

# ANALISIS DINAMIS GAYA GEMPA PADA BANGUNAN BERDASARKAN SNI 03-1726 2012

Oleh:

Nelson Hutahean<sup>1)</sup>

Janter Napitupulu<sup>2)</sup>

Silvester Nduru<sup>3)</sup>

Universitas Darma Agung, Medan<sup>1,2,3)</sup>

E-mail:

[nhutahaeen14@gmail.com](mailto:nhutahaeen14@gmail.com)<sup>1)</sup>

[jantermh@gmail.com](mailto:jantermh@gmail.com)<sup>2)</sup>

[silvesternduru@gmail.com](mailto:silvesternduru@gmail.com)<sup>3)</sup>

## ABSTRACT

*Planning or designing is a very important factor in ensuring the strength and safety of a building structure, especially for high rise buildings. In addition, the design of the structure must also pay attention to its economic value. Columns are structural components that have the main task of supporting vertical compressive axial loads. So, the design and planning dimensions and column design really need to be considered to produce columns that are safe against the loading that occurs in the building itself. SAP2000 with column dimensions 600 mm x 600 mm. And inputting the loading data received by the column, the column reinforcement is 24 D25 with the result that it is safe to carry axial loads and earthquake loads. And the allowable floor deviation is 76.8 mm.*

*Keywords: Design, column dimensions, reinforced concrete, high rise buildings, floor drift*

## ABSTRAK

Perencanaan ataupun desain adalah faktor yang sangat penting dalam menjamin kekuatan dan keamanan suatu struktur bangunan. Khususnya untuk bangunan bertingkat. Selain itu desain struktur juga harus memperhatikan nilai ekonomisnya. Kolom merupakan komponen struktur yang mempunyai tugas pokok yaitu menyangga beban aksial tekan vertikal. Sehingga desain dan perencanaan dimensi dan desain kolom sangat perlu di perhatikan untuk menghasilkan Kolom yang aman terhadap pembebanan yang terjadi pada gedung itu sendiri. Dari hasil analisis kolom yang dilakukan sesuai dengan SNI 2847:2013 yang berisikan persyaratan beton struktural bangunan gedung, kolom di modelkan menggunakan SAP2000 dengan dimensi kolom 600 mm x 600 mm. Dan menginput data pembebanan yang diterima kolom, diperoleh tulangan kolom yaitu 24 D25 dengan hasil yang aman memikul beban aksial dan beban gempa. Dan simpangan lantai ijin sebesar 76,8 mm.

**Kata kunci : Desain, dimensi kolom, beton bertulang, bangunan bertingkat, simpangan lantai**

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Bangunan bertingkat banyak (tinggi) dimaknai sebagai suatu bangunan dengan struktur tinggi dengan fungsi dan kegunaan yang beragam. Contohnya adalah apartemen tinggi dan hotel tinggi serta gedung perkantoran tinggi. Bangunan bertingkat banyak, sejak penemuan elevator (*lift*) dan bahan bangunan yang lebih kuat berdasarkan beberapa standar, menjadi ideal dibangun dan dihuni oleh manusia. Gedung bertingkat pada dasarnya terbagi dua, bangunan bertingkat tinggi dan bangunan bertingkat rendah. Pembagian ini didasari oleh persyaratan teknis dalam istilah struktur bangunan. Bangunan dengan ketinggian di atas 40 meter digolongkan ke dalam bangunan

tinggi karena perhitungan strukturnya lebih kompleks. Berdasarkan jumlah lantai, bangunan bertingkat digolongkan menjadi bangunan bertingkat rendah (2 – 4 lantai) dan bangunan berlantai banyak (5 – 10 lantai) dan bangunan pencakar langit, dengan tinggi rata-rata satu tingkat adalah 13 kaki (4 m). Pembagian ini didasarkan pada sistem struktur juga persyaratan sistem lain yang harus dipenuhi dalam bangunan.

### 1.2 Maksud dan Tujuan

Adapun tujuan penulisan ini sebagai berikut :

1. Untuk mendapatkan kebutuhan tulangan kolom
2. Untuk mendapatkan simpangan antar lantai
3. Untuk mendapatkan desain struktur tahan gempa yang ekonomis

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pembebanan Pada Gedung

Pembebanan pada struktur hal terpenting dalam perencanaan pembangunan sebuah gedung karena sangat erat hubungannya dengan kekuatan dan kekokohan sistem struktur bangunan tersebut. Kesalahan dalam perencanaan perhitungan beban dan atau penerapan beban berakibat fatal pada hasil desain bangunan tersebut karena bisa mengakibatkan kerusakan dan kehancuran bangunan. Sehingga dibutuhkan kehatia-hatian dan ketelitian tinggi dalam pembahasan aspek ini, supaya tujuan dapat dicapai.

#### a. Beban Mati (D)

Beban mati diartikan sebagai berat semua bagian suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk dengan segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap gedung.

Beban mati pada struktur dibagi menjadi dua yaitu ;

- a. Beban mati oleh bahan bangunan itu sendiri,
- b. Beban mati oleh komponen struktur yang menjadi bagian dari bangunan.

Berat sendiri dari bahan-bahan bangunan penting dan dari beberapa komponen yang menentukan beban mati dari suatu gedung.

#### b. Beban Hidup (L)

Beban hidup ialah semua beban yang diperhitungkan akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung, dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu sendiri, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap gedung

Beban hidup pada struktur berdasarkan PPPURG 1987 dibedakan menjadi dua bagian yaitu :

- a. Beban hidup Pada lantai gedung,
- b. Beban hidup pada atap gedung.

#### c. Beban Gempa (E)

Beban gempa ialah semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa bumi itu. Dalam hal ini pengaruh gempa pada struktur gedung ditentukan berdasarkan suatu analisa dinamik, maka yang diartikan dengan beban gempa disini adalah gaya-gaya didalam struktur tersebut yang terjadi oleh gerakan tanah akibat gempa bumi. Menurut Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2012

## 2.2 Metode Analisis Struktur Terhadap Beban Gempa

Beban gempa yang terjadi pada struktur bangunan dapat dianalisa dengan dua metode analisis yaitu beban statik dan beban dinamik.

