

## ANALISIS DAMPAK BANGUNAN KONSEP SPLIT LEVEL MENGGUNAKAN GEMPA STATIK DAN RESPONS SPEKTRUM

oleh :

**Nisa Nur Albaniah**

Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Jakarta

Email : albaniah87@gmail.com

**Haryo Koco Buwono**

Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Jakarta

Email : haryo\_kc@yahoo.com

**Abstrak** : Keberadaan lahan yang semakin sempit terutama di kota-kota, akan memungkinkan penggunaan perencanaan rumah dengan konsep *split level*. Hal ini sesuai dengan SNI 03-1726-2012 tentang Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung, dan SNI 03-2847-2013 tentang Tata Cara Perhitungan Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung. Studi ini bertujuan untuk mengetahui periode getar yang digunakan, simpangan, gaya-gaya dalam, dan luas tulangan kolom. Pada proses analisis gempa statik menggunakan *base shear* yang didapat dari perhitungan koefisien respon seismik dikalikan dengan berat bangunan per lantai, sedangkan proses analisis respons spektrum ditentukan dari *story shear* untuk respons spektra arah x dan arah y dari *story shear* tersebut didapat gaya geser per lantai bangunan. Setelah dilakukan analisis didapatkan simpulan seperti berikut : periode getar yang digunakan untuk bangunan tipe A dan tipe B adalah periode getar maksimum, simpangan yang terjadi pada bangunan tipe A untuk arah x tidak memenuhi syarat sedangkan bangunan tipe B arah x maupun y memenuhi syarat, gaya-gaya dalam pada bangunan tipe A lebih besar dari pada tipe B dimana luas tulangan bangunan tipe A pada kolom C27 adalah 2411.52 mm<sup>2</sup> sedangkan tipe B 1607.68 mm<sup>2</sup>.

**Kata Kunci** : *Split level*, periode getar, simpangan, gaya-gaya dalam, luas tulangan

**Abstract** : *The existence of increasingly narrow land especially in big cities, will allow us to use home planning with a split-level concept. In accordance with the SNI 03-1726-2012 dan SNI 03-2847-2013 about Earthquake Resistance Planning Procedure for Building Structure and Non Building and also Procedure of Calculation of Concrete Structure for Building Structure. This study aims to determine the period of vibration used, deviation, the inner forces and the area of column reinforcement. In the static earthquake analysis process using base shear obtained from calculation of seismic response coefficient multiplied by weight of building per floor, while the spectrum response analysis process is determined from the story shear for the x-direction spectral response and the y direction of the story shear is obtained by shear force per floor of the building. After the analysis is obtained the following conclusions : the vibration period used for building type A and type B is maximum vibration period, deviations that occur in type A buildings for x direction are not eligible while building type B direction x and y meet the requirements, the inner forces of type A building are larger than the type B where the area of the type A reinforcement is in the column C27 is 2411,52 mm<sup>2</sup> and type B is 1607,88 mm<sup>2</sup>.*

**Keywords**: *Split level, vibration period, deviation, inner forces, reinforcement area*

## Pendahuluan

Keberadaan lahan yang semakin sempit terutama di kota-kota besar, akan memungkinkan penggunaan perencanaan rumah dengan konsep *split level*.

*Split level* adalah konsep peninggian bangunan ½ lantai (diantara lantai 1 dan lantai 2 terdapat lantai 1 ½, dan seterusnya). Konsep ini dapat mengoptimalkan penggunaan ruang terhadap lahan yang kecil, karena dengan konsep *split level* ini bangunan konvensional yang berdiri 2 lantai dapat dioptimalkan menjadi 4 lantai dengan ketinggian tampak bangunan tidak jauh berbeda dengan bangunan 2 lantai.

