

# ANALISIS STRUKTUR BANGUNAN DENGAN SISTEM STRUKTUR PENAHANAN GEMPA MASONRY

Vira Fitriani<sup>1</sup>, Muhamad Ryanto<sup>2</sup>, Dea Yunita Sari<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Teknik Sipil, Universitas Sangga Buana

<sup>1</sup>Korespondensi: Virafitriani56@gmail.com

## ABSTRAK

Perilaku bangunan dengan sistem penahan gempa masonry menggunakan metode Respons Spektrum berdasarkan SNI 1726:2019 dan 2847:2019, analisis dilakukan pada struktur tanpa dinding dan dinding bata bangunan 3 lantai yang berfungsi rumah tinggal di Jayamandala, Jakarta Selatan. Bangunan dalam Kategori Risiko II, faktor keutamaan gempa ( $I_e$ ) yaitu 1, kelas situs tanah sedang (SD), spektral desain  $S_{ds}$  0,626 g dan  $S_{d1}$  0,505 g, kategori desain seismik D, koefisien modifikasi respons situs R untuk tanpa dinding 3 dan dinding 1,5. Periode desain  $T_{a_{max}}$  0,437 detik, gaya geser dasar statik arah x dan y tanpa dinding 1239,66 kN dan dinding 2479 kN. Hasil analisis diperoleh mode 1 tanpa dinding 1,675 detik dan dinding 0,441 detik, gaya geser ekuivalen arah x dan y tanpa dinding 2284,35 kN dan dinding 2478,83 kN, gaya geser gempa dinamik arah x dan y tanpa dinding 2284,36 kN dan dinding 2479 kN, simpangan antar lantai drift limit tanpa dinding 94 mm dan dinding 32,9 mm, tegangan  $S_{max}$  yaitu 45,357 N. Berdasarkan hasil analisis perilaku struktur sistem penahan gempa masonry, tanpa dinding lebih lentur dibandingkan dinding lebih kaku.

*Kata Kunci:* SNI 1726: 2019, SNI 2847: 2019, Perilaku Struktur Tanpa dinding bata, Dinding bata

## ABSTRACT

The behavior of buildings with a masonry earthquake resisting system using the Spectrum Response method based on SNI 1726:2019 and 2847:2019, analysis was carried out on structures without walls and brick walls of 3-story buildings that function as residential homes in Jayamandala, South Jakarta. Building in Risk Category II, earthquake priority factor ( $I_e$ ) is 1, medium soil site class (SD), design spectral  $S_{ds}$  0.626 g and  $S_{d1}$  0.505 g, seismic design category D, site response modification coefficient R for without walls 3 and walls 1.5. Design period  $T_{a_{max}}$  0.437 seconds, static base shear force in x and y directions without walls 1239.66 kN and walls 2479 kN. The analysis results show that mode 1 without walls is 1.675 seconds and walls are 0.441 seconds, the equivalent shear force in x and y directions without walls is 2284.35 kN and walls is 2478.83 kN, the dynamic earthquake shear force in x and y directions without walls is 2284.36 kN and walls 2479 kN, drift limit drift limit between floors without walls 94 mm and walls 32.9 mm,  $S_{max}$  stress is 45.357 N. Based on the results of structural behavior analysis of masonry earthquake resisting systems, without walls is more flexible than stiffer walls.

*Keywords:* SNI 1726: 2019, SNI 2847: 2019 Structural Behavior, Without brick walls, Brick wall

## PENDAHULUAN

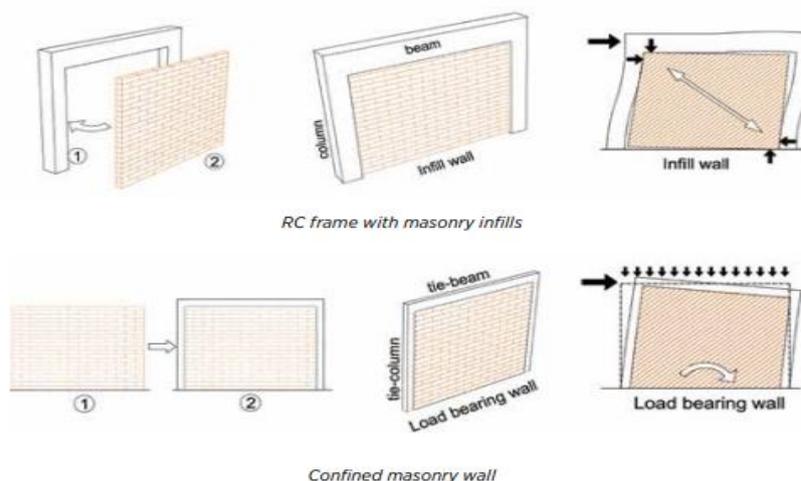
Gempa bumi adalah bencana alam yang sulit diprediksi waktu dan lokasinya, namun dampaknya sangat berbahaya. Banyak bangunan rusak akibat gempa bumi, sehingga diperlukan perencanaan struktur bangunan yang tahan gempa. Gedung-gedung dirancang untuk memiliki tingkat keamanan yang sangat tinggi.

Setiap sistem struktur dalam sebuah bangunan adalah hasil dari penggabungan berbagai elemen struktur dalam tiga dimensi yang sangat kompleks. Konsep struktur dinding terkekang (SDK) awalnya terinspirasi oleh pola konstruksi yang sering ditemui pada bangunan rumah sederhana, di mana dindingnya didukung oleh balok dan kolom secara praktis di keempat sisinya, seperti yang umum dibangun di Indonesia. Kesamaan

konsep pengerjaan antara SDK dan bangunan rumah sederhana menambah nilai tambah, membuat SDK menjadi pilihan yang mudah diaplikasikan di lapangan. Keterbatasan pada keempat sisi dinding SDK dapat meningkatkan kapabilitas struktur dinding dalam menanggung beban lateral akibat gempa. Elemen struktural ini efektif dalam mengurangi retakan yang mungkin timbul akibat respons seismik saat terjadi gempa, sehingga dapat mencegah kerusakan struktur, bahkan pada gempa yang besar sekalipun.

Kerusakan pada struktur bangunan memiliki potensi untuk menyebabkan kerugian finansial

dan yang lebih penting merenggut nyawa. Salah satu cara untuk mengatasi potensi resiko tersebut adalah melalui perencanaan dan manajemen yang cermat, yang bertujuan untuk mengurangi kerugian finansial dan jumlah korban jiwa yang dapat diakibatkan oleh gempa bumi. Salah satu aspek penting dalam perencanaan ini adalah merancang bangunan dengan pertimbangan prinsip-prinsip ketahanan gempa. Secara umum, ada dua metode yang umum digunakan dalam menganalisa dampak gempa bumi pada struktur bangunan, yaitu analisa gempa statik ekuivalen dan analisis dinamik.



Gambar 1: Ilustrasi *Confined Masonry*

## Tujuan Penelitian

Memahami perilaku bangunan dengan sistem penahan gempa masonry menggunakan metode respons spektrum sesuai dengan SNI-1726-2019 dan SNI-2847-2019.

1. Memperoleh hasil detailing pada elemen struktur bangunan sistem penahan gempa masonry dengan metode respons spektrum.
2. Mengetahui sistem perkuatan hubungan antara batu bata, kolom dan balok.

