

Analisis Pengaruh Penempatan Balok Anak pada Perencanaan Pelat Lantai Gedung Toko Satu Sama

Karel Agung ^{*1}, Jonie Tanijaya ^{*2}, Olan Jujun Sanggaria ^{*3}

^{*1} Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia karelagung00@gmail.com

^{*2,3} Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia jonie.tanijaya@gmail.com dan olanjujun@gmail.com

Corresponding Author: olanjujun@gmail.com

Abstrak

Salah satu model perencanaan struktur yang dapat dipakai untuk mengefisienkan struktur gedung ialah dengan menambahkan balok anak. Berdasarkan asumsi tersebut maka tulisan ini dibuat untuk menganalisis pengaruh penempatan balok anak pada struktur lantai gedung untuk mengetahui besarnya efisiensi yang terjadi terhadap tebal pelat dan material beton bertulang yang digunakan. Pada kasus perencanaan gedung Toko Satu Sama di Jl. Perintis Kemerdekaan Kota Makassar denah lantai diberi satu balok anak pada arah-x dan menghasilkan tebal pelat 150 mm. Denah lantai tersebut direncanakan ulang dengan membuat denah lantai tanpa balok anak, denah lantai dengan balok anak arah-y dan denah lantai dengan balok anak arah-x dan y. Momen lentur yang terjadi pada pelat lantai dihitung menggunakan metode PBI 1971, namun dengan tetap mempertimbangkan ketentuan terbaru dalam SNI 2847, 2019. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa denah lantai dengan pola penempatan balok anak arah-x dan y ($h = 120$ mm) dapat mengefisienkan pelat sebesar 20 % dari tebal pelat dengan pola penempatan balok anak arah-x. Sejalan dengan itu kebutuhan beton pun dapat diefisienkan sebesar 15,359 % ($12,284 \text{ m}^3$). Sekalipun memiliki kebutuhan tulangan yang lebih banyak, pola penempatan balok anak arah-x dan y merupakan pola yang paling efisien.

Kata kunci : Beton Bertulang, Pelat, Balok Anak

Abstract

One model of structural planning that can be used to make the building structure efficient is to add the secondary beams. Based on these assumptions, this paper is made to analyze the effect of placing secondary beams on the floor structure of the building to determine the efficiency that occurs to the thickness of the slab and the reinforced concrete material used. In the case of planning the Toko Satu Sama building on Jl. Perintis Kemerdekaan City Makassar floor plan is given one secondary beam on the x-direction and produces a plate thickness of 150 mm. The floor plan is re-planned by making a floor plan without secondary beams, a floor plan with y-directional secondary beams and a floor plan with x-and-y secondary beams. The bending moment that occurs on the floor plate is calculated using the 1971 PBI method, but still considering the latest provisions in SNI 2847, 2019. The results of the calculation showed that the floor plan with the pattern of placement of secondary beams in the direction of x and y ($h = 120$ mm) can streamline the plate by 20% of the thickness of the plate with the pattern of placement of the secondary beam in the direction of x. In line with that, concrete needs can be effective by 15,359 % ($12,284 \text{ m}^3$). Even if it has more reinforcement needs, the pattern of placement of secondary beams in the direction of x and y is the most efficient pattern.

Keywords: Reinforced Concrete, Plates, Secondary Beams

PENDAHULUAN

Salah satu cara yang dapat dipakai untuk membuat struktur gedung lebih efisien ialah dengan menambahkan elemen balok anak pada struktur gedung khususnya pada gedung dengan bentang pelat yang cukup panjang. Penempatan balok anak ini membagi luasan pelat lantai gedung, sehingga pelat yang sebelumnya memiliki bentangan yang cukup panjang dengan adanya balok anak panjang pelat diperkecil. Dengan begitu tebal pelat menjadi lebih efisien.

