

Analisis Struktur Beton Bertulang dengan Sistem Flat Slab Dilengkapi Drop Panel Pada Bangunan Bertingkat

Dwi Retno Astutik^{1*}, Fajar Dadiono²

^{1*} Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Muhammadiyah Purwokerto, Jl. KH. Ahmad Dahlan, Dukuhwaluh, Purwokerto, Indonesia.

² PT Virama Karya, Jl. Kanfer Raya No.7a, Pedalangan, Kec. Banyumanik, Kota Semarang, Jawa Tengah, Indonesia.

Email: retnodwi@ump.ac.id

Dikirim: 3 Desember 2025

Direvisi: 20 Januari 2026

Diterima: 25 Januari 2026

ABSTRAK

Flat slab merupakan sistem struktur pelat beton tanpa balok, dengan penebalan di sekitar kolom (drop panel) yang berfungsi sebagai elemen pemikul beban. Penerapan sistem ini diharapkan dapat mengurangi volume beton, beban struktur, serta ketinggian antar lantai. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi apakah perancangan gedung dengan sistem *flat slab* dan *drop panel* memenuhi kriteria lendutan dan gaya geser berdasarkan SNI 1726:2019 dan SNI 2847:2019. Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif dengan bantuan perangkat lunak ETABS Ultimate v25.1. Hasil desain awal menunjukkan ketebalan *flat slab* pelat lantai 1–2 sebesar 120 mm, pelat atap 100 mm, dan *drop panel* 110 mm. Partisipasi massa struktur mencapai 99,97%–100%, telah memenuhi persyaratan minimum 90% sesuai SNI 1726:2019. Gaya geser dinamik (V_D) sebesar 1,807% lebih besar dari gaya geser statik (V_S) sebesar 1,585%, sehingga memenuhi ketentuan kontrol. Hasil kontrol simpangan antar lantai (drift) masih berada dalam batas yang diizinkan. Nilai *punching shear* maksimum akibat beban gempa sebesar 0,972 dan akibat beban gravitasi sebesar 0,637, yang keduanya masih berada di bawah batas izin sebesar 1,0.

Kata kunci: *flat slab*, *drop panel*, hazard

1. PENDAHULUAN

Dalam dunia konstruksi, estetika merupakan salah satu faktor penting yang dipengaruhi oleh aspek ekonomi, teknologi, sosial, budaya, dan psikologis (Irfan & Savitri, 2025). Perkembangan teknologi perencanaan bangunan di bidang konstruksi saat ini diharapkan mampu meningkatkan efisiensi sekaligus menjamin keamanan struktural, efisiensi pelaksanaan, dan kenyamanan bangunan (Lurybson Zega dkk., 2023). Salah satu sistem struktural yang terus berkembang adalah sistem struktur pelat, khususnya sistem *flat slab* dengan *drop panel*. Sistem *flat slab* merupakan konsep perencanaan struktur tanpa balok yang didukung oleh penebalan pelat di sekitar kolom (drop panel) sebagai pengganti balok pada konstruksi konvensional (Navyashree & Sahana, 2017).

Flat slab merupakan sistem struktur pelat beton tanpa balok, di mana kolom berfungsi sebagai elemen utama pemikul beban dan seluruh beban pelat disalurkan langsung ke kolom (Harianti & Astawa, 2024). Penerapan sistem ini memberikan beberapa keuntungan, antara lain mengurangi volume beton, menurunkan beban struktur, serta mengurangi elevasi antar lantai. Selain itu, sistem *flat slab* mampu meningkatkan kinerja pelat dalam menahan gaya geser di sekitar kolom serta mengurangi reaksi momen pada pelat (Kurniati, 2021). Sistem ini semakin populer dalam perancangan bangunan dengan metode cor di tempat karena menawarkan fleksibilitas desain dan kemudahan pelaksanaan konstruksi (Basuki & Komara, 2020). Dengan tidak digunakannya balok, tinggi efektif tiap lantai menjadi lebih optimal dan berat sendiri struktur dapat berkurang secara signifikan (Man dkk., 2019).

