

PERENCANAAN STRUKTUR BALOK BANGUNAN 6 LANTAI DI Jln. CUT MEUTIA BEKASI BERDASARKAN SNI 2847-2019

Anita MardianaAgussalim⁽¹⁾, Imam Asykar Al Kahfi^(*), Eko Darma⁽²⁾
Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam "45" Bekasi
anita.mardiana12@gmail.com

ABSTRAK

Perkembangan kota yang semakin pesat membutuhkan dukungan prasarana dan sarana yang baik. Salah satunya adalah bangunan di bidang sektor pendidikan yang dapat menampung dan tidak membutuhkan banyak lahan luas. Jenis penelitian kuantitatif ini dengan cara mengambil data sekunder serta didukung data yang bersumber dari instansi yang berkaitan dan dianalisa struktur memakai bantuan *Software* SAP2000 V.24. Hasil perencanaan bangunan 6 lantai didapatkan adalah balok utama ada 4 jenis balok yaitu balok B1 (65 cm x 40 cm) dengan tulangan tumpuan negatif 8D19 dan positif 8D19, tulangan lapangan negatif 6D19 dan positif 8D19. Balok B2 (45 cm x 30 cm) dengan tulangan tumpuan negatif 8D19 dan positif 8D19 serta tulangan lapangan negatif 2D19 dan positif 4D19. Balok B2A (45 cm x 30 cm) dengan tulangan tumpuan negatif 8D19 dan positif 8D19 serta tulangan lapangan negatif 2D19 dan positif 4D19. Balok B3 (35 cm x 20 cm) dengan tulangan tumpuan negatif 6D13 dan positif 4D13 serta tulangan lapangan negatif 2D13 dan positif 4D13.

Kata kunci : Struktur Balok Bangunan, SNI 2847-2019 , SNI 03-1726-2019.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan kota yang semakin pesat membutuhkan dukungan prasarana dan sarana yang baik. Salah satunya adalah bangunan di bidang sektor pendidikan yang dapat menampung dan tidak membutuhkan banyak lahan luas.

Indonesia yang lokasinya berada di pertemuan 4 lempeng tektonik yaitu Lempeng Indo-Australia, Lempeng Eurasia, Lempeng Pasifik, dan Lempeng Laut Filipina. Pergerakan aktif empat lempengan bumi tersebut dapat menjadi sumber gempa bumi.

Balok mempunyai peran sebagai elemen penahan gempa dimana saat terjadi gempa, berperan aktif menjaga kestabilan struktur dengan cara menyerap energi gempa melalui sendi plastis di ujung-ujungnya. Balok-balok tersebut menghubungkan kolom struktur dan membentuk struktur rangka yang stabil dalam memikul beban gravitasi maupun beban gempa.

SNI 2847-2019 dan SNI 03-1726-2019 telah mengatur tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non-gedung yang memuat persyaratan minimum mengenai beban, tingkat bahaya, kriteria yang terkait, dan sasaran kinerja. Dengan kesadaran perencanaan bangunan tahan gempa maka diharapkan ada pengurangan kerusakan bangunan dan infrastruktur akibat bencana gempa.

METODOLOGI PENELITIAN

Jenis Penelitian

Penelitian kuantitatif ini dilakukan dengan mengambil data primer secara langsung dilapangan dan pengambilan data sekunder dari instansi yang berkaitan.

Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini dengan mengumpulkan data yang diperlukan berupa data primer yaitu *Site plan* dan data sekunder yaitu:

Spesifikasi material beton:

Mutu Beton (kecuali kolom), f'_c = 25 MPa

Mutu Beton Kolom, f'_c = 30 MPa

Modulus elastisitas beton, E_c : $4700 \sqrt{f'_c}$

Angka poison beton, ν : 0,2

Modulus geser beton, G : $E_c / 2(1 + \nu)$

Berat jenis beton, γ_c : 24 kN/m³

Mutu baja tulangan :

BJTP 280 Fy = 280 MPa

BJTS 420Fy = 420 MPa

Berat jenis baja, γ_s : 78,5 kN/m³

Modulus elastisitas baja, E_s : 200000 MPa

Fungsi bangunan = Pendidikan

Tinggi lantai ke lantai = 4 m

Jumlah lantai = 6 lantai

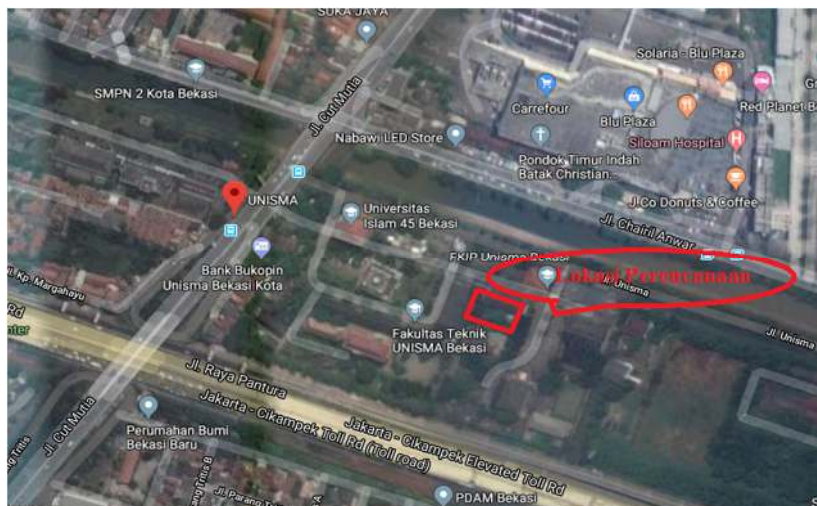
Tinggi bangunan = 24 m

Perencanaan arsitektur

Data gempa area Bekasi diambil dari website <http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/>