Secara umum paling tidak ada tiga kondisi di mana balok anak biasa digunakan. Pertama, tebal pelat yang lebih besar dari tebal minimum pelat (> 125 mm). Kedua, dimensi pelat di atas (5×5) m. Ketiga, panjang bentang pelat lebih dari 4 m. Berdasarkan tiga kondisi tersebut dilakukan penilaian terhadap data perencanaan pelat lantai 2 gedung Toko Satu Sama di Jl. Perintis Kemerdekaan km. 12, Makassar. Dari data tersebut dapat diketahui bahwa pelat lantai gedung tersebut terdiri dari berbagai ukuran, yakni (9200 x 6475) mm, (9200 x 9000) mm, (9200 x 8000) mm, (7800 x 6475) mm, (7800 x 9000) mm, (7800 x 8000) mm. Semuanya memiliki ukuran yang lebih besar dari (5000 x 5000) mm, berarti kondisi kedua terpenuhi. Semua pelat tersebut memiliki panjang bentang lebih dari 4 m, berarti memenuhi kondisi ketiga. Dengan bentangan pelat yang cukup panjang seperti itu akan menghasilkan pelat dengan ketebalan yang cukup besar. Pada kondisi ini perencanaan pelat lantai gedung Toko Satu Sama dapat dirancang dengan menambahkan balok anak untuk mengefisienkan tebal pelatnya. Sejalan dengan maksud itu, konsultan perencana menambahkan balok anak arah-x pada denah lantai tersebut dan menghasilkan tebal pelat 150 mm. Ketebalan tersebut masih lebih besar dari syarat pertama (120 mm). Berdasarkan kondisi tersebut maka dilakukan pemodelan denah lantai dengan pola penempatan balok anak yang berbeda. Hal itu dilakukan untuk mencari tahu seberapa besar pengaruh variasi peletakan balok anak terhadap efisiensi dimensi penampang pelat lantai gedung dan efisiensi kebutuhan material beton bertulang yang digunakan.

Dalam SNI 2847:2019 Tabel 9.3.1.1. mengatur tinggi minimum balok nonprategang yang bisa digunakan jika nilai lendutan tidak diperhitungkan. Berdasarkan tabel tersebut penentuan tinggi minimum balok dilakukan berdasarkan kondisi perletakannya. Menurut Vis dan Gideon, lebar balok induk, b , diperkirakan sebesar $\frac{1}{2} h$ sampai $\frac{2}{3} h$. (Vis & Kusuma, 1993) [1]. Pada umumnya dimensi balok anak dibuat lebih kecil dari balok induk. Dimensi balok anak dibuat lebih kecil dari balok.

Besarnya momen ultimit yang terjadi pada balok dapat dihitung dengan menggunakan rumus momen pendekatan pada SNI 2847:2019 Tabel 6.5.2. Untuk menghitung gaya geser yang timbul akibat pembebanan gravitasi nilai (V_u) dapat dihitung berdasarkan Tabel 6.5.4 pada SNI 2847:2019 Tabel 6.5.4.

Pendesaian tulangan utama balok dilakukan berdasarkan nilai faktor momen pikulnya (K) terhadap faktor momen pikul maksimal (K_{maks}).

Jika, $K \geq K_{maks}$ maka balok tersebut didesain untuk tulangan rangkap.

Jika, $K \leq K_{maks}$ maka balok tersebut didesain untuk tulangan tunggal.

$$K_{maks} = \frac{382,5\beta_1 [600+f_y - 225\beta_1] f_c}{[600+f_y]} \quad (1)$$

$$K = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} \quad (2)$$

Menghitung luas tulangan minimum dan maksimum:

$$A_{s \min} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d \quad (3)$$

$$A_{s \max} = \rho_{\max} \cdot b \cdot d \quad (4)$$

Syarat: $A_{s \min} < A_s < A_{s \max}$

Kontrol M_d harus $\geq M_u$:

Menghitung momen nominal (M_n):

$$M_n = A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (5)$$

Menghitung momen desain (M_d):

$$M_d = \phi M_n \quad (6)$$

Perhitungan tulangan geser (V_u):

Pemeriksaan kecukupan penampang untuk memikul geser:

$$V_u \leq \phi \left(V_c + 0,66 \sqrt{f'_c} b_w d \right) \quad (7)$$

Menghitung kebutuhan tulangan geser:

Jika $V_u < \frac{1}{2} \phi V_c$ maka tulangan geser tidak diperlukan.

Jika $\frac{1}{2} \phi V_c < V_u < \phi V_c$ maka dipasang tulangan geser minimum.

Jika $V_u > \phi V_c$ maka dipasang tulangan geser.