## TINJAUAN PUSTAKA

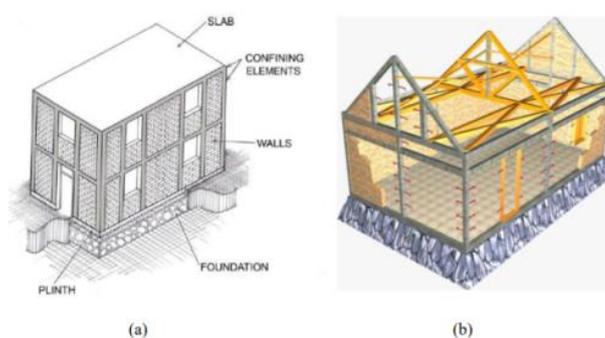
### Dinding Bata Terkekang (*Confined Masonry*)

Metode konstruksi dinding bata terkekang (*confined masonry*) memanfaatkan bata sebagai bahan utama untuk dinding, yang kemudian diperkuat atau diikat dengan elemen struktural tambahan seperti kolom dan balok. Tujuan dari pendekatan ini adalah untuk meningkatkan daya tahan dan kinerja dinding terhadap beban lateral, termasuk beban akibat gempa bumi. Dengan cara ini, pergerakan

lateral dapat dibatasi dan deformasi pada dinding bata dapat dikurangi, sehingga struktur menjadi lebih stabil dan aman selama peristiwa gempa atau beban lateral lainnya.

Pendekatan ini membantu memastikan bahwa dinding bata tetap kuat dan tidak mudah rusak dalam kondisi beban ekstrem. Dalam dinding bata terkekang, elemen-elemen tambahan seperti balok, kolom, atau pengikat ditempatkan untuk meningkatkan kekuatan

dan kemampuan penahanan gempa. Hal ini bertujuan untuk mencegah kerusakan berlebihan atau kegagalan struktural selama peristiwa gempa. Sistem dinding bata terkekang umumnya digunakan sebagai strategi untuk meningkatkan performa gempa pada bangunan, memastikan keamanan struktural, dan mengurangi risiko kerusakan akibat guncangan seismik [1].



**Gambar 2: Ilustrasi Confined Masonry**

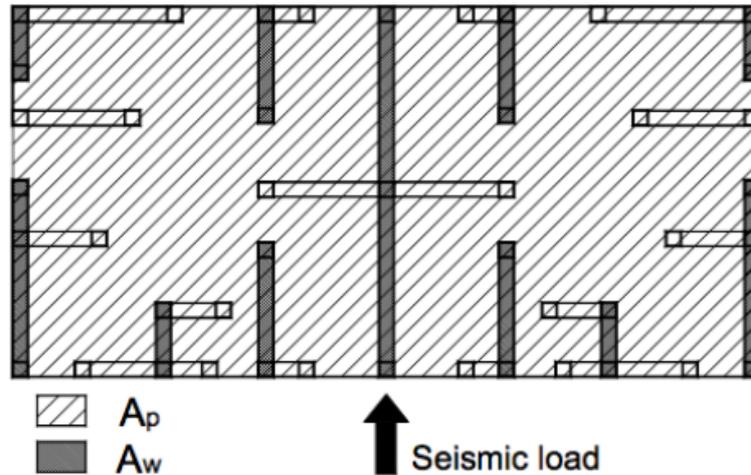
### Bagian – Bagian Dinding Bata Terkekang

Dalam menilai keamanan bangunan dengan konstruksi bata terkekang, tingkat kepadatan dinding adalah parameter yang sangat penting, terutama dalam menghadapi risiko beban seismik dan gravitasi yang rendah. Data historis dari gempa bumi menunjukkan bahwa bangunan bata terkekang yang memiliki kepadatan dinding yang memadai mampu mengatasi dampak dari gempa besar dan mencegah terjadinya keruntuhan struktur [2]. Kepadatan dinding yang baik dapat meningkatkan ketahanan bangunan terhadap gaya lateral dan mencegah kerusakan serius selama kejadian gempa. Oleh karena itu, indeks kepadatan dinding digunakan sebagai ukuran untuk menilai dan memastikan

kepadatan dinding, yang berperan penting dalam memperkuat integritas struktural dan keselamatan bangunan secara keseluruhan.

- Dinding dengan bukaan, dimana luas area bukaan tidak melebihi 10% dari total luas permukaan dinding, tetap dianggap efektif dalam mendukung kekuatan struktural.
- Dinding yang memiliki rasio tinggi terhadap panjang lebih dari 1,5 harus diukur nilai  $d$ -nya untuk semua arah dalam rencana bangunan. Pengukuran ini mencakup arah longitudinal dan transversal untuk memastikan bahwa dinding tersebut memenuhi persyaratan struktural di seluruh dimensi rencana bangunan, sehingga dapat dipastikan bahwa kekuatan dan kestabilan

dinding terjaga dengan baik dalam berbagai arah beban.



Gambar 3: Parameter Indeks Kepadatan Dinding

### Gempa Statik Ekuivalen

Analisis Gempa Statik Ekuivalen adalah metode yang menggambarkan gempa bumi sebagai suatu beban statik yang dikenakan pada representasi model struktur [3]. Gaya-gaya gempa yang dijadikan dasar analisis digunakan untuk menghitung bagaimana struktur akan merespons terhadap gempa bumi dengan tujuan utama untuk memastikan bahwa bangunan tersebut aman [4].

### Gempa Respons Spektrum

Analisis Gempa Respons Spektrum adalah grafik yang menghubungkan periode getaran struktur  $T$  dengan respons maksimum, berdasarkan perbandingan redaman dan karakteristik gempa tertentu [5]. Respons maksimum ini dapat berupa simpangan maksimum (*spectral displacement*,  $SD$ ),

kecepatan maksimum (*spectral velocity*,  $SV$ ), atau percepatan maksimum (*spectral acceleration*,  $SA$ ) pada struktur dengan satu derajat kebebasan (*single degree of freedom*,  $SDOF$ ).

## METODE

### Subjek dan Objek Perancangan

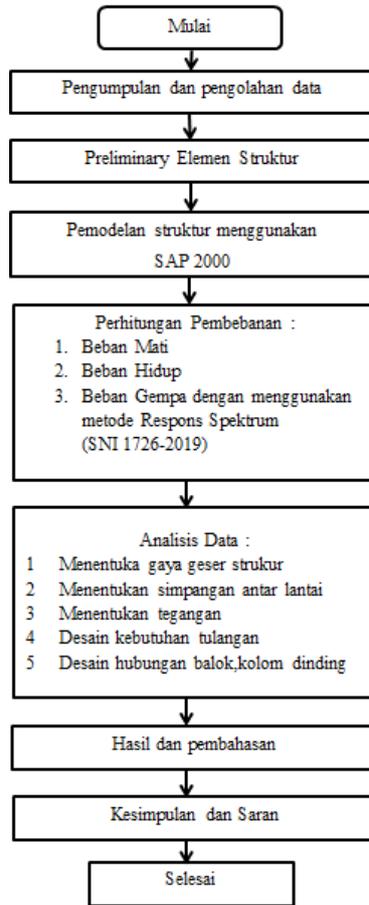
Geometri struktur atas dari 3 lantai, berlokasi di Jln. Jaya Mandala V No. 35 Rt.10/Rw.01, Menteng Dalam, Kec. Tebet, Kota Jakarta Selatan. Sedangkan objek perancangannya mencakup respons struktur seperti gaya geser dasar, simpangan antar tingkat, desain kebutuhan tulangan dan desain hubungan balok, kolom, dan dinding.