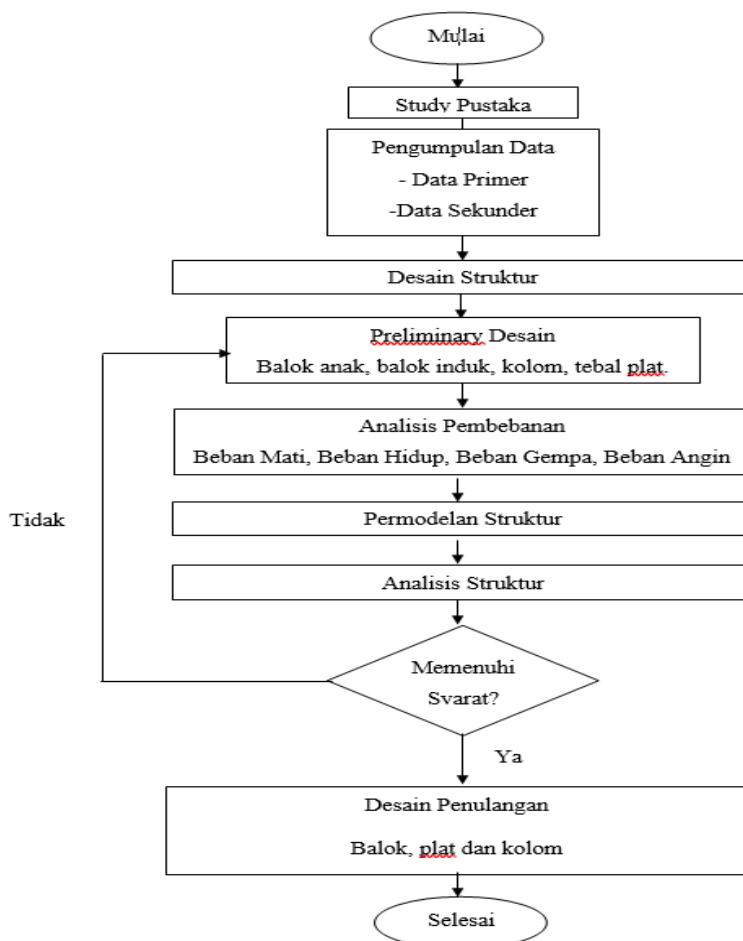
Data pembebanan didapatkan dari SNI 03-1727-2013.

Lokasi Penelitian



Gambar 1. Lokasi penelitian di Jln. Cut Meutia, Bekasi Timur, Jawa Barat

1. Alur Perencanaan



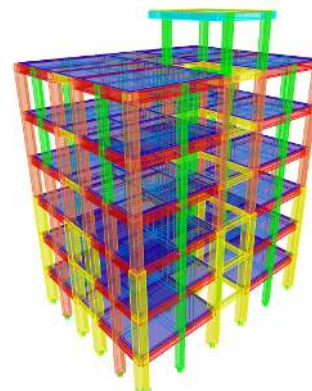
Gambar 2. Diagram Alur Penelitian

PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN

Model bangunan di buat 6 lantai. Fungsi lantai 1 untuk area administrasi, lantai 2-5 area perkuliahan, lantai 6 gedung serba guna, dan lantai 7 sebagai atap dak.



Gambar 3. Tampak 3D bangunan



Gambar 4 PermodelanStruktur 3D

Permodelan Struktur

Preliminary Design

A. Kolom

Kolom 1 (K1) = 80cm x 80cm

Kolom 2 (K2) = 70cm x 50cm

Kolom 3 (K3) = 50cm x 50cm

B. Balok

Balok 1 (B1) = L/16

- h min = $8000/16$ = 50cm
- h pakai = 65cm
- b min = $1/2h$ = 32,5cm
- b pakai = 40cm
- Dimensi Balok B1 = 40/65cm

Balok 2 (B2) = L/16

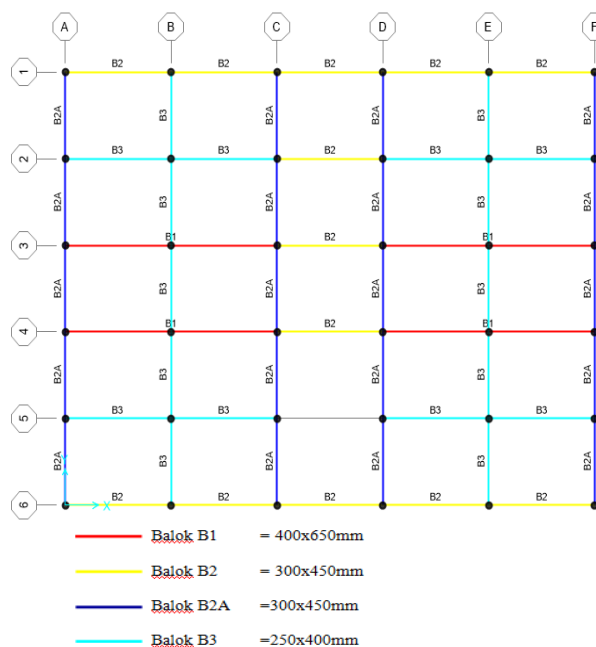
- h min = $4000/16$ = 25cm
- hpakai = 45cm
- b min = $1/2h$ = 17,5cm
- bpakai = 30cm
- Dimensi Balok B2 = 30/45cm

