

Contents list available at journal.uib.ac.id

Journal of Civil Engineering and Planning

Journal homepage: <https://journal.uib.ac.id/index.php/jce>

Jurnal Penelitian

Analisis Gedung Mall Kota Semarang Menurut Sni 2847-2019 dan SNI 1726-2019

Analysis Of Semarang City Mall Building According to SNI 2847-2019 and SNI 1726-2019

Talitha Zhafira^{1*}, Indra Bagus Kurniawan², Purwanto³, M Fahrul Hidayat⁴, Hakas Prayuda⁵

^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Semarang

⁵Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Email korespondensi: thalita@usm.ac.id

INFO ARTIKEL	ABSTRAK
<p>Kata kunci:</p> <p>struktur gedung tahan gempa sistem ganda perencanaan ETABS 18</p>	<p>Pembangunan Gedung Mall di Kecamatan Mijen, Semarang diharapkan akan menjadi pusat kegiatan ekonomi yang mudah, aman, dan nyaman untuk masyarakat Jawa Tengah. Gedung mall termasuk salah satu bangunan hgeung tinggi yang perlu direncanakan dengan matang. Perencanaan yang baik dan aman sesuai standar SNI wajib dipenuhi sehingga struktur dapat dikategorikan sebagai bangunan yang aman. Beban statik dan dinamik juga perlu diperhatikan dalam sebuah perencanaan gedung. Penelitian ini bertujuan untuk memastikan tingkat keamanan gedung mall dengan melakukan analisa perhitungan. Analisis perhitungan struktur yang digunakan sesuai SNI (2847-2019) persyaratan beton structural untuk bangunan gedung dan SNI (1726-2019) tentang standar perencanaan ketahanan gempa. Metode penelitian menggunakan data primer berupa gambar teknik bangunan, data tanah, dan analisa situasi wilayah. Penelitian ini menggunakan alat bantu <i>software</i> ETABS V.18. Pemodelan struktur atas meliputi struktur atap, balok, plat, kolom. Sedangkan struktur bawah meliputi pondasi. Hasil analisis perhitungan plat lantai 1 sampai 5 didapat nilai ketebalan 140mm dengan tulangan terpakai D10-150mm, struktur balok dan kolom dengan dimensi serta penulangan yang ada mampu menahan gaya yang terjadi dengan terpenuhinya syarat (μ_u), $\phi M_n \geq \mu_u$, desain kapasitas geser nominal (V_n) lebih besar dari gaya yang bekerja pada balok dan kolom (V_u), $\phi V_n \geq V_u$. Gedung mall kota Semarang dinyatakan aman dengan nilai partisipasi massa sudah mencapai 100% sesuai dengan SNI 1726-2019 serta tidak terjadi torsi. Nilai simpangan semua antar lantai masih dibawah nilai izin sebesar 61,538 mm. Hasil kontrol pengaruh P-delta pada pemodelan struktur adalah nilai θ_x dan θ_y tidak lebih besar dari $\theta_{max} = 0,0909$, jadi struktur aman terhadap pengaruh P-Delta.</p>
ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p>Keywords:</p> <p>building structure earthquake resistance dual system planning ETABS 18</p>	<p><i>It is hoped that the construction of the Mall Building in Mijen District, Semarang, will become an easy, safe and convenient center of economic activity for the people of Central Java. The mall building is one of the high-rise buildings that must be planned carefully. Excellent and safe planning according to SNI standards must be fulfilled to categorize the structure as a secure building. Static and dynamic loads also need to be considered in a building plan. This study aims to ensure the security level of the mall building by analyzing the calculations. Analysis of structural calculations used according to SNI (2847-2019) requirements for structural concrete for buildings and SNI (1726-2019) concerning earthquake resistance planning standards. The research method uses primary data in building engineering drawings, soil data, and regional situation analysis. This study used the ETABS V.18 software tool. Modeling of the superstructure includes the roof structure, beams, plates, and columns. At the same time, the lower structure consists of the foundation. The results of the analysis of floor plate calculations 1 to 5 obtained a thickness value of 140mm with used reinforcement D10-150mm, beam and column structures with dimensions and existing reinforcement capable of withstanding the forces that occur with the fulfillment of the conditions (μ_u), $\phi M_n \geq \mu_u$, design nominal shear capacity (V_n) is greater than the force acting on the beam and column (V_u), $\phi V_n \geq V_u$. The Semarang city mall building was declared safe, with the mass participation value reaching 100% by SNI 1726-2019 and no torsion. The deviation value of all floors is still below the permit value of 61.538 mm. The results of controlling the effect of P-delta on structural modeling are the values of θ_x and θ_y not more excellent than $\theta_{max} = 0.0909$, so the structure is safe from the influence of P-Delta.</i></p>

1. Pendahuluan

Pesatnya perkembangan pusat perbelanjaan di Kota Semarang menjadikan salah satu kota metropolitan terbesar di Indonesia yang berdampak pada perkembangan ekonomi global di kota ini. Saat ini di kota Semarang sudah banyak pembangunan konstruksi gedung, seperti gedung bertingkat hingga gedung pencakar langit [1]. Kota Semarang menjadi salah satu pusat kegiatan perdagangan maupun bisnis di provinsi Jawa Tengah dari berbagai sektor baik milik pemerintah maupun swasta. Pembangunan konstruksi yang dapat menunjang kebutuhan sarana dan prasarana dibutuhkan untuk memudahkan masyarakat dalam memenuhi kebutuhannya dengan membangun sebuah *mall* di kecamatan Mijen.

