



Perencanaan Struktur Gedung Rumah Susun Dengan Sistem Flat Slab-Drop Panel

Kevin J. Togelang^{#a}, Banu D. Handono^{#b}, Ronny E. Pandaleke^{#c}, Marthin D. J. Sumajouw^{#d}

[#]Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia
^ajeffreystogelang@gmail.com, ^bbanu2h@unsrat.ac.id, ^cronny_pandaleke@yahoo.com, ^ddody_sumajouw@yahoo.com

Abstrak

Keterbatasan lahan dan tingginya harga tanah di kawasan perkotaan menjadikan hunian vertikal sebagai salah satu solusi untuk memenuhi kebutuhan tempat tinggal yang aman dan efisien. Penelitian ini merancang struktur rumah susun empat lantai di Kawasan Ibu Kota Nusantara (IKN) dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB), berdasarkan kondisi tanah kelas SC dan Kategori Desain Seismik B. Struktur menggunakan beton bertulang mutu f_c 25 MPa dan tulangan f_y 420 MPa, dengan elemen utama berupa kolom 500×500 mm, pelat lantai setebal 190 mm, serta sistem *flat slab* dengan *drop panel* pada titik interior, tepi, dan sudut. Beban dihitung mengacu pada SNI 1727:2020, analisis gempa mengikuti SNI 1726:2019, dan desain beton mengacu pada SNI 2847:2019 dengan bantuan ETABS Ultimate V.21.2. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa dimensi elemen struktur dan penulangannya mampu menahan beban gravitasi maupun beban gempa sesuai standar yang berlaku. Sistem *flat slab-drop panel* terbukti meningkatkan kapasitas geser dan kekakuan sambungan pelat-kolom, sehingga risiko *punching shear* dapat diminimalisasi. Desain struktur memenuhi syarat kekuatan, kekakuan, dan daktilitas sesuai ketentuan detailing SRPMB, serta layak diterapkan pada bangunan rumah susun bertingkat di kawasan IKN.

Kata kunci: perencanaan struktur, beton bertulang, gedung rumah susun, SRPMB, ETABS

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Desain prototipe rumah susun di Indonesia umumnya disusun oleh Kementerian PUPR dengan pendekatan kondisi paling ekstrem, seperti kategori desain seismik F, yang mewakili beban maksimum dan kondisi tanah terburuk. Pendekatan ini memang memberikan jaminan keamanan, tetapi sering kali kurang efisien karena tidak mempertimbangkan variasi karakteristik tanah dan risiko gempa di setiap lokasi. Padahal, kondisi geoteknik dan parameter seismik berbeda-beda, sehingga desain struktur seharusnya disesuaikan dengan kondisi aktual agar lebih ekonomis namun tetap memenuhi aspek keselamatan. Penelitian ini menerapkan pendekatan berbasis kondisi aktual di Ibu Kota Nusantara (IKN) yang termasuk kategori desain seismik B. Pemilihan sistem rangka pemikul momen dan tipe pelat lantai menjadi salah satu fokus perencanaan. Sistem *flat slab* dengan *drop panel* dipilih karena mampu menyalurkan beban langsung ke kolom, meningkatkan kapasitas geser, serta menjaga kekakuan sambungan pelat-kolom. Selain memberikan efisiensi material, sistem ini juga mendukung fleksibilitas ruang dan kemudahan konstruksi. Perancangan dilakukan dengan metode elemen hingga menggunakan perangkat lunak ETABS dan mengacu pada SNI 2847:2019, untuk mengevaluasi kinerja struktural dan efisiensi sistem flat slab pada rumah susun di kawasan IKN.

1.2. Rumusan Masalah

Bagaimana merencanakan elemen-elemen struktur bangunan rumah susun bertingkat dengan sistem flat slab-drop panel yang dirancang tahan gempa, sehingga mampu menahan beban mati, beban hidup, dan beban gempa, serta memenuhi persyaratan keselamatan dan kenyamanan sesuai standar perencanaan yang berlaku?