Balok 3 (B3) = L/16

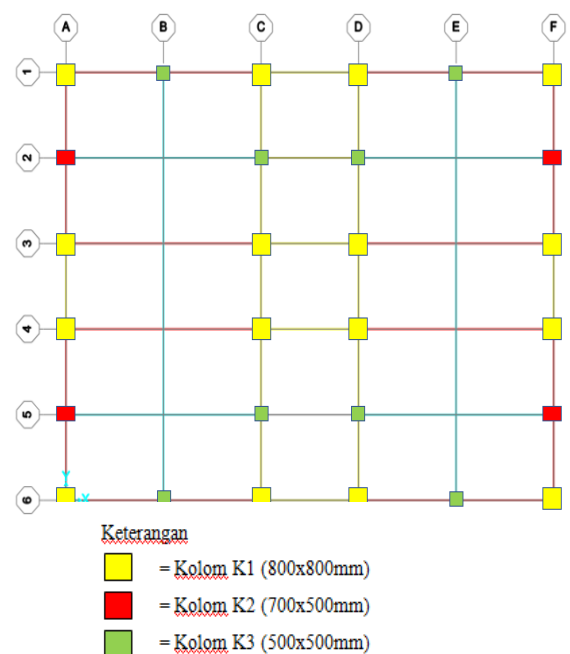
- h min = $4000/16$ = 25cm
- hpakai = 40cm
- b min = $1/2h$ = 17,5cm
- bpakai = 25cm

Dimensi Balok B3 = 25/40cm

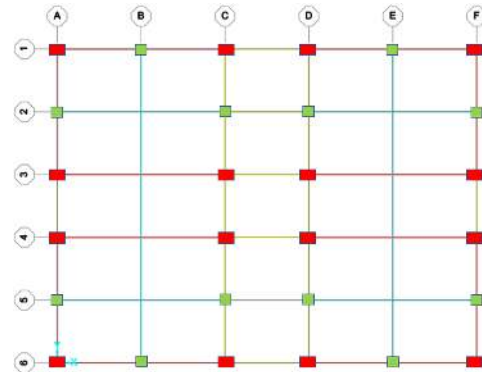
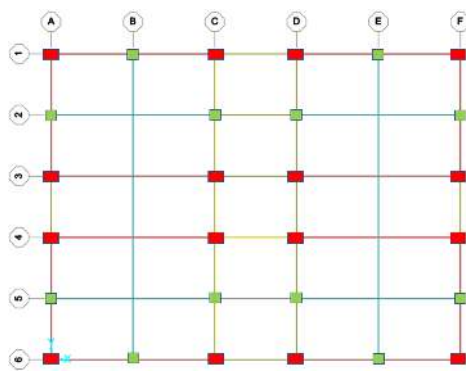
Struktur bangunan dimodelkan secara 3D, semua struktur balok, kolom dan pelat lantai dengan software SAP2000 V.24.



Gambar 5 Denah Balok tipikal



Gambar 6. Denah Kolom tipikal Elev 0 m-12m



Keterangan

- = Kolom K1 (800x800mm)
- = Kolom K2 (700x500mm)
- = Kolom K3 (500x500mm)

Gambar 7. Denah Kolom Elevasi 12m - 16m

Gambar 7. Denah Kolom tipikal Elevasi 16m-24m

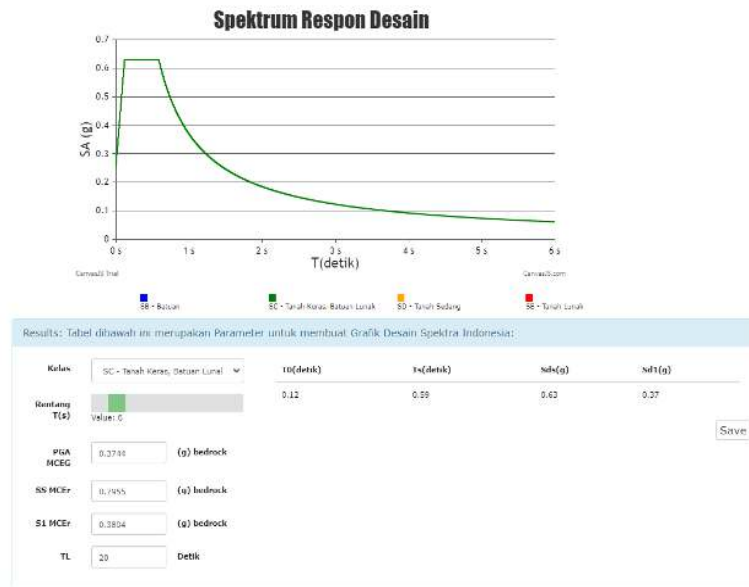
PembebananStruktur

Beban Gravitasi

Beban Mati Sendiri	= (dihitung oleh SAP2000 V.24)
Beban Mati (Luar)	= 1 kN/m^2
Beban Mati Dinding	= $2,5 \text{ kN/m}^2 \times 4 \text{ m} = 10 \text{ kN}$
Beban Mati Lift	= 10 kN
Beban Tangki Air	= 5 kN/m^2
Beban Hidup Ruang Kelas	= $1,92 \text{ kN/m}^2$
Beban Hidup Ruang Serbaguna	= $4,79 \text{ kN/m}^2$
Beban Hidup Koridor	= $3,83 \text{ kN/m}^2$
Beban Hidup Dak	= $0,96 \text{ kN/m}^2$
Beban Hujan	= $0,25 \text{ kN/m}^2$

Beban Gempa

Untuk mendapatkan data percepatan gempa di Kota Bekasi, dengan memasukan koordinat atau memasukan nama kota kedalam website <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/> maka akan di tampilkan data percepatan gempa.