### a. Metode Analisis Beban Staktik

Analisa beban statik ekuivalen merupakan suatu cara analisis struktur, pengaruh gempa pada struktur diasumsikan sebagai beban statik horizontal dan hanya boleh dilakukan pada struktur gedung sederhana dan beraturan yang tidak menunjukkan perubahan yang mencolok dalam perbandingan antara berat dan kekakuan pada tingkat-tingkatnya, karena beban statik ekuivalen sebatas pendekatan yang meniru pengaruh dinamik gaya yang sesungguhnya. Analisa statik ekuivalen, beban gempa yang bekerja diasumsikan sebagai beban titik yang terjadi pada tiap lantai. Biasanya distribusi gaya geser tingkat ragam getar yang pertama ini disederhanakan sebagai segitiga terbalik.

### b. Metode Analisis Beban Dinamik

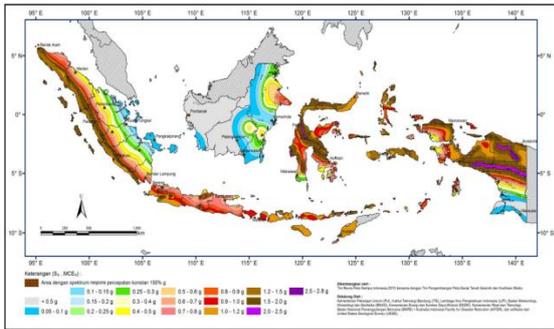
Analisis beban dinamik adalah cara analisis struktur, pembagian gaya geser gempa seluruh tingkat diperoleh dengan memperhitungkan pengaruh dinamis gerakan tanah terhadap struktur. Analisis dinamik dikelompokkan menjadi dua, yaitu :

- a. *Time History* yaitu suatu cara analisis dinamis dimana pada model struktur diberikan suatu catatan rekaman gempa dan respon struktur dihitung langkah demi langkah pada interval tertentu.
- b. *Spectrum Response* merupakan salah satu cara untuk menghitung dan menemukan simpangan, gaya-gaya dinamik dan lain-lain pada struktur, dimana total spektrum didapat melalui superposisi dari respon masing-masing ragam getar.

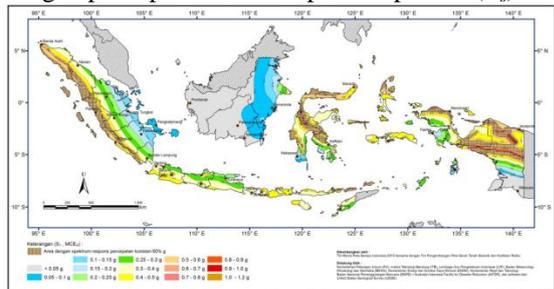
## 2.3 Wilayah Gempa Dan Respons Spektrum

### a. Zona Gempa

Menurut SNI 1726 : 2012 peta-peta gerak tanah seismik dan koefisien risiko dari gempa maksimum yang dipertimbangkan (*Maximum Considered Earthquake, MCE*) yaitu parameter respons spektral percepatan gempa terpetakan untuk perioda pendek ( $S_s$ ) dan parameter respons spektral percepatan gempa terpetakan untuk perioda 1,0 detik ( $S_1$ ).



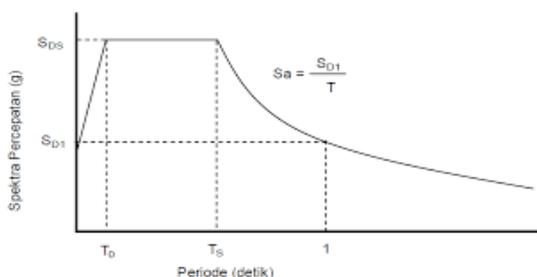
Gambar 2.1 Parameter respons spektral percepatan gempa terpetakan untuk perioda pendek ( $S_s$ )



Gambar 2.2 parameter respons spektral percepatan gempa terpetakan untuk perioda 1,0 detik ( $S_1$ ).

### b. Spektrum Respons Gempa

Berdasarkan kedua nilai respon spektrum desain tersebut digambarkan sebuah grafik respon spektra hubungan percepatan terhadap periode getaran dengan besaran-besaran yang ada.



Gambar 2.3 Grafik Respon Spektrum

### 2.4 Analisis Kolom Berdasarkan SNI 2847:2013

Berdasarkan SNI 2847:2013 Kolom dirancang untuk menahan gaya aksial beban terfaktor pada keseluruhan lantai atau atap dan momen maksimum beban terfaktor pada satu bentang lantai atau atap bersebelahan. Kondisi pembebanan yang memberikan rasio momen maksimum terhadap beban aksial harus juga diperhatikan.

#### 2.4.1 Jenis-Jenis Kolom

Pada Struktur gedung-gedung bertingkat tinggi ada beberapa jenis kolom yang sering kita temui. Ada 3 jenis kolom beton bertulang yang umum di terapkan pada suatu struktur bangunan yaitu :

- a. Kolom pengikat sengkang lateral.  
Kolom beton yang ditulangi dengan batang tulangan pokok dengan memanjang, yang

pada jarak tertentu diikat oleh pengikat sengkang ke arah lateral. Tulangan tersebut berfungsi untuk memegang tulangan pokok memanjang supaya tetap kokoh pada bidangnya.

- b. Kolom Menggunakan Pengikat Spiral  
Kolom sebagai pengikat tulangan pokok memanjang adalah tulangan spiral yang dililitkan keliling sehingga membentuk heliks menerus di sepanjang kolom. Fungsi tulangan spiral, memberi kemampuan kolom sehingga dapat menyerap deformasi cukup besar sebelum runtuh, mampu mencegah terjadinya kehancuran seluruh struktur sebelum proses redistribusi momen dan tegangan terwujud.
- c. Struktur Kolom Komposit  
Komponen struktur tekan yang merupakan gabungan antara beton dengan baja profil atau pipa baja, dengan atau tanpa diberi batang tulangan pokok memanjang tambahan yang diikat dengan begel (spiral atau ikat).

Nilai faktor kelangsingan dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\text{Faktor Kelangsingan} = \frac{kl_n}{r}$$

#### 2.4.2 Tulangan Tekan Kolom

Berdasarkan SNI 2847:2013 pada pasal 10.3.6 bahwa persamaan desain untuk kolom dengan sengkang persegi dengan portal tidak bergoyang dan kelangsingan kolom diabaikan dapat ditentukan sebagai berikut :

$$\phi P_n = (0,80) \phi [0,85 f'_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}]$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.9.1 Luas tulangan longitudinal,  $A_{st}$ , untuk komponen struktur tekan non-komposit tidak boleh kurang dari 1%  $A_g$  atau lebih dari 8%  $A_g$ .

Maka syarat tulangan luas tuangan tekan  $A_{st}$  adalah antara 1%  $A_g - 8\% A_g$ .

