

STUDI PERENCANAAN STRUKTUR AKIBAT PENAMBAHAN *SHEARWALL* PADA GEDUNG ASRAMA BALAI TEKNIK AIR MINUM DAN SANITASI WILAYAH II PROVINSI JAWA TIMUR

Ahmad Rudiansyah¹⁾, Bambang Suprpto²⁾, Anang Bakhtiar³⁾

¹⁾Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Islam Malang, email : rudyt07@gmail.com

²⁾Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Islam Malang, email : bambang.suprpto@unisma.ac.id

³⁾Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Islam Malang, email : anang.bakhtiar@unisma.ac.id

ABSTRAKSI

Suatu bangunan bukanlah hanya dilihat seberapa artistik bangunan tersebut, namun aspek yang paling penting yaitu ketahanan struktur bangunan tersebut terhadap beban statis yang direncanakan ataupun terhadap potensi bencana seperti gempa. Gedung Asrama Balai Teknik Air Minum Dan Sanitasi Wilayah II Provinsi Jawa Timur direncanakan tanpa menggunakan dinding geser (*shear wall*). Agar kekakuan struktur gedung meningkat dan tahan terhadap gaya gempa / gaya lateral yang terjadi maka penambahan dinding geser (*shear wall*) sangatlah mungkin dilakukan. Gedung Asrama Balai Teknik Air Minum dan Sanitasi Wilayah II Provinsi Jawa Timur berlokasi di kota Surabaya, merupakan gedung berjenis struktur beton bertulang, dengan Sistem struktur memakai Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Berdasarkan analisa struktur gedung Asrama Balai Teknik Air Minum Dan Sanitasi Wilayah II Jawa Timur didapatkan hasil nilai simpangan antar lantai (Δ) menurun sebesar 15,51 % pada arah X dan 7,63 % pada arah Y pada lantai tertinggi dibandingkan struktur tanpa dinding geser. Dimensi dan penulangan kolom setelah penambahan dinding geser didapatkan hasil 10-D16 dengan sengkang $\emptyset$ 10-100 dan tulangan ikatan 6 $\emptyset$ 10 – 100. Dimensi dan penulangan balok setelah penambahan dinding geser adalah 6-D16 untuk tumpuan dan 5-D16 untuk lapangan, untuk sengkang $\emptyset$ 10-200. Dimensi dan penulangan pada plat lantai setelah penambahan dinding geser adalah $\emptyset$ 10-200.

Kata Kunci : Gempa, SRPMK, *Shear Wall*, Struktur

PENDAHULUAN

Suatu struktur disebut stabil bila struktur tersebut tidak mudah terguling, miring atau tergeser selama umur bangunan yang direncanakan. Suatu struktur disebut cukup kuat dan mampu layan bila kemungkinan terjadinya kegagalan struktur dan kehilangan kemampuan layan selama masa yang direncanakan adalah kecil dan dalam batas yang dapat diterima.

Struktur bangunan tingkat tinggi harus mampu menahan gaya-gaya vertikal (beban gravitasi), maupun gaya-gaya horizontal (beban gempa). Jika suatu portal mempunyai banyak kolom vertikal, maka gaya aksial yang terjadi pada batang akan cukup besar terlebih jika portal tidak tahan terhadap gaya-gaya ke samping. Agar gaya aksial/gaya sampingtersebut dapat tereduksi, maka salah satu cara perkuatannya adalah dengan

menambahkan struktur dinding geser (*shear wall*).

Penambahan dinding geser (*shear wall*) tersebut menyebabkan gaya – gaya dalam yang terjadi pada struktur semula menjadi berubah nilai sehingga mengakibatkan kebutuhan dimensi struktur juga berubah.

TINJAUAN PUSTAKA

Konsep Perencanaan Elemen Struktur Tahan Gempa

Perencanaan sistem struktur tahan gempa pada setiap struktur bangunan yang direncanakan di wilayah Indonesia khususnya di wilayah dengan resiko rawan gempa menengah hingga tinggi harus memenuhi kaidah – kaidah Perencanaan sistem struktur tahan gempa yang mengacu pada SNI berlaku.

Perencanaan bangunan tahan gempa struktur yang didesain harus memenuhi kriteria sebagai berikut (Zangki dkk, 2014) :

- a) Di bawah gempa ringan (gempa dengan periode ulang 50 tahun dengan probabilitas 60% dalam kurun waktu umur gedung) struktur harus dapat merespon elastik tanpa mengalami kerusakan pada elemen struktural (balok, kolom, pelat dan pondasi struktural) dan elemen non struktural (dinding bata, plafond dan lain lain).
- b) Di bawah gempa sedang (gempa dengan periode ulang 50-100 tahun) struktur bangunan boleh mengalami kerusakan ringan pada lokasi yang mudah diperbaiki yaitu pada ujung-ujung balok di muka kolom (sendi plastis). Struktur pada tahap ini disebut tahap *First Yield* yaitu merupakan batas antara kondisi elastik (tidak rusak) dan kondisi plastik (rusak) tetapi tidak roboh atau kondisi batas antara beban gempa ringan dan gempa kuat.
- c) Di bawah gempa kuat (gempa dengan periode ulang 200-500 tahun dengan probabilitas 20%-10% dalam kurun waktu umur gedung) resiko kerusakan harus dapat diterima tapi tanpa keruntuhan struktur. Jadi, kerusakan struktur pada saat gempa kuat terjadi harus didesain pada tempat-tempat tertentu sehingga mudah diperbaiki setelah gempa kuat terjadi.

