

STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN STRUKTUR ATAS GEDUNG FAKULTAS PETERNAKAN UNIVERSITAS BRAWIJAYA MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM

Adhitya Pratama¹, Bambang Wedyantadji², dan Mohammad Erfan³

¹²³⁾ Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Malang
Email: 1821077@scholar.itn.ac.id¹

ABSTRACT

The planning of earthquake resistant building structures is very important because many areas are located in small to large scale earthquakes. The construction of the Faculty of Animal Husbandry Building, Brawijaya University aims to improve the infrastructure and facilities for the residents of the Faculty of Brawijaya University. To reduce the impact of damage to building structures in earthquake zone 4, the Faculty of Animal Husbandry Building, Brawijaya University is designed to use a dual system, Special Moment Resisting Frame System (SMRF) and Shear Walls. Earthquake loads are designed using a spectrum response that refers to SNI 1726:2019. Structural analysis modeling using the ETABS application program. The design of the structural reinforcement of beams, columns, beam-column connections and shear walls refers to SNI 2847:2019. From the calculation results, the beam (B1) with dimension 40/80 span of 9 meters obtained longitudinal reinforcement support: 6D22 tensile reinforcement, 5D22 compression reinforcement and 4D13 torsion reinforcement. Field reinforcement: 4D22 tensile reinforcement, 4D22 compression reinforcement and 4D13 torsion reinforcement. Plastic joint area shear reinforcement: 2D13-100 and outside plastic joint area: 2D13-300. Column (K1) with dimensions 80 x 80, the amount of reinforcement is 24D22. Plastic joint area shear reinforcement: 5D13-100, shear reinforcement outside plastic joint area: 3D13-150, and splice joints area: 5D13-100. The design control capacity $\Sigma M_{nc} \geq 1.2 \Sigma M_{nb}$ with a value of $4906.286 \text{ kNm} \geq 1900.3537 \text{ kNm}$, the requirement of "Strong Column Weak Beam" is fulfilled. at the beam column joint vertical restraint reinforcement is sufficient using column longitudinal 24D22, horizontal restraint reinforcement 4D13-5 layers. 350 mm x 3500 mm shear wall for the body area, and 2 boundary elements with dimensions of 500 mm x 850 mm. The amount of longitudinal reinforcement of the shear wall is 124D25. X-direction wall transverse reinforcement of plastic joint area 2D13-100, outside plastic joint area 2D13-120, splice joint area 2D13-100. Y direction wall transverse reinforcement plastic joint area 20D13-100, outside plastic joint area 10D13-120, splice joint area 20D13-100 joint.

Keywords: *Shear Walls, Dual System, Earthquake – Resistant Structure*

ABSTRAK

Perencanaan struktur gedung tahan gempa sangat penting karena banyak wilayah yang letaknya gempa pada skala kecil hingga besar. Pembangunan Gedung Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya bertujuan untuk meningkatkan infrastruktur dan fasilitas warga Fakultas Universitas Brawijaya. Untuk mengurangi dampak kerusakan struktur gedung pada zona gempa 4 Gedung Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya didesain menggunakan sistem ganda, yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen dan Dinding Geser. Beban gempa didesain menggunakan respon spektrum yang mengacu pada SNI 1726:2019. Pemodelan analisa struktur menggunakan program bantu ETABS. Desain penulangan struktur balok, kolom, hubungan balok kolom dan dinding geser mengacu pada SNI 2847:2019. Dari hasil perhitungan didapatkan balok (B1) dimensi 40/80 bentang 9 meter diperoleh tulangan longitudinal tumpuan: tulangan tarik 6D22, tulangan tekan 5D22 dan tulangan torsi 4D13. Tulangan lapangan: tulangan tarik 4D22, tulangan tekan 4D22 dan tulangan torsi 4D13. Tulangan geser daerah sendi plastis: 2D13-100 dan daerah luar sendi plastis: 2D13-300. Kolom (K1) dengan dimensi 80 x 80 jumlah tulangan 24D22. Tulangan geser daerah sendi plastis: 5D13-100, tulangan geser daerah luar sendi plastis: 3D13-150, dan daerah sambungan lewatan: 5D13-100. Kontrol desain kapasitas $\Sigma M_{nc} \geq 1,2 \Sigma M_{nb}$ dengan nilai $4906,286 \text{ kNm} \geq 1900,3537 \text{ kNm}$, persyaratan "Strong Column Weak Beam" terpenuhi. Penulangan pengekang vertikal HBK cukup menggunakan longitudinal kolom 24D22, penulangan pengekang horizontal 4D13-5 lapis. Dinding geser 350 mm x 3500 mm untuk daerah badan, dan 2 elemen pembatas dengan dimensi 500 mm x 850 mm. Tulangan longitudinal total dinding yaitu 124D25. Tulangan transversal dinding arah X daerah sendi plastis 2D13-100, luar sendi plastis 2D13-120, sambungan lewatan 2D13-100. Tulangan transversal badan dinding arah Y daerah sendi plastis 20D13-100, luar sendi plastis 10D13-120, sambungan lewatan 20D13-100.

Kata Kunci: *Dinding Geser, Sistem Ganda, Struktur Tahan Gempa*

1. PENDAHULUAN

Perencanaan struktur bangunan gedung tahan gempa sangat penting di Indonesia karena banyak wilayahnya terletak dalam wilayah gempa mulai dari skala kecil hingga besar. Penyebab gempa bumi adalah pergeseran lempeng dan gunung meletus hal ini tentu sulit jika diperkirakan kapan gempa akan terjadi dan dapat terjadi setiap saat.