Dimana :

$A_g$  = Luas bruto penampang beton,  $\text{mm}^2$

$A_{st}$  = Luas Total batang tulangan,  $\text{mm}^2$

$f'_c$  = kekuatan tekan beton, Mpa

$f_y$  = Kekuatan leleh tulangan, Mpa

$P_n$  = Kekuatan nominal aksial penampang, N

$\phi$  = Faktor Reduksi kekuatan

#### 2.4.3 Tulangan Geser Kolom

Berdasarkan SNI 2847:2013 pada pasal 21.6.4.4 Luas tulangan sengkang tidak boleh kurang dari persamaan berikut ini :

$$A_{sh} = 0,3 \frac{sbcf'_c}{f_{yt}} \left[ \left( \frac{A_g}{A_g} \right) - 1 \right]$$

$$A_{sh} = 0,09 \frac{sbcf'_c}{f_{yt}}$$

### 2.4.4 Diagram Interaksi Kolom

Diagram interaksi dapat dibuat dengan membuat kurva yang memberikan hubungan antara Pn dan Mn untuk berbagai nilai eksentrisitas.

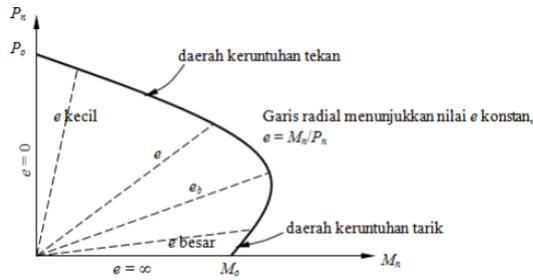


Diagram Interaksi Kolom Dengan Beban Aksial dan Momen Lentur

Gambar 2.4 Bentuk diagram interaksi Diagram interaksi kolom dapat dihitung pada keadaan sebagai berikut ;

- Kapasitas maksimum (P<sub>o</sub>) kolom (kolom sentris)  

$$P_o = 0,85 \times f'c(A_g - A_{st}) + A_{st} \times f'$$
- Kekuatan nominal maksimum penampang kolom  

$$P_{n(max)} = 0,85 \times P_o$$
- Kuat tekan rencana kolom  

$$\phi P_{n(max)} = \phi \times 0,80 \times P_o$$
- Kapasitas penampang pada kondisi seimbang (*balanced*)

$$M_{nb} = P_{nb} \times e_b$$

$$= 0,85 \times f'c \times a_b \times b \left( y - \frac{a_b}{2} \right) + A'_g \times f'c (y - d) + A_g \times f_y (d - y)$$

$$P_{nb} = 0,85 \times f'c \times a_b \times b + A'_g \times f'c - A_g \times f_y$$

Maka ;

$$e_b = \left( \frac{M_{nb}}{P_{nb}} \right)$$

sehingga dapat diperoleh hasil dari ;

$$\phi P_{nb} = \dots kN$$

$$\phi M_{nb} = \dots kNm$$

- Kapasitas penampang pada kondisi momen murni : (P=0)  
 Ditentukan dengan menganggap penampang balok dengan tulangan tunggal  

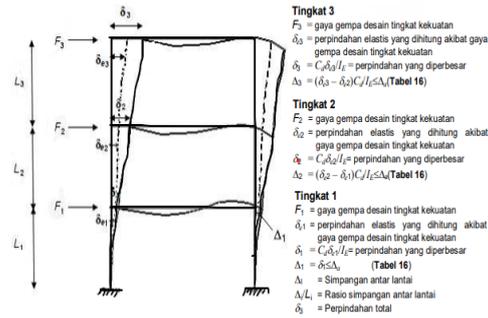
$$M_n = A_g \times f_y$$

### 2.5 Penentuan Simpangan dan Batasan Antar Lantai

Berikut adalah langkah untuk menentukan simpangan antar lantai dan batasan antar lantai.

#### 2.5.1 Penentuan simpangan antar lantai

Penentuan simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) harus dihitung dengan perbedaan defleksi pada pusat massa tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Dapat dilihat pada gambar 2.9 berikut :



Gambar 2.5 Penentuan simpangan lantai

Berdasarkan SNI 1726-2012 gaya gempa lateral akan menghasilkan simpangan struktur , dalam proses perencanaan struktur maka simpangan lateral antar tingkat lantai (*story drift*) harus diperiksa untuk menjamin stabilitas struktur, mencegah kerusakan elemen-elemen non struktural, serta untuk menjamin kenyamanan pengguna bangunan. Penentuan simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) harus di hitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Defleksi pusat massa di tingkat x (δ<sub>x</sub>) (mm) harus ditentukan sesuai dengan persamaan :

$$\delta_x = \frac{C_d \cdot \delta_{xe}}{I_e}$$

Dengan :

- C<sub>d</sub> = faktor pembesaran defleksi
- δ<sub>x</sub> = defleksi pada lokasi lantai yang ditinjau akibat gaya gempa lateral
- I<sub>e</sub> = faktor keutamaan gempa, ditentukan oleh kategori resiko

#### 2.5.2 Batasan antar Tantai Tingkat

Sesuai SNI 1726 : 2012 Simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin (Δ<sub>a</sub>). Untuk h<sub>sx</sub>= tinggi tingkat dibawah tingkat x.

## 3. METODE PELAKSANAAN

### 3.1 Alir Analisa

Dalam bab ini akan dijabarkan langkah langkah yang diambil dalam menyusun tugas akhir ini sebagai berikut;

#### 3.1.1 Studi Literatur

Dilakukan dengan memahami konsep dalam menggunakan berbagai peraturan. Sebagai acuan, dalam penentuan pembebanan sesuai dengan, PPPURG 1987 yaitu Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung, untuk beban gempa sesuai dengan SNI 1726:2012 yaitu Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung, dan untuk perancangan bangunan sesuai dengan SNI 2847:2013 yaitu persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung. Serta mempelajari dan

memahami karya ilmiah yang pernah dilakukan sebelumnya.

