

Analisis Pengaruh Beban Gempa pada Gedung Tiga Lantai Menggunakan Metode Statik Ekuivalen

Nadya Safira¹⁾
Surya Sebayang²⁾
Masdar Helmi³⁾

Abstract

The purpose of this study is to evaluate the effect of earthquake load on the structure of a third floor school building in West Lampung. The effects of earthquake is reviewed on the dimensions, reinforcement, and deflection of structures by comparing building without earthquake load.

The earthquake load calculation using Static Equivalent Method is helped by SAP 2000 program. This program can also produce internal force of the moment, latitude, and normal (M, D, N). The calculation of the slab is calculated by direct design method (DDM).

The results of this analysis showed that the calculation of all reinforcement requirements on slab, beams, columns, bore pile foundations, sloof and pile caps in the building with earthquake load 283,3267% is more than compared to the building without earthquake load seen from the number of as on each structure. Dimension design on the structure without earthquake load result that dimension of beams are 250 x 450 mm, columns are 350 x 350 mm, diameter of bore piles are 70 cm, sloofs are 250 x 450 mm and pile caps are 1600 mm while the dimensions of the structure with the earthquake load resulted in larger dimensions with dimension of columns are 600 x 600 mm, diameter of bore pile foundations are 80 cm, and pile caps are 1800 mm.

Keywords: earthquake load, static ekuivalen, direct design method, and SAP2000.

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi pengaruh beban gempa pada struktur gedung sekolah tiga lantai di daerah Lampung Barat. Pengaruh gempa yang ditinjau mencakup dimensi, tulangan, dan defleksi struktur dengan membandingkan terhadap gedung tanpa beban gempa.

Perhitungan beban gempa menggunakan metode Statik Ekuivalen dengan bantuan program SAP 2000. Program ini juga dapat menghasilkan gaya dalam berupa momen, lintang, dan normal (M, D, N). Pada perhitungan pelat dihitung dengan metode *direct design method (DDM)*.

Hasil penelitian memperlihatkan bahwa perhitungan seluruh kebutuhan tulangan pada pelat, balok, kolom, fondasi *bore pile*, *sloof* dan *pile cap* pada struktur dengan beban gempa 283,3267% lebih banyak dibandingkan dengan gedung tanpa beban gempa yang dilihat dari jumlah As tulangan pada masing-masing struktur. Perencanaan dimensi pada struktur tanpa beban gempa menghasilkan dimensi balok 250 x 450 mm, kolom 350 x 350 mm, fondasi *bore pile* diameter 70 cm, *sloof* 250 x 450 mm dan *pile cap* 1600 mm sedangkan dimensi struktur dengan beban gempa menghasilkan dimensi yang lebih besar dengan ukuran kolom 600 x 600 mm, fondasi *bore pile* diameter 80 cm, dan *pile cap* 1800 mm.

Kata Kunci: beban gempa, statik ekuivalen, direct design method, SAP2000.

¹⁾ Mahasiswa pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.
surel:Nadyasafira@yahoo.com

²⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedung Meneng Bandar Lampung. 35145.

³⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedung Meneng Bandar Lampung. 35145

1. PENDAHULUAN

Indonesia terdiri atas banyak pulau negara serta berada di bagian jalur rawan gempa. Hal ini terlihat dari besarnya kemungkinan pergeseran tanah yang cukup besar dikarenakan Indonesia berada di pertuam lempeng Australia, lempeng Pasifik, dan lempeng Eurasia. Lampung sebagai provinsi yang berada di paling selatan Pulau Sumatera juga berada di daerah dengan beberapa wilayah yang resiko gempanya cukup tinggi terutama di bagian barat dari provinsi Lampung. Berdasarkan SNI-03-1726(2002), Lampung Barat berada pada wilayah gempa 5 dimana nilai ini menunjukkan daerah dengan resiko gempa kuat (satu level dibawah zona paling bahaya wilayah gempa 6). Defleksi yang besar pada bangunan bertingkat memiliki peluang yang tinggi terjadi terutama pada bangunan yang berada di wilayah rawan gempa. Hal ini tidak aman dan berpotensi mengakibatkan adanya korban jiwa bagi manusia dan makhluk hidup yang menggunakannya.