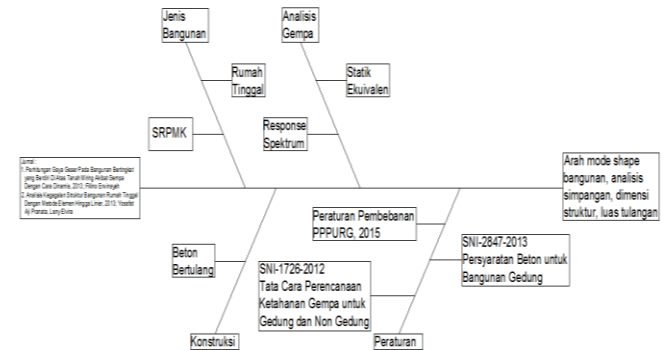
Namun hal ini cukup menyulitkan dalam mendesain komponen pembentuk struktur, terutama bila suatu struktur mengalami gempa. Pengaruh gempa sangat besar dan merupakan faktor utama penyebab terjadinya kegagalan pada struktur bangunan.

Agar bangunan dapat memenuhi konsep bangunan tahan gempa, maka struktur kolom yang menopang bangunan harus di desain dengan baik. Bila suatu bangunan bertingkat mengalami gempa, maka bangunan tersebut akan bergerak baik dalam arah vertikal maupun arah horizontal (bolak-balik). Kedua bentuk gerak tersebut, yang paling membahayakan (penyebab terjadinya kegagalan pada struktur) adalah gerak horizontal, gerak ini menyebabkan struktur mengalami deformasi horizontal atau simpangan.

Adapun maksud dan tujuan adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui perilaku struktur ketika terjadi gempa.
2. Untuk mengetahui gaya-gaya dalam yang terjadi pada kolom tipe A dan kolom tipe B.
3. Untuk mengetahui arah mode dari kedua tipe bangunan *split level*.

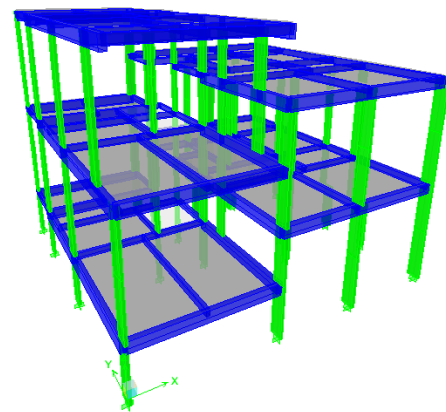
4. Untuk mengetahui luas tulangan dari bangunan *split level* tipe A dan tipe B.
- Adapun diagram fishbone untuk proses penyelesaian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:



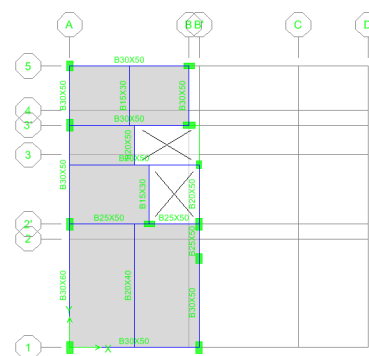
Gambar 1. Fishbone Diagram Analisis

Adapun pemodelan kedua tipe bangunan adalah sebagai berikut:

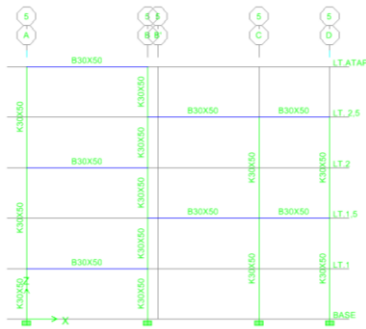
1. Bangunan Tipe A



Gambar 2. Pemodelan 3 dimensi

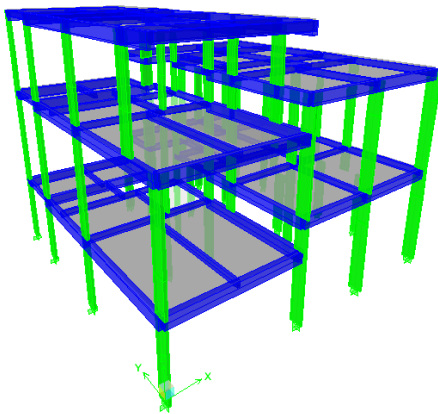


Gambar 3. Pemodelan Denah Lantai

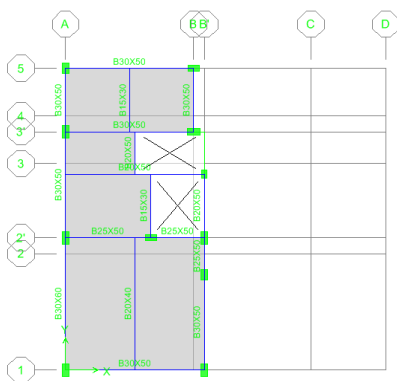


Gambar 4. Pemodelan Elevasi

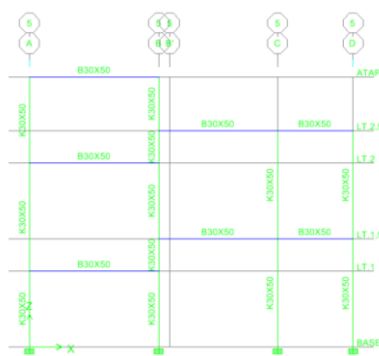
2. Bangunan Tipe B



Gambar 5. Pemodelan 3 dimensi



Gambar 6. Pemodelan Denah Lantai



Gambar 7. Pemodelan Elevasi

Tabel 1. Kriteria Desain Struktur

| No. | Kriteria Struktur       | Tipe Bangunan |               |
|-----|-------------------------|---------------|---------------|
|     |                         | A             | B             |
| 1   | Lokasi Bangunan         | Jakarta Barat | Jakarta Barat |
| 2   | Fungsi Bangunan         | Rumah Tinggal | Rumah Tinggal |
| 3   | Jumlah Lantai           | 3             | 3             |
| 4   | Panjang Bangunan (m)    | 20            | 20            |
| 5   | Lebar Bangunan (m)      | 8             | 8             |
| 6   | Tinggi Bangunan         | 12.5          | 12.5          |
| 7   | Tinggi per lantai (m)   | 2.5           | 3.5 & 1.5     |
| 8   | Jenis Struktur          | SRPMK         | SRPMK         |
| 9   | Mutu Beton (f'c)        | 25 Mpa        | 25 Mpa        |
| 10  | Mutu Baja tulangan (fy) | 400 Mpa       | 400 Mpa       |

Tinjauan Pustaka

Split level adalah konsep peninggian bangunan ½ lantai (diantara lantai 1 dan lantai 2 terdapat lantai 1 ½, dan seterusnya). Konsep ini bisa mengoptimalkan penggunaan ruang terhadap lahan yang kecil, karena dengan konsep split level ini bangunan konvensional yang berdiri 2 lantai bisa dioptimalkan menjadi 4 lantai dengan ketinggian tampak bangunan tidak jauh berbeda dengan bangunan 2 lantai.

Beton adalah suatu campuran yang terdiri dari pasir, kerikil, batu pecah, atau agregat-agregat lain yang dicampur menjadi satu dengan suatu pasta yang terbuat dari semen dan air membentuk suatu massa mirip-

batuan. Terkadang, satu atau lebih bahan aditif ditambahkan untuk menghasilkan beton dengan karakteristik tertentu, seperti kemudahan pengerjaan (*workability*), durabilitas, dan waktu pengerasan.

Struktur bangunan pada umumnya terdiri dari struktur bawah (*lower structure*) dan struktur atas (*upper structure*). Struktur bawah yang dimaksud adalah pondasi dan struktur bangunan yang berada di bawah permukaan tanah, sedangkan yang dimaksud dengan struktur atas adalah struktur bangunan yang berada di atas permukaan tanah seperti kolom, balok, pelat, tangga. Setiap komponen tersebut memiliki fungsi yang berbeda-beda di dalam sebuah struktur.