**a) Beban hidup**

Berat hidup lantai untuk gedung perkantoran

$$= 250 \text{ kg/m}^2 = 2,5 \text{ kN/m}^2$$

Beban atap/bagiannya dapat dicapai manusia termasuk kanopi/ atap dak

$$= 100 \text{ kg/m}^2 = 1,00 \text{ kN/m}^2$$

**b) Beban Mati**

Beban mati tambahan pada pelat lantai sebagai berikut :

- Beban pasir setebal 1 cm (0,01 x 16) = 16 kg/m<sup>2</sup>

- Beban spesi lantai setebal 2 cm (0,02x22) = 42 kg/m<sup>2</sup>

- Berat keramik 1 cm (0,1 x 22) = 22 kg/m<sup>2</sup>

- Beban intalasi ME = 25 kg/m<sup>2</sup>

- Beban Plafond dan penggantung = 18 kg/m<sup>2</sup>

$$= 123 \text{ kg/m}^2$$

$$= 1,23 \text{ kN/m}^2$$

Beban mati tambahan pada atap :

- Berat plafond dan penggantung = 18 kg/m<sup>2</sup>

- Beban intalasi ME = 25 kg/m<sup>2</sup>

- Beban spesi kedap air 2 cm (0,02x22) = 42 kg/m<sup>2</sup>

$$= 85 \text{ kg/m}^2$$

$$= 0,85 \text{ kN/m}^2$$

Beban mati tambahan pada balok :

Beban dinding 1/2 bata

- Tinggi 4m (4-0,45) x 2,5 kN/m<sup>3</sup> = 8,5 kN/m<sup>2</sup>

- Beban mati pada tangga = 1,54 kN

- Beban pada border = 1,1 kN

**c) Analisis Beban Gempa**

Untuk pembebanan horizontal akibat gaya gempa, perhitungannya dilakukana berdasarkan ketentuan SNI 1726 : 2012 sebagai berikut :

- Data Teknis

- Jumlah lantai (n) = 5 lantai
- Tinggi setiap lantai = 4 meter
- Tinggi total bangunan = 20 meter

- Kategori Resiko Bangunan dan Faktor Keutamaan Beban Bempa

- Kegunaan gedung = gedung perkantoran
- Kategori resiko bangunan = II
- Faktor keutamaan beban gempa = 1,0

- Kombinasi Beban

Kombinasi beban yang digunakan dalam mendesain struktur bangunan ini adalah sebagai berikut :

$$1,4D + 1,4AD$$

$$1,2D + 1,2AD + 1,6LL$$

$$1,2D + 1,2AD + 1RSX + 0,3RSY$$

$$1,2D + 1,2AD - 1RSX - 0,3RSY$$

$$1,2D + 1,2AD + 0,3RSX + 1RSY$$

$$1,2D + 1,2AD - 0,3RSX - 1RSY$$

- Menentukan Kelas Situs Tanah

Berdasarkan data tanah yang diperoleh pada lokasi pembangunan gedung, klasifikasi situs pada lokasi tersebut termasuk dalam kelas situs (SE) yaitu tanah lunak

- Menentukan Nilai Respon Spektra

Untuk menentukan spektrum respon desain lokasi tersebut (BSD Serpong) data dapat dilihat dari peta gempa yang tertera pada SNI1726:2012 dan juga bisa didapat dari *website* Puskim PU indonesia, sehingga diperoleh data nilai spektra percepatan untuk kota Serpong. Untuk tugas akhir ini penulis menggunakan data dari website puskim PU yaitu untuk menentukan nilai respon spektral, sehingga diperoleh data sebagai berikut :

- $S_s = 0,756 \text{ g}$

- $S_1 = 0,325 \text{ g}$

- Menentukan Faktor Koefisien Situs  $F_s$  dan  $F_v$

Berdasarkan tabel dan tabel maka diperoleh koefisien untuk tanah lunak (SE) adalah sebesar ;

- Dimana  $S_s = 0,75$  maka diperoleh untuk tanah lunak (SE)  $F_a = 1,2$

- Dimana  $S_1 = 0,3$  maka diperoleh untuk tanah lunak (SE)  $F_v = 2,8$

- Menentukan Parameter Respon Percepatan  $S_{MS}$  dan  $S_{M1}$

- $S_{MS} = F_a \cdot S_s = 1,2 \cdot 0,756$

$$= 0,907 \text{ g}$$

- $S_{M1} = F_v \cdot S_1 = 2,8 \cdot 0,325$

$$= 0,877 \text{ g}$$

- Parameter Percepatan Spektral Desain

Penentuan parameter percepatan spektrum rencana pada periode pendek  $S_{DS}$  dan periode 1 detik  $S_{D1}$  yang dihitung berdasarkan persamaan berikut :

- $S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} = \frac{2}{3} \times 0,907 = 0,604 \text{ g}$

- $S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} = \frac{2}{3} \times 0,910 = 0,607 \text{ g}$

- Menentukan Spektral Respon Desain

Dalam mendesain grafik respon spektrum ditentukan dengan persamaan berikut ;

- $T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$

$$= 0,2 \frac{0,607}{0,604} = 0,201 \text{ detik}$$

- $T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$

$$= \frac{0,607}{0,604} = 1,01 \text{ detik}$$

Untuk  $T < T_0$  maka :

$$\begin{aligned}
 S_a &= S_{DS} \left( 0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \\
 &= 0,604 \left( 0,4 + 0,6 \frac{0,000}{0,201} \right) \\
 &= 0,241
 \end{aligned}$$

Untuk  $T \leq T_0 \leq T_S$  maka ;

$$\begin{aligned}
 S_a &= S_{DS} \\
 &= 0,504
 \end{aligned}$$

Dan untuk  $T > T_S$  maka :

$$\begin{aligned}
 S_a &= \frac{S_{D1}}{T_S} \\
 &= \frac{0,217}{0,430} \\
 &= 0,604
 \end{aligned}$$

- Menentukan Kategori Desain Seismik  
Dari hasil perhitungan diatas maka diperoleh data kategori desain seismik berdasarkan ;
  - Periode pendek ( $S_{DS}$ ) = 0,604 g  
0,604 g > 0,5 maka peroleh kategori D
  - Periode 1 detik ( $S_{D1}$ ) = 0,607 g  
0,607 g > 0,2 Maka diperoleh kategori D
- Kombinasi Penahan Gaya Seismik  
Struktur yang dianalisa pada tugas akhir ini menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus, sehingga nilai faktor modifikasi respon  $R=8$  dan  $C_d = 5,5$ . Maka faktor skala dapat dihitung dengan ;  
Faktor skala = nilai gravitasi  $\times \frac{1}{R}$   
 $= 9,81 \times \frac{1}{8} = 1,226$   
kemudian hasil ini di *input* untuk SAP2000

### 3.1.2 Pemodelan Struktur

Dalam tahap ini dimulai dengan pemodelan struktur yang akan dianalisa dengan menggunakan program SAP2000 dengan mendefinisikan dimensi elemen struktur dan parameter bahan material yang digunakan pada bangunan. Adapun beban yang dihitung adalah beban hidup, beban mati dan beban gempa sesuai dengan peraturan yang telah ditentukan. Kemudian data beban yang diperoleh di input kedalam program SAP2000. Sehingga diperoleh hasil dari proses analisa, kemudian melakukan pemeriksaan kembali terhadap koefisien dan faktor-faktor yang digunakan dalam mendesain struktur beton bertulang. Setelah itu dilakukan proses running dan dilakukan pembacaan gaya-gaya yang terjadi pada struktur.