Gedung Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya 9 lantai terletak ditengah – tengah Kota Malang memiliki panjang bangunan 54 m, lebar bangunan 30,40 m dan tinggi bangunan 39,50 m, fungsi gedung perkuliahan, sistem struktur beton bertulang. Gedung tersebut dibangun pada tahun 2012 belum menggunakan peraturan SNI terbaru.

Pada perencanaan Gedung Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya dipilih menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen dan Dinding Geser (Sistem Ganda) dengan menggunakan peraturan SNI terbaru, karena adanya dinding geser maka kerja rangka dapat menjadi lebih ringan dan dapat menambah kekakuan dari struktur itu sendiri sehingga kinerja struktur dalam menahan gaya lateral gempa dan gaya lateral angin dapat dimaksimalkan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Konsep struktur tahan gempa

Struktur tahan gempa yang memiliki sifat daktilitas untu merespon gempa yang mampu bertahan dari keruntuhan dan memiliki fleksibilitas dalam meredam getaran gempa. Perencanaan struktur harus mempunyai daya tahan terhadap gempa dengan tingkat keamanan dan kenyamanan yang tinggi dan juga struktur harus dirancang dapat memikul gaya gempa.

Sistem ganda (dual system)

Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.2.5.1(halaman 53), sistem ganda merupakan struktur dengan rangka pemikul beban gravitasi secara lengkap, beban lateral yang diakibatkan oleh gempa dipikul oleh sistem rangka pemikul momen dan dinding geser. Untuk sistem ganda, rangka pemikul momen harus mampu memikul beban lateral yang diakibatkan oleh gempa sekurang-kurangnya 25% dari gempa desain. Faktor reduksi gempa (R) = 7.

Fungsi dinding geser

Dinding geser memiliki dua fungsi utama, yaitu:

1. Kekakuan

- Kekakuan yang dimiliki dinding geser untuk mencegah goyangan yang berlebihan pada atap dan plat lantai akibat beban gempa

- Kekakuan yang memenuhi pada bangunan akan mengurangi tingkat kerusakan menyeluruh pada konstruksi bangunan

2. Kekuatan

- Dinding geser mampu menahan gaya geser, gaya lateral akibat beban gempa atau angin
- Sifat kuat yang dimiliki dinding geser akan menyalurkan gaya horizontal pada elemen struktur di bawahnya hingga sampai ke pondasi

Perencanaan dinding geser

Berdasarkan SNI 2847:2019 Pasal 18.10 tentang dinding geser ada beberapa persyaratan yang harus dipenuhi dalam perencanaan dinding geser. Persyaratan yang harus dipenuhi adalah sebagai berikut:

- Dimensi elemen batas dinding geser
- Tulangan dinding geser
- Kekuatan dinding geser

Dimensi dinding geser

Menurut SNI 2847:2019 pasal 11.3.1.1:226 untuk ketebalan dinding minimum 100 mm, adapun untuk perhitungan ketebalan dinding geser diambil yang terkecil dari persamaan berikut:

$$\text{Tebal dinding geser} \geq 1/25 h_{\text{lantai}} \text{ (tidak tertumpu) atau}$$

$$\text{Tebal dinding geser} \geq 1/25 l_w \text{ (tidak tertumpu)}$$

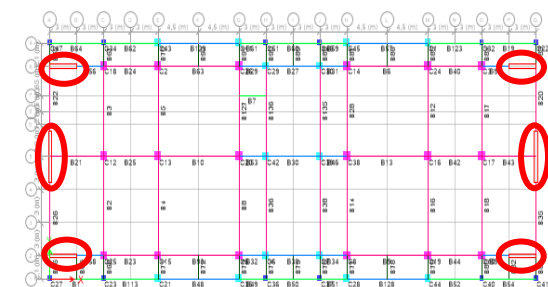
Elemen batas (boundary element)

Penggunaan elemen batas pada dinding geser berlaku pada struktur rangka pemikul momen khusus pada kategori desain seismik D, E dan F. Berfungsi untuk mengakomodasi distribusi tulangan longitudinal pada dinding geser dan mencegah terjadinya tekuk (buckling) pada dinding geser.

Berdasarkan SNI 2847:2019 pasal 18.10.6.2 parameter kebutuhan elemen batas pada dinding geser dapat menggunakan persamaan:

$$c \geq l_w / (600 \times (1,5\delta_u / h_w))$$

Perletakan dinding geser



Gambar 1. Perletakan Dinding geser pada gedung

3. DATA PERENCANAAN

Data lokasi perencanaan



Gambar 2. Lokasi Bangunan Gedung Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya

Data teknis perencanaan

- Nama Bangunan : Gedung Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya
- Lokasi Bangunan : Jalan Veteran, Kota Malang
- Fungsi Bangunan : Gedung Perkuliahan dan Pusat Administrasi
- Jumlah Lantai : 9 Lantai
- Tinggi Bangunan : 39,50 m
- Lebar Bangunan : 30,40 m
- Panjang Bangunan : 54 m
- Struktur Gedung : Beton bertulang
- Mutu Beton : 30 Mpa
- Mutu tulangan ulir : BJTS 420B
- Mutu tulangan sengkang : BJTS 280
- Mutu tulangan plat lantai : BJTP 280

