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

Dwi Retno Astutik[1]*, Fajar Dadiono[2]

[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

Sistem *flat slab* dengan drop panel merupakan alternatif struktur beton bertulang yang menawarkan fleksibilitas tata ruang dan penyederhanaan sistem pelat, tetapi memerlukan pemeriksaan respons gempa serta geser pons pada sambungan pelat–kolom. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kinerja struktur bangunan bertingkat menggunakan sistem flat slab dengan drop panel berdasarkan SNI 1726:2019 dan SNI 2847:2019. Objek penelitian berupa gedung beton bertulang tiga lantai di Kota Yogyakarta yang dianalisis secara kuantitatif menggunakan perangkat lunak ETABS. Pemodelan dilakukan dengan mempertimbangkan geometri bangunan, karakteristik material, serta kombinasi beban gravitasi dan gempa. Parameter evaluasi mencakup partisipasi massa, gaya geser dasar, simpangan antarlantai, dan rasio geser pons. Desain awal menggunakan pelat lantai setebal 120 mm dan kolom berukuran 450 × 450 mm. Hasil analisis menunjukkan partisipasi massa ragam mencapai 99,97–100%, sehingga memenuhi batas minimum 90% yang digunakan dalam penelitian. Simpangan antarlantai yang dihitung juga berada dalam batas izin. Rasio geser pons maksimum akibat pembebanan gempa sebesar 0,972, sedangkan akibat pembebanan gravitasi sebesar 0,637; keduanya berada di bawah batas izin 1,0. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model struktur memenuhi pemeriksaan simpangan antarlantai dan geser pons yang dilaporkan. Temuan ini dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan awal dalam penerapan sistem flat slab dengan drop panel pada bangunan bertingkat dengan kondisi pembebanan serupa.

Kata kunci: bangunan bertingkat, drop panel, *flat slab*, geser pons, respons gempa

1. PENDAHULUAN

Perkembangan konstruksi bangunan bertingkat mendorong penggunaan sistem struktur yang mampu memberikan efisiensi ruang, kemudahan pelaksanaan, dan pemenuhan persyaratan keamanan bangunan. Salah satu alternatif yang digunakan adalah sistem flat slab, yaitu pelat beton bertulang yang menyalurkan beban secara langsung kepada kolom tanpa menggunakan balok konvensional. Sistem ini dapat memberikan fleksibilitas tata ruang, menyederhanakan pekerjaan bekisting, dan memungkinkan pengurangan tinggi antarlantai dibandingkan sistem pelat–balok (Basuki dan Komara, 2019; Irfan dan Savitri, 2025). Vargas et al. (2022) menjelaskan bahwa kesederhanaan konstruksi dan potensi pengurangan tinggi lantai merupakan keuntungan sistem flat slab, meskipun perilaku sambungan pelat–kolom memerlukan perhatian khusus. Oleh karena itu, penerapan sistem ini perlu mempertimbangkan kesesuaian desain terhadap persyaratan kekuatan dan kemampuan deformasi struktur.

Pada sistem flat slab, beban gravitasi disalurkan melalui pelat menuju kolom sehingga daerah sambungan pelat–kolom menjadi bagian penting dalam penilaian kinerja struktur. Konsentrasi gaya geser dan transfer momen pada daerah tersebut dapat menimbulkan kegagalan geser pons (punching shear), terutama ketika pelat mengalami pembebanan yang tidak seimbang. Penelitian Lurybson Zega et al. (2023) dan Harianti dan Astawa (2024) membahas penerapan sistem flat slab pada bangunan bertingkat. Sementara itu, Guo et al. (2022) menunjukkan bahwa kegagalan geser pons pada sambungan pelat–kolom dapat memengaruhi ketahanan struktur terhadap keruntuhan beruntun. Genikomsou (2024) juga menegaskan bahwa sambungan pelat–kolom rentan terhadap kegagalan geser ketika menerima kombinasi beban gravitasi dan gaya lateral akibat gempa. Kondisi tersebut menunjukkan pentingnya pemeriksaan geser pons dalam perencanaan bangunan bertingkat dengan sistem flat slab.