1.3. Batasan Masalah

1. Struktur Bangunan yang direncanakan adalah bangunan yang terdiri dari 4 lantai dengan konstruksi beton bertulang.
2. Sistem struktur yang digunakan adalah *flat slab-drop panel*.
3. Perencanaan Struktur menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB), yang dipilih berdasarkan Kategori desain seismik di lokasi pembangunan sesuai dengan ketentuan pada SNI 1726:2019
4. Beban yang diperhitungkan meliputi beban mati, beban hidup, dan beban gempa.
5. Perencanaan elemen struktur mengacu pada SNI 2847-2019 tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung.
6. Analisis gaya gempa dilakukan dengan menggunakan metode respon spektrum berdasarkan SNI 1726-2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung.
7. Pembebanan struktur mengacu pada SNI 1727-2020 tentang Beban Desain Minimum Dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung Dan Struktur Lain.
8. Fondasi diperhitungkan dalam perencanaan ini.
9. Perencanaan bangunan Tidak mencakup manajemen konstruksi, Rencana Anggaran Biaya (RAB), dan metode pelaksanaan konstruksi.
10. Analisis Struktur dilakukan menggunakan perangkat lunak ETABS versi 21.2.0

1.4. Tujuan Perencanaan

Merencanakan elemen-elemen struktur rumah susun bertingkat dengan sistem flat slab-drop panel yang tahan gempa, serta menentukan dimensi elemen struktur beton bertulang sesuai kriteria desain dan peraturan yang berlaku.

2. Metode Perencanaan

2.1. Data Struktur

Fungsi bangunan	: Rumah Susun / Asrama	
Jumlah lantai	: 4 Lantai	
Tinggi struktur	: 15.5 meter	
Tinggi antar lantai	: Lantai 1 ke lantai 2	= 3.4 m
	: Lantai 2 ke lantai 3	= 3.2 m
	: Lantai 3 ke lantai 4	= 3.2 m
	: Lantai 4 ke lantai dak	= 3.2 m
	: Lantai dak ke rooftop dak	= 2.5 m
Panjang bentang	: 38.25 meter (Arah X), 17.85 meter (Arah Y)	
Konstruksi/Material Struktur	: Beton Bertulang	

2.2. Data Material

- a) Spesifikasi Material Beton

Mutu Beton (f_c')	= 25 MPa
Berat Jenis	= 2400 kg/m ³
Modulus Elastisitas Beton	= 23500 MPa
Angka poisson (ν)	= 0.2
- b) Spesifikasi Material Baja

Mutu Baja Tulangan Utama (f_y)	= 420 MPa (BjTS 420B)
------------------------------------	-----------------------

Mutu Baja Tulangan Sengkang (f_y) = 240 MPa (BjTS 240)
Modulus Elastisitas Baja = 200000 Mpa

