

## PERENCANAAN GEDUNG TRAINING CENTER KONSTRUKSI BETON BERTULANG 4 LANTAI DI KOTA MANADO

Rivaldo Laily

Marthin D. J. Sumajouw, Steenie E. Wallah

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

Email : [lailyrivaldo@gmail.com](mailto:lailyrivaldo@gmail.com)

### ABSTRAK

*Perencanaan struktur bangunan tahan gempa sangat penting di Indonesia. Terlebih khusus juga di daerah yang mempunyai tingkat resiko kegempaan yang tinggi. Jika terjadi bencana alam seperti gempa yang merupakan salah satu beban lateral, maka struktur di atasnya akan mengalami pergerakan secara vertikal maupun secara lateral. Pergerakan vertikal relatif kecil pada umumnya, sedangkan pergerakan lateral akan memberikan beban lateral kepada struktur yang dapat menyebabkan struktur runtuh. Sehingga, perencanaan bangunan Training Center ini akan direncanakan komponen struktur gedung beton bertulang yang tahan gempa dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan juga direncanakan model struktur gedung beton bertulang sesuai dengan peraturan SNI yang berlaku.*

*Struktur gedung yang akan direncanakan memiliki 4 lantai, dengan panjang bangunan 50,4 m, lebar 14 m, tinggi 14,4 m dan letaknya berada di kota Manado. Komponen struktur atas (upper structure) yang akan direncanakan yaitu balok, kolom, pelat dan untuk komponen struktur bawah (lower structure) yang akan direncanakan yaitu pondasi. Beban yang akan dihitung dalam perencanaan bangunan ini yaitu beban mati, beban hidup, dan juga beban gempa. Perhitungan beban mati dan beban hidup mengikuti persyaratan dari SNI 1727-2013. Beban gempa akan dianalisis secara statik dan dinamis dan mengikuti persyaratan dari SNI 1726-2012. Pemodelan dan analisis struktur akan memakai program ETABS dengan pemodelan 3D. Berdasarkan hasil analisa dan desain yang telah dilakukan, "strong column weak beam" telah bekerja menyebar di sebagian besar lantai. Komponen struktur dengan penulangannya dapat menahan gaya lentur dan gaya geser yang bekerja pada penampang, dan telah mengikuti persyaratan pendetailan dalam SRPMK untuk mendapatkan struktur yang bersifat daktail. Sehingga untuk persyaratan perencanaan bangunan menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus telah terpenuhi.*

**Kata kunci : Perencanaan Bangunan, Beton Bertulang, SRPMK, ETABS.**

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Pembangunan gedung-gedung bertingkat dapat menjadi solusi akan masalah kebutuhan lahan saat ini. Jumlah penduduk terus mengalami peningkatan sedangkan ketersediaan lahan semakin hari semakin berkurang. Kebutuhan akan pembangunan sarana dan prasarana juga terus meningkat seiring pertumbuhan jumlah penduduk. Sehingga untuk mengatasi masalah ini, salah satu alternatif yang diambil yaitu pembangunan gedung bertingkat.

Tetapi gedung bertingkat mempunyai resiko keruntuhan yang lebih besar jika terjadi gempa. Sedangkan wilayah Indonesia dapat dikatakan wilayah yang rawan terjadi gempa bumi. Hal ini terjadi karena Indonesia terletak

di antara lempeng Australia, lempeng Eurasia dan lempeng pasifik. Selain itu juga Indonesia termasuk dalam cincin api pasifik. Ini yang kemudian menjadi penyebab kenapa di Indonesia sering sekali terjadi gempa bumi, baik vulkanik maupun tektonik.

Dalam merencanakan pembangunan gedung Training Center ini yang dimana berada di kota Manado dan merupakan salah satu wilayah yang sering terjadi gempa bumi, maka diperlukan perencanaan yang baik dan akurat agar dapat mencegah atau meminimalisir kerusakan yang terjadi akibat gempa bumi. Bangunan ini harus tahan terhadap beban-beban yang direncanakan akan bekerja pada bangunan ini dan salah satunya juga adalah beban gempa. Dengan melakukan analisa struktur, kita dapat memperoleh gaya-

gaya yang bekerja pada struktur bangunan tersebut dan kemudian mendesain setiap elemen struktur yang akan digunakan untuk konstruksi bangunan itu.

Maka dari itu, penulis akan membuat perencanaan komponen struktur beton bertulang dengan mempertimbangkan efisiensi dan tetap mematuhi peraturan-peraturan yang berlaku dalam SNI. Dalam penelitian ini, struktur yang direncanakan adalah bangunan "Training Center" dengan 4 lantai yang berlokasi di kota Manado. Berdasarkan data jenis dan lokasi gedung, maka Kategori Desain Gempa berdasarkan Parameter Respon Percepatan Periode Pendek masuk pada kategori D yang dimana kategori D termasuk pada tingkat resiko kegempaan yang tinggi dan harus menggunakan metode sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) sebagai pedoman desainnya.

### Rumusan Masalah

Penulisan laporan tugas akhir ini membahas tentang bagaimana merencanakan suatu bangunan beton bertulang yang berada di daerah dengan tingkat resiko kegempaan yang tinggi dengan melakukan pendekatan dengan metode SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus). Diharapkan dengan menggunakan metode SRPMK, bangunan dapat memiliki struktur yang fleksibel (memiliki daktilitas tinggi). Pendetailan dalam SRPMK adalah untuk memastikan respons inelastik dari struktur, dengan mengacu pada prinsip : Strong-Column/Weak-Beam yang bekerja menyebar di sebagian besar lantai dan tidak terjadinya kegagalan geser pada balok, kolom dan joint. Analisis struktur akan menggunakan bantuan dari program ETABS. Berdasarkan rumusan masalah tersebut maka diambil judul penelitian untuk dibahas, yaitu :

*"Perencanaan Gedung Training Center konstruksi Beton Bertulang 4 Lantai di Kota Manado"*

### Tujuan Penelitian

Adapun tujuan tugas akhir ini adalah :

1. Merencanakan komponen struktur gedung beton bertulang tahan gempa dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dan merencanakan model struktur gedung beton bertulang sesuai dengan peraturan SNI yang berlaku.

