

STUDI PENGGUNAAN BALOK ANAK PADA STRUKTUR PELAT BETON BERTULANG

Erik Setiawan ¹⁾., Chrisna D. Mungok²⁾., Gatot Setya Budi²⁾

Abstrak

Dalam perencanaan struktur efisiensi dimensi sangat diperlukan untuk menurunkan total biaya konstruksi. Sekitar 40-60% biaya konstruksi berasal dari volume material. Dengan efisiensi dimensi struktur, maka penghematan volume material telah dilakukan. Studi ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penggunaan struktur balok anak pada struktur pelat beton bertulang. Metode yang digunakan dalam studi ini menitikberatkan pada analisis perhitungan agar memperoleh dimensi yang efektif, efisien, dan memenuhi persyaratan teknis. Proses analisis perhitungan menggunakan bantuan ETABS versi 9. Model struktur yang digunakan dalam studi ini ada tiga model. Dari tiga model akan dilakukan beberapa permodelan penggunaan balok anak agar didapatkan pengaruh balok anak terhadap struktur pelat. Dari hasil perbandingan akan didapat permodelan struktur (balok anak) yang memenuhi syarat kekuatan struktur dan efisiensi.

Kata kunci : Struktur, Beton Bertulang, Balok Anak, Pelat.

1. PENDAHULUAN

Beton merupakan salah satu material yang paling banyak digunakan dalam dunia konstruksi. Di Indonesia, hampir 60% material yang digunakan dalam pekerjaan konstruksi adalah beton (*concrete*), yang pada umumnya dipadu dengan baja (*composite*) atau jenis lainnya (Mulyono, 2004: 135). Perpaduan ini biasa disebut sebagai beton bertulang. Berbeda dengan baja yang harus dibuat di pabrik, pembuatan beton untuk keperluan praktis misalnya rumah tinggal tidak memerlukan sumber daya berkeahlian khusus dalam pembuatannya. Hal ini membuat material beton semakin populer dan semakin banyak digunakan dalam dunia konstruksi.

Di sisi lain, penggunaan material beton sebagai salah satu unsur penting dalam sebuah proyek ternyata berpengaruh signifikan terhadap total biaya proyek. Lebih dari separuh total biaya proyek diserap oleh material yang digunakan (Nugraha dkk, 1985).

Menurut Ritz (1994), material memiliki kontribusi sebesar 40-60% dalam biaya proyek. Hal ini menyebabkan efisiensi material sangat diperlukan untuk menurunkan total biaya konstruksi. Dengan efisiensi volume material, maka penghematan terbesar telah dilakukan (Damodara, 1999).

Balok merupakan penyangga beban struktural bangunan yang secara fisik terdistribusi pada arah horisontal. Balok sendiri juga digunakan sebagai pengikat/pengaku struktur karena letaknya pada ujung-ujung yang terhubung dengan kolom bangunan. Secara umum, balok sendiri terdiri dari balok induk dan balok anak.

Balok induk merupakan penyangga struktur utama pada bangunan yang secara fisik mengikat kolom-kolom utama bangunan secara rigid. Seluruh gaya-gaya yang bekerja pada balok ini akhirnya didistribusikan ke pondasi melalui kolom bangunan. Fungsi balok anak adalah sebagai pembagi/pendistribusi beban. Pada bangunan

bertingkat biasanya terlihat bahwa ujung-ujung balok anak terhubung pada balok induk. Meskipun berukuran lebih kecil daripada balok induk, penggunaan komponen ini sangat vital, khususnya untuk mendukung bentang kerja optimal dari pelat lantai. Batasan-batasan masalah pada studi ini adalah sebagai berikut :

1. Mutu beton yang digunakan adalah $f_c' = 25$ MPa.
2. Mutu tulangan besi ulir adalah $f_y = 390$ MPa dan mutu tulangan besi polos adalah $f_{ys} = 240$ MPa.
3. Portal yang digunakan satu lantai dengan empat panel.
4. Perencanaan kolom adalah kolom pendek.
5. Analisa kekuatan struktur yang akan dilakukan hanya menggunakan beban arah gravitasi, yakni beban mati dan beban hidup lantai rumah tinggal.
6. Tinggi dari lantai ke plafond (tinggi lantai) ditentukan sebesar 3,5 meter agar perbandingan yang dilakukan lebih objektif.
7. Perencanaan mencakup struktur bagian atas (*upper structure*).
8. Analisa struktur menggunakan program.

Dalam analisa, peraturan yang dipakai adalah SNI 2847:2013.

2. METODOLOGI PENELITIAN

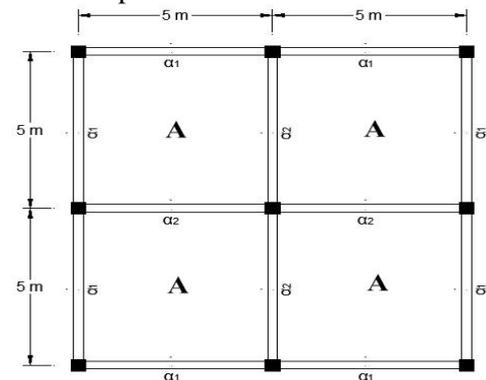
Metode yang digunakan dalam penulisan tugas akhir ini lebih menitikberatkan pada analisis perhitungan agar memperoleh dimensi yang efektif, efisien, dan memenuhi persyaratan teknis yang ada dari elemen-elemen struktur gedung dengan menggunakan program computer, dalam hal ini adalah ETABS versi 9, sebagai alat bantu dalam proses analisis perhitungan. Adapun elemen-elemen struktur yang menjadi tinjauan utama adalah pelat lantai, balok (balok induk

dan/atau balok anak), dan kolom. Dalam perencanaan ini ditinjau sebanyak tiga model dengan luas denah yang berbeda-beda untuk mendapatkan perbandingan biaya volume dari dimensi tersebut.