Teknik pengumpulan data

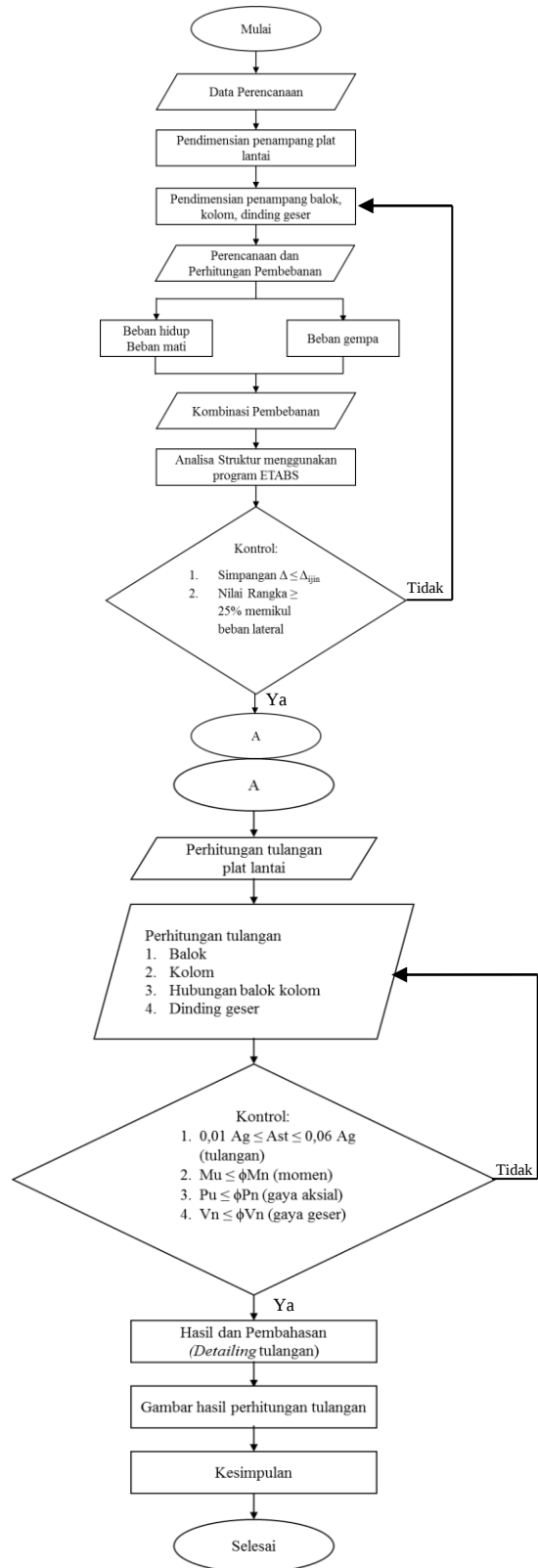
Pengumpulan data dilakukan dengan cara meminta data dari Konsultan Perencana yang berupa data gambar struktur kemudian data yang sudah ada diolah dan dihitung kembali.

Studi literatur

Untuk perencanaan ini literatur-literatur yang digunakan penulis sebagai pedoman yaitu:

- SNI 2847:2019 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
- SNI 2052:2017 Baja Tulangan Beton

Diagram alir perencanaan



Gambar 3. Bagan alir perencanaan

4. PERENCANAAN

Dimensi Elemen Struktur

A. Dimensi Balok

Dengan menggunakan rumus pendekatan empiris didapatkan dimensi balok sebagai berikut:

Menentukan tinggi balok

$$h = 1/12 \times \text{panjang bentang}$$

atau

$$h = 1/10 \times \text{panjang bentang}$$

Menentukan lebar balok

$$b = 1/2 \times h$$

Tabel 1. Rekapitulasi Dimensi Balok

Balok	Bentang (m)	Lantai 1 - 9		
		b (m)	-	h (m)
B1	9	0,4	-	0,8
B2	6	0,3	-	0,6
B3	6	0,25	-	0,5
B4	2,1	0,25	-	0,35
BA	9	0,3	-	0,6

B. Dimensi Kolom

Pendimensian penampang kolom ditentukan berdasarkan persyaratan dan batasan dalam SNI 2847 2019, sehingga di dapat dimensi penampang kolom sebagai berikut:

Tabel 2. Rekapitulasi Dimensi Kolom

Kolom	Lantai 1 - 9		
	b (m)	-	h (m)
K1	0,8	-	0,8
K2	0,7	-	0,7
K3	0,5	-	0,5

C. Dimensi Dinding Geser

Menentukan ketebalan dinding geser dengan syarat rumus empiris sebagai berikut

$$\text{Tebal Shear wall} \geq 1/25 \text{ hlantai}$$

Atau

$$\text{Tebal Shear wall} \geq 1/25 \text{ lw}$$

Syarat kedua untuk ketebalan minimum menurut SNI 2847 2019, panjang penyaluran (ldh) tidak boleh kurang dari:

$$a. \text{ldh} \geq 8 \text{ db}$$

$$b. 150 \text{ mm}$$

$$c. \text{ldh} \geq \left[\frac{0,24 \cdot f_y \cdot \psi_s \cdot \psi_e \cdot \psi_r}{\lambda \cdot \sqrt{f'_c}} \right] \text{db}$$

Maka dari rumus-rumus diatas didapat tebal Dinding geser yaitu 350 mm.

Perhitungan Pembebanan

Dalam perhitungan pembebanan struktur terdiri dari beberapa jenis pembebanan, yaitu

1. Beban Mati

- Berat sendiri struktur
- Beban mati tambahan pada pelat lantai
- Beban mati tambahan pada pelat atap

- Beban mati tambahan pada balok

2. Beban Hidup

Beban hidup yang digunakan pada perencanaan ini mengacu pada SNI 1727 2020

3. Beban Gempa

Beban gempa yang digunakan pada perencanaan ini mengacu pada SNI 1726 2019 untuk menentukan nilai percepatan batuan dasar pada periode pendek (Ss), dan parameter percepatan batuan dasar pada periode 1 detik (S1).