2. Mendapatkan kesimpulan yang dapat membantu dalam hal mendesain dan merencanakan struktur bangunan beton bertulang yang tahan gempa.

### Manfaat Penelitian

Manfaat dari penulisan tugas akhir ini yaitu sebagai bahan referensi untuk mengetahui nilai kuat tekan dan kuat tarik lentur beton serat kawat bendrat yang ditekuk dengan variasi sudut berbeda.

## LANDASAN TEORI

### Sistem Struktur Bangunan Tahan Gempa

Pada dasarnya setiap sistem struktur pada suatu bangunan merupakan penggabungan berbagai elemen struktur secara tiga dimensi. Fungsi utama sistem struktur adalah memikul secara aman dan efektif beban yang bekerja pada bangunan serta menyalurkannya ke tanah melalui pondasi (Juwana, Jimmy S, 2005). Dalam berbagai sistem struktur, baik yang menggunakan bahan beton bertulang, baja maupun komposit selalu ada komponen (subsystem) yang dapat dikelompokkan dalam sistem yang digunakan untuk menahan gaya gravitasi dan sistem untuk menahan gaya lateral.

### Definisi dan Prinsip SRPMK

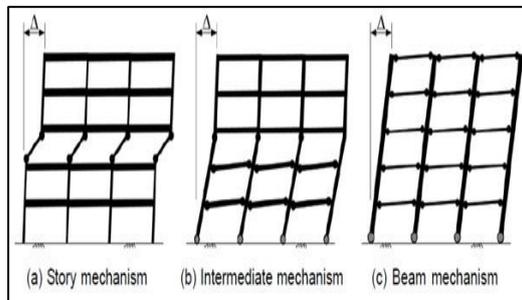
Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus adalah desain struktur beton bertulang dengan pendetailan yang menghasilkan struktur yang fleksibel (memiliki daktilitas yang tinggi). Dengan pendetailan mengikuti ketentuan SRPMK, maka faktor reduksi gaya gempa  $R$  dapat diambil sebesar 8, yang artinya bahwa gaya gempa rencana hanya  $1/8$  dari gaya gempa untuk elastis desain (Pengambilan nilai  $R > 1$  artinya mempertimbangkan post-elastic desain, yaitu struktur mengalami kelelahan tanpa kegagalan fungsi). Ketentuan SRPMK dijelaskan dalam SNI 03-2847-2013.

Saat ini, SPRMK wajib digunakan untuk wilayah dengan resiko gempa tinggi (ketagori desain sesimik D, E dan F dalam SNI 1726-2012). SPRMK dapat digunakan juga dalam kategori desain seismik A, B dan C, namun perlu diperhatikan jika tidak ekonomis. Berdasarkan pengalaman para praktisi, untuk desain yang ekonomis dengan SPRMK, bentang balok yang proporsional

adalah 6 sampai 9 m. Untuk jarak antar lantai disarankan tidak lebih dari 6 m. Untuk jarak antar lantai yang tinggi, perlu diperhatikan kemungkinan soft story.

Struktur SRPMK diharapkan memiliki tingkat daktilitas yang tinggi, yaitu mampu menerima mengalami siklus respon inelastis pada saat menerima beban gempa rencana. Pendetailan dalam ketentuan SRPMK adalah untuk memastikan bahwa respon inelastis dari struktur bersifat daktail. Prinsip ini terdiri dari tiga:

1. Strong-Column/weak-beam yang bekerja menyebar di sebagian besar lantai
2. Tidak terjadi kegagalan geser pada balok, kolom dan joint
3. Menyediakan detail yang memungkinkan perilaku daktail
- 4.



Gambar 1. Desain SRPMK mencegah terjadinya mekanisme soft story (a) dengan membuat kolom kuat sehingga drift tersebar merata sepanjang lantai (c) atau sebagian besar lantai (b).

#### Persyaratan Balok pada SRPMK

Persyaratan perencanaan komponen struktur lentur dengan SRPMK sesuai SNI Beton 2847-2013 pasal 21.5.1 yaitu:

1. Gaya tekan aksial terfaktor pada komponen struktur,  $P_u$ , tidak boleh melebihi dari  $A_g f_c' / 10$ .
2. Panjang bentang bersih untuk komponen struktur,  $l_n$ , tidak boleh kurang dari empat kali tinggi efektifnya.
3. Lebar komponen,  $b_w$  tidak boleh kurang dari yang lebih kecil dari 0.3h dan 250 mm.
4. Lebar komponen,  $b_w$ , tidak boleh kurang dari yang lebih kecil dari 0.3h dan 250 mm.
5. Lebar komponen struktur,  $b_w$ , tidak boleh melebihi lebar komponen struktur penumpu, ditambah suatu jarak pada masing-masing sisi komponen struktur

penumpu yang sama dengan yang lebih kecil dari (a) dan (b) :

- a) Lebar komponen struktur penumpu, dan
- b) 0,75 kali dimensi keseluruhan komponen struktur penumpu.