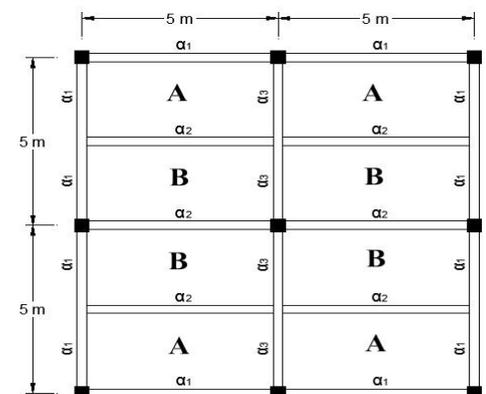
3. PERENCANAAN PENDAHULUAN

3.1 Data Perencanaan

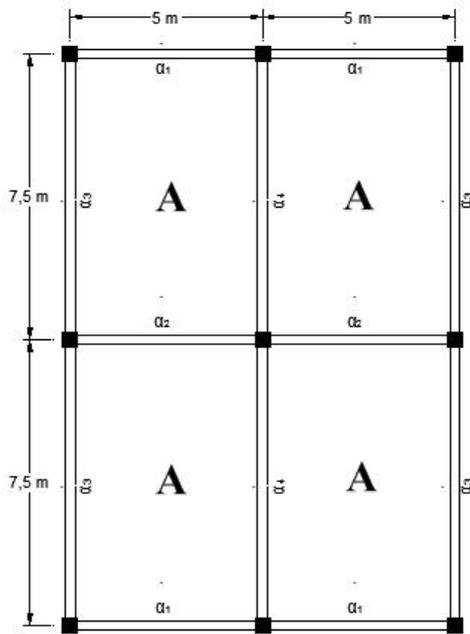
- Luas denah portal struktur ($L_x \times L_y$) :
 - a. Tipe A = 5 x 5 m
 - b. Tipe B = 5 x 7,5 m
 - c. Tipe C = 5 x 10 m
- Tinggi lantai (h) = 3,5 m
- Jumlah lantai = 1 (satu)
- Mutu beton (f_c') = 25 MPa
- Mutu baja ulir (f_y) = 390 MPa
- Mutu baja polos (f_{ys}) = 240 MPa
- Berat volume beton bertulang = 2400 kg/m³
- Beban hidup bangunan rumah tinggal = 250 kg/m²
- Tebal pelat lantai = 125 mm



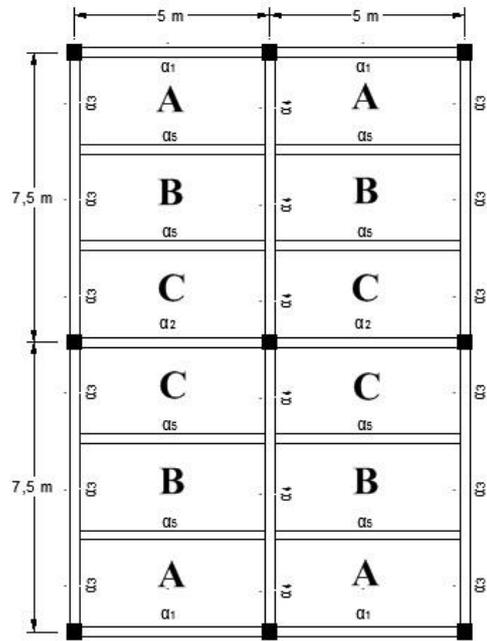
Gambar 1. Denah Model Struktur Tipe A1 (tanpa balok anak)



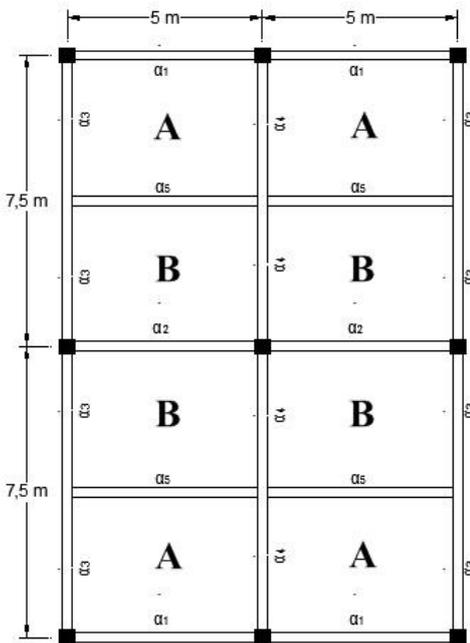
Gambar 2. Denah Model Struktur Tipe A2 (dengan satu balok anak)



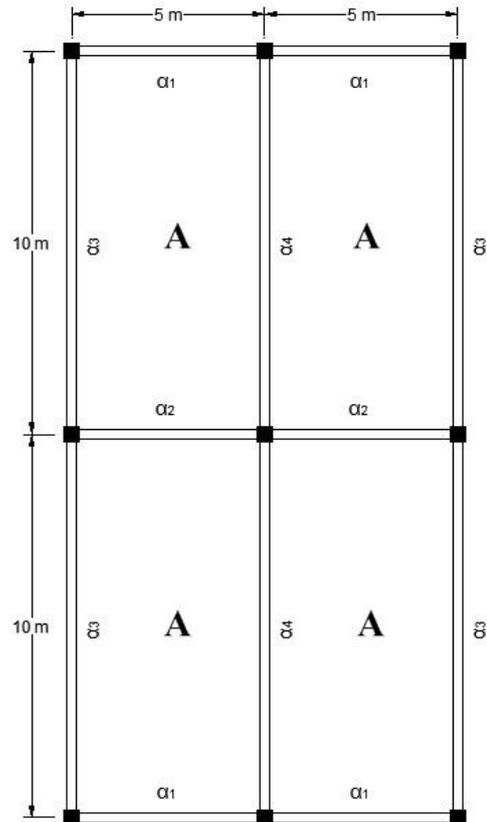
Gambar 3. Denah Model Struktur Tipe B1 (tanpa balok anak)