Gambar 7 Data Percepatan Gempa Kota Bekasi

Selanjutnya untuk menghitung nilai koefisien situs F_a dan F_v bisa dilihat pada SNI 1726-2019 Pasal 6.2 Tabel 6 dan Tabel 7.

Spektra 1 Percepatan Periode Pendek

$$- S_s = 0.7955g$$

Spektral Percepatan Periode 1 Detik

$$- S_I = 0.3804g$$

Koefisien Situs

$$- F_a = 1.1818$$

Koefisien Situs

$$- F_v = 1.9196$$

Percepatan Desain Periode Pendek

$$- S_{DS} = 2/3 * F_a * S_s = 0.6267 g$$

Percepatan Desain Periode 1 Detik

$$- S_{D1} = 2/3 * F_v * S_I = 0.4868 g$$

$$- T_0 = 0.2 * S_{D1} / S_{DS} = 0.1553 s$$

$$- T_s = S_{D1} / S_{DS} = 0.7767 s$$

Dalam perencanaan gempa, ada beberapa parameter dan koefisien yang diambil, berdasarkan SNI 2847-2019 Pasal 7.2.2 dan nilai faktor keutamaan gempa dilihat pada Pasal 4.1.2 makadikategorikan risiko IV.

Dengan faktor Keutamaan Gempa $I_e = 1.5$ (Tabel 4 SNI 1726-2019). Struktur beton bertulang dengan sistem penahan gaya seismik yang digunakan adalah sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) koefisien modifikasi respon (R) = 5. (Tabel 12 SNI 1726-2019). Faktor Kuat Lebih Sistem $\Omega_0 = 3$ serta faktor Pembesaran Defleksi $C_d = 4,5$

Faktor beban dan Kombinasi Pembebanan

1. $1,4D$

2. $1,2D + 1,6L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$
3. $1,2D + 1,6 (L_r \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
4. $1,2D + E_v + E_h + L$
 $(1,2 + 0,2 (SDS)) D \pm \rho Q_x \pm 0.39 Q_y + L$
5. $0,9D - E_v + E_h$
 $(0,9 - 0,2 (SDS)) D \pm \rho Q_x \pm 0.39 Q_y$

dimana :

D = *Dead Load* (beban mati.)

L = *Live load* (beban hidup)

L_r = *Live load* (beban hidup atap)

R = *Rine load* (beban hujan)

ρ = factor redundansi untuk desain seismic.

SDS = parameter percepatanspektrumresponsdesain pada periodependek.

Q = pengaruhgayaseismik horizontal dari V.

Factor redundansi ρ yang digunakan pada struktur adalah 1,3.

Analisis Modal

Analisis modal pada SAP2000 adalah proses yang digunakan untuk menentukan frekuensi natural dan bentuk mode suatu struktur.

Dalam SNI 1726-2019 menyebutkan analisis harus dilakukan untuk menentukan ragam getar alami struktur.dengan menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90 persen dari massa aktual dalam masing-masing arah horizontal orthogonal dari respons yang ditinjau oleh model.

Tabel 1 Modal Participating Mass Ratios

TABLE: Modal Participating Mass Ratios					
Output Case	Step Type	Step Num	Period	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	1.129	0.00	0.77
MODAL	Mode	2	1.085	0.79	0.77
MODAL	Mode	3	0.966	0.79	0.77
MODAL	Mode	4	0.360	0.79	0.89
MODAL	Mode	5	0.330	0.90	0.89
MODAL	Mode	6	0.313	0.90	0.89
MODAL	Mode	7	0.199	0.90	0.93
MODAL	Mode	8	0.179	0.94	0.93
MODAL	Mode	9	0.172	0.94	0.93
MODAL	Mode	10	0.132	0.94	0.96
MODAL	Mode	11	0.122	0.94	0.96
MODAL	Mode	12	0.122	0.94	0.96

Sumber: *Output* SAP2000 2023

Penentuan Periode Struktur

Percepatan Desain Periode 1 Detik
Koefisien untuk Batas Periode

$$\begin{aligned}
 S_{D1} &= 0.4868 \quad g \\
 C_u &= 1.4 \text{ (SNI1726-2019 Tabel 17)} \\
 C_t &= 0.0466 \text{ (SNI1726-2019 Tabel 18)} \\
 x &= 0.9 \text{ (SNI1726-2019 Tabel 18)}
 \end{aligned}$$

Tinggi Bangunan (Seismik)	h	=	24	m
Periode Fundamental Pendekatan	T_a	=	$C_t * h_n^x$	= 0.814 detik
Periode Maksimum	T_{max}	=	$C_u * T_a$	= 1.14 detik
Periode Hasil Analisis Arah X	$T_{c,X}$	=	1.154	detik
Periode Hasil Analisis Arah Y	$T_{c,Y}$	=	1.271	detik
Periode Pakai Arah X	T_X	=	1.139	detik