#### Persyaratan Tulangan Longitudinal Balok SRPMK

Persyaratan penulangan longitudinal balok SRPMK mengikuti peraturan dalam SNI 2847-2013 pasal 21.5.2 yaitu:

Persyaratan penulangan longitudinal balok SRPMK mengikuti peraturan dalam SNI 2847-2013 pasal 21.5.2 yaitu:

1. Untuk luas tulangan atas maupun bawah, jumlah tulangan tidak boleh kurang dari yang diberikan oleh Pers. (10-3) dalam SNI 2847-2013 tetapi tidak kurang dari  $1,4b_w d / f_y$ , dan rasio tulangan,  $\rho$ , tidak boleh melebihi 0,025. Paling sedikit dua batang tulangan harus disediakan menerus pada kedua sisi atas dan bawah.
2. Kekuatan momen positif pada muka joint harus tidak kurang dari setengah kekuatan momen negatif atau positif pada sebarang penampang sepanjang panjang komponen struktur tidak boleh kurang dari seperempat kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu dari joint tersebut.
3. Sambungan lewatan pada tulangan lentur diizinkan hanya jika ada tulangan sengkang atau spiral disediakan sepanjang panjang sambungan. Spasi tulangan transversal yang mengikat batang tulangan yang disambung lewatan tidak boleh melebihi yang lebih kecil dari  $d/4$  dan 100 mm.

#### Persyaratan Tulangan Transversal Balok SRPMK

Persyaratan penulangan transversal balok SRPMK mengikuti peraturan dalam SNI 2847-2013 Pasal 21.5.3 sebagai berikut:

1. Sengkang tertutup harus disediakan pada daerah hingga dua kali tinggi balok diukur dari tumpuan pada kedua ujung komponen struktur lentur. Selain itu, sengkang tertutup juga harus dipasang disepanjang daerah dua kali tinggi balok pada kedua sisi dari suatu penampang, pada tempat yang diharapkan dapat terjadi leleh lentur.
2. Sengkang tertutup pertama harus ditempatkan tidak lebih dari 50 mm dari

muka komponen struktur penumpu. Jarak antar sengkang tertutup tidak boleh melebihi yang terkecil dari (a), (b) dan (c):

- a)  $\frac{d}{4}$
  - b) Enam kali diameter tulangan longitudinal terkecil
  - c) 150 mm
3. Bila sengkang tertutup tidak diperlukan, sengkang dengan kait gempa pada kedua ujung harus dispasikan dengan jarak tidak lebih dari  $d/2$  sepanjang panjang komponen struktur.

#### **Persyaratan Kekuatan Geser Balok SRPMK**

Gaya geser desain,  $V_e$ , harus ditentukan dari peninjauan gaya statis pada bagian komponen struktur antara muka-muka joint. Harus diasumsikan bahwa momen-momen dengan tanda berlawanan yang berhubungan dengan kekuatan momen lentur yang mungkin,  $M_{pr}$ , bekerja pada muka-muka joint dan bahwa komponen struktur dibebani dengan beban gravitasi tributari terfaktor sepanjang bentangnya.

#### **Persyaratan Kolom dengan SRPMK**

Persyaratan komponen struktur yang menerima beban lentur dan beban aksial beton bertulang sesuai SNI 2847-2013 Pasal 21.6 pada Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus adalah sebagai berikut :

1. Persyaratan dari sub pasal ini berlaku untuk komponen struktur rangka momen khusus yang membentuk bagian sistem penahan gaya gempa dan yang menahan gaya aksial terfaktor,  $P_u$ , akibat sebarang kombinasi beban yang melebihi  $A_g f_c' / 10$ .
2. Dimensi penampang terpendek, diukur pada garis lurus yang melalui pusat geometri, tidak boleh kurang dari 300 mm.
3. Rasio dimensi penampang terpendek terhadap dimensi tegak lurus tidak boleh kurang dari 0.4.

#### **Persyaratan Kekuatan Lentur dan Penulangan longitudinal Kolom SRPMK**

Persyaratan kekuatan lentur dan tulangan memanjang kolom SRPMK menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.6.3 adalah sebagai berikut :

- a)  $\Sigma M_{nc} \geq 1,2 \Sigma M_{nb}$
- b) Luas tulangan memanjang,  $A_{st}$ , tidak boleh kurang dari  $0.01A_g$  atau lebih dari  $0.06A_g$ .

- c) Pada kolom dengan sengkang bulat, jumlah tulangan longitudinal minimum harus 6.
- d) Sambungan lewatan hanya boleh dipasang ditengah tinggi kolom dan harus diikat dengan tulangan *confinement* dengan spasi tulangan yang ditetapkan pada Pasal 21.6.4.3.

#### **Persyaratan Tulangan Transversal Kolom SRPMK**

Berdasarkan persyaratan tulangan transversal dalam SNI 2847:2013 Pasal 21.6.4 bahwa tulangan harus dipasang sepanjang panjang  $l_o$  dari setiap muka joint dan pada kedua sisi sebarang penampang. Panjang  $l_o$  tidak boleh kurang dari (a), (b), dan (c) :

- a) Tinggi penampang komponen struktur pada muka joint atau dimana pelelehan lentur sepertinya terjadi.
- b) Seperenam bentang bersih komponen struktur.
- c) 450 mm.

Spasi tulangan transversal sepanjang  $l_o$  komponen struktur tidak boleh melebihi yang terkecil dari :

- Seperempat dimensi komponen struktur terkecil
- Enam kali diameter batang tulangan longitudinal yang terkecil, dan
- boleh melebihi 150 mm dan tidak perlu diambil kurang dari 100 mm.
- Diluar daerah sepanjang  $l_o$  dari hubungan balok kolom jarak sengkang tertutup diambil tidak melebihi nilai terkecil antara 6 kali diameter tulangan longitudinal atau 150 mm.