Tabel 3. Rekapitulasi Parameter Perhitungan Beban Gempa

Kategori resiko bangunan	IV
Faktor keutamaan gempa Ie	1,5
Kelas situs tanah	SD
Parameter percepatan batuan dasar pada periode pendek (Ss)	0,86883
Parameter percepatan batuan dasar pada periode 1 detik (S1)	0,405815
Faktor amplikasi periode pendek (Fa)	1,152468
Faktor amplikasi periode 1 detik (Fv)	1,894185
Percepatan pada periode pendek (SMS)	1,001299
Percepatan pada periode 1 detik (SM1)	0,768689
Percepatan desain pada periode pendek (SDS)	0,668
Percepatan desain paa periode 1 detik (SD1)	0,512459
Kategori desain seismik (KDS)	D

Setelah memasukan semua data pembebanan dengan menggunakan program bantu ETABS 2018 maka akan didapatkan berat *seismic* efektif struktur (W) sebagai berikut:

Tabel 4. Rekapitulasi Berat Seismic Efektif

Story	Diaphragm	Mass X	Mass Y
		kN	kN
Lt. Atap	D9	608,3336	608,3336
Lt. 9	D8	4679,379	4679,379
Lt. 8	D7	10707,29	10707,29
Lt. 7	D6	11582,11	11582,11
Lt. 6	D5	11854,68	11854,68
Lt. 5	D4	11854,26	11854,26
Lt. 4	D3	11854,26	11854,26
Lt. 3	D2	11863,29	11863,29
Lt. 2	D1	12656,48	12656,48
Jumlah		87660,08	87660,08

Gaya Gempa Lateral

Gaya gempa lateral dapat dihitung dengan rumus

$$F_x = C_{vx} \times V$$

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k}$$

Dimana:

Cvx = Faktor distribusi vertikal

V = Gaya lateral desain total atau geser dasar struktur

Wi, Wx = Bagian berat seismik efektif total struktur (W) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat i atau x

hi, hx = Tinggi dari dasar sampai tingkat i atau x
k = Eksponen yang terkait dengan periode struktur

Tabel 5. Rekapitulasi perhitungan gaya gempa lateral (F)

Story	Fx (kN)	Fy (kN)
Lt. Atap	78,4655	78,4655001
Lt. 9	88,4275	88,4274991
Lt. 8	105,0254	105,025353
Lt. 7	128,0964	128,096371
Lt. 6	162,0094	162,00942
Lt. 5	215,9645	215,964509
Lt. 4	312,8469	312,846912
Lt. 3	527,4453	527,445305
Lt. 2	1288,168	1288,16791
Jumlah	2906,449	2906,44878

Kombinasi Pembebanan

Mengacu pada SNI 1726 2019. Beban gempa harus dimodifikasi untuk memperhitungkan faktor kuat lebih

a. Pengaruh beban gempa vertikal
 $E_v = 0.2 \times SDS \times D$

b. Pengaruh beban gempa horizontal termasuk faktor kuat lebih
 $E_{mh} = \rho Q_e (100\% \text{ dan } 30\%)$

c. Beban gempa
 $E = E_{mh} + E_v$

Kontrol Perilaku Struktur

1. Kontrol Gaya geser dasar

Dari hasil analisa ETABS didapatkan *Base Reaction* sebagai berikut

Tabel 6. *Base Reaction*

Tipe Beban Gempa	Fx (kN)	Fy (kN)
Gempa Statis - X (<i>user loads</i>)	2906,4	
Gempa Statis - Y (<i>user loads</i>)		2906,4
Gempa Dinamis - X (<i>Respon spektrum</i>)	5293,8	
Gempa Dinamis - Y (<i>Respon spektrum</i>)		5126,6

Tabel 7. Konfigurasi *Base Shear*

Arah	Vdinamis	100% Vstatis	Keterangan
X	5293,758	2906,44878	Terpenuhi
Y	5126,618	2906,44878	Terpenuhi

Dari hasil konfigurasi diatas maka syarat pada SNI 1726 2019 yaitu $V_{dinamis} \geq 100\% V_{statis}$ sudah terpenuhi dan dengan demikian digunakan gempa dinamis

2. Kontrol Partisipasi Massa

Tabel 8. Konfigurasi *Base Shear*

Case	Mode	Periode detik	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY
Modal	1	1,478	0	0,7148	0	0	0,7148
Modal	2	1,437	0,74	0	0	0,74	0,7148
Modal	3	1,095	0,0008	2,69E-05	0	0,7408	0,7149
Modal	4	0,406	0,1308	7,41E-07	0	0,8716	0,7149
Modal	5	0,387	5,008E-07	0,153	0	0,8716	0,8678
Modal	6	0,268	0,0002	3,44E-06	0	0,8718	0,8678
Modal	7	0,195	0,0572	0	0	0,929	0,8679
Modal	8	0,176	0	0,0637	0,0000	0,929	0,9316
Modal	9	0,12	0,0196	0	0,0001	0,9486	0,9316
Modal	10	0,117	0,0001	0,0003	0,2156	0,9487	0,9319
Modal	11	0,116	0,0004	0,0001	0,0466	0,9491	0,932
Modal	12	0,116	0,0083	7,28E-06	0,0001	0,9574	0,932

Dari tabel di atas, dapat disimpulkan bahwa partisipasi massa telah terpenuhi pada modal 8 dan sudah bisa memenuhi syarat partisipasi massa SNI 1726 2019 yang mana mencapai lebih dari 90%.

3. Kontrol Simpangan

Kontrol desain struktur dilakukan terhadap pengecekan batas simpangan antar lantai yang diatur dalam pasal 7.8.6 dan 7.12.1. sedangkan besar batasan simpangan antar lantai tingkat tertera pada pasal 7.12.1 dan 7.12.2 SNI 1726-2019.