Salah satu upaya meningkatkan kapasitas sambungan pelat–kolom adalah penggunaan drop panel, yaitu penebalan pelat pada daerah sekitar kolom. Penambahan elemen ini dapat meningkatkan tinggi efektif pelat dan memengaruhi distribusi tegangan geser pada daerah tumpuan (Ecclesia et al., 2019; Handaya dan

DOI: 10.21063/JTS.2026.V1301.91-96
http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/

Sutandi, 2019). Grabski dan Ambroziak (2023) menunjukkan bahwa ukuran dan kekakuan drop panel memengaruhi perilaku serta mekanisme kegagalan geser pons pada sambungan pelat–kolom. Jiao et al. (2022) juga mengevaluasi perilaku sambungan flat slab yang dilengkapi drop panel dan tulangan geser, termasuk respons sebelum dan sesudah terjadinya kegagalan pons. Selanjutnya, Ghalla et al. (2025) menunjukkan bahwa penguatan menggunakan drop panel berbahan komposit semen tertentu dapat meningkatkan kinerja pelat terhadap kegagalan geser pons. Hasil penelitian tersebut memperlihatkan bahwa efektivitas drop panel dipengaruhi oleh dimensi, kekakuan, karakteristik material, dan kondisi pembebanan sehingga perlu diperhitungkan secara tepat dalam desain struktur.

Selain kemampuan menahan beban gravitasi, perilaku sistem flat slab terhadap pembebanan gempa perlu mendapat perhatian karena deformasi lateral dapat meningkatkan tuntutan gaya dan momen pada sambungan pelat–kolom. Muttoni et al. (2022) menunjukkan bahwa kapasitas deformasi sambungan pada sistem flat slab berkaitan dengan kondisi pembebanan gravitasi, dimensi pelat, dan karakteristik sambungan. Isufi et al. (2022) menemukan bahwa penggunaan detail perkuatan tertentu dapat meningkatkan kapasitas deformasi dan daktilitas sambungan pelat–kolom selama pembebanan siklik. Genikomsou (2024) menekankan pentingnya evaluasi interaksi beban gravitasi dan gaya lateral dalam pemeriksaan kegagalan geser pons akibat gempa. Dengan demikian, analisis bangunan bertingkat menggunakan sistem flat slab perlu memperhatikan respons struktur secara keseluruhan, termasuk partisipasi massa, gaya geser dasar, simpangan antarlantai, serta kapasitas geser pons. Pemeriksaan tersebut perlu disesuaikan dengan ketentuan perencanaan gempa dan beton struktural yang berlaku.

Berdasarkan penelitian terdahulu, sistem flat slab dengan drop panel memiliki potensi untuk diterapkan pada bangunan bertingkat, tetapi pemenuhan persyaratan struktural harus dievaluasi berdasarkan geometri, pembebanan, serta karakteristik sistem penahan gaya lateral yang digunakan. Penelitian ini mengkaji penerapan sistem flat slab dengan drop panel pada model gedung beton bertulang tiga lantai yang berlokasi di Kota Yogyakarta. Pemodelan dan analisis dilakukan menggunakan perangkat lunak ETABS dengan mengacu pada SNI 1726:2019 dan SNI 2847:2019. Penelitian bertujuan mengevaluasi respons struktur melalui pemeriksaan partisipasi massa, gaya geser dasar, simpangan antarlantai, dan rasio geser pons pada sambungan pelat–kolom. Hasil penelitian diharapkan memberikan gambaran mengenai pemenuhan kriteria desain struktur pada model bangunan yang dianalisis sebagai bahan pertimbangan dalam penerapan sistem flat slab dengan drop panel.