#### **Persyaratan Tulangan Longitudinal Joint Balok-Kolom**

1. Gaya-gaya pada tulangan balok longitudinal di muka joint harus ditentukan dengan mengasumsikan bahwa tegangan pada tulangan tarik lentur adalah  $1,25f_y$ .
2. Bila tulangan balok longitudinal menerus melalui joint balok-kolom, dimensi kolom yang sejajar terhadap tulangan balok tidak boleh kurang dari 20 kali diameter batang tulangan balok longitudinal terbesar untuk beton normal (normalweight). Untuk beton ringan (lightweight), dimensinya tidak boleh kurang dari 26 kali diameter batang tulangan.

### Kekuatan Geser

Untuk beton berat normal,  $V_n$  joint tidak boleh diambil sebagai yang lebih besar dari nilai yang ditetapkan persamaan-persamaan di bawah :

1. Untuk joint yang terkekang oleh balok-balok pada semua empat muka  
 $1,7 \sqrt{f'c'} A_j$
2. Untuk joint yang terkekang oleh balok-balok pada tiga muka atau pada dua muka yang berlawanan  
 $1,2 \sqrt{f'c'} A_j$
3. Untuk kasus-kasus lainnya.  
 $1,0 \sqrt{f'c'} A_j$

Suatu balok yang merangka ke dalam suatu muka dianggap memberikan pengekangan pada joint bila balok tersebut menutupi paling sedikit tiga perempat muka joint. Perpanjangan balok paling sedikit satu kali tinggi balok keseluruhan melewati muka joint diizinkan untuk dianggap mencukupi untuk mengekang muka joint tersebut.

### Kontrol dan Analisis

Setelah pemodelan dan analisis struktur selesai dilakukan, maka struktur perlu dicek terhadap standar dan persyaratan yang berlaku sebagai berikut.

### Periode Fundamental Struktur, T

Periode fundamental struktur, T, tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung ( $C_u$ ) dan periode fundamental pendekatan ( $T_a$ ) yang ditentukan dari persamaan (2.6). Sebagai alternatif pada pelaksanaan analisis untuk menentukan periode fundamental struktur, T, diijinkan secara langsung menggunakan periode bangunan pendekatan,  $T_a$ , yang ditentukan dari persamaan berikut:

$$T_a = C_t h_n^x$$

$$T_{max} = C_u T_a$$

### Partisipasi Massa

Pada SNI gempa 03-1726-2012 Pasal 7.9.1 disebutkan bahwa analisis harus dilakukan untuk menentukan ragam getar alami untuk struktur. Analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90% dari massa aktual dalam masing-masing arah horisontal ortogonal dari respons yang ditinjau oleh model.

### Gaya Geser Dasar Nominal (Base Shear)

Pada SNI gempa 03-1726-2012 Pasal 7.9.4 disebutkan bahwa Nilai akhir respons dinamik struktur gedung terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana dalam suatu arah tertentu, tidak boleh diambil kurang dari 85% nilai respons ragam yang pertama. Bila respons dinamik struktur gedung dinyatakan dalam gaya geser dasar nominal V, maka persyaratan tersebut dapat dinyatakan menurut persamaan berikut :

$$V_{dinamis} > 0,85 V_{statis}$$

Jika kombinasi respons untuk geser dasar ragam ( $V_i$ ) lebih kecil 85% dari geser dasar yang dihitung (V) menggunakan prosedur gaya lateral ekuivalen, maka gaya harus dikalikan dengan  $0,85V/V_i$ .

### Simpangan Antar Lantai Tingkat

Kinerja batas ultimit struktur gedung ditentukan oleh simpangan dan simpangan antar tingkat maksimum struktur gedung akibat pengaruh gempa rencana dalam kondisi struktur gedung diambang keruntuhan, yaitu untuk membatasi kemungkinan terjadinya keruntuhan struktur gedung yang dapat menimbulkan korban jiwa manusia dan untuk mencegah benturan berbahaya antar gedung atau antar bagian struktur gedung yang dipisah dengan sela pemisah (Riza, Muhammad Miftakhur, 2013).

Dalam SNI 03-1726-2012 Pasal 7.12.1, disebutkan bahwa dalam segala hal simpangan antar lantai tingkat desain ( $\Delta$ ) tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin ( $\Delta_o$ ) untuk semua tingkat.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Objek Penelitian

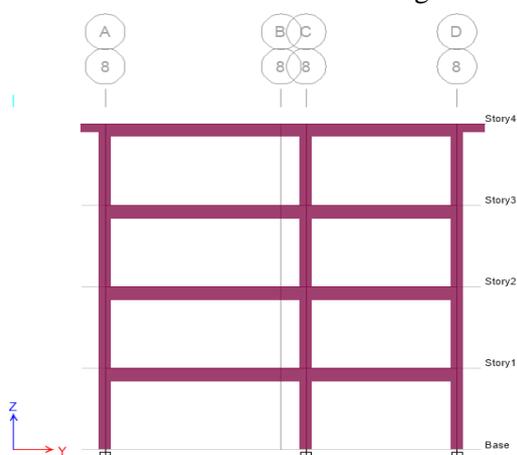
Dalam pengerjaan tugas akhir ini, objek penelitian yang akan dibahas adalah struktur portal beton bertulang pada bangunan Training Center yang terdiri dari 4 lantai. Bangunan ini memiliki panjang 50.4 m dan lebar 14 m, serta mempunyai tinggi 14.4 m. Perhitungan gaya-gaya dalam yang bekerja pada struktur ini akan menggunakan analisis portal 3 dimensi dengan menggunakan program ETABS.