Sistem Struktur Beton Bertulang Penahan Beban Gempa

Aturan detailing diatur dalam SNI beton pasal 21 dibedakan berdasarkan kategori desain seismik (KDS) pada struktur bangunan. Sistem struktur dasar penahan beban lateral secara umum dibedakan atas :

- a) Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM)
Sistem rangka ruang dimana komponen struktur balok, kolom dan join – joinnya menahan gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser, dan aksial.
- b) Sistem Dinding Struktural (SDS)
Dinding yang diproporsikan untuk menahan kombinasi gaya geser, momen, dan gaya aksial yang ditimbulkan gempa.

Dinding Geser (*shear wall*)

Pengertian

Dinding geser (*shear wall*) berfungsi sebagai pengaku yang menerus sampai pondasi dan juga merupakan dinding inti untuk memperkuat seluruh bangunan yang dirancang untuk menahan gaya geser dan gaya lateral akibat gempa bumi sehingga deformasi (lendutan) horizontal menjadi kecil. Pada aplikasinya dinding geser (*shear wall*) sering ditempatkan di bagian ujung dalam fungsi suatu ruangan ataupun ditempatkan memanjang di tengah searah tinggi bangunan untuk menahan beban gempa yang ditransfer melalui struktur portal ataupun struktur lantai. Dengan adanya dinding geser yang kaku pada bangunan, gaya gempa sebagian besar akan terserap oleh dinding geser tersebut (Nugroho, 2017).

Susunan dinding geser (*shear wall*)

Berdasarkan susunannya, dibagi menjadi 2 yaitu :

- a) Tertutup : susunan dinding-dinding melingkupi ruang simetris seperti persegi panjang, bujur sangkar, segitiga, bulat, membentuk inti (*core*).
- b) Terbuka : susunan dinding-dinding terdiri dari unsur linear tunggal atau gabungan unsur yang tidak lengkap melingkupi ruang geometrik.

Fungsi dinding geser (*shear wall*)

- a) Kekuatan
 - ~ Dinding geser (*shear wall*) harus memberikan kekuatan lateral yang diperlukan untuk melawan kekuatan gempa horizontal.
 - ~ Ketika dinding geser (*shear wall*) cukup kuat, mereka akan mentransfer gaya horizontal ini ke elemen berikutnya dalam jalur beban di bawah mereka, seperti dinding geser lainnya, lantai, pondasi dinding.
- b) Kekakuan
 - ~ Dinding geser (*shear wall*) juga memberikan kekakuan lateral untuk mencegah atap atau lantai di atas dari sisi - goyangan yang berlebihan.

- ~ Ketika dinding geser (*shear wall*) cukup kaku, mereka akan mencegah membingkai lantai dan atap anggota dari bergerak dari mendukung mereka.
- ~ bangunan yang cukup kaku biasanya akan menderita kerusakan kurang nonstruktural.

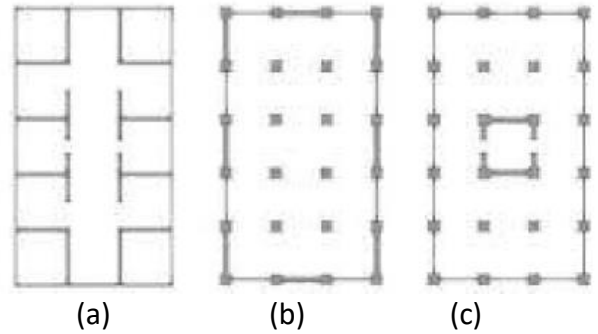
Klasifikasi dinding geser (*shear wall*)

Berdasarkan letak dan fungsinya, dinding geser (*shear wall*) diklasifikasikan dalam 3 jenis (Nugroho, 2017) yaitu :

- Bearing walls* : dinding geser (*shear wall*) yang juga mendukung sebagian besar beban gravitasi. Tembok-tembok ini juga menggunakan dinding partisi antara partemen yang berdekatan.
- Frame walls* : dinding geser (*shear wall*) yang menahan beban lateral, dimana beban gravitasi berasal dari frame beton bertulang. Tembok-tembok ini dibangun diantara baris kolom bagian dalam.
- Core walls* : dinding geser (*shear wall*) yang terletak di dalam wilayah inti pusat dalam gedung, yang biasanya diisi tangga atau poros lift. Dinding yang terletak di kawasan inti pusat memiliki fungsi ganda dan dianggap menjadi pilihan ekonomis.