Perancangan gedung yang aman agar tidak mengakibatkan adanya korban jiwa menjadi suatu keharusan. Hal ini terutama pada gedung fasilitas sekolah yang merupakan bangunan dengan kategori resiko ke-empat dimana terdapat banyak manusia yang beraktifitas didalamnya. terutama pada gedung fasilitas sekolah dimana terdapat banyak manusia yang beraktifitas didalamnya. Pada umumnya gedung sekolah dirancang tiga lantai dengan mempertimbangkan unsur kenyamanan dan ke-ekonomisnya. Pada umumnya gedung sekolah dirancang tiga lantai tidak membutuhkan alat bantu berupa *lift* sehingga aspek ekonomisnya terpenuhi. Selain itu, aspek kenyamanan pun masih terpenuhi karena jangkauan manusia untuk mencapai lantai ke tiga masih terjangkau.

Metode yang sesuai untuk perancangan gedung dengan melibatkan beban gempa pada perhitungannya adalah statik ekuivalen. Metode ini hanya diperuntukkan bagi bangunan yang reguler horisontal maupun vertikal SNI 1726(2012). Salah satu ciri bangunan reguler adalah tinggi bangunannya kurang dari 40 meter serta 10 tingkat yang dilihat dari tumpuan bangunan sehingga bangunannya cenderung kaku dan bangunannya rendah. Seiring dengan semakin berkembangnya zaman banyak *software* yang dapat digunakan untuk mempermudah suatu perancangan gedung seperti SAP 2000. SNI-03-1726(2002) yang digunakan untuk pedoman perencanaan gedung tahan gempa di Indonesia telah direvisi menjadi SNI-1726(2012) yang mana di dalam peraturan tersebut terlihat bahwa Lampung Barat kini telah berada di level zona gempa paling berbahaya. Oleh karena itu perlu dilakukan analisis pengaruh perubahan zona gempa terhadap beban gempa pada struktur gedung tiga lantai berada di daerah Lampung Barat. Pengaruh gempa tersebut akan dianalisis berdasarkan perbandingan struktur pada gedung yang diberi beban gempa.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Bagian-Bagian Struktur

Struktur gedung perkantoran ini terdiri dari beberapa bagian antara lain :

2.1.1. Struktur Bawah

Struktur bawah terdiri dari fondasi yang berfungsi fungsi sebagai media untuk meneruskan seluruh beban yang ada pada bagian atas pada struktur bangunan ke dasar tanah dengan tanah yang memiliki kemampuan untuk mendukung dan menahan beban yang ada pada struktur gedung serta sebagai perletakan bangunan. Salah satu fondasi tiang adalah fondasi tiang bor (*bore pile*). Fondasi tiang bor merupakan fondasi yang dibuat dengan cara dibor lalu diberi tulangan dan dicor beton. Dalam perencanaan tiang bor dibutuhkan nilai kapasitas izin antara lain-lain

2.1.1.1. Untuk perbesaran diameter dasar tiang $d < 2 \text{ m}$

$$Qa = \frac{Qu}{2,5} \quad (1)$$

2.1.1.2 Untuk tiang tidak dengan perbesaran diameter di dasarnya

$$Qa = \frac{Qu}{2} \quad (2)$$

Hardiyatmo(2010).

2.1.2. Struktur Atas

Struktur atas berada diatas permukaan tanah dari suatu struktur bangunan yang meliputi :

2.1.1.1 Pelat

Pelat lantai tidak berhubungan langsung dengan tanah atau dapat dikatakan tidak berada diatas tanah melainkan suatu bagian struktur yang menjadi pemisah antar tingkat pada suatu bangunan bertingkat. Pelat dibagi menjadi pelat satu arah dan dua arah. Menurut SNI 2847(2013), tebal minimum suatu pelat dua arah harus memenuhi ketentuan yang diisyaratkan Menurut SNI 2847(2013), tebal minimum suatu pelat dua arah harus memenuhi ketentuan yang diisyaratkan dimana bentang panjang dibagi bentang pendek tidak lebih dari 2, pelat tidak terdapat balok interior yang membentang diantara tumpuan, dan α_{fm} sama dengan atau lebih kecil dari 0,2.