Tabel 9. Simpangan arah X

Story	h (mm)	hsx (mm)	δ_{xe} (mm)	δ_e (mm)	Δ (mm)	Δ_{ijin} (mm)	Ket.
Lt. Atap	39500	3500	59,153	216,89433	8,547	26,923077	memenuhi
Lt. 9	36000	4500	56,822	208,34733	18,249	34,615385	memenuhi
Lt. 8	31500	4500	51,845	190,09833	22,35933	34,615385	memenuhi
Lt. 7	27000	4500	45,747	167,739	27,41933	34,615385	memenuhi
Lt. 6	22500	4500	38,269	140,31967	31,889	34,615385	memenuhi
Lt. 5	18000	4500	29,572	108,43067	34,463	34,615385	memenuhi
Lt. 4	13500	4500	20,173	73,967667	33,70767	34,615385	memenuhi
Lt. 3	9000	4500	10,98	40,26	27,56233	34,615385	memenuhi
Lt. 2	4500	4500	3,463	12,697667	12,69767	34,615385	memenuhi

Tabel 10. Simpangan arah Y

Story	h (mm)	hsx (mm)	δ_{xe} (mm)	δ_e (mm)	Δ (mm)	Δ_{ijin} (mm)	Ket.
Lt. Atap	39500	3500	63,061	231,22367	9,944	26,923077	memenuhi
Lt. 9	36000	4500	60,349	221,27967	24,948	34,615385	memenuhi
Lt. 8	31500	4500	53,545	196,33167	28,10133	34,615385	memenuhi
Lt. 7	27000	4500	45,881	168,23033	31,48567	34,615385	memenuhi
Lt. 6	22500	4500	37,294	136,74467	34,034	34,615385	memenuhi
Lt. 5	18000	4500	28,012	102,71067	34,59133	34,615385	memenuhi
Lt. 4	13500	4500	18,578	68,119333	31,99167	34,615385	memenuhi
Lt. 3	9000	4500	9,853	36,127667	24,88567	34,615385	memenuhi
Lt. 2	4500	4500	3,066	11,242	11,242	34,615385	memenuhi

Pada simpangan akibat gempa dinamis perlu mengontrol kinerja batas layan dan juga kontrol kinerja batas ultimit per tingkat dari arah x maupun arah y. Dari hasil kontrol kinerja analisa perhitungan dapat diketahui bahwa simpangan antar lantai memenuhi dan tidak melebihi dari batas yang telah ditentukan pada SNI 1726 2019.

Sistem Ganda

Tabel 11. Kontribusi Rangka dan Dinding Geser

Load Case	Rangka	Dinding Geser
Comb Envelope Max	31,9398%	68,0602%
Comb Envelope Min	31,9037%	68,0963%
Rata-rata	31,9217%	68,0783%

Sesuai dengan yang diisyaratkan pada SNI 1726 2019 pasal 7.2.5.8 beban geser nominal akibat pengaruh gempa rencana sudah memenuhi dengan rangka memikul 31,9217% dan dinding geser memikul 68,0783%.

Penulangan Struktur

Penulangan Balok B1 (400 / 800)

Data perencanaan;

Lebar balok (bw)	= 400 mm
Tinggi balok (h)	= 800 mm
Selut beton (sb)	= 40 mm
Mutu beton (fc')	= 30 Mpa
β_1	= 0,84
fy tulangan utama ulir	= 420 Mpa
fy tul. Senggang	= 280 Mpa
Es	= 200000 Mpa
Diameter tul. pokok	= 22 mm
Diameter tul. senggang	= 13 mm
Bentang balok (L)	= 9000 mm
Bentang bersih balok (Ln)	= 8200 mm
Tebal pelat (hf)	= 120 mm

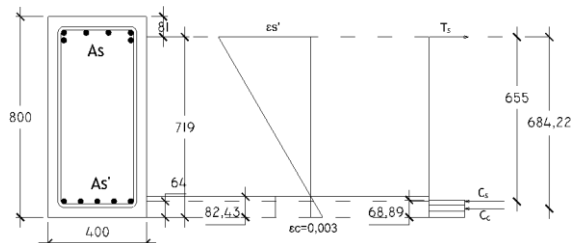
Data dari hasil analisa ETABS 2018

Mu- Tumpuan	= 426,0479 kNm
Mu+ Tumpuan	= 74,0704 kNm
Mu+ Lapangan	= 224,5092 kNm

Gaya aksial (Pu) = 50,1939 kN
Wu terfaktor = 44,388 kN/m
Momen torsi = 0,6857 kNm

Kontrol momen negatif tumpuan

- As Tulangan tarik = 6 D 22
- As' Tulangan tekan = 5 D 22



Gambar 4. Diagram regangan tegangan tulangan tumpuan momen negatif

Cek apakah $\phi M_n > M_u$

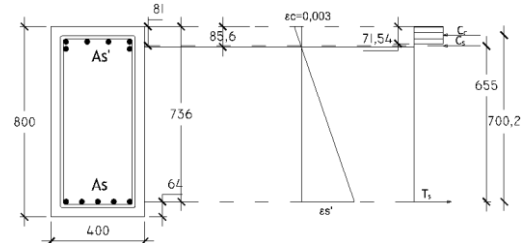
$\phi M_n > M_u$

739735651,746 Nmm > 426047900 Nmm

(memenuhi)