Struktur kolom adalah batang vertikal dari rangka struktur yang memikul beban dari balok. Kolom berfungsi meneruskan beban dari elevasi atas ke elevasi bawahnya hingga sampai ke tanah melalui fondasi. Kolom merupakan struktur tekan sehingga keruntuhan kolom tidak memberikan peringatan awal yang cukup jelas. Oleh karena itu, dalam merencanakan kolom perlu adanya perencanaan kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan elemen beton bertulang lainnya.

Fungsi kolom adalah sebagai penerus beban seluruh bangunan ke pondasi. Bila diumpamakan, kolom itu seperti rangka tubuh manusia yang memastikan sebuah bangunan berdiri. Kolom termasuk struktur utama untuk meneruskan berat bangunan dan beban lain seperti beban hidup (manusia dan barang-barang), serta beban hembusan angin. Kolom berfungsi sangat penting, agar bangunan tidak mudah roboh.

### Perencanaan Kolom

Dalam perencanaan kolom yang dibebani beban aksial dan lentur harus memenuhi

prinsip dan persyaratan pada SNI 02-2857-2013, hal 74-75, yaitu sebagai berikut:

1. Perencanaan penampang yang dibebani lentur atau aksial atau kombinasi beban lentur dan aksial harus didasarkan atas kompatibilitas regangan dan tegangan dengan menggunakan asumsi dalam 10.2 SNI 03-2847-2013.
2. Kondisi regangan seimbang terjadi pada penampang ketika tulangan tarik mencapai regangan yang berhubungan dengan tegangan leleh  $f_y$  pada saat yang bersamaan dengan tercapainya regangan batas 0,003 pada bagian beton yang tertekan.
3. Penampang terkendali tarik jika regangan tarik netto dalam baja tarik terjauh,  $\epsilon_t$  sama dengan atau lebih besar dari 0,005 bila beton tekan mencapai batas regangan asumsi sebesar 0,003. Penampang dengan  $\epsilon_t$  antara batas regangan terkendali tekan dan 0,005 membentuk daerah transisi antara penampang terkendali tekan dan terkendali tarik.
4. Untuk komponen struktur lentur non-prategang dan komponen struktur non-prategang dengan beban tekan aksial terfaktor kurang dari  $0,10 f_c' A_g$ ,  $\epsilon_t$  pada kekuatan nominal tidak boleh kurang dari 0,004. Pemakaian tulangan tekan diizinkan terkait dengan tulangan tarik tambahan untuk meningkatkan kekuatan komponen struktur lentur.
5. Desain beban aksial  $\phi P_n$  dari komponen struktur tekan tidak boleh lebih besar dari  $\phi P_{n,max}$ , yang dihitung dengan persamaan sebagai berikut :
  - Untuk Untuk komponen struktur non-prategang dengan tulangan spiral yang memenuhi 7.10.4 atau komponen struktur komposit yang memenuhi 10.13:

$$\phi P_n(\max) = 0.85 (0.85 f_c'(A_g - A_{st}) + f_y A_{st})$$

- Untuk komponen struktur non-prategang dengan tulangan pengikat yang memenuhi 7.10.5:  

$$\phi P_n(\max) = 0.80 (0.85 f_c'(A_g - A_{st}) + f_y A_{st})$$
  - Untuk komponen struktur prategang, kekuatan aksial desain,  $\phi P_n$ , tidak boleh diambil lebih besar dari 0,85 (untuk komponen struktur dengan tulangan spiral) atau 0,80 (untuk komponen struktur dengan tulangan pengikat) dari kekuatan aksial desain pada eksentrisitas nol  $\phi p_o$ .
6. Komponen struktur yang dibebani aksial tekan harus didesain terhadap momen maksimum yang mungkin menyertai beban aksial. Beban aksial terfaktor  $P_u$  dengan eksentrisitas yang ada tidak boleh melampaui nilai yang diberikan dalam 10.3.6. Momen terfaktor maksimum  $M_u$  harus diperbesar untuk memperhitungkan pengaruh kelangsingan sesuai dengan 10.10.

