



Perencanaan Stuktur Beton Berulang Tahan Gempa Pada Aprtemen 25 Lantai di *The MAJ Residences* Bekasi

Gumelar Syah¹, Dedi Rutama², Sumudi Kartono³

^{1,2,3}Teknik Sipil Universitas Global Jakarta

Abstract

Received: 12 Februari 2023
Revised: 21 Februari 2023
Accepted: 1 Maret 2023

Seeing the rapid development in the City of Bekasi which has triggered economic growth and the construction of increasingly large residential areas, however, the area of the City of Bekasi is limited, it requires residential areas that are upward in the form of vertical housing such as flats and apartments. In addition to the effective use of land, the construction of vertical shelters must also be taken into account from the loads that occur on the structure. One of them is the calculation of earthquakes, because the country of Indonesia is classified as prone to geological disasters, especially earthquake disasters. The purpose of writing this Final Project is to design a 25-storey Apartment Building with a reinforced concrete structure whose loading is planned according to SNI 1727:2020 (Minimum Load for the Design of Buildings and Other Structures), SNI 1726:2019 (Procedures for Planning Earthquake Resistance for Building Structures) Buildings and Non-Buildings), and Reinforced Concrete SNI 2847:2019 (Structural concrete requirements for buildings and explanations), and The structural design of this 25-storey Apartment Building includes the design of this superstructure including columns, beams, and floor plates. For the loading that is reviewed for planning structural elements are dead loads, live loads, and earthquake loads. Structural calculations were carried out using the ETABS program.

Keywords: Reinforced Concrete Stucture, Earthquake Resistance

(*) Corresponding Author: gugum_graha@yahoo.co.id

How to Cite: Syah, G., Rutama, D., & Kartono, S. (2023). Perencanaan Stuktur Beton Berulang Tahan Gempa Pada Aprtemen 25 Lantai di *The MAJ Residences* Bekasi. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 9(7), 183-193. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7812462>

PENDAHULUAN

Dengan pertumbuhan penduduk yang tinggi sehingga memicu kebutuhan tempat hunian semakin besar, terutama di Kota Bekasi namun luas wilayah yang terbatas dan tidak memungkinkan pembangunan tempat hunian berupa rumah tapak bersifat melebar, maka dibutuhkan tempat hunian yang bersifat ke atas berupa tempat hunian vertikal seperti rumah susun dan apartemen. Selain pemanfaatan tanah yang efektif pembangunan tempat hunian vertikal ini juga harus diperhitungkan dari bentuk desain, beban-beban yang terjadi pada struktur bangunan tersebut dan segala hal yang terjadi pada bangunan tersebut. Salahsatunya adalah perhitungan terhadap gempa bumi, karena negara Indonesia tergolong rawan bencana geologi, khususnya bencana gempa bumi. Berdasarkan catatan dari Badan Geologi, tahun 2021 telah terjadi 26 kejadian gempa bumi merusak (*destructive earthquake*) di Indonesia, artinya kejadian gempa bumi tersebut telah mengakibatkan terjadinya korban jiwa, kerusakan bangunan, kerusakan lingkungan dan kerugian harta benda (Agung Pribadi, 2022).

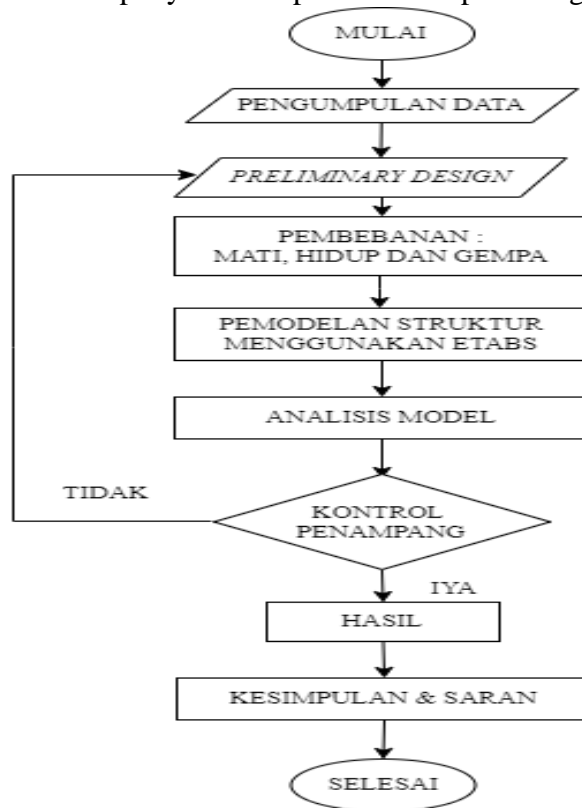
Atas dasar keselamatan dan mengurangi resiko yang akan timbul akibat bencana gempa tersebut, perencana diwajibkan untuk membuat perencanaan struktur bangunan bertingkat yang dapat menahan gaya yang diakibatkan oleh