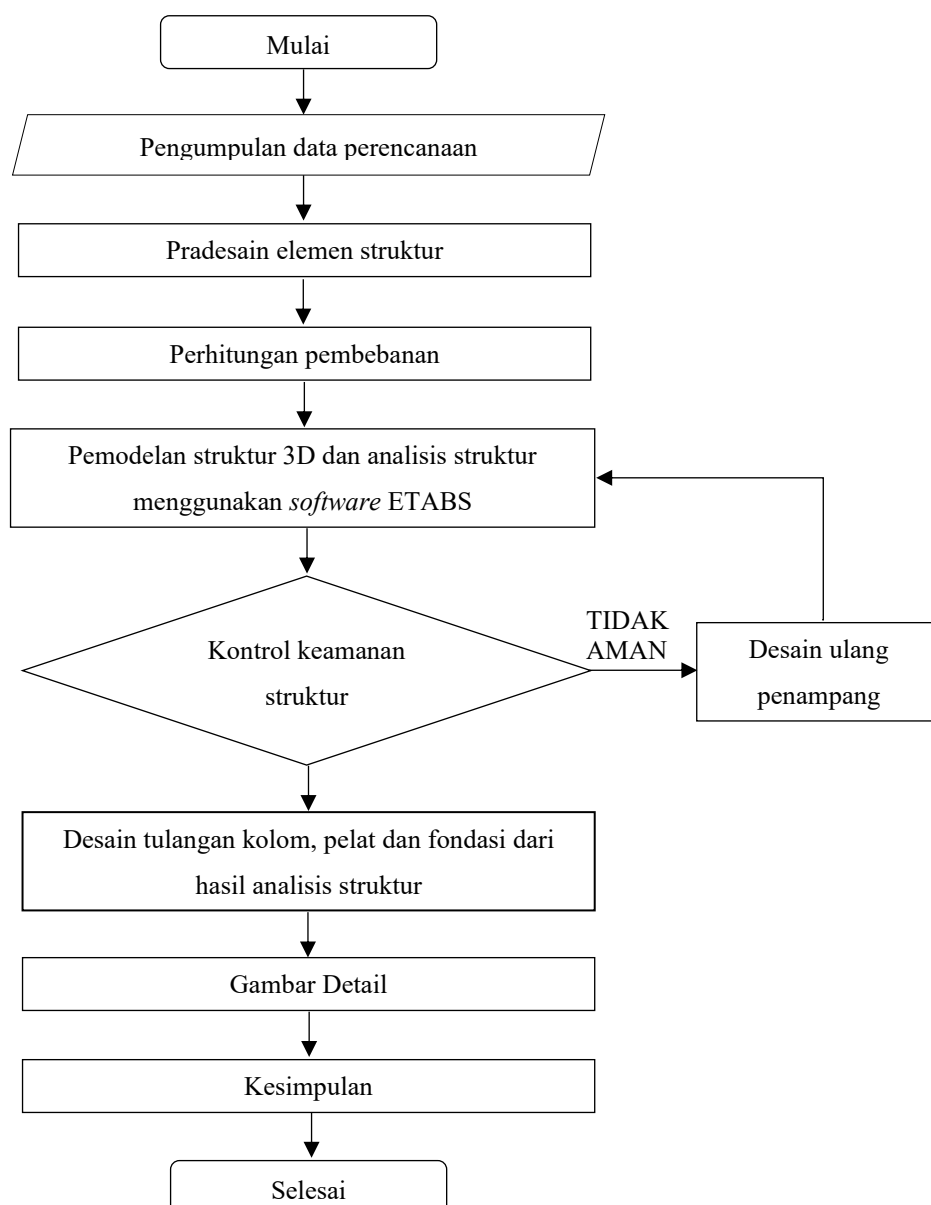
2.3. Data Beban

Struktur dirancang untuk menahan beban mati, beban hidup, dan beban gempa. Seluruh beban tersebut selanjutnya dihitung berdasarkan kombinasi pembebanan yang ditetapkan dalam ketentuan SNI 1727:2020

2.4. Data Tanah

Data tanah ini digunakan secara khusus untuk menentukan Kelas Lokasi (jenis tanah) dalam perhitungan dan analisis gempa. Informasi klasifikasi tanah diperoleh dari hasil penyelidikan menggunakan uji *Standard Penetration Test* (SPT), yang menunjukkan bahwa jenis tanah tergolong tanah keras, sangat padat dan batuan lunak dengan nilai $\bar{N} > 50$ blows/ft.

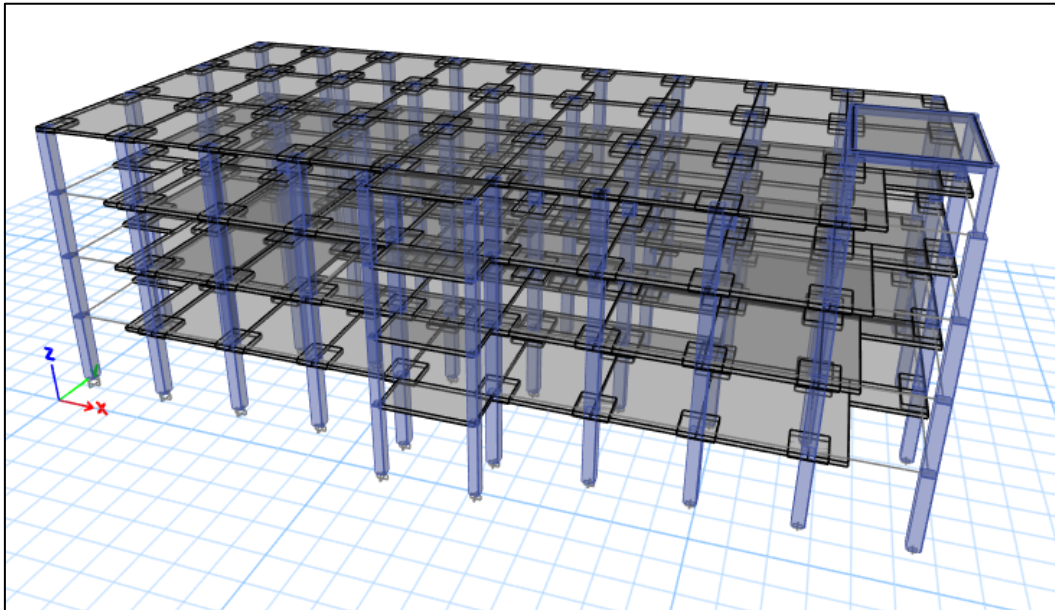
2.5. Bagan Alir Perencanaan



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pemodelan Struktur 3D



Gambar 2. Geometri Struktur 3D

3.2. Pembebanan

A. Beban Mati

- Berat sendiri elemen struktur (*Dead Load*) yang ditentukan oleh program (*program determine*) sesuai dengan perencanaan elemen yang digunakan
- Berat beton bertulang = 2400 kg/m³
- Berat jenis baja = 7850 kg/m³
- Beban mati tambahan pelat dak = 0.6 kN/m²
- Beban mati tambahan pelat lantai = 1.5 kN/m²
- Beban dinding (bata ringan) = 1.5 kN/m²