2.1.1.2 Kolom

Kolom adalah suatu struktur yang berfungsi menerima dan menahan beban aksial tekan vertikal dan seluruh beban yang ada pada bangunan diteruskan oleh kolom ke dalam fondasi. Dalam hal ini kolom merupakan struktur yang paling utama sebagai media untuk meneruskan beban lain seperti halnya beban hidup dan hembusan angin serta berat bangunan. Kolom juga berfungsi sebagai penjaga untuk mencegah bangunan dari keruntuhan. Nugroho(2013)

2.1.1.3. Balok

Balok mengalami dua kondisi tekan dan tarik akibat pengaruh gaya lateral atau lentur. Lentur merupakan keruntuhan beton yang umumnya terjadi dikarenakan bentang (L) dan tinggi balok (h) cukup besar. Jenis suatu balok dapat dikatakan balok tinggi (*deep beam*) apabila rasio L/h kecil dan keruntuhan gesernya dominan. Keruntuhan pada balok dibagi menjadi dua keruntuhan yaitu keruntuhan tarik (*under reinforced*), keruntuhan tekan (*over reinforced*), keruntuhan seimbang (*balance reinforced*) berdasarkan kemungkinan regangan yang terjadi. Nur(2009)

2.2. Pembebanan

Menurut SNI 1726(2012), pembebanan dilakukan dengan mengalikan koefisien atau angka kombinasi dengan suatu beban. Dalam pembebanan kekuatan perlu (U) harus lebih besar atau sama dengan pengaruh beban terfaktor. Di bawah ini merupakan persamaan dari pembebanan :

$$U = 1,4D$$

$$U = 1,2D + 1,6L + 0,5(Lr \text{ atau } R)$$

$$U = 1,2D + 1,6(Lr \text{ atau } R) + (1,0L \text{ atau } 0,5W)$$

$$U = 1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5(Lr \text{ atau } R)$$

$$U = 1,2D + 1,0E + 1,0L$$

$$U = 0,9D + 1,0W$$

$$U = 0,9D + 1,0E$$

2.3. Analisis Struktur

2.3.1. Statik Ekuivalen

Analisis statik ekuivalen sesuai SNI 1726(2012), meliputi tahap perhitungan:

1. Periode fundamental (T).
2. Faktor keutamaan struktur (I) dan reduksi beban gempa R
3. Gaya geser pada dasar statik ekuivalen (V).
4. Gaya horisontal tingkat/gaya lateral (F_i)

2.3.2. Direct Design Method (DDM)

Pada metode ini terdapat beberapa syarat yang harus dipenuhi berdasarkan SNI 2847(2013) pasal 13.6.11 antara lain:

1. Pada setiap arah harus ada tiga bentang menerus
2. Perbandingan antara sisi panjang dan pendek kurang dari dua dan pelat harus berbentuk persegi.
3. Jarak antara pusat ke pusat suatu tumpuan dalam setiap arah harus kurang dari sepertiga bentang panjang.
4. Pergeseran dari sumbu garis-garis pusat kolom yang diperbolehkan tidak boleh lebih dari 10 persen dari bentangnya dalam arah pergeseran.
5. Semua beban harus didistribusikan merata pada pelat keseluruhan dan beban harus diakibatkan oleh gravitasi
6. Beban hidup harus kurang dari dua kali beban mati yang sudah terfaktor.
7. Semua pelat harus ditumpu balok di keempat sisinya.

2.3.3. SAP2000

Dalam penggunaan program SAP2000 setiap penggunaanya harus memahami secara mendalam latar belakang metode dan juga syarat dari program tersebut. Program ini juga menyediakan fitur yang cukup lengkap untuk merencanakan struktur baja dan beton bertulang sehingga pengguna dapat lebih mudah untuk membuat, memodifikasi, dan menganalisis struktur dengan menggunakan *user interface* yang serupa.