**Lokasi Penelitian**

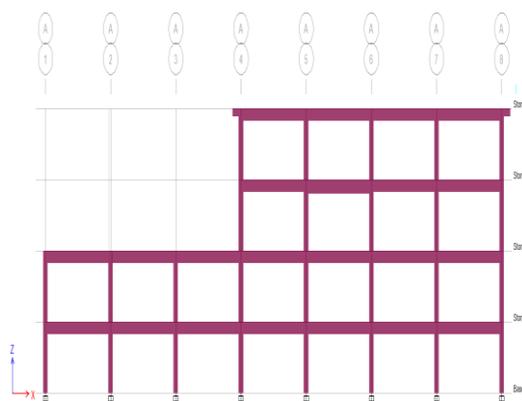
Lokasi kajian dari tugas akhir ini adalah bangunan Training Center 4 lantai di kota manado.

**Data Bangunan :**

- Nama bangunan : Training Center
- Panjang bangunan : 50.4 m (memanjang) & 14 m (melintang)
- Tinggi bangunan : 14.4 m
- Tinggi antar lantai : 3.6 m
- Struktur bangunan : Bangunan Beton Bertulang



(a)



(b)

Gambar 2. (a) Tampak Samping Struktur, (b) Tampak Depan Struktur

**Data Material :**

- Mutu beton yang akan digunakan dalam perencanaan bangunan ini memiliki kuat tekan beton ( $f_c'$ ) sebesar 30 MPa,
- Untuk mutu beton pada struktur bawah memakai kuat tekan beton ( $f_c'$ ) sebesar 25 MPa,
- Tulangan geser atau sengkang menggunakan BJTS 28 dengan tegangan leleh sebesar 280 MPa,
- Tulangan memanjang menggunakan BJTS 40 dengan tegangan leleh sebesar 400 MPa.

**Data Tanah :**

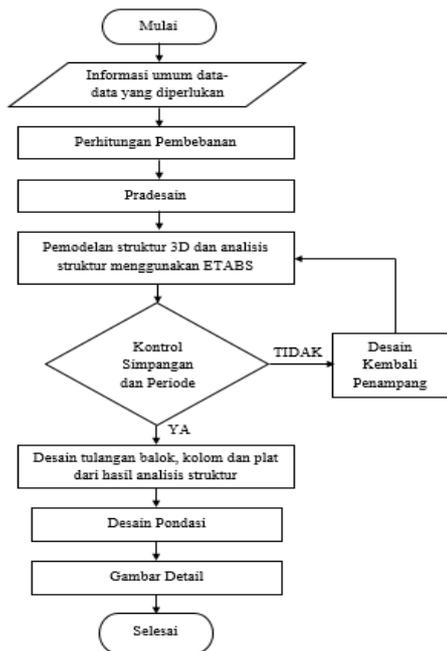
Berdasarkan data hasil laporan penyelidikan tanah yang dilakukan pada 5 titik dengan uji sondir didapat hasilnya sebagai berikut :

- Lapisan tanah keras ( $q_c$ )  $\geq 150$  kg/cm<sup>2</sup> pada titik S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub> berada pada kedalaman rata-rata 3.46 m sedangkan pada titik S<sub>4</sub>, S<sub>5</sub> berada pada kedalaman rata-rata 5.3 m,
- MAT berada pada kedalaman  $\pm 5$  m,
- Jenis tanah adalah sands, silt mixtures dan sand mixtures.

**Analisis Data**

Analisis data untuk beban gempa statik ekuivalen yaitu dengan meninjau beban-beban gempa statik ekuivalen, sehubungan dengan sifat struktur gedung beraturan yang praktis berperilaku sebagai struktur 3 dimensi, sehingga respons dinamikanya praktis hanya ditentukan oleh respons ragamnya yang pertama dan dapat ditampilkan sebagai akibat dari beban gempa statik ekuivalen. Faktor pembebanan yang digunakan yaitu :

1. 1,4DL
2. 1,2DL + 1,6LL+ 0,5 (Lr atau R)
3. 1,2DL + 1,6 (Lr atau R) + (L atau 0,5W)
4. 1,2DL + 1,0W+ L+ 0,5 (Lr atau R)
5. 1,2DL + 1,0E+ L+ 0,2S
6. 0,9DL + 1,0W
7. 0,9DL + 1,0E



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Perhitungan Pembebanan

1. Beban mati :
  - Berat beton bertulang = 24 kN/m<sup>3</sup>
  - Beban mati tambahan = 1,2 kN/m<sup>2</sup>
2. Beban Hidup :
  - Gimnasium = 4,79 kN/m<sup>2</sup>
  - Gudang = 6 kN/m<sup>2</sup>
  - Koridor = 4,79 kN/m<sup>2</sup>
  - Lobi = 4,79 kN/m<sup>2</sup>
  - RoofTop = 0,96 kN/m<sup>2</sup>
  - Ruang Tidur = 1,92 kN/m<sup>2</sup>
  - Toilet = 1,92 kN/m<sup>2</sup>
  - Tangga = 4,79 kN/m<sup>2</sup>
3. Beban Gempa :
  - S<sub>DS</sub> = 0,74979 (masuk kategori D)
  - S<sub>DI</sub> = 0,45909 (masuk kategori D)

### Pradesain

1. Dimensi awal balok utama dan balok anak didapat :
  - Balok utama = 400 mm x 600 mm
  - Balok anak = 300 mm x 400 mm
2. Tebal plat minimum dan yang akan dipakai didapat :
  - Tebal plat minimum = 8,7078 mm (dipakai tebal plat = 12 mm)
3. Dimensi awal kolom untuk perencanaan didapat :
  - Kolom = 600 mm x 600 mm