Suatu gedung bertingkat harus memiliki struktur yang memenuhi standar sesuai dengan SNI 2847:2019. Struktur bangunan diharapkan mampu menahan beban yang ada, hemat biaya, dan efisien. Bangunan bisa dikatakan tinggi jika dalam desain dan analisis strukturnya dipengaruhi oleh pengaruh beban lateral seperti beban angin dan beban gempa atau bahkan keduanya. Sebagian besar wilayah di Indonesia berada pada wilayah rawan gempa [2]. Dari beberapa gempa besar yang terjadi tentunya banyak infrastruktur yang rusak, terlebih ke bangunan rumah penduduk dan gedung bertingkat. Meskipun di kota Semarang sendiri tidak termasuk kedalam zona gempa aktif, tentu dalam perencanaan pembangunan struktur harus tetap memperhitungkan beban gempa yang bertujuan untuk mengurangi korban jiwa serta kerugian terhadap konstruksi tersebut [3].

Dalam setiap pembangunan gedung tinggi diperlukan adanya perencanaan struktur gedung yang matang sehingga bangunan mampu berdiri kokoh, tahan gempa serta memenuhi standar SNI yang berlaku dan terbaru [4]. Adanya pembaharuan pada peraturan yang ada, akan mempengaruhi hasil akhir dari perencanaan struktur gedung *mall* ini.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk merencanakan sebuah struktur gedung *mall* sesuai dengan standar konstruksi SNI 2847-2019 untuk standar beton bertulang dan SNI 1726-2019 untuk menilai struktur yang direncanakan kuat dalam menahan beban gempa yang terjadi.

Batasan dalam penelitian ini adalah analisis pembebanan dan memperoleh gaya dalam dengan menggunakan program bantu aplikasi ETABS V.18 dan perhitungan beban gempa mengacu pada SNI 1726-2019.

2. Tinjauan Pustaka

Sistem struktur merupakan kombinasi dari berbagai elemen struktur yang disusun sedemikian rupa sehingga membentuk satu kesatuan struktur yang dapat memikul beban yang direncanakan [5]. Di Indonesia, sistem struktur gedung yang biasa digunakan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM), dimana beban horizontal akibat gempa akan dipikul terutama melalui mekanisme lentur. Pada bangunan yang tinggi, fenomena gempa bumi merupakan salah satu gejala alam yang mempengaruhi keadaan bangunan tersebut. Hal ini juga didukung dengan letak wilayah Indonesia yang memiliki potensi untuk terjadinya gempa.

Pada saat gempa terjadi, rangka pemikul momen harus berperilaku sebagai rangka daktail supaya integritasnya tetap terjaga sehingga bangunan terhindar dari kemungkinan mengalami roboh dengan seketika. Menurut SNI 1726-2019 Sistem rangka pemikul momen dibagi menjadi 3, yaitu: Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB), Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM), dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) [6].

Berdasarkan SNI 1726-2019 untuk pemilihan sistem struktur harus berdasarkan kategori desain seismik (KDS) dimana untuk SRPMB (KDS A/B), SRPMM (KDS B/C), SRPMK (KDS D/E/F). Pada

penelitian ini jenis sistem struktur yang digunakan adalah SRPMK. Menurut SNI 2847-2019 pada struktur yang masuk dalam SRPMK, struktur harus didesain memenuhi persyaratan pasal 18.6 untuk balok, pasal 18.7 untuk kolom, dan Pasal 18.8 untuk *Joint* yang dikenakan beban lentur dan aksial. Sistem struktur SRPMK diharapkan memiliki tingkat daktilitas yang tinggi, yaitu mampu menerima respon inelastis pada saat menerima beban gempa rencana. Pendetailan dalam ketentuan SRPMK adalah untuk memastikan bahwa respon inelastis dari struktur bersifat daktail [7]. Prinsip SRPMK terdiri dari tiga, yaitu:

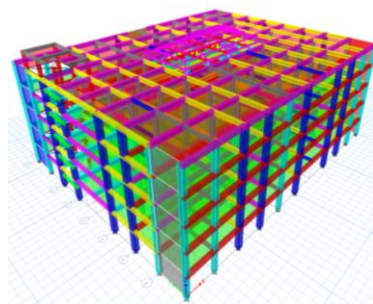
1. *Strong-Column/weak-beam* yang beban tersebut bekerja menyebar di sebagian besar lantai.
2. Tidak terjadi kegagalan geser pada balok, kolom dan *joint*.
3. Menyediakan detail yang memungkinkan mengalami perilaku daktail.

Sesuai SNI 1726-2019 pasal 7.8.6 untuk penentuan simpangan antar tingkat desain (Δ) harus dihitung sebagai perbedaan simpangan pada pusat massa di atas dan di bawah tingkat yang ditinjau. Apabila pusat massa tidak segaris dalam arah vertikal, diperbolehkan untuk menghitung simpangan di dasar tingkat berdasarkan proyeksi vertikal dari pusat massa tingkat di atasnya. Jika desain tegangan izin digunakan, simpangan antar tingkat harus dihitung menggunakan gaya seismik desain yang ditetapkan tanpa reduksi untuk desain tegangan izin [8].