Sedangkan berdasarkan geometrinya dinding geser dikategorikan sebagai berikut :

- Flexural wall* (dinding langsing), yaitu dinding geser (*shear wall*) yang memiliki rasio $h_w/l_w \geq 2$, dimana desain dikontrol oleh perilaku lentur. Dinding geser kantilever termasuk dalam kategori ini.
- Squat wall* (dinding pendek), yaitu dinding geser (*shear wall*) yang memiliki rasio $h_w/l_w \leq 2$, dimana desain dikontrol oleh perilaku geser.
- Coupled shear wall* (dinding berangkai), dimana momen guling yang terjadi akibat beban gempa ditahan oleh sepasang dinding, yang dihubungkan oleh balok-balok perangkai, sebagai gaya-gaya tarik dan tekan yang bekerja pada masing-masing dasar pasangan dinding tersebut.



Gambar 1. *Bearing walls* (a), *Frame walls* (b), *Core walls* (c).

Simpangan Antar Lantai (Δ)

Kinerja batas layan struktur gedung ditentukan oleh simpangan antar lantai akibat pengaruh Gempa Rencana, yaitu untuk membatasi terjadinya pelelehan baja dan peretakan beton yang berlebihan, di samping untuk mencegah kerusakan non-struktur dan ketidaknyamanan penghuni.

Penentuan simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah.

Plat Lantai

Plat adalah elemen horizontal yang memiliki perilaku lentur, dan berfungsi untuk menyalurkan beban mati kerangka pendukung vertikal suatu sistem struktur.

SNI beton memberikan persyaratan tebal minimal pelat untuk membatasi agar defleksi yang terjadi lebih kecil dari pada defleksi yang diizinkan. Tebal plat yang lebih tipis daripada tebal minimum yang diizinkan masih diperbolehkan asalkan dilakukan dengan pengecekan defleksi secara konferhensif.

Balok

Struktur planar (linier/garis) karena terletak di satu bidang. Jika semua beban bekerja (tanda panah ke bawah) di bidang yang sama dan jika semua defleksi/lendutan (garis lengkung putus-putus) terjadi di bidang tersebut maka dinamakan plane of bending / bidang lentur (Nugroho, 2017).



Gambar 2. Balok yang Dibebani Gaya Lateral

Prinsip dasar pada balok adalah sebagai berikut:

- Semakin besar beban yang bekerja pada balok, maka semakin besar pula dimensi/penampang suatu balok tersebut.
- Semakin besar dimensi/penampang suatu balok, maka tegangan aktual yang terjadi pada balok akan semakin kecil.
- Semakin tinggi dimensi/penampang dari suatu balok, maka semakin besar kemampuannya untuk memikul beban lentur.

Kolom

Kolom adalah elemen vertikal (tidak selalu vertikal) yang paling banyak digunakan pada suatu struktur untuk menahan gaya aksial tekan. Kolom tidak mengalami lentur secara langsung karena tidak ada beban langsung yang tegak lurus terhadap sumbunya. Kolom dapat dikategorikan dalam dua jenis yaitu kolom pendek dan kolom panjang (Schodek, 1999)

Ciri-ciri kolom pendek (Iswandi, 2014) antara lain :

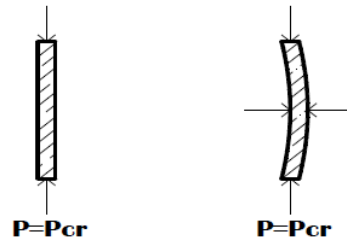
- Jenis kegagalannya berupa kegagalan material (tergantung jenis material dan kekuatan material).
- Panjang relatif lebih kecil dibandingkan dengan penampang melintang.
- Kapasitas memikul beban tidak tergantung dari panjang kolom tetapi tergantung dari jenis material dan kekuatan material yang digunakan.

Ciri-ciri kolom panjang antara lain :

- Jenis kegagalannya berupa ketidakstabilan yang ditentukan oleh buckling (tekuk).
- Dimensi arah memanjang jauh lebih besar dibandingkan dimensi pada arah lateral.
- Kapasitas memikul beban lebih kecil, karena adanya potensi menekuk.
- Beban tekuk adalah beban maksimal yang dapat dipikul oleh kolom.



