

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

Immanuel Lurybson ZEGA^{1*}, Martius GINTING¹, Simon Dertha TARIGAN¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Santo Thomas, email: immanuelzega10@gmail.com

Sejarah artikel

Diserahkan: 03 September 2023
Dalam bentuk revisi: 28 September 2023

Diterima: 30 September 2023
Tersedia online: Oktober 2023

Abstract

A flat slab is a reinforced concrete slab without beams or girders, and directly transfers loads to the columns. When planning a flat slab with drop panels for reinforced concrete building structures, adherence to SNI 2847:2019 is essential. This research aims to determine the reinforcement system for the flat slab, for the drop panels, and the structural capacity to withstand loads, particularly focusing on punching shear stresses in critical sections. A three-dimensional structural analysis was done using ETABS V18 software, incorporating loads prescribed by SNI 1727:2020 and seismic loads based on response spectrum analysis in accordance with SNI 1726:2019. Subsequently, following the structural analysis and the determination of internal forces, the reinforcement design for the slab in each span and the design of reinforcement for the drop panels will be carried out. The research also involve calculating the punching shear stress occurring in the slab. Based on the findings, it is anticipated that the area of flexural reinforcement required for the slab and drop panels, as well as the punching shear stress experienced by the slab, will be lower than the shear stress capacity of the concrete itself.

Keywords: flat slab, drop panel, punching shear, multi-storey concrete building

Abstrak

Flat slab adalah pelat beton bertulang yang tidak memiliki balok atau girder, sehingga beban langsung diteruskan ke kolom. Dalam perencanaan flat slab dengan drop panel untuk struktur bangunan beton bertulang, perlu mematuhi pedoman yang terdapat dalam SNI 2847:2019. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi sistem perkuatan flat slab, perkuatan drop panel, dan kapasitas strukturalnya dalam menanggung beban, terutama fokus pada tegangan geser pons (punching shear) yang terjadi pada bagian kritis. Dalam pelaksanaan penelitian ini, kita akan mengandalkan penelitian literatur sebagai sumber referensi. Penulis akan melakukan analisis struktural tiga dimensi pada sistem flat slab menggunakan perangkat lunak Etabs V18 dan memasukkan beban sesuai dengan ketentuan SNI 1727:2020, juga akan memasukkan beban akibat gempa dengan mengacu pada analisis respons spektrum sebagaimana yang diatur dalam SNI 1726:2019. Setelah analisis struktural selesai dan hasilnya telah diperoleh, maka dilakukan desain perkuatan pada pelat di setiap bagian dan desain perkuatan pada drop panel. Selanjutnya, perhitungan tegangan geser pons (punching shear) pada pelat akan dilakukan. Berdasarkan hasil penelitian, diperkirakan bahwa luas perkuatan lentur yang dibutuhkan pada pelat dan drop panel, serta tegangan geser pons yang dialami oleh pelat, akan lebih kecil daripada kapasitas tegangan geser yang dapat ditanggung oleh beton itu sendiri.

Kata kunci: flat slab, drop panel, punching shear, bangunan beton bertingkat

1. Pendahuluan

Perkembangan industri konstruksi pada zaman modern telah memacu peningkatan kompleksitas dan inovasi dalam perencanaan serta eksekusi proyek-proyek pembangunan. Bangunan bertingkat, yang memiliki karakteristik yang lebih kompleks daripada bangunan satu

lantai, membutuhkan perencanaan yang cermat untuk menjamin keamanan struktural, efisiensi konstruksi, dan kenyamanan bagi penghuninya (Ervianto, 2006). Di tengah dinamika ini, sistem struktural menjadi salah satu faktor kunci yang memengaruhi kualitas dan kesuksesan proyek.

Salah satu sistem struktural yang semakin menarik perhatian dalam perencanaan bangunan bertingkat adalah sistem *flat slab* dengan *drop panel* (Sagaseta, dkk., 2016). Sistem ini telah menjadi opsi utama dalam desain bangunan bertingkat karena kemampuannya dalam menangani beban-beban yang kompleks dan memberikan fleksibilitas desain yang tinggi. Sistem *flat slab* dengan *drop panel* menggabungkan fitur dari *flat slab*, yang memiliki pelat lantai yang relatif tebal dan bebas balok, dengan penggunaan *drop panel* di sekitar kolom struktural. Keunggulan sistem ini meliputi peningkatan kekuatan struktural, distribusi beban yang lebih merata, dan kemampuan untuk menangani deformasi dengan lebih baik (Erberik & Elnashai, 2004).

Flat slab adalah sistem konstruksi pelat beton bertulang yang tidak menggunakan balok sebagai elemen struktural. Dengan menghilangkan balok, sistem ini memiliki beberapa keunggulan, seperti mengurangi tinggi lantai secara keseluruhan dan mengurangi beban struktural secara signifikan. Manfaat lainnya mencakup pengurangan biaya plafon, penyederhanaan proses penulangan, pemasangan perancah, serta penggunaan bekisting yang lebih efisien secara ekonomis. Dalam *flat slab*, beban dari lantai didistribusikan langsung ke kolom. Untuk mengatasi tantangan ini, *drop panel*, juga dikenal sebagai pelat penumpu, ditambahkan di sekitar kepala kolom. Drop panel memiliki peran penting dalam meningkatkan kapasitas pelat untuk menahan geser pons (*punching shear*) dan momen negatif yang terjadi pada titik pertemuan antara pelat dan kolom (Patil, dkk., 2013; Sagaseta, dkk., 2016; Sahab, dkk., 2005).

