

PENGARUH PEMODELAN TIPE BALOK BETON BERTULANG TERHADAP RASIO TULANGAN PERLU

Wahyuni¹, Munawir², dan Eko Putra Pujianto³

^{1,2)}Dosen Tetap. Prodi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Aceh

³⁾ Mahasiswa Prodi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Aceh

Email : wahyuni@unmuha.ac.id

Abstrak

Pada perencanaan struktur bangunan gedung, balok dapat dimodelkan sebagai balok segi empat dan balok T. Balok segi empat dimodelkan dengan hanya memperhitungkan dimensi balok, tanpa memperhitungkan pengaruh plat lantai yang melekat pada bagian atas balok. Sedangkan pada perhitungan balok T, plat lantai diperhitungkan sebagai sayap pada balok yang ditinjau. Berdasarkan pemodelan balok yang diaplikasikan pada objek kajian, yaitu gedung asrama putra berlantai 3 (tiga). Penelitian ini bertujuan untuk meninjau pengaruh tipe balok terhadap rasio tulangan perlu, karena adanya perbedaan area tekan pada balok dan peningkatan nilai inersia penampangnya. Pemodelan struktur yang ditinjau adalah sebagai portal rangka ruang (*space frame*), dengan pembebanan dibatasi untuk beban mati dan beban hidup. Standar yang digunakan adalah *Standar Nasional Indonesia* (SNI) 1727-2013 dan PPIUG 1983. Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung *Standar Nasional Indonesia* (SNI) 2847-2002. Sedangkan untuk analisis gaya-gaya dalam dilakukan dengan menggunakan bantuan *software SAP2000*. Input data material untuk beton, K-250 ($f'c = 20,75$ MPa) dan baja ($f_y = 390$ MPa). Berdasarkan hasil analisis untuk balok induk 30/60 dengan bentang 6 m diperoleh besarnya momen (M) dan gaya geser (V) maksimum sebesar $M = 188,09$ kN.m dan $V = 177,20$ kN. Untuk balok segi empat variasi 1. $M = 154,19$ kN.m dan $V = 176,51$ kN untuk balok T variasi 2. Kebutuhan tulangan perlu untuk balok variasi 1 sebesar $940,80$ mm² ($\rho = 0,0056$) menggunakan besi 5D16. Untuk balok variasi 2 sebesar $890,71$ mm² ($\rho = 0,0047$) menggunakan besi 4D16. Dengan demikian diperoleh kesimpulan bahwa pemodelan balok T menjadikan kebutuhan tulangan menjadi lebih kecil dibandingkan dengan balok segi empat.

kata kunci : balok, balok T, gaya geser, momen, SAP2000

1. PENDAHULUAN

Proses pembangunan konstruksi dapat mempengaruhi struktur suatu bangunan. Salah satu contohnya adalah balok, dalam proses konstruksi balok hampir selalu dicor bersamaan dengan pelat lantai. Akibat pengcoran yang bersamaan maka balok dan pelat akan bersifat monolit sehingga hal ini akan mempengaruhi karakteristik balok dalam menahan momen positif. Hal ini membuat penampang balok diperhitungkan menjadi dua, jika $a \leq hf$ maka penampang balok menjadi balok segi empat dan jika $a \geq hf$ penampang balok menjadi balok T. Jika pada balok segi empat bagian yang memikul tekan hanya sebesar lebar balok, maka pada balok T bagian yang memikul tekan akan lebih lebar lagi. Penelitian ini bertujuan untuk meninjau perbandingan rasio tulangan perlu dimensi balok segi empat (variasi 1) dengan balok T (variasi 2).

