yang digunakan sebesar  $2.400 \text{ kg/m}^3$ .
2. Beban Mati Tambahan  
Berdasarkan Peraturan Pembebanan Untuk Gedung (PPURG) 1987, beban mati tambahan yang bekerja pada struktur bangunan berupa berat plafon, berat penggantung langit-langit, berat spesi, berat ME (*Mechanical Electrical*), berat penutup lantai dan berat dinding.
3. Beban hidup  
Beban hidup yang digunakan sesuai SNI 1727 tahun 2013 dengan fungsi bangunan sebagai kantor seperti pada **Tabel 3**

**Tabel 4. Beban Hidup yang Dikategorikan sebagai Fungsi Kantor**

Hunian atau pengguna	Merata psf $\left[\frac{\text{kN}}{\text{m}^2}\right]$	Terpusat lb [kN]
Susunan tangga, rel pengaman batang pegangan	Lihat pasal 4.5	
Helipad	60 (2,87) <sup>de</sup> tidak boleh direduksi	e, i, g
Rumah sakit		
Ruang operasi, laboratorium	60 (2,87)	1000 (4,45)
Ruang pasien	40 (1,92)	1000 (4,45)
Koridor diatas lantai pertama	80 (3,83)	1000 (4,45)
Hotel (lihat rumah tinggal)		
Perpustakaan		
Ruang baca	60 (2,87)	1000 (4,45)
Ruang penyimpanan	150 (7,18) <sup>a,h</sup>	1000 (4,45)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	1000 (4,45)
Pabrik		
Ringan	125 (6,00) <sup>a</sup>	2000 (8,90)
Berat	250 (11,97) <sup>a</sup>	3000 (13,40)
Gedung perkantoran		
Ruang arsip dan komputer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian		
Lobi dan koridor lantai pertama	100 (4,79)	2000 (8,90)
Kantor	50 (2,40)	2000 (8,90)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	2000 (8,90)

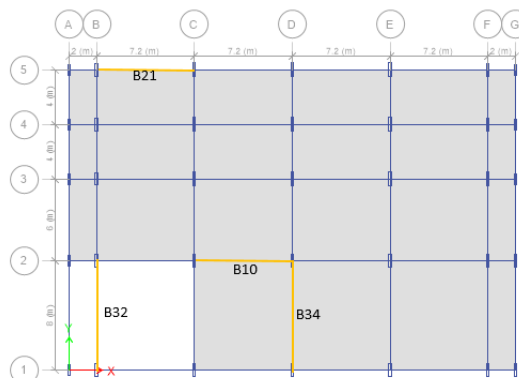
(Sumber: SNI 1727, 2013)

#### 4. Beban Gempa

Respon spektrum dan kurvanya diperoleh dari <http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain Spektra Indonesia 2011/> sesuai dengan daerah yang akan diteliti. Pada penelitian ini dikelompokkan berdasarkan besaran percepatan respon spektrum pada periode 1 detik ( $S_1$ ) dengan jenis tanah sedang.

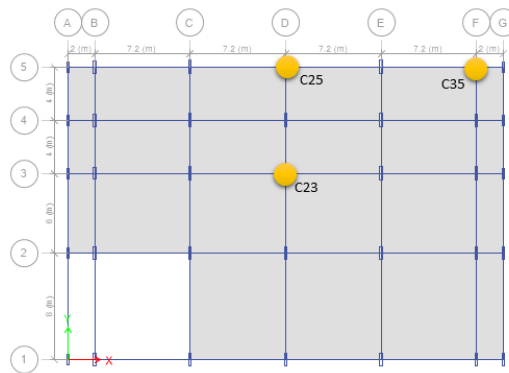
#### 4.3 Analisis Balok dan Kolom

Balok dan kolom yang ditinjau pada penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 2** dan **Gambar 3**. Hasil analisis balok dan kolom ini menggunakan *software* ETABS 2015 yang dapat dilihat pada **Tabel 5** dan berupa grafik yang ditunjukkan pada **Gambar 4** dan **Gambar 5**. Balok dan kolom ini ditinjau menggunakan perbandingan relatif dan perbandingan absolut untuk mengetahui besarnya pembesaran gaya dalam untuk berbagai zona gempa di Indonesia yang ditunjukkan pada **Tabel 6** dan **Tabel 7** yang selanjutnya gaya dalam yang didapatkan dari *output* ETABS 2015 dibandingkan menghasilkan rasio lentur dan rasio geser pada **Tabel 8** dan **Tabel 9**.