Gambar 3. Kolom Pendek dengan Keruntuhan Berdasarkan Jenis dan Kekuatan Materialnya



Gambar 4. Kolom panjang beban sama dengan beban tekuk

METODOLOGI PERENCANAAN

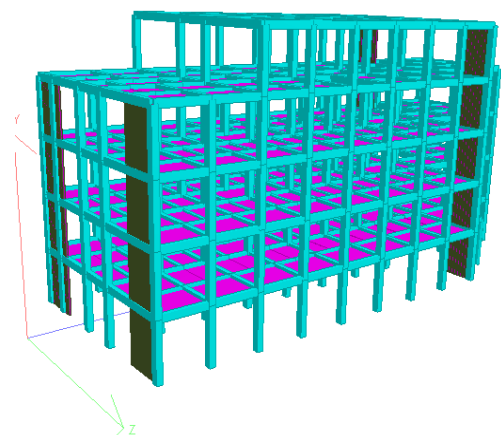
Tahapan pelaksanaan perencanaan dilakukan sebagai berikut :

1) Pengumpulan data – data penunjang

Data-data yang diperlukan :

- ~ Nama objek gedung
- ~ Data lokasi objek gedung
- ~ Data pembebanan
- ~ Geometri objek gedung berdasarkan data gambar teknis dari Konsultan Perencana
- ~ Mutu bahan yang digunakan.
- ~ Data tanah berdasarkan hasil penyelidikan tanah

2) Pemodelan struktur

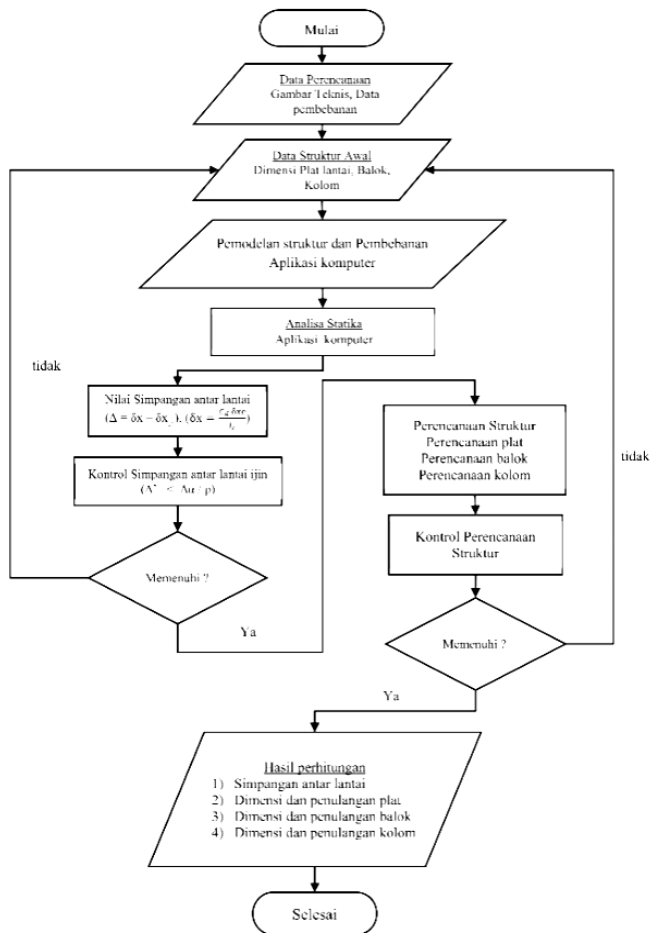


Gambar 5. Pemodelan struktur dengan memakai dinding geser

3) Perhitungan Struktur

Tahapan perhitungannya antara lain:

- ~ Nilai simpangan antar lantai
- ~ Perencanaan plat lantai
- ~ Perencanaan balok
- ~ Perencanaan kolom



Gambar 6. Bagan alir tahapan perencanaan

PEMBAHASAN

Simpangan Antar lantai (Δ)

Hasil perhitungan simpangan antar lantai adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil simpangan antar lantai

Jenis struktur	δ _{max}		Δ		Presentase penurunan (%)	
	arah X	arah Z	arah X	arah Z	arah X	arah Z
Tanpa dinding geser	16,805	18,999	11,049	17,006	15,51	7,63
Dengan dinding geser	18,342	15,677	9,335	15,708		

Hasil tersebut merupakan hasil simpangan antar lantai dengan memakai nilai Simpangan maksimum (δ_{max}) akibat gaya lateral gempa pada lantai 5 dengan memakai aplikasi komputer.