Objek penelitian ini adalah struktur gedung asrama putra berlantai 3 (tiga), yang terletak di Gampong Meurande Kecamatan Lembah Sabil Kabupaten Aceh Barat Daya dengan luas bangunan 420 m², pemilihan lokasi ini disebabkan karena daerah tersebut merupakan pusat pendidikan pada Gampong Meurande. Balok yang digunakan adalah balok beton bertulang dengan kuat tekan beton K-250 ($f'c=20,75$ MPa) dan kuat leleh baja ($f_y =$

390 MPa dengan modulus elastisitas baja (E_s) = 200000 MPa.

Bagaimana perbedaan perubahan dimensi yang terjadi pada balok variasi 1 dengan variasi 2 serta bagaimana perbandingan luas tulangan pada kedua balok tersebut. Selain itu hal ini dihubungkan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh momen pada balok variasi 1 dan variasi 2, gaya dan luas tulangan geser pada kedua balok tersebut. Analisis struktur pada perhitungan gedung asrama bertingkat 3 (tiga) menggunakan program SAP (*Structure Analysis Program*) 2000.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton Bertulang

Mulyono berpendapat (2004), beton bertulang adalah beton yang menggunakan tulangan dengan jumlah dan luas tulangan tidak kurang dari nilai minimum yang disyaratkan, dengan atau tanpa pratekan dan direncanakan berdasarkan asumsi bahwa kedua material bekerja bersama-sama dalam menahan gaya yang bekerja. Balok didefinisikan sebagai salah satu dari elemen struktur portal dengan bentang yang arahnya horizontal, sedangkan kolom ialah suatu struktur yang mendukung beban aksial dengan atau tanpa momen lentur. Selanjutnya balok dan kolom ini menjadi satu kesatuan yang kokoh dan sering disebut sebagai kerangka (portal) dari suatu gedung.

2.3 Kombinasi Pembebanan

Keputusan SNI (2002), struktur dan komponennya harus direncanakan hingga semua penampang mempunyai kuat rencana minimum sama dengan kuat pelu, kekuatan suatu komponen struktur atau penampang yang diperlukan untuk menahan beban terfaktor atau momen dan gaya dalam yang berkaitan dengan beban tersebut. Komponen struktur juga harus memenuhi semua ketentuan standar ini yang lainnya untuk menjamin kinerja yang mencukupi pada tingkat beban layan.

$$W_u = 1,4 W_d \quad (2.1)$$

$$W_u = 1,2W_d + 1,6 W_l \quad (2.2)$$

Dimana :

W_u = Beban Ultimit (kN/m)

W_d = Jumlah beban mati (kN/m)

W_l = Jumlah beban hidup (kN/m)

2.3. Kuat Rencana

Keputusan SNI (2013), kekuatan rencana yang disediakan oleh suatu komponen struktur, sambungannya dengan komponen struktur lain, dan penampangnya, sehubungan

dengan lentur, beban normal, geser, dan torsi, harus diambil sebesar kekuatan nominal dihitung sesuai dengan persyaratan dan asumsi dari standar ini, yang dikalikan dengan faktor reduksi kekuatan ϕ . komponen struktur rencana adalah sebagai berikut :

- | | |
|--|--------|
| 1. Penampang terkendali tarik | = 0,90 |
| 2. Geser dan torsi | = 0,75 |
| 3. Tumpuan pada beton | = 0,65 |
| 4. Tekan aksial tanpa dan dengan lentur (sengkang) | = 0,65 |
| 5. Tekan aksial tanpa dan dengan lentur (sepiral) | = 0,75 |

2.4 Perencanaan Struktur Beton Bertulang

Pada perencanaan beton bertulang, semua komponen struktur harus cukup kuat untuk memikul beban yang bekerja pada berbagai macam kondisi rencana dengan menggunakan faktor rencana dengan menggunakan faktor beban dan reduksi kekuatan ϕ . Prosedur dan asumsi perencanaan harus merujuk kepada peraturan yang berlaku.

2.5. Software Structure Analysis Program (SAP) 2000

Dewanto (2007), SAP 2000 merupakan *software* yang digunakan untuk menganalisis struktur gedung maupun jembatan terhadap beban yang bekerja dan mendesain elemen-elemen nya. Beberapa pilihan yang disediakan dalam SAP 2000, antara lain membuat struktur baru, memodifikasi, dan merancang (mendesain) elemen struktur.

Program SAP 2000 dirancang sangat interaktif, sehingga beberapa hal dapat dilakukan, misalnya mengontrol kondisi tegangan pada elemen struktur, mengubah dimensi batang, dan mengganti peraturan (*code*) perancangan tanpa harus mengulang analisis struktur. Namun demikian, ada beberapa hal yang tidak diperhitungkan oleh program ini dan harus dilakukan sendiri oleh perencana.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Input Data

Data yang diperlukan sebelum menganalisis struktur yaitu berupa gambar rencana bangunan dengan dua variasi yaitu pada variasi pertama menggunakan balok segi empat dan variasi kedua menggunakan balok T.

