

PERENCANAAN ULANG RUMAH SAKIT NAHDLATUL ULAMA (RSNU) JOMBANG MENGGUNAKAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK)

Oleh:

Ivan Candri Zabarij Umaruzzaman,
Hendri Hermawan.

Progam Studi Teknik Sipil
Universitas Muhammadiyah Sidoarjo
Juni, 2025

Pendahuluan

Rumah sakit sebagai fasilitas vital harus dirancang dengan mempertimbangkan ketahanan terhadap gempa agar tetap berfungsi saat bencana. Bangunan bertingkat menjadi solusi keterbatasan lahan, namun lebih rentan terhadap gaya lateral, sehingga perencanaannya harus memperhitungkan beban seismik secara cermat. Sistem SRPMK umum digunakan pada bangunan berisiko tinggi seperti rumah sakit, karena mampu menahan gempa kecil hingga besar tanpa keruntuhan struktural. Tugas akhir ini merencanakan ulang RSNU Jombang dari 2 menjadi 5 lantai sesuai ketentuan SNI 1726:2019, SNI 2847:2019, dan SNI 1726:2020, untuk menjamin keamanan dan ketahanan bangunan di wilayah gempa sedang.

Rumusan Masalah

Dari penjabaran latar belakang bisa dirumuskan beberapa masalah seperti :

- Berapakah dimensi struktur sekunder ?
- Berapakah dimensi struktur primer ?
- Bagaimana layout existing Rumah Sakit Nahdlatul Ulama?
- Bagian desain perencanaan struktur Rumah Sakit Nahdlatul Ulama?

Metode Perencanaan

Untuk memperoleh hasil analisis yang tepat dalam mencapai tujuan penelitian, proses analisis data dilakukan melalui tahapan-tahapan yang sistematis dan berdasarkan teori yang relevan dengan permasalahan. Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini antara lain:

1. Studi Pustaka

Tahap ini dilakukan dengan menghimpun informasi dari berbagai sumber seperti buku, peraturan, dan referensi lain yang relevan. Studi literatur bertujuan untuk mengidentifikasi kebutuhan dalam perencanaan struktur baja serta memperoleh dasar teoritis yang kuat dan dapat dipertanggungjawabkan dalam pelaksanaan penelitian. Dalam pelaksanaan tugas akhir ini, pedoman-pedoman tertentu dijadikan acuan agar proses perencanaan mengikuti standar yang berlaku :

- SNI 2847:2019 (Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung)
- SNI 1726:2019 (Tata Cara Perencanaan Ketahanan gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung)
- SNI 1727:2020 (Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain)
- PPIUG 1983 (Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung Tahun 1983)

Metode Perencanaan

2. Analisa Desain Struktur Existing

Dalam menganalisis desain eksisting, dilakukan peninjauan terhadap sistem pemikul beban vertikal dan lateral yang telah diterapkan. Beberapa parameter teknis yang dianalisis antara lain adalah ukuran dan penulangan elemen struktur (balok dan kolom), konfigurasi denah dan elevasi bangunan, serta sambungan-sambungan struktural antar elemen. Selain itu, evaluasi juga mempertimbangkan apakah struktur eksisting telah memenuhi ketentuan terbaru yang tercantum dalam peraturan SNI 2847:2019 (untuk beton bertulang) dan SNI 1726:2020 (untuk ketahanan gempa).

- Analisa kekuatan struktur kolom
- Analisa kekuatan struktur balok

Metode Perencanaan

3. Pemodelan Perencanaan Struktur

Dalam studi ini, perangkat lunak bantu SAP2000 digunakan untuk melakukan pemodelan dan analisis struktur secara menyeluruh guna menyederhanakan proses perhitungan yang kompleks. Pemodelan struktur mencakup berbagai aspek penting, seperti konfigurasi geometris bangunan, penentuan elemen-elemen struktural utama (balok, kolom, pelat), serta material yang digunakan. Seluruh data input didasarkan pada gambar kerja yang telah diperbarui, dengan rencana penambahan jumlah lantai. Selain itu, pemodelan ini juga mempertimbangkan perubahan beban dan sistem struktur akibat modifikasi desain, agar hasil analisis dapat mencerminkan kondisi aktual struktur secara lebih akurat dan dapat dijadikan acuan dalam perencanaan ulang, perlu menentukan yang meliputi :

- Menentukan dimensi struktur kolom
- Menentukan dimensi struktur balok
- Menentukan desain perencanaan ulang

Metode Perencanaan

4. Perencanaan Pembebanan

Dalam proses perencanaan ulang struktur Rumah Sakit Nahdlatul Ulama di Kota Jombang, digunakan tiga jenis pembebanan utama. Ketiga jenis pembebanan tersebut kemudian dikombinasikan menggunakan kombinasi pembebanan yang telah ditetapkan dalam standar perencanaan struktur. Bertujuan untuk memperoleh kondisi pembebanan terberat yang memungkinkan, sehingga struktur dapat dirancang agar mampu menahan beban maksimum yang mungkin terjadi selama masa layan bangunan, baik dalam kondisi normal maupun saat bencana. Beban tersebut meliputi :

- Beban mati
- Beban hidup
- Beban gempa
- Beban Angin

Metode Perencanaan

5. Analisa Struktur

Setelah beban-beban yang bekerja pada struktur ditentukan, tahapan berikutnya adalah melakukan analisis struktur. Proses ini mencakup beberapa langkah, antara lain:

- Membuat pemodelan struktur berdasarkan gambar rencana menggunakan perangkat lunak SAP2000
- Memasukkan beban-beban yang telah ditentukan ke dalam model pada aplikasi SAP2000
- Melakukan proses analisis struktural dengan menjalankan simulasi pada SAP2000
- Mengambil dan menafsirkan hasil output analisis yang dihasilkan oleh SAP2000

Hasil dan Pembahasan

A. Analisa Desain Struktur Existing

1. Data Umum Bangunan

Berikut adalah data umum yang dimiliki bangunan :

- a. Lokasi : Kota Jombang, Jawa Timur
- b. Fungsi Bangunan : Rumah Sakit
- c. Jumlah Lantai : 2 Lantai
- d. Luas Bangunan : 1399 m²
- e. Jenis Tanah : Tanah Sedang