### Pembebanan

Berdasarkan arah gaya yang bekerja, beban pada struktur dibedakan menjadi tiga, yaitu: beban vertikal (gravitasi/aksial), beban horizontal (lateral), dan momen. Jenis beban yang termasuk dalam arah bekerjanya gaya yaitu, sebagai berikut:

1. Beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung tersebut.
2. Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau

penggunaan suatu gedung, termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah dan termasuk beban akibat air hujan pada atap.

3. Beban gempa adalah semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa tersebut.

### Analisa Statik Ekuivalen

Analisa beban statik ekuivalen adalah suatu cara analisa statik pendekatan struktur terhadap beban gempa, dimana diasumsikan bahwa beban statik horizontal yang bekerja pada struktur akibat transfer beban secara lateral akibat gempa tidak menimbulkan perubahan mencolok dalam perbandingan antara berat dan kekakuan struktur pada tingkat-tingkat lantainya. Pada perhitungan gaya geser gempa secara statik ekuivalen ini memiliki tahap-tahap sebagai berikut:

1. Penentuan kategori resiko bangunan berdasarkan fungsi bangunan.
2. Penentuan klasifikasi situs berdasarkan kondisi tanah pada wilayah gempa.
3. Menentukan desain percepatan spektra untuk perioda terpendek kelas situs.
4. Jenis kategori desain seismik nya terhadap jenis struktur bangunan.
5. Menentukan desain respons spectrum untuk memperoleh perioda dasar ( $T_a$ ).
6. Menghitung gaya geser dasar gempa berdasarkan berat total struktur dan koefisien respons seismik.

Gaya geser dasar akibat beban gempa ditetapkan dengan persamaan sebagai berikut:

$$V = C_s \times W$$

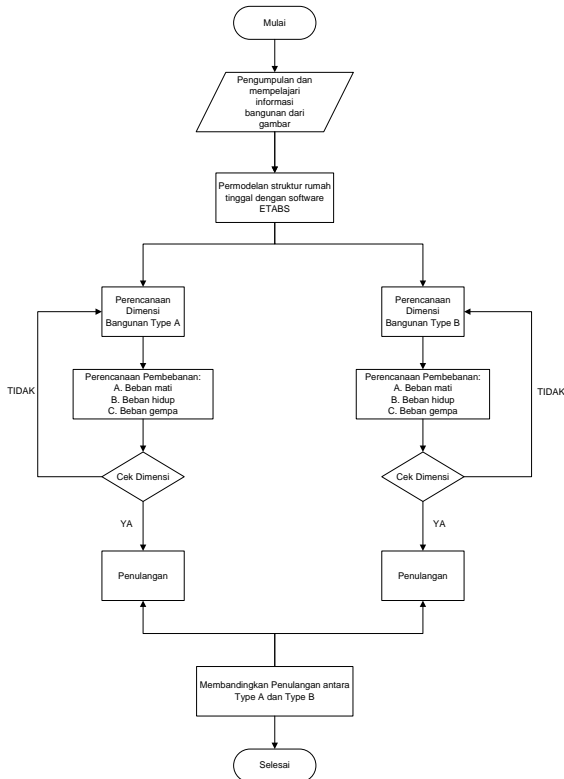
Gaya gempa lateral ( $F_x$ ) yang timbul pada setiap tingkat ditentukan dari persamaan sebagai berikut:

$$F_x = C_{vx} \times V$$

$$C_{vx} = \frac{wxh_x^k}{\sum_i^n wih_i^k}$$

**Metodologi**

Adapun langkah-langkah pengerjaan tugas akhir ini dalam *flowchart* berikut:



Gambar 8. *Flowchart* Pelaksanaan Tugas Akhir

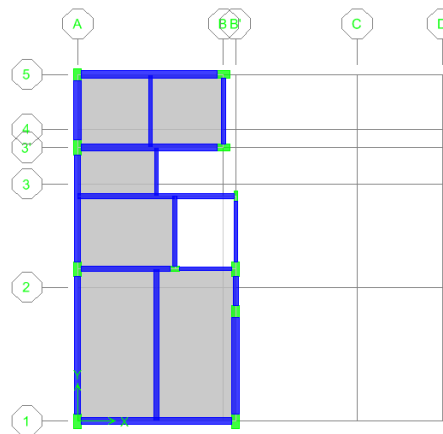
**Permodelan Struktur**

Permodelan struktur untuk penelitian ini akan ditinjau dan dianalisa secara 2 dimensi (2D) berupa portal bertingkat lima menggunakan program ETABS v.9.7.4. adapun spesifikasi yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

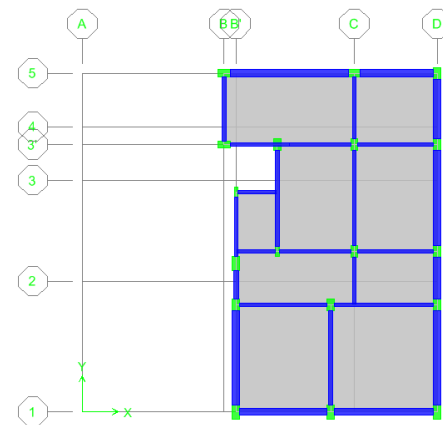
Data umum bangunan.

- a. Fungsi bangunan :Rumah tinggal
- b. Jumlah lantai : 3 lantai
- c. Panjang bangunan :20meter
- d. Lebar bangunan : 8 meter
- e. Tinggi bangunan : 12.5 meter
- f. Tinggi per lantai type A : 2.5 meter

- g. Tinggi per lantai type B : 1.5 meter & 3.5 meter
- h. Jenis tanah : Tanah lunak
- i. Jenis struktur : Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)
- j. Lokasi Bangunan : Jakarta Barat
- k. Mutu Beton :  $f_c' = 25$  Mpa
- l. Modulus Elastisitas Beton :  $E_c = 23453$  Mpa
- m. Mutu Baja Tulangan :  $f_y = 400$  Mpa



Gambar 9. Permodelan Denah Lantai 1



Gambar 10. Permodelan Denah Lantai 1.5

**Pembebanan Struktur**

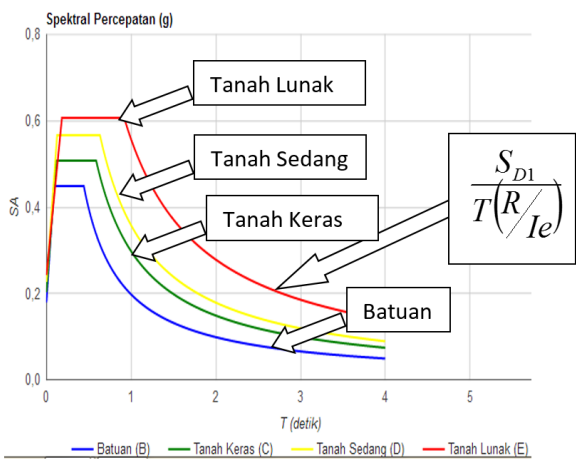
Pada analisis ini digunakan kombinasi beban berdasarkan SNI 2847 yaitu: 1,2DL+1LL+1EQ.

Beban arah lateral yang dikenai berupa beban gempa ini akan mengenai struktur portal berupa beban titik pada setiap lantainya.