Kontrol momen positif tumpuan

- As' Tulangan tekan = 6 D 22
- As Tulangan tarik = 5 D 22



Gambar 5. Diagram regangan tegangan tulangan tumpuan momen positif

Cek apakah $\phi M_n > M_u$

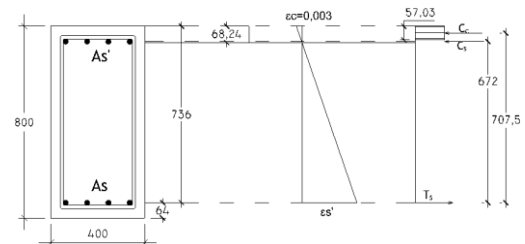
$\phi M_n > M_u$

543003119,56 Nmm > 74070400,00 Nmm

(memenuhi)

Kontrol momen positif lapangan

- As Tulangan tarik = 4 D 22
- As' Tulangan tekan = 4 D 22



Gambar 6. Diagram regangan tegangan tulangan lapangan momen positif

Cek apakah $\phi M_n > M_u$

$\phi M_n > M_u$

440675591,4 Nmm > 224509200 Nmm

(memenuhi)

Penulangan Transversal Balok B1

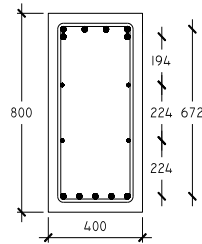
Daerah sendi plastis : 2 kaki D13 - 100 mm

Daerah luar sendi plastis : 2 kaki D13 - 300 mm

Penulangan Torsi Balok

Pada SNI 2847 – 2019 pasal 9.5.4.1 halaman 186 menyatakan bahwa pengaruh torsi untuk komponen struktur non prategang boleh diabaikan bila momen torsi terfaktor, T_u , kurang dari:

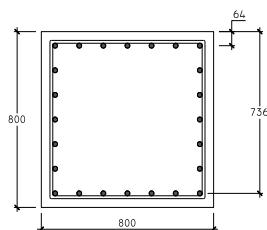
$$\phi T_{nc} = \phi 0,083 \lambda \sqrt{f_c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$



Gambar 7. Tulangan Torsi B1

Penulangan Kolom K1 (800 x 800)

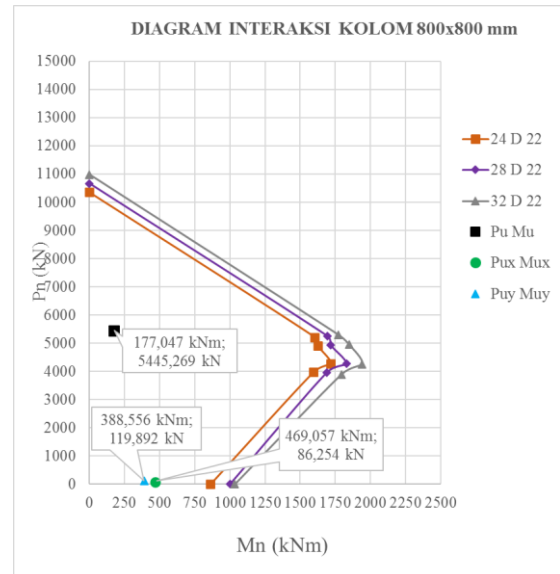
Data Perencanaan	
Dimensi kolom	= 800 mm x 800 mm
Selimut beton (sb)	= 40 mm
Mutu beton f'_c	= 30 Mpa
β_1	= 0,84
f_y tulangan utama ulir	= 420 MPa
f_y sengkang ulir	= 280 MPa
Modulus Baja (E_s)	= 200000 MPa
Diameter Pokok	= 22 mm
Diameter Sengkang	= 13 mm
Tinggi Lantai	= 4500 mm
Tinggi Balok	= 800 mm
Tinggi bersih kolom	= 3700 mm
V_u Maks	= 356.297 KN
P_u Maks	= 5445,27 kN
N_u (P_n balance)	= 10356,981 kN



Gambar 8. Penampang Kolom K1

Tabel 12. Diagram Interaksi Formasi Tulangan 24 D22

Kondisi	24D 22	
	ϕP_n (kN)	ϕM_n (kNm)
Sentris	10356,981	0
Patah Desak	5218,192	1605,070
Balance	4910,412	1624,914
Balance 1,25 f_y	4282,240	1717,814
Patah Tarik	3980,038	1594,543
Lentur murni	0	860,931



Gambar 9. Diagram Interaksi Kolom K1

Penulangan Transversal Kolom K1

Cek apakah $P_u > 0.3 \times A_g \times f'_c$ (SNI 2847 – 2019 Pasal 18.7.5.2 f:387)

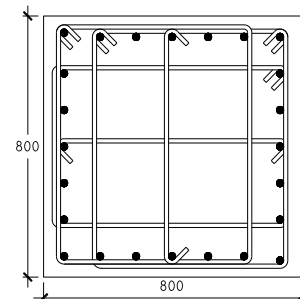
$$P_u > 0,3 \times A_g \times f'_c$$

$$P_u > 0,3 \times 800 \times 800 \times 30$$

$$5445,2694 \text{ kN} < 5760000 \text{ N}$$

$$5445,2694 \text{ kN} < 5760,00 \text{ kN}$$

SNI 2847 - 2019 pasal 18.7.5.2 halaman 387 menyatakan, tulangan transversal harus disediakan sengkang persegi dengan atau tanpa pengikat silang. Pengikat silang dengan ukuran batang tulangan yang sama atau yang lebih kecil. Setiap ujung pengikat silang harus memegang batang tulangan longitudinal terluar. Pengikat silang yang berurutan harus diseling ujung-ujungnya sepanjang tulangan longitudinal. Spasi pengikat silang atau kaki-kaki sengkang persegi, h_x , dalam penampang komponen struktur tidak boleh melebihi 200 mm pusat ke pusat.