Secara sederhana tipe pelat dibedakan melalui rasio bentang sisi panjang (l_y) terhadap sisi lebarnya (l_x). Jika, $l_y/l_x > 2$ maka pelat tersebut tergolong pelat satu arah. Penentuan tebal pelat satu arah menggunakan rumus $l/24$ untuk kondisi tumpuan satu ujung menerus dan $l/28$ untuk kondisi tumpuan dua ujung menerus. Jika, $l_y/l_x \leq 2$ maka pelat tersebut tergolong pelat dua arah. Dalam menghitung tebal pelat minimum pada setiap pelat dua arah dipakai rumusan dalam SNI 2847, 2019 Tabel 8.3.1.2. Rumusan tersebut mensyaratkan untuk mengetahui terlebih dahulu nilai rata-rata dari rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur pelat (α_{fm}). Perhitungan tersebut dilakukan tersendiri dan dari semua hasil perhitungan yang dilakukan pada berbagai ukuran dan kondisi tumpuan pelat diketahui bahwa nilai $\alpha_{fm} > 2,0$. Karena itu, tebal pelat dihitung dengan rumus:

$$h_f = \frac{l_n(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 9\beta} \quad (8)$$

Besarnya momen yang terjadi dihitung dengan metode PBI 1971 yang disesuaikan dengan jenis perletakkannya.

$$M_i = 0,001 \times W_u \times l_x^2 \times C_i \quad (9)$$

Kontrol Momen: M_u harus $\leq \phi M_n$

Dilakukan sesuai persamaan (5) dan (6).

Kontrol Geser: $V_u \leq \phi V_c$

Nilai V_u dihitung sesuai persamaan (7).

Nilai ϕV_c dihitung dengan cara:

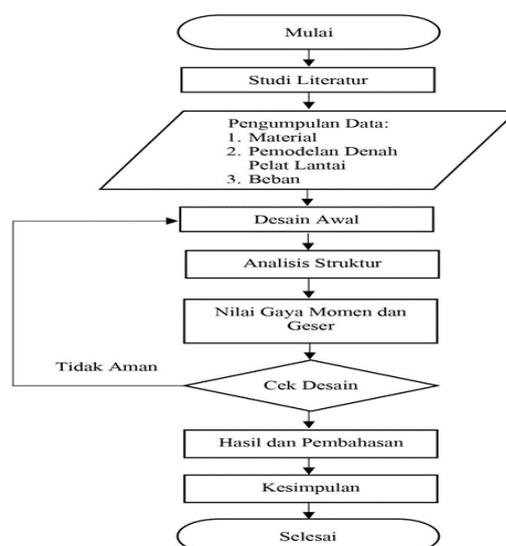
$$\phi V_c = \phi \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b \times d \quad (10)$$

Dalam rangka menganalisis sejauh mana pengaruh balok anak pada suatu struktur gedung beberapa pihak telah memberikan sumbangsinya masing-masing lewat penelitian dan tulisan ilmiah yang dibuat antara lain. Bakti Setiyadi & Hengky Pradoto, 1996 “Studi Komparasi Perilaku Balok Grid dan Balok Konvensional pada Struktur Pelat Lantai Bangunan Gedung” [2]. Dari hasil penelitian tersebut diketahui bahwa penggunaan balok anak dapat menambah kekakuan struktur sekaligus dapat mengefisienkan biaya material bangunan. Agung Dedy Purnomo & Sugiharjo, 2000 “Analisis Pengaruh Penempatan Balok Anak Terhadap Portal Komposit Baja-Beton dengan Metode LRFD’86” [3]. Berdasarkan hasil penelitian tersebut diketahui bahwa dari variasi penempatannya diperoleh hasil bahwa balok anak yang ditempatkan sejajar dengan balok induk yang terpendek merupakan penempatan yang terbaik, karena dapat mengurangi dimensi struktur lainnya. Julistyana Tistogondo, 2005 “Studi Perbandingan Penggunaan Balok Anak Konstruksi Propped pada Bangunan Tingkat Dua dengan Variasi Jarak Balok dan Portal dari Segi Teknik dan Biaya” [4]. Berdasarkan hasil dari penelitian tersebut diketahui bahwa pemakaian balok anak selain diperhitungkan untuk kestabilan struktur juga untuk mengurangi biaya pembangunan struktur. Ndaru Prasetya Wibawa &