gempa bumi tersebut, sesuai dengan SNI 1726:2019. Untuk perencanaan dan desain beton bertulang menggunakan SNI 2847:2019. Dan pembebanannya sesuai dengan SNI 1727:2020 (Beban Minimum untuk perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain). Dari latar belakang yang sudah di sampaikan maka peneliti akan melakukan penelitian terkait “ PERENCANAAN STRUKTUR BETON BERTULANG TAHAN GEMPA PADA APARTEMEN 25 LANTAI DI THE MAJ RESIDENCES BEKASI “.

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode perencanaan, . Dalam hal ini dibutuhkan tahap pengerjaan yang teratur dan sistematis agar mendapatkan hasil yang sesuai. Tahap pengerjaan ini akan diuraikan dan dijelaskan secara rinci dalam penyelesaian perencanaan pada diagram alir.



Desain awal dalam merencanakan dimensi pada suatu komponen struktur bangunan yang meliputi balok, kolom, dan pelat lantai dan atap. Tahap ini di perlukan dalam panduan perhitungan struktur dan analisa pada perencanaan. Berikut beberapa dimensi *Preliminary Design* :

Tebal pelat lantai	:	150 mm
Tebal pelat atap	:	125 mm
Kolom	:	950 mm x 950 mm
Balok induk	:	350 mm x 500 mm
Balok anak	:	250 mm x 400 mm

Tebal dinding geser : 350 mm

Struktur dimodelkan dalam bentuk 3 dimensi dengan memasukkan elemen struktur yang berupa kolom, balok, dinding geser, dan pelat. Pelat beton dimodelkan sebagai pelat 2 arah, *shell thin*, diafragma semi kaku, yang berfungsi untuk menyalurkan gaya-gaya gempa ke elemen – elemen struktur lainnya dan juga menyalurkan beban gravitasi. Pemodelan struktur ini menggunakan bantuan *software ETABS*.

Beban struktur meliputi beban mati (DL), beban mati tambahan (SDL), beban hidup (LL) dan beban gempa. Perhitungan massa bangunan berasal beban mati (berat sendiri elemen struktur dan beban mati tambahan) dan beban hidup.

Perhitungan beban gempa mengikuti prosedur perhitungan gempa SNI 1726:2019, dengan menentukan parameter-parameter yang sesuai dengan lokasi proyek, jenis tanah, fungsi gedung, dan lain-lain.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

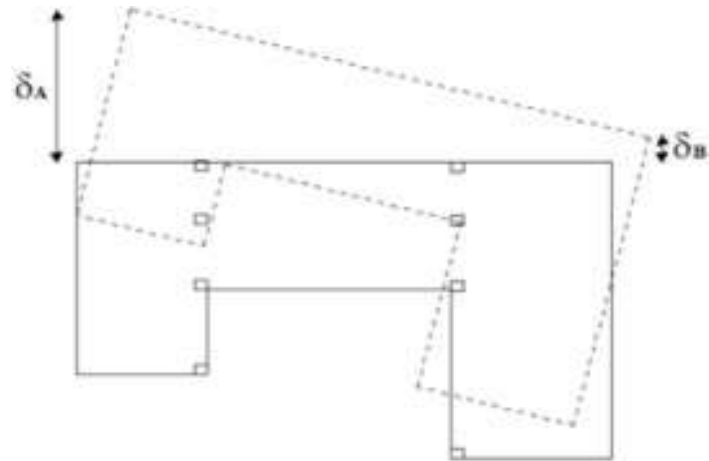
Pengecekan Model Stuktur

Pengecekan model struktur dalam perencanaan gedung bertujuan untuk mengetahui batasan model gedung yang direncanakan sesuai dengan peraturan yang berlaku. Pengecekan tersebut adalah : pengecekan ketidakberaturan horizontal, ketidakberaturan vertikal, simpangan antar lantai dan pengecekan pengaruh P- Delta

