



Perencanaan Struktur Gedung 5 Lantai Apartemen Poncol Semarang

Annisa Zahrotun Na'imah^{a*}, Rama Candra Wijaya^b, Trias Widorini^c, Talitha Zhafira^d, Iryan Dwi Handayani^e

^{a, b, c, d, e} Program Studi Teknik Sipil, Universitas Semarang, Jl. Soekarno-Hatta, Tlogosari, Semarang

*Corresponding author, email: zahroannisa028@gmail.com

ARTICLE INFO

Article history:

Received July 19, 2024

Revised July 30, 2024

Accepted July 31, 2024

Available online July 31, 2024

Keywords:

Apartment

Building

Plate

Column

Beam

ABSTRACT

The structural planning for the Poncol Apartment Building is planned to create safe and comfortable housing due to the increasing need for housing as a result of the urbanization phenomenon in Semarang City. The planning of this building meets Indonesian National Standards (SNI) so that it can be categorized as a safe residence. Calculations using SNI 1726:2019 (Earthquake Resistance Research Procedures for Building and Non-Building Structures), SNI 2847:2019 (Structural Load Requirements for Buildings), SNI 1727:2020 (Minimum Design Loads and Related Criteria for Buildings and Other Structures), and with the help of the ETABS program. The calculation results include plates 1 to 5 using a thickness of 120 mm with D10-125 mm reinforcement, beams with dimensions of 40 x 60 cm and 35 x 50 cm, and columns with dimensions of 70 x 70 cm, 50 x 50 cm, and 35 x 35 cm. The deviation values between floors are in below the permit value so that the structure is safe.

© 2024 IJCES. Publishing Services by Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Semarang.

1. Pendahuluan

Kota Semarang menjadi salah satu kota padat penduduk di Provinsi Jawa Tengah dengan laju pertumbuhan penduduk yang selalu meningkat setiap tahunnya. Pada tahun 2022 Penduduk Kota Semarang mencapai 1.659.975 jiwa (BPS Kota Semarang, 2023). Kota Semarang merupakan salah satu kota metropolitan terbesar di Indonesia yang mengalami fenomena urbanisasi. Urbanisasi di Kota Semarang telah terjadi dan mempengaruhi wilayah sekitarnya. Pertumbuhan lahan terbangun Kota Semarang tak lagi terpusat di tengah kotanya, tetapi juga menyebar secara acak melewati daerah terdekat dari tengah kota (Barbarossa & Sejati, 2023). Sebagai salah satu kota metropolitan di negara berkembang, saat ini Kota Semarang menunjukkan pertumbuhan perkotaan yang sangat pesat. Perkembangan Kota Metropolitan saat ini ditandai dengan ciri desentralisasi kawasan permukiman dan lapangan kerja (Pigawati, 2023). Pertumbuhan penduduk mengakibatkan meningkatnya kebutuhan tempat tinggal yang mengakibatkan semakin terbatasnya ketersediaan lahan. Selain fenomena semakin terbatasnya lahan untuk permukiman menjadi kendala utama dalam penyediaan hunian di perkotaan, harga lahan yang semakin melonjak karena keterbatasan lahan tersebut (Situmorang dkk., 2022).

Guna mengatasi permasalahan keterbatasan lahan sebagai tempat tinggal untuk hunian, solusi yang ditawarkan adalah membangun apartemen vertikal (Subkhan Ash Shubki & Khatulistiani, 2019). Apartemen merupakan hunian yang tidak sekedar menjadi tempat bernaung, tetapi dapat memfasilitasi penghuninya dalam berbagai aktifitas, kini telah menjadi salah satu pilihan dari masyarakat modern di Kota-Kota yang sedang berkembang. Tipikal masyarakat modern Masyarakat modern yang mengutamakan



kepraktisan dan efisiensi waktu, didukung oleh budaya perkotaan yang serba cepat, dapat terpenuhi melalui hunian vertikal. Hunian ini berkembang pesat di pusat kota dan distrik komersial, tidak hanya sebagai tempat tinggal tetapi juga sebagai bentuk investasi, wadah aktivitas, dan bagian dari gaya hidup (Riyanti dkk., 2021).

Bangunan terdiri dari struktur atas yang terletak di permukaan tanah dan struktur bawah yang terletak di bawah permukaan. Substruktur dapat mencakup basement atau pondasi. Saat merancang bangunan, analisis seismik dan prosedur desain harus digunakan untuk memastikan bahwa bangunan tersebut memiliki sistem yang tepat untuk menahan gaya horizontal dan vertikal. Sistem harus cukup kuat, kaku dan disipatif energi untuk menahan gerakan tanah yang diantisipasi, sesuai dengan batas deformasi dan kekuatan yang ditentukan.

Hitungan struktur beton bertulang pada dasarnya meliputi 2 buah hitungan, yaitu hitungan yang berkaitan dengan gaya luar dan hitungan yang berkaitan dengan gaya dalam (Hasibuan, 2023). Gaya gempa desain dan distribusinya pada ketinggian bangunan harus ditentukan dengan metode yang sesuai, seperti analisis gaya horizontal ekuivalen atau analisis spektrum respons. Selain itu, gaya dalam dan deformasi komponen struktural harus dihitung. Gempa rencana didefinisikan sebagai gempa yang memiliki peluang terlampaui sebesar 2% dalam rentang umur struktur bangunan selama 50 tahun (Simatupang dkk., 2023).