Gaya Geser Dasar Seismik

Besarnya nilai berat struktur (W) diambil berdasarkan ketentuan sebagai berikut:

- Beban Mati (Dead) : 100%
- Beban Mati Tambahan (SIDL) : 100%

Untuk nilai tersebut bisa digunakan output dari SAP2000 sesuai tabel berikut ini:

Koefisien Respons Seismik TL = 12 detik (Gambar 20 SNI 03-1726-2019)

$T = 0.8139$ detik < TL maka,

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\frac{R}{I_e}} = \frac{0.627}{\frac{5}{1.5}} = 0.188$$

Batas Atas

$$\begin{aligned} - C_{s,max} &= \frac{S_{D1}}{T * \left(\frac{R}{I_e}\right)} \\ &= \frac{0.4877}{\left[1.14 * \frac{5}{1.5}\right]} = 0,128 \end{aligned}$$

Batas Bawah $\geq 0,01$

$$\begin{aligned} - C_{s,min,1} &= 0.044 S_{DS} I_e > = 0,01 \\ &= 0.044 * 0.6267 * 1.5 \\ &= 0.0414 > = 0,01 \end{aligned}$$

Batas Bawah

$$\begin{aligned} - C_{s,min,2} &= \frac{0.5 S_1}{\frac{R}{I_e}} \\ &= \frac{0.5 * 0.38}{\frac{5}{1.5}} = 0,057 \text{ (dipakai jika } S_1 \geq 06 \text{ g)} \end{aligned}$$

Koefisien Respons Seismik Pakai

$$C_{s,max X} = 0,1282$$

$$C_{s,max Y} = 0,1282$$

Berat Seismik Efektif,

$$- W = 2797 \text{ kN}$$

Gaya Geser Dasar Seismik,

$$\begin{aligned} - V &= C_s * W \\ &= 0.1282 * 27979 \\ &= 3587 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$- V_X = 3587 \text{ kN}$$

$$- V_Y = 3587 \text{ kN}$$

Tabel 2 Base reaction output SAP2000

TABLE: Base Reactions		
OutputCase	GlobalFX	GlobalFY
Text	KN	KN
RSPx	2849,463	0,0001175
RSPy	0,0007175	2097,39

Evaluasi Beban Gempa

Dari output yang ada pada gaya geser seismik yang didapatkan dari output SAP2000 didapatkan nilai gaya geser dinamik lebih kecil dari pada gaya geser statik, maka perlu dilakukan penskalaan ulang agar persyaratan beban gempa terpenuhi.

Faktor Skala Awal detik

$$\begin{aligned}
 - \text{SF} &= \frac{g}{T} \\
 &= 2,942 \text{ m/s}^2 = 2942 \text{ mm/s}^2
 \end{aligned}$$

Penskalaan Gaya Gempa

$$\begin{aligned}
 - f_X &= 3587 / 2849,463 = 1,259 \\
 - f_Y &= 3587 / 2097,39 = 1,710
 \end{aligned}$$

Penskalaan Gaya Gempa

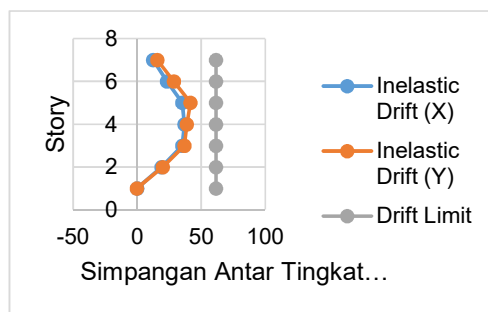
$$\begin{aligned}
 - SF_X &= 2942 \cdot 1,259 = 3705 \text{ mm/s}^2 \\
 - SF_Y &= 2942 \cdot 1,710 = 5033 \text{ mm/s}^2
 \end{aligned}$$

Tabel 3 Perbandingan Gaya Geser Setelah dikoreksi

Arah	V _{statik} (kN)	V _{dinamik} (kN)	Keterangan
X	3586	3588	OK
Y	3586,89	3588,11	OK

Berdasarkan tabel di atas terlihat persyaratan beban gempa sudah terpenuhi karena nilai gaya geser dinamik > dari gaya geser statik.

Pemeriksaan Simpang Antar Tingkat

**Gambar 1.** Grafik Simpangan Antar Tingkat

Penulangan Balok

Dalam Analisa struktur menggunakan SAP2000, *Output* pada elemen struktur balok adalah luasan tulangan sesuai dengan kapasitas yang diinput, namun perlu dicek juga terkait Batasan luas minimum berdasarkan SNI 2847-2019. Berikut adalah tabel penulangan balok dari *Output* pada SAP2000