Ketidakberaturan horizontal diatur dalam SNI 1726:2019 pasal 7.3 tentang fleksibilitas diafragma, ketidakberaturan konfigurasi dan redundansi, lebih lanjut ketidakberaturan horizontal diatur dalam SNI 1726:2019 tabel 1

Tabel 1 ketidakberturan Hirizontal

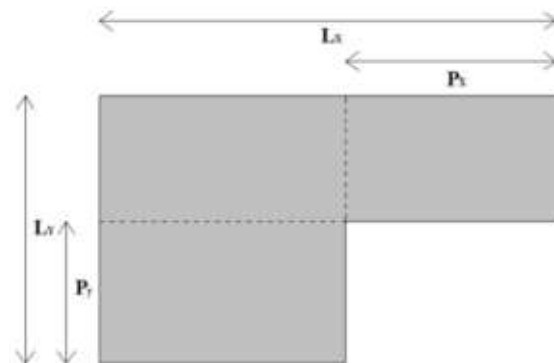
	Tipe dan penjelasan ketidakberaturan	Pasal referensi	Penerapan kategori desain seismik
1a.	Ketidakberaturan torsi didefinisikan ada jika simpangan antar tingkat maksimum, yang dihitung termasuk torsi tak terduga dengan $\lambda_t = 1,0$, di salah satu ujung struktur melintang terhadap suatu sumbu adalah lebih dari 1,2 kali simpangan antar tingkat rata-rata di kedua ujung struktur. Persyaratan ketidakberaturan torsi dalam pasal-pasal referensi berlaku hanya untuk struktur di mana diafragmanya kaku atau setengah kaku.	7.3.3.4 7.7.3 7.8.4.3 7.12.1 Tabel 16 11.3.4	D, E, dan F B, C, D, E, dan F C, D, E, dan F C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F
1b.	Ketidakberaturan torsi berlebihan didefinisikan ada jika simpangan antar tingkat maksimum yang dihitung termasuk akibat torsi tak terduga dengan $\lambda_t = 1,0$, di salah satu ujung struktur melintang terhadap suatu sumbu adalah lebih dari 1,4 kali simpangan antar tingkat rata-rata di kedua ujung struktur. Persyaratan ketidakberaturan torsi berlebihan dalam pasal-pasal referensi berlaku hanya untuk struktur di mana diafragmanya kaku atau setengah kaku.	7.3.3.1 7.3.3.4 7.3.3.4.2 7.7.3 7.8.4.3 7.12.1 Tabel 16 11.3.4	E dan F D B, C, dan D C dan D C dan D D B, C, dan D
2.	Ketidakberaturan sudut dalam didefinisikan ada jika kedua dimensi proyeksi denah struktur dari lokasi sudut dalam lebih besar dari 15 % dimensi denah struktur dalam arah yang ditinjau.	7.3.3.4 Tabel 16	D, E, dan F D, E, dan F
3.	Ketidakberaturan diskontinuitas diafragma didefinisikan ada jika terdapat suatu diafragma yang memiliki diskontinuitas atau variasi kekakuan mendadak, termasuk yang mempunyai daerah terpotong atau terbuka lebih besar dari 50 % daerah diafragma bruto yang tertutup, atau perubahan kekakuan diafragma efektif lebih dari 50 % dari suatu tingkat ke tingkat selanjutnya.	7.3.3.4 Tabel 16	D, E, dan F D, E, dan F
4.	Ketidakberaturan akibat pergeseran tegak lurus terhadap bidang didefinisikan ada jika terdapat diskontinuitas dalam lintasan tahanan gaya lateral, seperti pergeseran tegak lurus terhadap bidang pada setidaknya satu elemen vertikal pemikul gaya lateral.	7.3.3.3 7.3.3.4 7.7.3 Tabel 16 11.3.4	B, C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F
5.	Ketidakberaturan sistem nonparalel didefinisikan ada jika elemen vertikal pemikul gaya lateral tidak paralel terhadap sumbu-sumbu ortogonal utama sistem pemikul gaya seismik.	7.5.3 7.7.3 Tabel 16 11.3.4	C, D, E, dan F B, C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F