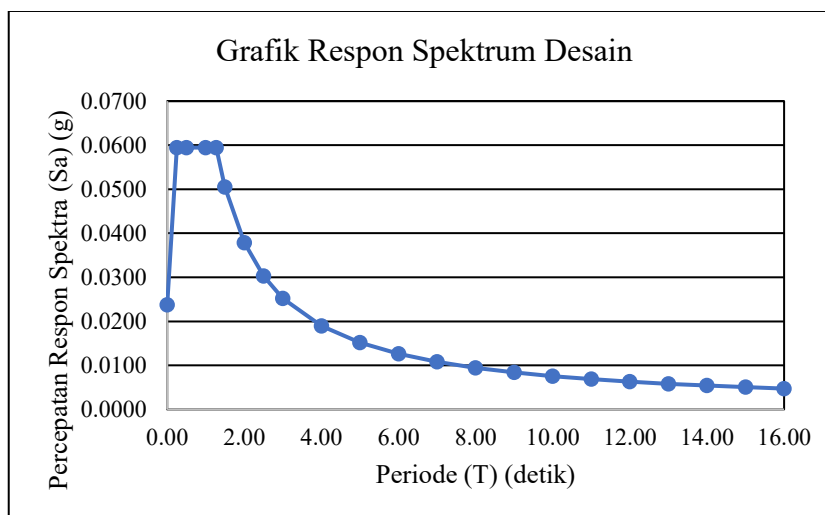
B. Beban Hidup

- Ruang Hunian = 1.92 kN/m²
- Ruang Serbaguna = 1.92 kN/m²
- Lobby dan koridor = 4.79 kN/m²
- Toilet = 2.87 kN/m²
- Pantry = 4.79 kN/m²
- Atap Datar = 0.96 kN/m²
- Tangga = 4.79 kN/m²

C. Beban Gempa

Data beban gempa ditentukan berdasarkan lokasi perencanaan di IKN dengan menggunakan metode analisis gempa dinamik respons spektrum sesuai SNI 1726:2019. Parameter-parameter yang digunakan dalam perencanaan adalah sebagai berikut:

- S_s = 0.0686 g
- S_1 = 0.0757 g
- Kategori risiko = II
- Faktor keutamaan gempa (I_e) = 1.0
- Kelas situs = tanah keras, sangat padat dan batuan lunak (SC)
- S_{DS} = 0.0594 g
- S_{D1} = 0.0757 g
- Kategori desain seismik = B
- Sistem struktur = SRPMB (Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa)



Gambar 3. Kurva Respon Spektrum Desain

D. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan untuk struktur atas yang digunakan adalah kombinasi beban terfaktor dan beban layan (*Load And Resistance Factor Design, LRFD*), Kombinasi pembebanan untuk struktur bawah yang digunakan adalah kombinasi beban untuk metode tegangan izin (*Allowable Stress Design, ASD*) berdasarkan SNI 1726:2019.

3.3. Pradesain Elemen Struktur

Dimensi awal yang akan digunakan dalam pemodelan struktur sebagai berikut.

- Tebal Pelat Lantai = 190 mm
- Tebal Pelat Dak = 150 mm
- Drop Panel Interior = 1500 × 2500 mm
- Drop Panel Tepi (X) = 1500 × 1500 mm
- Drop Panel Tepi (Y) = 1000 × 2500 mm
- Drop Panel Sudut = 1000 × 1500 mm
- Kolom Lt. 1-4 (K1) = 500 × 500 mm
- Kolom Enterance (K2) = 400 × 400 mm
- Kolom Lt Dak = 300 × 300 mm

3.4. Kontrol Persyaratan Desain Seismik

A. Kontrol Partisipasi Massa Ragam

Hasil analisis menggunakan ETABS dilakukan hingga mode ke-29 untuk mencapai nilai partisipasi massa mendekati 100%. Berdasarkan hasil tersebut, arah X dan arah Y pada mode ke-29 telah memenuhi syarat partisipasi massa minimum sebesar 100%.