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 (fy) : 420 MPa
4. Dimensi Kolom : 45 cm × 45 cm
5. Modulus Elastisitas Baja (Es) : 200.000 MPa
6. Modulus Elastisitas Beton (Ec) : 25742.96 MPa
7. Angka Possion Baja (Us) : 0.3
8. Angka Possion Beton (Uc) : 0.2
9. Perancangan Tebal *flat slab*

λn = bentang terpanjang = 3500 mm

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

10. Perencanaan dimensi *drop panel*

Arah sumbu x = $L\ Droppanel \geq \frac{1}{6}\ Lx$

$$= Lx \geq \frac{1}{6} \times 3500 = 583.34\ mm$$

DOI: 10.21063/JTS.2026.V1301.91-96
http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/

Arah sumbu x = $L\ Droppanel\ \geq \frac{1}{6}\ Ly$

= Lx $\geq \frac{1}{6} \times 3000 = 500\ mm$

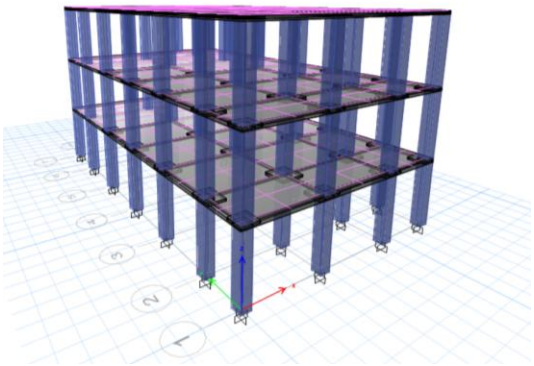
Digunakan lebar *drop panel* arah x dan y = 1083.24 ≈ 1100 mm

Tebal Drop Panel

H droppanel $\geq \frac{1}{4} \times 120\ \text{mm} = 30\ \text{mm}$ Tebal tidak memenuhi persyaratan, sehingga tebal *drop panel* adalah 100 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 lainya (SNI 1726-2019). Beban mati yang dihitungkan adalah:

a. Berat dinding = (Tinggi antar lantai-tebal pelat) × berat isi bata ½ batu
   = (3.25 m -0.12) × 2.5
   = 7.825 KN/m
b. Beban mati tambahan pada lantai 1-3
   Spesi = tebal spesi × berat isi
   = 0.02 m × 22 KN/m³ = 0.44 KN/m²
   Keramik = Tebal penutup lantai × berat isi
   = 0.01 m × 23 KN/m³ = 0.24 KN/m²
   Instalasi ME = 0.25 KN/m²
   Plafon = 0.2 KN/m²
   Total Beban Mati (DL) = 1.13 KN/m²

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/m²
b. Beban Hidup Pada Pelat Atap
   Beban air = tinggi air genangan x berat isi
   = 0.02 n × 9,81 = 1.058 KN/m²

3. Beban Gempa

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

DOI: 10.21063/JTS.2026.V1301.91-96
http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/

Kombinasi Pembebanan

1. 1.4 D
2. 1.2 D + 1.6 L + 0.5 Lr
3. 1.2 D + 1.6 Lr +0.5
4. 1.2 D + L + 0.5 Lr
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 ekivalen (V), maka gaya tersebut harus dikalikan dengan faktor $\frac{V}{Vs}$ 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

DOI: 10.21063/JTS.2026.V1301.91-96
http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/

Tabel 4. Simpangan antar lantai arah x

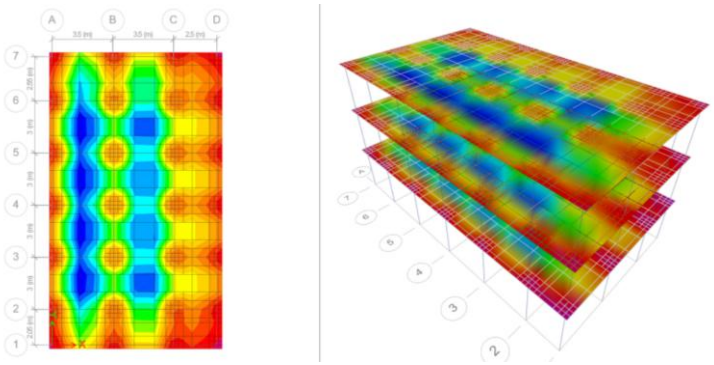
Lantai	HSX (mm)	dx (mm)	Δx (mm)	Δijin (mm)	Kontrol (mm)
L.3	32500	6,88	14,036	81,25	Ok
L.2	32500	4,328	15,367	81,25	Ok
L.1	32500	1,534	8,437	81,25	Ok
Dasar	0	0	0	0	Ok

