

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG BERTINGKAT

Studi Kasus: Sekolah Tahfidz Banjir Kanal Timur

Nandani Putra Rizki¹, Andina Prima Putri^{2*}

^{1,2}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta Jl. Sunter Permai Raya, Sunter Agung Podomoro Jakarta Utara 14350

*Email: andina.putri@uta45jakarta.ac.id, nandaniputra@gmail.com

ABSTRAK

Indonesia terletak di daerah rawan gempa, karena Indonesia merupakan Negara kepulauan yang terletak pada pertemuan empat lempeng tektonik, dalam perencanaan struktur gedung bertingkat memerlukan perhitungan beban gempa, Faktor yang paling berpengaruh adalah kekuatan struktur bangunan, seperti kolom, balok, dan plat lantai. Perancangan struktur beton bertulang pada struktur bangunan Sekolah Tahfidz Banjir Kanal Timur ini bertujuan untuk mengetahui dan merencanakan struktur kolom, balok, plat lantai serta merencanakan bangunan gedung yang aman terhadap gempa. Perencanaan menggunakan program Etabs V9.7. Program ini digunakan untuk mengetahui beban *static ekuivalen* dan *respons spectrum*, kemudian data yang dihasilkan digunakan untuk perhitungan manual kebutuhan tulangan yang diperlukan untuk plat lantai, balok dan kolom. Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan menggunakan Program Etabs V9.7 dengan memasukan beban gempa *static ekuivalen* dan *respons spectrum*, diperoleh dimensi plat lantai dengan ukuran 6x8m, 2.5x8m, 4x8m, dengan tebal 120mm kemudian dari hasil tersebut diperoleh tulangan D19-150, plat lantai dengan ukuran 8x8m dengan tebal 200mm kemudian dari hasil diperoleh tulangan D19-150, plat lantai 6x8m lt atap dan 8x8 lt atap dengan tebal 100mm kemudian dari hasil diperoleh tulangan D19-150. Dimensi kolom K1 750x750mm, diperoleh tulangan 28D25. Dimensi balok diperoleh B1 350x650 panjang 8m diperoleh tulangan positif 5D25, tulangan negatif 10D25 dan tulangan geser \varnothing 10-250. Dimensi balok diperoleh B2 350x650 panjang 6m diperoleh tulangan positif 4D25, tulangan negatif 8D25 dan tulangan geser \varnothing 10-250.

Kata kunci: Perencanaan Struktur, *Statik Ekuivalen*, *Respons Spektrum*

ABSTRACT

Indonesia is located in an area prone to earthquakes, because Indonesia is an archipelago country located at a meeting of four tectonic plates, in the planning of multi-storey building structures require the calculation of earthquake loads, The most influential factor is the strength of building structures, such as columns, beams, and floor plates. The design of reinforced concrete structure in the building structure of Tahfidz School of East Flood Canal is aimed to know and to plot the structure of columns, beams, floor plates and planning of buildings that are safe against the earthquake. Planning using the Etabs V9.7 program. This program is used to determine the equivalent static load and spectrum response, then the resulting data is used for

manual calculation of reinforcing needs required for floor plates, beams and columns. Based on the results of the analysis that has been done using the Program Etabs V9.7 by entering the equivalent static earthquake load and spectrum response. Obtained dimension of floor plate with size 6x8m, 2.5x8m, 4x8m, thickness with 120mm then from those results obtained D19-150 reinforcement, floor plate with size 8x8m thick with 200mm then from those results obtained by reinforcement D19-150, floor plate 6x8m lt roof and 8x8 lt thick roof with 100mm then from those results obtained D19-150 reinforcement. Dimension column K1 750x750mm, obtained 28D25 reinforcement. Dimensional beam obtained B1 350x650 length 8m obtained by 5D25 positive reinforcement, 10D25 negative reinforcement and shear reinforcement $\approx 10-250$. Dimensions of beam obtained B2 350x650 length 6m obtained positive reinforcement 4D25, 8D25 negative reinforcement and shear reinforcement $\approx 10-250$.