2. Data Material

- a. Mutu Beton (f_c') : 41,78 MPa
- b. Mutu Baja Tulangan : $D < 10\text{mm}$, $f_y = 240\text{ MPa}$ (Polos)
 $D > 10\text{mm}$, $f_y = 420\text{ MPa}$ (Ulir)

Hasil dan Pembahasan

3. Kapasitas Kekuatan Balok

Luas baja tulangan yang ditempatkan sangat menentukan kapasitas momen yang diandalkan oleh elemen balok, yang merupakan komponen elemen struktural, untuk memikul beban. Elemen struktur balok yang dihitung kekuatan penampangnya meliputi:

- Perhitungan kapasitas lentur balok

Perhitungan momen lentur eksisting menggunakan persamaan

$$M_n = M_{nc} + M_{ns}$$

- Perhitungan kapasitas geser balok

Perhitungan kapasitas geser eksisting menggunakan persamaan

$$V_n = \frac{A_s f_y}{s} d$$

Hasil dan Pembahasan

4. Kapasitas Kekuatan Kolom

Peran utama elemen kolom adalah untuk mendukung beban aksial penampang beton bertulang, dan kapasitas pemasangan tulangan menentukan kapasitas momen elemen. Elemen struktur kolom yang dihitung kekuatan penampangnya meliputi:

- Perhitungan kapasitas lentur dan aksial kolom

Perhitungan kapasitas kekuatan kolom didasarkan pada 3 jenis keruntuhan, yakni “keruntuhan seimbang, keruntuhan tarik, dan keruntuhan tekan.” Perhitungan kapasitas aksial kolom dihitung menggunakan persamaan

$$P_n = C_c + C_s - T$$

Perhitungan kapasitas momen kolom dengan menggunakan persamaan

$$M_n = P_n e$$

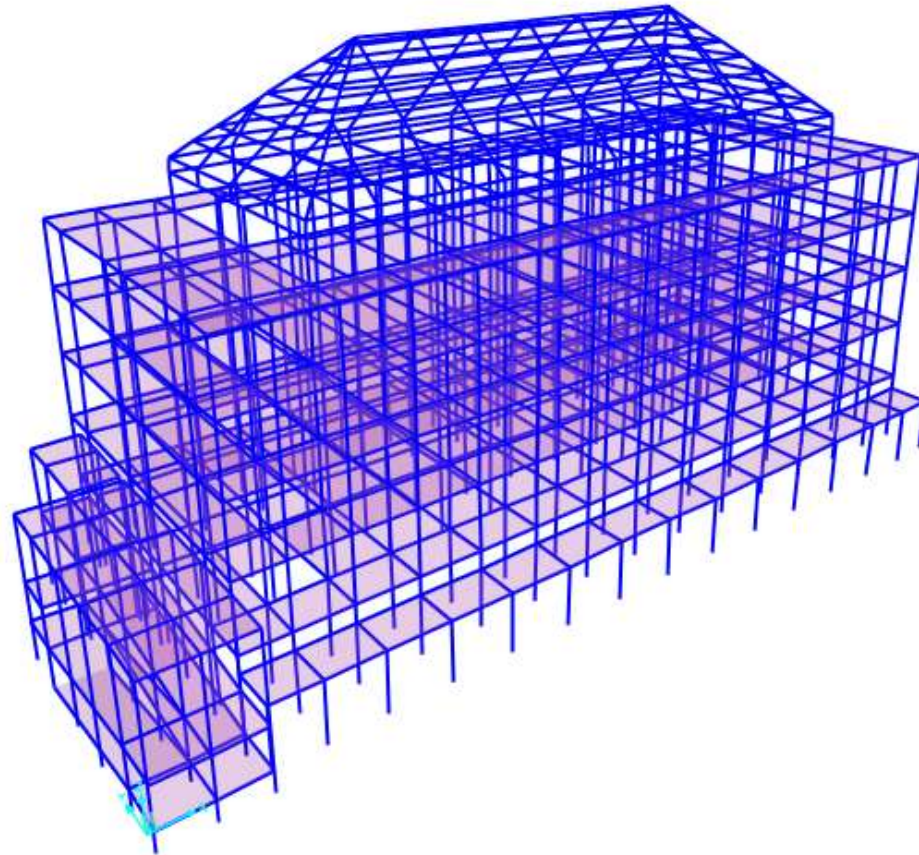
- Perhitungan kapasitas geser kolom

Perhitungan kapasitas geser eksisting menggunakan persamaan

$$V_n = \frac{A_s f_y}{s} d$$

Hasil dan Pembahasan

5. Pemodelan Struktur Perencanaan Ulang



Hasil dan Pembahasan

A. Analisa Struktur

1. Data bangunan

- a. Lokasi : Kota Jombang, Jawa Timur
- b. Fungsi Bangunan : Rumah Sakit
- c. Jumlah Lantai : 5 Lantai
- d. Luas Bangunan : 968 m²
- e. Jenis Tanah : Tanah Sedang

2. Data Material

- a. Mutu baja profil (fy) : 240 Mpa
- b. Mutu beton (fc')
- c. Mutu baja ulir (fy) : 420 Mpa
- d. Mutu baja polos (fy) : 240 Mpa

Hasil dan Pembahasan

3. Input Data Pembebanan

Penginputan data pembebanan sebelum dilakukan pengecekan kekuatan struktur menggunakan software SAP2000 dan disesuaikan dengan SNI 1726:2019, SNI 1727:2020 dan PPIUG 1987.

The screenshot shows the 'Assign Area Uniform Loads' dialog box with the following settings:

- General:**
 - Load Pattern: HIDUP
 - Coordinate System: GLOBAL
 - Load Direction: Gravity
- Uniform Load:**
 - Load: 2,87 kN/m²
- Options:**
 - ☒ Add to Existing Loads
 - ☐ Replace Existing Loads
 - ☐ Delete Existing Loads

Buttons at the bottom: Reset Form to Default Values, OK, Close, Apply.

Beban Ruang Operasi

The screenshot shows the 'Assign Area Uniform Loads' dialog box with the following settings:

- General:**
 - Load Pattern: HIDUP
 - Coordinate System: GLOBAL
 - Load Direction: Gravity
- Uniform Load:**
 - Load: 1,92 kN/m²
- Options:**
 - ☒ Add to Existing Loads
 - ☐ Replace Existing Loads
 - ☐ Delete Existing Loads

Buttons at the bottom: Reset Form to Default Values, OK, Close, Apply.