Sistem rangka dalam sistem pemikul rangka momen khusus diharapkan dapat menahan gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser, dan aksial. Sistem ini dasarnya memiliki daktilitas yang digunakan untuk daerah gempa tinggi [9]. Beban-beban yang bekerja pada struktur bertingkat seperti mall harus direncanakan untuk beban statis dan dinamisnya [10].

3. Metode Penelitian

Metode penelitian ini secara umum menggunakan metode analisis data dan analisis struktur. Metode analisis data meliputi data yang diperoleh dari studi literatur dan survey lapangan/observasi seperti gambar kerja dan hasil tes uji tanah. Analisis struktur dengan model tiga dimensi seperti pelat, balok, dan kolom menggunakan program bantu *software ETABS v.18*. tahap selanjutnya menghitung pembebanan struktur mengacu pada SNI 1726-2020 dan untuk beban gempa sesuai SNI 1726-2019. Gambar 1 merupakan permodelan struktur yang dibuat secara tiga dimensi menggunakan software ETABS V.18.



Gambar 1. Permodelan Struktur Dengan ETABS. V18 (Sumber: ETABS V.18, 2022)

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil Analisis Plat Lantai

4.1.1 Data Material

Plat lantai yang ditinjau merupakan plat lantai dengan dimensi terluas dan memikul beban yang paling besar dengan data sebagai berikut:

Panjang bentang pendek (L_x) = 5000 mm

Panjang bentang panjang (L_y)	= 5000 mm
L_y/L_x	= $1,0 < 2$ (Plat dua arah)
Tebal plat lantai rencana (h)	= 140 mm
Diameter tulangan rencana (D_t)	= 10 mm
Tebal selimut beton (t_s)	= 20 mm
F_c'	= 30 MPa
F_y	= 280 MPa
F_u	= 370 MPa
ϕ	= 0,90

4.1.2 Penitugan Nilai Momen Plat Lantai

Pada plat ini kondisi plat terjepit pada seluruh sudutnya, maka perhitungan momen penulangan per satuan panjang terhadap beban terbagi rata.

Nilai x pada Momen Lapangan arah X (M_{lx}), $x = 25$

$$M_{lx} = 0,001 \cdot W_u \cdot Lx^2 \cdot x$$

$$M_{lx} = 0,001 \cdot 8,478 \cdot 5^2 \cdot 25 = 5,298 \text{ kNm}$$

Nilai y pada Momen Lapangan arah Y (M_{ly}), $x = 25$

$$M_{ly} = 0,001 \cdot W_u \cdot Lx^2 \cdot x$$

$$M_{ly} = 0,001 \cdot 8,478 \cdot 5^2 \cdot 25 = 5,298 \text{ kNm}$$

Nilai x pada Momen Tumpuan arah X (M_{tx}), $x = 51$

$$M_{tx} = 0,001 \cdot W_u \cdot Lx^2 \cdot x$$

$$M_{tx} = 0,001 \cdot 8,478 \cdot 5^2 \cdot 51 = 10,809 \text{ kNm}$$

Nilai y pada Momen Tumpuan arah Y (M_{ty}), $x = 51$

$$M_{ty} = 0,001 \cdot W_u \cdot Lx^2 \cdot x$$

$$M_{ty} = 0,001 \cdot 8,478 \cdot 5^2 \cdot 51 = 10,809 \text{ kNm}$$

dengan, W_u = beban terfaktor per satuan panjang balok atau pelat (N/mm), L_x = panjang bentang pendek(m), x = dimensi keseluruhan bagian persegi penampang yang lebih pendek (mm).

4.1.3 Perhitungan Tulangan Arah X dan Y

Setelah dilakukan perhitungan nilai momen diatas maka selanjutnya dilakukan perhitungan kebutuhan tulangan yang diperlukan.

a. Momen Lapangan

$$M_{lx} = 5,298 \text{ kNm} = 5,298 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_{ly} = 5,298 \text{ kNm} = 5,298 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$F_c' = 30 \text{ Mpa}$$

$$\beta_1 \text{ diambil untuk } 28 \leq f_c' \leq 55 \text{ MPa ; } \beta_1 = 0,85 - \frac{0,05 (f_c' - 28)}{7}$$

$$\beta_1 = 0,85 - \frac{0,05 (30 - 28)}{7} = 0,836$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{5,298 \times 10^6}{0,90} = 5886666,667 \text{ Nmm} = 5,887 \text{ kNm}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{280} = 0,005$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \left(\frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{f_y} \right) \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \left(\frac{0,85 \times 30 \times 0,836}{280} \right) \times \left(\frac{600}{600+280} \right) = 0,039$$

$$R_n = \frac{M_u}{bd^2} = \frac{5886666,667}{1000 \times 115^2} = 0,445 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0,85 \cdot f_c'}} \right)$$

$$\rho = \frac{0,85 \times 30}{280} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,445}{0,85 \times 30}} \right) = 0,0016 < \rho_{\text{min}}$$

Maka dipakai $\rho_{\text{min}} = 0,005$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,005 \times 1000 \times 115 = 575 \text{ mm}^2$$

Dicoba tulangan $\phi = 10 \text{ mm}$

$$\text{Jarak tulangan} = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{575} = 136,591 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan $\phi 10 - 150 (524 \text{ mm}^2)$

