

# PENGARUH PERUBAHAN DIMENSI KOLOM PADA KAPASITAS STRUKTUR TAHAN GEMPA GEDUNG BETON BERTULANG

Eko Walujodjati<sup>[1]</sup>, Ripan Maulidan<sup>[2]</sup>, Risa Kristalia<sup>[3]</sup>

<sup>[1]</sup>Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Garut

<sup>[2]</sup>Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Garut

Jl. Mayor Syamsu No 1 Garut, Jawa Barat

<sup>[3]</sup>Fungsional Teknik Tata Bangunan dan Perumahan Ahli Pertama, Dinas PUPR  
Garut, Jawa Barat

e-mail: <sup>[1]</sup>eko.walujodjati@itg.ac.id

## ABSTRACT

*In the structural planning of the Cisaga Ciamis Health Center Building, there were several changes to the column dimensions. The extent to which changes in column dimensions affect the performance of buildings related to earthquake-resistant buildings. Quantitative research methods are used because the resulting numbers can provide information on the extent of their influence on the problem being determined. The purpose of this study is to understand how the effect of column dimension changes on the planning of the Cisaga Health Center Building on the calculation of earthquake forces and the repetition of column and beam structural elements. Structural modeling is carried out by simulation methods in three dimensions using a structure analysis program. The calculation refers to SNI 1726-2019 and SNI 2847-2019. As a result of the calculation, the maximum earthquake force of a building with a column of 450 x 450 has a difference of 27% against a building with a column of 300 x 300. The maximum deviation occurs on the second floor, buildings with columns of 300 x 300 produce a greater deviation of 69% in the x-direction and 71% in the y-direction. The calculation of beam repetition produces a difference in the main reinforcement of 250 x 400 and 300 x 200 beams which have a difference of one piece of reinforcement. The calculation of repeating the 450 x 450 column produces the main reinforcement with a percentage of 1.68%, while for the 300 x 300 column produces a percentage of reinforcement of 5.04%. The 450 x 450 column results in greater spacing in the plastic joint area compared to the 300 x 300 column. Large column dimensions produce greater shear forces and earthquake forces against the building, the larger the column used will provide greater rigidity to the building.*

**Keywords:** Building Performance, Cisaga Community Health Center, Column Dimensions

## ABSTRAK

*Pada perencanaan struktur Gedung Puskesmas Cisaga Ciamis terdapat beberapa kali perubahan dimensi kolom. Sejauh mana perubahan dimensi kolom berpengaruh terhadap kinerja bangunan Gedung terkait bangunan Gedung tahan gempa. Metode penelitian kuantitatif digunakan karena angka angka yang dihasilkan bisa memberi informasi sejauhmana pengaruhnya terhadap permasalahan yang ditetapkan. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk memahami bagaimana pengaruh perubahan dimensi kolom pada perencanaan Gedung Puskesmas Cisaga terhadap perhitungan gaya gempa serta penulangan elemen struktur kolom dan balok. Pemodelan struktur dilakukan dengan metode simulasi secara tiga dimensi menggunakan program analisis struktur. Perhitungan mengacu pada SNI 1726-2019 dan SNI 2847-2019. Hasil dari perhitungan, gaya gempa maksimum bangunan dengan kolom 450 x 450 memiliki selisih 27% terhadap bangunan dengan kolom 300 x 300. Simpangan maksimum terjadi pada lantai dua, bangunan dengan kolom 300 x 300 menghasilkan simpangan lebih besar 69% pada arah-x dan 71% pada arah-y. Perhitungan penulangan balok menghasilkan perbedaan pada tulangan utama balok 250 x 400 dan 300 x 200 yang mempunyai selisih satu buah tulangan. Perhitungan penulangan kolom 450 x 450 menghasilkan tulangan utama dengan persentase 1,68%, sedangkan untuk kolom 300 x 300 menghasilkan persentase tulangan sebesar 5,04%. Kolom 450 x 450 menghasilkan jarak sengkang yang lebih besar pada daerah sendi plastis dibandingkan dengan kolom*

300 x 300. Dimensi kolom yang besar menghasilkan gaya geser dan gaya gempa yang lebih besar terhadap bangunan, semakin besar kolom yang digunakan akan memberikan kekakuan yang lebih besar terhadap bangunan.