Tabel 5. Penulangan Balok Hasil SAP2000

Nama	Ukuran Balok (b x h)	Tinggi Efektif Balok (d)	Daerah	Letak Tulangan	As Teoritis mm ²	A _{s1} (mm ²)	A _{s2} (mm ²)	Diam (mm)	As mm ²	n (bh)	As Aktual (mm ²)
B1	400 x 650	610	Tumpuan	Atas	1595	763	854	19	283.5	6	1701.2
				Bawah	877	763	854	19	283.5	4	1134.1
			Lapangan	Atas	796	763	854	19	283.5	4	1134.1
				Bawah	881	763	854	19	283.5	4	1134.1
B2	300 x 450	442	Tumpuan	Atas	1123	503	563.5	19	283.5	4	1134.1
				Bawah	881	503	563.5	19	283.5	4	1134.1
			Lapangan	Atas	910	503	563.5	19	283.5	4	1134.1
				Bawah	829	503	563.5	19	283.5	4	1134.1
B3	200 x 350	343,5	Tumpuan	Atas	870	503	563.5	19	283.5	4	1134.1
				Bawah	529	503	563.5	19	283.5	3	850.6
			Lapangan	Atas	432	503	563.5	19	283.5	3	850.6
				Bawah	529	503	563.5	19	283.5	3	850.6

Sumber: *Output* SAP2000 2023

Tabel 5. S_{min} Antar Tulangan

Nama	Ukuran Balok (b x h)	S _{min} mm	Jarak Bersih ≥ db dan 25 mm?	Tunggal atau rangkap	Dipasang. Tul. Utama		
B1	400 x 650	37	OK	Tunggal	6	D	19
		75	OK	Tunggal	4	D	19
		75	OK	Tunggal	4	D	19
		37	OK	Tunggal	6	D	19
B2	300 x 450	58	OK	Tunggal	4	D	19
		58	OK	Tunggal	4	D	19
		58	OK	Tunggal	4	D	19
		58	OK	Tunggal	4	D	19
B3	200 x 350	58	OK	Tunggal	4	D	19
		97	OK	Tunggal	3	D	19
		97	OK	Tunggal	3	D	19
		97	OK	Tunggal	3	D	19

Sumber: *Output* SAP2000 2023

Tabel 6. Cek Izin Kapasitas Tulangan

Nama	Ukuran Balok (b x h)	Syarat As Terpasang ≥ As min	Syarat As Terpasang ≥ As Perlu			
				Syarat Tinggi Efektif SNI 2847:2019	Syarat Lebar 1 SNI 2847:2019	Syarat Lebar 2 SNI 2847:2019
B1	400 x 650	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi
		Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi
		Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi
		Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi
B2	300 x 450	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi
		Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi
		Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi
		Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi
B3	200 x 350	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi
		Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi
		Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi
		Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi

Tabel 7. Tulangan Sengkan Pada Balok

Nama	Ukuran Balok (b x h)	Tinggi Efektif Balok (d)	Daerah	Av / Sperlu mm ² / mm	Ø mm	Jumlah Kaki	S pakai mm	Dipasang
B1	400 x 650	610	Tumpuan	1.98	10	4	114.000	4 D 10 - 110
			Lapangan	1.33	10	4	236.210	4 D 10 - 230
B2	300 x 450	460	Tumpuan	1.646	10	4	114.000	4 D 10 - 110
			Lapangan	1.46	10	4	215.178	4 D 10 - 210
B3	200 x 350	460	Tumpuan	0.659	10	2	114.000	2 D 10 - 110
			Lapangan	0.465	10	2	305.000	2 D 10 - 300

Perencanaan Balok

Pada output dari program SAP2000 sudah didapatkan hasil luas tulangan pada balok dan kolom, namun perlu diadakannya perhitungan secara manual untuk membandingkan memastikan elemen struktur yang bekerja dapat memenuhi kapasitas beban yang diterima oleh struktur dan persyaratan-persyaratan SRPMK bisa terpenuhi.

Perencanaan Struktur Lentur SRPMK

SNI 2847-2019 menyatakan bahwa ketentuan perencanaan lentur balok SRPMK harus memenuhi hal berikut:

1. $P_u < 0,1 A_g f_c'$, maka perhitungan momen rencana (M_n) harus sesuai dengan SNI 2847-2019; pasal 9.5.2
 - Balok B1 (600x450) = $0,1 \times (600 \times 450) \times 25 = 675.000 \text{ N} = 675 \text{ kN}$
 - Balok B2 (450x300) = $0,1 \times (450 \times 300) \times 25 = 393.700 \text{ N} = 393,7 \text{ kN}$
 - Balok B3 (400x250) = $0,1 \times (400 \times 250) \times 25 = 250.000 \text{ N} = 250 \text{ kN}$

Dari analisis struktur, gaya aksial tekan akibat kombinasi gaya gempa dan gravitasi pada komponen struktur didapatkan gaya axial sebagai berikut:

- Balok B1 = 3066,905 kN
- Balok B2 = 2714,159 kN
- Balok B3 = 1798,055 kN

Dari analisis $P_u > 0,1 A_g f_c'$

2. Bentang Bersih Komponen

Persyaratan dalam balok SRPMK adalah $L_n/d < 4$:

- Balok B1 = $7300/561 = 13,02 > 4$ (OK)
- Balok B2 = $1950/390,5 = 4,97 > 4$ (OK)
- Balok B3 = $2650/343,5 = 7,71 > 4$ (OK)

3. $b/h > 0,3$

- Balok B1 = $450/600 = 0,75$ (OK)
- Balok B2 = $300/450 = 0,67$ (OK)
- Balok B3 = $250/400 = 0,625$ (OK)

4. Persyaratan lebar kombonen > 250 mm (memenuhi syarat).

5. Tidak Boleh melebihi komponen struktur pendukung.

- Lebar balokterbesar = 450 mm $<$ Lebar kolomterkecil = 500 mm (memenuhi syarat)