Beban Ruang Pasien

The screenshot shows the 'Assign Area Uniform Loads' dialog box with the following settings:

- General:**
 - Load Pattern: HIDUP
 - Coordinate System: GLOBAL
 - Load Direction: Gravity
- Uniform Load:**
 - Load: 3,83 kN/m²
- Options:**
 - ☒ Add to Existing Loads
 - ☐ Replace Existing Loads
 - ☐ Delete Existing Loads

Buttons at the bottom: Reset Form to Default Values, OK, Close, Apply.

Beban Ruang Diatas Lantai Pertama

Hasil dan Pembahasan

3. Input Data Pembebanan

Penginputan data pembebanan sebelum dilakukan pengecekan kekuatan struktur menggunakan software SAP2000 dan disesuaikan dengan SNI 1726:2019, SNI 1727:2020 dan PPIUG 1987.

S Assign Area Uniform Loads

General

Load Pattern: SUPER DEAD

Coordinate System: GLOBAL

Load Direction: Gravity

Uniform Load

Load: 0,53 kN/m²

Options

☒ Add to Existing Loads

☐ Replace Existing Loads

☐ Delete Existing Loads

Reset Form to Default Values

OK Close Apply

Beban Mati Tambahan

S API 4F 2013 Wind Load Pattern

Exposure and Pressure Coefficients

☐ Exposure from Extents of Rigid Diaphragms

☒ Exposure from Frame and Area Objects

☐ Include Area Objects

☒ Include Frame Objects (Open Structure)

Wind Coefficients

Ref. Wind Velocity (Knots): 7.2

SSL Multiplier Alpha: 1

Shielding Factor: 0.85

Wind Exposure Parameters

Wind Direction Angle: 0

Exposure Height

☒ Program Calculated

☐ User Specified

Reset Defaults

OK Cancel

Beban Angin

S ASCE 7-16 Seismic Load Pattern

Load Direction and Diaphragm Eccentricity

☒ Global X Direction

☐ Global Y Direction

Ecc. Ratio (All Diaph.): 0.05

Override Diaph. Eccen.: Override

Time Period

☐ Approx. Period

☒ Program Calc

☐ User Defined

Lateral Load Elevation Range

☒ Program Calculated

☐ User Specified

Reset Defaults

Seismic Coefficients

0.2 Sec Spectral Accel, Ss: 0.8257

1 Sec Spectral Accel, S1: 0.3661

Long-Period Transition Period: 20

Site Class: D

Site Coefficient, Fa: 1.1697

Site Coefficient, Fv: 1.9339

Calculated Coefficients

SDS = (2/3) * Fa * Ss: 0.6439

SD1 = (2/3) * Fv * S1: 0.472

Factors

Response Modification, R: 8

System Overstrength, Omega: 5

Deflection Amplification, Cd: 5.5

Occupancy Importance, I: 1

OK Cancel

Beban Gempa

Hasil dan Pembahasan

A. Analisa Struktur

1. Data bangunan

- a. Lokasi : Kota Jombang, Jawa Timur
- b. Fungsi Bangunan : Rumah Sakit
- c. Jumlah Lantai : 5 Lantai
- d. Luas Bangunan : 968 m²
- e. Jenis Tanah : Tanah Sedang

2. Data Material

- a. Mutu a282beton (fc') : 41,78 Mpa
- b. Mutu baja ulir (fy) : 420 Mpa
- c. Mutu baja polos (fy) : 240 Mpa

Hasil dan Pembahasan

Data Perencanaan Kolom

Kolom

Lebar (b)	:	400 mm
Tinggi (h)	:	400 mm
Panjang kolom	:	4450 mm
Diameter tulangan pokok	:	16 mm
Diameter tulangan geser	:	10 mm
Jarak Sengkang	:	100 mm
Tebal selimut	:	30 mm
Jumlah tulangan (n)	:	16 buah

Hasil dan Pembahasan

Perhitungan tulangan :

Luas penampang kolom (A)

$$\begin{aligned} A &= b \cdot h \\ &= 400 \cdot 400 \\ &= 160000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luas total penampang tulangan (As)

$$\begin{aligned} A_s &= n \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \right) \\ &= 16 \left(\frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 16^2 \right) \\ &= 3215,36 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Hitung Kapasitas Nominal ($P_n, \max$)

$$\begin{aligned} P_n \max &= 0.85 \cdot f_c' (A_g - A_s) + f_y \cdot A_s \\ &= 0.85 \cdot 41 (160000 - 3217) + 400 \cdot 3217 \\ &= 0.85 \cdot 41 \cdot 156783 + 1,286,800 \\ &= 5,466,344 + 1,286,800 \\ &= 6,753,144 \text{ N} \end{aligned}$$

Kapasitas Tekan Izin ($\phi P_n, \max$)

$\phi = 0.65 \rightarrow$ untuk momen cukup besar

$$\begin{aligned} \phi P_n, \max &= 0.65 \cdot 6,753,144 \\ &= 4,573,544 \text{ N} \\ &= 4573.5 \text{ Kn} \end{aligned}$$

$$P_u < P_n \max = 4453,73 < 4573,5$$

OK (Aman)

Rasio tulangan

$$\begin{aligned} \rho &= A_s : A \\ &= 3215,36 : 160000 \\ &= 0,02009 \cdot 100 \\ &= 2,009\% \end{aligned}$$

Syarat rasio tulangan rencana

$$\begin{array}{ccccc} \rho_{\min} & < & \rho & < & \rho_{\max} \\ 1\% & < & 2,009\% & < & 8\% \end{array}$$

OK

Hasil dan Pembahasan

Jarak tulangan ke serat terdekat (x)

$$\begin{aligned} dx' &= ts + p + d/2 \\ &= 30 + 10 + 16/2 \\ &= 48 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tinggi efektif (x)

$$\begin{aligned} dx &= h - dx' \\ &= 400 - 48 \\ &= 352 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jarak tulangan ke serat terdekat (y)

$$\begin{aligned} dy' &= ts + p + d/2 \\ &= 30 + 10 + 16/2 \\ &= 48 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tinggi efektif (y)

$$\begin{aligned} dy &= b - dy' \\ &= 400 - 48 \\ &= 352 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kapasitas Tekan Izin ($\phi P_{n,max}$)

$$\begin{aligned} \phi &= 0.65 \rightarrow \text{untuk momen cukup besar} \\ \phi P_{n,max} &= 0.65 \cdot 6,753,144 \\ &= 4,573,544 \text{ N} \\ &= 4573.5 \text{ Kn} \end{aligned}$$

$$P_u < P_{n \text{ max}} = 4453,73 < 4573,5$$

OK (Aman)