**Kata kunci:** Dimensi Kolom, Kinerja Bangunan Gedung, Puskesmas Cisaga

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki risiko gempa bumi yang sangat tinggi karena pusat gempa bumi berada diantara lempeng tektonik yaitu, Lempeng Indo-Australia, Lempeng Eurasia dan Lempeng Pasifik[1]. Gempa bumi merupakan getaran atau geseran yang terjadi pada permukaan bumi yang diakibatkan oleh pelepasan energi secara tiba-tiba dari dalam yang menimbulkan sebuah gelombang seismik[2]. Bangunan yang berada di wilayah rawan gempa harus direncanakan tahan terhadap gempa, hal ini berkaitan dengan perilaku struktur bangunan ketika terjadi gempa[3]. Maka dari itu perlu adanya metode analisis yang sesuai agar bangunan yang direncanakan mampu berperilaku baik ketika terjadi bencana gempa bumi[4].

Kekuatan suatu bangunan ditentukan oleh elemen – elemen struktur yang mendukung bangunan itu sendiri[5]. Kolom merupakan elemen struktur yang mempunyai peranan penting dalam suatu konstruksi, apabila kolom mengalami kegagalan maka bangunan yang ditopang oleh kolom tersebut akan mengalami keruntuhan[6]. Maka dari itu bangunan harus direncanakan sesuai dengan konsep *Strong Column Weak Beam* dimana kolom didesain lebih kuat dibandingkan dengan balok, dengan tujuan agar ketika terjadi gempa maka struktur kolom bisa lebih kuat dalam menahan gaya gempa dan sendi plastis terjadi terlebih dahulu pada struktur balok[7].

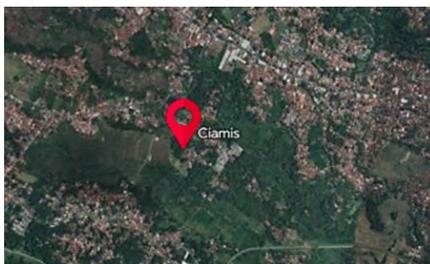
Gedung Puskesmas Cisaga berlokasi di Desa Mekarmukti, Kec. Cisaga, Kabupaten Ciamis, Provinsi Jawa Barat, dimana pada perencanaan struktur gedung ini terdapat beberapa kali perubahan dimensi elemen struktur yaitu perubahan pada dimensi kolom. Pemodelan struktur dilakukan dengan metode simulasi tiga dimensi menggunakan program analisis struktur yang merupakan salah satu usaha untuk mengetahui pengaruh dari perubahan dimensi kolom terhadap perhitungan struktur suatu bangunan.

Tujuan dari penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui bagaimana pengaruh perubahan dimensi kolom pada perencanaan Gedung Puskesmas Cisaga terhadap kapasitas dalam menerima beban gempa dan penulangan elemen struktur, terutama pada penulangan kolom dan balok yang sesuai dengan aturan SNI yang berlaku.

## 2. METODE

### 2.1 LOKASI PENELITIAN

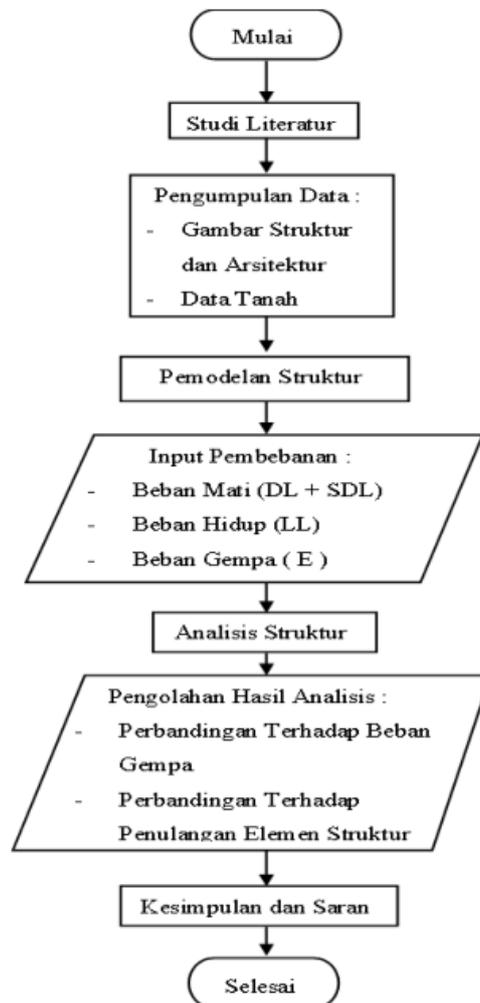
Puskesmas Cisaga. Berlokasi di Desa Mekarmukti, Kec. Cisaga, Kabupaten Ciamis, Provinsi Jawa Barat. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