1. Bangunan yang direncanakan adalah bangunan asrama putra berlantai tiga yang diasumsikan terletak di Gampong Meurande Kecamatan Lembah Sabil Kabupaten Aceh Barat Daya. Bangunan tersebut mempunyai luas di atas tanah 420 m^2 . Tinggi lantai satu 4 meter, lantai dua dan tiga 3,5 meter, sehingga tinggi total gedung adalah 11 meter.

2. Dalam perencanaan struktur beton bertulang perlu diketahui mutu bahan yang digunakan untuk menghitung kekuatan struktur tersebut. Asrama ini direncanakan dengan mutu bahan sebagai berikut :
- a. Kuat tekan beton (f'_c) = 20,75 MPa
 - b. Tegangan leleh tulangan utama (f_y) = 390 MPa
 - c. Modulus elastisitas beton (E_c) = 21409,519 MPa
 - d. Modulus elastisitas tulangan baja (E_s) = 200000 MPa
 - e. Berat jenis beton bertulang = 2400 Kg/m³

3.2 Analisa Struktur

Analisa Struktur bangunan dilakukan dengan bantuan program SAP2000 berupa permodelan struktur bangunan dengan memasukan material yang digunakan, dimensi penampang bangunan, beban-beban yang bekerja pada bangunan dan analisis struktur untuk mendapatkan gaya geser dan momen yang bekerja pada struktur balok yang direncanakan.

3.2.1 Permodelan Struktur

Elemen struktur ditinjau pada perencanaan gedung asrama ini adalah elemen balok segi empat dan balok T. Bentuk portal adalah portal simetris, artinya jumlah dan lebar bentang untuk setiap tingkat, dimensi dan kekakuan elemen portal pada tingkat tertentu adalah sama. Panjang balok induk yang direncanakan adalah 6 m dan panjang balok anak 6 m dengan tinggi bangunan 4 m untuk lantai satu, 3,5 m untuk lantai dua dan tiga dengan menggunakan SAP2000.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Analisis Struktur

Analisis struktur yang dilakukan SAP2000 hanya untuk kombinasi yang paling berpengaruh terhadap reaksi titik nodal, gaya-gaya batang dan luas tulangan.

4.1.1 Dimensi Pelat

Tebal pada pelat lantai dan pelat atap setelah dilakukan perhitungan maka didapat ketebalan pelat sesuai dengan variasi pada bangunan yaitu sebesar 12 cm untuk plat lantai dan 10 cm untuk plat atap, untuk kedua variasi balok ketebalan plat lantai dan plat atap sama.

4.1.2 Dimensi Balok

Pada perhitungan dimensi balok dilakukan proses trial and error pada penampang

balok untuk mendapatkan balok yang paling aman, perhitungan balok pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Perbandingan dimensi penampang

Tingkat Bangunan	Tipe Penampang	Panjang Bentang (cm)		Dimensi (cm)
		Arah (x)	Arah (Y)	
Variasi 1 dan 2 (Balok Segi Empat dan Balok T)				
1	Sloof	600	600	30/60
2 dan 3	Balok Induk	600	600	30/60
	Balok Anak	400	200	20/35
Atap	Balok Atap	600	600	25/45