**Gambar 2. Balok yang dianalisis**

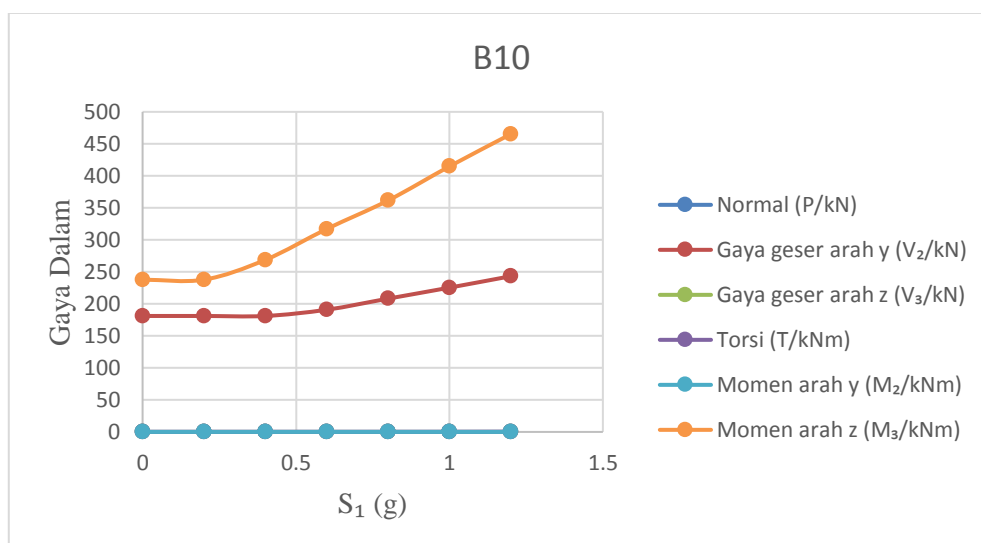




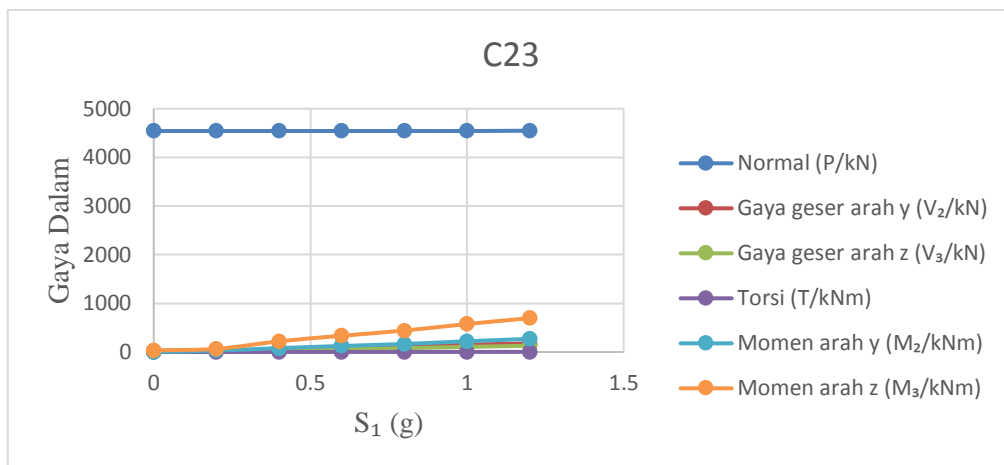
Gambar 3. Kolom yang dianalisis

Tabel 5. Hasil *Output* Gaya Dalam pada Balok 10 (B10) dan Kolom 23 (C23)