Gambar 4: Lokasi Proyek Pembangunan Rumah Tinggal

**Diagram Alir Penelitian**

Diagram alir penelitian sebagai berikut:



**Gambar 5: Diagram Alir Penelitian**

**Pengumpulan Data**

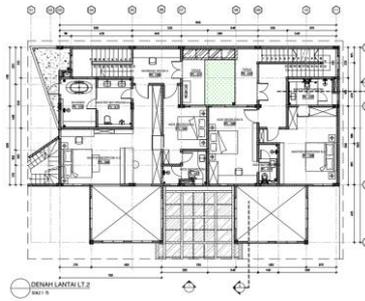
Pengumpulan data sebagai berikut:

- Fungsi Stuktur : Rumah Tinggal
- Jumlah Lantai : 3 lantai
- Tinggi Lantai 1 : 3.60 m
- Tinggi Lantai 2 : 3.60 m

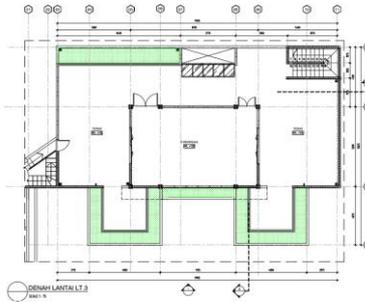
- Tinggi Atap : 4.70 m
- Sistem strukur : Sistem Masonry
- Material Struktur : Struktur Beton
- Dinding : Bata Merah
- Jenis Tanah : Tanah Sedang (SD)



**Gambar 6: Denah Arsitektur Lt.1**



**Gambar 7: Denah Arsitektur Lt.2**



**Gambar 8: Denah Arsitektur Lt.3**

**Spesifikasi Material**

Spesifikasi beton yang digunakan adalah:

- Kuat tekan beton K250  $f'_c$  : 20.75 Mpa
- Modulus elastisitas beton  $E_c$  :  $4700\sqrt{f'_c}$
- Angka poisson  $\nu$  : 0,29
- Modulus geser,  $G: E_c/(2(1 + \nu))$ : 10726,23
- Berat jenis beton  $\gamma_c$  : 24 kN/m<sup>2</sup>
- Mutu baja tulangan  $f_y$  : 420 MPa
- $f_u$  : 525 MPa

Spesifikasi bata merah yang digunakan adalah:

- Dinding bata merah : M-5A-65x90x190 mm
- Absorsi batu bata : 17.33 %

- IRA : 909.8757
- gr/mnt/30in<sup>2</sup>
- Modulus elastisitas : 1.675,38 kg/cm<sup>2</sup>
- Tegangan geser  $0,1\sqrt{f'_m}$ : 0,224 MPa
- Rasio poisson : 0.142 kg/cm<sup>2</sup>
- Massa jenis : 1490 kg/m<sup>3</sup>
- Nilai berat jenis batu bata: 1677.119 kg/m<sup>3</sup>
- Mortar : 1:6
- Kuat tekan mortar : 5 MPa

**Beban Mati**

Beban mati untuk struktur bangunan pada berat material beton bertulang dengan berat jenis 24 kN/m<sup>3</sup>.

**Tabel 1: Beban Mati pada Pelat Lantai**

| Material              | Nominal Kn/m <sup>2</sup> | Ketebalan m | Total (kN/m <sup>2</sup> ) |
|-----------------------|---------------------------|-------------|----------------------------|
| Keramik               | 0,24                      |             | 0,24                       |
| Spesi 3 cm            | 21,00                     | 0,03        | 0,63                       |
| Pasir 2 cm            | 14,00                     | 0,02        | 0,28                       |
| Plafond & penggantung | 0,2                       |             | 0,2                        |
| Me                    | 0,25                      |             | 0,25                       |
| Water Proof           | 0,05                      |             | 0,05                       |
| Kanopi kaca           | 0,24                      |             | 0,24                       |
| Total Beban           |                           |             | 1,89                       |

Beban mati pada Dinding sebagai berikut:  $Lt.3 = 4,7 \times 2,5 = 11,75 \text{ m}$   
 $Lt.1 = 3,6 \times 2,5 = 9 \text{ m}$  **Beban Hidup**  
 $Lt.2 = 3,6 \times 2,5 = 9 \text{ m}$

**Tabel 2: Beban Hidup untuk Pelat Lantai**

| Fungsi Ruang         | Nominal Beban          |
|----------------------|------------------------|
| Hunian Rumah Tinggal | 1.92 kN/m <sup>2</sup> |

**Beban Gempa** Berikut Rekapitulasi Beban Gempa sebagai berikut:

**Tabel 3: Rekapitulasi Beban Gempa**

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| Kategori Resiko                 | II   |
| Faktor Keutamaan Gempa, Ie      | 1  |
| Kelas Situs                     | SD   |
| Parameter Perioda Pendek, SS    | 0.7955 g                                   |
| Parameter Perioda Panjang, S1   | 0.3988 g.                                  |
| Koefisien Situs, Fa             | 1.1818                                     |
| Koefisien Situs, Fv             | 1.9012.                                    |
| Perioda Pendek, SMS             | 0.940 g                                    |
| Perioda Panjang, SM1            | 0.758 g                                    |
| Desain Perioda Pendek. SDS      | 0.626g                                     |
| Desain Perioda Panjang. SD1     | 0.505 g                                    |
| T0                              | 0.162                                      |
| Ts                              | 0.806                                      |
| Kategori Desain Seismik (KDS)   | D  |
| Sistem Struktur                 | dinding geser batu bata polos biasa        |
| Koefisien Modifikasi Respons, R | 1,5  |
| Faktor Kuat Lebih Sistem, Ω0    | 2,5  |
| Faktor Pembesaran Defleksi, Cd  | 1,25                                       |
| Faktor Redudansi, p             | 1  |
| Sistem Struktur                 | Rangka beton bertulang pemikul momen biasa |
| Koefisien Modifikasi Respons, R | 3  |
| Faktor Kuat Lebih Sistem, Ω0    | 3  |
| Faktor Pembesaran Defleksi, Cd  | 2,5  |

**Kombinasi Beban**

Kombinasi pembebanan SNI 2847: 2019 pasal

5.3.1:

Komb.1=1.4D +1.D SDL

Komb.2=1.2D +1.2 SDL+1.6 LL

Komb.3=1.32D+1.32SDL+1 LL+1 EDX + 0,3EDY

Komb.4=1.32D+1.32SDL+1 LL+1 EDX - 0,3EDY

Komb.5 =1.32D+1.32 SDL+1 LL-1 EDX + 0,3 EDY

Komb.6 =1.32D+1.32 SDL +1 LL-1 EDX - 0,3EDY

Komb.7 =1.32D +1.32 SDL +1LL+1 EDy +0,3 EDx

Komb.8 =1.32D +1.32 SDL +1 LL+1 EDy -0,3 EDx

Komb.9 =  $1.32D + 1.32 \text{SDL} + 1 \text{LL} - 1 \text{EDy} + 0,3 \text{EDx}$