2.4. Dasar Perancangan

Menurut SNI 2847(2013) pasal 9.1 segala sesuatu komponen di setiap penampang harus direncanakan memiliki nilai yang setidaknya sama dengan kekuatan yang diperlukan. Hal ini dihitung sedemikian rupa sesuai yang ditetapkan pada standar untuk beban dan gaya terfaktor yang telah dikombinasikan.

2.4.1. Kekuatan Desain

Kekuatan nominal diambil dari suatu struktur pada kekuatan desain yang ada dan disediakan oleh penampang dan komponen struktur lainnya dalam hal lentur, geser, beban aksial, dan torsi. Hal ini dihitung sesuai asumsi pada standar dengan persyaratan dikalikan dengan factor ϕ

- | | |
|---|------|
| 1. Penampang keruntuhan tarik..... | 0,9 |
| 2. Penampang keruntuhan tekan | |
| Bagian struktur berbentuk tulangan spiral..... | 0,75 |
| Bagian struktur bertulang..... | 0,65 |
| 3. Geser dan torsi..... | 0,75 |
| Tumpuan di beton (kecuali untuk daerah angkur pasca tarik dan model strat dan pengikat..... | 0,65 |

2.4.2. Penampang Lentur Pelat

Desain kekuatan komponen struktur untuk beban yang jenis lentur dan aksial dimana asumsi yang diberikan dalam SNI 2847(2013) pasal 10.2 dan pada pemenuhan kondisi keseimbangan dan regangan dengan kompatibilitas yang sesuai dapat dijadikan dasar dari suatu desain. Asumsinya adalah sebagai berikut :

1. Pada tulangan dan beton asumsi regangan berbanding lurus dengan jarak dari sumbu netral terkecuali pada balok tinggi.
2. Regangan maksimum dipilih pada bagian serat tekan terluar beton yang nilainya diasumsikan sebesar 0,003
3. E_s dikalikan regangan baja digunakan apabila tegangan yang terjadi pada tulangan nilainya kurang dari kekuatan leleh f_y
4. Kekuatan Tarik dapat diabaikan pada perhitungan lentur dan aksial.
5. Penyebaran nilai hubungan tegangan tekan pada beton dan regangan pada beton akan menghasilkan asumsi kekuatan yang lebih bagus apabila dilakukan dengan mengasumsikan dalam bentuk persegi, trapesium, parabola, dan bentuk lainnya dibandingkan dengan hasil uji.
6. Ketentuan pada poin 5 didapatkan dari suatu distribusi tegangan beton persegi ekuivalen yang dimaksudkan sebagai berikut :
 - a. Tegangan beton didistribusi secara merata pada daerah yang menerima tekan ekuivalen dengan ketentuan penampang bagian tepi dari suatu garis lurus sebesar $a = \beta \cdot c$ dari serat yang regangan kondisi tertekan maksimum dihitung dengan rumus $0,85f_c'$
 - b. Besarnya jarak regangan maksimum dari serat ke sumbu netral c diukur pada arah tegak lurus terhadap sumbu netral
 - c. Nilai $\beta \cdot c$ 0,85 dipakai untuk f_c' antara 17 dan 28 MPa
 Nilai $\beta \cdot c$ 1 dikurangi 0,05 pada f_c' diatas 28 MPa pada setiap kelipatan 7 MPa namun harus lebih besar atau sama dengan 0,65.

Kondisi dimana beton mencapai regangan maksimumnya dimana nilainya adalah 0,003 bersamaan saat tulangan tarik yang berhubungan terhadap tulangan leleh ditentukan dengan nilai f_y merupakan beton dengan kondisi regangan berimbang atau kondisi *balance*.