Rasio tulangan

$$\begin{aligned} \rho &= A_s : A \\ &= 3215,36 : 160000 \\ &= 0,02009 \cdot 100 \\ &= 2,009\% \end{aligned}$$

Syarat rasio tulangan rencana

$$\begin{array}{ccccc} \rho_{min} & < & \rho & < & \rho_{max} \\ 1\% & < & 2,009\% & < & 8\% \end{array}$$

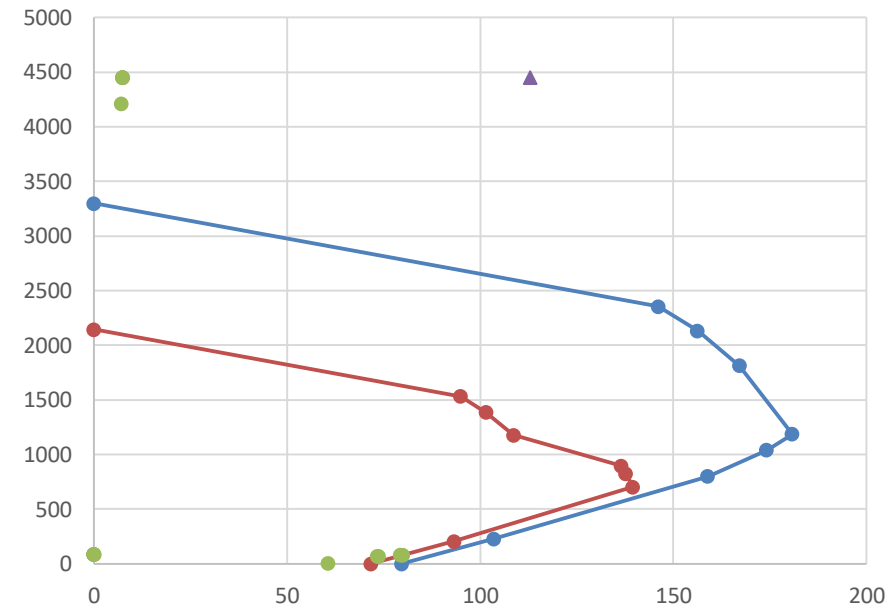
OK

Hasil dan Pembahasan

Diagram Interaksi Sumbu X

c	Ø	P _n	ØP _n	M _n	ØM _n
mm	mm ²	kN	kN	kNm	kNm
	0,90	0	0	79,73034	71,7573
48,00	0,90	227,6488	204,884	103,6113	93,25014
100,00	0,88	800,8284	703,13	158,9061	139,5195
130,00	0,79	1041,077	823,2516	174,1804	137,7365
148,24	0,76	1187,11	896,2683	180,818	136,5176
200,00	0,65	1813,871	1179,016	167,1108	108,622
230,00	0,65	2133,385	1386,7	156,2454	101,5595
252,00	0,65	2355,7	1531,205	146,0583	94,93793
	0,65	3299,27	2144,526	0	0

Diagram interaksi sumbu x

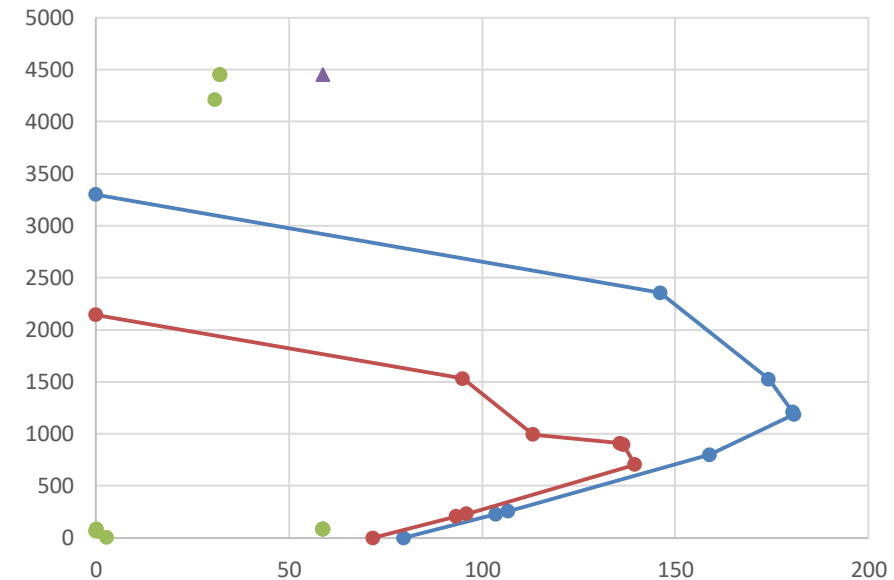


Hasil dan Pembahasan

Diagram Interaksi Sumbu Y

c	Ø	P _n	ØP _n	M _n	ØM _n
mm	mm ²	kN	kN	kNm	kNm
0,00	0,90	0	0	79,73034	71,7573
48,00	0,90	227,6488	204,884	103,6113	93,25014
50,00	0,90	255,723	230,1507	106,6538	95,98845
100,00	0,88	800,8284	703,1273	158,9061	139,5195
148,24	0,76	1187,11	896,2683	180,818	136,5176
150,00	0,75	1210,889	910,5883	180,3703	135,6384
175,00	0,65	1526,849	992,4517	174,1454	113,1945
252,00	0,65	2355,7	1531,205	146,0583	94,93793
0,00	0,65	3299,27	2144,526	0	0

Diagram interaksi sumbu y



Hasil dan Pembahasan

Kontrol kelangsingan dan perbesaran momen

Parameter kolom dan balok

Inersia kolom

$$\begin{aligned} I_k &= (1/12) b \cdot h^3 \\ &= (1/12) 400 \cdot 400^3 \\ &= 2.133.333.333,33 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