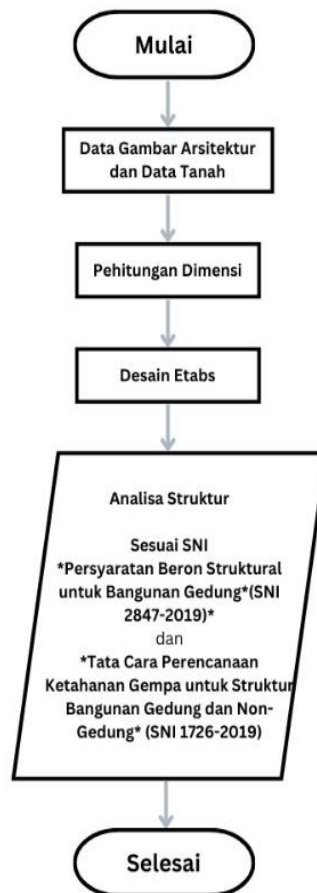
Pembebanan pada struktur terdiri dari beban statis, beban dinamis, dan beban angin. Beban statis merupakan beban yang tetap dan terus menerus bekerja pada struktur sepanjang umur bangunan. Beban statis pada dasarnya dapat digolongkan menjadi beban mati, beban hidup, dan beban khusus. Gaya-gaya yang menghasilkan beban mati terdiri dari berat unsur pendukung beban bangunan, lantai, penyelesaian fasade, tangki simpan, sistem distribusi mekanis, dan seterusnya. Gabungan beban dari semua unsur ini adalah beban mati suatu bangunan (Schueller, 1989). Beban hidup merupakan beban yang timbul akibat aktivitas pengguna atau penghuni bangunan, yang tidak termasuk dalam kategori beban konstruksi maupun beban lingkungan (Yusmar dkk., 2021).

Pada bangunan tingkat tinggi sangat rentan sekali terhadap beban angin. Dalam merancang sebuah bangunan, tidak hanya beban gempa yang harus diperhitungkan, tetapi juga beban angin sebagai gaya lateral yang memengaruhi struktur. Semakin tinggi bangunan, semakin besar pula gaya angin yang akan bekerja pada bangunan tersebut (Kurnia dkk., 2021). Beban angin adalah seluruh beban yang memengaruhi bangunan atau bagian-bagiannya akibat perbedaan tekanan udara. Perhitungan beban angin dilakukan dengan mempertimbangkan adanya tekanan positif dan tekanan negatif (hisapan) yang bekerja secara tegak lurus pada permukaan yang dianalisis (Martayase, 2022). Beban lateral dinamis yang disebabkan oleh gempa bumi dapat mempengaruhi struktur bangunan yang berada di daerah sekitar pusat gempa. Sangat banyak kasus gempa bumi yang menyebabkan kerusakan pada struktur bangunan. Untuk ketahanan gempa perlu dilihat bagaimana pengaruh massa terhadap respon struktur bangunan pada saat terjadi gempa (Hasil & Fisika, 2021).

Perencanaan Apartemen Poncol Semarang dimaksudkan untuk menciptakan tempat hunian yang aman dan nyaman sesuai dengan Standar Nasional Indonesia berupa apartemen yang dapat digunakan oleh pemilik apartemen dengan fasilitas yang sangat baik, seperti fasilitas bersama yaitu kolam renang, pusat kebugaran, ruang bermain anak-anak, sauna, dan sistem keamanan 24 jam. Dengan menciptakan sebuah tempat hunian di era terbatasnya lahan untuk tempat tinggal, ini sangat membantu dalam meningkatkan kemajuan di banyak aspek kehidupan, termasuk ekonomi, lingkungan, sosial, budaya, dan politik. Hal ini juga dapat membuat tata wilayah Kota Semarang lebih rapi.

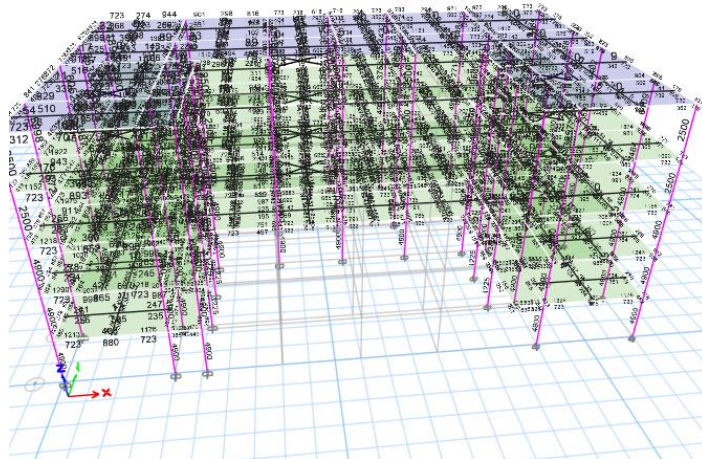
2. Metode Penelitian

Pada penelitian ini, langkah-langkah secara sistematis disiapkan agar penelitian terlaksana dengan baik. Oleh karena itu dirancang diagram alir sebagai berikut :