Komb.10 =  $1.32D + 1.32 \text{SDL} + 1 \text{LL} - 1 \text{EDx} - 0,3 \text{EDy}$

Komb.11 =  $0.77D + 0.77\text{SDL} + 1 \text{EDx} + 0,3 \text{EDy}$

Komb.12 =  $0.77D + 0.77\text{SDL} + 1 \text{EDx} - 0,3 \text{EDy}$

Komb.13 =  $0.77D + 0.77\text{SDL} - 1 \text{EDx} + 0,3 \text{EDy}$

Komb.14 =  $0.77D + 0.77 \text{SDL} - 1 \text{EDx} - 0,3 \text{EDy}$

Komb.15 =  $0.77D + 0.77 \text{SDL} + 1 \text{EDy} + 0,3 \text{EDx}$

Komb.16 =  $0.77D + 0.77 \text{SDL} + 1 \text{EDy} - 0,3 \text{EDx}$

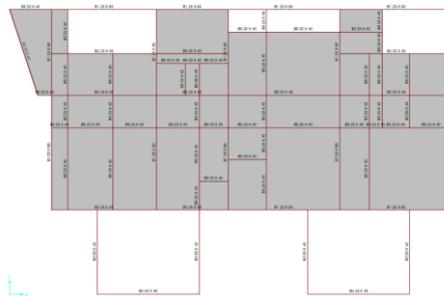
Komb.17 =  $0.77D + 0.77 \text{SDL} - 1 \text{EDy} + 0,3 \text{EDx}$

Komb.18 =  $0.77D + 0.77 \text{SDL} - 1 \text{EDy} - 0,3 \text{EDx}$

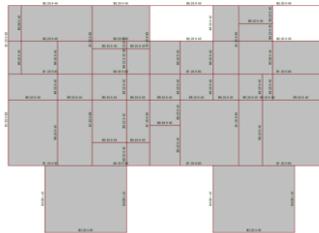
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pemodelan Struktur

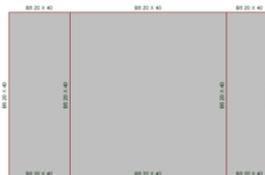
Pemodelan elemen struktur menggunakan aplikasi program SAP 2000.V22, dalam bentuk 3D sebagai berikut:



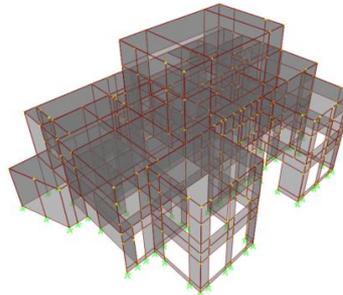
**Gambar 9: Denah Lantai 1**



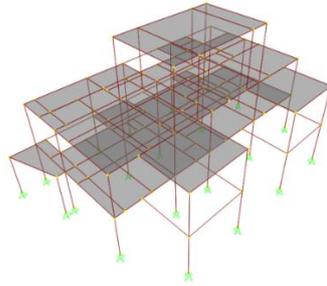
**Gambar 10: Denah Lantai 2**



**Gambar 11: Denah Lantai 3**



**Gambar 12: Pemodelan Dengan Dinding**



**Gambar 13: Pemodelan Tanpa Dinding**

**Analisis Kombinasi Ragam Partisipasi Partisipasi Massa Tanpa Dinding**  
**Massa**



**Gambar 14: Mode 1**

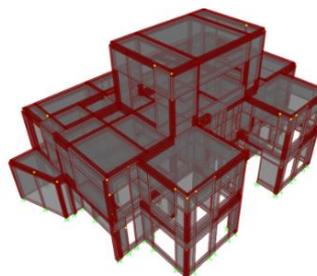


**Gambar 15: Mode 2**

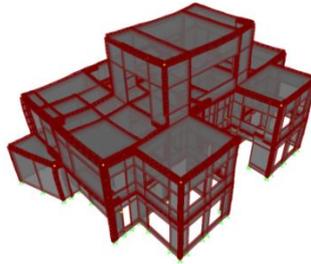


**Gambar 16: Mode 3**

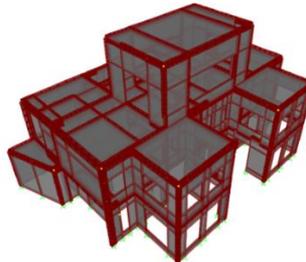
Partisipasi Massa dengan Dinding



**Gambar 17: Mode 1**



Gambar 18: Mode 2



Gambar 19: Mode 3

Tabel 4: Partisipasi Massa Tanpa Dinding & Dinding

|        | Tanpa Dinding |              |              | Dengan Dinding |               |               |
|--------|---------------|--------------|--------------|----------------|---------------|---------------|
|        | Periode       | UX           | UY           | Periode        | UX            | UY            |
| Mode 1 | <b>1,675</b>  | 0,007        | <b>0,894</b> | <b>0,4414</b>  | 0,0016        | <b>0,8264</b> |
| Mode 2 | <b>1,184</b>  | <b>0,477</b> | 0,064        | <b>0,4099</b>  | <b>0,7446</b> | 0,0045        |
| Mode 3 | <b>1,012</b>  | <b>0,449</b> | 0,021        | <b>0,3185</b>  | <b>0,1412</b> | 0,0015        |

**Periode Desain**

**Bangunan Tanpa Dinding & Dinding**

- Periode Pendekatan Fundamental Minimum  
 $T_a = C_t \times h^x$   
 $= 0,0488 \times 11,9^{0,75}$   
 $= 0,31266555$  detik

- Batasan atas Periode Pendekatan Fundamental

$$T_{a \max} = C_u \times T_a$$

$$= 1,4 \times 0,31266555$$

$$= 0,4377 \text{ detik}$$

- Penentuan Perioda (T)

Tabel 5: Rekapitulasi Periode Tanpa Dinding & Dinding

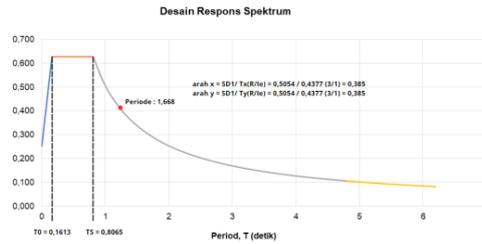
| Arah | Ta (detik)  | Ta max (detik) | Tc (detik) |
|------|-------------|----------------|------------|
| X    | 0,312605555 | 0,4377         | 1,668      |
| Y    | 0,312605555 | 0,4377         | 1,188      |

Berdasarkan tabel di atas dan sesuai dengan syarat penentuan periode, didapatkan bahwa  $T_c > T_{a \max}$ , sehingga periode yang digunakan adalah  $T = T_{a \max}$ . Dengan

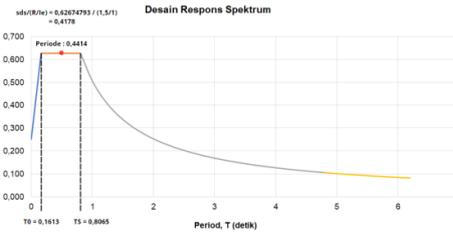
demikian, periode  $T_{a \max}$  untuk arah x dan arah y masing-masing adalah:  
 $T_{a \max}$  arah x = 0,4377 detik  
 $T_{a \max}$  arah y = 0,4377 detik