## 2.2 METODE ANALISIS

Tahap awal penelitian yaitu pengumpulan data gambar arsitek dan struktur didapatkan dari data *Detail Engineering Design* (DED) Puskesmas Cisaga. Kemudian tahap pemodelan menggunakan program analisis struktur dengan memasukkan pembebanan berupa berat sendiri bangunan (*Dead*), beban mati tambahan (*Superimposed Dead Load*), beban gempa (*Earthquake Load*) dan beban hidup (*Live Load*) [8]. Perhitungan pembebanan pada bangunan mengacu pada SNI 1727-2020 untuk desain beban minimum [9][10], dan SNI 1726-2019 sebagai acuan untuk mendesain beban gempa dan kontrol analisis bangunan sebagai kriteria bangunan tahan gempa [11]. Untuk perhitungan elemen struktur bangunan mengacu pada SNI 2847-2019 mengenai persyaratan beton struktural [12]. Diagram alir penelitian yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.

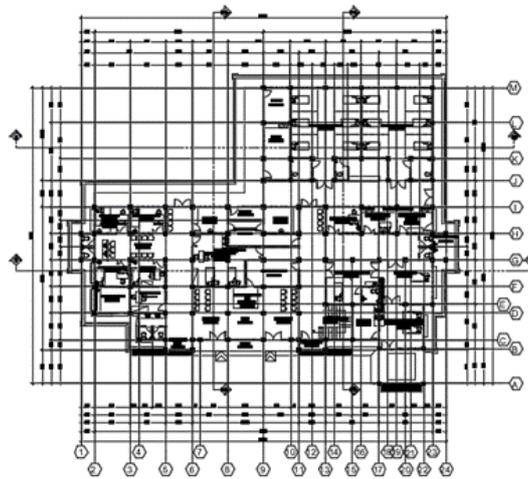


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 PEMODELAN STRUKTUR

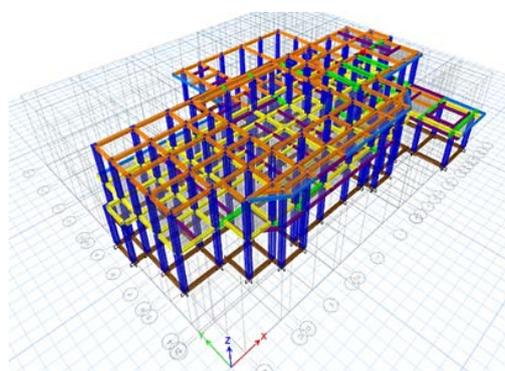
Struktur bangunan dimodelkan secara tiga dimensi dengan menggunakan program analisis struktur, sesuai dengan data arsitektur, denah bangunan dapat dilihat pada Gambar 3.



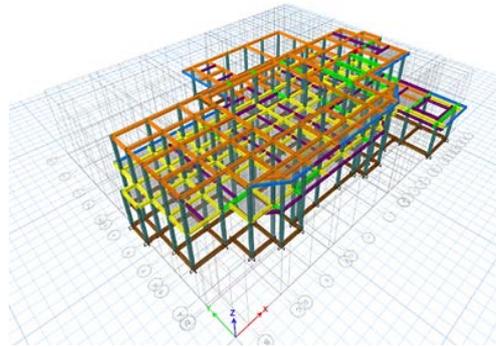
Gambar 3. Denah Bangunan

- Mutu Bahan
  - Mutu beton ( $f_c'$ ) : 20,75 mpa
  - BJTS ( $f_y$ ) : 420 mpa
  - BJTP ( $f_y$ ) : 280 mpa
  - Tebal Pelat : 120 mm
- Dimensi Balok
  - Balok B1 : 250 x 400 mm
  - Balok B2 : 300 x 450 mm
  - Balok B3 : 300 x 550 mm
  - Balok B4 : 250 x 350 mm
  - Balok B5 : 150 x 250 mm
  - Balok anak (ba) : 200 x 300 mm
  - Sloof : 250 x 400 mm
- Dimensi Kolom
  - Kolom K1 : 450 x 450 mm
  - Kolom K2 : 300 x 300 mm

Pemodelan bangunan dibedakan menjadi dua model dengan ukuran kolom yang berbeda yaitu kolom ukuran 450/450 mm (k1) dan kolom ukuran 300/300 mm (k2), gambar pemodelan struktur dapat dilihat pada gambar 4 dan 5.