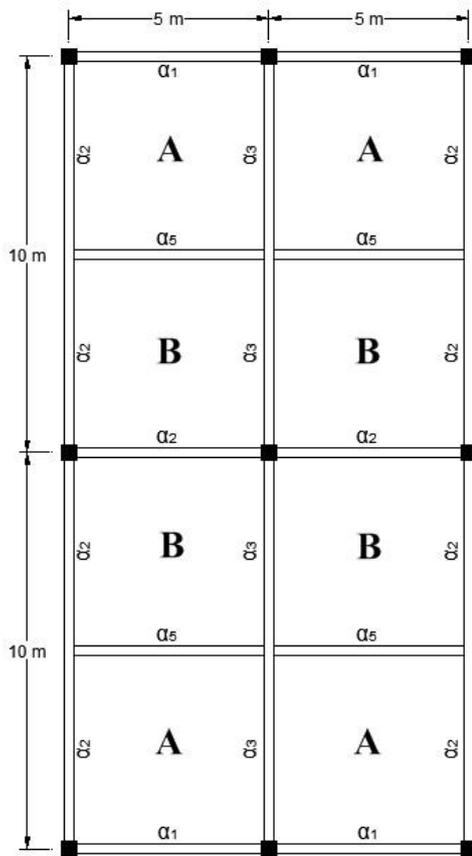
Gambar 5. Denah Model Struktur Tipe B3 (dengan dua balok anak)



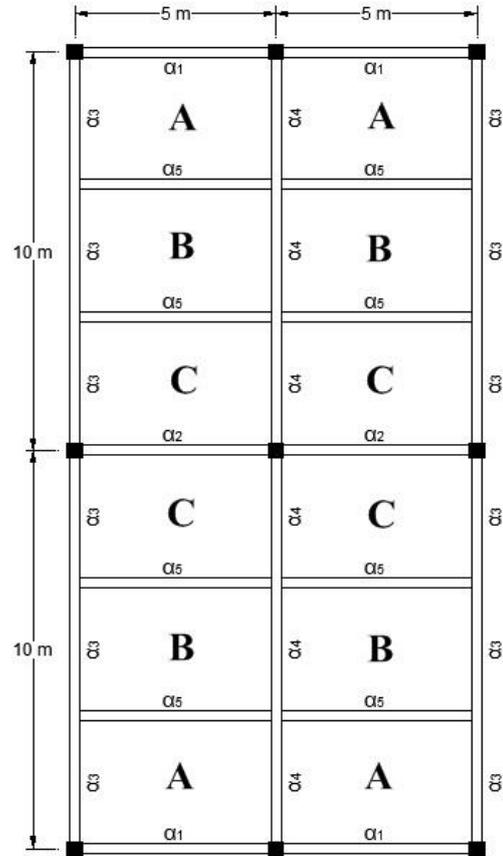
Gambar 4. Denah Model Struktur Tipe B2 (dengan satu balok anak)



Gambar 6. Denah Model Struktur Tipe C1 (tanpa balok anak)



Gambar 7. Denah Model Struktur Tipe C2 (dengan satu balok anak)



Gambar 8. Denah Model Struktur Tipe C3 (dengan dua balok anak)

3.2 Rekapitulasi Dimensi Elemen Struktur

NO	TIPE STRUKTUR	DIMENSI (mm)			h PELAT (mm)		DIMENSI KOLOM (mm)	KONTROL h PELAT	KETERANGAN
		Balok arah X	Balok arah Y	Balok Anak arah X	Renc.	Min.			
1.	A1	380 x 190	380 x 190	-	125	113.3	320 x 320	Aman	Tanpa balok anak
2.	A2	360 x 180	380 x 190	280 x 140	125	94.1	320 x 320	Aman	Dengan satu balok anak/panel pada arah x
3.	B1	320 x 160	480 x 240	-	125	165.8	320 x 320	Tdk Aman	Tanpa balok anak
4.	B2	420 x 210	480 x 240	280 x 140	125	105.7	320 x 320	Aman	Dengan satu balok anak/panel pada arah x
5.	B3	340 x 170	480 x 240	280 x 140	125	104.2	320 x 320	Aman	Dengan dua balok anak/panel pada arah x
6.	C1	400 x 200	660 x 330	-	125	189.4	320 x 320	Tdk Aman	Tanpa balok anak
7.	C2	400 x 200	640 x 320	280 x 140	125	113.0	320 x 320	Aman	Dengan satu balok anak/panel pada arah x
8.	C3	380 x 190	640 x 320	280 x 140	125	103.3	320 x 320	Aman	Dengan dua balok anak/panel pada arah x

3.3 Rekapitulasi Penulangan Pelat

TEBAL PELAT (mm)	TULANGAN TUMPUAN			TULANGAN LAPANGAN		
	As perlu (mm ² /m')	Wiremesh	As ada (mm ² /m')	As perlu (mm ² /m')	Wiremesh	As ada (mm ² /m')
125	344,88	M9 - 150 mm	424	280	M8 - 150 mm	335
125	575,40	M9 - 100 mm	636	280	M8 - 150 mm	335
125	636,00	M9 - 100 mm	636	280	M8 - 150 mm	335
125	347,30	M9 - 150 mm	424	280	M8 - 150 mm	335
125	551,31	M9 - 100 mm	636	285,60	M8 - 150 mm	335
125	564,61	M9 - 100 mm	636	280	M8 - 150 mm	335