Inersia balok

$$\begin{aligned} I_b &= (1/12) b \cdot h^3 \\ &= (1/12) 250 \cdot 350^3 \\ &= 893229166,66 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

Panjang bersih kolom

$$\begin{aligned} L_u &= L_k - 0,5h_b - 0,5h_b \\ &= 4425 - 0,5 \cdot 350 - 0,5 \cdot 350 \\ &= 4075 \text{ mm} \end{aligned}$$

Nilai kekakuan kolom

$$\begin{aligned} \text{Nilai } EI/L \text{ kolom} &= (E_c \cdot I_k) : L_k \\ &= (30383,12 \cdot 2.133.333.333,33) : 4425 \\ &= 14.647.924.670,41 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nilai } EI/L \text{ balok} &= (E_c \cdot I_b) : L_b \\ &= (30383,12 \cdot 893229166,66) : 3200 \\ &= 8.480.965.299,41 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Parameter bagian atas

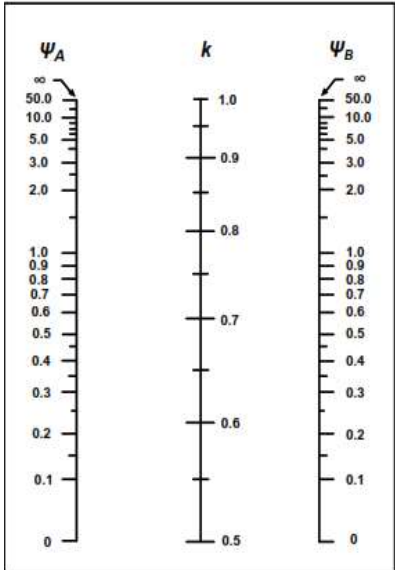
$$\begin{aligned} \Psi \text{ atas} &= \frac{\sum \left(\frac{EI_k}{L_k} \right)}{\sum \left(\frac{EI_b}{L_b} \right)} \\ &= \frac{\left(\frac{4634713220,338}{4425} \right)}{\left(\frac{8.480.965.299,41}{3200} \right)} \\ &= 0,39519758 \end{aligned}$$

Hasil dan Pembahasan

Parameter bagian bawah

Ψ bawah

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\sum \left(\frac{Elk}{Lk} \right)}{\sum \left(\frac{Elb}{Lb} \right)} \\
 &= \frac{\left(\frac{4634713220,338}{4425} \right)}{\left(\frac{8.480.965.299,41}{3200} \right)} \\
 &= 0,39519758
 \end{aligned}$$



Maka nilai k = 0,65

$$\begin{aligned}
 \text{Jari-jari girasi} &= \sqrt{(Ik : A)} \\
 &= \sqrt{(2.133.333.333,33 : 160000)} \\
 &= 115,47 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Kontrol kelangsingan kolom bergoyang

$$\frac{k \cdot Lu}{r} = \frac{0,65 \cdot 4075}{115,47} = 22,93$$

Sesuai syarat kelangsingan maka

$$\frac{k \cdot Lu}{r} = 22,93 > 22 \rightarrow \text{maka termasuk kolom panjang}$$

Hasil dan Pembahasan

Kapasitas kolom sumbu x

Aksial murni

Beban sentris

$$\begin{aligned} P_0 &= A (0,85 \cdot f_c' + p (f_y - 0,85 \cdot f_c')) \\ &= 160000 (0,85 \cdot 41,78 + 2 (420 - 0,85 \cdot 41,78)) \\ &= 4106,38 \text{ KN} \end{aligned}$$

Kapasitas aksial murni

$$\begin{aligned} P_n &= 0,8 \cdot P_0 \\ &= 0,8 \cdot 4106,38 \\ &= 3285,109 \text{ KN} \end{aligned}$$

Lentur murni

Tinggi balok tegangan

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \\ &= \frac{2411,52 \cdot 420}{0,85 \cdot 41,78 \cdot 300} \\ &= 95,06 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kapasitas momen murni

$$\begin{aligned} M_n &= A_s \cdot f_y (d_y - (a/2)) \\ &= 2411,52 \cdot 420 (254 - (95,06/2)) \\ &= 209,12 \text{ KNm} \end{aligned}$$

Kapasitas geser

Kapasitas geser beton

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 (1 + (P_u/14 \cdot A)) \lambda \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d_x \\ &= 0,17 (1 + (4453,73/14 \cdot 90000)) 1 \sqrt{41,78} \cdot 300 \cdot 254 \\ &= 379,69 \text{ KN} \end{aligned}$$

Syarat penampang

$$\begin{aligned} V_u \text{ (KN)} &\leq \phi (V_c + 0,66 \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d_x) \\ 116,168 &\leq 0,75 (379,69 + 0,66 \sqrt{41,78} \cdot 300 \cdot 254) \\ 116,168 &\leq 244,09 \quad \text{OK} \end{aligned}$$

Hasil dan Pembahasan

Kapasitas kolom sumbu y

Aksial murni

Beban sentris

$$\begin{aligned}P_0 &= A (0,85 \cdot f_c' + p (f_y - 0,85 \cdot f_c')) \\&= 160000 (0,85 \cdot 41,78 + 2,68 (420 - 0,85 \cdot 41,78)) \\&= 4106,38 \text{ KN}\end{aligned}$$

Kapasitas aksial murni

$$\begin{aligned}P_n &= 0,8 \cdot P_0 \\&= 0,8 \cdot 4106,38 \\&= 3285,109 \text{ KN}\end{aligned}$$

Lentur murni

Tinggi balok tegangan

$$\begin{aligned}A &= \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \\&= \frac{2411,52 \cdot 420}{0,85 \cdot 41,78 \cdot 300} \\&= 95,06 \text{ mm}\end{aligned}$$

Kapasitas momen murni

$$\begin{aligned}M_n &= A_s \cdot f_y (d_y - (a/2)) \\&= 2411,52 \cdot 420 (254 - (95,06/2)) \\&= 209,12 \text{ KNm}\end{aligned}$$

Kapasitas geser

Kapasitas geser beton

$$\begin{aligned}V_c &= 0,17 (1 + (P_u/14 \cdot A)) \lambda \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d_x \\&= 0,17 (1 + (4453,73/14 \cdot 160000)) 1 \sqrt{41,78} \cdot 300 \cdot 254 \\&= 379,69 \text{ KN}\end{aligned}$$