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode analisis data dan analisis struktur, metode analisis data yang diperoleh dari survey lapangan berupa gambar arsitektur dan hasil uji tanah, sedangkan metode analisis struktur merupakan model tiga dimensi struktur yang dibantu program software ETABS. Pemodelan struktur ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Pemodelan struktur dengan ETABS

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Perhitungan Pelat

Pelat lantai yang ditinjau adalah pelat lantai dengan luas paling besar dan yang memikul beban terbesar dengan data sebagai berikut :

Panjang bentang panjang (Ly)	= 8000 mm
Panjang bentang pendek (Lx)	= 8000 mm
Lx/Ly	= 1 < 2 (pelat dua arah)
Tebal pelat	= 120 mm
Tebal selimut beton	= 20 mm
Diameter tulangan rencana	= 10 mm
Fc'	= K-350 = 29,05 Mpa
Fy	= 240 Mpa

Penulangan Arah X

a. Tulangan Tumpuan

$$\begin{aligned}
 M_{tx} &= 0,001 \cdot W_u \cdot L_x^2 \cdot x & (1) \\
 M_{tx} &= 0,001 \cdot 8,512 \cdot (8)^2 \cdot (-44) \\
 &= -23,970 \text{ KN/m}^2 \\
 b &= 1000 \\
 dx &= 95 \text{ mm} \\
 \frac{Mu}{b \cdot d^2} &= \frac{23,970}{1 \cdot 0,095^2} \\
 &= 2655,956 \text{ KN/m}^2 \\
 \frac{Mu}{b \cdot d^2} &= 2600 \quad \rightarrow \rho = 0,0115 \\
 \frac{Mu}{b \cdot d^2} &= 2655,956 \quad \rightarrow \rho = \text{interpolasi} \\
 \frac{Mu}{b \cdot d^2} &= 2800 \quad \rightarrow \rho = 0,0124
 \end{aligned}$$

Maka,

$$\frac{Mu}{b \cdot d^2} = 2655,956 \quad \rightarrow \rho = 0,0115 + \frac{55,956}{100} (0,0124 - 0,0115) = 0,0120$$

Rasio Tulangan Minimum

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} & (2) \\
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{240} = 0,0058
 \end{aligned}$$

Rasio Tulangan Seimbang

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= \frac{(0,85 \cdot f_c' \cdot \square) \cdot 600}{f_y (600 + f_y)} & (3) \\
 \rho_b &= \frac{(0,85 \cdot 29,05 \cdot 0,85) \cdot 600}{240 (600 + 240)} \\
 &= \frac{12593,175}{201600} \\
 &= 0,0625
 \end{aligned}$$

Rasio Tulangan Maksimum

$$\begin{aligned}
 \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b & (4) \\
 \rho_{\max} &= 0,75 \cdot 0,0625 \\
 &= 0,0469
 \end{aligned}$$

Syarat $\rho < \rho_{\min}$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d & (5) \\
 A_s &= 0,0058 \cdot 1000 \cdot 95 \\
 &= 551 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Pada tabel gideon, dapat digunakan tulangan D 10 – 125 mm (628 mm²) → luas perlu tulangan memenuhi

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} & (6)$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{628.240}{0,85.29,05.1000} \\
 &= \frac{150720}{24692,5} \\
 &= 6,1039 \\
 \varnothing M_n &= 0,85. A_s. f_y. \left(d - \frac{a}{2} \right) \\
 \varnothing M_n &= 0,85. 628.240. \left(95 - \frac{6,1039}{2} \right) \\
 &= 0,85. 628.240. 91,9481 \\
 &= 11779654,9872 \text{ Nmm} = 11,78 \text{ KNm}
 \end{aligned} \tag{7}$$

Cek Perhitungan :

$$\varnothing M_n (11,78 \text{ KNm}) > M_u (-23,970 \text{ KNm}) \rightarrow \text{OK}$$

b. Tulangan Lapangan

$$\begin{aligned}
 M_l &= 0,001. W_u. L_x^2. x \\
 &= 0,001. 8,512. (8)^2. (17) \\
 &= 9,261 \text{ KN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b &= 1000 \\
 d_x &= 95 \text{ mm} \\
 \frac{M_u}{b.d^2} &= \frac{9,261}{1.0095^2} \\
 &= 1026,150 \text{ KN/m}^2 \\
 \frac{M_u}{b.d^2} &= 1000 \rightarrow \rho = 0,0043
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{M_u}{b.d^2} &= 1026,150 \rightarrow \rho = \text{interpolasi} \\
 \frac{M_u}{b.d^2} &= 1100 \rightarrow \rho = 0,0047
 \end{aligned}$$

Maka,

$$\frac{M_u}{b.d^2} = 1026,150 \rightarrow \rho = 0,0043 + \frac{26,150}{100} (0,0047 - 0,0043) = 0,0044$$

Rasio Tulangan Minimum

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\
 &= \frac{1,4}{240} = 0,0058
 \end{aligned}$$