3.4 Rekapitulasi Penulangan Balok

3.4.1 Rekapitulasi Penulangan Balok (Tipe A1 / arah X dan arah Y)

Ouput Design ETABS	SATUAN	ARAH X = ARAH Y					
		Balok Eksterior (380 / 190)			Balok Interior (380 / 190)		
Longitudinal Reinforcing (Top)	(1) mm ²	115	0	228	228	0	454
Longitudinal Reinforcing (Bottom)	(2) mm ²	115	220	44	228	328	129
Torsion Reinforcing (Longitudinal)	(3) mm ²	302	305	305	-	-	-
Jumlah = (1) + (2) + (3)	(4) mm ²	532	525	577	456	328	583
Torsion Reinforcing (Shear)	(5) mm ² /mm	0.577	0.332	0.409	-	-	-
Shear Reinforcing	(6) mm ² /mm	0	0	0	0.119	0	0.331
Jumlah = (5) + (6)	(7) mm ² /mm	1.154	0.664	0.818	0	0	0.331
TULANGAN LONGITUDINAL :							
(Atas)		2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	4 D 13
(As) =	(8) mm ²	265.465	265.465	265.465	265.465	265.465	530.929
(Tengah)		2 D 10	2 D 10	2 D 10	-	-	-
(As) =	(9) mm ²	157.080	157.080	157.080	-	-	-
(Bawah)		2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	3 D 13	2 D 13
(As) =	(10) mm ²	265.465	265.465	265.465	265.465	398.197	265.465
Jumlah	(11) mm ²	688.0	688.0	688.0	530.9	663.7	796.4
TULANGAN GESER :							
(As) =	(12) mm ² /mm	10 Ø - 60	10 Ø - 100	10 Ø - 60	10 Ø - 200	10 Ø - 200	10 Ø - 200
		1.309	0.785	1.309	0.393	0.393	0.393

Kontrol :		
(1) < (8)	->	OKE
(2) < (10)	->	OKE
(4) < (11)	->	OKE
(7) < (12)	->	OKE

3.4.2 Rekapitulasi Penulangan Balok (Tipe A2 / arah X)

Ouput Design ETABS	SATUAN	ARAH X								
		Balok Eksterior (360 / 180)			Balok Interior (360 / 180)			Balok Anak (280 / 140)		
Longitudinal Reinforcing (Top)	(1) mm ²	105	65	204	199	125	394	38	38	119
Longitudinal Reinforcing (Bottom)	(2) mm ²	112	204	130	204	302	204	86	119	77
Torsion Reinforcing (Longitudinal)	(3) mm ²	251	255	263	-	-	-	-	-	-
Jumlah = (1) + (2) + (3)	(4) mm ²	468	524	597	403	427	598	124	157	196
Torsion Reinforcing (Shear)	(5) mm ² /mm	0.549	0.287	0.391	-	-	-	-	-	-
Shear Reinforcing	(6) mm ² /mm	0	0	0	0.068	0	0.225	0	0	0
Jumlah = (5) + (6)	(7) mm ² /mm	1.098	0.574	0.782	0.068	0	0.225	0	0	0
TULANGAN LONGITUDINAL :										
(Atas)		2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	3 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13
(As) =	(8) mm ²	265.465	265.465	265.465	265.465	265.465	398.197	265.465	265.465	265.465
(Tengah)		2 D 10	2 D 10	2 D 10	-	-	-	-	-	-
(As) =	(9) mm ²	157.080	157.080	157.080	-	-	-	-	-	-
(Bawah)		2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	3 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13
(As) =	(10) mm ²	265.465	265.465	265.465	265.465	398.197	265.465	265.465	265.465	265.465
Jumlah	(11) mm ²	688.0	688.0	688.0	530.9	663.7	530.9	530.9	530.9	530.9
TULANGAN GESER :										
(As) =	(12) mm ² /mm	10 Ø - 70	10 Ø - 120	10 Ø - 70	10 Ø - 250	10 Ø - 250	10 Ø - 250	10 Ø - 250	10 Ø - 250	10 Ø - 250
		1.122	0.654	1.122	0.314	0.314	0.314	0.314	0.314	0.314

3.4.3 Rekapitulasi Penulangan Balok (Tipe A2 / arah Y)

Ouput Design ETABS	SATUAN	ARAH Y					
		Balok Eksterior (380 / 190)			Balok Interior (380 / 190)		
Longitudinal Reinforcing (Top)	(1) mm ²	109	73	228	218	149	470
Longitudinal Reinforcing (Bottom)	(2) mm ²	54	207	148	108	310	228
Torsion Reinforcing (Longitudinal)	(3) mm ²	279	287	287	-	-	-
Jumlah = (1) + (2) + (3)	(4) mm ²	442	567	663	326	459	698
Torsion Reinforcing (Shear)	(5) mm ² /mm	0.557	0.201	0.395	0	0	0
Shear Reinforcing	(6) mm ² /mm	0	0	0	0.108	0.000	0.298
Jumlah = (5) + (6)	(7) mm ² /mm	1.114	0.402	0.79	0.108	0	0.298
TULANGAN LONGITUDINAL :							
(Atas)		2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	4 D 13
(As) =	(8) mm ²	265.465	265.465	265.465	265.465	265.465	530.929
(Tengah)		2 D 10	2 D 10	2 D 10	-	-	-
(As) =	(9) mm ²	157.080	157.080	157.080	-	-	-
(Bawah)		2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	3 D 13	2 D 13
(As) =	(10) mm ²	265.465	265.465	265.465	265.465	398.197	265.465
Jumlah	(11) mm ²	688.0	688.0	688.0	530.9	663.7	796.4
TULANGAN GESER :							
(As) =	(12) mm ² /mm	10 Ø - 70	10 Ø - 150	10 Ø - 70	10 Ø - 250	10 Ø - 250	10 Ø - 250
		1.122	0.524	1.122	0.314	0.314	0.314

Kontrol :		
(1) < (8)	->	OKE
(2) < (10)	->	OKE
(4) < (11)	->	OKE
(7) < (12)	->	OKE