Keywords:; Structural planning, Static Equivalent, Response Spectrum

PENDAHULUAN

Indonesia terletak di daerah rawan gempa, karena Indonesia merupakan Negara kepulauan yang terletak pada pertemuan empat lempeng tektonik yaitu lempeng benua Asia, lempeng benua Australia, lempeng samudra Hindia dan lempeng samudra Pasifik. Untuk mengurangi resiko akibat bencana gempa tersebut perlu direncanakan struktur bangunan tahan gempa. Berdasarkan SNI 1726 tahun 2012, Menurut Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman (PUSKIM) kota Jakarta telah diklasifikasikan kedalam daerah yang telah memiliki resiko gempa yang memiliki percepatan gempa PGA : 0.353g. untuk menentukan gempa ringan, sedang dan besar dengan melihat berdasarkan kekuatannya atau magnitude (M).

Tahap perencanaan, dilakukan penyempurnaan analisa elemen struktur sehingga diperoleh suatu konfigurasi struktur yang baik dari segi kekuatan, kekakuan, kestabilan, keamanan dan ekonomis. Dengan demikian dapat diperoleh suatu desain struktur bangunan yang optimal. Berkaitan dengan hal tersebut diatas maka penyusun mencoba untuk mendesain struktur beton bertulang Sekolah Tahfidz Banjir Kanal Timur.

TINJAUAN PUSTAKA

Penampang Persegi Bertulangan Rangkap

Syarat batasan tulangan untuk A_{s1} , adalah bahwa harus dipenuhi $\rho_1 = (A_{s1}/bd) < \rho_{maks}$ untuk penampang terkendali tarik dari balok bertulangan tunggal. Selanjutnya M_{u2} dapat dihitung dengan mengasumsikan tulangan tekan, A'_s sudah luluh ϕ akan lebih kecil dari 0,90 untuk M_{u1} dan M_{u2} sehingga:

$$\phi M_n = M_{u1} + M_{u2} = \phi \left[(A_s - A'_s) f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) + 0,90 A'_s f_y (d - d') \right]$$

Serta diperoleh pula syarat batas maksimum rasio tulangan :

$$(\rho - \rho') < \rho_{maks} = \rho_b \left(\frac{0,003 + f_y/E_s}{0,008} \right)$$

Maka dapat diperoleh hubungan berikut:

$$(\rho - \rho') = 0,85 \beta_1 \left(\frac{f'_c}{f_y} \right) \left(\frac{d'}{d} \right) \left(\frac{600}{600 - f_y} \right) = K$$

Apabila dalam pengaruh gaya aksial, maka nilai V_c dapat diperhitungkan sebagai berikut:

1. Untuk gaya aksial berupa gaya aksial tekan, N_u :

$$V_c = \left(0,16\lambda\sqrt{f'_c} + 17\rho_w \frac{V_u d}{M_m} \right) b_w d$$

dengan

$$M_m = M_u - N_u \left(\frac{4h - d}{8} \right)$$

Kemudian untuk nilai V_c

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \lambda\sqrt{f'_c} b_w d$$

2. Untuk gaya aksial berupa gaya aksial tarik, N_u :

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{0,29N_u}{A_g} \right) \lambda\sqrt{f'_c} b_w d$$

Nilai N_u diambil bertanda negatif untuk gaya aksial tarik. Apabila V_c bernilai negatif, maka V_c dapat diambil sama dengan nol.