Drop panel merupakan penebalan pelat di sekitar kepala kolom yang berfungsi sebagai struktur tambahan pada sistem *flat slab*. Elemen ini digunakan untuk meningkatkan kapasitas geser serta mengurangi risiko keruntuhan *punching shear* pada daerah pertemuan kolom dan pelat (Handaya & Sutandi, 2019). Pada bangunan beton tidak prategang, *drop panel* berfungsi memungkinkan pengurangan ketebalan pelat sehingga volume beton dapat diminimalkan. Penggunaan *drop panel* harus memenuhi persyaratan tertentu, antara lain penebalan ke bawah pelat dengan ketebalan minimum seperempat dari ketebalan pelat dan lebar minimum seperenam panjang bentang yang diukur dari pusat tumpuan (Sistem & Standar, 2020). *Drop panel* dirancang untuk meningkatkan kapasitas geser dan mengurangi defleksi pelat (Yankelevsky dkk., 2021), serta menambah ketahanan pelat dalam memikul momen geser dan *punching shear* pada sambungan kolom–pelat (Ecclesia dkk., 2019). *Punching shear* merupakan jenis kegagalan lokal akibat konsentrasi gaya di sekitar kolom yang

dapat menyebabkan retak dan kegagalan struktur secara tiba-tiba tanpa indikasi kegagalan geser konvensional (Basuki & Komara, 2019; Torabian dkk., 2025). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan menganalisis penerapan sistem *flat slab* dengan *drop panel* untuk menilai efektivitas kinerja struktur berbasis performa, khususnya dalam optimalisasi pemanfaatan ruang dan desain struktur.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif dengan pengumpulan data berupa *shop drawing* dan *as-built drawing*, yang selanjutnya dimodifikasi menjadi struktur *flat slab* dengan *drop panel*. Objek penelitian berupa gedung beton bertulang tiga lantai yang berlokasi di Kota Yogyakarta, dengan panjang portal arah Y sebesar 14,55 m, arah X sebesar 9,50 m, tinggi bangunan 9,75 m, dan menggunakan sistem struktur *flat slab* dengan *drop panel*. Pemodelan dan analisis struktur dilakukan menggunakan perangkat lunak ETABS Ultimate v25.1. Hasil analisis menghasilkan *output* gaya-gaya dalam yang digunakan untuk mengevaluasi kemampuan struktur dalam menahan beban-beban yang bekerja sesuai dengan ketentuan SNI 1726:2019.

3. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Preliminary Design

1. Berat jenis beton bertulang : 2400 kg/m³
2. Mutu Beton (f'_c) : 30 MPa
3. Mutu Tulangan (f_y) : 420 MPa
4. Dimensi Kolom : 45 cm × 45 cm
5. Modulus Elastisitas Baja (E_s) : 200.000 MPa
6. Modulus Elastisitas Beton (E_c) : 25742.96 MPa
7. Angka Possion Baja (U_s) : 0.3
8. Angka Possion Beton (U_c) : 0.2
9. Perancangan Tebal *flat slab*

λ_n = bentang terpanjang = 3500 mm

$$h = \frac{\lambda}{33} = \frac{3500}{33} = 106.07 \text{ mm} \approx 120 \text{ mm}$$

10. Perencanaan dimensi *drop panel*

$$\begin{aligned} \text{Arah sumbu } x = L_{\text{Drop panel}} &\geq \frac{1}{6} L_x \\ &= L_x \geq \frac{1}{6} \times 3500 = 583.34 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Arah sumbu } y = L_{\text{Drop panel}} &\geq \frac{1}{6} L_y \\ &= L_y \geq \frac{1}{6} \times 3000 = 500 \text{ mm} \end{aligned}$$