Gambar 10. Tulangan Transversal Kolom Hasil Perencanaan

Tulangan Transversal terpasang:

- Sendi Plastis = 5 D13 mm – 100 mm.
- Luar Sendi Plastis = 3 D13 mm – 150 mm.
- Sambungan Lewatan = 5 D13 mm – 100 mm.

Persyaratan Desain Kapasitas (SCWB)

$$\Sigma M_{nc} \geq 1,2 \Sigma M_{nb}$$

$$4906285810,42 \text{ Nmm} \geq 1900353735,26 \text{ Nmm}$$

$$4906,286 \text{ kNm} \geq 1900,3537 \text{ kNm (terpenuhi)}$$

Dari analisa perhitungan, bahwa persyaratan desain kapasitas Kolom kuat balok lemah “Strong Column Weak Beam” terpenuhi.

Desain Hubungan Balok – Kolom (HBK)

- Pengekang Vertikal = 24 D25
- Pengekang Horizontal = 4 Kaki D13 (5 Lapis).

Penulangan Dinding Geser (350 mm x 4600 mm)

Data Perencanaan:

Lebar dinding (bw)	= 350 mm
Panjang dinding (lw)	= 4600 mm
Selimit beton (sb)	= 40 mm
Mutu beton f_c'	= 35 Mpa
β_1	= 0,84
f_y tulangan utama ulir	= 420 Mpa
f_y sengkang ulir	= 280 MPa
Modulus Elastisitas Baja (E_s)	= 200000 Mpa
Diameter Tul. Pokok	= 22 mm
Diameter Tul. Sengkang	= 13 mm

P_u Maks	= 3952,2212 kN
M_{ux}	= 24448,7667 kNm
M_{uy}	= 228,3056 kNm
V_{ux}	= 83,463 kN
V_{uy}	= 2627,2212 kN

Elemen Batas

Menurut SNI 2847 – 2019 Pasal 18.10.6.2 Halaman 406, daerah tekan harus diberi komponen batas apabila persamaan berikut terpenuhi:

$$c > \frac{l_w}{600 \times \left[1,5 \frac{\delta_u}{h_w} \right]}$$

dimana nilai δ_u/h_w tidak kurang dari 0,005.

Menurut SNI 2847 – 2019 Pasal 18.10.6.4 Halaman 408, elemen batas harus diperpanjang pada arah horizontal dari serat tekan terluar sejauh minimal nilai terbesar dari $c - 0,1l_w$ dan $c/2$

$$c - 0,1 \times l_w = 1293,8 - 0,1 \times 4600 = 833,79 \text{ mm}$$

$$c/2 = 1293,8 / 2 = 646,895 \text{ mm}$$

Maka elemen batas dipasang 850 mm dari serat tekan terluar (lBE = 850 mm)

Menurut SNI pasal 18.10.6.4 (c) Halaman 408 untuk $h_w/l_w \geq 2,0$ maka harus dicek:

$$c / l_w \geq 3 / 8$$

$$1293,79 / 4600 \geq 3/8$$

$0,281 \leq 0,375$ (dijinkan diambil $b \leq 300 \text{ mm}$ tetapi disarankan diambil $b \geq 300 \text{ mm}$)

Diambil lebar elemen batas 500 mm ($b_{BE} = 500 \text{ mm}$).

Tulangan Longitudinal Dinding Geser

Menurut SNI 2847 - 2019 pasal 18.7.4.1 halaman 386 luas tulangan longitudinal, A_{st} , tidak boleh kurang dari $0,01 A_g$ atau lebih dari $0,06 A_g$.

Periksa rasio tulangan memanjang (ρ_g).

$$\rho_g = A_{st} / A_g$$

$$\rho_g = 60837,5 / 1865000 = 0,03262 = 3,262\%$$

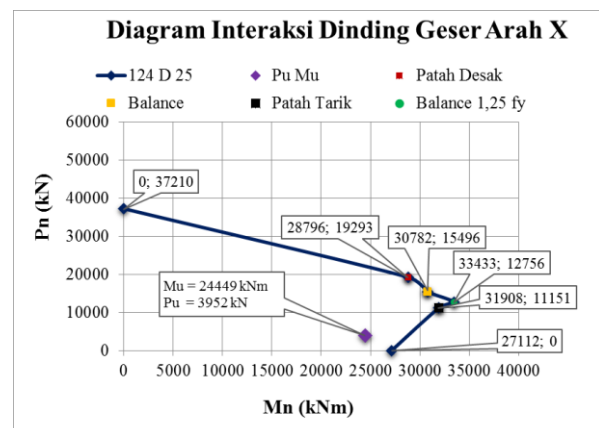
$$0,01 A_g < \rho_g < 0,06 A_g$$

$$0,01 A_g < 0,03262 < 0,06 A_g \text{ (OK)}$$

Dipasang 124 D25 diseluruh bagian dinding

Tabel 13. Diagram Interaksi Formasi Tulangan 124 D25

Kondisi	124 D 22	
	ϕP_n (kN)	ϕM_n (kNm)
Sentris	37210,1048	0
Patah Desak	19293,0766	28796,36586
Balance	15496,4452	30781,78075
Balance 1,25 f_y	12755,7688	33432,84908
Patah Tarik	11150,8313	31908,39585
Lentur	0	27112,20569



Gambar 11. Diagram Interaksi Formasi Tulangan 124 D25

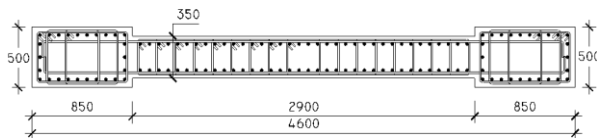
Tulangan Transversal Dinding Geser

Arah X

- Sendi plastis = 2 Kaki D13 – 100 mm.
- Luar sendi plastis = 2 Kaki D13 – 120 mm.
- Sambungan lewatan = 2 Kaki D13 – 100 mm.