3.4.4 Rekapitulasi Penulangan Balok (Tipe B2 / arah X)

Ouput Design ETABS	SATUAN	ARAH X								
		Balok Eksterior (420 / 210)			Balok Interior (420 / 210)			Balok Anak (280 / 140)		
Longitudinal Reinforcing (Top)	(1) mm ²	78	78	282	157	157	493	46	46	143
Longitudinal Reinforcing (Bottom)	(2) mm ²	141	244	158	282	376	282	125	150	93
Torsion Reinforcing (Longitudinal)	(3) mm ²	414	380	341	-	-	-	-	-	-
Jumlah = (1) + (2) + (3)	(4) mm ²	633	702	781	439	533	775	171	196	236
Torsion Reinforcing (Shear)	(5) mm ² /mm	0.743	0.541	0.403	-	-	-	-	-	-
Shear Reinforcing	(6) mm ² /mm	0	0	0	0	0	0.262	0	0	0
Jumlah = (5) + (6)	(7) mm ² /mm	1.486	1.082	0.806	0	0	0.262	0	0	0
TULANGAN LONGITUDINAL :										
(Atas)		2 D 13	2 D 13	3 D 13	2 D 13	2 D 13	4 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13
(As) = (8)	mm ²	265.465	265.465	398.197	265.465	265.465	530.929	265.465	265.465	265.465
(Tengah)		2 D 10	2 D 10	2 D 10	-	-	-	-	-	-
(As) = (9)	mm ²	157.080	157.080	157.080	-	-	-	-	-	-
(Bawah)		2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	3 D 13	3 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13
(As) = (10)	mm ²	265.465	265.465	265.465	265.465	398.197	398.197	265.465	265.465	265.465
Jumlah	(11) mm ²	688.0	688.0	820.7	530.9	663.7	929.1	530.9	530.9	530.9
TULANGAN GESER :										
(As) = (12)	mm ² /mm	10 Ø - 50	10 Ø - 70	10 Ø - 50	10 Ø - 250	10 Ø - 250	10 Ø - 250	10 Ø - 250	10 Ø - 250	10 Ø - 250
		1.571	1.122	1.571	0.314	0.314	0.314	0.314	0.314	0.314

Kontrol :		
(1) < (8)	->	OKE
(2) < (10)	->	OKE
(4) < (11)	->	OKE
(7) < (12)	->	OKE

3.4.5 Rekapitulasi Penulangan Balok (Tipe B2 / arah Y)

Ouput Design ETABS	SATUAN	ARAH Y					
		Balok Eksterior (480 / 240)			Balok Interior (480 / 240)		
Longitudinal Reinforcing (Top)	(1) mm ²	205	192	660	373	371	1216
Longitudinal Reinforcing (Bottom)	(2) mm ²	122	384	373	229	731	572
Torsion Reinforcing (Longitudinal)	(3) mm ²	468	495	497	-	-	-
Jumlah = (1) + (2) + (3)	(4) mm ²	795	1071	1530	602	1102	1788
Torsion Reinforcing (Shear)	(5) mm ² /mm	0.701	0.25	0.443	0	0	0
Shear Reinforcing	(6) mm ² /mm	0	0	0	0.263	0.310	0.630
Jumlah = (5) + (6)	(7) mm ² /mm	1.402	0.5	0.886	0.263	0.31	0.63
TULANGAN LONGITUDINAL :							
(Atas)		2 D 13	2 D 13	5 D 13	3 D 13	3 D 13	5 D 19
(As) = (8)	mm ²	265.465	265.465	663.661	398.197	398.197	1417.644
(Tengah)		2 D 13	2 D 13	2 D 13	-	-	-
(As) = (9)	mm ²	265.465	265.465	265.465	-	-	-
(Bawah)		3 D 13	3 D 13	3 D 13	2 D 13	6 D 13	5 D 13
(As) = (10)	mm ²	398.197	398.197	398.197	265.465	796.394	663.661
Jumlah	(11) mm ²	929.1	929.1	1327.3	663.7	1194.6	2081.3
TULANGAN GESER :							
(As) = (12)	mm ² /mm	10 Ø - 50	10 Ø - 50	10 Ø - 50	10 Ø - 100	10 Ø - 100	10 Ø - 100
		1.571	1.571	1.571	0.785	0.785	0.785

Kontrol :		
(1) < (8)	->	OKE
(2) < (10)	->	OKE
(4) < (11)	->	OKE
(7) < (12)	->	OKE

3.4.6 Rekapitulasi Penulangan Balok (Tipe B3 / arah X)

Ouput Design ETABS	SATUAN	ARAH X								
		Balok Eksterior (340 / 170)			Balok Interior (340 / 170)			Balok Anak (280 / 140)		
Longitudinal Reinforcing (Top)	(1) mm ²	92	65	200	148	114	358	23	23	95
Longitudinal Reinforcing (Bottom)	(2) mm ²	109	180	131	180	245	180	70	101	47
Torsion Reinforcing (Longitudinal)	(3) mm ²	231	236	216	-	-	-	-	148	148
Jumlah = (1) + (2) + (3)	(4) mm ²	432	481	547	328	359	538	93	272	272
Torsion Reinforcing (Shear)	(5) mm ² /mm	0.486	0.193	0.332	-	-	-	-	0	0
Shear Reinforcing	(6) mm ² /mm	0	0	0	0.024	0	0.224	0	0	0
Jumlah = (5) + (6)	(7) mm ² /mm	0.972	0.386	0.664	0.024	0	0.224	0	0.000	0.000
TULANGAN LONGITUDINAL :										
(Atas)		2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	3 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13
(As) =	(8) mm ²	265.465	265.465	265.465	265.465	265.465	398.197	265.465	265.465	265.465
(Tengah)		2 D 10	2 D 10	2 D 10	-	-	-	-	-	-
(As) =	(9) mm ²	157.080	157.080	157.080	-	-	-	-	-	-
(Bawah)		2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13
(As) =	(10) mm ²	265.465	265.465	265.465	265.465	265.465	265.465	265.465	265.465	265.465
Jumlah	(11) mm ²	688.0	688.0	688.0	530.9	530.9	663.7	530.9	530.9	530.9
TULANGAN GESER :										
(As) =	(12) mm ² /mm	10 Ø - 80	10 Ø - 80	10 Ø - 80	10 Ø - 250	10 Ø - 250	10 Ø - 250	10 Ø - 250	10 Ø - 250	10 Ø - 250
		0.982	0.982	0.982	0.314	0.314	0.314	0.314	0.314	0.314