### Kontrol Periode Fundamental Struktur (T)

- Berdasarkan hasil analisis dari Etabs, didapat T = 0,765 detik.
- T<sub>a</sub> = 0,0466 x (Tinggi Gedung)<sup>0,9</sup> = 0,0466 x (14,4)<sup>0,9</sup> = 0,5134 detik  
 Karena nilai T > T<sub>a</sub>, maka T<sub>a</sub> boleh menggunakan koefisien C<sub>u</sub>
- T<sub>a</sub> (batas atas) = C<sub>u</sub>.T<sub>a</sub> = 1,4 x 0,5134 = 0,71876 detik

Nilai Periode Fundamental Struktur (T) berdasarkan analisis dari Etabs yaitu 0.765 detik. Nilainya melebihi T<sub>a</sub> (batas atas) = 0.71876 detik. Jika mengacu pada peraturan SNI 1726-2012 pembatasan periode getar digunakan untuk menentukan nilai C<sub>s</sub> pada kurva respon spektrum. Jadi bangunan boleh memiliki periode getar lebih dari batasan periode getar, asal tetap menggunakan perhitungan C<sub>s</sub> dengan periode getar batasan dan struktur memenuhi syarat kekakuan yang diatur pada Tabel 2.12 atau dalam SNI 03-1726-2012 Pasal 7.12.1 Tabel 16.

### Kontrol Partisipasi Massa

Tabel 1. Partisipasi Massa Struktur

Case	Mode	Period	Sum UX	Sum UY
Modal	1	0.765	0.487	0.127
Modal	2	0.676	0.735	0.294
Modal	3	0.486	0.7385	0.713
Modal	4	0.282	0.855	0.713
Modal	5	0.276	0.913	0.725
Modal	6	0.243	0.918	0.912
Modal	7	0.158	0.98	0.913
Modal	8	0.138	0.981	0.982
Modal	9	0.111	0.996	0.982
Modal	10	0.096	0.996	0.995
Modal	11	0.067	0.997	0.995
Modal	12	0.054	0.997	0.997

Jumlah partisipasi massa minimum lebih dari 90% berada pada modal ke-6 dengan jumlah modal yang ditinjau yaitu sebanyak 12 modal.

### Kontrol Base Shear

Berdasarkan SNI-1726-2012 pasal 7.9.4, kombinasi respons untuk geser dasar ragam (V<sub>t</sub>) harus lebih besar dari 85% geser dasar

(V). Hasil analisis geser dasar adalah sebagai berikut.

Tabel 2. Kontrol Base Shear Gempa

Arah	Base Shear (Kg)		Kontrol
	Statis	Dinamis	VT/V
	V	VT	*100%
X	1328.48	1129.21	85 %
Y	1561.55	1342.94	86 %

**Kontrol Simpangan dan Displacement**

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.12.1, Simpangan antar lantai tingkat desain ( $\Delta$ ) tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin ( $\Delta_a$ ) =  $0.020h_{sx}$ . Untuk displacement, simpangan struktur ( $\Delta$ ) tidak boleh melebihi L/240 dimana L adalah tinggi total struktur. Hasil simpangan berdasarkan analisis program ETABS adalah sebagai berikut.

Tabel 3. Kontrol Simpangan

$\Delta X$						
St.	hi (mm)	$\Delta_s$ (mm)	Cd	$\Delta_m$ (mm)	$\Delta_a$ (mm)	Ket.
4	3600	4.57	5.5	25.16	72	Ok
3	3600	6.203	5.5	34.11	72	Ok
2	3600	6.004	5.5	33.02	72	Ok
1	3600	4.88	5.5	26.84	72	Ok

$\Delta Y$						
St.	hi (m)	$\Delta_s$ (mm)	Cd	$\Delta_m$ (mm)	$\Delta_a$ (mm)	Ket.
4	3600	6.999	5.5	38.49	72	Ok
3	3600	7.376	5.5	40.56	72	Ok
2	3600	8.05	5.5	44.27	72	Ok
1	3600	4.88	5.5	26.84	72	Ok

Simpangan antar lantai ( $\Delta$ ) terbesar terjadi pada lantai ke-3 dengan besarnya simpangan yaitu 9.277 mm pada arah Y. Tetapi masih dalam keadaan aman karena tidak melewati batas persyaratan simpangan antar lantai ijin ( $\Delta_a$ ).

Tabel 4. Kontrol Displacement

$\Delta X$				
St.	Elevasi Struktur (L) (mm)	Displacement $\delta$ (mm)	Syarat Displacement L/240 (mm)	Ket.
4	14400	20.781	60	Ok
$\Delta Y$				
St.	Elevasi Struktur (L) (mm)	Displacement $\delta$ (mm)	Syarat Displacement L/240 (mm)	Ket.
4	14400	23.998	60	Ok

Simpangan maksimum struktur (Displacement) ( $\delta$ ) pada lantai ke-4 mempunyai besar simpangan yaitu 20.781 mm pada arah X dan 23.998 mm pada arah Y. Tetapi masih dalam keadaan aman karena tidak melewati batas persyaratan displacement yaitu L/240.

**Perencanaan Tulangan Balok**

Perencanaan tulangan balok meliputi penulangan lentur, penulangan geser dan penulangan torsi/badan. Khusus untuk balok sloof dihitung dengan perhitungan yang berbeda.