Rasio Tulangan Seimbang

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= \frac{(0,85.f_c'.\square).600}{f_y(600+f_y)} \\
 &= \frac{(0,85.29,05.0,85)600}{240(600+240)} \\
 &= \frac{12593,175}{201600} \\
 &= 0,0625
 \end{aligned}$$

Rasio Tulangan Maksimum

$$\begin{aligned}
 \rho_{\max} &= 0,75. \rho_b \\
 &= 0,75. 0,0625 \\
 &= 0,0469
 \end{aligned}$$

Syarat $\rho < \rho_{\min}$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho_{\min}. b. d \\
 &= 0,0058. 1000. 95 \\
 &= 551 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Pada tabel gideon, dapat digunakan tulangan D 10 – 125 mm (628 mm²) → luas perlu tulangan memenuhi

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot b} \\
 &= \frac{628 \cdot 240}{0,85 \cdot 29,05 \cdot 1000} \\
 &= \frac{150720}{24692,5} \\
 &= 6,1039 \\
 \phi Mn &= 0,85 \cdot As \cdot fy \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 0,85 \cdot 628 \cdot 240 \cdot \left(95 - \frac{6,1039}{2} \right) \\
 &= 0,85 \cdot 628 \cdot 240 \cdot 91,9481 \\
 &= 11779654,9872 \text{ Nmm} \\
 &= 11,78 \text{ KNm}
 \end{aligned}$$

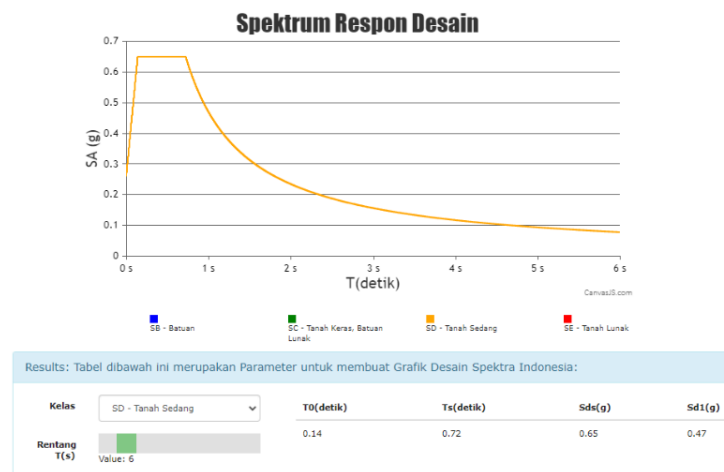
Cek Perhitungan :

$$\phi Mn (11,78 \text{ KNm}) > Mu (9,261 \text{ KNm}) \rightarrow \text{OK}$$

3.2. Perhitungan Beban Gempa

Perencanaan Gedung Apartemen Poncol ini berada di Jalan Tanjung, Pandansari, Semarang, Jawa Tengah dengan kondisi tanah sedang. Letak Gedung Apartemen Poncol ini berada pada koordinat lintang (-6.9751495938538985) dan bujur (110.41616810417172), didapatkan parameter spektral dengan nilai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{PGA (g)} &= 0,3679 \\
 \text{Ss (g)} &= 0,8300 \\
 \text{S1 (g)} &= 0,3635
 \end{aligned}$$



Gambar 3. Spektrum respon desain

Setelah diperoleh nilai-nilai di atas, selanjutnya dilakukan perhitungan. Sehingga didapat nilai parameter gempa sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 S_{M1} &= 0,7040 \\
 S_{DS} &= 0,65 \\
 S_{D1} &= 0,47 \\
 F_a &= 1,168 \\
 F_v &= 1,9365 \\
 S_{MS} &= 0,9694
 \end{aligned}$$