Beban gempa ini dihitung sesuai peraturan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Gedung dengan SNI 03-1726-2012. Berdasarkan kategori dan jenis kategori struktur yaitu Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), dari tabel-tabel literatur dihasilkan sebagai berikut:

- Faktor kategori desain seismic (KDS) : 2
- Faktor keutamaan gempa ( $I_e$ ) : 1.0
- Faktor koefisien modifikasi respon gempa ( $R$ ) : 8
- Faktor kuat lebih sistem ( $\Omega_x$ ) : 3
- Faktor pembesaran defleksi ( $C_d$ ) : 5.5

Dari hasil diatas, maka didapat grafik desain respons spektrum dan perioda untuk jenis tanah lunak di daerah Jakarta Barat adalah sebagai berikut:



Gambar 11. Respons Spektrum Desain

Berdasarkan tipe struktur, dan tinggi total bangunan gedung diperoleh sebagai berikut:

- $C_t = 0.0466$
- $x = 0.9$
- $H = 12.5$  m
- $C_u = 1.4$

Nilai perioda alami :

$$T_a = C_t \cdot h_n^x = 0.0466 \cdot 12.5^{0.9} = 0.310 \text{ detik}$$

Nilai perioda maksimum:

$$T_{max} = C_u \cdot T_a = 1.4 \cdot 0.310 = 0.434 \text{ detik}$$

Nilai koefisien respon seismic, :

$$C_s = 0.0758g$$

Sehingga untuk beban gempa dihitung dengan nilai total beban gempa adalah sebagai berikut:

- Bangunan tipe A,  $V = 42.8$  ton
- Bangunan tipe B,  $V = 20.6$  ton

### Kesimpulan

Dari keseluruhan pembahasan di atas tentang analisis bangunan split level dengan menggunakan gempa dinamik dan response spectrum, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Gaya – gaya dalam yang terbesar terjadi pada bangunan split level type B dengan ketinggian split level 1.5 meter.
2. Luas tulangan kolom bangunan type A dan type B berbeda, dimana luas tulangan kolom yang lebih besar adalah kolom type B dengan split level 1.5 meter.
3. Pada bangunan dengan split level 1.5 meter *strong column weak beam* tercapai, Sedangkan pada bangunan dengan split level 2.5 meter *strong column weak beam* tidak tercapai.
4. Dikarenakan pada pengecekan *strong column weak beam* pada split level 2.5 meter tidak tercapai, maka dimensi kolom pada bangunan tersebut harus diperbesar. Sehingga dimensi kolom tidak dapat disamakan dengan bangunan split level 1.5 meter.
5. Periode getar bangunan type A dan type B yang terjadi adalah berbeda, namun periode getar yang digunakan untuk perhitungan gempa sama-sama menggunakan periode getar maksimum.

## Daftar Pustaka

- Edward G Nawy, *“Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar”*, PT Eresco, Bandung 1990.
- Fillino Erwinsyah, *“Perhitungan Gaya Geser Pada Bangunan Bertingkat yang Berdiri Di Atas Tanah Miring Akibat Gempa Dengan Cara Dinamis”*, Vol.1 No.3, Manado 2013.
- Istimawan Dipohusodo, *“Struktur Beton Bertulang”*, Gramedia, Jakarta 1994.
- Jack C McCormac, *“Desain Beton Bertulang”*, Edisi kelima jilid 1, Erlangga, Jakarta 2004.
- PPURG 1987, *“Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung”*.
- SNI 1726-2012, *“Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung dan Rumah”*,
- SNI 2847-2013, *“Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung Yang Berlaku Di Indonesia”*,
- Sudarmoko, *“Perencanaan dan Analisis Kolom Beton Bertulang”*, Biro Penerbit, Yogyakarta 1996.
- Yosafat Aji Pranta dan Leny Elvira, *“Analisis Kegagalan Struktur Bangunan Rumah Tinggal Dengan Metode Elemen Hingga Linier”*, Vol.12 No.3, Bandung 2013.