Perencanaan Plat Lantai

Perhitungan plat lantai adalah sebagai berikut :

1) Tebal pelat lantai

$$\alpha_m = \frac{3300}{2750} = 1,2 < 2 \text{ maka}$$

$$h_{min} = \frac{3300 \cdot (0,8 + 240/1400)}{36 + 5 \cdot 1,2 \cdot 1,18} = 76,3 < 90 \text{ mm}$$

2) Mutu

$$\begin{aligned} \text{Mutu} &= 1,999 \text{ kNm/m} \\ \text{Mutu} &= 2,779 \text{ kNm/m} \\ \text{Mutu} &= 1,366 \text{ kNm/m} \\ \text{Mutu} &= 1,092 \text{ kNm/m} \end{aligned}$$

3) Tinggi efektif plat lantai

$$d = 120 - 40 - 0,5 \cdot 10 = 55 \text{ mm}$$

4) Rasio tulangan

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{240} = 0,006$$

$$\rho_{max} = 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot 20,75 \cdot 1,2 \left(\frac{600}{600 + 240} \right)}{240} = 0,047$$

5) Tulangan tumpuan arah x

$$R_n = \frac{1,366 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 55^2} = 0,564 \text{ mpa}$$

$$W = 0,85 \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2,353 \cdot 0,564}{20,75}} \right) = 0,028$$

$$\rho = 0,028 \cdot \frac{20,75}{240} = 0,002$$

$$A_s \text{ perlu} = 0,006 \cdot 1000 \cdot 55 = 320,833 \text{ mm}^2$$

6) Jarak tulangan arah x

Dengan memakai tulangan Ø10

$$s = \frac{1/4 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{320,833} = 244,9 \text{ mm}$$

maka dipakai jarak 200 mm

$$A_s = \frac{1/4 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{200} = 392,857 \text{ mm}^2$$

$$392,857 \text{ mm}^2 > 244,9 \text{ mm}^2$$

7) Tulangan lapangan

$$R_n = 0,451 \text{ mpa}$$

$$W = 0,85 \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2,353 \cdot 1,092}{20,75}} \right) = 0,022$$

$$\rho = 0,022 \cdot \frac{20,75}{240} = 0,002$$

$$A_s \text{ perlu} = 0,006 \cdot 1000 \cdot 55 = 320,833 \text{ mm}^2$$

8) Jarak tulangan

Dengan memakai tulangan Ø10

$$s = \frac{1/4 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{320,833} = 244,9 \text{ mm}$$

maka dipakai jarak 200 mm

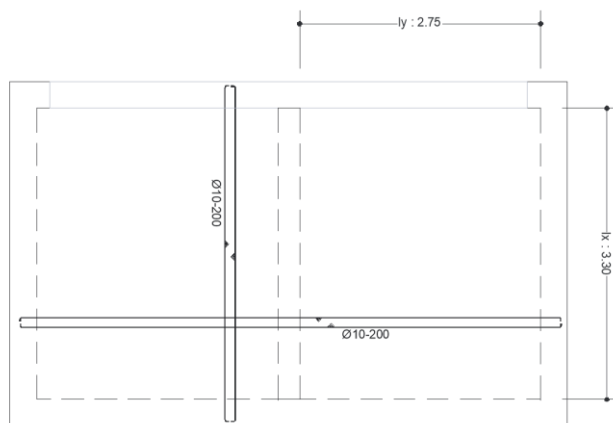
$$A_s = \frac{1/4 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{200} = 392,857 \text{ mm}^2$$

$$392,857 \text{ mm}^2 > 244,9 \text{ mm}^2$$

Hasil perhitungan plat lantai ditampilkan pada tabel berikut ini :

Tabel 2. Hasil perhitungan plat lantai

Momen Ultimit (Mu) (kNm/m)		Penulangan hasil perhitungan (mm)	Hasil tulangan eksisting (mm)
Tumpuan x	1,815	Ø10 - 200	Ø10 - 150
Lapangan x	0,554	Ø10 - 200	Ø10 - 150
Tumpuan y	1,999	Ø10 - 200	Ø10 - 150
Lapangan y	2,779	Ø10 - 200	Ø10 - 150



Gambar 7. Penulangan plat lantai hasil perhitungan

Perencanaan Balok

Perhitungan balok adalah sebagai berikut :

1) Perencanaan dimensi balok

$$\sim 0,1 \cdot 300 \cdot 500 \cdot 20,75 = 311,25 \text{ kN} > 163,115 \text{ kN}$$

$$\sim \frac{5400}{434} = 12,44 > 4$$

$$\sim \frac{300}{500} = 0,6 > 0,3$$

$$\sim \text{lebar penampang} = 300 > 250 \text{ mm}$$

$$2) \text{ Mu}_{\text{tumpuan}} = 134,952 \text{ kNm}$$

$$\text{Mu}_{\text{lapangan}} = 125,245 \text{ kNm}$$

3) Perencanaan Penulangan Lentur

$$d = 500 - (40 + 19 + 10) = 434 \text{ mm}$$

$$A_s = \frac{134,952 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 320 \cdot 0,85 \cdot 434} = 1270,22 \text{ mm}^2$$

Dipakai D16 (201,142 mm²) sehingga
1270,22 / 201,142 = 6,3

Maka dipakai 7-D16 (1408 mm²)