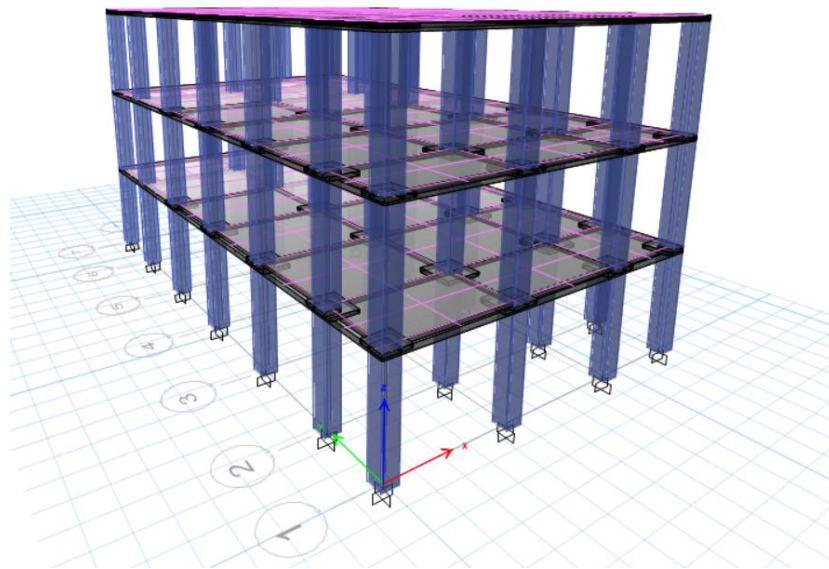
Digunakan lebar *drop panel* arah x dan y = 1083.24 ≈ 1100 mm

Tebal Drop Panel

$$H_{\text{drop panel}} \geq \frac{1}{4} \times 120 \text{ mm} = 30 \text{ mm} \quad \text{Tebal tidak memenuhi persyaratan, sehingga tebal } \textit{drop panel} \text{ adalah } 100 \text{ mm}$$

3.2 Pemodelan Struktur

Pemodelan struktur dilakukan menggunakan perangkat lunak ETABS Ultimate v25.5.1 (Gambar 1).



Gambar 1. Pemodelan struktur gedung

3.3 Pembebanan

1. Beban Mati (Dead Load)

Beban Mati adalah berat komponen seluruh bangunan gedung yang terpasang antara lain: lantai, atap, dinding, plafon, *finishing*, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktur lainnya (SNI 1726-2019). Beban mati yang dihitung adalah:

- a. Berat dinding = (Tinggi antar lantai-tebal pelat) $\times$ berat isi bata $\frac{1}{2}$ batu
 $= (3.25 \text{ m} - 0.12) \times 2.5$
 $= 7.825 \text{ KN/m}$
- b. Beban mati tambahan pada lantai 1-3
 Spesi = tebal spesi $\times$ berat isi
 $= 0.02 \text{ m} \times 22 \text{ KN/m}^3 = 0.44 \text{ KN/m}^2$
 Keramik = Tebal penutup lantai $\times$ berat isi
 $= 0.01 \text{ m} \times 23 \text{ KN/m}^3 = 0.24 \text{ KN/m}^2$
 Instalasi ME = 0.25 KN/m^2
 Plafon = 0.2 KN/m^2
 Total Beban Mati (DL) = 1.13 KN/m^2

2. Beban Hidup (live Load)

Beban yang diharapkan dalam perancangan adalah beban maksimum akibat hunian dan penggunaan bangunan gedung (sesua dengan fungsi gedung) (SNI 1726-2019). Beban hidup yang diperhitungkan adalah:

- a. Beban hidup pelat lantai 1-3
 Beban hunian = 2.4 KN/m^2
- b. Beban Hidup Pada Pelat Atap
 Beban air = tinggi air genangan $\times$ berat isi
 $= 0.02 \text{ m} \times 9.81 = 1.058 \text{ KN/m}^2$

3. Beban Gempa

Letak bangunan di kota Yogyakarta dengan kelas situs tanah sedang (SD), kategori resiko II dan faktor keutamaan gempa (I_e) 1. Hasil respon spektra pada 0,2 detik, nilai $SS = 1.1070$ dan pada 0,1 detik, nilai $S1 = 0.5070$.