Kismana, 2005 “Balok Anak sebagai Beban Terpusat dan sebagai Struktur Monolit, dan Pengaruhnya Terhadap Respon Struktur Beton Bertulang” [5]. Berdasarkan hasil penelitian tersebut diketahui bahwa akibat beban gravitasi, pembebanan balok anak sebagai beban terpusat menghasilkan momen dan gaya geser akibat beban mati dan beban hidup menjadi lebih besar, dibandingkan pembebanan balok anak sebagai satu kesatuan struktur. M. Budiawan & Purnawan Yulandaru, 2006 “Pengaruh Variasi Peletakan Balok Anak Terhadap Volume Struktur Pelat dan Balok” [6]. Berdasarkan hasil penelitian tersebut diketahui bahwa variasi struktur yang mempunyai satu balok anak arah-x dan arah-y lebih ekonomis karena ketebalan teoritis pelat tersebut mendekati tebal minimum yang disyaratkan yakni 120 mm. Erik Setiawan, dkk 2015. “Studi Penggunaan Balok Anak pada Struktur Pelat Beton Bertulang” [7]. Berdasarkan hasil penelitian tersebut diketahui bahwa penggunaan balok anak pada struktur bangunan adalah untuk membantu mengurangi tebal pelat lantai (> 125 mm) dan luasan efektif pelat untuk penggunaan balok anak ialah dengan luasan di atas (5 x 5) m². Ranu Sakti Ilahi Chilk, 2019. “Pengaruh Balok Anak Terhadap Ketebalan Pelat Lantai Masjid Lheu Kabupaten Aceh Besar” [8]. Dari hasil penelitian diketahui bahwa pola penggunaan balok anak yang menghasilkan ketebalan pelat yang paling optimal ialah balok anak dalam arah-x dan arah-y. I Gusti Ngurah Eka Partama, 2019. “Penentuan Tebal Pelat Lantai Gedung yang Ditumpu pada Keempat Sisinya sesuai SNI 2847:2013” [9]. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa variasi dimensi panel pelat memberikan pengaruh yang signifikan terhadap ketebalan pelat. Audy Nadyaputri Majid, dkk, 2019. “Analisis Pengaruh Dimensi Balok Anak Terhadap Momen Lentur pada Pelat dengan Metode Amplop dan Metode Elemen Hingga” [10]. Berdasarkan hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa nilai momen pada Metode Amplop yang tidak memasukkan dimensi balok anak lebih kecil dibandingkan dengan nilai momen menggunakan Metode Elemen Hingga, sehingga penggunaan Metode Elemen Hingga lebih aman digunakan dalam perhitungan struktur. Tahan, 2019. “Pengaruh Kekuatan Balok Induk Terhadap Dimensi Balok Anak pada Beton Bertulang” [11]. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa balok induk dan balok anak harus mempunyai dimensi tinggi yang sama tetapi lebar balok anak lebih kecil yakni 12,5% kurangnya dari lebar dari balok induk dengan beban yang dipikulnya 70% dari beban maksimum.

METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan dengan langkah-langkah seperti dalam bagan alir di bawah :



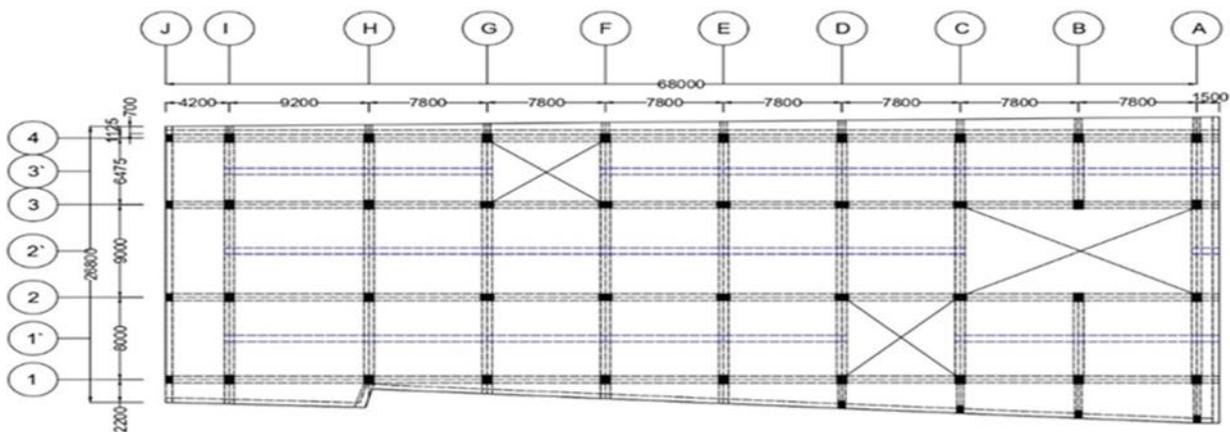
Gambar 1. Bagan Alir Pengolahan dan Analisis Data

Adapun data bangunan dan mutu material adalah sebagai berikut:

1. Tipe bangunan ialah supermarket
2. Dimensi elemen struktur :
 - Balok induk arah-y : 500 x 900 mm
 - Balok induk arah-x : 400 x 800 mm
3. Dimensi kolom utama : 650 x 850 mm
4. Mutu beton, $f'_c = 30$ Mpa (K-350)
5. Mutu tulangan, $f_y = 420$ MPa