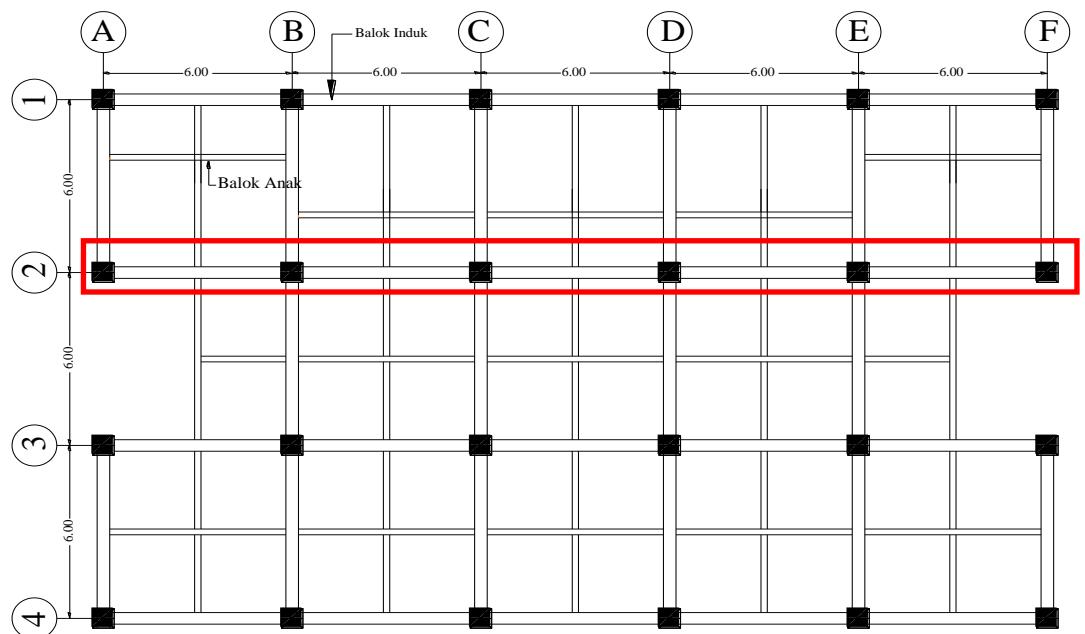
Ukuran penampang balok segi empat dan balok T di rencanakan sama dan setiap penampang direncanakan menggunakan balok anak melintang dan memanjang.

4.2 SAP2000 Momen dan Gaya Geser Penampang Balok

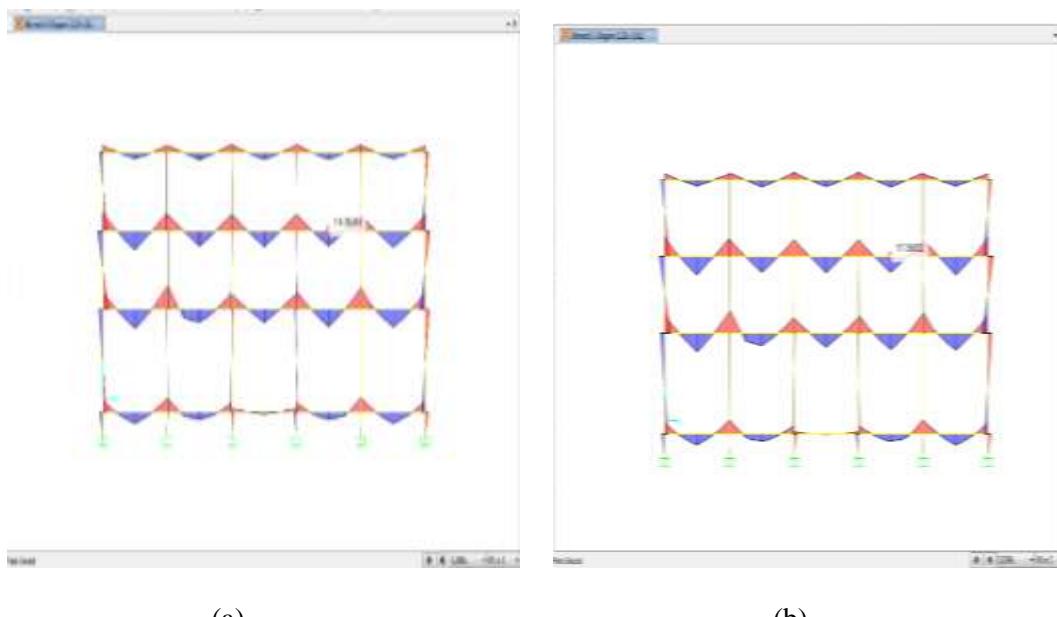
Gaya dalam yang didapat dari hasil output dengan menggunakan SAP2000 untuk balok berupa momen dan gaya geser akibat kombinasi beban pada setiap elemen balok dengan variasi rencana pada bangunan balok segi empat dan balok T. Untuk tabel Output kombinasi beban pada gaya geser dan momen dapat dilihat pada lampiran B.4 dan lampiran B.5.