B. Kontrol Gaya Geser Dasar (Base Shear)

Mengacu pada SNI 1726:2019 Pasal 7.9.1.4, apabila kombinasi respons gaya geser dasar hasil analisis ragam (V_t) lebih kecil dari 100% gaya geser dasar (V) yang dihitung dengan metode statik ekuivalen, maka nilai gaya geser hasil analisis tersebut harus dikalikan dengan faktor koreksi V/V_t . Nilai V di sini adalah gaya geser dasar berdasarkan metode statik ekuivalen, sedangkan V_t adalah gaya geser dasar dari hasil kombinasi ragam.

Hasil kontrol menunjukkan bahwa nilai V/V_t pada arah X dan Y sama-sama mencapai 100%, sehingga respons dinamik memenuhi syarat minimal 100% terhadap hasil respons ragam pertama.

Tabel 1. Kontrol Gaya Geser Dasar (*Base Shear*)

Arah	<i>Base Shear</i>		Kontrol	
	Statik (V)	Dinamik (Vt)	Vt/V 100% = 100 %	
	kN			
X	294.6087	294.6087	100%	OK
Y	294.6087	294.6087	100%	OK

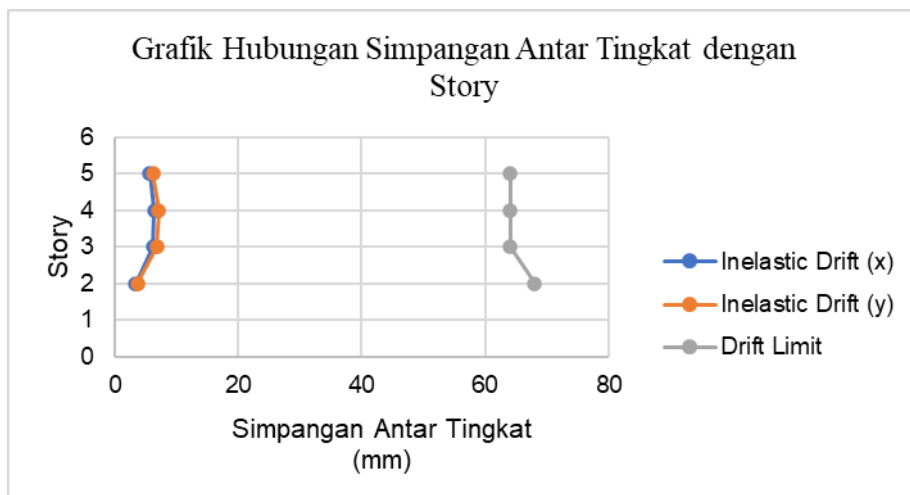
C. *Kontrol Simpangan Antar Tingkat*

Tabel 2. Simpangan Arah X

Story	<i>Displacement</i> (δeX)	<i>Elastic Drift</i> (δeX)	h	<i>Inelastic Drift</i> (ΔX)	<i>Drift Limit</i> $\Delta a/p$	Kontrol $\Delta X < \Delta a/p$
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
Dak	8.75	2.287	3200	5.718	64.000	OK
4	6.463	2.578	3200	6.445	64.000	OK
3	3.885	2.501	3200	6.253	64.000	OK
2	1.384	1.384	3400	3.460	68.000	OK

Tabel 3. Simpangan Arah Y

Story	<i>Displacement</i> (δeY)	<i>Elastic Drift</i> (δeY)	h	<i>Inelastic Drift</i> (ΔY)	<i>Drift Limit</i> $\Delta a/p$	Kontrol $\Delta Y < \Delta a/p$
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
Dak	9.582	2.509	3200	6.273	64.000	OK
4	7.073	2.854	3200	7.135	64.000	OK
3	4.219	2.735	3200	6.838	64.000	OK
2	1.484	1.484	3400	3.710	68.000	OK



Gambar 4. Grafik Hubungan Simpangan Antar Tingkat dengan Story

Berdasarkan Tabel 3, Tabel 4 dan grafik hubungan simpangan antar tingkat, nilai inelastic drift pada setiap lantai, baik arah X maupun Y, berada di bawah batas drift limit yang diizinkan sesuai SNI 1726:2019.