Keterangan : Output Balok Anak diambil luas tulangan terbesar

Kontrol :		
(1) < (8)	->	OKE
(2) < (10)	->	OKE
(4) < (11)	->	OKE
(7) < (12)	->	OKE

3.4.7 Rekapitulasi Penulangan Balok (Tipe B3 / arah Y)

Ouput Design ETABS	SATUAN	ARAH Y					
		Balok Eksterior (480 / 240)			Balok Interior (480 / 240)		
Longitudinal Reinforcing (Top)	(1) mm ²	233	116	617	370	188	1165
Longitudinal Reinforcing (Bottom)	(2) mm ²	278	374	373	373	607	550
Torsion Reinforcing (Longitudinal)	(3) mm ²	460	0	498	-	-	-
Jumlah = (1) + (2) + (3)	(4) mm ²	971	490	1488	743	795	1715
Torsion Reinforcing (Shear)	(5) mm ² /mm	0.491	0	0.53	0	0	0
Shear Reinforcing	(6) mm ² /mm	0	0	0	0.351	0.000	0.754
Jumlah = (5) + (6)	(7) mm ² /mm	0.982	0	1.06	0.351	0	0.754
TULANGAN LONGITUDINAL :							
(Atas)		2 D 13	2 D 13	5 D 13	3 D 13	2 D 13	5 D 19
(As) =	(8) mm ²	265.465	265.465	663.661	398.197	265.465	1417.644
(Tengah)		2 D 13	2 D 13	2 D 13	-	-	-
(As) =	(9) mm ²	265.465	265.465	265.465	-	-	-
(Bawah)		3 D 13	3 D 13	3 D 13	3 D 13	5 D 13	5 D 13
(As) =	(10) mm ²	398.197	398.197	398.197	398.197	663.661	663.661
Jumlah	(11) mm ²	929.1	929.1	1327.3	796.4	929.1	2081.3
TULANGAN GESER :							
(As) =	(12) mm ² /mm	10 Ø - 70	10 Ø - 70	10 Ø - 70	10 Ø - 100	10 Ø - 100	10 Ø - 100
		1.122	1.122	1.122	0.785	0.785	0.785

Keterangan : Output Balok Anak diambil luas tulangan terbesar

Kontrol :		
(1) < (8)	->	OKE
(2) < (10)	->	OKE
(4) < (11)	->	OKE
(7) < (12)	->	OKE

3.4.8 Rekapitulasi Penulangan Balok (Tipe C2 / arah X)

Ouput Design ETABS	SATUAN	ARAH X								
		Balok Eksterior (400 / 200)			Balok Interior (400 / 200)			Balok Anak (280 / 140)		
Longitudinal Reinforcing (Top)	(1) mm2	82	82	255	149	149	469	85	51	158
Longitudinal Reinforcing (Bottom)	(2) mm2	170	240	165	255	351	255	119	169	103
Torsion Reinforcing (Longitudinal)	(3) mm2	398	375	361	-	-	-	-	-	-
Jumlah = (1) + (2) + (3)	(4) mm2	650	697	781	404	500	724	204	220	261
Torsion Reinforcing (Shear)	(5) mm2/mm	0.175	0.538	0.344	-	-	-	-	-	-
Shear Reinforcing	(6) mm2/mm	0	0	0	0	0	0.197	0	0	0
Jumlah = (5) + (6)	(7) mm2/mm	0.35	1.076	0.688	0	0	0.197	0	0	0
TULANGAN LONGITUDINAL :										
(Atas)		2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	4 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13
(As) =	(8) mm2	265.465	265.465	265.465	265.465	265.465	530.929	265.465	265.465	265.465
(Tengah)		2 D 13	2 D 13	2 D 13	-	-	-	-	-	-
(As) =	(9) mm2	265.465	265.465	265.465	-	-	-	-	-	-
(Bawah)		2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	3 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13
(As) =	(10) mm2	265.465	265.465	265.465	265.465	398.197	265.465	265.465	265.465	265.465
Jumlah	(11) mm2	796.4	796.4	796.4	530.9	663.7	796.4	530.9	530.9	530.9
TULANGAN GESER :										
(As) =	(12) mm2/mm	1.122	1.122	1.122	0.314	0.314	0.314	0.314	0.314	0.314

Kontrol :		
(1) < (8)	->	OKE
(2) < (10)	->	OKE
(4) < (11)	->	OKE
(7) < (12)	->	OKE

3.4.9 Rekapitulasi Penulangan Balok (Tipe C2 / arah Y)

Ouput Design ETABS	SATUAN	ARAH Y					
		Balok Eksterior (640 / 320)			Balok Interior (640 / 320)		
Longitudinal Reinforcing (Top)	(1) mm2	213	359	1124	392	678	2220
Longitudinal Reinforcing (Bottom)	(2) mm2	213	688	679	392	1269	1044
Torsion Reinforcing (Longitudinal)	(3) mm2	753	869	866	-	-	-
Jumlah = (1) + (2) + (3)	(4) mm2	1179	1916	2669	784	1947	3264
Torsion Reinforcing (Shear)	(5) mm2/mm	0.782	0.288	0.484	0	0	0
Shear Reinforcing	(6) mm2/mm	0	0	0	0.197	0.574	0.861
Jumlah = (5) + (6)	(7) mm2/mm	1.564	0.576	0.968	0.197	0.574	0.861
TULANGAN LONGITUDINAL :							
(Atas)		3 D 13	3 D 13	5 D 19	3 D 13	6 D 13	6 D 22
(As) =	(8) mm2	398.197	398.197	1417.644	398.197	796.394	2280.796
(Tengah)		4 D 13	4 D 13	4 D 13	-	-	-
(As) =	(9) mm2	530.929	530.929	530.929	-	-	-
(Bawah)		3 D 13	3 D 19	3 D 19	3 D 13	5 D 19	4 D 19
(As) =	(10) mm2	398.197	850.586	850.586	398.197	1417.644	1134.115
Jumlah	(11) mm2	1327.3	1779.7	2799.2	796.4	2214.0	3414.9
TULANGAN GESER :							
(As) =	(12) mm2/mm	1.571	1.571	1.571	0.982	0.982	0.982