Tabel 1. Rekapitulasi penulangan pelat lantai

tipe pelat	kode	momen (mx)		d	Mu (b*d ²)			interpolasi			p	p min	p max	As (mm ²)	tulangan (mm)	As' (mm ²)
		(KN.m)	(m)		(KNm ²)	p atas	Mu (b*d ²)	p bawah	Mu (b*d ²)							
1	4	-23.970	1	0.095	-2655.933	2600	0.0115	2800	0.0124	0.0120	0.0058	0.0625	551	D10 - 125	628	
	5	9.261	1	0.095	1026.156	1000	0.0043	1100	0.0047	0.0044	0.0058	0.0625	551	D10 - 125	628	
	6	-23.970	1	0.095	-2655.933	2600	0.0115	2800	0.0124	0.0120	0.0058	0.0625	551	D10 - 125	628	
	kode	momen (my)	b	d	Mu (b*d ²)			interpolasi			p	p min	p max	As	tulangan	As'
		(KN.m)	(m)	(m)	(KNm ²)	p atas	Mu (b*d ²)	p bawah	Mu (b*d ²)				(mm ²)	(mm)	(mm ²)	
	d	-23.970	1	0.085	-3317.618	3200	0.0143	3400	0.0153	0.0145	0.0058	0.0625	493	D10 - 125	628	
	e	9.261	1	0.085	1281.807	1200	0.0051	1300	0.0056	0.0055	0.0058	0.0625	493	D10 - 125	628	
f	-23.970	1	0.085	-3317.618	3200	0.0143	3400	0.0153	0.0145	0.0058	0.0625	493	D10 - 125	628		
2	4	-18.692	1	0.095	-2071.175	2000	0.0087	2200	0.0096	0.0093	0.0058	0.0625	551	D10 - 125	628	
	5	8.274	1	0.095	916.749	900	0.0038	1000	0.0043	0.0039	0.0058	0.0625	551	D10 - 125	628	
	6	-18.692	1	0.095	-2071.175	2000	0.0087	2200	0.0096	0.0093	0.0058	0.0625	551	D10 - 125	628	
	kode	momen (my)	b	d	Mu (b*d ²)			interpolasi			p	p min	p max	As	tulangan	As'
		(KN.m)	(m)	(m)	(KNm ²)	p atas	Mu (b*d ²)	p bawah	Mu (b*d ²)				(mm ²)	(mm)	(mm ²)	
	d	-25.604	1	0.085	-3543.820	3400	0.0153	3600	0.0162	0.0157	0.0058	0.0625	493	D10 - 125	628	
	e	9.261	1	0.085	1281.807	1200	0.0051	1300	0.0056	0.0055	0.0058	0.0625	493	D10 - 125	628	
f	-25.604	1	0.085	-3543.820	3400	0.0153	3600	0.0162	0.0157	0.0058	0.0625	493	D10 - 125	628		
3	4	-17.165	1	0.095	-1901.990	1900	0.0082	2000	0.0087	0.0082	0.0058	0.0625	551	D10 - 125	628	
	5	7.658	1	0.095	848.580	800	0.0034	900	0.0038	0.0036	0.0058	0.0625	551	D10 - 125	628	
	6	-17.165	1	0.095	-1901.990	1900	0.0082	2000	0.0087	0.0082	0.0058	0.0625	551	D10 - 125	628	
	kode	momen (my)	b	d	Mu (b*d ²)			interpolasi			p	p min	p max	As	tulangan	As'
		(KN.m)	(m)	(m)	(KNm ²)	p atas	Mu (b*d ²)	p bawah	Mu (b*d ²)				(mm ²)	(mm)	(mm ²)	
	d	-25.604	1	0.085	-3543.820	3400	0.0153	3600	0.0162	0.0157	0.0058	0.0625	493	D10 - 125	628	
	e	8.716	1	0.085	1206.407	1200	0.0051	1300	0.0056	0.0051	0.0058	0.0625	493	D10 - 125	628	
f	-25.604	1	0.085	-3543.820	3400	0.0153	3600	0.0162	0.0157	0.0058	0.0625	493	D10 - 125	628		
4	4	-13.204	1	0.095	-1463.069	1400	0.006	1500	0.0064	0.0063	0.0058	0.0625	551	D10 - 125	628	
	5	5.546	1	0.095	614.489	600	0.0025	700	0.003	0.0026	0.0058	0.0625	551	D10 - 125	628	
	6	-13.204	1	0.095	-1463.069	1400	0.006	1500	0.0064	0.0063	0.0058	0.0625	551	D10 - 125	628	
	kode	momen (my)	b	d	Mu (b*d ²)			interpolasi			p	p min	p max	As	tulangan	As'
		(KN.m)	(m)	(m)	(KNm ²)	p atas	Mu (b*d ²)	p bawah	Mu (b*d ²)				(mm ²)	(mm)	(mm ²)	
	d	-14.096	1	0.085	-1950.986	1900	0.0082	2000	0.0087	0.0085	0.0058	0.0625	493	D10 - 125	628	
	e	5.209	1	0.085	721.016	700	0.003	800	0.0034	0.0031	0.0058	0.0625	493	D10 - 125	628	