### 3.1.3 Kontrol Desain Struktur

Struktur gedung yang dianalisa harus dikontrol terhadap gaya-gaya serta perilaku struktur yang terjadi. Kontrol tersebut diantaranya kontrol partisipasi massa dan skala gaya respon spektra, defleksi dan simpangan. Apabila terdapat ketidaksesuaian dengan peraturan yang disyaratkan maka desain perlu diperiksa ulang dengan cara

memperbesar dimensi penampang dan menambah atau merubah letak dinding geser.

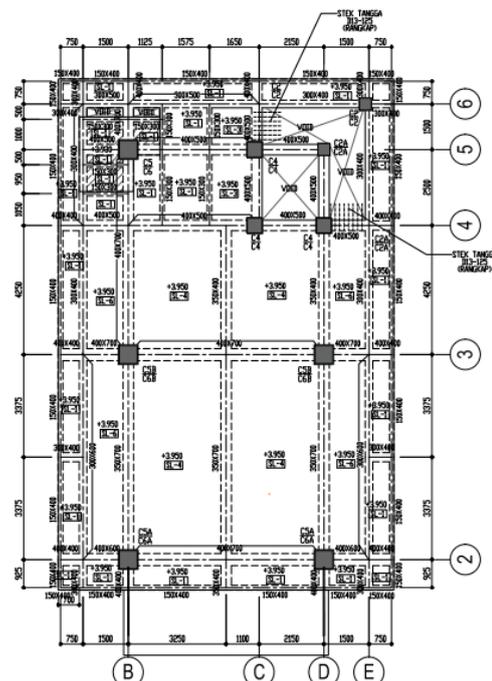
### 3.1.4 Analisis tulangan kolom

Setelah struktur yang dianalisa memenuhi ketentuan dan kontrol yang disyaratkan. Maka diperoleh nilai gaya-gaya yang mrmprngaruhi kolom sehingga analisa terhadap tulangan kolom dapat dilakukan.

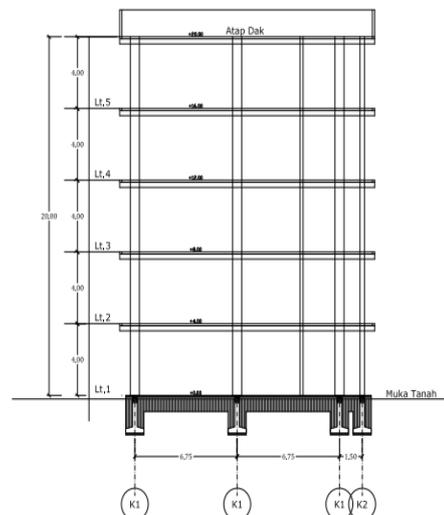
### 3.1.5 Analisa simpangan lantai

Setelah mendapatkan luas tulangan longitudinal, maka selanjutnya dilakukan analisa simpang tiap lantai, sehingga diperoleh keamanan gedung yang telah direncanakan.

## 3.2 Model yang dianalisis



Gambar 3.1 Denah Bangunan



Gambar 3.2 Tampak bangunan

### 3.3 Data dan Mutu Material

Analisis Struktur Kolom Gedung Beton Bertulang Pada Bangunan Gedung Bertingkat Banyak dengan Berdasarkan SNI 2847 : 2013 dengan data sebagai berikut :

1. Tipe Bangunan : Perkantoran
2. Lokasi Bangunan: Bumi Serpong Damai, Serpong, Tangerang
3. Jumlah Lantai :5+ Dak Beton
4. Panjang Bangunan :12 meter
5. Lebar Bangunan :9 meter
6. Tinggi Bangunan :20 meter
7. Tinggi lantai dasar : 4 meter
8. Tinggi Lantai 1 – 5 :4 meter
9. Jenis Tanah :Tanah Lunak(SE)

Komponen struktur gedung beton bertulang meliputi pelat, balok ,kolom dan pondasi.

- Mutu Beton Kolom :  $f_c = 30 \text{ Mpa}$
- Mutu Baja Tulangan Longitudinal : U-39 ;  $f_y = 3900 \text{ kg/cm}^2 = 390 \text{ Mpa}$
- Mutu Baja Tulangan Sengkang : U-24 ;  $f_y = 2400 \text{ kg/cm}^2 = 240 \text{ Mpa}$

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

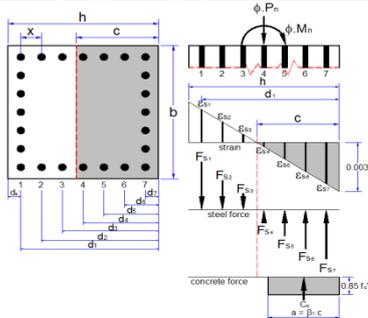
### 4.1 Analisis Kolom

Analisis kolom dilakukan berdasarkan SNI 2847 : 2013

#### 4.1.1 Tulangan Tekan Kolom

Direncanakan kolom pada lantai dasar, rencana dimensi kolom 600mm x 600 mm.