Label dalam ETABS 2015	Gaya dalam	$S_1$						
		0g	0,2g	0,4g	0,6g	0,8g	1g	1,2g
B32	P	0	0	0	0	0	0	0
	V <sub>2</sub>	12,0810	17,9573	44,8703	64,7989	83,1802	105,9860	127,0391
	V <sub>3</sub>	0	0	0	0	0	0	0
	T	0,0106	0,0106	0,0106	0,0108	0,0121	0,0138	0,0156
	M <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0	0
	M <sub>3</sub>	15,3074	40,3070	109,1757	203,1957	266,7777	347,6593	421,4676
C23	P	1561,8084	1561,8084	1682,5936	1875,0989	2060,5037	2228,6038	2402,6247
	V <sub>2</sub>	8,1706	17,2531	53,883	81,465	106,966	138,279	167,8994
	V <sub>3</sub>	7,7788	19,2867	41,9001	62,0965	80,3749	104,8161	126,8021
	T	0,0205	0,1911	0,777	1,2129	1,611	2,133	2,6996
	M <sub>2</sub>	14,9946	35,9122	84,6191	128,1579	167,4978	220,5933	268,1806
	M <sub>3</sub>	15,7114	62,6108	243,1723	378,6205	502,8819	662,7062	809,5326



Gambar 4. Grafik gaya dalam pada Balok 10 (B10)



Gambar 5. Grafik gaya dalam pada Kolom 23 (C23)

Tabel 6. Hasil Perhitungan *Output* Gaya Dalam pada Balok 10 (B10) dan Kolom 23 (C23) Menggunakan Perbandingan Absolut

Label dalam ETABS 2015	$S_1$	P	$V_2$	$V_3$	T	$M_2$	$M_3$
B32	0g - 0,2g	0	1,486	0	1,000	0	2,633
	0g - 0,4g	0	4,201	0	1,000	0	8,765
	0g - 0,6g	0	5,850	0	1,019	0	14,908
	0g - 0,8g	0	7,372	0	1,142	0	19,061
	0g - 1g	0	9,259	0	1,302	0	24,345
	0g - 1,2g	0	11,002	0	1,472	0	29,167
C23	0g - 0,2g	1,000	2,112	2,479	9,322	2,395	3,985
	0g - 0,4g	1,077	7,706	6,866	46,224	7,038	18,462
	0g - 0,6g	1,201	11,082	9,462	67,488	9,942	27,084
	0g - 0,8g	1,319	14,203	11,812	86,907	12,566	34,993
	0g - 1g	1,427	18,036	14,954	112,371	16,107	45,165
	0g - 1,2g	1,538	21,661	17,780	140,010	19,280	54,510

Tabel 7. Hasil Perhitungan *Output* Gaya Dalam pada Balok 10 (B10) dan Kolom 23 (C23) menggunakan Perbandingan Relatif

Label dalam ETABS 2015	$S_1$	P	$V_2$	$V_3$	T	$M_2$	$M_3$
C23	0g - 0,2g	1,000	2,112	2,479	9,322	2,395	3,985
	0,2g - 0,4g	1,077	4,235	3,652	12,388	3,751	6,869
	0,4g - 0,6g	1,114	2,623	2,961	9,883	2,910	4,542
	0,6g - 0,8g	1,099	2,425	2,774	9,650	2,702	4,313
	0,8g - 1g	1,082	2,404	2,783	9,646	2,712	4,303
	1g - 1,2g	1,078	2,326	2,689	9,588	2,611	4,207
Rata-rata		1,075	2,687	2,890	10,079	2,847	4,703
B32	0g - 0,2g	0	1,486	0	1,000	0	2,633
	0,2g - 0,4g	0	2,985	0	1,000	0	4,342
	0,4g - 0,6g	0	1,931	0	1,019	0	3,494
	0,6g - 0,8g	0	1,770	0	1,120	0	2,946

**Tabel 7. Hasil Perhitungan *Output* Gaya Dalam pada Balok 10 (B10) dan Kolom 23 (C23) menggunakan Metode Relatif lanjutan**

Label dalam ETABS 2015	$S_1$	P	$V_2$	$V_3$	T	$M_2$	$M_3$
	0,8g - 1g	0	1,761	0	1,140	0	2,936
	1g - 1,2g	0	1,685	0	1,130	0	2,845
	Rata-rata	0	1,051	1,936	1,154	0	1,120

**Tabel 8. Hasil Rasio Lentur dan Geser Minimum pada Balok**

$S_1$ (g)	$r_{lentu}$	$r_{geser}$	Dimensi Profil Baja yang Digunakan [mm]
0,2	0,78	0,45	450/200/9/14
0,4	0,69	0,41	450/200/10/17
0,6	0,57	0,37	500/200/10/18
0,8	0,59	0,37	500/200/10/16
1,0	0,4	0,28	600/200/11/17
1,2	0,39	0,28	600/200/11/19