2.4.3. Geser pada Pelat

Salah satu komponen struktur yang memiliki lentur yang cukup tinggi adalah pelat. Sebagai bahan dasar syarat untuk acuan perencanaan struktur dengan lentur yang tinggi harus memenuhi ketentuan dibawah ini yaitu sesuai dengan SNI 2847(2013) pasal 11.1 :

1. Desain suatu penampang akibat geser

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3)$$

2. Definisi V_u adalah nilai gaya geser terfaktor pada penampang yang ditinjau dan V_n adalah nilai kekuatan geser nominal

$$V_n = V_c + V_s \quad (4)$$

3. Nilai V_c adalah kuat geser nominal beton dan V_s adalah kuat nominal tulangan geser. Untuk struktur yang mengalami geser dan lentur saja

$$V_c = 0,17 \lambda \sqrt{25} \cdot b_w \cdot d \quad (5)$$

4. Bila $V_u \geq V_c$ maka perlu disediakan tulangan geser.

$$V_s = \frac{d \cdot f_y \cdot A_v}{S} \quad (6)$$

3. Metodologi Penelitian

3.1. Metode Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian untuk membandingkan pengaruh beban gempa ini perhitungan analisisnya menggunakan Metode Statik Ekuivalen. Secara garis besar, perhitungan untuk mengetahui pengaruh beban gempa ini dilakukan dengan membandingkan suatu gedung yang dibebani dengan beban gempa dan tanpa beban gempa yang akan melalui beberapa tahap, yaitu:

3.1.1. Perencanaan struktur atas

1. Menentukan geometri struktur pelat dan beban yang ditanggung struktur pada metode perencanaan langsung.
2. Menetapkan ketebalan struktur pelat untuk gaya geser dan penurunan yang ingin terjadi.
3. Memilih faktor penyebaran momen bentang dalam maupun luar pada momen negatif ataupun positif dan Menghitung nilai total momen statis terfaktor pada struktur pelat.
4. Momen ekuivalen terfaktor didistribusikan dari langkah pada poin 3 ke bagian lajur kolom dan lajur tengah.
5. Menyebarkan momen ekuivalen terfaktor dari langkah 3 ke jalur kolom dan jalur tengah.
6. Merencanakan tulangan-tulangan untuk melawan momen terfaktor pada langkah 5.
7. Sebagai langkah untuk mencegah terjadinya retakan, susut, tekanan temperature dan pemanjangan batang maka perlu ada pemilihan jarak tulangan yang sesuai.

3.1.2. Metode statik Ekuivalen dengan *software* SAP 2000

Langkah-langkah penggunaan SAP 2000 untuk analisa pembebanan gempa dengan metode statik ekuivalen :

1. Mencari data gempa yang dibutuhkan untuk perhitungan analisis.
2. Menggambar portal dan denah bangunan, mengasumsikan penampang, memilih jenis material dan besarnya, serta memilih *toolbar assign* penampang dan material pada program SAP2000.
3. Menghitung seluruh berat yang ada pada tiap lantai.
4. Memilih *joint masses* untuk memasukkan massa yang ditanggung tiap tingkat.
5. Menjadikan nilai massa material di dalam program menjadi nol agar dapat dilakukan analisis dinamik untuk mendapat periode fundamental (T).
6. Berdasarkan peraturan SNI 1726(2012) maka setelah didapat nilai T dapat melanjutkan perhitungan untuk memperoleh besarnya V yang selanjutnya dapat dihitung F.
7. Perencanaan fondasi
8. Memilih diameter dan daya dukung izin dari data sondir yang tersedia yang mampu menahan beban ultimit.
9. Menentukan dimensi pondasi berdasarkan tegangan ijin pada tanah dimana pondasi tersebut diletakkan.
10. Mengecek kemungkinan kuat geser pada 2 arah (*punching shear*).
11. Mengecek nilai yang mampu didukung fondasi.
12. Jumlah tulangan fondasi dihitung berdasarkan momen maksimal yang ada pada fondasi dengan menganggap fondasi sebagai pelat yang terjepit di bagian terluar kolom.
13. Menentukan dimensi *pile cap*.
14. Menghitung tulangan utama dan tulangan bagi *pile cap*.