Gambar 4. Model 3D Struktur Bangunan Kolom K1



Gambar 5. Model 3D Struktur Bangunan Kolom K2

### 3.2 PEMBEBANAN STRUKTUR

Pembebanan yang diinput kedalam program analisis struktur berupa beban gravitasi akibat beban mati tambahan (SDL) dan beban hidup lantai (LL), untuk berat sendiri bangunan (Dead) dihitung otomatis oleh program analisis struktur.

1. Beban mati tambahan pada pelat lantai dua sebesar 1,78 kN/m<sup>2</sup> dan 0,71 kN/m<sup>2</sup> untuk lantai atap.
2. Berdasarkan SNI 1727-2020 beban hidup lantai untuk ruang pertemuan/publik sebesar 4,79 kN/m<sup>2</sup> dan 0,96 kN/m<sup>2</sup> untuk lantai dak beton/atap.
3. Beban mati tambahan akibat dinding berupa beban garis pada balok lantai dasar sebesar 12,67 kN/m dan 11,27 kN/m untuk balok pada lantai dua.

### 3.3 ANALISIS BEBAN GEMPA PADA BANGUNAN

Perhitungan beban gempa mengacu pada SNI 1726-2019 mengenai tata cara perhitungan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung, data yang digunakan sebagai berikut:

Lokasi bangunan : Ciamis, Jawa barat

Fungsi bangunan : Fasilitas kesehatan

Kategori risiko : III (SNI 1726-2019 tabel 3)

Faktor keutamaan ( $I_e$ ) : 1,25 (SNI 1726-2019 tabel 4)

Kelas situs bangunan : SE (SNI 1726-2019 tabel 5)

$S_s$  : 0,9235 g (didapat dari web puskim untuk kelas situs SE)

$S_1$  : 0,422 g (didapat dari web puskim untuk kelas situs SE)

$F_a$  : 1,1612 (SNI 1726-2019 tabel 6)

$F_v$  : 2,356 (SNI 1726-2019 tabel 7)

$S_{MS}$  : 1,07273 g (SNI 1726-2019 pasal 6.2)

$S_{M1}$  : 0,99423 g (SNI 1726-2019 pasal 6.2)

$S_{DS}$  : 0,71491 g (SNI 1726-2019 pasal 6.3)

$S_{D1}$  : 0,66282 g (SNI 1726-2019 pasal 6.3)

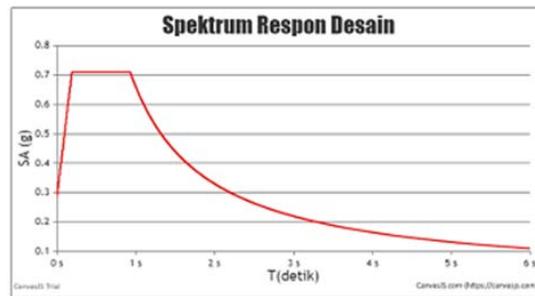
$K_{DS}$  : D (SNI 1726-2019 tabel 8 dan 9)

Faktor  $R$  : 8 (SNI 1726-2019 tabel 12)

Faktor kuat lebih ( $\Omega_0$ ) : 3 (SNI 1726-2019 tabel 12)

Faktor  $C_d$  : 5,5 (SNI 1726-2019 tabel 12)

Hasil perhitungan spektrum respons desain yang diambil dari web puskim untuk kelas situs tanah lunak (SE), dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil Spektrum Respon Desain Bangunan dari Data Puskim (SE)

### 3.4 PERHITUNGAN BEBAN GEMPA

#### 3.4.1 JUMLAH RAGAM

Perhitungan jumlah ragam mengacu pada SNI 1726-2019 pasal 7.9.1.1 dimana analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar 100 % dari massa struktur. Jumlah ragam yang dihasilkan dari hasil output Modal Participating Mass Ratios program analisis struktur untuk masing-masing bangunan dengan kolom K1 dan kolom K2, dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Output Modal Participating Mass Ratios

Ukuran Kolom	Jumlah Mode	Period (sec) Mode 1	Period (sec) Mode 2	Period (sec) Mode 3	Sum (UX)	Sum (UY)
K1	15	0,508 (UX)	0,492 (UY)	0,47 (RZ)	100 %	100 %
K2	12	0,848 (UX)	0,821 (UY)	0,753 (RZ)	100 %	100 %

Berdasarkan hasil yang ditampilkan pada Tabel 1, jumlah partisipasi massa terkombinasi bangunan untuk arah X (Sum UX) dan arah Y (Sum UY) untuk struktur bangunan dengan kolom 1 menghasilkan nilai 100% pada mode ke 15 dan untuk bangunan dengan kolom K2 menghasilkan nilai 100% pada mode ke 12. Waktu getar alami struktur yang dihasilkan bangunan dengan kolom K2 memiliki selisih terhadap bangunan dengan kolom K1, pada mode 1 memiliki selisih 40 %, pada mode 2 memiliki selisih 40 % dan pada mode 3 memiliki selisih 38%.