Tabel 5. Rekapitulasi Tul. Lentur Balok

St.	No. Balok	Uk. Balok (b x h)	Daerah	
			Tump.	Lap.
Rt	B46	400 x 600	4D19	3D19
			3D19	3D19
	B57	400 x 600	3D19	3D19
St.2			3D19	3D19
	B190	250 x 400	3D16	2D16
			2D16	2D16
St.3	B32	500 x 700	5D19	4D19
			4D19	4D19
	B44	400 x 600	3D19	3D19
			3D19	3D19
	B48	400 x 600	6D19	4D19
			4D19	3D19
	B222	250 x 400	2D16	3D16
		2D16	2D16	
St.2	B61	400 x 600	3D19	3D19

			3D19	3D19
	B48	400 x 600	6D19	4D19
			4D19	3D19
	B46	500 x 800	4D22	4D22
			4D22	4D22
	B37	400 x 700	4D19	4D19
			4D19	4D19
	B195	250 x 400	3D16	4D16
			2D16	3D16
St.1	B55	400 x 600	4D22	3D22
			2D22	2D22
	B39	400 x 600	4D22	3D22
			2D22	2D22
	B37	500 x 800	5D22	4D22
			4D22	4D22
	B195	250 x 400	3D16	3D16
		2D16	2D16	

	B195	Tumpuan	$\phi$ 10 - 80 mm
		Lapangan	$\phi$ 10 - 150 mm
St.1	B55	Tumpuan	$\phi$ 10 - 100 mm
		Lapangan	$\phi$ 10 - 150 mm
	B39	Tumpuan	$\phi$ 10 - 100 mm
		Lapangan	$\phi$ 10 - 150 mm
	B37	Tumpuan	$\phi$ 10 - 100 mm
		Lapangan	$\phi$ 10 - 150 mm
	B195	Tumpuan	$\phi$ 10 - 80 mm
		Lapangan	$\phi$ 10 - 150 mm

Perencanaan penulangan torsi/badan pada balok didapat hasil :

- Diameter tulangan torsi sebesar 13 mm untuk semua ukuran balok, dan menggunakan 2 buah tulangan badan pada masing-masing sisi kecuali untuk balok ukuran 250 x 400 yang hanya akan menggunakan 1 buah tulangan pada masing-masing sisi.
- Spasi tulangan torsi maks untuk balok 400 x 600 adalah 195 mm ;
- Spasi tulangan torsi maks untuk balok 400 x 700 adalah 220 mm ;
- Spasi tulangan torsi maks untuk balok 500 x 700 adalah 245 mm ;
- Spasi tulangan torsi maks untuk balok 500 x 800 adalah 270 mm ;
- Spasi tulangan torsi maks untuk balok 250 x 400 adalah 107.5 mm.

Tabel 6. Rekapitulasi Tul. Geser Balok

St.	No. Balok	Daerah	Tulangan pakai
Rt	B46	Tumpuan	$\phi$ 10 - 100 mm
		Lapangan	$\phi$ 10 - 150 mm
	B57	Tumpuan	$\phi$ 10 - 100 mm
		Lapangan	$\phi$ 10 - 150 mm
	B190	Tumpuan	$\phi$ 10 - 80 mm
		Lapangan	$\phi$ 10 - 150 mm
St.3	B32	Tumpuan	$\phi$ 10 - 100 mm
		Lapangan	$\phi$ 10 - 150 mm
	B44	Tumpuan	$\phi$ 10 - 100 mm
		Lapangan	$\phi$ 10 - 150 mm
	B48	Tumpuan	$\phi$ 10 - 100 mm
		Lapangan	$\phi$ 10 - 150 mm
	B222	Tumpuan	$\phi$ 10 - 80 mm
		Lapangan	$\phi$ 10 - 150 mm
St.2	B61	Tumpuan	$\phi$ 10 - 100 mm
		Lapangan	$\phi$ 10 - 150 mm
	B46	Tumpuan	$\phi$ 10 - 100 mm
		Lapangan	$\phi$ 10 - 150 mm
	B37	Tumpuan	$\phi$ 10 - 100 mm
		Lapangan	$\phi$ 10 - 150 mm
	B48	Tumpuan	$\phi$ 10 - 100 mm
		Lapangan	$\phi$ 10 - 150 mm

#### Perencanaan Tulangan Kolom

- Berdasarkan pemodelan dari ETABS, dimensi kolom yang digunakan yaitu kolom 500 mm x 500 mm dengan jumlah tulangan pakai sebanyak 12 buah dengan diameter tulangan 20 mm.
- Tulangan geser dipakai  $\phi$  10 – 100 mm pada daerah tumpuan ( $l_o$ ) dan dipakai  $\phi$  10 – 120 mm pada daerah lapangan (diluar daerah  $l_o$ )
- Tulangan transversal untuk  $l_o$  dipasang sepanjang 750 mm atau  $1/4l_n$  kolom dari muka hubungan balok-kolom.

**Perencanaan Tulangan Pelat**

Tabel 7. Rekapitulasi Tulangan Pelat

St.	No. Pelat	Dimensi	Tul. Pakai
			mm
St.1	F33	4 x 3.6	D12 - 150
		4 x 3.6	D12 - 150
St.2	F171	4 x 3.6	D12 - 150
		4 x 3.6	D12 - 150
St.3	F33	4 x 3.6	D12 - 150
		4 x 3.6	D12 - 150
Rt	F171	4 x 3.6	D10 - 150
		4 x 3.6	D10 - 150

**Perencanaan Pondasi**

Dalam perencanaan ini, dipakai 2 jenis pondasi, yaitu pondasi sumuran dan pondasi telapak. Ditinjau 3 tempat untuk masing-masing pondasi yaitu : tengah, tepi dan sudut.