Kombinasi Pembebanan

1. 1.4 D
2. $1.2 \text{ D} + 1.6 \text{ L} + 0.5 \text{ Lr}$

3. $1.2 D + 1.6 L_r + 0.5$
4. $1.2 D + L + 0.5 L_r$
5. $0.9 D$
6. $1.2 + E + L = 1.2 D + E_v + E_H + L$
7. $0.9 D - E_v + E_H$

3.3 Kontrol Hasil Analisis

1. Jumlah Ragam/ Partisipasi Massa Bangunan

Hasil analisis ragam digunakan untuk mengontrol beban gempa dinamis guna mengetahui ragam getar alami struktur. Sesuai SNI 1726:2019, partisipasi massa ragam terkombinasi harus mencapai 100% dari massa struktur. Berdasarkan hasil analisis (Tabel 1), partisipasi massa yang diperoleh lebih dari 90% sehingga memenuhi persyaratan.

Tabel 1. Partisi massa bangunan

Case	Mode	Period sec	SumUX	SumUY
Modal	1	0,406	0,7806	0,0003
Modal	2	0,388	0,7812	0,7682
Modal	3	0,351	0,7829	0,7892
Modal	4	0,101	0,8578	0,8002
Modal	5	0,099	0,8597	0,8877
Modal	6	0,09	0,948	0,9896
Modal	7	0,046	0,9486	0,9471
Modal	8	0,046	0,9494	0,9506
Modal	9	0,041	0,9953	0,9546
Modal	10	0,003	0,9997	0,9993
Modal	11	0,003	1	1
Modal	12	0,003	1	1

2. Perbandingan Gaya Geser Statis dan Dinamis

Apabila periode fundamental hasil analisis lebih besar dari nilai $C_u \cdot T_a$ pada arah tertentu, maka periode struktur T diambil sebesar $C_u \cdot T_a$. Selanjutnya, jika gaya geser dasar hasil analisis ragam (V_s) kurang dari 100% gaya geser dasar hasil analisis statik ekuivalen (V), maka gaya tersebut harus dikalikan dengan faktor $\frac{V}{V_s}$ sesuai SNI 1726:2019. Berdasarkan hasil analisis, diperoleh gaya geser statik sebesar 1,585% dan gaya geser dinamik sebesar 1,807%, sehingga memenuhi ketentuan karena gaya geser dinamik (V_D) lebih besar atau sama dengan gaya geser statik (V_s) (Tabel 2).

Tabel 2. Perbandingan *base reaction* gaya geser statis dan dinamis

Output Case	Case Type	Step Type	FX	FY
EX STATIS	LinStatic	Step By Step	341.884	0
EY STATIS	LinStatic	Step By Step	0	341.884
EQXRESPON S	LinRespSpec	Max	341.8643	46.482
EQYRESPON S	LinRespSpec	Max	46.723	341.8567

3. Simpangan Antar Lantai (story drift)

Hasil simpangan antar lantai (Tabel 3) desain, simpangan antar lantai tingkat (Δ_x dan Δ_y) (Tabel 5 dan 5) tidak boleh melebihi simpangan Tingkat ijin (Δ_{Ijin}). Hasil analisis menunjukkan simpangan antar lantai tidak melebihi simpangan tingkat ijin (Δ_{Ijin}).

Tabel 3. Hasil Analisis simpangan antar lantai (story drift)

Story	Label	Output Case	Case Type	Step Type	Ux (mm)	Uy (mm)	Uz (mm)
Story3	7	EQXRESPON S	LinRespSpec	Max	6,88	6,394	0,014
Story2	7	EQXRESPON S	LinRespSpec	Max	4,328	4,074	0,012
Story1	7	EQXRESPON S	LinRespSpec	Max	1,534	1,464	0,007
Base	7	EQYRESPON S	LinRespSpec	Max	0	0	0