Sistem *Flat Slab* dalam konstruksi beton bertulang menawarkan sejumlah kelebihan dan kekurangan yang perlu dipertimbangkan saat merencanakan dan melaksanakan proyek. Berikut adalah beberapa keunggulan utama dari sistem *Flat Slab*:

- Efisiensi Konstruksi: *Flat Slab* menghilangkan kebutuhan akan balok, mempercepat proses konstruksi, dan mengurangi kompleksitas dalam pemasangan struktur.
- Ketinggian Lantai yang Rendah: Tanpa balok, lantai dapat dibangun lebih rendah, yang sering diinginkan dalam desain bangunan bertingkat, terutama untuk proyek komersial atau perkantoran.
- Fleksibilitas Desain: *Flat Slab* memungkinkan desain ruang interior yang fleksibel karena tidak ada balok yang mengganggu ruang lantai, memudahkan pengaturan tata letak dan fungsi ruang.
- Distribusi Beban yang Merata: Beban dari lantai didistribusikan langsung ke kolom, menciptakan distribusi beban yang merata dan mengurangi titik-titik konsentrasi beban.
- Penggunaan Ruang yang Efisien: Tanpa balok, *Flat Slab* memaksimalkan penggunaan ruang dan memungkinkan ruangan untuk digunakan secara lebih efisien.

Berikut adalah beberapa kelemahan utama dari sistem *Flat Slab*:

- Kapasitas *Shear* Terbatas: *Flat Slab* memiliki kapasitas *shear* yang lebih rendah daripada sistem dengan balok, memerlukan perencanaan hati-hati untuk mengatasi masalah kekuatan geser pons (*punching shear*).
- Kebutuhan *Drop Panel*: Untuk mengatasi kapasitas *shear* yang terbatas, sering kali diperlukan *drop panel* di sekitar kolom, yang dapat menambah kompleksitas dalam perencanaan dan pelaksanaan.
- Biaya Perancah dan Bekisting: Proses pemasangan perancah dan bekisting pada *Flat Slab* mungkin memerlukan lebih banyak pekerjaan daripada sistem dengan balok, menghasilkan biaya tambahan.
- Keterbatasan Panjang Span: Kurang cocok untuk panjang span yang sangat besar, memerlukan elemen pendukung tambahan seperti kolom atau balok.

- Penggunaan Material Tambahan: Beberapa desain *Flat Slab* memerlukan material tambahan, seperti dinding geser atau tulangan tambahan, untuk memastikan kekuatan dan stabilitas yang memadai.

Dalam mengadopsi sistem *Flat Slab*, penting untuk mempertimbangkan karakteristik proyek dan tujuan desain yang spesifik. Kelebihan sistem ini dalam efisiensi konstruksi dan fleksibilitas desain sering kali menjadi pilihan yang baik, tetapi perlu mempertimbangkan dan mengatasi kekurangan yang terkait agar proyek dapat berjalan dengan lancar dan aman. Penelitian ini bertujuan untuk mendalami perencanaan bangunan bertingkat dengan menggunakan sistem *flat slab* dengan *drop panel*, menganalisis aspek-aspek penting dalam perencanaan seperti pemilihan material, analisis struktural, perhitungan kekuatan dan kestabilan, serta aspek lain yang terkait. Selain itu, penelitian ini juga mempertimbangkan keuntungan dan kerugian penggunaan sistem ini dalam proyek konstruksi sehari-hari, termasuk faktor-faktor ekonomi dan keberlanjutan.

Dengan pemahaman yang lebih mendalam tentang perencanaan bangunan bertingkat menggunakan sistem *flat slab* dengan *drop panel*, diharapkan kontribusi yang signifikan dapat diberikan kepada praktisi konstruksi, insinyur struktural, dan peneliti dalam mengembangkan solusi yang lebih efisien dan berkelanjutan dalam perancangan bangunan bertingkat (Desiyani, 2018; Primakov & Leo, 2019). Selain itu, penelitian ini juga dapat memberikan panduan yang berguna bagi pemilik proyek dalam membuat keputusan yang lebih terinformasi dalam mengadopsi sistem struktural yang sesuai dengan kebutuhan mereka.

2. Metodologi

Penentuan Drop panel dan Ketebalan Pelat

Menurut ketentuan yang terdapat dalam pasal 8.2.4 (SNI 2847-2019), sebuah *drop panel* pada pelat beton nonprategang yang bertujuan untuk mengurangi ketebalan pelat harus memenuhi persyaratan berikut:

- *Drop panel* harus menyempit di bawah pelat setidaknya seperempat dari ketebalan pelat yang bersebelahan dengannya.
- *Drop panel* harus diteruskan dalam setiap arah dari garis pusat tumpuan, dengan jarak titik yang lebih pendek dari seperenam panjang bentang yang diukur dari pusat tumpuan dalam arah yang bersangkutan.

Selain itu, berdasarkan ketentuan pasal 8.3.1.1 dari (SNI 2847-2019), untuk pelat beton nonprategang tanpa balok yang membentang di antara tumpuan pada semua sisinya dan memiliki rasio panjang bentang terhadap bentang pendek maksimum 2, ketebalan total pelat, yang harus memenuhi batasan yang tertera dalam tabel berikut, tidak boleh kurang dari nilai minimum antara a) atau b), kecuali dalam hal batasan lendutan.