Beban-beban yang bekerja pada kolom 2.B lt.1



Gambar 4.1 Penampang kolom

Dimensi kolom	=	600 x 600
Tebal bruto selimut beton	=	50 mm
Diameter Tulangan	=	19 mm
Jumlah batang tulangan	=	24 mm
Mutu Beton	=	30 Mpa
Mutu baja	=	390 Mpa
$\phi$	=	0,85 untuk $F_c \leq 30 \text{ Mpa}$
$\phi$	=	0,85 - 0,008 untuk $F_c \geq 30 \text{ Mpa}$
$A_g = b \times h$	=	600 x 600 = 360.000 mm <sup>2</sup>
$P_u$	=	213.182 KN
$M_u$	=	5.576 KN/m

Penentuan  $P_{perlu}$  dari diagram Interaksi kolom :

Dalam menentukan jumlah kebutuhan tulangan lentur kolom, digunakan diagram interaksi. Keterangan yang dibutuhkan adalah :

$$\mu h = h - 2d_s - (2 \cdot \phi_{geser}) - \phi_{lentur} = 600 \text{ mm} - (2 \times 50 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}) - 25 \text{ mm} = 455 \text{ mm}$$

$$\mu = \mu h / h = 475 / 600 = 0,79$$

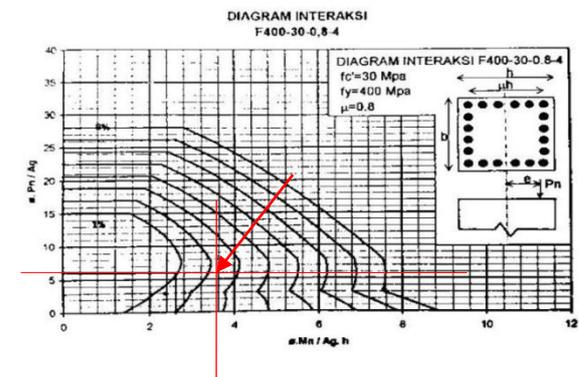
Sumbu Vertikal :

$$\phi P_n = \frac{P_u}{b \cdot \mu} = \frac{218182 \text{ N}}{600 \times 600} = 5,9 \text{ N/mm}^2$$

Sumbu Horizontal :

$$\phi M_n = \frac{M_u}{b \cdot \mu^2} = \frac{5176 \text{ KN/m}}{600 \times 600^2} = 3,5 \text{ N/mm}^2$$

Sehingga diperoleh nilai  $P_n$  dan  $M_n$  kemudian dimasukkan dalam grafik interaksi kolom berikut ;



Gambar 4.2 Diagram interaksi kolom

Maka diperoleh  $P_{perlu} = 3\% = 0,03$  (lihat grafik, didalam garis batas 2% dan 3%)

Penentuan tulangan lentur kolom :

Luas tulangan lentur perlu,

$$A_{s \text{ perlu}} = P_{perlu} \times b \times h = 0,03 \times 600 \text{ mm} \times 600 \text{ mm} = 10.800 \text{ mm}^2$$

Luas tulangan lentur :

Luas Tulangan rencana D25

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times (25)^2 = 490 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan lentur pasang :

$$n = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\text{luas tulangan D25}} = \frac{10.800 \text{ mm}^2}{490 \text{ mm}^2} = 22,4 \Rightarrow \text{dibulatkan menjadi 24 batang}$$

bentuk kolom persegi

Luasan tulangan lentur pasang ;

$$A_{s \text{ pasang}} = A_s = n \times \left( \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \right) = 11.760 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan 24 D25

Persentase Tulangan Terpasang

$$= \left( \frac{A_{s \text{ pasang}}}{A_g} \right) \times 100\% = \left( \frac{11.760}{360000} \right) \times 100\% = 3,2\% < 8\% \text{ (OK)}$$

Cek Kondisi Balance :

$$d = 600 - 50 - 10 - \frac{1}{2} \cdot 25 = 527,5 \text{ mm}$$

$$d' = 50 + 12 + \frac{1}{2} \cdot 25 = 74,5 \text{ mm}$$

$$d'' = 600 - 50 - 12 - \frac{1}{2} \cdot 25 - \frac{1}{2} \cdot 600 = 225,5 \text{ mm}$$

maka,

$$x_b = \frac{600}{600 \times f_c} \times d = 320 \text{ mm}$$

$$a_b = 0,85 \cdot x_b = 272 \text{ mm}$$

$$C_s' = A_s' (F_y - 0,85 \cdot F_c') = 10800 \text{ mm}^2 (390 - 0,85 \times 30) = 3936 \text{ KN}$$

$$T = A_s' \times F_y = 10800 \times 390 = 4212 \text{ KN}$$

$$C_c' = 0,85 \cdot \sigma_1 \cdot F_c' \cdot b \cdot x_b = 0,85 \times 0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 600 \text{ mm} \times 320 \text{ mm} = 4.161 \text{ KN}$$

$$P_b = C_c' + C_s' - T = 4.161 + 3936 - 4212 = 3.976 \text{ KN/m}$$

$$M_b = P_b \cdot e_b = C_c' [(d-d'') - a_b/2] + C_s' (d-d''-d') + T \cdot d = 3.801.356 \text{ KN}$$

$$E_b = M_b/P_b = 3801356 \text{ KN}/3.836 \text{ KN/m} = 965 \text{ mm}$$

$$M_n = 5.576 \text{ KN/m} / 0,65 = 8.578 \text{ KN}$$

$$P_n = 213.182 \text{ KN} / 0,65 = 327.972 \text{ KN}$$

$$e_{\text{perlu}} = M_u/P_u = 2,61 \text{ KN/m} = 261 \text{ mm}$$

$$e_{\text{min}} = (15,24 - 0,03 \cdot h) = (15,24 - 0,03 \times 600) = 33,24 \text{ mm}$$

Kontrol Kondisi ;

$$e_{\text{min}} < e_{\text{perlu}} < e_{\text{balance}}$$

$$33,24 \text{ mm} < 261 \text{ mm} < 965 \text{ mm}$$

Kolom termasuk keadaan kondisi tekan menentukan.

Kontrol Kondisi Tekan Menentukan

$$e_{\text{min}} < e_{\text{perlu}} < e_{\text{balance}}$$

$$33,24 \text{ mm} < 261 \text{ mm} < 965 \text{ mm}$$

$$C_s' = A_s' (F_y - 0,85 \cdot F_c') = 10800 (390 \text{ Mpa} - 0,85 \times 30 \text{ Mpa}) = 3936 \text{ KN}$$

$$C_c' = 0,85 \cdot \sigma_1 \cdot F_c' \cdot b \cdot X = 0,85 \times 0,85 \times 30 \times 600 \cdot X = 13001 \cdot X$$