**Desain Respons Spektrum**

Berikut adalah grafik Repons Spektrum tanpa dinding & dinding sebagai berikut:



**Gambar 20: Respons Spektrum Tanpa Dinding**



**Gambar 21: Respons Spektrum Dengan Dinding**

**Gaya Geser Statik Ekuivalen  
 Bangunan Tanpa Dinding**

| Koefisien | Tanpa Dinding | Dengan Dinding |
|-----------|---------------|----------------|
| Cs min    | 0,027         | 0,027          |
| Cs hitung | 0,209         | 0,417          |
| Cs max x  | 0,385         | 0,797          |
| Cs max y  | 0,385         | 0,797          |
| Berat     | 5933,384 kN   | 5933,054 kN    |
| Vs arah x | 2284,353 kN   | 2478,829 kN    |
| Vs arah y | 2284,353 kN   | 2478,829 kN    |

**Gaya Geser Dinamik Respons Spektrum  
 Bangunan Tanpa Dinding**

Gaya geser dasar Respon Spektrum (Vt) diperoleh dari analisis struktur menggunakan program SAP 2000.V22 untuk arah X dan Y, dengan nilai-nilai sebagai berikut:

**Tabel 6: Gaya Geser Dinamika Respons Spektrum**

| Base Shear | Gaya geser dinamik | Faktor Skala Awal | Gaya geser dinamik | Faktor Skala |
|------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------|
| X          | 687,52             | 3,28              | 2284,36            | 10,865       |
| Y          | 544,43             | 3,27              | 2284,36            | 10,720       |

Faktor skala awal =  $g/(R/I)$  = 10,8650  
 =  $9,81 / (3 / 1)$  Faktor arah y =  $(Vs / Vt) \times Fs$   
 = 3,27 =  $(2284,3538 /$   
 Faktor arah x =  $(Vs / Vt) \times Fs$  544,43) x 3,27  
 =  $(2284,3538 /$  = 10,7206  
 687,515) x 3,27

**Tabel 7: Kontrol Penskalaan Gaya**

| Base Shear | Gaya geser dinamik | Gaya geser ekuivalen | Faktor skala | Kontrol |
|------------|--------------------|----------------------|--------------|---------|
| X          | 2284,36            | 2284,3538            | 1,00         | Ok      |
| Y          | 2284,36            | 2284,3538            | 1,00         | Ok      |

**Bangunan Dengan Dinding**

program SAP 2000.V22 untuk arah X dan Y,

Gaya geser dasar Respon Spektrum (Vt) diperoleh dari analisis struktur menggunakan

dengan nilai-nilai sebagai berikut:

**Tabel 8: Gaya Geser Dinamika Respons Spektrum**

| Base Shear | Gaya geser dinamik | Faktor Skala Awal | Gaya geser dinamik | Faktor Skala |
|------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------|
| X          | 1941,657           | 6,54              | 2479,00            | 8,349        |
| Y          | 2089,65            | 6,54              | 2479,00            | 7,758        |

Faktor skala awal =  $g/(R/I)$

= 8,349

=  $9,81 / (1,5 / 1)$

Faktor arah y =  $(Vs / Vt) \times Fs$

= 6,54

=  $(2479,00 / 2089,65) \times 6,54$

Faktor arah x =  $(Vs / Vt) \times Fs$

= 7,758

=  $(2479,00 / 1941,66) \times 6,54$

**Tabel 9: Kontrol Penskalaan Gaya**

| Base Shear | Gaya geser dinamik | Gaya geser ekuivalen | Faktor skala | Kontrol |
|------------|--------------------|----------------------|--------------|---------|
| X          | 2479,00            | 2479,00              | 1,00         | Ok      |
| Y          | 2479,00            | 2479,00              | 1,00         | Ok      |

**Simpangan Antar Tingkat**

**Bangunan Tanpa Dinding**

**Tabel 10: Simpangan Antar Tingkat Arah x dan y**

| H | Elastic Drift         |                       | Inelastic Drift    |                    | Drift Limit | Cek |
|---|-----------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|-------------|-----|
|   | $\delta_{ex}$<br>(mm) | $\delta_{ey}$<br>(mm) | $\Delta_x$<br>(mm) | $\Delta_y$<br>(mm) |             |     |
| 3 | 4700                  | 44,15                 | 30,76              | 110,38             | 76,90       | 94  |
| 2 | 3600                  | 32,39                 | 62,49              | 80,97              | 156,23      | 72  |
| 1 | 3600                  | 129,32                | 307,41             | 323,31             | 768,53      | 72  |
| 0 | 0                     | 0                     | 0                  | 0                  | 0           | 0   |

Contoh perhitungan Kontrol simpangan:

$\Delta_x = \frac{(205,868 - 161,716) \times 2,5}{1} < 94$

Untuk lantai 3:

= 110,380 < 94 **Not**

$\Delta_i = \frac{(\delta_2 - \delta_1) \times Cd}{I} < \Delta_a$

$\Delta_y = \frac{(400,67 - 369,907) \times 2,5}{1} < 94$

$\Delta_a = 0,020 \text{ hx}$

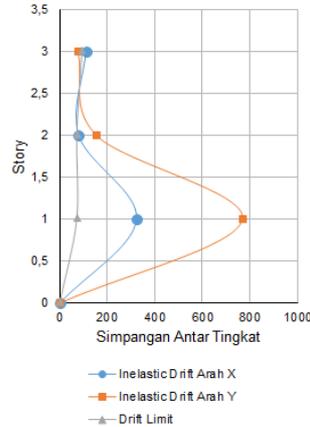
= 76,908 < 94 **Not**

= 0,020 x 4700

= 94 mm

Berdasarkan perhitungan, simpangan antar lantai ( $\Delta_x$ ) tidak melebihi simpangan yang diizinkan ( $\Delta_a$ ), sehingga struktur tidak memenuhi persyaratan kekakuan menurut SNI

1726-2019. Simpangan dan simpangan antar lantai dalam bentuk kurva dapat dilihat pada gambar berikut ini.



**Gambar 22: Simpangan Antar Tingkat**

Dari grafik di atas, terlihat bahwa nilai inelastic drift terbesar pada arah x adalah 768,530 mm dan pada arah y adalah 323,315 mm. Nilai-nilai ini dianggap tidak aman

karena melebihi batas yang diizinkan sebesar 94 mm.