- Pelat tanpa *drop panel* = 125 mm
- Pelat dengan *drop panel* = 100 mm

Tabel 1. Ketebalan minimum pelat dua arah nonprategang tanpa balok interior (mm)

f_y (Mpa)	Tanpa Drop Panel			Dengan Drop Panel		
	Panel ekterior		Panel interior	Panel ekterior		Panel Interior
	Tampa balok tepi	Dengan balok tepi		Tampa balok tepi	Dengan Balok tepi	
280	$\ell_n/33$	$\ell_n/36$	$\ell_n/36$	$\ell_n/36$	$\ell_n/40$	$\ell_n/40$
420	$\ell_n/30$	$\ell_n/33$	$\ell_n/33$	$\ell_n/33$	$\ell_n/36$	$\ell_n/36$
520	$\ell_n/28$	$\ell_n/31$	$\ell_n/31$	$\ell_n/31$	$\ell_n/24$	$\ell_n/24$

Penampang Kritis

Untuk komponen geser dua arah, penampang kritis harus ditempatkan sedemikian rupa agar nilai b_o minimum, tetapi tidak lebih dekat dari $d/2$ antara poin a) dan b):

- a. Ujung atau pojok kolom, beban terpusat, atau daerah reaksi

- b. Perubahan pada pelat atau ketebalan pondasi telapak, seperti ujung kepala kolom (*capital*), panel *drop* (*drop panel*), atau kap geser (*shear caps*)

Untuk kolom persegi, beban terpusat, atau daerah reaksi, penampang kritis untuk komponen dua arah yang sesuai poin 1 a) dan b) boleh diasumsikan sebagai sisi lurus. Untuk kolom bulat, atau kolom poligon penampang kritis untuk geser dua arah yang sesuai poin 1 a) dan b) boleh diasumsikan sebagai kolom persegi dengan luas yang sama.

Saat momen disalurkan antara kolom dan pelat, 60 persen momen harus dipertimbangkan untuk disalurkan oleh lentur melewati keliling kritis yang didefinisikan dalam SNI 2847-2019 pasal 22.6.4.1, dan 40 persen oleh eksentrisitas geser dari pusat penampang kritis. Untuk kolom persegi panjang, bagian momen yang ditransfer oleh lentur meningkat seiring dengan lebar kritis dari muka kolom yang menahan momen meningkat.

Distribusi tegangan diilustrasikan pada Gambar 1 untuk kolom interior atau eksterior. Keliling pada penampang kritis, ABCD, ditentukan sesuai SNI 2847-2019 pasal 22.6.4.1. Tegangan geser terfaktor V_{ug} dan momen pelat terfaktor yang ditahan oleh kolom M_{sc} ditentukan pada sumbu c-c dari penampang kritis. Tegangan geser terfaktor maksimum bisa dihitung dari :

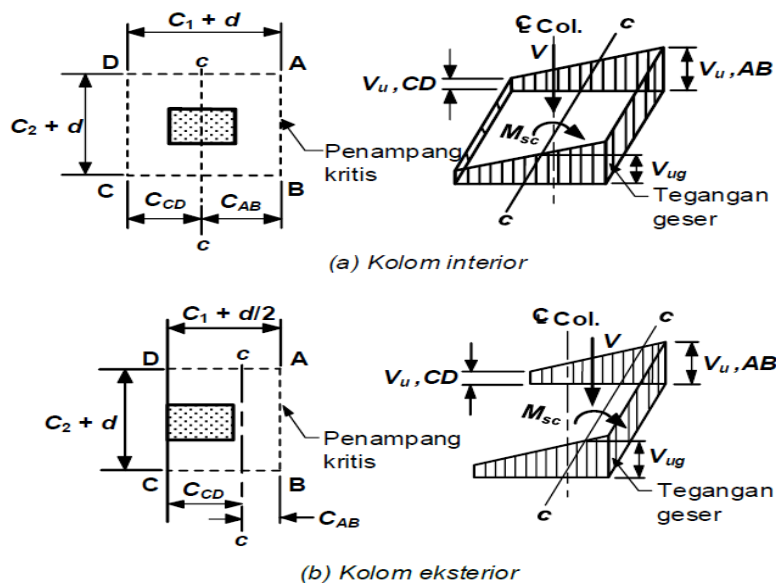
$$V_{u,AB} = V_{ug} + \frac{\lambda_v M_{sc} C_{AB}}{J_c} \quad \text{atau} \quad V_{u,CD} = V_{ug} - \frac{\lambda_v M_{sc} C_{CD}}{J_c} \quad (1)$$

dimana untuk kolom interior, J_c dapat dihitung dengan:

J_c = bagian dari penampang kritis diasumsikan dengan momen polar inersia

$$J_c = \frac{d(c_1 + d)^3}{6} + \frac{(c_1 + d)d^3}{6} + \frac{d(c_2 + d)(c_1 + d)^2}{2} \quad (2)$$

Persamaan serupa dapat dikembangkan untuk J_c untuk kolom yang terletak di tepi atau sudut pelat. Bagian M_{sc} yang tidak disalurkan oleh eksentrisitas geser seharusnya disalurkan oleh lentur sesuai dalam SNI 2847-2019 pasal 8.4.2.3. Metode konservatif memberikan bagian yang disalurkan oleh lentur pada lebar pelat efektif yang didefinisikan dalam SNI 2847-2019 pasal 8.4.2.3.3. Seringkali, lajur tulangan kolom dikonsentrasikan di dekat kolom untuk mengakomodasi M_{sc} .



Gambar 1. Ilustrasi distribusi tegangan geser

Dalam penyelesaian penelitian ini yang dianalisis adalah *flat slab* beserta *drop panel*, dan struktur gedung dimana memasukkan beban-beban gravitasi dan beban lateral. Untuk

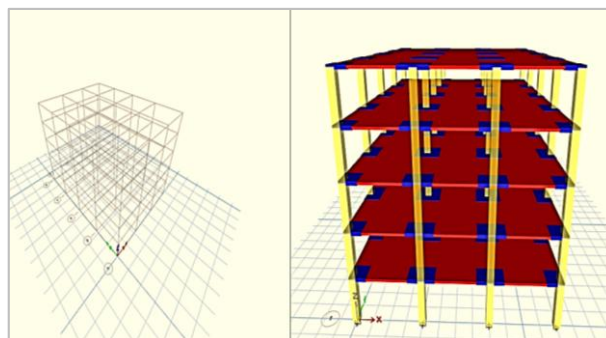
perhitungan analisis menggunakan software ETABS V18.1.1 dan untuk penggambaran dilakukan dengan bantuan software AutoCAD, setelah dilakukan analisis dengan bantuan software Etabs didapatkan hasil output gaya-gaya dalam dan melakukan perhitungan luas tulangan yang dibutuhkan pada pelat dan *drop panel*, sampai dengan kesimpulan akhir dari analisa struktur gedung ini yaitu untuk mendapat hasil perencanaan dan kemampuan struktur dalam menerima beban-beban yang bekerja (SNI-1727-2020). Dalam hal ini penulis merencanakan bangunan beton bertulang bertingkat menggunakan sistem *flat slab* dengan *drop panel*.