f	-14.096	1	0.085	-1950.986	1900	0.0082	2000	0.0087	0.0085	0.0058	0.0625	493	D10 - 125	628		
5	4	-23.970	1	0.095	-2655.933	2600	0.0115	2800	0.0124	0.0120	0.0058	0.0625	551	D10 - 125	628	
	5	9.261	1	0.095	1026.156	1000	0.0043	1100	0.0047	0.0044	0.0058	0.0625	551	D10 - 125	628	
	6	-23.970	1	0.095	-2655.933	2600	0.0115	2800	0.0124	0.0120	0.0058	0.0625	551	D10 - 125	628	
	kode	momen (my)	b	d	Mu (b*d ²)			interpolasi			p	p min	p max	As	tulangan	As'
		(KN.m)	(m)	(m)	(KNm ²)	p atas	Mu (b*d ²)	p bawah	Mu (b*d ²)				(mm ²)	(mm)	(mm ²)	
	d	-23.970	1	0.085	-3317.618	3200	0.0143	3400	0.0153	0.0145	0.0058	0.0625	493	D10 - 125	628	
	e	9.261	1	0.085	1281.807	1200	0.0051	1300	0.0056	0.0055	0.0058	0.0625	493	D10 - 125	628	
f	-23.970	1	0.085	-3317.618	3200	0.0143	3400	0.0153	0.0145	0.0058	0.0625	493	D10 - 125	628		
6	4	-1.907	1	0.095	-211.267	200	0.0008	300	0.0013	0.0009	0.0058	0.0625	551	D10 - 125	628	
	5	0.817	1	0.095	90.543	100	0.0004	100	0.0004	0.0004	0.0058	0.0625	551	D10 - 125	628	
	6	-1.907	1	0.095	-211.267	200	0.0008	300	0.0013	0.0009	0.0058	0.0625	551	D10 - 125	628	
	kode	momen (my)	b	d	Mu (b*d ²)			interpolasi			p	p min	p max	As	tulangan	As'
		(KN.m)	(m)	(m)	(KNm ²)	p atas	Mu (b*d ²)	p bawah	Mu (b*d ²)				(mm ²)	(mm)	(mm ²)	
	d	-2.209	1	0.085	-305.793	300	0.0013	400	0.0017	0.0013	0.0058	0.0625	493	D10 - 125	628	
	e	0.799	1	0.085	110.606	100	0.0004	200	0.0008	0.0004	0.0058	0.0625	493	D10 - 125	628	
f	-2.209	1	0.085	-305.793	300	0.0013	400	0.0017	0.0013	0.0058	0.0625	493	D10 - 125	628		
7	4	-15.109	1	0.095	-1674.105	1600	0.0069	1700	0.0073	0.0072	0.0058	0.0625	551	D10 - 125	628	
	5	6.810	1	0.095	754.526	700	0.003	800	0.0034	0.0032	0.0058	0.0625	551	D10 - 125	628	
	6	-15.109	1	0.095	-1674.105	1600	0.0069	1700	0.0073	0.0072	0.0058	0.0625	551	D10 - 125	628	
	kode	momen (my)	b	d	Mu (b*d ²)			interpolasi			p	p min	p max	As	tulangan	As'
		(KN.m)	(m)	(m)	(KNm ²)	p atas	Mu (b*d ²)	p bawah	Mu (b*d ²)				(mm ²)	(mm)	(mm ²)	
	d	-25.604	1	0.085	-3543.820	3400	0.0153	3600	0.0162	0.0157	0.0058	0.0625	493	D10 - 125	628	
	e	8.172	1	0.085	1131.006	1100	0.0047	1200	0.0051	0.0048	0.0058	0.0625	493	D10 - 125	628	
f	-25.604	1	0.085	-3543.820	3400	0.0153	3600	0.0162	0.0157	0.0058	0.0625	493	D10 - 125	628		
8	4	-2.350	1	0.095	-260.429	200	0.0008	300	0.0013	0.0011	0.0058	0.0625	551	D10 - 125	628	
	5	0.987	1	0.095	109.380	100	0.0004	200	0.0008	0.0004	0.0058	0.0625	551	D10 - 125	628	
	6	-2.350	1	0.095	-260.429	200	0.0008	300	0.0013	0.0011	0.0058	0.0625	551	D10 - 125	628	
	kode	momen (my)	b	d	Mu (b*d ²)			interpolasi			p	p min	p max	As	tulangan	As'
		(KN.m)	(m)	(m)	(KNm ²)	p atas	Mu (b*d ²)	p bawah	Mu (b*d ²)				(mm ²)	(mm)	(mm ²)	
	d	-2.447	1	0.085	-338.713	300	0.0013	400	0.0017	0.0015	0.0058	0.0625	493	D10 - 125	628	
	e	0.904	1	0.085	125.176	100	0.0004	200	0.0008	0.0005	0.0058	0.0625	493	D10 - 125	628	
f	-2.447	1	0.085	-338.713	300	0.0013	400	0.0017	0.0015	0.0058	0.0625	493	D10 - 125	628		