**Bangunan Dengan Dinding**

**Tabel 11: Simpangan Antar Tingkat Arah x dan y**

| H | Elastic Drift         |                       | Inelastic Drift    |                    | Drift Limit           | Cek  |    |
|---|-----------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|------|----|
|   | $\delta_{ex}$<br>(mm) | $\delta_{ey}$<br>(mm) | $\Delta_x$<br>(mm) | $\Delta_y$<br>(mm) | $\delta_{ex}$<br>(mm) |      |    |
| 3 | 4700                  | 8,659                 | 23,944             | 10,824             | 29,930                | 32,9 | Ok |
| 2 | 3600                  | 10,027                | 7,412              | 12,534             | 9,265                 | 25,2 | Ok |
| 1 | 3600                  | 19,166                | 13,594             | 23,958             | 16,993                | 25,2 | Ok |
| 0 | 0                     | 0                     | 0                  | 0                  | 0                     | 0    |    |

$= 29,93 < 32,9$  **Ok**

Contoh perhitungan Kontrol simpangan:  
Untuk lantai 3:

$$\Delta_i = \frac{(\delta_2 - \delta_1) \times Cd}{I} < \Delta_a$$

$$\Delta_a = 0,007 \times hx$$

$$= 0,007 \times 4700$$

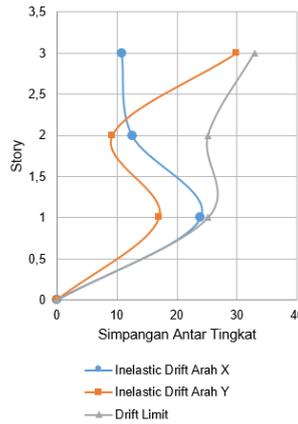
$$= 32,9 \text{ mm}$$

$$\Delta_x = \frac{(37,852 - 29,193) \times 1,25}{1} < 32,9$$

$$= 10,824 < 32,9 \text{ Ok}$$

$$\Delta_y = \frac{(44,95 - 21,006) \times 1,25}{1} < 32,9$$

Berdasarkan perhitungan, simpangan antar lantai ( $\Delta_x$ ) tidak melebihi simpangan maksimum yang diizinkan ( $\Delta_a$ ), sehingga struktur memenuhi persyaratan kekakuan sesuai dengan SNI 1726-2019. Kurva simpangan dan simpangan antar lantai dapat dilihat pada gambar berikut:



**Gambar 23: Simpangan Antar Tingkat**

Dari grafik di atas, terlihat bahwa nilai drift maksimum terjadi di lantai 3 dengan ukuran sebesar 32,900 mm, yang dianggap aman.

**Tegangan**

Untuk mengidentifikasi kelemahan pada struktur dinding bangunan, perlu mengeluarkan nilai tegangan dinding dari SAP 2000 V22. Nilai tegangan tekan ultimit ( $\sigma_c$ ) yang diperoleh adalah sebagai berikut:

$$\sigma_c = f'_m = 5 \text{ MPa}$$

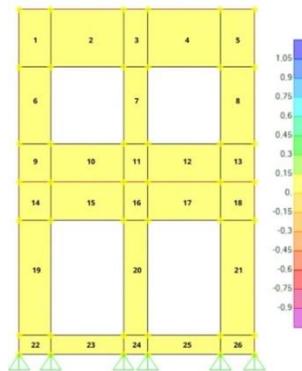
$$\sigma_t = 0,1 \sqrt{f'_m} = 0,1 \sqrt{5}$$

$$= 0,224 \text{ MPa}$$

Jika tegangan pada dinding melebihi batas ultimit, maka akan terjadi kerusakan/keretakan struktural. Jika tidak melebihi batas ultimit, kemungkinan tidak akan terjadi retakan ataupun terjadi hanyalah retakan non struktural.

Tegangan SMax (SMax) yang terjadi di setiap panel dinding berbeda-beda. Untuk mengetahui Tegangan SMax sebagai berikut:

$$S_{Max} = \sqrt{s1^2 + s2^2}$$



**Gambar 24: Tegangan SMax**

**Tabel 12: Analisis Tegangan Izin & Tegangan SMax**

| Area | Tegangan Izin | Tegangan Smax | Jenis Retakan |       |
|------|---------------|---------------|---------------|-------|
| 1    | 5             | 0,244         | 4,056809      | Retak |
| 2    | 5             | 0,244         | 3,672336      | Retak |
| 3    | 5             | 0,244         | 1,619761      | Retak |
| 4    | 5             | 0,244         | 2,640025      | Retak |
| 5    | 5             | 0,244         | 2,283364      | Retak |
| 6    | 5             | 0,244         | 1,800529      | Retak |
| 7    | 5             | 0,244         | 1,592249      | Retak |

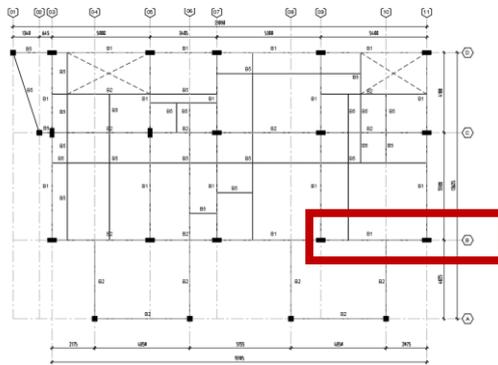
| Area | Tegangan Izin |       | Tegangan Smax | Jenis Retakan |
|------|---------------|-------|---------------|---------------|
| 8    | 5             | 0,244 | 1,480904      | Retak         |
| 9    | 5             | 0,244 | 10,240900     | Retak         |
| 10   | 5             | 0,244 | 9,339169      | Retak         |
| 11   | 5             | 0,244 | 6,687256      | Retak         |
| 12   | 5             | 0,244 | 8,195436      | Retak         |
| 13   | 5             | 0,244 | 10,174900     | Retak         |
| 14   | 5             | 0,244 | 9,135401      | Retak         |
| 15   | 5             | 0,244 | 9,361100      | Retak         |
| 16   | 5             | 0,244 | 6,687256      | Retak         |
| 17   | 5             | 0,244 | 8,203436      | Retak         |
| 18   | 5             | 0,244 | 7,395801      | Retak         |
| 19   | 5             | 0,244 | 20,956016     | Retak         |
| 20   | 5             | 0,244 | 12,363916     | Retak         |
| 21   | 5             | 0,244 | 21,017196     | Retak         |
| 22   | 5             | 0,244 | 46,247900     | Retak         |
| 23   | 5             | 0,244 | 43,216036     | Retak         |
| 24   | 5             | 0,244 | 27,180449     | Retak         |
| 25   | 5             | 0,244 | 43,236009     | Retak         |
| 26   | 5             | 0,244 | 45,357241     | Retak         |

Nilai tegangan Smax terbesar pada struktur dinding sebesar 45,357241 Mpa yang terletak di area 26 tegangan ini melebihi batas ultimit maka akan terjadi kerusakan struktural.