Data bangunan sebagai berikut:

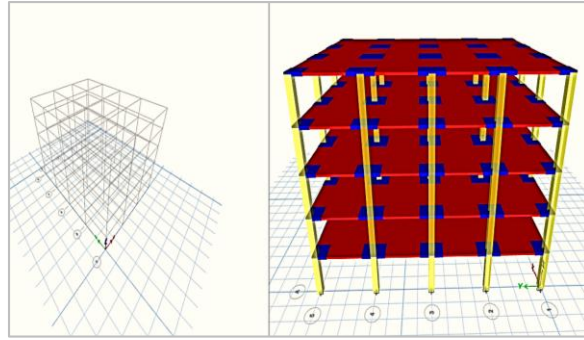
Letak Bangunan	= Kota Medan
Fungsi Bangunan	= Gedung Perkantoran
Konstruksi Struktur	= Beton Bertulang
Jumlah Lantai	= 5 Lantai
Tinggi Bangunan	= 15 m
Tinggi Antar Lantai	= 3 m
Panjang Perportal Arah Y	= 5 m
Lebar Perportal Arah X	= 5 m
Panjang Total Bangunan Arah Y	= 20 m
Panjang Total Bangunan Arah X	= 15 m

Kombinasi Pembebanan

1. $1,4D$
2. $1,2D + 1,6L + 0,5L_r$
3. $1,2D + 1,6L_r + L$
4. $1,2D + L + 0,5L_r$
5. $0,9D$
6. $1,2D + E + L = 1,2D + E_v + E_H + L$
 - a. $(1,2+0,2S_{DS})D + 1,3E_x + 0,39E_y + L$
 - b. $(1,2+0,2S_{DS})D + 1,3E_x - 0,39E_y + L$
 - c. $(1,2+0,2S_{DS})D - 1,3E_x + 0,39E_y + L$
 - d. $(1,2+0,2S_{DS})D - 1,3E_x - 0,39E_y + L$
 - e. $(1,2+0,2S_{DS})D + 0,39E_x + 1,3E_y + L$
 - f. $(1,2+0,2S_{DS})D - 0,39E_x + 1,3E_y + L$
 - g. $(1,2+0,2S_{DS})D + 0,39E_x - 1,3E_y + L$
 - h. $(1,2+0,2S_{DS})D - 0,39E_x - 1,3E_y + L$
7. $0,9D - E_v + E_H$
 - a. $(0,9-0,2S_{DS})D + 1,3E_x + 0,39E_y$
 - b. $(0,9-0,2S_{DS})D + 1,3E_x - 0,39E_y$
 - c. $(0,9-0,2S_{DS})D - 1,3E_x + 0,39E_y$
 - d. $(0,9-0,2S_{DS})D - 1,3E_x - 0,39E_y$
 - e. $(0,9-0,2S_{DS})D + 0,39E_x + 1,3E_y$
 - f. $(0,9-0,2S_{DS})D + 0,39E_x - 1,3E_y$
 - g. $(0,9-0,2S_{DS})D - 0,39E_x + 1,3E_y$
 - h. $(0,9-0,2S_{DS})D - 0,39E_x - 1,3E_y$



Gambar 2. Pemodelan struktur portal arah X

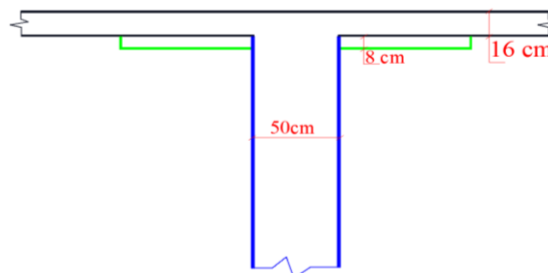


Gambar 3. Pemodelan struktur portal arah Y

4. Pembahasan

Untuk perhitungan struktur digunakan kriteria desain untuk material beton bertulang dengan parameter-parameter perencanaan sebagai berikut:

- a) Berat jenis beton bertulang : 2400 kg/m^3
- b) Mutu Beton (f'_c) : 30 MPa
- c) Mutu tulangan (f_y) : 420 Mpa
- d) Angka Poisson beton (U_c) : $0,2$
- e) Angka Poisson baja (U_s) : $0,3$
- f) Modulus Elastisitas beton (E_c) : $25742,96 \text{ Mpa}$
- g) Modulus Elastisitas baja (E_s) : 200.000 Mpa
- h) Tebal pelat : 16 cm
- i) Tebal drop panel : 8 cm
- j) Luasan drop panel : $2 \text{ m} \times 2 \text{ m}$
- k) Dimensi kolom : $50 \text{ cm} \times 50 \text{ cm}$



Gambar 4. Dimensi kolom, pelat dan drop panel

Beban Mati

Beban Mati Primer adalah beban yang mencakup semua komponen struktural, yaitu kolom dan pelat. Beban ini akan dihitung secara otomatis oleh perangkat lunak Etabs V18. Beban Mati Tambahan dihitung sebagai berikut.