4.2.1 Momen

Untuk momen-momen yang bekerja pada penampang balok, pada ke dua variasi dapat dilihat pada Gambar 4.1 yang tertera dibawah ini :



Gambar 4.1 Denah As-2 balok segi empat dan balok T



Gambar 4.2 Bidang momen portal As-2 berdasarkan pemodelan sebagai (a) balok segi empat dan (b) balok T

Pada gambar di atas menampilkan beban yang bekerja untuk kedua jenis balok pada portal memanjang lantai 3 2-2 D-E. Pada portal memanjang balok segi empat lantai 3 titik 2-2 D-E di dapat V2 sebesar 89,55 KN, untuk momen sebesar 128,98 KN.m, dengan *Deflection* sebesar 0,003758 m. Portal memanjang balok T lantai 3 titik 2-2 D-E di dapat V2 sebesar 88,48 KN, momen sebesar 126,15 KN.m, *Deflection* sebesar 0,001587 m. Dapat dilihat penurunan nilai V2 selisih 1,07 dengan persentase sebesar 1,19 %, untuk momen selisih yang di dapat sebesar 2,83 dengan persentase 2,19 %.

Tabel 4.2 Rekapitulasi Momen Pada Setiap Variasi

Variasi Penampang	Tingkat Bangunan	Tipe Penampang	Kode	Luas (cm)	Momen			
					Arah (x)		Arah (y)	
					Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Variasi 1 Balok Segi Empat	2	Balok Induk	Bi	30/60	-130,73	97,48	-132,16	97,64
		Balok Anak	Ba	20/35	-156,35	131,38	-187,36	145,24
	3	Balok Induk	Bi	30/60	-188,09	145,13	-131,97	128,98
		Balok Anak	Ba	20/35	-165,22	150,90	-101,84	88,27
	Atap	Balok Atap	Rb	25/45	-56,51	55,16	-58,52	52,47
	Variasi 2 Balok T	Balok Induk	Bi	30/60	-81,59	47,91	-129,22	94,60
		Balok Anak	Ba	20/35	-147,90	121,95	-169,63	140,61
		Balok Induk	Bi	30/60	-187,45	140,55	-127,78	126,15
		Balok Anak	Ba	20/35	-154,19	132,74	-98,98	80,60
	Atap	Balok Atap	Rb	25/45	-56,55	55,15	-58,36	52,52

1 lantai 3 nilai yang didapat sebesar -188,09 kN.m untuk tumpuan dan 145,13 kN.m untuk lapangan. Sedangkan momen pada variasi 2 lantai 3 didapat -187,45 kN.m untuk tumpuan dan 140,55

Momen yang terjadi pada variasi 1 lantai 2 Balok Induk, didapat -132,16 kN.m untuk tumpuan dan 97,64 kN.m untuk lapangan. Variasi 2 lantai 2 didapat momen balok induk -129,22 kN.m untuk tumpuan dan 94,60 kN.m untuk lapangan. Untuk balok induk variasi 1 dan 2 terjadi penurunan sebesar -2,94 kN.m pada momen tumpuan, dan terjadi penurunan sebesar 3,04 kN.m untuk lapangan. Momen balok induk yang terjadi pada variasi 1 lantai 3 nilai yang didapat sebesar -188,09 kN.m untuk tumpuan dan 145,13 kN.m untuk lapangan. Sedangkan momen pada variasi 2 lantai 3 didapat -187,45 kN.m untuk tumpuan dan 140,55 kN.m untuk lapangan. Untuk balok induk variasi 1 dan 2 terjadi penurunan sebesar -0,64 kN.m pada momen tumpuan, dan terjadi penurunan sebesar 4,58 kN.m untuk lapangan.