### Desain Kebutuhan Tulangan

Berikut adalah Perhitungan Kebutuhan tulangan sesuai SNI 2847-2019 sebagai berikut:

#### 1. Desain Kebutuhan Tulangan Balok



**Gambar 25: Balok Sampel Analisis**

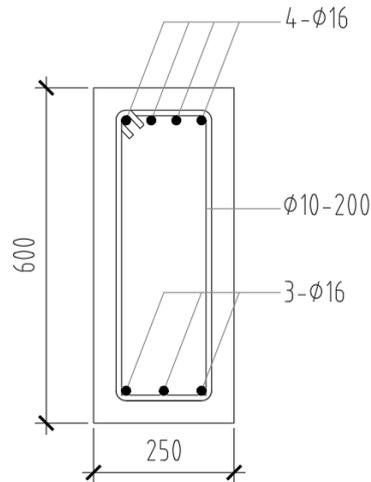
**Tabel 15: Pemodelan Balok**

| Pemodelan Balok |            |
|-----------------|------------|
| B1              | 250x600 mm |
| B2              | 250x450 mm |
| B3              | 200x450 mm |
| B4              | 300x600 mm |
| B5              | 200x400 mm |

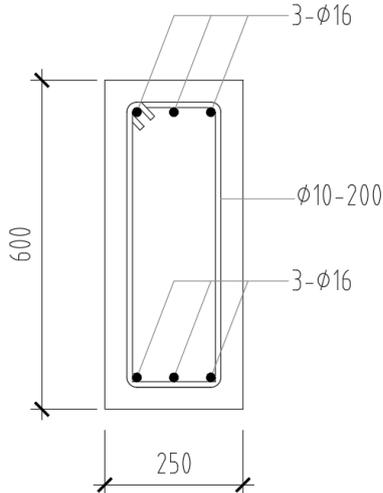
|                            |            |                                      |          |
|----------------------------|------------|--------------------------------------|----------|
| Momen positif ( $M_{u+}$ ) | = 36,4 kNm | Tinggi balok (h)                     | = 600 mm |
| Momen negatif ( $M_u$ )    | = 124 kNm  | Tebal bersih selimut beton ( $t_s$ ) | = 40 mm  |
| Gaya geser ( $V_u$ )       | = 141 kNm  | Tulangan positif                     | = 3-D16  |
| lebar balok (b)            | = 250 mm   | Tulangan negative                    | = 4-D16  |

Tulangan geser

$$= 2P10 - 200$$

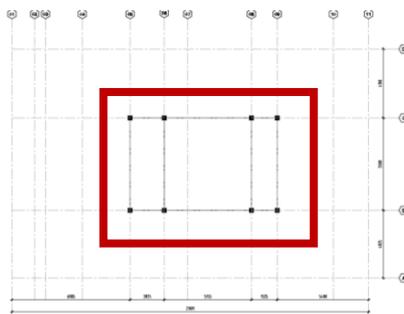


Gambar 26: Area Tumpuan



Gambar 27: Area Lapangan

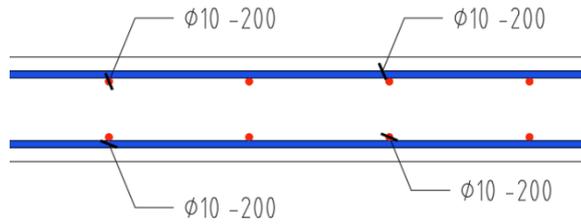
## 2. Desain Kebutuhan Tulangan Balok



Gambar 28: Pelat Sampel Analisis

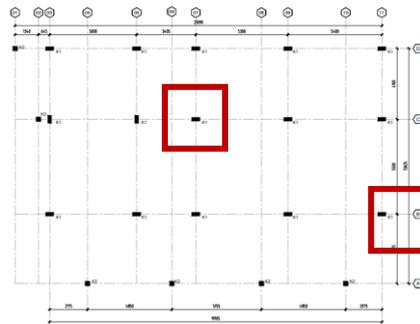
|                              |            |                                       |          |
|------------------------------|------------|---------------------------------------|----------|
| Momen lapangan ( $M_{ulx}$ ) | = 6,4 kN.m | Momen rencana ( $M_u$ )               | = 8,735  |
| Momen lapangan ( $M_{uly}$ ) | = 6,1 kN.m |                                       | kN.m     |
| Momen tumpuan ( $M_{utx}$ )  | = 8,735    | Panjang bentang plat arah x ( $L_x$ ) | = 5,50 m |
| kN.m                         |            | Panjang bentang plat arah y ( $L_y$ ) | = 5,16 m |
| Momen tumpuan ( $M_{uty}$ )  | = 8 kN.m   | Tebal pelat lantai ( $h$ )            | = 150mm  |
|                              |            | Koefisien momen pelat ( $L_x/L_y$ )   | = 1,07 m |

Diameter tulangan ( $\emptyset$ ) = 10 mm                      Tulangan pelat lantai = D10-200  
 Tebal bersih selimut beton (ts) = 20 mm



**Gambar 29: Detail Pelat Lantai**

3. Desain Kebutuhan Tulangan Kolom



**Gambar 30: Kolom Sampel Analisis**

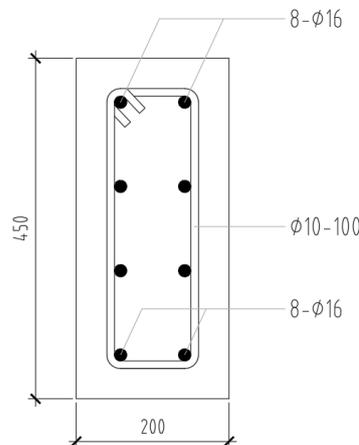
**Tabel 16: Pemodelan Kolom**

| Pemodelan Kolom |              |
|-----------------|--------------|
| K1              | 450 x 200 mm |
| K2              | 250 x 250 mm |

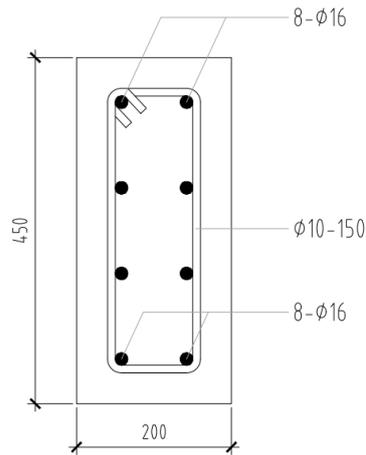
Peninjauan ini terletak di lantai 1, posisi dan pemilihan sampel karena pertimbangan gaya yang bekerja.

Gaya aksial ( $P_u$ ) = 958,602 kN  
 Momen ultimate ( $M_u$ ) = 150,4803 kN  
 Gaya geser ( $V_u$ ) = 112,336 kN

Lebar Kolom = 250 mm  
 Tinggi kolom = 450 mm  
 Tebal selimut beton = 40 mm  
 Tulangan utama = 8-D16  
 Tulangan geser = D10-100

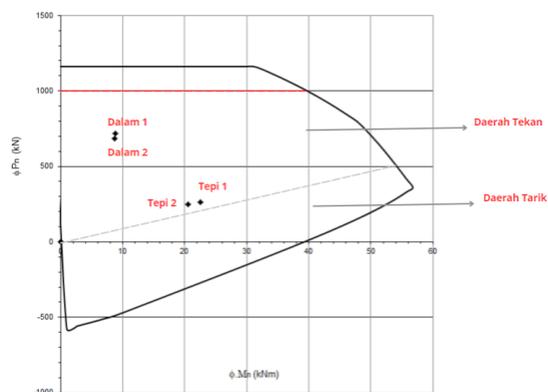


**Gambar 31: Area Tumpuan**



**Gambar 32: Area Lapangan**

Berikut adalah hasil analisis kolom dengan diagram interaksi sebagai berikut:



**Gambar 33: Detail Pelat Lantai**

| Area           | Pu (Kn) | Mn(Kn) |
|----------------|---------|--------|
| Comb 1 – Tepi  | 264,98  | 22,53  |
| Comb 2 - Dalam | 247,54  | 20,59  |
| Comb 1 – Tepi  | 719,68  | 8,81   |
| Comb 2 - Dalam | 685,97  | 8,68   |