Pembebanan yang digunakan ialah :

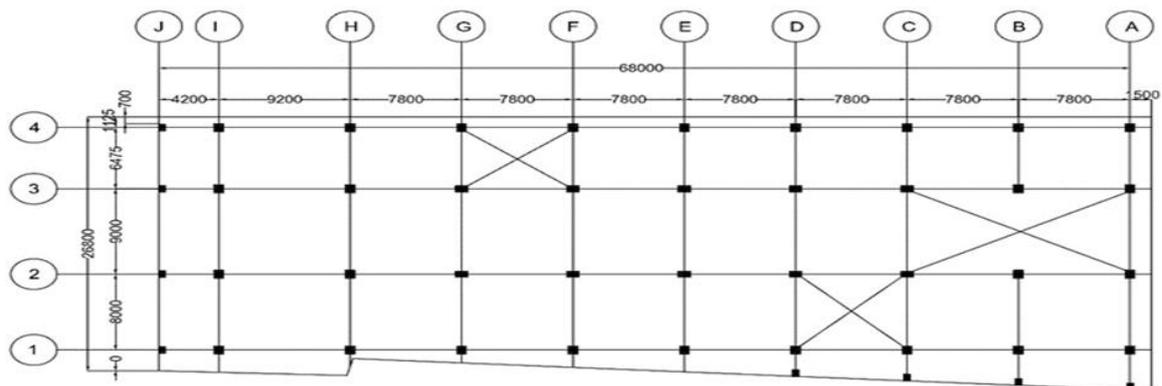
1. Beban hidup = 600 kg/m^2 (beban grosir sesuai SNI 1727, 2020)
2. Beban tambahan = 120 kg/m^2



Gambar 2. Denah Lantai 2 Perencanaan Gedung Toko Satu Sama

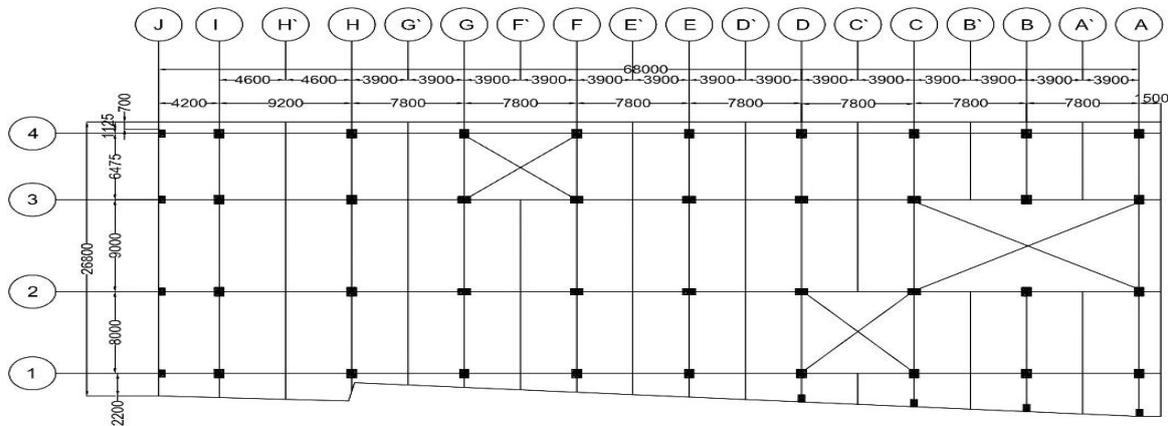
Pemodelan denah lantai dengan variasi penempatan balok anak :

1. Pola I



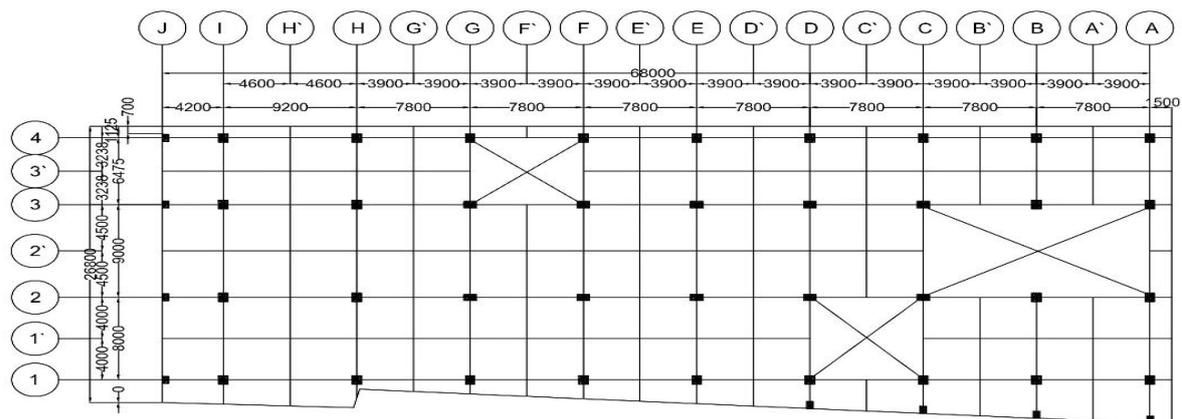
Gambar 3. Denah Lantai Tanpa Balok Anak (Pola I)