#### 3.4.2 GAYA GESER DASAR

Hasil output gaya geser dasar (base reactions) hasil program analisis struktur untuk masing-masing bangunan dengan kolom K1 dan kolom K2, dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Output Base Reactions

Ukuran Kolom	Vx Desain (kN)	Vy Desain (kN)	Hasil Perhitungan Manual Vy (kN)	Hasil Perhitungan Manual Vy (kN)
K1	1499,3	1499,3	1499,3	1499,3
K2	1348,6	1348,6	1348,6	1348,6

Berdasarkan hasil yang ditampilkan pada Tabel 2, gaya geser yang dihasilkan oleh bangunan dengan kolom K1 dan K2 memiliki selisih 7 %, dan sudah memenuhi persyaratan untuk penskalaan gaya berdasarkan SNI 1726-2019 pasal 7.9.1.41 dimana gaya geser V x-y desain harus sama dengan 100% V x-y.

### 3.4.3 GAYA GEMPA PADA TIAP LANTAI

Gaya gempa desain tiap lantai yang dihasilkan dari masing-masing bangunan dengan kolom K1 dan K2, dapat dilihat pada Tabel 3.

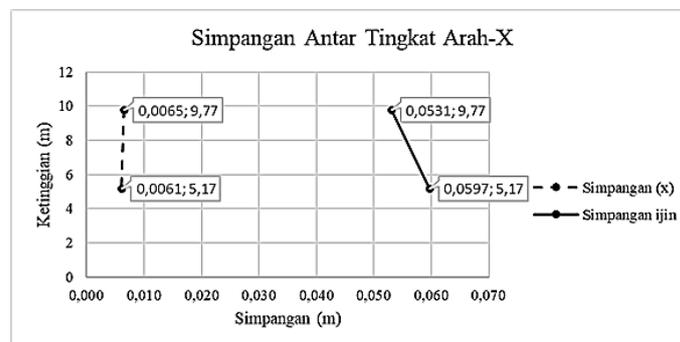
Tabel 3. Gaya Gempa Tiap Lantai

Ukuran Kolom	F <sub>x</sub> Lantai Dua (kN)	F <sub>x</sub> Lantai Atap (kN)	F <sub>y</sub> Lantai Dua (kN)	F <sub>y</sub> Lantai Atap (kN)
K1	670,628	528,646	981,753	517,52
K2	964,724	383,9	970,585	378,041

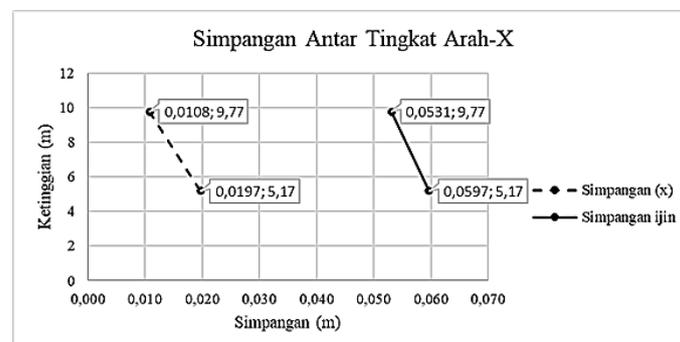
Berdasarkan hasil yang ditampilkan pada Tabel 3, pada lantai dua gaya gempa arah-x yang dihasilkan oleh bangunan dengan kolom K2 lebih besar 30 % dibandingkan dengan bangunan kolom K1, sedangkan pada lantai atap gaya gempa yang dihasilkan oleh bangunan dengan kolom K1 lebih besar 27 % dibandingkan dengan bangunan kolom K2. Untuk gaya gempa arah-y pada lantai dua gaya gempa yang dihasilkan oleh bangunan dengan kolom K1 lebih besar 1 % dibandingkan dengan bangunan kolom K2, begitupun dengan lantai atap gaya gempa yang dihasilkan oleh bangunan dengan kolom K1 lebih besar 27 % dibandingkan dengan bangunan kolom K2.

### 3.4.4 SIMPANGAN ANTAR TINGKAT

Grafik simpangan antar tingkat arah-x yang dihasilkan oleh bangunan dengan kolom K1 dan kolom K2 dapat dilihat pada Gambar 7 dan 8.