Tabel 8. Rekapitulasi Perencanaan Pondasi Sumuran

Letak Pondasi	Ukuran Pondasi Sumuran		Tulangan Pondasi Sumuran	
	D (m)	Kedalaman (m)	Tul. Utama	Tul. Geser
Tengah	0,6	5,4	10 D19	φ10-150
Tepi	0,5	5,4	7 D19	φ10-150
Sudut	0,35	5,4	4 D19	φ10-150

Tabel 8. Rekapitulasi Perencanaan Pondasi Sumuran (Lanjutan)

Ukuran Pile Cap		Tulangan Pile Cap	
B x H	Tebal (th)	Tul. Atas	Tul. Bawah
1,1 m	0,6 m	4D19-320	6D19-190
1 m	0,45 m	4D16-285	6D16-170
0,8 m	0,35 m	4D16-220	5D16-165

Tabel 9. Rekapitulasi Perencanaan Pondasi Telapak

Letak Pondasi	Ukuran Pondasi Telapak		
	B, H	Tebal (t)	Kedalaman
Tengah	2,5 m	0,4 m	2 m
Tepi	2,1 m	0,35 m	2 m
Sudut	1,8 m	0,3 m	1,8 m

Tabel 9. Rekapitulasi Perencanaan Pondasi Telapak (Lanjutan)

Tulangan Pondasi Telapak	
Tul. Atas	Tul. Bawah
8D16-340	10D16-265
6D16-390	8D16-280
6D16-330	6D16-240

**PENUTUP**

**Kesimpulan**

Berdasarkan hasil perencanaan bangunan dengan struktur SRPMK, dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Dimensi balok yang digunakan yaitu:

\*Base (Sloof) :

➤ B1 = 400 mm x 600 mm

\*Story 1 :

➤ B1 = 400 mm x 600 mm

➤ B2 = 500 mm x 800 mm

➤ B3 = 250 mm x 400 mm

\*Story 2 :

➤ B1 = 400 mm x 600 mm

➤ B2 = 400 mm x 700 mm

➤ B3 = 500 mm x 800 mm

➤ B4 = 250 mm x 400 mm

\*Story 3 :

➤ B1 = 400 mm x 600 mm

➤ B2 = 500 mm x 700 mm

➤ B3 = 250 mm x 400 mm

\*Rooftop :

➤ B1 = 400 mm x 600 mm

➤ B2 = 250 mm x 400 mm

2. Dimensi kolom yang digunakan pada perencanaan ini yaitu :

➤ Kolom 500 mm x 500 mm

3. Tebal plat yang digunakan yaitu :

➤ 120 mm

4. Syarat Strong Column Weak Beam dalam SRPMK telah terpenuhi dari kondisi ini :

➤ Hubungan balok dan kolom telah memenuhi syarat  $\Sigma M_{nc} > 1,2 \cdot \Sigma M_{nb}$ , dimana kondisi ini menyatakan kuat lentur nominal kolom yang merangka ke dalam joint lebih besar dari jumlah kuat lentur nominal balok yang merangka kedalam joint.

- Komponen struktur telah direncanakan untuk dapat menahan gaya geser yang diakibatkan oleh beban-beban yang bekerja pada struktur tersebut, dimana kapasitas geser nominal ( $V_n$ ) telah melebihi gaya geser yang bekerja pada komponen struktur tersebut ( $V_u$ ).
- 5. Komponen struktur telah direncanakan untuk dapat menahan momen lentur yang bekerja pada struktur tersebut, dimana kapasitas momen nominal ( $M_n$ ) telah melebihi momen maksimum yang bekerja pada komponen struktur ( $M_u$ ).
- 6. Untuk dapat memenuhi periode getar struktur ( $T$ ) yang tidak melewati batas periode fundamental pendekatan ( $T_a$  batas atas), dimensi komponen struktur harus diperbesar lagi salah satunya

kolom. Dengan memperbesar dimensi komponen struktur yang ada maka akan membuat gedung semakin kaku tapi tidak efisien.

#### Saran

Berdasarkan hasil pengerjaan tugas akhir ini, saran-saran yang dapat saya berikan yaitu:

1. Dalam merencanakan bangunan perlu ditinjau beban gempa apalagi berada di daerah yang memiliki tingkat resiko kegempaan yang tinggi, karena jika terjadi gempa dan struktur bangunan tidak direncanakan untuk dapat menahan gaya gempa yang terjadi, maka akan sangat berbahaya bagi struktur itu sendiri.
2. Rencanakan komponen struktur yang efisien dan tetap mengikuti persyaratan-persyaratan yang berlaku.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anugrah Pamungkas. Erny Harianti. 2009. *Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa*. its Press, Surabaya.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*, SNI 2847:2013. Jakarta, Standar Nasional Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*, SNI 1726:2012. Jakarta, Standar Nasional Indonesia.
- Badan Standardisasi Nasional. 2013. *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*, SNI 03-1727-2013. Bandung: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. 2017. *Baja Tulangan Beton*, SNI 2052-2017. Jakarta : BSN.
- Bowles, J. E. 1997. *Analisis dan Desain Pondasi Jilid 1*. Erlangga. Jakarta.
- Honarto, Ricky Januar. Handono, B.D. Pandaleke, R. 2019. *Perencanaan Bangunan Beton Bertulang dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus di Kota Manado*. Universitas Sam Ratulangi. Manado. Jurnal Sipil Statik, Vol.7, No.2, Februari 2019.
- Juwana, Jimmy S. 2005. *Panduan Sistem Bangunan Tinggi*. Edisi 1. Erlangga. Jakarta.
- Meyerhof, G.G. 1956. "Penetration Test and Bearing Capacity of Cohesi on less Soil." *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division*. American Society of Civil Engineers. Vol. 82. No. SM-1. pp. 1-19.
- Riza, Muhammad Miftakhur. 2010. *Aplikasi perencanaan Struktur Gedung dengan ETABS*. Jakarta : ARSGROUP.
- Setiawan, Agus. 2016. *Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847 : 2013*. Erlangga. Jakarta.

Halaman ini sengaja dikosongkan