4. Analisis dan Pembahasan

4.1 Perbandingan analisis struktur tanpa beban gempa dan dengan beban gempa

4.1.1. Dimensi

Tabel 1. Perbandingan dimensi struktur

Jenis	Tanpa gempa	Gempa	Keterangan
pelat	200 mm	200 mm	tidak dipengaruhi gempa
balok	250x450 mm	250x450 mm	dipengaruhi gempa
kolom	350x350 mm	600x600 mm	dipengaruhi gempa
fondasi	70 mm	80 mm	dipengaruhi gempa
<i>pile cap</i>			
1. Tebal	600 mm	700mm	dipengaruhi gempa
2. Panjang	1600	1800 mm	
<i>Sloof</i>	250x450 mm	250x450 mm	dipengaruhi gempa

Berdasarkan analisa, pelat tidak dipengaruhi oleh gempa karena pelat berdeformasi besama-sama. Sedangkan jenis struktur yang lainnya dipengaruhi oleh gempa sehingga memiliki dimensi berbeda terkecuali untuk balok

4.1.2. Tulangan

4.1.2.1. Penulangan Lentur

Tabel 2. Perbandingan penulangan lentur

Jenis	Tanpa gempa				Gempa	
Pelat						
1. Atap						
a. Lajur kolom	ø10-50				ø10-50	
b. Lajur tengah	ø10-50				ø10-50	
2. Lantai						
a. Lajur kolom	ø10-50				ø10-50	
b. Lajur tengah	ø10-50				ø10-50	
Balok	Mtum	Mlap	Mtum	Mtum atas	Mlap	Mtum bawah
1. Atap						
Melintang	6D12	4D12	6D12	8D16	4D16	3D16
Memanjang	5D12	3D12	4D12	7D16	4D16	3D16
2. Lantai 1						
Melintang	6D16	2D16	5D16	6D22	3D22	2D22
Bentang B1	4D22	3D22	5D22	6D29	3D29	3D29
Bentang F1	4D22	3D22	5D22	6D29	3D29	3D29
Memanjang	5D12	3D12	5D12	6D22	4D22	3D22
3. Lantai 2						
Melintang	5D16	3D16	5D16	6D22	3D22	3D22
Bentang B1	4D19	3S19	5D19	6D25	2D25	2D25
Bentang F1	4D19	3S19	5D19	6D25	2D25	2D25

Jenis	Tanpa gempa				Gempa	
Memanjang	5D12	3D12	5D12	6D22	4D22	3D22
Kolom	8D16				30D25	
Fondasi	8D22				11D25	
<i>Pile cap</i>						
1. Tekan	13-150				D16-150	
2. Utama	D16-150				D25-75	
<i>Sloof</i>						
Bentang 6m dan 5,825 m	2D12				2D12	
Bentang 7 m	3D12				3D12	

4.1.2.2. Penulangan Geser

Tabel 3. Perbandingan penulangan geser

Jenis	Tanpa gempa	Gempa
Balok		
1. Atap	D10-150	D10-150
2. Lantai 1		
Melintang	D10-150	D10-50
Bentang B1	D10-75	D10-50
3. Lantai 2		
Melintang	D10-150	D10-50
Bentang B1	D10-75	D10-50
Kolom	D10-125	D10-100
<i>Sloof</i>	D12-150	D12-150
Fondasi	D12-100	D12-100

4.1.3. Defleksi

Simpangan antar lantai terjadi akibat gaya lateral dari gaya gempa. Simpangan antar lantai lateral menghasilkan simpangan struktur dalam arah lateral. Defleksi pusat massa di tingkat x (δ_x) harus dihitung dengan persamaan berikut :

$$\Delta x = Cd \delta x \frac{e}{I_e} \quad (7)$$

Dari hasil analisis program SAP2000 didapat simpangan tiap lantai maksimum pada arah memanjang dan melintang yaitu :

$$\begin{aligned} \Delta_{1e} \text{ melintang} &= 0,0223 \text{ m} \\ \Delta_{2e} \text{ melintang} &= 0,0596 \text{ m} \\ \Delta_{3e} \text{ melintang} &= 0,0930 \text{ m} \\ \Delta_{1e} \text{ memanjang} &= 0,0268 \text{ m} \\ \Delta_{2e} \text{ memanjang} &= 0,0694 \text{ m} \\ \Delta_{3e} \text{ memanjang} &= 0,1012 \text{ m} \end{aligned}$$