Tabel 4. Simpangan antar lantai arah x

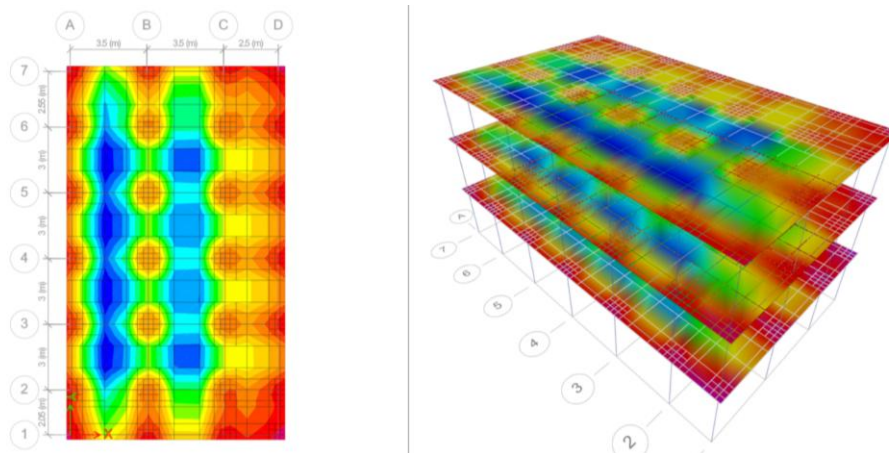
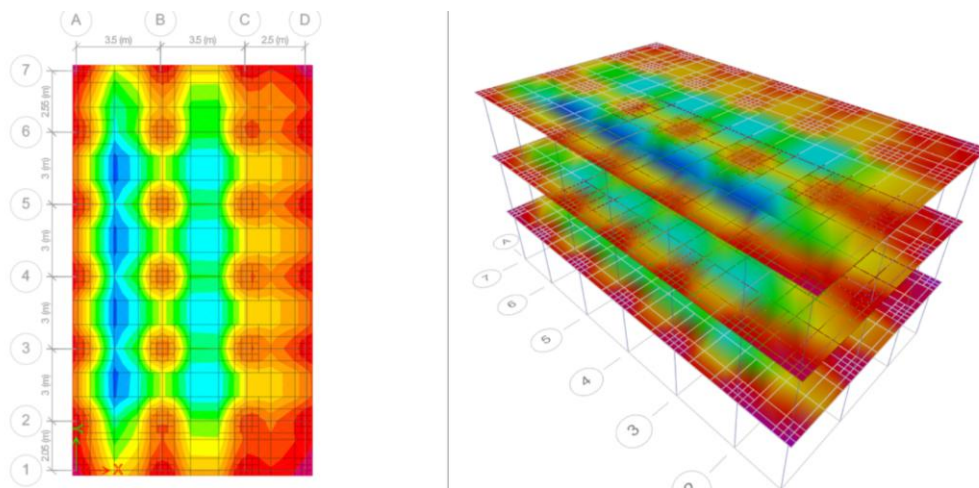
Lantai	HSX (mm)	dx (mm)	Δx (mm)	Δ_{ijin} (mm)	Kontrol (mm)
L.3	32500	6,88	14,036	81,25	Ok
L.2	32500	4,328	15,367	81,25	Ok
L.1	32500	1,534	8,437	81,25	Ok
Dasar	0	0	0	0	Ok

Tabel 5. simpangan antar lantai arah y

Lantai	HSy (mm)	dy (mm)	Δy (mm)	Δ_{ijin} (mm)	Kontrol (mm)
L.3	32500	6,394	12,766	81,25	Ok
L.2	32500	4,328	14,355	81,25	Ok
L.1	32500	1,464	8,0522	81,25	Ok
Dasar	0	0	0	0	Ok

3.4 Kontrol *punching shear*

Pemeriksaan kontrol *punching shear* dilakukan dengan pemeriksaan akibat beban gempa dan beban gravitasi. Akibat beban gempa (Gambar 2) dan beban gravitasi (Gambar 3). Kontrol *punching shear* maksimal pada beban gempa adalah 0,972. Kontrol *punching shear* maksimal pada beban gravitasi adalah 0,637. Sehingga kontrol *punching shear* masih berada di bawah batas izin yaitu 1,0.