- 1) Beban mati tambahan pada pelat lantai 1-4

$$\begin{aligned} \text{Spesi} &= \text{tebal spesi} \times \text{berat isi spesi} \\ &= 0,02 \text{ m} \times 22 \text{ kN/m}^3 \\ &= 0,44 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Keramik} &= \text{tebal penutup lantai} \times \text{berat isi penutup lantai} \\ &= 0,01 \text{ m} \times 24 \text{ kN/m}^3 \\ &= 0,24 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Instalasi ME} = 0,25 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Plafond} = 0,2 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Total } Q_{dl} = 1,13 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Beban dinding} &= (\text{Tinggi antar lantai} - \text{tebal pelat}) \times \text{Berat isi bata } \frac{1}{2} \text{ batu} \\ &= (3 \text{ m} - 0,16 \text{ m}) \times 2,5 \text{ kN/m}^2 \\ &= 7,1 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

- 2) Beban mati tambahan pada pelat lantai atap

$$\begin{aligned}
 \text{Spesi} &= \text{tebal spesi} \times \text{berat isi spesi} \\
 &= 0,02 \text{ m} \times 22 \text{ kN/m}^3 \\
 &= 0,44 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{Instalasi ME} &= 0,25 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{Plafond} &= 0,2 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{Lapisan Waterproofing} &= 0,05 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{Total } Q_{dl} &= 0,94 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{Beban dinding} &= \text{Tinggi dinding} \times \text{Berat isi bata } \frac{1}{2} \text{ batu} \\
 &= 1 \text{ m} \times 2,5 \text{ kN/m}^2 \\
 &= 2,5 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

Beban Hidup

Sementara itu, Beban Hidup Atap adalah beban yang timbul pada atap akibat pemeliharaan oleh pekerja, peralatan, material, serta karena penggunaan struktur selama masa layan, seperti penempatan tanaman pot atau penambahan perlengkapan dekoratif kecil lainnya yang tidak berhubungan dengan fungsi perumahan.

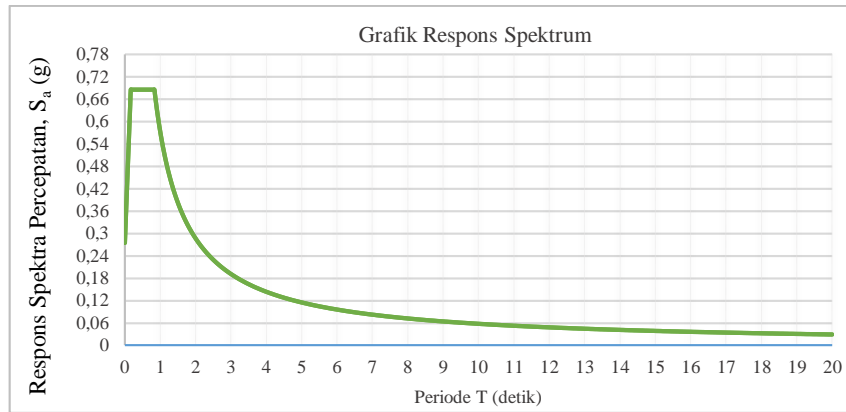
- 1) Beban Hidup pada pelat lantai 1-4
Beban gerak (penggunaan) = 2,4 kN/m²
- 2) Beban Hidup pada Pelat atap
Beban gerak (penggunaan) = 0,96 kN/m²
Beban Air = tinggi air genangan x berat isi
= 0,02 m x 9,81 kN/m² = 0,098 kN/m²
Total = 1,058 kN/m²

Beban Gempa

Letak Bangunan adalah di Kota Medan dengan Kelas Situs berupa Tanah Lunak (E). Dari hasil aplikasi Respon Spektrum Desain Indonesia 2019 didapat data sebagai berikut:

Tabel 2. Perhitungan S_a dan T grafik respons spektrum

T (detik)	S_a (g)	T (detik)	S_a (g)
0	0,274	10,5	0,0545
0,5	0,6849	11	0,052
1	0,5721	11,5	0,0497
1,5	0,3814	12	0,0477
2	0,2861	12,5	0,0458
2,5	0,2288	13	0,044
3	0,1907	13,5	0,0424
3,5	0,1635	14	0,0409
4	0,143	14,5	0,0395
4,5	0,1271	15	0,0381
5	0,1144	15,5	0,0369
5,5	0,104	16	0,0358
6	0,0954	16,5	0,0347
6,5	0,088	17	0,0337
7	0,0817	17,5	0,0327
7,5	0,0763	18	0,0318
8	0,0715	18,5	0,0309
8,5	0,0673	19	0,0301
9	0,0636	19,5	0,0293
9,5	0,0602	20	0,0286
10	0,0572		



Gambar 5. Kurva respons spektrum

Berdasarkan Tabel 12 dalam SNI-1726-2019, nilai R , C_d , dan Ω_0 adalah sebagai berikut dengan KDS D dan menggunakan sistem pemikul seismik rangka beton bertulang pemikul momen khusus:

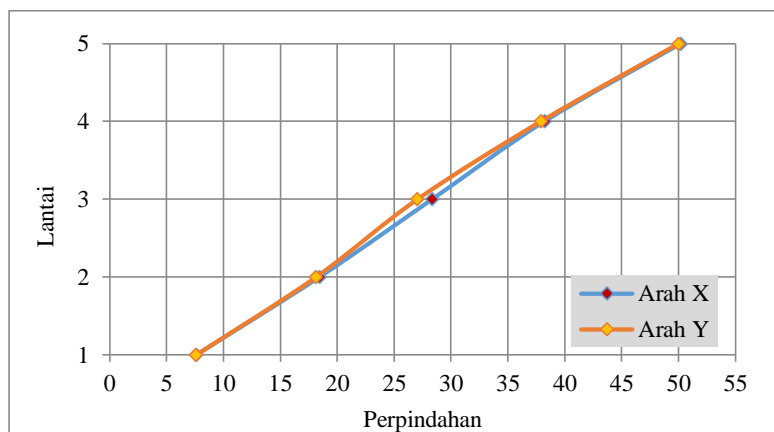
- a. Koefisien modifikasi respon (R) = 8
- b. Faktor kuat lebih sistem (Ω_0) = 3
- c. Faktor pembesaran defleksi (C_d) = 5,5