Luas tulangan geser minimum tersebut A_{vmin} , ditentukan dalam pasal 11.4.6.3 sebagai:

$$A_{vmin} = 0,062 \sqrt{f'_c} \left(\frac{b_w s}{f_{yt}} \right) \geq \frac{0,35 b_w s}{f_{yt}}$$

batasan geser juga dapat ditentukan berdasarkan kebutuhan minimum luas tulangan geser, yaitu:

$$s_{maks} = \frac{A_v f_{yt}}{0,062 \sqrt{f'_c} b_w}, \text{ untuk } f'_c > 30 \text{ MPa}$$

dan

$$s_{maks} = \frac{A_v f_{yt}}{0,35 b_w}, \text{ untuk } f'_c \leq 30 \text{ MPa}$$

Desain Geser kolom

Karena kolom yang vertikal sempurna tidak dijumpai dalam praktek nyata, serta dengan mengasumsikan adanya sedikit eksentrisitas, maka P_o harus direduksi. Dalam SNI 2847-2013 pasal 10.3.6 dinyatakan persamaan desain untuk kolom dengan sengkang spiral dan sengkang persegi untuk kolom dengan sengkang persegi, maka kuat aksial desainya adalah:

$$\phi P_n = \phi(0,80) [0,85 f'_c A_g + A_{st} (f_y - 0,85 f'_c)]$$

Kemudian perhitungan tulangan kolom menggunakan Program PCA Column.

Desain Plat Lantai Dua Arah

Berdasarkan SNI Beton Pasal 9.5.3.3 tebal minimum pelat dua arah dengan balok interior dapat ditentukan sebagai berikut:

1. Untuk $\alpha_{fm} \leq 0,2$ Dapat menggunakan table 2.8 diatas.
2. Untuk $0,2 < \alpha_{fm} < 2,0$

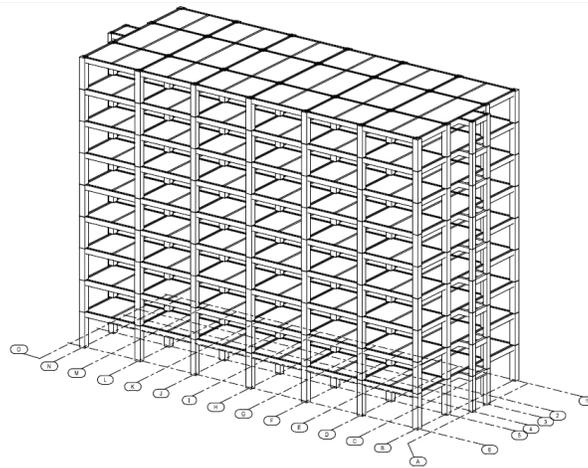
$$h_{min} = \frac{l_n \left[0,8 + \frac{f_y}{1400} \right]}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0,2)} \geq 125 \text{ mm}$$

3. Untuk $\alpha_{fm} > 2,0$

$$h_{min} = \frac{l_n \left[0,8 + \frac{f_y}{1400} \right]}{36 + 9\beta} \geq 90 \text{ mm}$$

METODE PENELITIAN

Objek Penelitian



Gambar 1. Tampak 3D Bangunan

Analisis Data

Analisis data penelitian ini menggunakan 2 metode, metode tersebut adalah sebagai berikut:

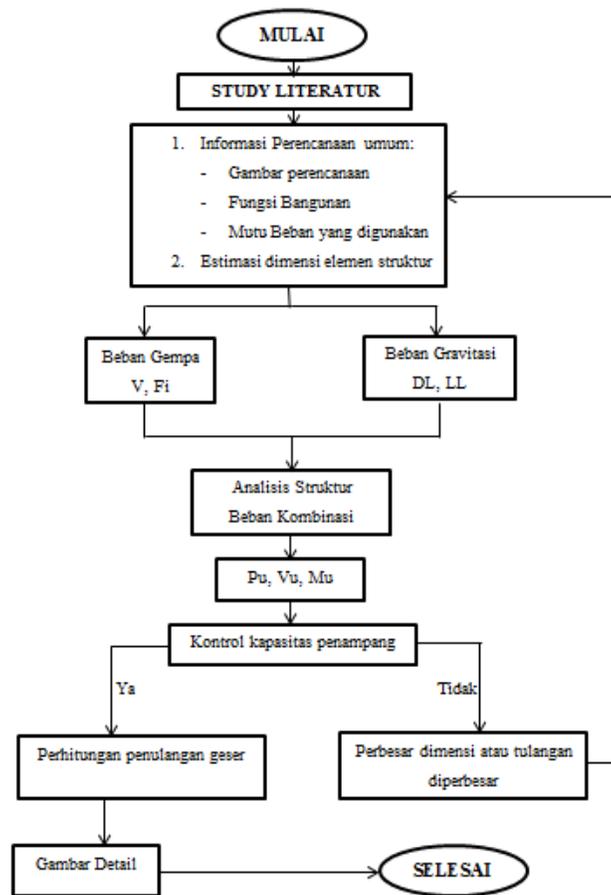
1. Analisis Program Etabs V.9.7

Analisis data untuk beban gempa statik ekuivalen yaitu dengan meninjau beban-beban gempa statik ekuivalen, pada bangunan tersebut. Sehubungan dengan sifat struktur gedung beraturan yang praktis berperilaku sebagai struktur 3 dimensi, sehingga respons dinamikanya praktis hanya ditentukan oleh respons ragamnya yang pertama dan dapat ditampilkan sebagai akibat dari beban gempa statik ekuivalen. Kedua beban tersebut diinput atau dianalisis menggunakan Program Etabs V.9.7.

Hasil output dari program tersebut hanya untuk mencari analisis mekaniknya saja, dengan mengambil nilai momen terbesar pada elemen struktur tertentu yang sama dimensinya, sedangkan elemen lain dengan momen yang lebih kecil dianggap telah terwakili.

2. Analisis Perhitungan Tulangan Manual

Desain tulangan dikerjakan dengan cara perhitungan manual. Cara perhitungan manual mengikuti tata cara dan peraturan SNI Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung dengan nomor SNI 03-2847-2013.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

PEMBAHASAN

Plat Lantai

Perhitungan plat lantai yang dilakukan menghasilkan pemakaian tulangan dan tebal minimum plat lantai yang disajikan pada table berikut:

Tabel 1. Rekapitulasi Tulangan dan Tebal Plat lantai

Plat Tipe	Ukuran plat (m)	Tebal Plat (mm)	Tulangan
1	6 x 8	120	D19-150
2	8 x 8	200	D19-100
3	2,5 x 8	120	D19-150
4	4 x 8	120	D19-150
5	6 x 8 (Lt Atap)	100	D19-150
6	8 x 8 (Lt Atap)	100	D19-150

Balok

Dalam merencanakan tulangan pada balok untuk memudahkan pada proses pengerjaan di lapangan maka tulangan balok disamakan dengan tulangan kolom yaitu D25, dan perlu diketahui dahulu Momen dan

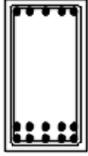
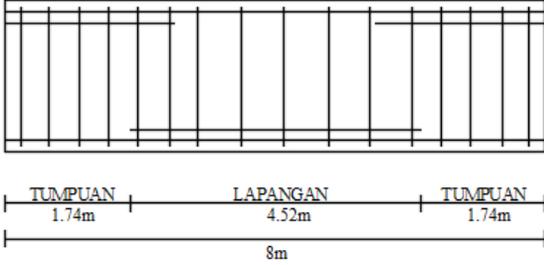
Gaya yg bekerja pada balok tersebut. Berikut perhitungan dan detail penampang balok B350x650mm dengan panjang 8m dan 6m.

Pada balok B350x650 mm dengan Panjang 8 m, dengan diketahui $Mu+$ yaitu sebesar 352.385 kNm, $Mu-$ yaitu sebesar 268.324 kNm dan Gaya Geser Vu sebesar 228.1 kN. Setelahnya dihitung manual sehingga didapat tulangan negatif yaitu 10D25, tulangan positif yaitu 5D25 dan Tulangan Geser $\emptyset 10-250$.

Pada balok B350x650 mm dengan Panjang 6 m, dengan diketahui $Mu+$ yaitu sebesar 128.572 kNm, $Mu-$ yaitu sebesar 86.726 kNm dan Gaya Geser Vu sebesar 115.38 kN. Setelahnya dihitung manual sehingga didapat tulangan negatif yaitu 8D25, tulangan positif yaitu 4D25 dan Tulangan Geser $\emptyset 10-250$.