Cek $\phi M_n > M_u$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c \times b}$$

$$a = \frac{524 \times 280}{0,85 \times 30 \times 1000} = 5,754 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = 0,85 \times A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi M_n = 0,85 \times 524 \times 280 \times \left(115 - \frac{5,754}{2} \right)$$

$$\phi M_n = 13983084 \text{ Nmm} = 13,984 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n (13,984 \text{ kNm}) > M_n (5,887 \text{ kNm}) \rightarrow \text{AMAN}$$

dengan, β_1 = faktor yang menghubungkan tinggi blok tegangan tekan persegi ekuivalen dengan tinggi sumbu netral, f_c' = kuat tekan (MPa), M_n = kekuatan lentur nominal (N-mm), M_u = momen gterfaktor pada penampang (N-mm), ϕ = faktor reduksi kekuatan, ρ = rasio A_s terhadap bd , a = tinggi blok tegangan persegi ekuivalen (mm).

b. Momen Tumpuan

$$M_{tx} = 10,809 \text{ kNm} = 10,809 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_{ty} = 10,809 \text{ kNm} = 10,809 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$F_c' = 30 \text{ Mpa}$$

$$\beta_1 \text{ diambil untuk } 28 \leq f_c' \leq 55 \text{ MPa}; \beta_1 = 0,85 - \frac{0,05(f_c' - 28)}{7}$$

$$\beta_1 = 0,85 - \frac{0,05(30 - 28)}{7} = 0,836$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{10,809 \times 10^6}{0,90} = 12010000 \text{ Nmm} = 12,010 \text{ kNm}$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{280} = 0,005$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \left(\frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{f_y} \right) \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \left(\frac{0,85 \times 30 \times 0,836}{30} \right) \times \left(\frac{600}{600 + 280} \right) = 0,039$$

$$R_n = \frac{M_u}{bd^2} = \frac{12010000}{1000 \times 105^2} = 1,089 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0,85 \cdot f_c'}} \right)$$

$$\rho = \frac{0,85 \times 30}{280} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,089}{0,85 \times 30}} \right) = 0,004 < \rho_{\text{min}}$$

Maka dipakai $\rho_{\text{min}} = 0,005$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,005 \times 1000 \times 105 = 525 \text{ mm}^2$$

Dicoba tulangan $\phi = 10 \text{ mm}$

$$\text{Jarak tulangan} = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{525} = 149,6 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan $\phi 10 - 150 (524 \text{ mm}^2)$

Cek $\phi M_n > M_u$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c \times b}$$

$$a = \frac{524 \times 280}{0,85 \times 30 \times 1000} = 5,754 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = 0,85 \times A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$\phi M_n = 0,85 \times 524 \times 280 \times \left(105 - \frac{5,754}{2}\right)$$

$$\phi M_n = 12735964 \text{ Nmm} = 12,736 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n (12,736 \text{ kNm}) > M_n (12,010 \text{ kNm}) \rightarrow \text{AMAN}$$

dengan, β_1 = faktor yang menghubungkan tinggi blok tegangan tekan persegi ekuivalen dengan tinggi sumbu netral, f_c' = kuat tekan beton (MPa), M_n = kekuatan lentur nominal (N-mm), M_u = momen terfaktor pada penampang (N-mm), ϕ = faktor reduksi kekuatan, ρ = rasio A_s terhadap bd , a = tinggi blok tegangan persegi ekuivalen (mm). Tabel 1 menunjukkan data plat lantai yang digunakan sesuai dengan hasil perhitungan yang telah diperoleh:

Tabel 1. Data Plat Lantai

Jenis Plat	Simbol	Arah	Daerah	Tul. Pakai	As pakai
				(mm)	(mm ²)
Plat Lantai	S1	X	Tumpuan	D10-150	524
			Lapangan	D10-150	524
		Y	Tumpuan	D10-150	524
			Lapangan	D10-150	524

Sumber: Hasil Penelitian, 2022

4.2 Hasil Analisis Balok

Perhitungan tulangan balok dilakukan di area tumpuan dan lapangan dengan nilai momen dan gaya geser maksimum yang diperoleh dari program bantu ETABS pada Tabel 2 :

Tabel 2. Rekapitulasi Nilai Momen dan Gaya Geser Maksimum

Section	Mu (kNm)		Vu (kN)	
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
	B1	519,335	234,771	210,215
B2	262,439	62,698	159,156	97,357
B3	190,974	62,578	143,954	77,298
B4	117,478	49,524	88,962	48,321
B5	25,961	11,097	27,745	21,784

Sumber: Hasil Penelitian, 2022

Setelah diketahui nilai momen dan gaya geser, selanjutnya dilakukan perhitungan secara manual untuk menentukan jumlah tulangan lentur dan geser yang dipakai. Berikut merupakan perhitungan tulangan lentur balok yang ditinjau, yaitu balok B1 dengan dimensi 450 x 700 mm. Jumlah tulangan balok disepanjang bentang tidak boleh kurang dari (nilai terbesar diantara nilai tersebut):

$$A_{s \text{ min}} = \frac{0,25 \sqrt{f_c'}}{f_y} b_w d$$

$$= \frac{0,25\sqrt{30}}{420} 450 \times 639 = 937,486 \text{ mm}^2 \text{ atau,}$$

$$A_{s \text{ min}} = \frac{1,4}{f_y} b_w d$$

$$= \frac{1,4}{420} 450 \times 639 = 958,5 \text{ mm}^2$$

Nilai yang diambil adalah nilai yg terbesar, yaitu 958,5 mm². Sedangkan balok yang ditinjau memiliki luasan sebagai berikut :