Gambar 7. Simpangan Antar Tingkat Arah-x (K1)

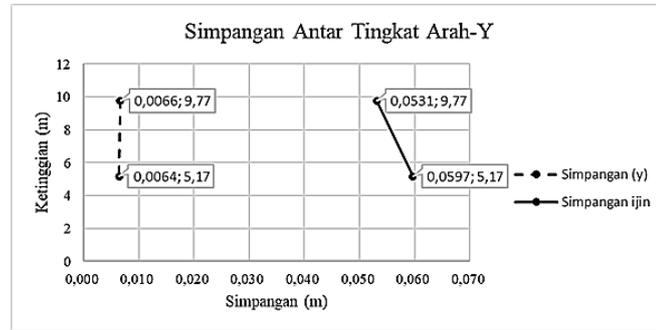


Gambar 8. Simpangan Antar Tingkat Arah-x (K2)

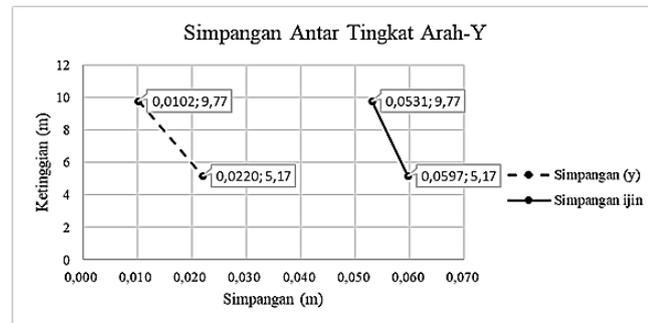
Berdasarkan pada Gambar 7 dan 8, selisih simpangan maksimum yang terjadi untuk arah-x pada lantai dua, bangunan dengan kolom K2 menghasilkan simpangan lebih besar 69 % terhadap

bangunan kolom K1, begitupun pada lantai atap bangunan dengan kolom K2 menghasilkan simpangan lebih besar 40 % terhadap bangunan kolom K1.

Grafik simpangan antar tingkat arah-y yang dihasilkan oleh bangunan dengan kolom K1 dan kolom K2 dapat dilihat pada Gambar 9 dan 10.



Gambar 9. Simpangan Antar Tingkat Arah-y (K1)



Gambar 10. Simpangan Antar Tingkat Arah-y (K2)

### 3.4.5 PERHITUNGAN PENULANGAN BALOK

Perhitungan penulangan balok menggunakan *output* gaya dalam maksimum hasil program analisis struktur, dengan menggunakan dimensi balok yang sama baik untuk balok dengan kolom K1 maupun balok dengan kolom K2. Penulangan elemen struktur balok menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) berdasarkan SNI 2847-2019.

- Perhitungan rasio penulangan:

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} \quad (1)$$

- Perhitungan rasio penulangan:

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \quad (2)$$

$$M_n = A_s \cdot f_y \cdot \left( d - \frac{a}{2} \right) \quad (3)$$

- Perhitungan kebutuhan tulangan:

$$A_s \text{ perlu} = \frac{M_u}{\left( f_y \cdot \left( d - \frac{a}{2} \right) \right)} \quad (4)$$

Hasil penulangan balok untuk bangunan dengan kolom K1 dan K2, dapat dilihat pada Tabel 4 dan 5.

Tabel 4. Rekapitulasi Penulangan Balok (K1)

Balok	Tulangan Tumpuan Atas	Tulangan Tumpuan Tengah	Tulangan Tumpuan Bawah	Tulangan Lapangan Atas	Tulangan Lapangan Tengah	Tulangan Lapangan Bawah	Tulangan Sengkang Tumpuan	Tulangan Sengkang Lapangan
B1	4 D 16	2 D 12	2 D 16	2 D 16	2 D 16	2 D 16	2D10-75	2D10-100
B2	5 D 16	2 D 12	3 D 16	2 D 16	2 D 16	3 D 16	2D10-85	2D10-125
B3	3 D 16	2 D 12	3 D 16	3 D 16	2 D 16	3 D 16	2D10-70	2D10-150
B4	3 D 16	2 D 12	2 D 16	2 D 16	2 D 16	2 D 16	2D10-70	2D10-100
B5	2 D 12	2 D 12	2 D 12	2 D 12	2 D 12	2 D 12	2D10-50	2D10-70
BA	2 D 16	2 D 12	2 D 16	2 D 16	2 D 16	2 D 16	2D10-60	2D10-80

Tabel 5. Rekapitulasi Penulangan Balok (K2)