Tabel 3. Kinerja struktur sumbu-X

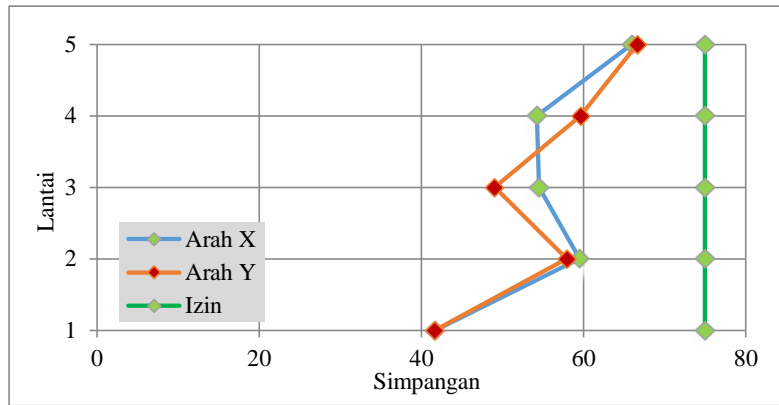
No.	Bagian	Elevasi (m)	Perpindahan (δ_{xe}) (mm)	δ_x (mm)	Δ (mm)	Δ_{ijin} (mm)	Ket.
1	Lt. 5	3,0	50,21	276,155	66	75	Aman
2	Lt. 4	3,0	39,21	210,155	54,285	75	Aman
3	Lt. 3	3,0	28,34	155,87	54,56	75	Aman
4	Lt. 2	3,0	18,42	101,31	59,554	75	Aman
5	Lt. 1	3,0	7,592	41,756	41,756	75	Aman

Tabel 4. Kinerja struktur sumbu-Y

No.	Bagian	Elevasi (m)	Perpindahan (δ_{ye}) (mm)	δ_y (mm)	Δ (mm)	Δ_{ijin} (mm)	Ket.
1	Lt. 5	3,0	50,01	275,055	66,66	75	Aman
2	Lt. 4	3,0	37,89	208,395	59,675	75	Aman
3	Lt. 3	3,0	27,04	155,87	49,06	75	Aman
4	Lt. 2	3,0	18,12	99,69	57,97	75	Aman
5	Lt. 1	3,0	7,58	41,69	41,69	75	Aman



Gambar 6. Grafik perpindahan sumbu X dan sumbu Y



Gambar 7. Grafik simpangan sumbu X dan sumbu Y

Tabel 5. Rekapitulasi penulangan pelat

Lantai	Lajur	Daerah	Arah	Tulangan
1	Lajur kolom	Tumpuan	X	D16-130
			Y	D16-110
		Lapangan	X	D16-320
			Y	D16-320
	Lajur tengah	Tumpuan	X	D13-300
		Lapangan	Y	D13-340
2	Lajur kolom	Tumpuan (Tulangan Rangkap Y)	X	D16-115
			Y (atas)	D16-100
			Y (bawah)	D16-320
		Lapangan	X	D16-320
			Y	D16-320
	Lajur tengah	Tumpuan	X	D13-300
			Y	D13-340
		Lapangan	X	D13-300
			Y	D13-340
3	Lajur kolom	Tumpuan	X	D16-120
			Y	D16-100
		Lapangan	X	D16-320
			Y	D16-320
	Lajur tengah	Tumpuan	X	D13-300
			Y	D13-340
		Lapangan	X	D13-300
			Y	D13-340
4	Lajur kolom	Tumpuan	X	D16-135
			Y	D16-110
		Lapangan	X	D16-320
			Y	D16-320
	Lajur tengah	Tumpuan	X	D13-300
			Y	D13-340
		Lapangan	X	D13-300
			Y	D13-340
5	Lajur kolom	Tumpuan	X	D16-185
			Y	D16-155
		Lapangan	X	D16-320
			Y	D16-320
	Lajur tengah	Tumpuan	X	D13-300
			Y	D13-340
		Lapangan	X	D13-300
			Y	D13-340

Tabel 6. Penulangan drop panel lantai 1-5

Drop Panel	Arah	Momen (kN.m)	A _s , (mm ²)	Jarak, (mm)	Tulangan Terpasang	Jarak Max. (mm)	ØM _n , (kN.m)
Lantai 1	X	-89,013	1113,40	180,491	D16-150	450	101,773
	Y	-88,474	1197,46	167,821	D16-150	450	93,671
	X	42,647	720	69,778	D8-68	450	58,624
	Y	41,126	693,33	72,462	D8-70	450	54,826
Lantai 2	X	-96,35	1205,41	166,714	D16-150	450	101,773
	Y	-96,073	1300,62	154,510	D16-140	450	99,934
	X	56,566	720	69,778	D8-68	450	58,624
	Y	54,515	694,41	72,350	D8-70	450	54,826
Lantai 3	X	-95,354	1192,92	168,460	D16-150	450	101,773
	Y	-95,064	1286,92	156,155	D16-140	450	99,934
	X	54,118	69,78	69,778	D8-68	450	58,624
	Y	52,186	50,24	72,462	D8-70	450	54,826
Lantai 4	X	-90,499	1132,03	177,521	D16-150	450	101,773
	Y	-90,201	1220,90	164,599	D16-140	450	99,934
	X	44,11	69,78	69,778	D8-68	450	58,624
	Y	42,419	72,46	72,462	D8-70	450	54,826
Lantai 5	X	-63,124	789,03	254,692	D16-200	450	77,378
	Y	-62,933	851,09	236,118	D16-200	450	71,301
	X	33,004	50,24	69,778	D8-68	450	58,624
	Y	31,693	72,46	72,462	D8-70	450	54,826