3.3. Perhitungan Balok

Perhitungan pada tulangan balok dilakukan pada area tumpuan dan area lapangan dengan momen dan gaya geser maksimum yang didapat dari software bantu ETABS pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi nilai momen dan gaya geser maksimum

Balok 60 x 40	kN/m	Balok 50 x 35	kN/m
MU. Tumpuan Atas	410,1866	MU. Tumpuan Atas	247,147
MU. Tumpuan bawah	330,8453	MU. Tumpuan bawah	114,054
VU	101,1101	VU.	65,552
Torsi	7,433	Torsi	2,186
MU. lapangan bawah	328,14928	MU. lapangan bawah	222,4323
MU. lapangan atas	264,67624	MU. lapangan atas	102,6486
vu +	80,88808	vu +	52,4416

Setelah diketahui nilai Momen, gaya geser dan torsi selanjutnya melakukan perhitungan manual yaitu untuk menentukan tulangan, yaitu tulangan lentur dan tulangan sengkang/geser. Berikut merupakan perhitungan tulangan lentur balok yang dipakai, yaitu balok 1 atau B1 berdimensi 400 x 600 mm.

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho b dx & (8) \\
 &= 0,0064 \times 400 \times 539 \\
 &= 1379,84 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{Jml.tul} = \frac{A_s}{0,25 \times \pi \times d^2} = \frac{2177,56}{0,25 \times 3,14 \times 22^2} = 5,73 \rightarrow 6 \text{ buah}$$

Dipakai tulangan 6D22

Sehingga didapat nilai luasan daerah tumpuan dan lapangan sebagai berikut :

Tulangan T. Atas	= 6D22
Tulangan T. Bawah	= 5D22
Tulangan L. Atas	= 4D22
Tulangan L. Bawah	= 5D22

Dengan, d = tulangan yang digunakan (mm), A_s = luas tulangan tekan (mm²), dan π = nilai 3,14 atau 22/7. Daerah tumpuan dan lapangan nilai Asharus lebih besar nilainya dari A_s rencana. Rekapitulasi desain tulangan balok ditampilkan dalam bentuk Tabel 3 sebagai berikut:

Tabel 3. Rekapitulasi pada penulangan tulangan lentur dan geser balok

Balok	Dimensi (cm)	T. Atas	T. Bawah	L. Atas	L. Bawah	S. tumpuan	S. Lapangan
B1 (60x40)	60 x 40	6D22	5D22	4D22	5D22	P10 - 100	P10 - 200
B2 (50x35)	50 x 35	6D16	3D16	3D16	6D16	P10 - 100	P10 - 200

3.4. Perhitungan Kolom

Pada perhitungan untuk tulangan kolom dilakukan dengan momen dan gaya geser paling besar yang didapat dari software bantu ETABS pada Tabel 4.

Tabel 4. Rekapitulasi nilai momen dan gaya geser maksimum

Balok 70 x 70	kN/m	Kolom 50 x 50	kN/m	Kolom 50 x 50	kN/m
M1 maksimum	433,1254	M1 maksimum	243,5977	M1 maksimum	53,2827
M2 maksimum	383,2328	M2 maksimum	300,8359	M2 maksimum	61,9306
VU maksimum	221,3309	VU maksimum	132,9028	VU maksimum	20,9929
P maksimum	167,9954	P maksimum	19,9649	P maksimum	12,9881

Setelah nilai momen, gaya geser, dan torsi diketahui, langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan manual untuk menentukan tulangan lentur dan tulangan sengkang/geser. Berikut ini adalah perhitungan untuk tulangan lentur kolom yang digunakan, yaitu kolom 1 (K1) dengan dimensi 700 x 700 mm.

$$n = \frac{Ast}{\frac{1}{4}\pi D^2} = \frac{4900}{\frac{1}{4}\pi 22^2} = 12,89 \rightarrow 20 \text{ Tulangan, sehingga dipakai tulangan } 20D22$$

Dari perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa kolom 700 x700 mm telah memenuhi syarat SPRMK dengan rasio tulangan $1,5\% \geq 1\%$ dan $\phi Mn/Mu \geq 1,00$. Di bawah ini Tabel 5 merupakan rekapitulasi untuk tulangan kolom:

Tabel 5. Rekapitulasi tulangan kolom

Kolom	Dimensi (Cm ²)	Ag (mm ²)	X (mm)	Tulangan utama	As tul.Utama	Tulangan sengkang
K 70 x 70	70 x 70	490000	578	20 D 22	7598,8	3D10 - 100
K 50 x 50	50 x 50	250000	378	12 D 22	4559,28	D10 – 100
K 35 x 35	35 x35	122500	228	4 D 22	759,88	D10 - 100

3.5. Kontrol Simpang Antar Lantai

Kontrol simpang antar lantai adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Cd &= 5,5 \\ I &= 1,0 \\ Hsx &= 4000 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat simpangan berdasarkan tabel SNI 1726 : 2019, $\Delta a = 0,020hsx$, dengan Δ merupakan selisih antara defleksi yang ditunjukkan pada analisis struktur dengan defleksi akibat pembesaran. Berikut hasil kontrol simpang antar lantai pada analisis struktur gempa arah X dan Y :

Tabel 6. Cek simpangan antar lantai arah X

Story	height	Perpindahan		Perpindahan Elastik		Story Drift		Drift Limit	Cek
		δ_x	δ_y	δ_{ex}	δ_{ey}	Δ_x	Δ_y		
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
ATAP	4000	21,825	9,935	3,299	1,464	12,096	5,368	80	OK
5	4000	18,526	8,471	5,643	2,552	20,691	9,357	80	OK
4	4000	12,883	5,919	4,887	2,245	17,919	8,232	80	OK
3	4000	7,996	3,674	5,012	2,308	18,377	8,463	80	OK
2	4000	2,984	1,366	2,984	1,366	10,941	5,009	80	OK
1	4000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	80	OK

Tabel 7. Cek simpangan antar lantai arah Y

Story	height	Perpindahan		Perpindahan Elastik		Story Drift		Drift Limit	Cek
		δ_x	δ_y	δe_x	δe_y	Δ_x	Δ_y		
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
ATAP	4000	0,155	20,802	0,022	3,056	0,081	11,205	80	OK
5	4000	0,133	17,746	0,039	5,270	0,143	19,323	80	OK
4	4000	0,094	12,476	0,035	4,780	0,128	17,527	80	OK
3	4000	0,059	7,696	0,035	4,865	0,128	17,838	80	OK
2	4000	0,024	2,831	0,024	2,831	0,088	10,380	80	OK
1	4000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	80	OK