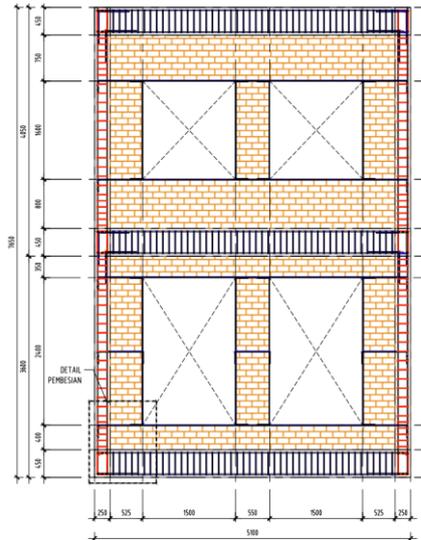
### Desain Hubungan Balok, Kolom dan Dinding

Desain hubungan antara balok, kolom dan dinding adalah kunci untuk memastikan stabilitas dan kuat struktural bangunan. Hubungan yang baik antara elemen-elemen ini membantu mendistribusikan beban secara

merata dan meningkatkan ketahanan terhadap berbagai gaya seperti beban vertikal dan lateral. Berikut adalah hubungan balok, kolom dan dinding.

#### 1. Sampel Analisis Grid A

Berikut adalah gambar potongan Grid A sebagai berikut:

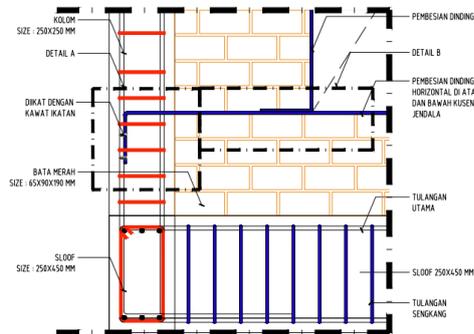


Gambar 34: Sampel Analisis Grid A

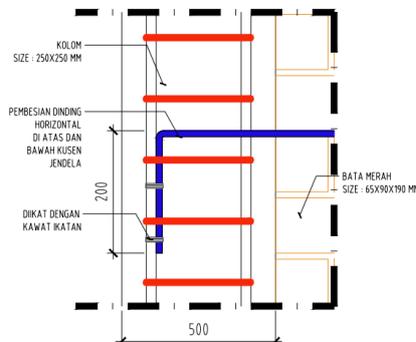
## 2. Detail Pembesian Dinding

Dinding harus terikat dengan elemen struktur untuk menjamin kekuatan dan kestabilan bangunan secara keseluruhan. Setiap lapisan bata di bawah dan di atas kusen bukaan harus dilengkapi dengan pembesian horizontal, pembesian vertikal juga harus di pasang di setiap sisi bukaan. Kawat ikat digunakan

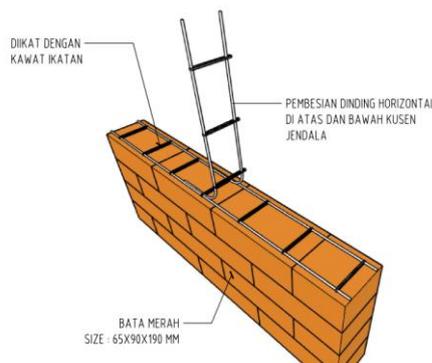
untuk menghubungkan pembesian dinding dengan pembesian kolom. Ini memastikan bahwa dinding terikat kuat pada kolom dan balok, untuk memastikan kestabilan pada area yang rentan tersebut Berikut adalah gambar detail pembesian kolom, balok dan dinding sebagai berikut:



Gambar 35: Detail Pembesian Dinding Grid A



Gambar 36: Detail A



Gambar 37: Detail B

## KESIMPULAN

Pada kesimpulan ini diuraikan sesuai dengan urutan hasil analisis yang dilakukan per bab sebagai berikut:

1. Hasil analisis kombinasi ragam partisipasi massa

Diperoleh bahwa bangunan tanpa dinding lebih fleksibel dibandingkan dengan menggunakan dinding, yang lebih kaku.

2. Periode desain

$T_{a \max}$  untuk bangunan tanpa dinding dan dinding menggunakan perhitungan yang sama sebagai berikut arah x dan y sebesar 0,4377 detik.

3. Gaya geser statik ekuivalen

Untuk bangunan tanpa dinding diperoleh dari program SAP 2000 V.22 sebesar  $x = 1239,66 \text{ kN}$   $y = 1239,66 \text{ kN}$  dan dinding diperoleh sebesar arah x 2479,0 kN, arah y = 2479,0 kN.

4. Gaya geser gempa dinamik respons spektrum

Dinding untuk arah x dan y 2479,0 kN dibandingkan tanpa dinding lebih kecil arah x dan y 1239,33 kN. Hal ini sesuai dengan ketentuan yang mana ketika periode lebih kecil maka geser yang terjadi lebih besar

begitu juga sebaliknya dan untuk selisih geser nya yaitu sekitar 50 %.

5. Faktor skala

Pada bangunan dinding  $SF_x = 8,35 \text{ kN}$ ,  $SF_y = 7,758 \text{ kN}$  dibandingkan tanpa dinding sebesar  $SF_x = 5,910 \text{ kN}$   $SF_y = 7,403 \text{ kN}$ .

6. Simpangan Antar Tingkat

Hasil analisis pada struktur bangunan dengan simpangan yang terjadi bangunan tanpa dinding bata drift limit 94 mm lebih besar dari dinding drift limit 32,9 mm, dapat disimpulkan bangunan tanpa dinding lebih lentur dibandingkan dengan dinding bata lebih kaku.

7. Tegangan

Hasil analisis pada struktur bangunan yang terjadi pada tegangan  $s_{\max}$  sebesar 45,357 N dan dinding mengalami keretakan struktural.

Berdasarkan hasil analisis perilaku struktur sistem penahan gempa masonry tanpa dinding lebih lentur dibandingkan dinding bata lebih kaku.

Lapisan bata yang terletak di sekeliling bukaan terdapat pembesian, dan menggunakan kawat ikat untuk

menghubungkan pembesian dinding dengan pembesian kolom.

“Evaluasi Kinerja Struktur Dinding Bata Dengan Metode Analisis Pushover Pada Bangunan Sederhana,” *Infratech Building Journal*, Vol. 2, No. 2, Pp. 29–39, 2021.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] S. N. Ahmad *Et Al.*, *Pemanfaatan Material Alternatif (Sebagai Bahan Penyusun Konstruksi)*. Tohar Media, 2021.
- [2] A. A. Sila *Et Al.*, *Dinamika Dan Struktur Tahan Gempa*. Tohar Media, 2023.
- [3] S. D. Wahyuni, A. Khamid, W. Wahidin, I. Imron, And Y. Feriska, [4] M. N. Sholeh, *Analisa Struktur Sap2000 V22*. Pustaka Pranala, 2021.
- [5] N. Prismastanto, “Metode Analisis Ragam Spektrum Respons Pada Struktur Gedung Bertingkat,” *Media Komunikasi Dunia Ilmu Sipil (Modulus)*, Vol. 1, No. 1, Pp. 25–34, 2019.