Tabel 7. Rekapitulasi perhitungan geser pelat

Lantai	V _u (N)	M _u (Mpa)	V _{u,AB} (Mpa)	V _{u,CD} (Mpa)	Øv _c (Mpa)	v _u /Øv _c
1	107217,6	167780300	0,6922	-0,3105	1,356	0,5106
2	113530,3	186524200	0,7594	-0,3553	1,356	0,5602
3	109244	179222000	0,7300	-0,3411	1,356	0,5385
4	104352,2	165518300	0,6803	-0,3088	1,356	0,5019
5	79877,9	125779400	0,5180	-0,2337	1,356	0,3821

4. Kesimpulan

Setelah melakukan analisis *flat slab* dengan *drop panel*, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan:

- Dengan menggunakan *drop panel* pada struktur *flat slab* efektif untuk memperkecil nilai tegangan geser pons (*punching shear*).
- Dengan menggunakan tebal *drop panel* 8 cm, tebal lantai 16 cm, dan penjang bentang antar kolom 5 m, sesuai dengan kasus serta analisis pada penelitian ini, struktur *flat slab* dengan *drop panel* tidak menggunakan tulangan geser, karna nilai tegangan yang terjadi pada pelat lantai 1-5 lebih kecil dari tegangan geser beton nominal dengan *drop panel*.

5. Referensi

- Badan Standardisasi Nasional. (2019a). *SNI-1726-2019 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019b). *SNI 2847-2019 Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2020). *SNI-1727-2020 Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain*.
- Desiyani, S. (2018). *Analisis Perilaku Sistem Flat Slab-Drop Panel dengan Balok Semu terhadap Gaya Lateral pada Struktur Basement*. UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA.
- Erberik, M. A., & Elnashai, A. S. (2004). Fragility analysis of flat-slab structures. *Engineering Structures*, 26(7), 937–948.
- Ervianto, W. I. (2006). Eksplorasi teknologi dalam proyek konstruksi. In *Penerbit: Andi. Yogyakarta*.
- Patil, K. S., Gore, N. G., & Salunke, P. J. (2013). Optimum design of reinforced concrete flat slab with

- drop Panel. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 2(9), 37–39.
- Primakov, A., & Leo, E. (2019). Kajian Efisiensi Sistem Flat Slab Dengan Metode Post-Tension dan Konvensional. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 133–142.
- Sagaseta, J., Ulaeto, N., & Russell, J. (2016). Structural robustness of concrete flat slab structures. *American Concrete Institute Special Publication*, 273–298.
- Sahab, M. G., Ashour, A. F., & Toropov, V. V. (2005). Cost optimisation of reinforced concrete flat slab buildings. *Engineering Structures*, 27(3), 313–322.

JURNAL REKAYASA KONSTRUKSI MEKANIKA SIPIL

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

Imanuel Lurybson ZEGA, Martius GINTING, Simon Dertha TARIGAN

Aplikasi Metode Performance Based Design dalam Evaluasi Kinerja Struktur Bangunan Beton 6 Lantai

Arie Sempna SURBAKTI, Martius GINTING, Samsuardi BATUBARA

Perencanaan Pondasi Setapak Gabungan dan Pondasi Rakit Sederhana pada Proyek Orangutan Haven Sumatera Utara

Elbert Chardi UTOMO, Johannes TARIGAN

Pembatasan dalam Pemanfaatan Air Hasil Daur Ulang IPAL pada Universitas Vittorio Kurniawan, Widodo Kushartomo, Kevin

Analisis Karakteristik Curah Hujan Kota Medan Bagian Utara dengan Menggunakan 3 Data Stasiun Hujan

Henry Muliadi NABABAN, Binsar SILITONGA, Reynaldo SIAHAAN

Analisis Tingkat Kepuasan Penyedia Jasa Konstruksi/Konsultansi terhadap Pelaksanaan Pengadaan Secara Elektronik (e-Procurement) pada ULP Kabupaten Halmahera Selatan

Friyani N. ARIF, Mufti Amir SULTAN, Muhammad Taufiq Yuda SAPUTRA, Amiruddin Hi MUHAMMAD



Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil (JRKMS)

Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil (JRKMS) Fakultas Teknik Universitas Katolik Santo Thomas berisi artikel-artikel ilmiah yang meliputi kajian di bidang teknik khususnya Teknik Sipil, seperti matematika teknik, mekanika teknik, analisis struktur, konstruksi baja, konstruksi beton, konstruksi kayu, konstruksi gelas, mekanika tanah, teknik pondasi, hidrologi, hidrolika, bangunan air, manajemen konstruksi, dinamika struktur, *earthquake engineering*, sistem dan rekayasa transportasi, ilmu ukur tanah, struktur bangunan sipil, rekayasa jalan raya, serta penelitian-penelitian lain yang terkait dengan bidang-bidang tersebut.