~ Tinggi blok tegangan tekan ekivalen aktual

$$a = \frac{406469,6848}{5291,25} = 76,819 \text{ mm}$$

~ Cek momen nominal aktual

$$d = 500 - (40 + 16 + 10) = 434 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot 1270,22 \cdot 320 \left(434 - \frac{76,819}{2} \right)$$

$$\phi M_n = 144.715.951,42 \text{ Nmm} \cdot 10^6 = 144,72 \text{ kNm} > 134,95 \text{ kNm}$$

~ Cek As minimum

$$A_{s-\min} = \frac{\sqrt{20,75}}{4 \cdot 320} \cdot 300 \cdot 434 = 463,351 \text{ mm}^2$$

~ Cek tulangan rasio

$$\rho = \frac{1270,22}{300 \cdot 434} = 0,009$$

$$\rho_b = 0,916 \cdot \frac{0,85 \cdot 20,75}{320} \cdot \left(\frac{600}{600 + 320} \right) = 0,0329$$

$$0,75 \rho_b = 0,024$$

$$\beta_1 = 0,85 - \left(\frac{20,75 - 30}{7} \right) \cdot 0,05 = 0,9160$$

$$\rho < 0,75 \rho_b = 0,009 < 0,024 \text{ (terpenuhi)}$$

$$\text{dan } \rho < 0,025 = 0,009 < 0,025 \text{ (terpenuhi)}$$

~ cek penampang *tension controlled*

$$\frac{a}{d} = \frac{61,95}{442} = 0,174$$

$$\frac{a_{tcl}}{d} = 0,375 \cdot 0,9160 = 0,3435$$

karena $\frac{a}{d} < \frac{a_{tcl}}{d}$ maka desain tulangan *under-reinforced*.

4) Perencanaan Penulangan geser / sengkang Balok

~ Hitung kapasitas momen ujung – ujung balok

$$a_{pr} = \frac{1,25 \cdot 1270,22 \cdot 320}{0,85 \cdot 20,75 \cdot 300} = 96,02 \text{ mm}$$

$$M_{pr} = 1,25 \cdot 1270,22 \cdot 320 \left(434 - \frac{96,02}{2} \right) \cdot 10^{-6} = 196,116 \text{ kNm}$$

~ Reaksi geser diujung balok akibat gaya gravitasi (Vg)

$$W_u = 94,683 \text{ kN/m}$$

$$V_g = \frac{94,683 \cdot 5,4}{2} = 165,694 \text{ kN/m}$$

~ Geser balok akibat guncangan gempa

$$V_{\text{sway}} = \frac{2 \cdot 196,116}{5,4} = 112,066 \text{ kN}$$

~ Total reaksi geser diujung balok

$$165,694 + 112,066 = 277,760 \text{ kN}$$

$$165,694 - 112,066 = 53,628 \text{ kN}$$

$$V_c = 0 \text{ jika :}$$

$$V_{\text{sway}} > 0,5 V_u = 112,066 \text{ kN} > 43,745 \text{ kN}$$

$$P_u < A_g f_c / 20 = 5,301 \text{ kN} < 155.625 \text{ kN}$$

Maka :

$$V_c = 1/6 \sqrt{20,75} \cdot 300 \cdot 434 \cdot 10^{-3} = 98,848 \text{ kN}$$

$$V_s = 87,493 / 0,75 - 0 = 116,657 \text{ kN}$$

V_s harus < dari V_s max maka :

$$V_{s_{\text{max}}} = \frac{2\sqrt{20,75}}{3} \cdot 300 \cdot 434 = 395,393 \text{ kN}$$

$$395,393 \text{ kN} > 116,657 \text{ kN}$$

~ Spasi tulangan :

Dicoba memakai tulangan sengkang 2 kaki $\emptyset 10$ (157,14 mm²)

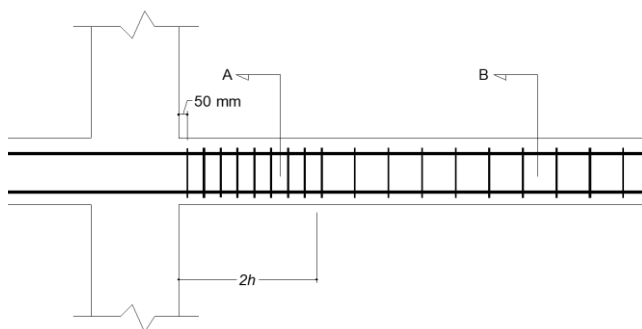
$$s = (157,14 \cdot 320.434) / 116,657 \times 1000$$