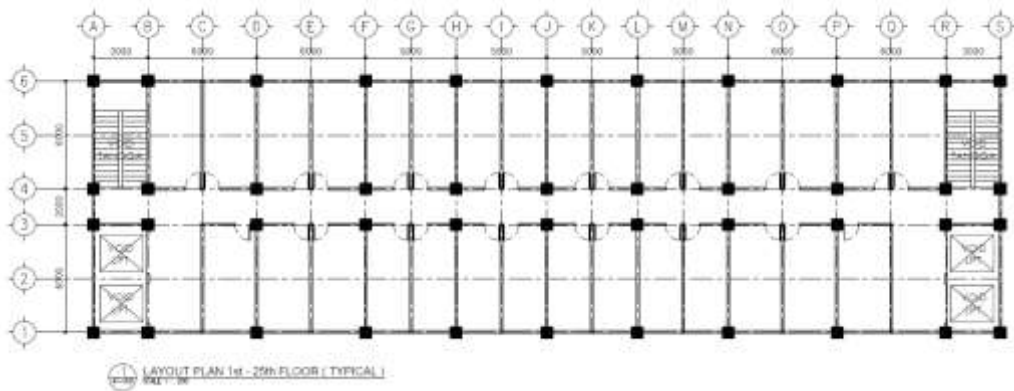
Gambar 1 Ketidakberaturan torsi 1a dan 1b
Sumber : SNI 1726 : 2019

Berdasarkan hasil pengecekan dan perhitungan dapat diketahui bahwa nilai-nilai yang dihitung dengan menggunakan ETABS dapat disimpulkan bahwa : Bangunan tidak mengalami ketidakberaturan torsi 1a dan 1b.

Ketidakberaturan Sudut Dalam



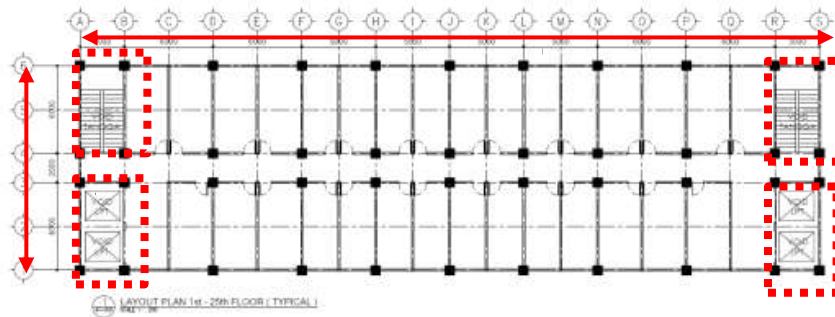
Gambar 2 : Ketidakberaturan Sudut Dalam
Sumber : SNI 1726: 1019



Gambar 3 : Pengecekan desain terhadap ketidakberaturan sudut dalam
Sumber : Gambar Rencana

Berdasarkan gambar desain dan bentuk gedung yang dicek tidak memiliki “patahan”, maka : Struktur gedung ini tidak mengalami ketidakberaturan sudut dalam.

Ketidakberaturan Diskontinuitas diafragma



Gambar 4. Luasan Bukaian Lift dan Tangga
Sumber : Gambar Rencana

Perhitungan Diskontinuitas Diafragma adalah :

A. Total luas bangunan :

$$50 \text{ m} \times 14 \text{ m} = 700 \text{ m}^2$$

B. Luas bukaian :

$$\text{Void lift} = 3 \times 6 \times 2 \text{ pcs} = 36 \text{ m}^2$$

$$\text{Void tangga} = 3 \times 6 \times 2 \text{ pcs} = 36 \text{ m}^2$$

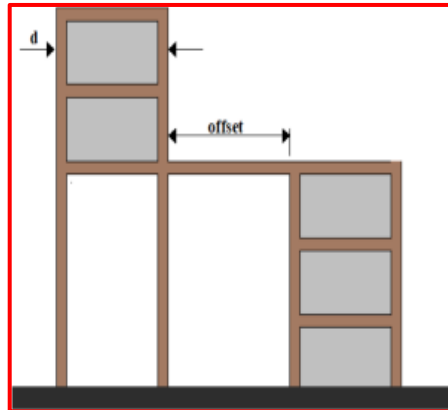
$$\text{Luas bukaian} = 72 \text{ m}^2$$