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis diperoleh Kesimpulan sebagai berikut, pelat atap menggunakan tebal 120 cm, mutu beton 350 MPa, mutu tulangan (f_y) 240, dan menggunakan tulangan arah x dan y D10-125. Dan untuk pelat lantai yaitu menggunakan tebal 120 cm, mutu beton 350 MPa, mutu tulangan 240, serta menggunakan tulangan arah x dan y D10-125. Balok 40 x 60 cm (B1) digunakan sebagai balok induk, untuk tulangan tumpuan menggunakan tulangan lapangan atas 6D22, tulangan bawah 5D22, dan tulangan sengkang P10-100. Sedangkan untuk tulangan lapangan menggunakan tulangan atas 4D22, tulangan bawah 5D22, dan tulangan sengkang P10-200. Balok 35 x 50 cm (B2) digunakan sebagai balok anak, untuk tulangan tumpuan menggunakan tulangan lapangan atas 3D16, tulangan bawah 3D16, dan tulangan sengkang P10-100. Sedangkan untuk tulangan lapangan menggunakan tulangan atas 3D16, tulangan bawah 3D16, dan tulangan sengkang P10-200. Kolom 70 x 70 cm (K1) digunakan sebagai kolom utama pada lantai 1,2, dan 3. Digunakan tulangan pokok 20D22 dan tulangan sengkang D10-100. Kolom 50 x 50 cm (K2) digunakan sebagai kolom utama pada lantai 4 dan 5. Digunakan tulangan pokok 12D22 dan tulangan sengkang D10-100. Kolom 35 x 35 cm (K1) digunakan sebagai kolom praktis pada lantai 1,2, 3, 4, dan 5. Digunakan tulangan pokok 4D22 dan tulangan sengkang D10-100.

DAFTAR PUSTAKA

- Barbarossa, G., & Sejati, A. W. (2023). Teknik PWK (Perencanaan Wilayah Kota) Pemodelan Spasio-Temporal Tren Perubahan Penutup Lahan Kota Semarang Tahun 2000-2020 How to cite (APA 6th Style), 12(1). Diambil dari <http://ejournal3.undip.ac.id/index.php/pwk>
- BPS Kota Semarang. (2023). *Statistik Daerah Kota Semarang 2023*. Semarang: Badan Pusat Statistik.
- Dewi, P. & Mayanti, S. (2021). Evaluasi Perencanaan Pelat Lantai Pada Gedung Yayasan Pendidikan Saffiyatul Amaliyyah Jalan Kemuning Medan.
- Hamidi, A., Yasri, & Irsyel, A. R. (2023). Respon Spectrum pada Bangunan Gedung terhadap Kelas Situs Tanah, 3.
- Hasibuan, S. A. R. S. (2023). *Struktur Beton 1*. Medan: Universitas Medan Area Press.
- Hasil, J., & Fisika, P. B. (2021). Analisis Pengaruh Massa Pada Struktur Bangunan Bertingkat Pada Saat Gempa Bumi Menggunakan Metode Elemen Hingga. Diambil dari jurnal pada website berikut <http://jurnal.unimed.ac.id/2012/index.php/einsten>
- Kurnia, F., Arini, R. N., & Ariyani, D. (2021). *Analisa Linear Bangunan Gedung Terhadap Beban Angin Dengan Pengaku Outrigger*. *Jurnal Teknik* (Vol. 15).
- Martayase, W. (2022). Analisis Struktur Bangunan Gedung Asrama 3 Lantai Jati Agung Lampung Selatan dengan Menggunakan Aplikasi SAP 2000, 2.
- Pigawati, B. (2023). Model Potensi Penduduk Kota Metropolitan Semarang. *Jurnal Pengembangan Kota*, 11(1), 15–25. <https://doi.org/10.14710/jpk.11.1.15-25>
- Riyanti, H., Dwi Hartono Penerapan Arsitektur Modern pada Perencanaan Apartemen Di Kota Kendari, Y., Dwi Hartono, Y., Studi Arsitektur, P., Teknik, F., & Muhammadiyah Kendari, U. (2021). *Penerapan Arsitektur Modern Pada Perencanaan Apartemen di Kota Kendari*. *Jurnal Proyeksi* (Vol. 1).

- Schueller, W. (1989). *Struktur Bangunan Bertingkat Tinggi*. Bandung: PT ERESKO - Anggota IKAPI.
- Simatupang, F. O., Kurniawan, R., & Haris, S. (2023). Analisis Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa Untuk Berbagai Variasi Tinggi Bangunan. *Jurnal Talenta Sipil*, 6(2), 413. <https://doi.org/10.33087/talentsipil.v6i2.350>
- Situmorang, N. R. D., Harimu, T. A. N., & Budhyowati, N. (2022). Perencanaan Apartemen Sewa Mid-Rise di Kota Manado. *Jurnal Ilmiah DeSciArs*, 2(1).
- Subkhan Ash Shubki, M., & Khatulistiani, U. (2019). Perencanaan Struktur Gedung Apartemen Permata Intan Dengan Konstruksi Beton Bertulang Menggunakan Metode SRPMK di Kota Yogyakarta, 7(2), 101–112.
- Yusmar, F., Prita Melinda, A., Sandra, N., & Sipil, J. T. (2021). Studi Komparasi Perhitungan Beban Gempa Statik Ekuivalen Menggunakan Aplikasi Metode Elemen Hingga Dengan SNI 1726 2019, 10.