$s = 187,078 \text{ mm} \rightarrow$ digunakan spasi 150 mm

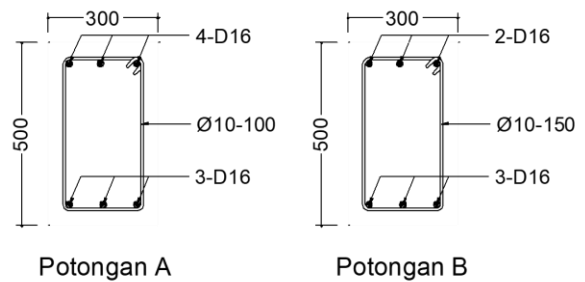
$$V_s = \frac{157,14 \cdot 320.544}{150} = 182,366 \text{ mm}$$

Tabel 3. Hasil perhitungan penulangan balok

Lantai	Aksial Ultimate terfaktor (kN)	Momen Ultimit (Mu) (kNm/m)		Geser Ultimit (kN)
		Tumpuan	Lapangan	
2	5,301	134,95	125,245	87,493
3	3,365	133,793	122,381	86,615
4	13,667	138,412	114,787	86,249
5	18,686	195,232	275,027	163,115
atap	7,087	166,400	153,098	97,099
Hasil perhitungan Penulangan (mm)				
Lantai	tumpuan	lapangan	sengkang	
2	7-D16	6-D16	$\emptyset 10 - 150$	
3	7-D16	6-D16	$\emptyset 10 - 150$	
4	7-D16	6-D16	$\emptyset 10 - 150$	
5	7-D19	10-D19	$\emptyset 13 - 150$	
atap	6-D19	6-D19	$\emptyset 10 - 150$	



Gambar 8. Penulangan balok struktur SPRMK



Gambar 9. Detail penulangan balok struktur SPRMK

Perencanaan Kolom

Berdasarkan hasil statika aplikasi komputer diperoleh :

$$P_u = 1528,620 \text{ kN}$$

$$M_u = 66,310 \text{ kNm}$$

$$V_u = 29,884 \text{ kN}$$

1) Perencanaan dimensi kolom

$$P_u < A_g f_c / 10 = 1528,620 < 415.000 \text{ kN}$$

$$400 \text{ mm} > 300 \text{ mm}$$

$$(b / h) > 0,4 = 400/500 = 0,8 > 0,4$$

2) Asumsi desain awal dimensi dan penulangan utama kolom

Dimensi = 400 x 500 mm

Tulangan = 8D19

rasio tulangan (ρ_g) = 0,01 < 0,0113 < 0,06

3) Kuat kolom

~ Kolom lantai 2 (K_{898})

$$\text{Nilai } \emptyset P_n = 1229,771 \text{ kN}$$

(hasil aplikasi komputer)

$$\emptyset M_n = 380,80 \text{ kNm}$$

(hasil diagram interaksi kolom)

~ Kolom desain (K_{889})

$$\text{Nilai } \emptyset P_n = 1528,629 \text{ kN}$$

(hasil aplikasi komputer)

$$\emptyset M_n = 323.39 \text{ kNm}$$

(hasil diagram interaksi kolom)

$$\Sigma M_c = 380,80 \text{ kNm} + 323.39 \text{ kNm}$$

$$= 704,19 \text{ kNm}$$

~ Momen ujung balok yang bersambung

dengan kolom K_{898} dan K_{889} adalah :

$$\text{Balok B878} = 77,802 \text{ kNm}$$

(hasil aplikasi komputer)

$$\text{Balok B933} = 33,518 \text{ kNm}$$

(hasil aplikasi komputer)

$$1,2 \Sigma M_g = 1,2 \cdot (77,802 + 33,518)$$

$$= 133,58 \text{ kNm}$$

$$704,19 \text{ kNm} > 133,58 \text{ kNm}$$

4) Desain tulangan *confinement* (pengikat)

Dicoba sengkang D12

$$b_c = 400 - (2 \cdot (40 + 0,5 \cdot 13/2)) = 307 \text{ mm}$$

$$A_{ch} = (400 - 2(40)) \cdot (400 - 2(40)) = 102.400 \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_{sh}}{s} = 0,3 \left(\frac{308 \cdot 20,75}{320} \right) \left(\frac{500 \cdot 400}{102.400} - 1 \right)$$

$$= 5.711 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$\frac{A_{sh}}{s} = \frac{0,09 \cdot 308 \cdot 20,75}{320} = 1,797 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

dipakai nilai terbesar yaitu 5,711 mm²/mm

Dicoba memakai spasi 100 mm

$$A_{sh-1} = 5,711 \text{ mm}^2 / \text{mm} \cdot 120 \text{ mm} = 571,07 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh-2} = 1,797 \text{ mm}^2 / \text{mm} \cdot 120 \text{ mm} = 179,75 \text{ mm}^2$$

$$5 \text{ kaki D13 } (663,93 \text{ mm}^2) > 571,07 \text{ mm}^2$$

5) Desain tulangan geser

$$A_{pr} = \frac{125.1024 \cdot 320}{0,85 \cdot 20,75 \cdot 400} = 58,08 \text{ mm}$$