Terbit dalam 2 (dua) kali setahun yaitu pada bulan April dan September

Penasihat :

Rektor Universitas Katolik Santo Thomas

Ketua Penyunting (Editor in Chief) :

Ir. Oloan Sitohang, M.T. (Universitas Katolik Santo Thomas)

Manajer Penyunting (Managing Editor):

Reynaldo, S.T., M.Eng. (Universitas Katolik Santo Thomas)

Anggota Penyunting (Editorial Board):

Dr.-Ing. Sofyan, S.T, M.T. (Universitas Malikussaleh)

Dr. Dwi Phalita Upahita (Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi)

Samsuardi Batubara, S.T., M.T. (Universitas Katolik Santo Thomas)

Dr. Janner Simarmata (Universitas Negeri Medan)

Mitra Bestari (Peer Reviewer):

Dr.Eng. Ir. Aleksander Purba, S.T., M.T., IPM, ASEAN Eng. (Universitas Lampung, Indonesia)

Ir. Binsar Silitonga, M.T. (Universitas Katolik Santo Thomas, Indonesia)

Budi Hasiholan, S.T., M.T., Ph.D (Institut Teknologi Bandung, Indonesia)

Ir. Charles Sitindaon, M.T. (Universitas Katolik Santo Thomas, Indonesia)

Dr. Erica Elice Uy (De La Salle University, Philippines)

Dr. Ernesto Silitonga, S.T, D.E.A. (Universitas Negeri Medan, Indonesia)

Prof. Dr-Ing. Johannes Tarigan (Universitas Sumatera Utara, Indonesia)

Dr. Linda Prasetyorini (Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia)

Ir. Martius Ginting, M.T. (Universitas Katolik Santo Thomas)

Dr.Eng. Mia Wimala (Universitas Katolik Parahyangan, Indonesia)

Dr.Eng. Minson Simatupang (Universitas Halu Oleo, Indonesia)

Dr. Mochamad Raditya Pradana (Keppel Marine and Deepwater Technology, Singapura)

Dr. Ir. Shirley Susanne Lumeno, S.T., M.T. (Universitas Negeri Manado, Indonesia)

Dr. Senot Sangadji (Universitas Sebelas Maret, Indonesia)

Ir. Simon Dertha, M.T. (Universitas Katolik Santo Thomas, Indonesia)

Dr. Thi Nguyễn Cao (Tien Giang University, Viet Nam)

Ilustrator Sampul:

Yulianto, ST., M.Eng (Universitas Katolik Santo Thomas, Indonesia)

Penerbit & Alamat Redaksi:

Fakultas Teknik Universitas Katolik Santo Thomas

Jl. Setiabudi No. 479-F Tanjung Sari, Medan 20132

Telp. (061) 8210161 Fax : (061) 8213269

email : sipil@ust.ac.id

Konten

REKAYASA STRUKTUR	hal.
Analisis Struktur Beton Bertulang dengan Sistem Flat Slab Dilengkapi Drop Panel pada Bangunan Bertingkat	57-67
<i>Imanuel Lurybson ZEGA, Martius GINTING, Simon Dertha TARIGAN</i>	
Aplikasi Metode Performance Based Design dalam Evaluasi Kinerja Struktur Bangunan Beton 6 Lantai	69-79
<i>Arie Sempana SURBAKTI, Martius GINTING, Samsuardi BATUBARA</i>	
REKAYASA GEOTEKNIK	
Perencanaan Pondasi Setapak Gabungan dan Pondasi Rakit Sederhana pada Proyek Orangutan Haven Sumatera Utara	81-95
<i>Elbert Chardi UTOMO, Johannes TARIGAN</i>	
TEKNIK SUMBER DAYA AIR	
Pembatasan dalam Pemanfaatan Air Hasil Daur Ulang IPAL pada Universitas	97-105
<i>Vittorio Kurniawan, Widodo Kushartomo, Kevin</i>	
Analisis Karakteristik Curah Hujan Kota Medan Bagian Utara dengan Menggunakan 3 Data Stasiun Hujan	107-118
<i>Henry Muliadi NABABAN, Binsar SILITONGA, Reynaldo SIAHAAN</i>	
MANAJEMEN KONSTRUKSI	
Analisis Tingkat Kepuasan Penyedia Jasa Konstruksi/Konsultansi terhadap Pelaksanaan Pengadaan Secara Elektronik (e-Procurement) pada ULP Kabupaten Halmahera Selatan	119-132
<i>Friyani N. ARIF, Mufti Amir SULTAN, Muhammad Taufiq Yuda SAPUTRA, Amiruddin Hi MUHAMMAD</i>	

Pengantar Redaksi

Puji dan syukur kami sampaikan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas kasih karuniaNYA kami dapat menyelesaikan penerbitan Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil (JRKMS) Volume 6 Nomor 2 di bulan Oktober tahun 2023 ini. Pada edisi ini, telah diterbitkan 6 artikel yang telah melewati proses *peer-review* dan penyuntingan artikel. Keenam artikel tersebut terdiri atas 2 (dua) artikel dalam topik Rekayasa Struktur, 1 (satu) artikel dalam topik Rekayasa Geoteknik, 2 (dua) artikel dalam topik Teknik Sumber Daya Air, dan 1 (satu) artikel dengan topik Manajemen Konstruksi.

Dewan redaksi menyampaikan apresiasi tinggi kepada para penulis yang karyanya diterbitkan pada volume ini, atas kerja samanya merespon komentar dan rekomendasi dari tim editorial dan mitra bestari. Ungkapan terima kasih juga kami sampaikan kepada para mitra bestari atas kontribusi dukungannya dan kesediaannya menyambut permintaan kami untuk menelaah karya ilmiah yang masuk.

Sebagai penutup, kami memiliki harapan bahwa JRKMS semakin bermanfaat dalam dunia keteknipsipil di Indonesia, serta menjadi pilihan bagi seluruh kalangan (akademisi, praktisi, mahasiswa, dsb.) untuk mempublikasikan dan memasarkan karya tulisnya untuk dinikmati secara luas.

Salam hangat dan Salam sehat.

Medan, Oktober 2023

Tim Editorial

JURNAL REKAYASA KONSTRUKSI MEKANIKA SIPIL
| Volume 6 | Nomor 2 | Oktober 2023 |

Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Katolik Santo Thomas
<https://doi.org/10.54367>



GARUDA
GARUDA RUJUKAN DIGITAL



ISJD Neo



neliti



Indonesia
OneSearch
by PERPUSNAS



BASE