sehingga didapat nilai δ_x , dengan $Cd = 5,5$, $I_e = 1,5$:

$$\begin{aligned} \Delta_1 \text{ melintang} &= 0,0818 \text{ m} \\ \Delta_2 \text{ melintang} &= 0,1368 \text{ m} \\ \Delta_3 \text{ melintang} &= 0,1225 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\Delta_1 \text{ memanjang} = 0,0982 \text{ m}$$

$$\Delta_2 \text{ memanjang} = 0,1562 \text{ m}$$

$$\Delta_3 \text{ memanjang} = 0,1166 \text{ m}$$

Menurut SNI 2847(2013) nilai $\Delta_x < \Delta_a$, dimana nilai Δ_a tiap lantai pada gedung kategori IV dihitung dengan rumus :

$$\Delta_a = 0,025h_{sx}$$

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

$$\Delta_a \text{ lantai 2} = 0,2025 \text{ m}$$

$$\Delta_a \text{ atap} = 0,3050 \text{ m}$$

Dari perhitungan diatas terlihat semua simpangan memenuhi syarat

5. Kesimpulan

Berdasarkan analisa perhitungan dapat disimpulkan bahwa :

1. Perencanaan dimensi pada struktur tanpa beban gempa menghasilkan dimensi balok 250 x 450 mm, kolom 350 x 350 mm, fondasi *bore pile* diameter 70 cm, *sloof* 250 x 450 mm dan *pile cap* 1600 mm sedangkan dimensi struktur dengan beban gempa menghasilkan dimensi yang lebih besar dengan ukuran kolom 600 x 600 mm, fondasi *bore pile* diameter 80 cm, dan *pile cap* 1800 mm.
2. Perhitungan kebutuhan tulangan masing masing bagian struktur pada bangunan tanpa beban gempa mengalami peningkatan dibandingkan bagian struktur pada gedung dengan beban gempa yaitu balok sebesar 283,4861%, kolom sebesar 815,5273%, Fondasi sebesar 77,5568%, dan *pile cap* sebesar 344,6059%.
3. Perhitungan seluruh kebutuhan tulangan pada struktur dengan beban gempa 283,3267% lebih banyak dibandingkan dengan gedung tanpa beban gempa yang dilihat dari jumlah As tulangan pada masing-masing struktur.
4. Dimensi dan penulangan pada pelat dan *sloof* tidak dipengaruhi oleh beban gempa dikarenakan pelat berdeformasi secara bersama-sama.
5. Gedung tanpa beban gempa tidak menerima beban lateral sehingga tidak menghasilkan simpangan antar lantai, sedangkan gedung dengan beban gempa memiliki simpangan antar lantai dan harus memenuhi syarat yang ada pada SNI 1726(2012).
6. Simpangan antar lantai pada gedung dengan beban gempa tidak melampaui kinerja batas layan sesuai dengan peraturan pada SNI 1726(2012).

DAFTAR PUSTAKA

- SNI 1726, 2002, *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung*, Badan Standarisasi Nasional, 69 hlm.
- SNI 1726, 2012, *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*, Badan Standarisasi Nasional, 149 hlm.
- SNI 2847, 2013, *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*, Badan Standarisasi Nasional, 265 hlm.
- Hardiyatmo, H. C., 2010, *Analisis dan Perancangan Fondasi Bagian I*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Nugroho, H., 2013, *Perkuatan Kolom Beton Bertulang dengan Fiber Glass Jacket yang Dibebeban Konsentrik* (Skripsi), Yogyakarta.
- Nur, O., 2009, *Kajian Eksperimental Perilaku Balok Beton Tulangan Tunggal berdasarkan Tipe Keruntuhan Balok*. Padang:Jurnal Rekayasa Sipil, Vol.5, No.2:39-52.