C. Persentase bukaian :

$$\text{Persen bukaian} = 72 / 700 = 10.29 \%$$

Berdasarkan hitungan di atas, maka total bukaian tersebut hanya 10.29 % sehingga : Struktur gedung ini tidak mengalami ketidakberaturan diskontinuitas diafragma.

Ketidakberaturan Akibat Diskontinuitas Bidang Pada Elemen Vertikal Pemikul Gaya Lateral



Gambar 5 Ketidakberaturan akibat diskontinuitas bidang
Sumber : SNI 1726 : 2019

Pada perancangan ini keseluruhan gedung tidak mengalami offset terhadap tower karena strukturnya tidak terdapat banyak struktur yang disambung, maka struktur tidak mengalami ketidakberaturan akibat diskontinuitas bidang elemen vertikal pemikul gaya lateral.

Pengaruh P-Delta

Analisa pengaruh P- Δ tidak memperhatikan pengaruh terhadap torsi tak terduga sama seperti analisa simpangan antar lantai, analisa pengaruh P- Δ diatur dalam SNI 1726:2019 pasal 7.8.7, yaitu efek P - Δ tidak perlu diperhitungkan jika stabilitas (θ) seperti ditentukan persamaan : sama dengan atau kurang dari 0.10 ($\theta \leq 0.10$) :

$$\theta = \frac{P_x \Delta I_e}{V_x h_{sx} C_d}$$

Keterangan :

P_x : Beban desain vertikal total pada dan di atas tingkat ke - x (kN), bila menghitung P_x faktor beban individu tidak perlu melebihi 1.0

Δ : Simpangan antar lantai desain

I_e : Faktor keutamaan gempa = 1

V_x : Gaya geser seismik yang bekerja antar lantai

h_{sx} : Tinggi antar lantai = 3000 mm

C_d : Faktor pembesaran Defleksi = 5.5

Berikut tabel hasil perhitungan dan pengecekan Pengaruh P - Δ terhadap Arah X

Tabel 2 Tabel Perhitungan Pengaruh P- Δ Arah X

Story	Elevation (m)	Δ_x (mm)	P (kN)	V_x (kN)	θ	θ_{max}	Cek
25	75	53.79	10775.47	2222.80	0.02	0.090909	Aman
24	72	54.87	22334.25	4733.22	0.02	0.090909	Aman
23	69	55.57	33893.03	6738.08	0.02	0.090909	Aman
22	66	56.30	45451.80	8317.70	0.02	0.090909	Aman
21	63	56.90	57010.58	9555.37	0.02	0.090909	Aman
20	60	57.37	68569.35	10530.53	0.02	0.090909	Aman
19	57	57.66	80128.13	11313.70	0.02	0.090909	Aman
18	54	57.73	91686.90	11965.02	0.03	0.090909	Aman
17	51	57.58	103245.68	12534.26	0.03	0.090909	Aman
16	48	57.16	115152.75	13069.66	0.03	0.090909	Aman
15	45	56.61	127059.82	13607.25	0.03	0.090909	Aman
14	42	55.79	138966.89	14167.72	0.03	0.090909	Aman
13	39	54.70	150873.96	14769.35	0.03	0.090909	Aman
12	36	53.32	162781.03	15421.24	0.03	0.090909	Aman
11	33	51.61	174688.10	16123.04	0.03	0.090909	Aman
10	30	49.53	186595.17	16866.22	0.03	0.090909	Aman
9	27	47.02	198502.24	17635.50	0.03	0.090909	Aman
8	24	44.08	210776.58	18421.29	0.03	0.090909	Aman
7	21	40.87	223050.91	19201.56	0.03	0.090909	Aman
6	18	37.07	235325.25	19938.62	0.03	0.090909	Aman
5	15	32.66	247599.59	20600.98	0.02	0.090909	Aman
4	12	27.55	259873.93	21155.41	0.02	0.090909	Aman
3	9	21.66	272148.27	21572.05	0.02	0.090909	Aman
2	6	14.69	284422.60	21831.09	0.01	0.090909	Aman
1	3	6.75	296696.94	21934.99	0.01	0.090909	Aman
0	0	0.00	0.00	0.00	0	0.090909	Aman