Daerah Tumpuan

$$A_s = 10D22 = 3801,327 \geq 958,5 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = 5D22 = 1900,664 \geq 958,5 \text{ mm}^2$$

Daerah Lapangan

$$A_s = 5D22 = 1900,664 \geq 958,5 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = 3D22 = 1140,398 \geq 958,5 \text{ mm}^2$$

dengan, $A_{s \text{ min}}$ = luas minimum tulangan lentur, mm², f_c' = kuat tekan beton (MPa), f_y = kekuatan leleh tulangan yang disyaratkan, (MPa), b_w = lebar badan(mm), d = jarak serat tekan terjauh ke pusat tulangan Tarik longitudinal (mm), A_s = luas tulangan Tarik longitudinal nonprategang (mm²), A_s' = luas tulangan tekan (mm²). Daerah tumpuan dan lapangan nilai A_s harus lebih besar nilainya dari $A_{s \text{ min}}$, maka perhitungan tersebut telah memenuhi syarat. Rekapitulasi desain tulangan balok ditampilkan dalam bentuk Tabel 3 sebagai berikut:

Tabel 3. Rekapitulasi Penulangan Tulangan Lentur dan Geser Balok

Section	Elemen	Daerah	Letak	Tul. Longitudinal	Tul. Geser	Tul. Badan
				Pakai (mm)	Pakai (mm)	(mm)
LT 2-ATAP	B1	Tumpuan	Atas	10D22	3D13-100	2D13
			Bawah	5D22		
		Lapangan	Atas	3D22	3D13-150	
			Bawah	5D22		
	B2	Tumpuan	Atas	8D22	3D13-100	2D13
			Bawah	4D22		
		Lapangan	Atas	3D22	3D13-150	
			Bawah	4D22		
	B3	Tumpuan	Atas	7D22	2D13-100	2D13
			Bawah	4D22		
		Lapangan	Atas	3D22	2D13-150	
			Bawah	4D22		
B4	Tumpuan	Atas	5D22	2D13-100	2D13	
		Bawah	3D22			
	Lapangan	Atas	3D22	2D13-150		
		Bawah	5D22			
B5	Tumpuan	Atas	3D22	D13-100	2D13	
		Bawah	3D22			
	Lapangan	Atas	3D22	D13-150		
		Bawah	3D22			

Sumber: Hasil Penelitian, 2022

4.3 Hasil Analisis Kolom

Perhitungan tulangan lentur kolom ditinjau berdasarkan aksial, geser, dan momen terbesar. Berikut merupakan hasil analisa kolom K1 (700x700) mm menggunakan program *SP Column*.

Tabel 4. Hasil Output Nilai Gaya Dalam Kolom K1 dari SP Column

No	P _u	M _{ux}	M _{uy}	ϕM _{nx}	ϕM _{ny}	ϕM _n /M _u	NA	D _t Depth	ε _t	ϕ
	kN	kNm	kNm	kNm	kNm		mm	mm		
1	944	16,00	4,00	1069,74	267,43	66,859	241	748	0,00637	0,900
2	1298	32,00	5,00	1166,35	182,24	36,448	227	710	0,00647	0,900
3	2785	-28,00	-340,00	-111,63	-1355,53	3,987	289	687	0,00425	0,835
4	2070	-73,00	-189,00	-422,17	-1093,01	5,783	358	816	0,00385	0,800
5	2174	-44,00	-343,00	-168,03	-1309,89	3,819	269	708	0,00496	0,897
6	1459	-90,00	-192,00	-482,55	-1029,44	5,362	332	827	0,00448	0,855

Sumber: SPColumn, 2022

Dari hasil Analisa diatas dapat disimpulkan bahwa Kolom 700 x 700 mm telah memenuhi desain SRPMK dengan rasio tulangan $1,67\% \geq 1\%$ dan $\phi M_n/M_u \geq 1,00$. Dibawah ini Tabel 5 merupakan rekapitulasi perhitungan tulangan lentur dan geser kolom.

Tabel 5. Rekapitulasi Perhitungan Tulangan Lentur dan Geser Kolom

Tipe Kolom	Dimensi	Tulangan Lentur	Tulangan Geser	Pu
	(mm)			(kN)
K1	700 x 700	16D22	4D13-150	2785,292
K2	600 x 600	12D22	2D13-150	-3810,282
K3	450 x 450	8D22	D13-150	-2276,972

Sumber: Hasil Penelitian, 2022

4.4 Hasil Analisis Beban Gempa

Untuk perancangan gedung *mall* 5 lantai ini berada di Jalan Raya Semarang-Boja dengan kondisi tanah sedang. Parameter spektral tanah sedang di wilayah tersebut berdasarkan Dari website Puskim – Kementrian PU (<http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021>) dengan letak gedung berada di koordinat lintang = -7,030297076, Bujur = 110,33448711654286 didapatkan nilai:

1. PGA (g) : 0,4075
2. S_s (g) : 0,9173
3. S₁ (g) : 0,3884

Setelah diperoleh nilai-nilai diatas maka selanjutnya dilakukan perhitungan dan didapatkan nilai parameter gempa sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 F_a &= 1,133 \text{ g} \\
 F_v &= 1,912 \text{ g} \\
 S_{MS} &= 1,039 \text{ g} \\
 S_{M1} &= 0,742 \text{ g} \\
 S_{DS} &= 0,693 \text{ g} \\
 S_{D1} &= 0,495 \text{ g}
 \end{aligned}$$

4.4.1 Analisis Getaran Bebas Struktur

Analisis getaran bebas akibat beban gempa dilakukan dengan menggunakan bantuan aplikasi ETABS.V18 dan menunjukkan ragam gempa yang terjadi. Bentuk ragam yang terjadi ditunjukkan pada Tabel 6 berikut:

Tabel 6. Bentuk Ragam dan Waktu Getar Struktur

Mode 1	Mode 2	Mode 3
T = 0,697 detik	T = 0,495 detik	T = 0,380 detik
Translasi arah X	Translasi arah Y	Translasi Rotasi Z

Sumber: Hasil Penelitian, 2022

Tabel 7. Modal Load Participations Ratios

Case	Item	Static	Dynamic
		%	%
Modal	UX	100	99,92
Modal	UY	100	99,97
Modal	UZ	0	0

Sumber: Hasil Penelitian, 2022

Dari hasil Tabel 7 dapat dilihat bahwa untuk analisis statik dan dinamik partisipasi massa diasumsikan sudah mencapai 100 % seluruhnya di kedua arah orthogonal UX dan UY sesuai SNI 1726-2019 Pasal 7.9.1.

4.4.2 Berat Seismik Efektif

Berat seismik efektif ditunjukkan pada Tabel 8 berdasarkan hasil output ETABS dengan beban mati (D_L) dan beban mati tambahan (SID_L) tanpa direduksi dan beban hidup (L_L) direduksi sebesar 25%, maka total berat seismik efektif struktur untuk desain sebesar 87601,851 kN.

Tabel 8. Berat Seismik Efektif

Story	Diaphragm	Mass X-Y		Cum Mass X-Y	
		kg	kN	kg	kN
5	D-RIGID	1309714,590	13097,146	1309714,590	13097,146
4	D-RIGID	1850016,750	18500,168	3159731,340	31597,313
3	D-RIGID	1868636,590	18686,366	5028367,930	50283,679
2	D-RIGID	1868592,100	18685,921	6896960,030	68969,600
1	D-RIGID	1863225,050	18632,251	8760185,070	87601,851

Sumber: Hasil Penelitian, 2022

4.4.3 Desain Gaya Gempa

Gaya gempa yang akan dijadikan acuan terhadap perhitungan adalah relasi beban gempa, hal ini diatur dalam SNI 1726 - 2019 Pasal 7.9.1.4.1 tentang Penskalaan Gaya, dimana $V_{dynamic} > V_{Statik}$ artinya adalah penskalaan gempa dinamik terhadap gempa statik harus 100%. Tabel 9 menunjukkan bahwa gaya gempa dinamik arah Y lebih dominan dibanding arah X di *story*5 karena memiliki nilai gaya geser lebih besar daripada gempa statiknya.

Tabel 9. Gaya Geser Statik dan Dinamik pada Tiap Lantai

Story	Elevation	Statik	Dinamik
-------	-----------	--------	---------

	M	X	Y	X	Y
		kN	kN	kN	kN
5	20	2329,098	2257,455	2475,369	2768,652
4	16	4918,479	4808,440	5036,475	5366,511
3	12	6839,260	6740,935	6919,308	7108,950
2	8	8082,371	8029,235	8145,041	8200,222
1	4	8671,534	8671,534	8670,894	8670,493
Base	0	0	0	0	0

Sumber: Hasil Penelitian, 2022

4.5 Pengecekan Model Struktur

4.5.1 Ketidakberaturan Horizontal 1a dan 1b

Ketidakteraturan horizontal diatur dalam SNI 1726 – 2019 Pasal 7.3 tentang Fleksibilitas diafragma, ketidakberaturan konfigurasi dan redundansi, lebih lanjut ketidakberaturan horizontal diatur dalam SNI 1726 – 2019, Adapun pengecekan ketidakberaturan horizontal dari Tabel 10 ialah nilai (*Story drift* inelastic izin) $\Delta_{Max}/\Delta_{Avg} < 1,2$ baik arah X dan Y dari respon spektrum menunjukkan bahwa ketidakberaturan horizontal dapat diabaikan dan tidak terjadi torsi.