Arah Y

- Sendi plastis = 15 Kaki D13 – 100 mm.
- Luar sendi plastis = 10 Kaki D13 – 120mm.
- Sambungan lewatan = 15 Kaki D13 – 100 mm.



Gambar 12. Penampang Dinding Geser

5. KESIMPULAN

Kesimpulan

1. Balok yang ditinjau adalah balok B13 Lt 5 dengan dimensi 400 mm / 800 mm, didapatkan:

a. Tulangan Longitudinal

- Tumpuan kiri dan kanan
- Tarik = 6 D 22.
- Tekan = 5 D 22.

• Lapangan

- Tekan = 4 D 22.
- Tarik = 4 D 22.

b. Tulangan Transversal

- Daerah sendi plastis = 2 D13 – 100.
- Daerah luar sendi plastis = 2 D13 – 300

2. Kolom yang ditinjau adalah kolom C16 Lantai 1 dimensi 800 mm × 800 mm, didapatkan:

a. Tulangan longitudinal = 24 D22.

b. Tulangan transversal

- Sendi plastis = 5 D13 – 100.
- Luar sendi plastis = 3D13 – 150.
- Sambungan lewatan = 5 D13 – 100.

Hasil dari perencanaan, kolom memenuhi konsep desain kapasitas “Strong Column Weak Beam” dengan nilai sebesar

$$\Sigma M_{nc} \geq 1.2 \Sigma M_{nb}$$

$$4906,286 \text{ kNm} \geq 1900,3537 \text{ kNm}$$

3. Pada hubungan balok kolom (joint), diperoleh:

- a. Pengekang vertikal = 24 D22.
- b. Pengekang horizontal = 4 D13 (5 Lapis).

4. Dinding Geser yang ditinjau adalah Pier 4 dengan dimensi 350 mm x 4600 mm, diperoleh:

- a. Dibutuhkan elemen batas (Boundary Element) dengan dimensi 850 mm x 500 mm dari serat tekan terluar.

b. Tulangan Transversal pada daerah elemen batas dipasang 6 kaki D13 – 100.

c. Tulangan Longitudinal yang terpasang di seluruh bagian dinding baik badan maupun pada elemen batas adalah 124 D 25.

d. Tulangan Transversal pada daerah badan dinding arah X terpasang:

- Sendi plastis = 2 D13 – 100 mm.
- Luar sendi plastis = 2 D13 – 120 mm.
- Sambungan lewatan = 2 D13 – 100 mm.

e. Tulangan Transversal pada daerah badan dinding arah Y terpasang:

- Sendi plastis = 15 D13 – 100 mm.
- Luar sendi plastis = 10 D13 – 120 mm.
- Sambungan lewatan = 15 D13 – 100 mm.

Saran

1. Lebih memperdalam penggunaan SNI terbaru (1726 – 2019 dan 2847 – 2019).
2. Evaluasi simpangan antar lantai yang terjadi pada gedung eksisting dengan peraturan SNI yang berlaku.
3. Menambah pengetahuan di lapangan agar lebih mudah memahami dan menggambarkan penulangan detailing pada struktur yang ditinjau.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2002). *Undang-Undang Republik Indonesia nomor 28 Bangunan Gedung*. Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Anonim. (2017). *SNI 2052 Baja Untuk Tulangan Beton*. BSN, Jakarta.
- Anonim. (2019). *SNI 1726 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. BSN, Jakarta.
- Anonim. (2019). *SNI 2847 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan struktur lain*. BSN, Jakarta.
- Anonim. (2020). *SNI 1727 Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. BSN, Jakarta.
- Agusnita, E. (2021). *Studi Alternatif Perencanaan Shearwall Sebagai Struktur Penahan Gempa Pada Gedung Rumah Sakit Gigi Dan Mulut Universitas Brawijaya Malang*. Jurnal Rekayasa Sipil. Vol: 10. No.5/2021 halaman 90 - 101
- Diansyah, M. (2019). *Perencanaan Struktur Gedung Hotel Royal Isnin 10 Lantai Menggunakan Metode Sistem Ganda Di Kota Surabaya*. Jurnal Rekayasa dan manajemen konstruksi. Vol: 7. No.2/2019 halaman 137-146
- Irawan, J. (2020). *Alternatif Perencanaan Struktur Atas Gedung Apartemen Begawan Malang Menggunakan Srpm Dan Dinding Geser*. Student Journal Gelagar. Vol : 2. No. 2 / 2020 halaman 292 - 302
- Lesmana, Yudha. (2020). *Handbook Analisa dan Desain Shear Wall Beton Bertulang Dual System Berdasarkan SNI 2847-2019 & 1726-2019*. Nas Media Pustaka, Makasar.
- Saktiawan, P. (2021). *Studi Perencanaan Struktur Atas Gedung Apartemen Begawan Malang Menggunakan Sistem Ganda (Dual System)*. Student Journal Gelagar. Vol : 3. No.1/2021 halaman 52 – 60.
- Setiawan, A. (2016). *Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847-2013*. Erlangga, Jakarta.
- Yuansyah, O. (2020). *Studi Alternatif Gedung Attic Showroom Surabaya Menggunakan Shear Wall*. Student Journal Gelagar. Vol : 2. No. 2 / 2020 halaman 208 – 216.