Penulangan Pada Balok B1

Data perencanaan

- Mutu beton (f_c') = 25 MPa
- β_1 untuk mutu beton 25MPa = 0,85
- Mutu tulangan geser utama (f_y') = 420 MPa
- Mutu tulangan geser (f_{ys}) = 280 MPa
- Diameter tulangan utama (D_t) = 19 mm
- Diameter sengkang (ϕ_s) = 10 mm
- Dimensi Balok = 650/400 mm

Desain Momen

Perhitungan Penulangan Balok B1

Kondisi 1, Goyangan ke Kanan (Momen Negatif Ujung Kanan) = 342.5 KN.m

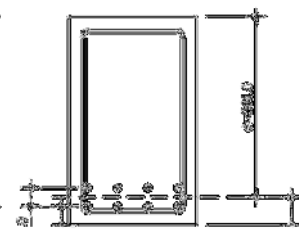
Luas tulangan perlu

$$Q = \frac{1,7 \times Mu}{0,8 \times f_c' \times b \times d^2} = \frac{1,7 \times 342,5 \times 10^6}{0,8 \times 25 \times 400 \times 561^2} = 0,23$$

$$\begin{aligned} \rho &= f_c' / f_y (0,85 - \sqrt{0,85 - Q}) \\ &= 25 / 420 (0,85 - \sqrt{0,85 - 0,23}) \\ &= 0,00887 \end{aligned}$$

Maka luas tulangan perlu dihitung

$$A_s = \rho \times b \times d = 0,00887 \times 400 \times 561 = 1991,7 \text{ mm}^2$$



$$\text{Tulangan Pasang } n = \frac{A_s}{1/4 \times \pi \times D^2} = \frac{1991,7}{1/4 \times 3,14 \times 19^2} = 7,02 \approx 8 \text{ buah}$$

Terpasang Balok B1 – Ujung Kanan Negatif 8 D19 dengan $A_s = 2267,08 \text{ mm}^2$

Cek momen nominal actual

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{2267,08 \times 420}{0,85 \times 25 \times 400} = 112 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \times A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \\ &= 0,9 \times 2267 \times 420 \times (561 - 112/2) \\ &= 432 \text{ kN.m} > 343 \text{ kN.m (OK)} \end{aligned}$$

Cek A_s minimum



$$A_s \min = \frac{\sqrt{f_c'}}{4f_y} \times b \times d = (\sqrt{25/4} \cdot 420) \times 400 \times 561 = 668 \text{ mm}^2$$

Tapi tidak boleh kurang dari :

$$\frac{1,4}{f_y} \times b \times d = \frac{1,4}{420} \times 450 \times 561 = 748 \text{ mm}^2 =$$

$$1700,31 \text{ mm}^2 > 748 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi syarat)}$$

Cek rasio tulangan

$$\rho = \frac{A_s}{b \times d} = \frac{2267,08 \text{ mm}^2}{400 \text{ mm} \times 561 \text{ mm}} = 0,0101$$

$$\rho_b = \beta_1 \times \frac{0,85 \times f_c'}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = 0,85 \times \frac{0,85 \times 25}{420} \times \left(\frac{600}{600 + 420} \right) = 0,0253$$

$$0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,0253 = 0,01897 \text{ (syarat tulangan maksimum sudah terpenuhi)}$$

Cek *Tension Controlled*

$$\frac{a}{d_t} = \frac{112 \text{ mm}}{561 \text{ mm}} = 0,1996a$$

$$\frac{a_{tcl}}{d_t} = 0,375 \times \beta_1 = 0,375 \times 0,85 = 319$$

$$= 0,319 > 0,1997 \text{ (tension controlled)}$$

Reinforcement

Gunakan 8D19 dipasang dua lapis dengan spasi bersih antar lapis 40mm > 25mm.

Perhitungan momen nominal penampang

$$a_{pr_1} = \frac{1,25 \times A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{1,25 \times 2267,08 \times 420}{0,85 \times 25 \times 400} = 140 \text{ mm}$$

$$m_{pr_1} = 1,25 \times A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a_{pr_1}}{2} \right)$$

$$m_{pr_1} = 1,25 \times 2267,08 \times 420 \times \left(561 - \frac{140}{2} \right) = 584,38 \text{ kN} \cdot \text{mm}$$

Perhitungan Gaya Geser

Struktur bergoyang ke kanan sama dengan struktur bergoyang ke kiri.

$$V_{sway-ka} = \frac{M_{pr_2} + M_{pr_4}}{l_n} = \frac{584,38 + 584,38}{7,3} = 160,10 \text{ kN}$$

Reaksi geser di ujung kiri balok

$$-60,163 \text{ (output SAP2000)} + 160,1 = 99,94 \text{ kN}$$

Total Reaksi geser di ujung kanan balok

$$- 48,747 \text{ (output SAP2000)} + 160,1 = 208,85 \text{ kN}$$

Perhitungan Gaya Geser

Muka perletakan kiri = kanan

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} = \frac{208,85 \text{ kN}}{0,75} = 278,47 \text{ kN}$$

$$V_{s-maks} = \frac{2 \times \sqrt{f_c'}}{3} \times b \times d$$

$$V_{s-maks} = \frac{2 \times \sqrt{25}}{3} \times 400 \times 561 \times 10^{-3} = 748 \text{ kN} > V_u \text{ (OK)}$$