Mencari nilai X ;

$$a = 0,54 d$$

$$0,85 X = 0,54 \times 527,5$$

$$X = 335 \text{ mm}$$

Maka ,

$$C_c' = 1300 \times 335 = 4335 \text{ KN}$$

$$T = A_s' \cdot F_s = A_s' (d/x - 1) \times 600 = 3713$$

$$\epsilon_s < \epsilon_y (f_y > f_s)$$

$$\epsilon_s = (d/x - 1) \cdot 0,003 = 0,0016$$

$$F_s = \epsilon_s \cdot E_s (\text{modulus elastisitas baja})$$

$$= 1,57 \times 20000 = 314 \text{ Mpa}$$

$$\epsilon_y = f_y / E_s = 390 / 200000 = 0,002$$

$$\epsilon_s < \epsilon_s = 0,0016 < 0,0020 \dots (\text{Memenuhi})$$

$$P = C_c' + C_s' - T = 4558$$

$$P > P_b = 4558 \text{ KN} > 3.976 \text{ KN} \dots (\text{Memenuhi})$$

$$a = 0,85 \cdot X = 284 \text{ mm}$$

$$M_{n_{\text{terpasang}}} = C_c' [(d-d'') - a_b/2] + C_s' (d-d''-d') + T \cdot d = 4.226.164 \text{ KN}$$

Cek syarat ;

$$M_{n_{\text{terpasang}}} > M_n$$

$$4.226.164 \text{ KN} > 3.801.356 \text{ KN} (\text{Memenuhi})$$

Dari hasil Perhitungan tulangan lentur sumbu x dan sumbu y, maka pemasangan tulangan longitudinal kolom dipasang 24 D25.

Kontrol spasi tulangan satu sisi syarat ;

$$S_{\text{max}} \geq S_{\text{sejajar}} \longrightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{max}} \leq S_{\text{sejajar}} \longrightarrow \text{Perbesar}$$

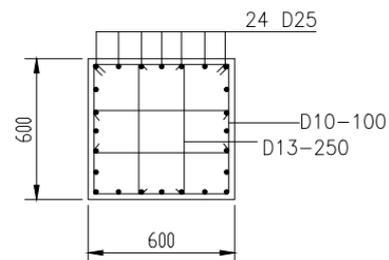
penampang Kolom

$$S_{\text{max}} = \frac{b - (2 \cdot t_{\text{selimut}}) - (2 \cdot \emptyset_{\text{geser}}) - (n \cdot \emptyset_{\text{lentur}})}{n-1}$$

$$S_{\text{max}} = 50,88 \text{ mm} > 50 \text{ mm} (\text{Memenuhi})$$

Jadi perhitungan seperti dicontohkan diatas, maka kebutuhan tulangan longitudinal dan tulangan geser.

Detail penulangan kolom 2.B



Gambar 4.2 Detail penulangan kolom Menentukan faktor panjang efektif kolom

Ditentukan dengan cara sebagai berikut :

- Nilai modulus elastisitas Beton,  $E_c$   

$$E_c = 4700 \sqrt{F'c} = 4700 \sqrt{30} = 25.742,46 \text{ N/mm}^2 = 25,74546 \text{ KN/m}^2$$
- Momen inersia kolom 2.B lt 1  

$$I_g = \frac{b^3}{12} = \frac{0,6 \times 0,6^3}{12} = 0,0108 \text{ m}^4$$

Maka inersia kolom ,  $I = 0,7 I_g = 0,0076 \text{ m}^4$

$$\frac{EI}{lb} = \frac{25,74546 \times 0,0076}{12} = 0,016 \text{ KNm.}$$

- Menentukan momen inersia balok Lt 1

$$I_g = \frac{b^3}{12} = \frac{0,4 \times 0,6^3}{12} = 0,0072 \text{ m}^4$$

Maka inersia balok,  $I = 0,35 I_g = 0,0025 \text{ KNm.}$

$$\frac{EI}{lb} = \frac{25,74546 \times 0,0011}{12} = 0,0054 \text{ KNm.}$$

Selanjutnya Faktor tahanan ujung,  $\Psi$  dapat dihitung dengan ;

$$\Psi A = \frac{\Sigma(EIk/Ik)}{\Sigma(EIb/Ib)}$$

$$= \frac{0,016}{0,0054} = 3,2$$

$$\Psi B = 0 \text{ (Untuk tumpuan jepit)}$$

#### 4.4 Tulangan Geser Kolom

Luas tulangan sengkang tidak boleh kurang dari persamaan berikut ;

$$A_{sh} = 0,3 \frac{s b_c f'_c}{f_{yt}} \left[ \left( \frac{A_g}{A_g} \right) - 1 \right]$$

$$A_{sh} = 0,09 \frac{s b_c f'_c}{f_{yt}}$$

Tulangan sengkang harus disediakan sepanjang  $I_0$  diukur dari muka joint dengan panjang tidak kurang dari :

- 1/6 bentang bersih kolom  
1/6 x 3600 = 600 mm
- penampang maksimum kolom  $I_0 = 600$  mm
- $I_0 > 450$  mm

Jadi tulangan sengkang dipasang sepanjang  $I_0 = 1$  meter di ukur dari muka joint.

Jarak pusat ke pusat tulangan transversal,

$$b_c = b - 2d' = 600 - (2 \times 74,5)$$

$$= 451 \text{ mm}$$

Spasi horizontal maksimum untuk kaki sengkang,

$$b_x = 2/3 b_c$$

$$= 2/3 \times 451$$

$$= 300 \text{ mm}$$

Luas penampang dari sisi luar ke sisi luar tulangan transversal

$$A_{ch} = (b - 2 \times 50)(h - 2 \times 50)$$

$$= (600 - 2 \times 50)(600 - 2 \times 50)$$

$$= 250000 \text{ mm}^2$$

Luas bruto penampang kolom

$$A_g = 600 \times 600 = 360.000 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan geser  $s$  direncanakan 100mm untuk tumpuan kolom sepanjang  $I_0$ , maka ;

$$A_{sh} = 0,3 \left( \frac{100 \times 451 \times 30}{390} \right) \left( \frac{360000}{250000} - 1 \right)$$

$$= 417,2 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh} = 0,9 \left( \frac{100 \times 451 \times 30}{390} \right)$$

$$= 312 \text{ mm}^2$$

Maka luas tulangan geser yang diambil adalah luas tulangan yang terbesar ,

$$A_{sh} = 417,2 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan geser dengan sengkang diameter 10mm dan *crosstie* diameter 13mm.