D. Kontrol Pengaruh P-delta

Tabel 4. Kontrol Pengaruh P-delta Arah X

Story	Inelastic Drift	Story Forces		h	Koefisien Stabilitas	Batas Pengaruh P-Delta	Batas Stabilitas Struktur, θ_{max}	Kontrol
	ΔX	P	V_x					
	(mm)	(kN)	(kN)					
Dak	5.72	4021.7	116.5	3200	0.025	0.1	0.2	OK
4	6.45	12093.0	210.5	3200	0.046	0.1	0.2	OK
3	6.25	20164.2	269.8	3200	0.058	0.1	0.2	OK
2	3.46	28235.4	294.6	3400	0.039	0.1	0.2	OK

Tabel 5. Kontrol Pengaruh P-delta Arah Y

Story	Inelastic Drift	Story Forces		h	Koefisien Stabilitas	Batas Pengaruh P-Delta	Batas Stabilitas Struktur, θ_{max}	Kontrol
	ΔY	P	V_y					
	(mm)	(kN)	(kN)					
Dak	6.27	4021.7	117.0	3200	0.027	0.1	0.2	OK
4	7.14	12093.0	211.2	3200	0.051	0.1	0.2	OK
3	6.84	20164.2	270.2	3200	0.064	0.1	0.2	OK
2	3.71	28235.4	294.6	3400	0.042	0.1	0.2	OK

Hasil kontrol pengaruh P-Delta ditunjukkan pada Tabel 5 dan Tabel 6 untuk arah X dan Y. Nilai koefisien stabilitas yang diperoleh pada tiap lantai masih berada di bawah batas stabilitas struktur (θ_{max}) sebesar 0,02, sesuai ketentuan SNI 1726:2019. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh efek P-Delta terhadap kestabilan struktur relatif kecil dan tidak signifikan mempengaruhi perilaku lateral bangunan. Dengan demikian, struktur dapat dikategorikan stabil terhadap pengaruh gaya aksial akibat perpindahan lateral, baik pada arah X maupun Y.

E. Kontrol Punching Shear

Kontrol *punching shear* dilakukan untuk memeriksa apakah sambungan pelat-kolom mampu menahan gaya geser lokal yang terjadi di sekitar tumpuan. Berdasarkan hasil analisis, rasio *punching shear* tertinggi pada struktur ini adalah sebesar 0.696, yang masih berada di bawah batas izin yaitu 1,0.

F. Kontrol Ketidakberaturan Struktur

Kontrol ketidakberaturan horizontal dilakukan untuk memeriksa kestabilan struktur terhadap torsi yang dapat memicu konsentrasi deformasi berlebih pada tingkat lantai tertentu. Berdasarkan hasil evaluasi, arah X tidak mengalami ketidakberaturan torsi di semua lantai karena rasio simpangan maksimum terhadap simpangan rata-rata pada setiap tingkat masih kurang dari 1,2. Sementara itu, arah Y mengalami ketidakberaturan torsi di lantai 2 dengan rasio simpangan maksimum/simpangan rata-rata lebih dari 1,2, sehingga dikategorikan sebagai ketidakberaturan torsi 1.a.

Tabel 6. Kontrol Ketidakberaturan Torsi Arah X dan Y

Lantai	Arah X		Arah Y	
	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek
5	1.125	OK	1.176	OK
4	1.046	OK	1.08	OK
3	1.068	OK	1.125	OK
2	1.17	OK	1.222	H.1a

Sesuai dengan SNI 1726:2019, struktur dengan ketidakberaturan torsi 1.a dan kategori desain seismik B wajib memenuhi ketentuan Pasal 7.7.3 dan 11.3.4. Konsekuensi tersebut meliputi kewajiban melakukan analisis dinamik 3D dengan mempertimbangkan kekakuan diafragma, yang telah dilakukan pada pemodelan struktur ini, serta memperhitungkan eksentrisitas tak terduga sebesar 5% dari pusat massa untuk setiap diafragma.

3.5. Perencanaan Tulangan Elemen Struktur

Berdasarkan gaya-gaya dalam yang diperoleh dari analisis menggunakan program, direncanakan penulangan elemen-elemen struktur sebagai berikut

A. Penulangan Pelat

Tabel 7. Rekapitulasi Penulangan Pelat Lantai

Lantai	Lajur	Arah	Momen kN.m	Tebal Pelat (mm)	As,Perlu mm ²	As,Pakai mm ²	Tulangan Pakai	
							Lentur mm ²	Susut mm ²
Dak	Kolom	X	68.806	150	1516.85	1884.96	S10-125	350
		Y	79.404		1762.35	1884.96	S10-125	350
	Tengah	X	7.961		675.00	942.48	S10-250	350
		Y	22.136		675.00	942.48	S10-250	350
Lantai 4	Kolom	X	146.088	190	2463.42	2945.24	S10-80	250
		Y	153.477		2595.21	2945.24	S10-80	250
	Tengah	X	18.021		891.00	1472.62	S10-160	250
		Y	43.846		891.00	1472.62	S10-160	250
Lantai 3	Kolom	X	146.900	190	2477.87	2945.24	S10-80	250
		Y	152.614		2579.78	2945.24	S10-80	250
	Tengah	X	18.406		891.00	1472.62	S10-160	250
		Y	43.876		891.00	1472.62	S10-160	250
Lantai 2	Kolom	X	148.261	190	2502.10	2945.24	S10-80	250
		Y	152.061		2569.90	2945.24	S10-80	250
	Tengah	X	18.768		547.30	490.87	S10-160	250
		Y	43.889		891.00	1472.62	S10-160	250