2. Pola II



Gambar 4. Denah Lantai dengan Balok Anak Arah-Y (Pola II)

3. Pola III



Gambar 5. Denah Lantai dengan Balok Anak Arah-X dan Y (Pola III)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perencanaan dimensi dan pendesainan tulangan pada balok anak dan pelat dilakukan pada satu tipe pelat yang dipilih untuk mewakili keseluruhan denah lantai yang kemudian hasilnya akan diperbandingkan dengan denah lantai yang lain termasuk pola denah konsultan perencanaan. Pelat yang dimaksud ialah H-I & 2-3, yang merupakan pelat dengan ukuran terluas, (9200 x 9000) mm².

1. Analisis Denah Lantai Pola I

Berdasarkan perhitungan ketebalan pelat pada modul terbesar diperoleh ketebalan pelat 220 mm.

Tabel 1. Pendesainan Tulangan untuk Denah Lantai Tanpa Balok Anak

	C_i	W_u	M_u	d	K	a	$A_{s,u}$	Dipakai
		Kg	Kgm	mm	MPa	mm	mm ²	
Tumpuan-x	53,4	1737,6	7515,815	195	2,19616	17,587	1067,80	D10-70
Lapangan-x	21,8	1737,6	3068,254	195	0,89656	6,981	423,847	D10-180
Tumpuan-y	52,4	1737,6	7375,069	195	2,15504	17,242	1046,833	D10-70
Lapangan-y	21	1737,6	2955,658	185	0,95955	7,098	430,926	D10-180

Tabel 2. Kontrol Momen dan Gaya Geser

	A_s baru	a	$\phi M_n (M_u \leq \phi M_n)$	L_n	q_u	V_u	$\phi V_c (V_u \leq \phi V_c)$
	mm ²	mm	Kgm	mm	kg	Kg	Kg
Tumpuan-x	1121,429	18,471	7874,566 (OK)	8600	1737,6	7471,68	16020,885(OK)
Tumpuan-y	1121,429	18,471	7874,56 (OK)	8700	1737,6	7558,56	16020,885(OK)

2. Analisis Denah Lantai Pola II

Dimensi balok anak dihitung dan diambil dimensi yang lebih besar dari hasil hitung, yakni 30/65.

Tabel 3. Pendesainan Tulangan dan Kontrol Momen Balok Anak Pola II

	M_u	K	a	$A_{s,u}$	n	Dipakai	$M_d (M_u \leq \phi M_n)$
	Nmm	MPa	mm	mm ²			Nmm
Tumpuan	459489550	5,35000	134,325	2446,637	6,44	7 D22	493604607,4 (OK)
Lapangan	315899064	3,67812	88,257	1607,535	4,2	5 D22	367553611,8 (OK)

Tabel 4. Pendesainan Tulangan Geser pada Balok Anak Pola II

	V_{ud}	A_v/s	A_v	s_1	s_2	s_3	Dipakai
	N		mm ²	mm	mm	mm	
Tumpuan	252133,16	0,307	157	511,401	369,5	600	D10-300
Lapangan	152688,7	0,292	157	537,671	369,5	600	D10-350

Berdasarkan perhitungan pada modul terbesar diperoleh ketebalan pelat 180 mm.