Syarat penampang

$$\begin{aligned}V_u \text{ (KN)} &\leq \phi (V_c + 0,66 \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d_x) \\116,168 &\leq 0,75 (379,69 + 0,66 \sqrt{41,78} \cdot 300 \cdot 254) \\116,168 &\leq 244,09 \quad \text{OK}\end{aligned}$$

Hasil dan Pembahasan

Kapasitas Aksial Nominal (tanpa faktor)

$$P_n = 0.85 \cdot f'_c \cdot (A_g - A_s) + f_y \cdot A_s$$

$$P_n = 0.85 \cdot 41 \cdot (160000 - 3216.96) + 400 \cdot 3216.96$$

$$P_n = 34.85 \cdot 156783.04 + 1,286,784$$

$$\approx 5,466,130 + 1,286,784$$

$$= 6,752,914 \text{ N} \approx 6,75 \text{ MN}$$

Jika $P_u < 0.6 \cdot \phi P_n = 2,63 \text{ MN}$ **OK** (struktur lentur terpenuhi)

Berarti kolom masuk dalam kriteria lentur dominan.

Gaya yang didapat dari SAP2000

P	M3	M2	V2	V3
-4453,73	4,1489	-14,6226	7,422	-32,089
82,733	112,9242	0,1817	-79,84	-0,094
84,969	0,038	-107,418	-0,031	58,787
38,377	-62,683	-11,1083	-116,618	-11,773
254,162	0,1429	-41,8798	-0,053	113,391

Gaya aksial maksimum : 4453 KN

Momen x maksimum : 112,9242 KN/m

Momen y maksimum : 107,418 KN/m

Gaya geser x maksimum : 116,618 KN

Gaya geser y maksimum : 113,391 KN

Hasil dan Pembahasan

Data Perencanaan Balok

a. Balok (B1)

Lebar (b)	: 250 mm
Tinggi (h)	: 350 mm
Tebal plat (tp)	: 120 mm
Diameter tulangan pokok (D)	: 16 mm
Diameter tulangan geser (p)	: 10 mm
Diameter tulangan sengkang ($\emptyset$)	: 10 mm
Diameter tulangan badan ($\emptyset$)	: 16 mm
Tebal selimut (ts)	: 30 mm
Panjang balok (Lb)	: 3600 mm
Jarak antar balok (Sw)	: 6000 mm
Jarak sengkang tumpuan	: 100 mm
Jarak sengkang lapangan	: 100 mm

Gaya yang didapat dari SAP2000

Tumpuan			
M_u^+ (kNm)	M_u^- (kNm)	V_u (kN)	T_u (kNm)
42,8378	85,6756	61,342	0,2425
Lapangan			
M_u^+ (kNm)	M_u^- (kNm)	V_u (kN)	T_u (kNm)
37,263	18,6315	86,522	0,2913

Hasil dan Pembahasan

Perhitungan Tulangan Tumpuan

Tinggi efektif

$$\begin{aligned} d &= h - t_s - p - 0,5D \\ &= 350 - 30 - 10 - 8 \\ &= 302 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jarak tulangan ke serat tepi

$$\begin{aligned} d_s &= t_s + p + 0,5D \\ &= 30 + 10 + 8 \\ &= 48 \text{ mm} \end{aligned}$$

Rasio tulangan balance

$$\begin{aligned} \rho_b &= \left(\frac{\beta 1 \cdot 0,85 \cdot f_c'}{f_y} \right) \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \left(\frac{0,75 \cdot 0,85 \cdot 41,78}{420} \right) \cdot \left(\frac{600}{600 + 420} \right) \\ &= 0,0373 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,75 \cdot 0,0373 \\ &= 0,0279 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= \frac{0,25 \cdot \sqrt{f_c'}}{f_y} \\ &= \frac{0,25 \cdot \sqrt{41,78}}{420} \\ &= 0,0038 \end{aligned}$$

Hasil dan Pembahasan

Jumlah maksimal tulangan

$$\begin{aligned} n_s &= \frac{b-2ds}{25+D} \\ &= \frac{250-2 \cdot 48}{25+16} + 1 \\ &= 4,756 \end{aligned}$$

Maka jumlah maksimal tulangan dalam satu baris adalah 4 buah

Jarak antar tulangan

$$\begin{aligned} y &= 25 + D \\ &= 25 + 16 \\ &= 41 \text{ mm} \end{aligned}$$

Rasio tegangan baja dan kuat tekan beton

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_{c'}} \\ &= \frac{420}{0,85 \cdot 41,78} \\ &= 11,82 \end{aligned}$$

Hasil dan Pembahasan

Tulangan momen negatif

Momen nominal minimal

$$\begin{aligned} M_n &= M_u / \phi \\ &= 85,6756 / 0,85 \\ &= 100,79 \text{ KNm} \end{aligned}$$

Faktor tahanan momen

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} \\ &= \frac{100,79 \cdot 1000000}{250 \cdot 302^2} \\ &= 4,4204 \end{aligned}$$

Rasio tulangan perlu

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{(2 \cdot m \cdot R_n)}{420}}\right) \\ &= \frac{1}{11,82} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{(2 \cdot 11,82 \cdot 4,4204)}{420}}\right) \\ &= 0,0113 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat : } p_{\min} &< \rho < p_{\max} \\ 0,0038 &< 0,0113 < 0,0279 \end{aligned}$$

OK

Luas tulangan diperlukan

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0113 \cdot 250 \cdot 302 \\ &= 853,15 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan yang diperlukan

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_s}{0,25 \cdot \pi \cdot D^2} \\ &= \frac{853,15}{0,25 \cdot 3,14 \cdot 16^2} \\ &= 4,245 \end{aligned}$$

Maka jumlah tulangan yang diperlukan 5 buah

Hasil dan Pembahasan

Tulangan momen positif

Momen nominal minimal

$$\begin{aligned} M_n &= M_u / \phi \\ &= 42,8378 / 0,85 \\ &= 50,39 \text{ KNm} \end{aligned}$$

Faktor tahanan momen

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} \\ &= \frac{50,39 \cdot 1000000}{250 \cdot 302^2} \\ &= 2,209 \end{aligned}$$