Hasil perhitungan dapat dilihat pada table berikut:

Tabel 2. Hasil perhitungan & detail penulangan balok P= 8m

B350 X 650 PANJANG 8M			
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
TUL NEGATIF	10D25	5D25	10D25
TUL POSITIF	5D25	10D25	5D25
TUL GESER	$\emptyset 10-250$	$\emptyset 10-250$	$\emptyset 10-250$
POT MEMANJANG			
DIAGRAM BENDING MOMEN			
Shear V_2 228.10 kNm			
Moment M_3 -352.385 kNm			

Tabel 3. Hasil perhitungan & detail penulangan balok P= 6m

B350 X 650 PANJANG 6M			
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
	TUL NEGATIF	4D25	8D25
	TUL POSITIF	4D25	8D25
TUL GESER	Ø10-250	Ø10-250	Ø10-250
POT MEMANJANG			
DIAGRAM BENDING MOMEN			
Shear V2 -115.38 kNm			
Moment Mb -128.572 kNm			

Kolom

Perhitungan Kolom menggunakan program PCA Column dengan memasukan M_x , M_y , serta P yang didapatkan dari output program Etabs V.9.7.

Dapat dijelaskan sebagai berikut:

Pada kolom K750x750 mm C68 diketahui P , M_x dan M_y yang didapat dari analisa program etabs yaitu $P = -43.49$ kN , $M_x = -395.639$ kNm dan $M_y = -745.025$ kNm. Perhitungan tulangan menggunakan Program PCa Column yang telah dianalisis dan menghasilkan kebutuhan tulangan sebanyak 28D25, dengan $f_{Mnx} = -665.7$ kNm , $f_{Mny} = -1253.6$ kNm dengan faktor keamanan $f_{Mn}/\mu = 1.683$.

Pada kolom K750x750 mm C58 diketahui P , M_x dan M_y yang didapat dari analisa program etabs yaitu $P = -43.49$ kN , $M_x = -395.639$ kNm dan $M_y = -754.849$ kNm. Perhitungan tulangan menggunakan Program PCa Column yang telah dianalisis dan menghasilkan kebutuhan tulangan sebanyak 28D25, dengan $f_{Mnx} = -659$ kNm , $f_{Mny} = -1257.4$ kNm dengan faktor keamanan $f_{Mn}/\mu = 1.666$

Pada kolom K750x750 mm C42 diketahui P , M_x dan M_y yang didapat dari analisa program etabs yaitu $P = -43.49$ kN , $M_x = -393.1$ kNm dan $M_y = -754.849$ kNm. Perhitungan tulangan menggunakan Program PCa Column yang telah dianalisis dan menghasilkan kebutuhan tulangan sebanyak 28D25, dengan $f_{Mnx} = -655.8$ kNm , $f_{Mny} = -1259.2$ kNm dengan faktor keamanan $f_{Mn}/\mu = 1.668$

Pada kolom K750x750 mm C45 diketahui P, Mx dan My yang didapat dari analisa program etabs yaitu P= -43.49 kN , Mx = -440.3 kNm dan My = -786.6 kNm. Perhitungan tulangan menggunakan Program PCa Column yang telah dianalisis dan menghasilkan kebutuhan tulangan sebanyak 28D25, dengan fMnx = -693.0 kNm , fMny = -1238.2 kNm dengan faktor keamanan fMn/Mu=1.574

Pada kolom K750x750 mm C56 diketahui P, Mx dan My yang didapat dari analisa program etabs yaitu P= -43.49 kN , Mx = -441.2 kNm dan My = -740.0 kNm. Perhitungan tulangan menggunakan Program PCa Column yang telah dianalisis dan menghasilkan kebutuhan tulangan sebanyak 28D25, dengan fMnx = -726.8 kNm , fMny = -1219.0 kNm dengan faktor keamanan fMn/Mu=1.647