Tabel 5. simpangan antar lantai arah y

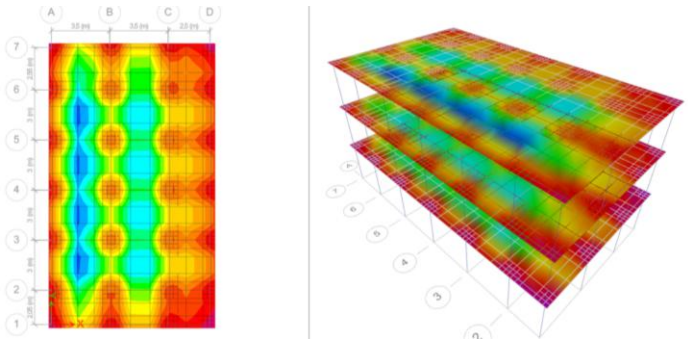
Lantai	HSy (mm)	dy (mm)	Δy (mm)	Δijin (mm)	Kontrol (mm)
L.3	32500	6,394	12,766	81,25	Ok
L.2	32500	4,328	14,355	81,25	Ok
L.1	32500	1,464	8,0522	81,25	Ok
Dasar	0		0	0	Ok

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 gempa



Gambar 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.

DOI: 10.21063/JTS.2026.V1301.91-96
http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/

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.

Genikomsou, A. S. (2024). Seismic damage assessment of reinforced concrete slab-column connections—Review of test data, code provisions and analytical models. *Buildings, 14*(2), 465. https://doi.org/10.3390/buildings14020465

Ghalla, M., Badawi, M., Hu, J. W., Elsamak, G., Mlybari, E. A., & Emara, M. (2025). Ultimate performance of two-way reinforced concrete flat slabs enhanced by SHCC drop panels mitigating punching failure. *Journal of Building Engineering, 99*, 111574. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2024.111574

Grabski, M., & Ambroziak, A. (2023). Experimental and analytical analysis of punching shear in flat slabs supported on column topped with concrete head. *Construction and Building Materials, 364*, 129961. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.129961

Guo, X., Yang, Z., Li, Y., Guan, H., Lu, X., & Diao, M. (2022). Progressive collapse of flat plate substructures initiated by upward and downward punching shear failures of interior slab–column joints. *Journal of Structural Engineering, 148*(2). https://doi.org/10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0003241

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.

Isufi, B., Almeida, A., Marreiros, R., Ramos, A. P., & Lúcio, V. (2022). Slab–column connection punching and ductility improvement methods for seismic response of buildings with flat slabs. *Structural Concrete, 23*(3), 1385–1398. https://doi.org/10.1002/suco.202100690

Jiao, Z., Li, Y., Guan, H., Diao, M., Yang, Z., Wang, J., & Li, Y. (2022). Pre- and post-punching failure performances of flat slab-column joints with drop panels and shear studs. *Engineering Failure Analysis, 140*, 106604. https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2022.106604

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 Mekkanika 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

Muttoni, A., Coronelli, D., Lamperti Tornaghi, M., Martinelli, L., Pascu, I. R., Pinho Ramos, A., Tsionis, G., Bamonte, P., Isufi, B., & Setiawan, A. (2022). Deformation capacity evaluation for flat slab seismic design. Bulletin of Earthquake Engineering, 20, 1619–1654. https://doi.org/10.1007/s10518-021-01302-xNavyashree, 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).

Penerapan Standar Nasional Indonesia. (2020) 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

Vargas, D., Lantsoght, E. O. L., & Genikomsou, A. S. (2022). Flat slabs in eccentric punching shear: Experimental database and code analysis. *Buildings, 12*(12), 2092. https://doi.org/10.3390/buildings12122092

DOI: 10.21063/JTS.2026.V1301.91-96
http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/