Rasio tulangan perlu

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{(2 \cdot m \cdot R_n)}{420}}\right) \\ &= \frac{1}{11,82} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{(2 \cdot 11,82 \cdot 2,209)}{420}}\right) \\ &= 0,0054 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat : } \rho_{\min} &< \rho < \rho_{\max} \\ 0,0038 &< 0,0054 < 0,0279 \end{aligned}$$

OK

Luas tulangan diperlukan

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0054 \cdot 250 \cdot 302 \\ &= 407,7 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan yang diperlukan

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_s}{\frac{0,25 \cdot \pi \cdot D^2}{4}} \\ &= \frac{407,7}{0,25 \cdot 3,14 \cdot 16^2} \\ &= 2,029 \end{aligned}$$

Maka jumlah tulangan yang diperlukan 3 buah

Hasil dan Pembahasan

Perhitungan Tulangan Lapangan

Tinggi efektif

$$\begin{aligned} d &= h - t_s - p - 0,5D \\ &= 350 - 30 - 10 - 8 \\ &= 302 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jarak tulangan ke serat tepi

$$\begin{aligned} d_s &= t_s + p + 0,5D \\ &= 30 + 10 + 8 \\ &= 48 \text{ mm} \end{aligned}$$

Lebar efektif balok

$$\begin{aligned} b_f &= l_b / 8 + b \\ &= 3600 / 8 + 250 \\ &= 700 \text{ mm} \end{aligned}$$

Rasio tulangan balance

$$\begin{aligned} \rho_b &= \left(\frac{\beta_1 0,85 f_c'}{f_y} \right) \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \left(\frac{0,75 \cdot 0,85 \cdot 41,78}{420} \right) \cdot \left(\frac{600}{600 + 420} \right) \\ &= 0,0373 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,75 \cdot 0,0373 \\ &= 0,0279 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= \frac{0,25 \cdot \sqrt{f_c'}}{f_y} \\ &= \frac{0,25 \cdot \sqrt{41,78}}{420} \\ &= 0,0038 \end{aligned}$$

Hasil dan Pembahasan

Jumlah maksimal tulangan

$$\begin{aligned} n_s &= \frac{b-2ds}{25+D} \\ &= \frac{250-2 \cdot 48}{25+16} + 1 \\ &= 4,756 \end{aligned}$$

Maka jumlah maksimal tulangan dalam satu baris adalah 4 buah

Jarak antar tulangan

$$\begin{aligned} y &= 25 + D \\ &= 25 + 16 \\ &= 41 \text{ mm} \end{aligned}$$

Rasio tegangan baja dan kuat tekan beton

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_{c'}} \\ &= \frac{420}{0,85 \cdot 41,78} \\ &= 11,82 \end{aligned}$$

Hasil dan Pembahasan

Data Perencanaan Plat

Plat 120mm

Tebal pelat (h) = 120 mm

f_c' (kuat tekan beton) = 25 MPa

f_y (kuat leleh baja) = 400 MPa

Selimut beton = 20 mm

Pelat dua arah (2700 mm × 6000 mm) → rasio bentang panjang terhadap pendek
= $6000/2700 \approx 2,22$ → bisa diasumsikan pelat satu arah

1. Analisis Momen Plat Satu Arah

$$M_u = \alpha \cdot w_u \cdot L^2$$

$$\alpha = 1/10$$

$$\begin{aligned} M_u &= 0.1 \cdot 12.576 \cdot (2.7)^2 \\ &= 0.1 \cdot 12.576 \cdot 7.29 \\ &= 9.17 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Hasil dan Pembahasan

2. Analisis Lentur (Pelat Satu Arah)

$$\Phi = 0.9$$

$$d = h - \text{selimut} - \frac{1}{2} \text{ dia tulangan} = 120 - 20 - 5 = 95 \text{ mm} \\ = 0.095 \text{ m}$$

$$z = 0.9 d = 0.0855 \text{ m}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$A_s = \frac{Mu}{\phi f_y}$$

$$A_s = \frac{9.17 \times 10^6}{0.9 \cdot 400 \cdot 0.0855}$$

$$A_s = \frac{9.17 \times 10^6}{30,78} = 298 \text{ mm}^2$$

Hasil dan Pembahasan

3. Cek Tulangan Minimum

$$\begin{aligned}A_{s,min} &= 0.0018 \cdot b \cdot h \\&= 0.0018 \cdot 1000 \cdot 120 \\&= 216 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Tulangan desain (**298 mm²/m**) sudah **> minimum** → **OK**

4. Penulangan Praktis

Menggunakan tulangan Ø10 mm (luas 78.5 mm²)

$$s = \frac{1000}{A_s/A_\phi}$$
$$s = \frac{1000}{298:78,5} = 263 \text{ mm}$$

menggunakan tulangan Ø10-250 mm

Hasil dan Pembahasan

Data Perencanaan Atap

Profil Balok	: WF 250x125x6x9
Profil Kolom	: WF 250x125x6x9
Bentang Balok	: 6 m
Tinggi Kolom	: 3.75 m
Mutu Baja (Fy)	: 250 MPa
Modulus Elastisitas (E)	: 200,000 MPa

Beban Terfaktor (Ultimate)

DL (beban mati) = 3.75 + berat sendiri = ~4.03 kN/m

LL (beban hidup) = 2.25 kN/m

Ultimate Load :

$$W_u = 1,2 \cdot 4,03 + 1,6 \cdot 2,25 = 8,436 \text{ kN/m}$$

Hasil dan Pembahasan

Momen Lentur Maksimum Balok

$$Mu = \frac{wu \cdot L^2}{8}$$

$$Mu = \frac{8.436 \cdot 62^2}{8} = 37,96 \text{ KNm}$$

Cek Balok

a. Kapasitas Lentur

$$\begin{aligned}\phi Mn &= 0.9 \cdot Fy \cdot Sx \\ &= 0.9 \cdot 250 \cdot 256 \cdot 10^{-6} \\ &= 57.6 \text{ KNm}\end{aligned}$$

$$Mu = 37.96 \text{ kNm} < \phi Mn = 57.6 \text{ kNm} \rightarrow \text{OK}$$

Kapasitas tekan nominal

$$\begin{aligned}A &= 3770 \text{ mm}^2 \\ \Phi Pn &= 0.9 \cdot Fy \cdot A \\ &= 0.9 \cdot 250 \cdot 3770 \\ &= 848.25 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$Pu = 50.62 \text{ kN} < \phi Pn = 848.25 \text{ kN} \rightarrow \text{OK}$$