Kontrol :		
(1) < (8)	->	OKE
(2) < (10)	->	OKE
(4) < (11)	->	OKE
(7) < (12)	->	OKE

3.4.10 Rekapitulasi Penulangan Balok (Tipe C3 / arah X)

Ouput Design ETABS	SATUAN	ARAH X								
		Balok Eksterior (380 / 190)			Balok Interior (380 / 190)			Balok Anak (280 / 140)		
Longitudinal Reinforcing (Top)	(1) mm ²	78	78	241	139	139	440	95	54	168
Longitudinal Reinforcing (Bottom)	(2) mm ²	152	224	158	228	329	228	119	160	109
Torsion Reinforcing (Longitudinal)	(3) mm ²	299	297	254	-	-	-	151	151	-
Jumlah = (1) + (2) + (3)	(4) mm ²	529	599	653	367	468	668	365	365	277
Torsion Reinforcing (Shear)	(5) mm ² /mm	0.62	0.519	0.269	-	-	-	0.195	0.199	-
Shear Reinforcing	(6) mm ² /mm	0	0	0	0	0	0.281	0	0	0
Jumlah = (5) + (6)	(7) mm ² /mm	1.24	1.038	0.538	0	0	0.281	0.39	0.398	0
TULANGAN LONGITUDINAL :										
(Atas)		2 D 13	2 D 13	3 D 13	2 D 13	2 D 13	4 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13
(As) =	(8) mm ²	265.465	265.465	398.197	265.465	265.465	530.929	265.465	265.465	265.465
(Tengah)		2 D 10	2 D 10	2 D 10	-	-	-	-	-	-
(As) =	(9) mm ²	157.080	157.080	157.080	-	-	-	-	-	-
(Bawah)		2 D 13	3 D 13	2 D 13	2 D 13	3 D 13	3 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13
(As) =	(10) mm ²	265.465	398.197	265.465	265.465	398.197	398.197	265.465	265.465	265.465
Jumlah	(11) mm ²	688.0	820.7	820.7	530.9	663.7	929.1	530.9	530.9	530.9
TULANGAN GESER :										
(As) =	(12) mm ² /mm	1.309	1.309	1.309	0.314	0.314	0.314	0.436	0.436	0.436

Keterangan : Output Balok Anak diambil luas tulangan terbesar

Kontrol :		
(1) < (8)	->	OKE
(2) < (10)	->	OKE
(4) < (11)	->	OKE
(7) < (12)	->	OKE

3.4.11 Rekapitulasi Penulangan Balok (Tipe C3 / arah Y)

Ouput Design ETABS	SATUAN	ARAH Y					
		Balok Eksterior (640 / 320)			Balok Interior (640 / 320)		
Longitudinal Reinforcing (Top)	(1) mm ²	219	221	1141	396	401	2291
Longitudinal Reinforcing (Bottom)	(2) mm ²	679	696	679	1009	1289	1075
Torsion Reinforcing (Longitudinal)	(3) mm ²	834	869	869	-	-	-
Jumlah = (1) + (2) + (3)	(4) mm ²	1732	1786	2689	1405	1690	3366
Torsion Reinforcing (Shear)	(5) mm ² /mm	0.765	0.357	0.467	0	0	0
Shear Reinforcing	(6) mm ² /mm	0	0	0	0.235	0	0.93
Jumlah = (5) + (6)	(7) mm ² /mm	1.53	0.714	0.934	0.235	0	0.93
TULANGAN LONGITUDINAL :							
(Atas)		2 D 13	2 D 13	5 D 13	3 D 13	3 D 13	5 D 19
(As) =	(8) mm ²	265.465	265.465	663.661	398.197	398.197	1417.644
(Tengah)		2 D 13	2 D 13	2 D 13	-	-	-
(As) =	(9) mm ²	265.465	265.465	265.465	-	-	-
(Bawah)		3 D 13	3 D 13	3 D 13	2 D 13	6 D 13	5 D 13
(As) =	(10) mm ²	398.197	398.197	398.197	265.465	796.394	663.661
Jumlah	(11) mm ²	929.1	929.1	1327.3	663.7	1194.6	2081.3
TULANGAN GESER :							
(As) =	(12) mm ² /mm	1.571	1.571	1.571	0.982	0.982	0.982

Keterangan : Output Balok Anak diambil luas tulangan terbesar

Kontrol :		
(1) < (8)	->	OKE
(2) < (10)	->	OKE
(4) < (11)	->	OKE
(7) < (12)	->	OKE

3.5 Rekapitulasi Penulangan Kolom

NO.	URAIAN	BANGUNAN					
		TIPE A1	TIPE A2	TIPE B2	TIPE B3	TIPE C2	TIPE C3
1	Dimensi	32 x 32 cm					
2	Tulangan Utama	8 D 19					
3	El balok	2558.08	2539.96	6306.10	5979.44	18313.58	18185.15
4	El kolom	5145.64	5109.19	4982.59	4724.49	4578.39	4546.29
5	Ψ_A	2.87	2.87	1.69	1.69	0.71	0.71
6	Ψ_B	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
7	k	0.82	0.82	0.80	0.8	0.75	0.75
8	Lu (mm)	3120	3120	3020	3020	2860	2860
9	k.Lu / r	26.65	26.65	25.17	25.17	22.34	22.34
10	34 - 12 (M1 / M2)	27.01	26.95	26.58	26.58	25.90	25.90
11	Kontrol Kolom	PENDEK	PENDEK	PENDEK	PENDEK	PENDEK	PENDEK
12	Vu (kN)	14.12	13.65	13.79	14.59	20.69	21.03
13	ϕV_c (kN)	60.64	60.61	62.85	63.33	64.85	64.84
14	1/2 ϕV_c (kN)	30.32	30.305	31.425	31.665	32.425	32.42
15	Tulangan Geser	TIDAK	TIDAK	TIDAK	TIDAK	TIDAK	TIDAK