B. Penulangan Drop Panel

Tabel 8. Rekapitulasi Penulangan Drop Panel

Lantai	Arah	Momen	Tebal Pelat mm	As,Perlu	As,Pakai	Tulangan Pakai
		kN.m		mm ²	mm ²	mm ²
Dak	X	11.239	200	1131.329	1178.097	S10-100
	Y	5.216		1247.422	1308.997	S10-150
Lantai 4	X	22.924	240	1925.209	1990.984	S13-100
	Y	9.983		1974.022	2212.205	S13-150
Lantai 3	X	23.068	240	1938.171	1990.984	S13-100
	Y	9.927		1962.518	2212.205	S13-150
Lantai 2	X	23.262	240	1955.570	1990.984	S13-100
	Y	9.890		1954.982	2212.205	S13-150

C. Penulangan Kolom

Tabel 9. Rekapitulasi Penulangan Kolom

Lantai	Kolom	Tulangan Longitudinal	Tulangan Transversal
Lantai 1	K1	16S16	16S16
Lantai 2	K1	16S16	16S16
Lantai 3	K1	16S16	16S16
Lantai 4	K1	16S16	16S16
Lantai 1	K2	12S16	12S16
Lantai 2	K2	12S16	12S16
Lantai 3	K2	12S16	12S16
Lantai 4	K2	12S16	12S16

D. Penulangan Struktur Bawah

- Pile Cap
 - Dimensi = 1200 × 1200 × 500 mm
 - Tulangan Bawah = 9S16
 - Tulangan Atas = 9S16
 - Tulangan Pengikat = S10
 - Tulangan Pinggang = S10
- Tie Beam
 - Dimensi = 200 × 300 mm
 - Tulangan Longitudinal Bawah = 4S16
 - Tulangan Longitudinal Atas = 4S16
 - Tulangan Transversal = 2S10-100
- Pondasi Bored Pile
 - Diameter = 0.6 m
 - Kedalaman = 8 m
 - Tulangan Longitudinal = 6S16
 - Tulangan Transversal Tumpuan = S10-125
 - Tulangan Transversal Lapangan = S10-250

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perencanaan struktur rumah susun empat lantai yang berlokasi di Ibu Kota Nusantara (IKN) dengan menerapkan Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB), maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Struktur gedung dirancang menggunakan sistem pelat tanpa balok (*flat slab system*) dengan penambahan *drop panel* pada sambungan antara kolom dan pelat untuk meningkatkan kekakuan dan kekuatan terhadap gaya geser. Sistem ini memberikan efisiensi dalam tinggi antar lantai dan kemudahan pelaksanaan konstruksi di lapangan.
2. Pelat lantai dirancang dua arah dengan tebal 150 mm (lantai dak) dan 190 mm (lantai 2–4), sesuai ketentuan minimum pelat tanpa balok dan kebutuhan beban. Di lantai 2, momen ultimit pada lajur kolom arah Y sebesar 152,061 kN·m ditahan oleh tulangan D10–80 mm, dan pada lajur lapangan sebesar 45,725 kN·m ditahan oleh tulangan D10–160 mm.
3. *Drop panel* terbukti efektif meningkatkan kekakuan pelat di sekitar kolom. Hasil analisis *punching shear* pada area sekitar kolom menunjukkan nilai rasio < 1.0 , yang berarti seluruh sambungan kolom–pelat telah aman terhadap *punching shear*.

Pada lantai 2, momen ultimit sebesar 152,061 kN·m terjadi di daerah tumpuan. Untuk menahannya, digunakan tulangan D13–100 mm (arah X) dan D13–150 mm (arah Y). *Drop panel* bervariasi sesuai posisi:

- Dalam : 1500 × 2500 mm
- Tepi : 1500 × 1500 mm dan 1000 × 2500 mm
- Sudut : 1000 × 1500 mm

Seluruh *drop panel* direncanakan dengan ketebalan 50 mm.