Tabel 5. Pendesainan Tulangan untuk Denah Lantai Pola II

	C_i	W_u Kg	M_u Kgm	d mm	K MPa	a mm	$A_{s,u}$ mm ²	Dipakai
Tumpuan-x	83	1622,4	2849,389	155	1,31779	8,229	499,588	D10-150
Lapangan-x	40,6	1622,4	1393,797	155	0,64461	3,969	324	D10-240
Tumpuan-y	57	1622,4	1956,809	155	0,90499	5,602	340,13	D10-230
Lapangan-y	12	1622,4	411,960	145	0,21771	1,243	324	D10-240

Tabel 6. Kontrol Momen dan Gaya Geser

	A_s baru mm ²	a mm	$\phi M_n (M_u \leq \phi M_n)$ Kgm	L_n mm	q_u kg	V_u Kg	$\phi V_c (V_u \leq \phi V_c)$ Kg
Tumpuan-x	523,333	8,620	2882,038 (OK)	8600	1622,4	6976,32	12734,550 (OK)
Tumpuan-y	341,304	5,621	1963,441 (OK)	4200	1622,4	3407,04	12734,550 (OK)

3. Analisis Denah Lantai Pola III

Dimensi balok dihitung dan diambil dimensi yang lebih besar dari hasil hitung, yakni 30/55.

Tabel 7. Pendesainan Tulangan dan Kontrol Momen Balok Anak Pola III

	M_u Nmm	K MPa	a mm	$A_{s,u}$ mm ²	n	Dipakai	$M_d (M_u \leq \phi M_n)$ Nmm
Tumpuan (BA-Y)	30160,619	5,18848	106,672	1942,950	5,1	6 D22	345906606,8 (OK)
Lapangan (BA-Y)	20735,426	3,21167	66,049	1203,039	3,2	4 D22	256949250,3 (OK)
Tumpuan (BA-X)	31192,679	5,36603	110,892	2019,813	5,3	6 D22	345906606,8 (OK)
Lapangan (BA-X)	21444,934	3,32157	68,493	1247,547	3,3	4 D22	256949250,3 (OK)

Tabel 8. Pendesainan Tulangan Geser pada Balok Anak Pola III

	V_{ud} N	A_v/s	A_v mm ²	s_1 mm	s_2 mm	s_3 mm	Dipakai
Tumpuan (BA-Y)	172073,75	0,512	157	306,64	232	600	D10-200
Lapangan (BA-Y)	96443,84	0,25	157	628	232	600	D10-230
Tumpuan (BA-Y)	176160,96	0,54	157	290,741	232	600	D10-200
Lapangan (BA-Y)	98597,55	0,25	157	628	232	600	D10-230

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan pada modul terbesar diperoleh ketebalan pelat 120 mm.

Tabel 9. Pendesainan Tulangan untuk Denah Lantai Pola III

	C_i	W_u Kg	M_u Kgm	d mm	K MPa	a mm	$A_{s,u}$ mm ²	Dipakai
Tumpuan-x	53,4	1449,6	1567,525	95	1,92986	7,485	454,446	D10-170
Lapangan-x	21,8	1449,6	639,926	95	0,78784	2,982	216	D10-240
Tumpuan-y	52,4	1449,6	1538,171	95	1,89372	7,338	445,521	D10-170
Lapangan-y	21	1449,6	616,442	85	0,94801	3,221	216	D10-240

Tabel 10. Kontrol Momen dan Gaya Geser

	A_s baru mm ²	a mm	ϕM_n ($M_u \leq \phi M_n$) Kgm	L_n mm	q_u kg	V_u Kg	ϕV_c ($V_u \leq \phi V_c$) Kg
Tumpuan-x	461,765	7,606	1591,818 (OK)	4200	1449,6	3044,16	780504,64 (OK)
Tumpuan-y	461,765	7,606	1591,818 (OK)	4150	1449,6	3007,92	780504,64 (OK)

4. Pembahasan

Berdasarkan hasil perhitungan di atas diketahui bahwa penempatan balok anak mempengaruhi tebal pelat. Jika pelat lantai gedung Toko Satu Sama direncanakan tanpa memakai balok anak (pola I) maka tebal pelat yang dipakai akan menjadi 220 mm. Jika pelat lantai tersebut direncanakan menggunakan satu balok anak searah sumbu-y (pola II) maka tebal pelat akan menjadi 180 mm. Jika pelat lantai tersebut didesain dengan menggunakan satu balok anak searah-x dan ditambah dengan satu balok anak arah-y maka tebal pelat akan menjadi 120 mm. Jika dibandingkan dengan tebal pelat rencana dari konsultan perencana tingkat efisiensi pola III dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$\text{Efisiensi pelat} = \frac{(150-120)}{150} \times 100 = 20\%$$

Perbedaan pola penempatan balok anak juga berpengaruh pada kebutuhan material beton dan baja tulangan yang dipakai.