Keterangan :

k.Lu / r < 34 - 12 (M1/M2) : Kolom Pendek
 k.Lu / r > 34 - 12 (M1/M2) : Kolom Langsing
 Vu < 1/2 ϕV_c : Tidak Perlu Tulangan Geser

4. KESIMPULAN

4.1. Bangunan tipe A (panel 5 × 5 m) :

Untuk bangunan tipe A1 (tanpa balok anak) tebal pelat rencana sudah memenuhi syarat tebal pelat minimum. Untuk bangunan tipe A2 (satu bentang balok anak) tidak efisien terhadap struktur pelat. Maka itu bangunan tipe A3 (dengan dua balok anak) tidak perlu direncanakan.

4.2. Bangunan tipe B (panel 5 × 7,5 m) :

Untuk bangunan tipe B1 (tanpa balok anak) tebal pelat rencana belum memenuhi syarat tebal pelat minimum. Untuk bangunan tipe B2 (satu bentang balok anak) tebal pelat rencana sudah memenuhi syarat tebal pelat minimum. Maka itu bangunan tipe B3 (dengan dua balok anak) tidak efisien terhadap struktur pelat.

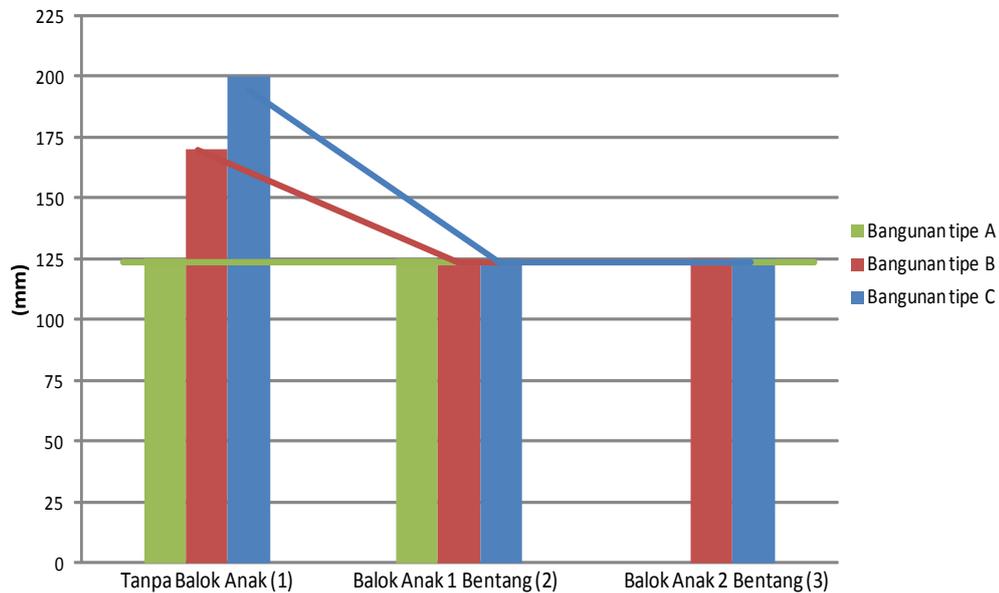
4.3. Bangunan tipe C (panel 5 × 10 m) :

Untuk bangunan tipe C1 (tanpa balok anak) tebal pelat rencana juga belum memenuhi syarat tebal pelat minimum. Untuk bangunan tipe B2 (satu bentang balok anak) tebal pelat rencana sudah memenuhi syarat tebal pelat minimum. Maka itu bangunan tipe B3 (dengan dua balok anak) tidak efisien terhadap struktur pelat.

Kesimpulan penggunaan balok anak pada tiga tipe bangunan adalah :

- Tipe Bangunan A tidak perlu menggunakan balok anak.
- Tipe Bangunan B cukup menggunakan 1 bentang balok anak.

Tipe Bangunan C cukup menggunakan 1 bentang balok anak.



Pada umumnya penggunaan balok anak pada struktur bangunan adalah untuk membantu mengurangi tebal pelat lantai ($>125\text{mm}$). Dengan begitu beban yang diterima struktur pelat berkurang dan disalurkan pada balok anak.

Untuk luasan pelat $5\text{m} \times 5\text{m}$ tidak memerlukan balok anak. Maka itu luasan efektif pelat untuk penggunaan balok anak adalah dengan luasan di atas $5\text{m} \times 5\text{m}$.

5. SARAN

Adapun saran-saran yang dapat diberikan pada penulisan studi ini yaitu :

1. Penggunaan program komputer sebagai alat bantu dalam analisis perhitungan struktur sebaiknya dilandasi penguasaan ilmu yang baik juga.
2. Studi penggunaan balok hendaknya diteliti lebih lanjut agar hendaknya suatu bangunan lebih kuat, kokoh, dan efisien.

6. DAFTAR PUSTAKA

-----, 1983. *Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung*.

Bandung : Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.

-----, 2013. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung SK SNI-03-2874-2013*. Bandung : Badan Standarisasi Nasional.

Asroni, Ali. 2010. *Balok dan Pelat Beton Bertulang*. Yogyakarta : Graha Ilmu.

Kusuma, Gideon dan Vis W.C. 1993. *Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang (Seri I)*. Jakarta : Erlangga.

McCormac, Jack C. 2001. *Desain Beton Bertulang (Edisi Kelima)*. Jakarta : Erlangga.

Wang, C.K. dan Salmon, C.G, (Terjemahan: Binsar Hariandja). 1993. *Desain Beton Bertulang Jilid 1 dan 2 Edisi Keempat*. Jakarta : Erlangga.