4. Elemen kolom dirancang dengan dimensi 500 × 500 mm secara tipikal pada seluruh lantai. Berdasarkan hasil analisis, kolom mengalami gaya tekan maksimum sebesar 1572,30 kN, momen lentur maksimum masing-masing sebesar 54,31 kN·m (arah M2) dan 42,61 kN·m (arah M3), serta gaya geser maksimum sebesar 28,46 kN. Nilai-nilai ini digunakan dalam pemodelan diagram interaksi P–M untuk memastikan kapasitas kolom terhadap kombinasi gaya aksial dan lentur. Hasil perencanaan menunjukkan bahwa kolom berukuran 500 × 500 mm telah mampu menahan beban-beban tersebut secara aman.
5. Fondasi dirancang menggunakan tiang bore pile berdiameter 600 mm dan kedalaman 5 meter. Berdasarkan hasil perhitungan, daya dukung izin tanah sebesar 1229,14 kN lebih besar dari gaya vertikal maksimum dari struktur (F_z - ETABS) sebesar 1187,17 kN, sehingga daya dukung tanah dinyatakan aman terhadap beban yang bekerja. Fondasi dirancang aman menahan beban struktur dan memenuhi ketentuan ACI 318-19, terkait perencanaan fondasi untuk struktur tahan gempa.

5. Saran

1. Dalam perencanaan struktur rumah susun bertingkat, pemilihan sistem struktur sangat berpengaruh terhadap efisiensi dimensi dan kinerja struktur secara keseluruhan. Oleh karena itu, perlu dilakukan studi pendahuluan atau pemodelan awal untuk menentukan sistem struktur yang tepat dan efisien, baik dari segi kekuatan maupun biaya konstruksi.
2. Penggunaan sistem pelat tanpa balok dengan *drop panel* dapat menjadi alternatif yang efektif untuk bangunan bertingkat dengan kebutuhan ruang bebas yang tinggi, namun perlu diimbangi dengan perencanaan *drop panel* yang tepat agar risiko *punching shear* dapat diminimalisasi.

Referensi

- American Concrete Institute. 2019. *ACI 318M-19 Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary*. Farmington Hills.
- American Society of Civil Engineers/Structural Engineering Institute. 2016. *ASCE/SEI 7-16 Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures*. Reston Virginia.
- Badan Standardisasi Nasional. 2017. *SNI 2052:2017 Baja Tulangan Beton*. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2019. *SNI 1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2019. *SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. Jakarta.

- Badan Standardisasi Nasional. 2020. SNI 1727:2020 *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta.
- Bahar, Hardizal. 2022. *Pedoman Detail Penulangan Beton Menurut SNI 2847:2019*. Makassar: Nas Media Pustaka
- Desiyani, S. 2018. *Analisis Perilaku Sistem Flat Slab-Drop Panel Dengan Balok Semu Terhadap Gaya Lateral Pada Struktur Basement* [Skripsi]. Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.
- Koloy, B., Pandaleke, R.E., Kumaat, E.J. (2023). *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Gedung Arsip 4 Lantai*. Tekno, Vol.21, No.84, ISSN: 0215-9617. Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Laily, Rivaldo., Sumajouw, M.D.J., Wallah, S.E. (2020). *Perencanaan Gedung Training Center Konstruksi Beton Bertulang 4 Lantai Di Kota Manado*. Jurnal Sipil Statik Vol.7 No.8 Agustus 2019 (1095-1106) ISSN: 2337-6732. Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Lamia, N.W.M.T., Pandaleke, R. E., Handono, B.D. (2020). *Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Dengan Denah Bangunan Berbentuk "L"*. Jurnal Sipil Statik Vol.8 No.4 Juli 2020 (519-532) ISSN: 2337-6732. Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Lesmana, Yudha. 2020. *Handbook Desain Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847:2019*. Makassar: CV. Nas Media Pustaka.
- Patil, A.S., Daphal, A.B., Gavasane, S.S., Ghorpade, S.S., Ekatpure, P.D., & Nalawade, A.A. (2018). *Analysis of Behavior of Flat Slab and Conventional Slab Structure Under Seismic Loading*. International Journal of Scientific and Engineering Research and Technology (IJSART), Vol. 4, No. 6, Juni 2018. ISSN 2395-1052.
- Pawirodikromo, Widodo. 2012. *Seismologi Teknik dan Rekayasa Kegempaan*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Schodek, Daniel L. 1999. *Struktur*.
- Setiawan, A. 2016. *Perancangan struktur beton bertulang berdasarkan SNI 2847:2013*. Jakarta: Erlangga.
- Taranath, B. S. 2010. *Reinforced Concrete Design of Tall Buildings*. CRC Press
- Wang, Chu-Kia., Salmon, C. G., Pincheira, J. A., & Parra-Montesinos, G. J. (2018). *Reinforced concrete design* (8th ed.). Oxford University Press.