- Pola II dengan tebal pelat 180 mm dan dimensi balok anak 30/65 cm membutuhkan beton sebanyak = $(0,180 \times 9,2 \times 9) + (0,30 \times 0,47 \times 9) = 16,173 \text{ m}^3$.
- Pola III dengan tebal pelat 120 mm terpasang balok anak dan dimensi 30/55 cm membutuhkan beton sebanyak = $(0,120 \times 9,2 \times 9) + (0,30 \times 0,43 \times 9,2) + (0,30 \times 0,43 \times 9) = 12,284 \text{ m}^3$.
- Pola penempatan balok anak arah-x (pola konsultan perencana) dengan tebal pelat 150 mm dan balok anak berdimensi 35/80 cm membutuhkan beton sebanyak = $(0,150 \times 9,2 \times 9) + (0,35 \times 0,65 \times 9,2) = 14,513 \text{ m}^3$.

Dari data tersebut dapat diketahui bahwa pola penempatan balok anak arah-x dan arah-y memiliki kebutuhan beton yang paling sedikit.

$$\text{Efisiensi kebutuhan beton} = \frac{(14,513-12,284)}{14,513} \times 100 = 15,359 \%$$

Dari segi kebutuhan material tulangan, kebutuhan tulangan balok anak denah pola konsultan memiliki kebutuhan besi yang paling sedikit. Untuk tulangan pelat lantai, jarak tulangan pada pola II dan pola III lebih

renggang dibandingkan dengan pola dari konsultan (balok anak arah-x). Hal itu menunjukkan bahwa kebutuhan tulangan pelat lantai pola II dan III lebih sedikit.

KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang dapat ditarik ialah sebagai berikut:

1. Dari ketiga pola tersebut diperoleh tebal pelat yang paling efisien ialah 120 mm dengan pola penempatan balok anak arah-x dan arah-y (pola III) dengan tingkat efisiensi sebesar 20%.
2. Pola penempatan balok anak yang menghasilkan kebutuhan beton yang paling sedikit ialah pola III dengan volume beton 12,284 m³ yang memiliki efisiensi sebesar 15,359%. Namun pola III memiliki kebutuhan tulangan balok anak yang lebih banyak.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Vis, W., & Kusuma, G. (1993). *Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang*. Jakarta: Erlangga.
- [2] Setiyadi, B., & Pradoto, H. (1996). *Studi Komparasi Perilaku Balok Grid dan Balok Konvensional pada Struktur Pelat Lantai Bangunan Gedung*. Skripsi: Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Universitas Islam Indonesia.
- [3] Purnomo, A. D., & Sugiharjo. (2000). *Analisis Pengaruh Penempatan Balok Anak terhadap Portal Komposit Baja-Beton dengan Metode LRFD'86*. Skripsi: Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Universitas Islam Indonesia.
- [4] Tistogondo, J. (2005). Studi Perbandingan Penggunaan Balok Anak Konstruksi Propped pada Bangunan Tingkat Dua dengan Variasi Jarak Balok dan Portal dari Segi Teknik dan Biaya. *NEUTRON: Vol 5. No 1*.
- [5] Wibawa, N. P., & Kismana. (2005). *Balok Anak Sebagai Beban Terpusat dan Sebagai Struktur Monolit, dan Pengaruhnya Terhadap Respon Struktur Beton Bertulang*. Skripsi: Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Universitas Islam Indonesia.
- [6] Budiyawan, M., & Yulandaru, P. (2006). *Pengaruh Variasi Peletakan Balok Anak terhadap Volume Struktur Pelat dan Balok*. Skripsi: Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Universitas Islam Indonesia.
- [7] Setiawan, E. d. (2015). Studi Penggunaan Balok Anak pada Struktur Pelat Beton Bertulang. *JeLAST*.
- [8] Chilk, R. S. (2019). *Pengaruh Balok Anak terhadap Ketebalan Pelat Lantai Masjid Lheu Kabupaten Aceh Besar*. Skripsi: Fakultas Teknik. Universitas Mumammadiyah Aceh.
- [9] Partama, I. G. (2017). Penentuan Tebal Pelat Lantai Gedung yang Ditumpu pada Keempat Sisinya sesuai SNI 2847:2013. *GRADIEN: Vol 9. No 1*.
- [10] Majid, A. N. (2019). Analisis Pengaruh Dimensi Balok Anak Terhadap Momen Lentur pada Pelat dengan Metode Amplop dan Metode Elemen Hingga. *JRSDD: Vol 7. No 1*.
- [11] Tahan. (2019). Pengaruh Kekuatan Balok Induk Terhadap Dimensi Balok Anak pada Beton Bertulang. *Media Ilmiah Teknik Sipil*.