Tabel 10. Cek ketidakberaturan 1a) dan 1b) Respon Spektrum Arah X dan Y

Story	Respon Spektrum Arah X				Respon Spektrum Arah Y			
	Δ_{Max}	Δ_{Avg}	$\Delta_{Max}/\Delta_{Avg}$	$\Delta_{Max}/\Delta_{Avg} < 1,2$	Δ_{Max}	Δ_{Avg}	$\Delta_{Max}/\Delta_{Avg}$	$\Delta_{Max}/\Delta_{Avg} < 1,2$
5	4,059	3,507	1,158	OK	3,055	2,984	1,024	OK
4	5,234	4,585	1,142	OK	3,112	3,042	1,023	OK
3	5,937	5,262	1,128	OK	2,87	2,809	1,022	OK
2	5,574	4,974	1,121	OK	2,23	2,187	1,019	OK
1	3,142	2,799	1,123	OK	1,072	1,056	1,015	OK
Base	0	0	0	OK	0	0	0	OK

Sumber: Hasil Penelitian, 2022

4.5.2 Kontrol Simpangan Antar Lantai

Kontrol perhitungan simpangan antar lantai adalah sebagai berikut :

$$H_{sx} = 4000 \text{ mm}$$

$$\rho = 1,3$$

Berdasarkan batasan antar lantai SNI 1726 – 2019 Tabel 12 dan 13, simpangan antar tingkat izin untuk semua struktur lainnya adalah sebagai berikut:

$$\Delta_a = 0,020 \times H_{sx} = 0,020 \times 4000 = 80 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 1726 – 2019 Pasal 7.12.1.1, dijabarkan bahwa untuk struktur kategori seismik D – F, Nilai Δ_a harus dibagi dengan ρ sehingga nilai:

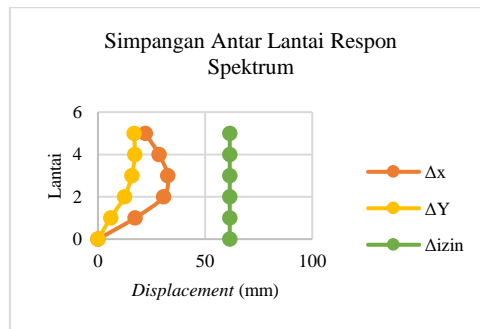
$$\frac{\Delta_a}{\rho} = \frac{80}{1,3} = 61,538 \text{ mm.}$$

Tabel 12. Kontrol Simpangan Antar Lantai Respon Spektrum Arah X dan Y

Lantai	Elevation (mm)	Respon Spektrum		Δ_{izin} (mm)	Kontrol
		Δ_x (mm)	Δ_y (mm)		
5	20	22,1	16,8	61,5	OK
4	16	28,5	17,2	61,5	OK
3	12	32,5	15,8	61,5	OK
2	8	30,6	12,3	61,5	OK
1	4	17,3	5,9	61,5	OK

Lantai	Elevation (mm)	Respon Spektrum		Δ_{izin} (mm)	Kontrol
		Δ_x (mm)	Δ_y (mm)		
0	0	0	0	61,5	OK

Sumber: Hasil Penelitian, 2022



Gambar 1. Grafik Simpangan Antar Lantai Respon Spektrum Arah X dan Y

Sumber: Hasil Penelitian, 2022

Pada Gambar 3 dan 4 menunjukkan semakin tinggi lantai maka nilai simpangan akan semakin kecil dan tidak melebihi simpangan izin, sehingga struktur ini telah memenuhi syarat dan aman, $\Delta_{x,y} < \Delta_a = 61,538$ mm.

4.5.3 Kontrol Pengaruh P-Δ

Analisa pengaruh P - Δ diatur dalam SNI 1726 - 2019 Pasal 7.8.7, dimana efek P - Δ tidak perlu diperhitungkan jika koefisien stabilitas (θ) seperti ditentukan persamaan berikut sama dengan atau kurang dari 0,10 ($\theta \leq 0,10$):

$$\theta_{x,y} = \frac{P_x \Delta I_e}{V_x h_{sx} C_d}$$

$$\theta_{max} = 0,10 \quad \text{atau,}$$

$$\theta_{max} = \frac{0,5}{\beta C_d}$$

$$= \frac{0,5}{1,0 \times 5,5} = 0,0909$$

Diambil nilai $\theta_{max} = 0,0909$, Dari hasil Tabel 13 dan 14 dapat dilihat nilai ($\theta \leq 0,0909$) artinya pengaruh P-Δ tidak diperhitungkan untuk struktur ini.

Tabel 10. Kontrol Pengaruh P-Δ Statik Ekuivalen Arah X dan Y

Story	Elevation	Δ_x	Δ_y	P (kN)	V_x (kN)	V_y (kN)	θ_x	θ_y	θ_{max}	Cek
		(mm)	(mm)							
5	20	20,5	15,3	16199	2329	2257	0,0065	0,00499	0,0909	OK
4	16	26,9	15,7	40998	4918	4808	0,0102	0,00609	0,0909	OK
3	12	30,8	14,6	65814	6839	6741	0,0135	0,00648	0,0909	OK
2	8	29,1	11,5	90630	8082	8029	0,0148	0,00590	0,0909	OK
1	4	16,5	5,6	115393	8672	8672	0,0100	0,00339	0,0909	OK
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0909	OK

Sumber: Hasil Penelitian, 2022

Tabel 11. Kontrol Pengaruh P-Δ Respon Spektrum Arah X dan Y

Story	Elevation	Δ_x	Δ_y	P (kN)	V_x (kN)	V_y (kN)	θ_x	θ_y	θ_{max}	Cek
		(mm)	(mm)							
5	20	22,1	16,8	16199	2475	2769	0,0066	0,00447	0,0909	OK
4	16	28,5	17,2	40998	5036	5367	0,0106	0,00597	0,0909	OK
3	12	32,5	15,8	65814	6919	7109	0,0141	0,00665	0,0909	OK