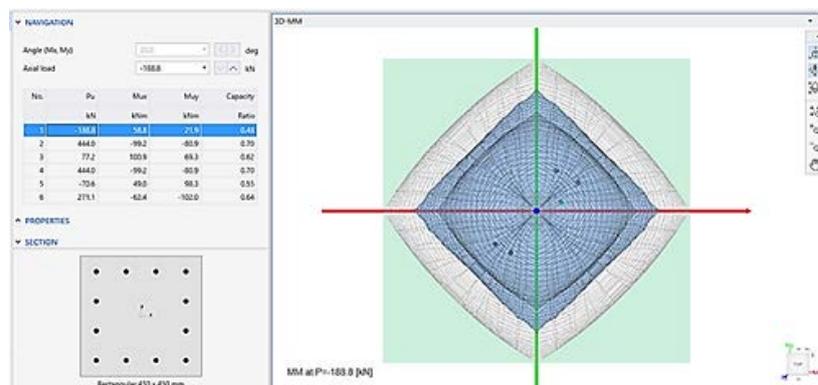
Balok	Tulangan Tumpuan Atas	Tulangan Tumpuan Tengah	Tulangan Tumpuan Bawah	Tulangan Lapangan Atas	Tulangan Lapangan Tengah	Tulangan Lapangan Bawah	Tulangan Sengkang Tumpuan	Tulangan Sengkang Lapangan
B1	4 D 16	2 D 12	3 D 16	2 D 16	2 D 16	2 D 16	2D10-75	2D10-100
B2	5 D 16	2 D 12	3 D 16	2 D 16	2 D 16	3 D 16	2D10-85	2D10-125
B3	3 D 16	2 D 12	3 D 16	3 D 16	2 D 16	3 D 16	2D10-70	2D10-150
B4	3 D 16	2 D 12	2 D 16	2 D 16	2 D 16	2 D 16	2D10-70	2D10-100
B5	2 D 12	2 D 12	2 D 12	2 D 12	2 D 12	2 D 12	2D10-50	2D10-70
BA	3 D 16	2 D 12	2 D 16	2 D 16	2 D 12	2 D 16	2D10-60	2D10-80

### 3.4.6 PERHITUNGAN PENULANGAN KOLOM

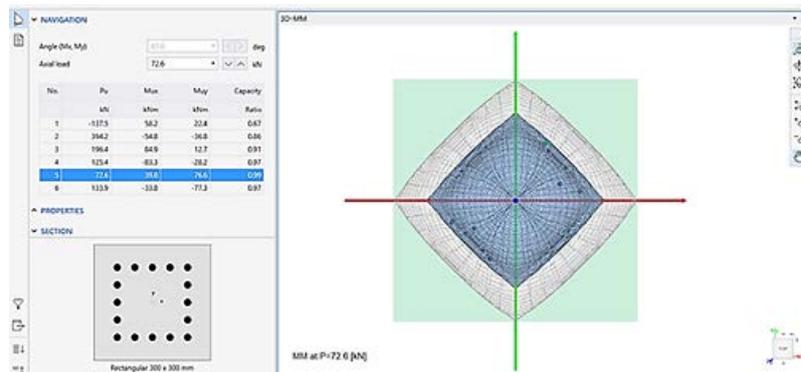
Perhitungan penulangan kolom menggunakan *output* gaya dalam maksimum hasil program analisis struktur, baik untuk kolom K1 maupun kolom K2. Penulangan elemen struktur kolom menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) berdasarkan SNI 2847-2019.

- Syarat rasio penulangan:  
 $\rho_{min} = 1\% < \rho < \rho_{max} = 6\%$

Kapasitas kekuatan kolom dianalisis menggunakan program *SpColumn*, dapat dilihat pada Gambar 11 dan 12.



Gambar 11. Kapasitas Kolom K1



Gambar 12. Kapasitas Kolom K2

Hasil penulangan kolom K1 dan K2, dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Rekapitulasi Penulangan Kolom K1 dan K2

Kolom	Tulangan Utama	Tulangan Senggang Tumpuan	Tulangan Senggang Lapangan
K1	12 D 19	4 D10-85	2 D10-110
K2	16 D 19	4 D10-75	2 D10-110

#### 4. SIMPULAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan untuk perhitungan bangunan Gedung Puskesmas Cisaga dengan menggunakan dua buah kolom yang berbeda, didapatkan hasil sebagai berikut:

1. Perubahan dimensi kolom terhadap perhitungan beban gempa berpengaruh pada gaya geser dasar dan gaya gempa yang diterima oleh bangunan, dimana hasil dari perhitungan didapat bahwa dimensi kolom 450 x 450 menghasilkan gaya geser dan gaya gempa yang lebih besar dibandingkan dengan kolom 300 x 300. Selain pada berat bangunan perubahan dimensi kolom juga berpengaruh pada kekakuan bangunan, hal ini dapat dilihat dari simpangan yang dihasilkan dimana kolom 450 x 450 memiliki simpangan yang lebih kecil dibandingkan dengan kolom 300 x 300. Semakin besar dimensi kolom yang digunakan maka semakin besar gaya geser dan gaya gempa yang diterima oleh bangunan, tetapi semakin besar kolom yang digunakan semakin kecil nilai simpangan yang dihasilkan.
2. Perbedaan penulangan elemen struktur yang dihasilkan dari perubahan dimensi kolom terdapat pada jumlah tulangan utama dan jarak sengkang yang digunakan, pada bangunan dengan kolom 450 x 450 menghasilkan tulangan utama yang lebih sedikit dibandingkan bangunan dengan kolom 300 x 300, yaitu pada balok 250 x 400 dan 200 x 300. Penulangan kolom 450 x 450 menghasilkan persentase tulangan sebesar 1,68 % dan kolom 300 x 300 menghasilkan persentase tulangan sebesar 5,04 % terhadap luas penampang, kolom 450 x 450 menghasilkan jarak sengkang yang lebih besar pada daerah sendi plastis dibandingkan dengan kolom 300 x 300.

#### REFERENSI

- [1] E. Egan And E. Leo, "Analisis Gaya Dan Momen Yang Terjadi Di Sekitar Elemen Chord Dan Balok Kolektor Akibat Gaya Gempa Pada Bangunan Bertingkat Tinggi," *Jmts J. Mitra Tek. Sipil*, Vol. 1, No. 1, P. 271, 2018, Doi: 10.24912/Jmts.V1i1.2266.
- [2] BMKG, "Gempa Bumi," *Pgr III Balai Besar Wilayah III Denpasar*, 2023.
- [3] P. Simanjuntak, "Evaluasi Kerusakan Bangunan Akibat Gempa Di Indonesia," *J. Rekayasa Tek. Sipil Dan Lingkungan - Centech*, Vol. 1, No. 1, Pp. 44–53, 2020, Doi: 10.33541/Cen.V1i1.1425.

- [4] H. M. Fadilah And E. Walujodjati, “Tampilan Perbandingan Pembebanan Gempa Bangunan Bertingkat Menggunakan Analisis Static Equivalent Dan Analisis Dynamic Time History Di Kab. Garut,” *J. Konstr.*, Vol. 18, Pp. 20–30, 2020, Accessed: Mar. 25, 2023. [Online]. Available: <https://www.jurnal.itg.ac.id/index.php/konstruksi/article/view/780/669>
- [5] N. Turrohman, “Pengaruh Variasi Dimensi Kolom Terhadap Kinerja Batas Ultimit Pada Gedung Perhotelan Di Daerah Rawan Gempa Mengacu Pada Sni 1726-2012 (The Effect Of Column Dimension Variation On The Performance Of Ultimate Limits In Hospitality Building In Earthquake Are,” 2021.
- [6] S. A. K. Nuh, “Tinjauan Kekuatan Struktur Kolom, Balok, Dan Pelat Pada Proyek Pembangunan Klenteng Ho Tek Cheng Sin Di Paal 4 Manado,” Vol. 1, Pp. 1–36, 2016.
- [7] A. Hamdan, “Perencanaan Dan Analisis Kinerja Struktur Bangunan Pop Hotel Tanjung Benoa Bali,” Pp. 1–23, 2018.
- [8] F. H. Jaya, “Analisis Struktur Bangunan Terhadap Beban Horizontal Pada Gedung Rawat Inap Rumah Sakit Dadi Tjokro Dipo Bandar Lampung,” *Tek. Sains J. Ilmu Tek.*, Vol. 4, No. 1, Pp. 17–24, 2019, Doi: 10.24967/Teksis.V4i1.635.
- [9] Ppurg, “Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah Dan Gedung,” Standar Nas. Indones., 1987.
- [10] BSN, “Beban Desain Minimum Dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung Dan Struktur Lain,” *Badan Standarisasi Nas. 17272020*, No. 8, Pp. 1–336, 2020.
- [11] Badan Standardisasi Nasional, “Standar Nasional Indonesia Sni 1726:2019,” Pp. 1–248, 2019.
- [12] SNI 2847, “Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung,” Standar Nas. Indones., No. 8, P. 720, 2019.