Gambar 2. Kontrol *punching shear* akibat beban gempaGambar 3. Kontrol *punching shear* akibat beban gravitasi

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis struktur *flat slab* dengan *drop panel*, diperoleh ketebalan pelat lantai 1–2 sebesar 120 mm, pelat atap 110 mm, dengan dimensi kolom 450 mm × 450 mm. Drop panel direncanakan dengan dimensi arah X dan Y masing-masing 110 mm dan ketebalan 100 mm. Hasil kontrol analisis menunjukkan partisipasi massa struktur sebesar 99,97%–100%, telah memenuhi persyaratan minimum >90% sesuai SNI 1726:2019. Gaya geser dinamik sebesar 1,807% lebih besar dari gaya geser statik sebesar 1,585%, sehingga memenuhi ketentuan kontrol gaya geser. Selain itu, simpangan antar lantai (*drift*) masih berada dalam batas yang diizinkan. Hasil kontrol punching shear maksimum akibat beban gempa sebesar 0,972 dan akibat beban gravitasi sebesar 0,637, yang keduanya berada di bawah batas izin sebesar 1,0, sehingga sistem struktur dinyatakan aman.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional (BSN) (2019) *SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Basuki, I.Y. dan Komara, I. (2019) 'Evaluasi kapasitas struktur: sistem struktur pelat dengan balok dan alternatif struktur flat slab dengan drop panel', *Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 2(1), hlm. 47–56.
- Ecclesia, V., Marthin, S., Sumajouw, D.J. dan Dapas, S.O. (2019) 'Perencanaan bangunan bertingkat banyak menggunakan sistem flat slab dengan drop panel', *Jurnal Sipil Statik*, 7(12), hlm. 1703–1710.
- Handaya dan Sutandi, A. (2019) 'Perbandingan kinerja sistem struktur flat slab', *Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 2(1), hlm. 47–56.
- Harianti, L. dan Astawa, M.D. (2024) 'Analisis desain struktur gedung RSUD Iskak Tulungagung menggunakan sistem struktur flat slab dan shear wall', *Jurnal Teknik Sipil*, 4, hlm. 1950–1957.
- Irfan, A. dan Savitri, A. (2025) 'A comparative study of flat slab and waffle slab structure for efficiency of conventional building slab system', *Journal of Civil Engineering*, 8(1), hlm. 17–25.
- Kurniati, D. (2021) 'Flat slab with column head gedung kantor', *Jurnal Karkasa*, 7(1), hlm. 35–41.
- Lurybson Zega, I., Ginting, M. dan Tarigan, S.D. (2023) 'Analisis struktur beton bertulang dengan sistem flat slab dilengkapi drop panel pada bangunan bertingkat', *Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil (JRKMS)*, 6(1).
- Manjunath, P.S. & Holebsgilu, Y.R. (2018) 'Analysis and design of a multi-storey building with flat slab (C+G+9) using ETABS', *International Journal of Innovative Technology and Exploration Engineering (IJITEE)*, 6(1), pp. 176–183
- Navyashree, K. dan Sahana, T.S. (2014) 'Use of flat slabs in multi-storey commercial building situated in high seismic zone', *International Journal of Engineering Research and Technology*, 3(8).
- Sistem, D. dan Standar, P. (2020) *Penerapan Standar Nasional Indonesia*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Torabian, A., Isufi, B., Mostofinejad, D. dan Pinho, A. (2025) 'Behavior of thin lightly reinforced flat slabs under concentric loading', *Engineering Structures*, hlm. 1–42.
- Yankelevsky, D.Z., Karinski, Y.S., Brodsky, A. dan Feldgun, V.R. (2021) 'Dynamic punching shear of impacting RC flat slabs with drop panels', *Engineering Failure Analysis*, 129, 105682. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2021.105682>