2	8	30,6	12,3	90630	8145	8200	0,0155	0,00622	0,0909	OK
1	4	17,3	5,9	115393	8671	8670	0,0105	0,00357	0,0909	OK
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0909	OK

Sumber: Hasil Penelitian, 2022

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan data diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Plat lantai 1 sampai 5 didesain dengan ketebalan 140 mm dan untuk plat atap memiliki ketebalan 100 mm. Tulangan yang dipakai untuk kedua arah X dan Y adalah D10-150 mm.
2. Komponen struktur balok dan kolom dengan dimensi dan penulangan yang ada mampu menahan gaya yang bekerja pada struktur, dengan terpenuhinya syarat-syarat desain kekuatan dimana kapasitas momen nominal (M_n) lebih besar dari gaya yang bekerja pada komponen struktur (M_u), $\phi M_n \geq M_u$, desain kapasitas geser nominal (V_n) lebih besar dari gaya yang bekerja pada balok dan kolom (V_u), $\phi V_n \geq V_u$.
3. Dari hasil analisis *Modal Load Participations Ratios* dapat dilihat bahwa untuk analisis statik dan dinamik partisipasi massa diasumsikan sudah mencapai 100 % seluruhnya di kedua arah orthogonal UX dan UY sesuai SNI 1726-2019 pasal 7.9.1.
4. Gaya gempa statik untuk arah X = 8671,534 kN, Y = 8671,534 kN, sedangkan untuk gaya gempa dinamik untuk arah X = 8670,894 kN, Y = 8670,493 kN. Hal ini sudah memenuhi persyaratan sesuai dengan SNI 1726 – 2019 Pasal 7.9.1.4.1 tentang Penskalaan Gaya, dimana $V_{dynamic} > V_{Statik}$ artinya adalah penskalaan gempa dinamik terhadap gempa statik sudah mendekati 100%.
5. Kontrol ketidakberaturan horisontal 1a) dan 1b) menunjukkan hasil permodelan struktur ini untuk statik ekuivalen dan respons spektrum arah X dan Y nilai $\frac{\delta_{max}}{\delta_{avg}} < 1,2$, jadi struktur tidak terjadi ketidakberaturan horizontal 1a) dan 1b).
6. Kontrol simpangan antar tingkat menunjukkan hasil permodelan struktur ini untuk statik ekuivalen dan respons spektrum arah X dan Y nilai Δ_x dan Δ_y tidak lebih besar dari $\Delta_{izin} = 61,538$ mm, jadi struktur aman terhadap simpangan antar tingkat.
7. Kontrol pengaruh P-Delta menunjukkan hasil permodelan struktur ini untuk statik ekuivalen dan respons spektrum arah X dan Y nilai θ_x dan θ_y tidak lebih besar dari $\theta_{max} = 0,0909$, jadi struktur aman terhadap pengaruh P-Delta.

5.2 Saran

Penelitian berikutnya lebih baik menggunakan analisis non-linear agar lebih detail dari penelitian sekarang.

Ucapan Terimakasih

Terimakasih kepada Universitas Semarang yang telah memberi fasilitas sehingga penelitian ini dapat terselesaikan.

Daftar Rujukan

- [1] R. Rifaldo and P. H. Wibowo, "Evaluasi Perhitungan Struktur Proyek Kaliban School 5 Lantai dengan ETABS," vol. 2, no. 2, pp. 107–119, 2021.
- [2] E. R. Boyoh, R. S. Windah, and S. O. Dapas, "Perencanaan Hotel Konstruksi Beton Bertulang 12 Lantai Di Jln. Ahmad Yani Kota Manado," *J. Sipil Statik*, vol. 7, no. 8, pp. 913–922, 2019.
- [3] F. Rizki and P. Pamungkas, "Analisis Kinerja Struktur Pada Konstruksi Baja dan Konstruksi Beton

- Bertulang Dengan Analisa Pushover Statik Non-Linear Menggunakan Software ETABS (Studi Kasus : Hotel Santika, Batam)," *J. Civ. Eng. Plan.*, vol. 2, no. 1, pp. 64–76, 2021, [Online]. Available: <https://journal.uib.ac.id/index.php/jce/article/view/729>
- [4] D. N. N. Alfia Nur Rahmawati¹, "Perencanaan Struktur Atas Gedung Rusunawa Universitas Bojonegoro 6 (Enam) Lantai," *De'Teksi J. Tek. Sipil Unigoro*, vol. 6, no. 2, pp. 65–76, 2021.
- [5] N. Vinanca Wiyata *et al.*, "Prosiding Seminar Nasional Konferensi Ilmiah Mahasiswa UNISSULA 4 (KIMU 4) Semarang," vol. 4, no. Kimu 4, pp. 224–230, 2020.
- [6] 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, [Online]. Available: <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/29894>
- [7] Badan Standarisasi Nasional. 2019. *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. SNI 2847-2019. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- [8] Badan Standarisasi Nasional. 2019. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. SNI 1726-2019. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- [9] W. Maulana, *Penggunaan Aplikasi Etabs Perancangan Gedung 12 Lantai (Struktur Bangunan Gedung Beton Bertulang Berdasarkan SNI 1729-2019)*, Depok: Civil Arch, 2019.
- [10] Y. C. Aditama, *Modifikasi Gedung Apartemen Menara Rungkut dengan SRPMK dan Shear wall (Dual System)*, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2018.