4.2.2 Gaya Geser

Sesuai dari hasil analisis pada program SAP2000, maka didapat gaya geser yang timbul pada masing-masing variasi tinjauan yaitu balok segi empat dan balok T. Maka didapat gaya geser yang bekerja pada masing-masing penampang balok yang dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Rekapitulasi gaya geser pada masing-masing penampang

Variasi Penampang	Tingkat Bangunan	Tipe Penampang	Kode	Luas (cm)	Gaya Geser			
					Arah (x)		Arah (y)	
					Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Variasi 1 Balok Segi Empat	2	Balok Induk	Bi	30/60	-118,96	46,17	-117,64	46,04
		Balok Anak	Ba	20/35	-119,28	69,50	-176,05	82,93
	3	Balok Induk	Bi	30/60	-177,20	82,33	-88,48	77,02
		Balok Anak	Ba	20/35	-125,74	72,20	-86,74	34,48
	Atap	Balok Atap	Rb	25/45	-41,81	32,21	-41,47	32,19
	Variasi 2 Balok T	Balok Induk	Bi	30/60	-83,61	8,81	-117,07	34,56
		Balok Anak	Ba	20/35	-111,99	18,93	-116,63	13,86
		Balok Induk	Bi	30/60	-176,51	81,09	-89,77	80,37
		Balok Anak	Ba	20/35	-118,71	69,73	-81,59	18,49
		Atap	Balok Atap	Rb	41,76	32,15	41,52	32,08

Gaya geser balok induk pada variasi 1 untuk lantai 2 sebesar -118,96 kN untuk tumpuan, dan untuk lapangan sebesar 46,17 kN. Variasi 2 pada lantai 2 sebesar -117,07 kN untuk tumpuan dan gaya geser lapangan sebesar 34,56 kN. Terjadi penurunan gaya geser

pada Variasi 1 dan 2 tumpuan sebesar -1,89 kN, pada gaya geser lapangan terjadi penurunan sebesar 11,61 kN. Untuk gaya geser variasi 1 lantai 3 didapat sebesar -176,51 kN pada tumpuan dan pada lapangan sebesar 82,33 kN. Variasi 2 lantai 3 didapat sebesar -177,20 kN pada tumpuan dan pada lapangan sebesar 81,09 kN. Terjadi kenaikan gaya geser pada Variasi 1 dan 2 tumpuan sebesar -0,69 kN, pada gaya geser lapangan terjadi penurunan sebesar 1,24 kN.

Sedangkan untuk balok anak gaya geser yang didapat pada variasi 1 lantai 2 sebesar -176,05 kN pada tumpuan sedangkan untuk lapangan sebesar 82,93 kN. Untuk balok anak gaya geser yang didapat pada variasi 2 lantai 2 sebesar -116,83 kN pada tumpuan sedangkan untuk lapangan sebesar 18,93 kN. Terjadi penurunan gaya geser pada Variasi 1 dan 2 tumpuan sebesar -59,22 kN, pada gaya geser lapangan terjadi penurunan sebesar 64 kN. Momen tumpuan dan lapangan dapat dilihat dalam bentuk diagram batang pada gambar 4.1 dan 4.2 di bawah ini.

4.3 Perbandingan Luas Tulangan Balok

Hasil luas tulangan dari output SAP berupa Luas Tulangan Tarik Dan tekan untuk kedua variasi dapat dilihat pada Tabel 4.4. dibawah ini :

Tabel 4.4 Luas Tulangan dan Jumlah Tulangan yang dipakai

Tingkat Bangunan	Tipe Penampang	Penampang (cm)	Luas Tulangan yang dibutuhkan					
			Tumpuan			Lapangan		
			Tekan	Tarik	Geser	Tekan	Tarik	Geser
Variasi 1 Balok Segi Empat								
2	Balok Induk	30/60	940,80	885,16	0,32	828,80	443,35	0
	Balok Anak	20/35	600,25	392,94	0	472,44	196,47	0
3	Balok Induk	30/60	890,71	740,32	0,43	696,38	370,16	0
	Balok Anak	20/35	592,01	292,02	0,09	392,94	146,01	0
Atap	Ring Balok	25/45	461,93	392,32	0,36	410,55	196,16	0
Variasi 2 Balok T								
2	Balok Induk	30/60	843,84	544,64	0,28	740,32	272,32	0
	Balok anak	20/35	445,56	335,93	0,16	385,66	167,96	0
3	Balok Induk	30/60	759,16	481,17	0,30	530,69	240,08	0
	Balok anak	20/35	517,13	425,24	0	591,40	212,62	0
Atap	Ring Balok	25/45	411,95	291,85	0,35	397,31	145,92	0