$$M_{pr} \text{ balok} = 165,94 \text{ kNm}$$

$$V_{sway} = \frac{(165,94 \cdot 0,5) + (165,94 \cdot 0,5)}{3,5} = 47,411 \text{ kN}$$

$$V_{sway} \geq V_u \text{ hasil analisis}$$

$$54,078 \text{ kN} > 29,884 \text{ kN}$$

~ Cek kebutuhan tulangan geser

$$\frac{29,884}{0,75} > \frac{1}{2} 17,917 = 39,845 > 72,731$$

jadi diperlukan tulangan geser

~ Cek apakah cukup dipasang tulangan geser minimum

$$22,413 \text{ kN} > 18,031 \text{ kN}$$

$$A_{v_{min}} = \frac{1}{3} \cdot \frac{400 \cdot 100}{320} = 41,7 \text{ mm}^2$$

Maka untuk A_v bisa memakai 2kaki $\emptyset 10$ (157,142 mm²) jarak 100 mm

~ Untuk bentang diluar l_0

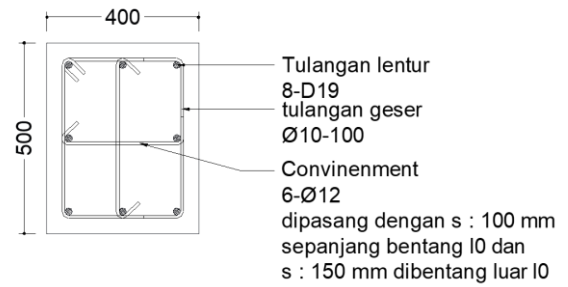
$$N_u = 875,195 \text{ N}$$

$$\lambda = 1$$

$$N_u / A_g = 875,195 \cdot 103 \text{ N} / 200.000 \text{ mm}^2 = 4,4 \text{ MPa}$$

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{4,4}{14} \right) \cdot 1 \cdot 20,75 \cdot 400 \cdot (500 - 23) = 8155,41 \text{ kN}$$

Karena $V_c > V_u / \phi$ maka tulangan sengkang tidak dibutuhkan untuk geser tapi hanya sebagai *confinement* (pengikat)



Gambar 10. Detail tulangan kolom

Tabel 4. Hasil Perencanaan kolom

Lantai	Pu (kN)	Mu (kNm)	Vu (kN)	Penulangan hasil perencanaan		
				lentur	geser	confinement
1	1528,63	66,31	29,88	8-D19	Ø10-100	6Ø10 - 100
2	1308,52	59,06	19,81	8-D16	Ø10-100	5Ø10 - 100
3	1002,04	53,08	25,74	8-D16	Ø10-100	5Ø10 - 100
4	760,72	34,74	16,72	8-D16	Ø10-100	5Ø10 - 100
5	450,18	25,67	14,81	8-D16	Ø10-100	5Ø10 - 100

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Penambahan dinding geser (*shear wall*) pada struktur menyebabkan nilai simpangan antar lantai (Δ) menurun sebesar 15,51 % pada arah X dan 7,63 % arah Y pada lantai tertinggi.
2. Dimensi penulangan kolom setelah penambahan dinding geser adalah 10-D16 dengan sengkang Ø10-100 dan tulangan ikatan 6Ø10 - 100. Untuk perencanaan semula memakai 16-D19 dengan sengkang Ø10-100
3. Dimensi dan penulangan balok setelah penambahan dinding geser adalah 6-D16 untuk tumpuan dan 5-D16 untuk lapangan, untuk sengkang Ø10-200. Untuk perencanaan semula memakai 12-D19 dan Ø10-100
4. Dimensi dan penulangan pada plat lantai setelah penambahan dinding geser adalah Ø10-200. Untuk perencanaan semula memakai Ø10-150.

Saran

1. Untuk mengetahui pengaruh penambahan dinding geser (*shear wall*) terhadap dimensi

struktur, bisa dilakukan perhitungan lebih lanjut dengan penempatan posisi dinding geser dan dimensi yang berbeda.

2. Dapat dilakukan perhitungan lebih lanjut untuk mengetahui pengaruh penambahan dinding geser (*shear wall*) pada gedung dengan struktur yang tidak beraturan.
3. Dapat dilakukan perhitungan lebih lanjut dengan menggunakan objek gedung pada lokasi / zona gempa yang berbeda agar didapat hasil yang bervariasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Imran, Iswandi. & Hendrik, Fajar, (2014), *"Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang"*, ITB Bandung, Bandung.
- Nugroho, Fajar. (2017), *"Pengaruh Dinding Geser Terhadap Perencanaan Kolom Dan Balok Bangunan Gedung Beton Bertulang"*, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Padang, Padang.
- Schodek, Daniel. (1999), *"Struktur"*, PT. Eresco, Bandung