Pada kolom K750x750 mm C61 diketahui P, Mx dan My yang didapat dari analisa program etabs yaitu P= -43.49 kN , Mx = -558.6 kNm dan My = -715.7 kNm. Perhitungan tulangan menggunakan Program PCa Column yang telah dianalisis dan menghasilkan kebutuhan tulangan sebanyak 28D25, dengan fMnx = -865.8 kNm , fMny = -1109.4 kNm dengan faktor keamanan fMn/Mu=1.550. Sehingga dapat diringkas dan dilihat pada table berikut ini:

Tabel 4. Kebutuhan tulangan pada kolom

Kolom	Mx	My	Tulangan utama	Tulangan sengkang
C68	395.639	745.025	28D25	D10-400
C61	588.511	715.685	28D25	D10-400
C58	393.124	754.849	28D25	D10-400
C42	393.124	754.849	28D25	D10-400
C45	440.257	786.600	28D25	D10-400

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil analisa dan perhitungan yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan :

- Hasil perencanaan berdasarkan perhitungan analisis program dan manual, didapatkan dimensi penampang balok, kolom, plat lantai:
Dimensi plat lantai terbesar yaitu 8x8m, sedangkan dimensi plat lantai terkecil yaitu 2.5x8m dengan menggunakan tulangan yang saba sebesar D19-150.
Dimensi balok 350x650mm panjang 8m menggunakan tulangan negatif yaitu 10D25, tulangan positif yaitu 5D25 dan Tulangan Geser \emptyset 10-250.
Dimensi balok 350x650mm panjang 6m menggunakan tulangan negatif yaitu 8D25, tulangan positif yaitu 4D25 dan Tulangan Geser \emptyset 10-250.
Dimensi kolom 750x750mm menggunakan tulangan 28D25 dengan tulangan sengkang D10-400.
- Dari hasil analisis didapatkan bahwa gedung yang sudah didesain tahan terhadap beban gempa static ekuivalen dan respons spectrum.

Saran

Berdasarkan hasil pengerjaan tugas akhir ini, saran-saran yang dapat Penyusun berikan antara lain:

- Untuk bangunan yang lebih tinggi analisis *dinamik non linier* karena tidak memiliki batasan model.
- Memerlukan peninjauan model struktur yang lain sehingga dapat di analisis beberapa variasi ukuran elemen gedung.
- Perencanaan dapat dilanjutkan untuk desain yang lebih efektif dan efisiensi.

DAFTAR PUSTAKA

1. Asroni Ali, 2010, *Kolom, Fondasi dan Balok T Beton Bertulang*, Graha Ilmu, Yogyakarta
2. Aji Pujo & Purwono Rachmat, 2010, *Pengendalian Mutu Beton*, ITSPress, Surabaya
3. Cormac Mc, 2004, *Desain Beton Bertulang Jilid 1*, Erlangga, Jakarta.
4. Dipohusodo, 1999, *Struktur Beton Bertulang*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
5. Imran Iswandi & Hendrik Fajar, 2014, *Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang*, ITB.
6. Pujo ,Aji, 2010, *Pengendalian Mutu Beton*, ITSPress, Surabaya
7. Setiawan Agus, 2016, *Perencanaan Struktur Beton Bertulang*, Erlangga, Jakarta.
8. Suharjanto, 2013, *Rekayasa Gempa*, Penerbit: Kepel Press, Yogyakarta.
9. SNI-2847-2013, 2013, *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*, Bandung.
10. SNI-1726-2012, 2012, *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur*
11. *Bangunan Gedung*, Bandung: Badan Standardisasi Nasional Indonesia.
12. SNI-1727-2013, 2013, *Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur lain*, Jakarta, Badan Standardisasi Nasional Indonesia.
13. 2013, *Kota Jakarta Dalam Angka 2013*, Bapeda Kota Jakarta dan Badan Pusat Statistik Kota Jakarta 2013.