Untuk luas tulangan balok induk pada variasi 1 lantai dua, daerah tumpuan luas tulangan yang didapat $940,80 \text{ mm}^2$, sehingga dipakai tulangan 5D16 rasio tulangan perlu 0,0056. Sedangkan daerah lapangan didapat luas tulangannya sebesar $843,84 \text{ mm}^2$, sehingga dipakai tulangan 4D16 rasio tulangan perlu 0,0044. Untuk lantai tiga balok induk daerah tumpuan luas tulangan yang didapat $828,80 \text{ mm}^2$ sehingga dipakai tulangan 3D16 rasio tulangan perlu 0,0041, Untuk daerah lapangan didapat luas tulangannya sebesar $696,38 \text{ mm}^2$ sehingga dipakai tulangan 3D16 rasio tulangan perlu 0,0033. Luas tulangan balok induk pada variasi 2 lantai dua daerah tumpuan didapat $890,71 \text{ mm}^2$ sehingga dipakai tulangan 4D16 rasio tulangan perlu 0,0047, sedangkan untuk lapangan didapat $759,16 \text{ mm}^2$, sehingga

dipakai tulangan 3D16 rasio tulangan perlu 0,0037. Untuk lantai tiga luas tulangan yang didapat sebesar $740,32 \text{ mm}^2$ maka dipakai tulangan 4D16 untuk tunpuan rasio tulangan perlu 0,0034, sedangkan untuk lapangan didapat $530,69 \text{ mm}^2$ maka dipakai tulangan 3D16 rasio tulangan perlu 0,003.

4.4 Volume Beton

Dari hasil perhitungan didapat volume beton terbesar pada variasi 2 yaitu sebesar $134,225 \text{ m}^3$. Sedangkan pada variasi 1 sebesar $112,32 \text{ m}^3$, untuk volume beton didapatkan dari hasil perhitungan menggunakan bantuan *Program SAP2000*. Pada umumnya dalam praktek di lapangan penggunaan balok T lebih sering digunakan dari pada balok segi empat. Hal ini disebabkan karena faktor kenyamanan dan ekonomis.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan serangkaian penelitian maka berdasarkan pengamatan terhadap hasil-hasil yang diperoleh, baik hasil analisis struktur dan analisis balok. Dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Momen yang terjadi pada gedung variasi 1 balok segi empat dengan ukuran penampang 30/60, didapat nilai momen sebesar $188,09 \text{ kN/m}$ lebih besar dibandingkan dengan gedung variasi ke 2 dengan penambahan balok T, dengan ukuran penampang 30/60 nilai momen yang didapat $187,45 \text{ kN/m}$.
2. Gaya geser yang terjadi pada balok induk variasi 1 didapat rata-rata lebih besar dibandingkan variasi 2. Gaya geser terbesar terjadi pada balok lantai 3 variasi 1 sebesar $177,20 \text{ kN/m}$ dan gaya geser terkecil dialami oleh balok anak lantai 2 variasi 2 sebesar $13,86 \text{ kN/m}$.
3. Didapat luas tulangan pada variasi 1 sebesar $940,80 \text{ mm}^2$ dengan rasio tulangan perlu 0,0056 lebih banyak dari variasi 2 yaitu sebesar $890,71 \text{ mm}^2$ dengan rasio tulangan perlu 0,0047.

5.2 Saran

Pada perencanaan lanjutan ada beberapa hal yang dapat dilakukan untuk melengkapi perencanaan ini diantaranya :

1. Disarankan untuk penelitian selanjutnya dilakukan perencanaan secara manual agar bisa menjadi perbandingan untuk mengetahui perencanaan yang ideal.
2. Sebaiknya untuk penelitian selanjutnya dilakukan perhitungan beban angin dan beban gempa, dikarenakan pada dasarnya beban yang bekerja bukan hanya beban hidup dan beban mati saja.

Daftar Pustaka

- Dewanto., Wawan., & Falahah.2007. ERP, Menyelaraskan Teknologi Informasi Dengan Strategi Bisnis. Bandung, Informatika.
- Mulyono, Tri. 2004. *Teknologi Beton*. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Standar Nasional Indonesia, *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*, SNI 03-2847-2002, Badan Standarisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia, *Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung Dan Struktur lain*. SNI 1727-2013”, Badan Standarisasi Nasional.
- .