Digunakan sengkang dua baris 2D10, maka :

$$A_s = 2 (1/4 \times 3,14 \times 10^2)$$

$$= 156 \text{ mm}^2$$

Luas tulangan *crosstie* ;

$$A_{ct} = A_{sh} - A_s$$

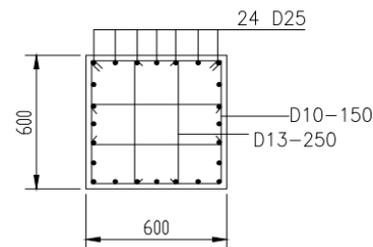
$$= 417,2 - 156 = 261,2 \text{ mm}^2$$

Sehingga jumlah tulangan *crosstie*

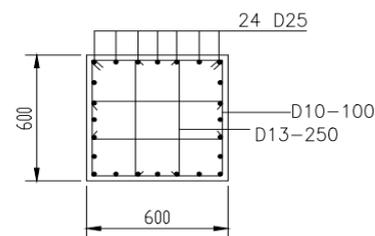
$$= 261,2 / (0,25 \times 3,14 \times 13^2)$$

$$= 1,969 \Rightarrow 2 \text{ batang}$$

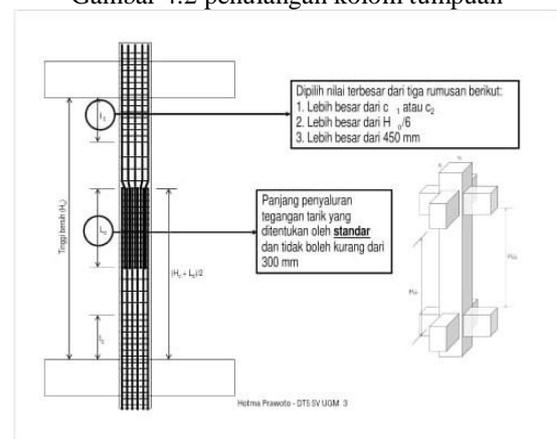
Untuk tulangan geser diluar panjang  $I_0$  diambil jarak  $s = 150 \text{ mm} < 24 \times 25 = 600 \text{ mm}$ .



Gambar 4.2 penulangan kolom lapangan



Gambar 4.2 penulangan kolom tumpuan



Gambar 4.2 penulangan sambungan kolom

#### 4.5 Penentuan Simpangan Antar lantai

Simpangan antar lantai yang terjadi saat penampang retak tidak diijinkan melebihi dari batasan yang telah diatur, simpangan antar lantai yang dihitung sebagai defleksi pusat massa ditingkat teratas dan terbawah yang ditinjau.

Defleksi pusat massa di tingkat  $x$  harus ditentukan dengan persamaan berikut ;

$$\delta_x = \frac{c_d \cdot \delta_{xe}}{I_e}$$

$$= \frac{5,5 \times \delta_{xe}}{1}$$

$$= 5,5 \delta_{xe}$$

dimana hasil  $\delta_{xe}$  diperoleh dari hasilrunning data pada SAP2000.

#### 4.6 Batasan Simpangan Antar Lantai

Berikut perhitungan batasan simpangan antar lantai, dengan kategori resiko kelas ke II sesuai tabel 2.16 maka untuk semua struktur lainnya,

batasan senilai  $\Delta a = 0,025 h_{sx}$  dimana  $h_{sx}$  adalah tinggi lantai dibawah lantai yang ditinjau. Dan faktor redudansi  $\rho = 1,3$ . Sehingga

$$\Delta a / \rho = 0,025 h_{sx} / 1,3 = 0,0192 h_{sx}$$

Sehingga diperoleh hasil simpangan dalam bentuk tabel berikut:

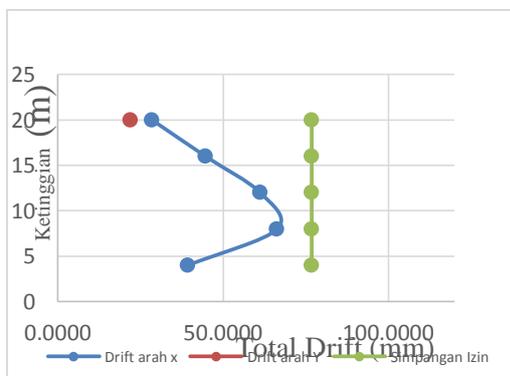
Tabel 4.1 simpangan antar lantai arah x

Lantai	$h_{sx}$ mm	$\delta_{xe}$ mm	Drift( $\Delta x$ ) mm	$\Delta a / \rho$ (Ijin) mm	Status $\Delta a / \rho > \Delta x$
atap	4000	43,66234	28,47839	76,8	OK
5	4000	38,48445	44,67595	76,8	OK
4	4000	30,36155	61,22374	76,8	OK
3	4000	19,22996	66,36850	76,8	OK
2	4000	7,16296	39,39628	76,8	OK
1	0	0,00000	0,0000	0	OK

Tabel 4.2 simpangan antar lantai arah y

Lantai	$h_{sx}$ mm	$\delta_{ye}$ mm	Drift( $\Delta y$ ) mm	$\Delta a / \rho$ (Ijin) mm	Status $\Delta a / \rho > \Delta y$
Atap	4000	37,04943	22,01826	76,8	OK
5	4000	33,04611	36,68934	76,8	OK
4	4000	26,37532	51,83832	76,8	OK
3	4000	16,95017	57,65825	76,8	OK
2	4000	6,466802	35,56741	76,8	OK
1	0	0,0000	0,0000	0	OK

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa simpangan antar lantai baik arah x dan arah y tidak melebihi batas simpangan ijin.



Gambar 4.3 Grafik simpangan lantai

## 5. SIMPULAN

Dari hasil analisis yang dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut ;

1. Berdasarkan SNI 2847:2013 dan respon spektrum yang tepat sesuai lokasi struktur dibangun, maka diperoleh Luas tulangan longitudinal yang lebih ekonomis dan aman serta tetap tahan gempa yaitu lantai 1 s/d lantai 5, dimensi kolo 600mmx600mm dengan penulangan 24 D25. dimana sebelumnya Kolom berukuran 650x650 dengan penulangan 32 D25.
2. Nilai simpangan (displacement) terbesar adalah 66,36 mm untuk arah x dan terkecil adalah

22,01mm untuk arah y dimana simpangan ijin sebesar 76,8 mm.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional, 1987 RSNI 03-1727-1987. *Tata Cara Perhitungan Pembebanan untuk Bangunan Rumah dan Gedung*, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, 2012, SNI 1726 : 2012, *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung*, Bandung.
- Badan Standarisasi Nasional, 2013, SNI 2847 : 2013 *tentang Tata cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*, Jakarta.
- Kementrian Pekerjaan Umum, 2011, *Desain Spektra Indonesia*. [http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain\\_spektra\\_indonesia\\_2011/](http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/)
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum , 2006, Nomor : 29/PRT/M/2006, *Pedoman Persyaratan Teknis Bangunan Gedung*, Menteri Pekerjaan Umum, Jakarta