**Tabel 9. Hasil Rasio Lentur dan Geser Minimum pada Kolom**

$S_1$ (g)	$r_{lentu}$	$r_{geser}$		Dimensi Profil Baja yang Digunakan (mm)
		Arah x	Arah y	
0,2	0,9	0,01	0,01	0,2
0,4	0,84	0,01	0,01	0,4
0,6	0,74	0,01	0,01	0,6
0,8	0,7	0,01	0,01	0,8
1,0	0,62	0,01	0,01	1,0
1,2	0,59	0,01	0,01	1,2

Berdasarkan hasil perhitungan dan pembahasan pada penelitian ini, para perencana dapat memprediksi pembesaran gaya dalam dan rasio kekuatan elemen struktur baja untuk berbagai zona gempa di Indonesia, yang meliputi:

1. Pembesaran gaya dalam pada balok untuk berbagai zona gempa di Indonesia yang dikelompokkan berdasarkan percepatan respon spektrum pada periode 1 detik ( $S_1$ ), balok yang mengalami paling besar nilai pembesaran gaya dalam (normal, geser, torsi dan momen) di balok 32 (B32). Besarnya gaya normal sebesar 1,4, gaya geser arah X sebesar 2, torsi sebesar 1,1 dan momen arah Y sebesar 3,2 kali dari beban tanpa gempa.
2. Pembesaran gaya dalam pada kolom untuk berbagai zona gempa di Indonesia yang dikelompokkan berdasarkan percepatan respon spektrum pada periode 1 detik ( $S_1$ ), kolom yang mengalami paling besar nilai pembesaran gaya dalam (normal, geser, torsi dan momen) di kolom 35 (K35). Besarnya gaya normal sebesar 1,1, gaya geser arah X sebesar 2,7, torsi sebesar 2,9 dan momen arah Y sebesar 4,8 kali dari beban tanpa gempa.
3. Nilai rasio lentur pada balok untuk zona gempa tertinggi ( $S_1=1,2g$ ) sebesar 0,39 dan untuk daerah gempa rendah ( $S_1=0,2g$ ) sebesar 0,95.
4. Nilai rasio minimum lentur pada kolom untuk zona gempa tertinggi ( $S_1=1,2g$ ) sebesar 0,3 dan untuk daerah gempa rendah ( $S_1=0,2g$ ) sebesar 0,9.
5. Deformasi yang terjadi pada struktur bangunan Gedung Sekretariat Jenderal ini diizinkan karena memenuhi ketentuan yang ada.

6. Nilai rasio lentur dan pembesaran gaya dalam (momen, torsi, geser dan normal) pada balok dan kolom ini mengurangi kegagalan struktur bangunan yang rusak akibat beban gempa.

## **5. KESIMPULAN**

Dengan besarnya penambahan momen pada struktur bangunan, maka akan bertambah pula besarnya dimensi elemen balok dan kolom yang digunakan. Para perencana dapat memprediksi nilainya pembesaran gaya dalam (momen, torsi, geser, normal) dilihat dari nilai rasio minimum lentur. Besarnya nilai rasio lentur minimum pada balok sebesar 0,39 sampai 0,95 dari pembesaran momen dan besarnya rasio lentur minimum pada kolom sebesar 0,3 sampai 0,9 dari pembesaran momen.

## **DAFTAR RUJUKAN**

- Badan Standardisasi Nasional. (2013). *SNI-1727 Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gempa dan Struktur lain*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Kurnia, A. M. (2019, Januari 11). *Google*. Dipetik Januari 11, 2019, <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:1iKGeoUeKggJ:www.jurnalmdirai.ndure.com/wp-content/uploads/2015/10/Perancangan-Bangunan-Tahan-Gempa.pdf+&cd=1&hl=id&ct=clnk&gl=id>
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Pemukiman. (2018, September 15). *Google*. Retrieved September 15, 2018, from Desain Spektra Indonesia: [http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain\\_spektra\\_indonesia\\_2011/](http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/)
- Segui, W. T. (2013). *Steel Design*. Stamford: Global Engineering.