Dicoba tulangan sengkang D10 dengan 4 kaki, maka didapatkan nilai $A_v = 314 \text{ mm}^2$

$$S = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{314 \times 420 \times 561}{278,47} = 266 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm} = 266 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$$

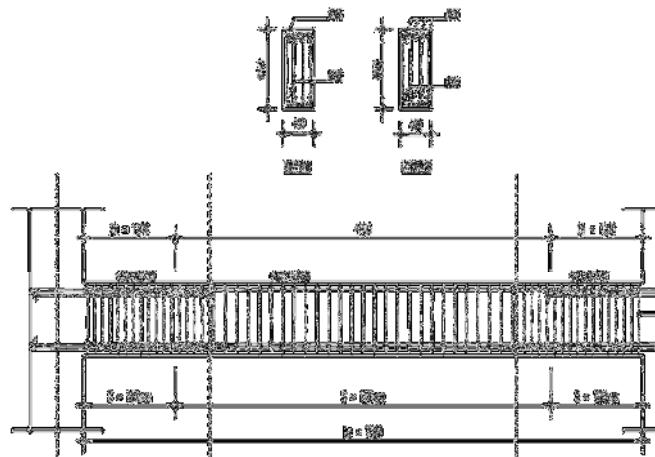
Cek kapasitas gaya geser

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{s} = \frac{314 \times 420 \times 540,5}{150} = 475,21 \text{ kN} > 278,47 \text{ kN (OK)}$$

Konfigurasi sengkang tertutup (*hoops*) pada area $2h$

- $d/4 = 561/4 = 140,25 \text{ mm}$
- $8xd = 8 \times 19 = 152 \text{ mm}$
- $24 \times \phi_{ts} = 24 \times 10 = 140 \text{ mm}$
- 300 mm

Dari perhitungan tulangan sengkang daerah sendi plastis ($2h$) dari muka kolom digunakan sengkang tertutup 4 kaki D10 dengan **spasi tulangan 100 mm**.



Gambar 8. Detail Penulangan Balok B1

Kondisi	Lokasi	Arah Gempa	Momen Mu (kN.m)	Tulangan Terpasang	As (mm ²)	øMn (kN.m)	Mpr (kN.m)
1	Ujung Kanan Negatif	Kanan	-342,5	8 D19	2267,08	432,75	584,38
2	Ujung Kiri Negatif	Kiri	-343	8 D19	2267,08	432,75	584,38
3	Ujung Kiri Positif	Kanan	310	8 D19	2267,08	432,75	584,38
4	Ujung Kanan Positif	Kiri	322	8 D19	2267,08	432,75	584,38
5	Tengah Bentang Positif	Kanan & Kiri	268	6 D19	1700,31	352,53	480,24

KESIMPULAN

Perencanaan struktur balok bangunan 6 lantai di Jln.Cut Meutia bekasi dengan berdasarkan SNI 2847-2019 dapat disimpulkan sebagai berikut:

Terdapat 3 jenis balok, yaitu:

- Balok B1 dengan dimensi 400x650mm dipasang tulangan pada tumpuan adalah 8D19 atas, dan 8D19 bawah dengan Sengkang 4 kaki D10-100, sementara tulangan pada lapangan 4D19 atas dan 6D19 bawah dengan Sengkang 4 kaki D10-150.

- Balok B2 dengan dimensi 300x450mm dipasang tulangan pada tumpuan 8D19 atas dan 8D19 bawah dengan Sengkang 4 kaki D10-100, sementara tulangan lapangan 2D19 atas dan 4D19 bawah dengan Sengkang 2 kaki D10-120.
- Balok B3 dengan dimensi 200x350mm dipasang tulangan tumpuan 6D13 atas dan 4D13 bawah dengan Sengkang 2 kaki D10-80, sementara tulangan lapangan 2D13 atas dan 4D13 bawah dengan sengkang 2 kaki D10-120.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, (2019), SNI-1726-2019. *Standar Desain Ketahanan Gempa untuk Struktur Gedung dan Non-Gedung*. Badan Standarisasi nasional Indonesia. Jakarta.
- Anonim,. (2019). SNI – 2847 – 2019 *Persyaratan Beton Struktural Untuk Gedung*. Badan Standarisasi nasional Indonesia. Jakarta.
- Anonim, (2013), SNI-1727-2013 *Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan gedung dan Struktur Lain*. Badan Standarisasi nasional Indonesia. Jakarta.
- Lesmana, Yudha (2020). *Handbook Desain Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847-2019 Edisi Pertama*. Makassar: Penerbit Nas Media Pustaka.
- Imran, Iswandi, Fajar Hendrik (2010). *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa*. Bandung: Penerbit ITB Bandung.
- Tavio, Usman Wijaya (2014). *Buku Panduan Desain Struktur Beton Bertulang Dasar*. Yogyakarta: CV. Budi Utama.
- Pamungkas, Anugrah, Erny Harianti (2018). *Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa*. Yogyakarta: ANDI.
- Salamah, Umi (2015). *Perencanaan Ulang Struktur Atas Gedung (OK,CSSD) Rumah Sakit Paru Jember 8 Lantai Dengan Struktur Beton Bertulang Menggunakan SRPMM*. Jember: Fakultas Teknik Universitas Jember.
- Doli, Andrio Umbu (2015). *Studi Perencanaan dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Pada Bangunan Gedung Hotel Pattimura Malang*. Malang: Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional Malang.