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perencanaan struktur beton bertulang dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), diperoleh bahwa dimensi balok tipe B1 adalah 250 x 350 mm dengan tulangan 5D16 atas dan 3D16 bawah di tumpuan, serta 2D16 atas dan bawah di lapangan, dengan sengkang Ø10-100. Kolom tipe K1 berukuran 400 x 400 mm dengan tulangan pokok 16D16 dan sengkang Ø10-100. Pelat lantai direncanakan setebal 120 mm. Hubungan antara balok dan kolom memenuhi prinsip strong column–weak beam, di mana total momen lentur kolom lebih besar dari 1,2 kali momen lentur balok, sehingga risiko leleh pada kolom dapat diminimalkan. Selain itu, elemen struktur juga aman terhadap gaya geser karena kapasitas geser nominal lebih besar dari gaya geser yang bekerja.

Temuan Penting Penelitian

Berikut penemuan penting dari hasil perencanaan tersebut dalam bentuk penjelasan:

- **Dimensi dan tulangan balok tipe B1**
Balok B1 memiliki ukuran 250×350 mm dengan tulangan tumpuan 5D16 di bagian atas dan 3D16 di bagian bawah, sedangkan pada bagian lapangan digunakan tulangan 2D16 atas dan 2D16 bawah. Sengkang yang digunakan berdiameter $\emptyset 10$ dengan jarak 100 mm, yang berfungsi untuk menahan gaya geser dan mencegah terjadinya retak geser.
- **Dimensi dan tulangan kolom tipe K1**
Kolom K1 direncanakan berukuran 400×400 mm dengan tulangan pokok 16D16 dan sengkang $\emptyset 10$ -100. Dimensi dan penulangan ini memastikan kolom memiliki kapasitas momen yang lebih besar dibandingkan balok, sesuai prinsip desain tahan gempa.
- **Pelat lantai**
Pelat lantai menggunakan tebal 120 mm yang dirancang untuk memikul beban mati dan beban hidup sesuai ketentuan perencanaan, sekaligus memastikan kekakuan lantai yang memadai.
- **Penerapan prinsip *Strong Column–Weak Beam***
Perencanaan memenuhi persyaratan bahwa total momen lentur kolom lebih besar dari 1,2 kali momen lentur balok. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa kegagalan plastis terjadi terlebih dahulu pada balok, sehingga kolom tetap berdiri dan struktur tetap stabil pasca gempa.
- **Keamanan terhadap gaya geser**
Seluruh elemen struktur telah diverifikasi memiliki kapasitas geser nominal yang lebih besar daripada gaya geser yang bekerja, sehingga aman dari potensi kegagalan geser.

Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian perencanaan tersebut antara lain:

1.Meningkatkan keselamatan bangunan

Hasil perencanaan memberikan dimensi dan detail penulangan yang mampu menahan beban gempa dan beban gravitasi dengan aman.

2.Meminimalkan risiko keruntuhan saat gempa

Penerapan prinsip *strong column–weak beam* memastikan kerusakan terjadi pada balok terlebih dahulu, sehingga kolom tetap kokoh menopang struktur.

3.Menjamin kenyamanan dan fungsi bangunan

Pelat lantai yang direncanakan dengan ketebalan tepat mampu mendistribusikan beban secara merata, mengurangi getaran dan deformasi berlebih.

4.Mengurangi potensi kegagalan mendadak

Kapasitas geser yang lebih besar dari gaya geser yang bekerja mencegah kegagalan geser yang sifatnya tiba-tiba dan berbahaya.

Referensi

- [1] A. Struktur, R. Sakit, P. Cirebon, and K. Kunci, “Jurnal konstruksi,” vol. VI, no. 6, pp. 565–584, 2013.
- [2] Bambang Agus and Salim Arif, “Kriteria Dasar Perencanaan Struktur Bangunan Tahan Gempa,” *J. Tek. Sipil*, vol. 11, no. 1, 2018, [Online]. Available: <file:///C:/Users/user/Downloads/787-2466-1-PB.pdf>
- [3] R. Laily, M. D. J. Sumajouw, and S. E. Wallah, “Perencanaan Gedung Training Center Konstruksi Beton Bertulang 4 Lantai Di Kota Manado,” *J. Sipil Statik*, vol. 7, no. 8, pp. 1095–1106, 2019.
- [4] P. H. Karisoh, S. O. Dapas, and R. E. Pandaleke, “Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM),” *J. Sipil Statik*, vol. 6, no. 6, pp. 361–372, 2018.
- [5] F. J. Liando, S. O. Dapas, and S. E. Wallah, “Perencanaan Struktur Beton Bertulang Gedung Kuliah 5 Lantai,” *J. Sipil Statik*, vol. 8, no. 4, pp. 471–482, 2020.
- [6] Sunjoto, “Jurnal Teknik Sipil 1 Jurnal Teknik Sipil,” *J. Sendi Tek. Sipil*, vol. 1, no. 1, pp. 1–8, 1989, [Online]. Available: <https://jurnal.usk.ac.id/JTS/index>
- [7] K. Badan and S. Nasional, “PENETAPAN STANDAR NASIONAL INDONESIA 2847 : 2019 PERSYARATAN BETON STRUKTURAL UNTUK BANGUNAN GEDUNG DAN PENJELASAN SEBAGAI REVISI DARI STANDAR NASIONAL INDONESIA 2847 : 2013,” no. 8, 2019.
- [8] K. Sirih, “Penetapan Standar Nasional Indonesia 1727 : 2020 Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain sebagai revisi dari Standar Nasional Indonesia 1727 : 2013 Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan,” no. 8, 2020.
- [9] R. Oktaviansyah and M. Ghazi, “TEMANGGUNG DENGAN METODE STRUKTUR RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK) SESUAI SNI BETON 2847-2019 DAN SNI GEMPA 1726 – 2019,” pp. 1–13, 2019.
- [10] R. Pemikul, M. Khusus, and J. Tistogondo, “Fakultas teknik universitas wiraraja sumenep - madura,” vol. 7, no. 1, pp. 18–23, 2019.
- [11] D. Sistem and P. Standar, “Penerapan Standar Nasional Indonesia,” no. 8, 2020