Tabel 3 Perhitungan Pengaruh P-- Δ Arah Y

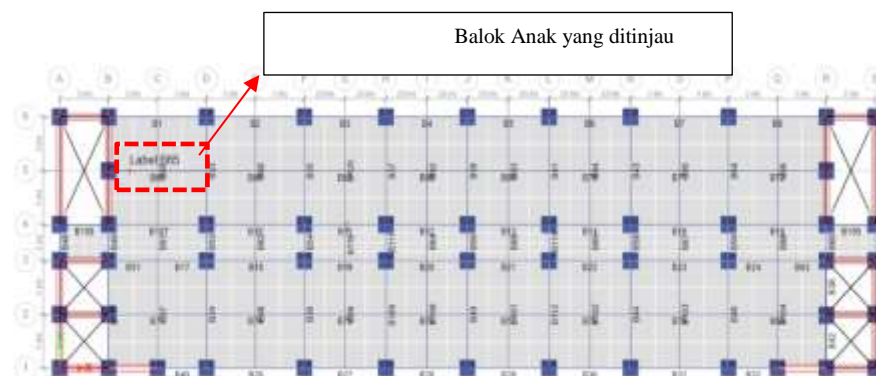
Story	Elevation (m)	Δ_y (mm)	P (kN)	V_y (kN)	θ	θ_{max}	Cek
25	75	19.19	11447.47	1717.62	0.01	0.090909	Aman
24	72	19.72	24663.77	3837.48	0.01	0.090909	Aman
23	69	20.12	37880.07	5710.43	0.01	0.090909	Aman
22	66	20.56	51096.37	7357.75	0.01	0.090909	Aman
21	63	20.93	64312.67	8807.29	0.01	0.090909	Aman
20	60	21.26	77528.97	10088.04	0.01	0.090909	Aman
19	57	21.52	90745.27	11228.15	0.01	0.090909	Aman

18	54	21.68	103961.57	12253.77	0.01	0.090909	Aman
17	51	21.74	117177.87	13187.97	0.01	0.090909	Aman
16	48	21.69	130742.46	14060.77	0.01	0.090909	Aman
15	45	21.58	144307.06	14888.24	0.01	0.090909	Aman
14	42	21.36	157871.65	15671.17	0.01	0.090909	Aman
13	39	21.05	171436.25	16417.54	0.01	0.090909	Aman
12	36	20.63	185000.84	17132.17	0.01	0.090909	Aman
11	33	20.08	198565.43	17816.89	0.01	0.090909	Aman
10	30	19.38	212130.03	18470.86	0.01	0.090909	Aman
9	27	18.52	225694.62	19090.61	0.01	0.090909	Aman
8	24	17.52	239626.48	19677.72	0.01	0.090909	Aman
7	21	16.38	253558.35	20224.35	0.01	0.090909	Aman
6	18	15.08	267490.21	20712.60	0.01	0.090909	Aman
5	15	13.54	281422.07	21130.98	0.01	0.090909	Aman
4	12	11.67	295353.93	21468.33	0.01	0.090909	Aman
3	9	9.56	309285.79	21716.16	0.01	0.090909	Aman
2	6	7.12	323217.66	21870.60	0.01	0.090909	Aman
1	3	4.40	337149.52	21934.99	0.00	0.090909	Aman
0	0	0.00	0.00	0.00	0	0.090909	Aman

Pada perhitungan dan pengecekan ini struktur telah aman terhadap pengaruh P- Δ yang bekerja pada bangunannya, sehingga struktur dikatakan telah memenuhi syarat.

Penulangan Balok Anak

Pada perhitungan dan desain penulangan balok anak sesuai pemilihan balok yang memiliki momen terbesar, yaitu balok anak dengan kode B65 di lantai 15. Berdasarkan hasil pengecekan ETABS desain balok anak dimensinya diubah menjadi 300/500.



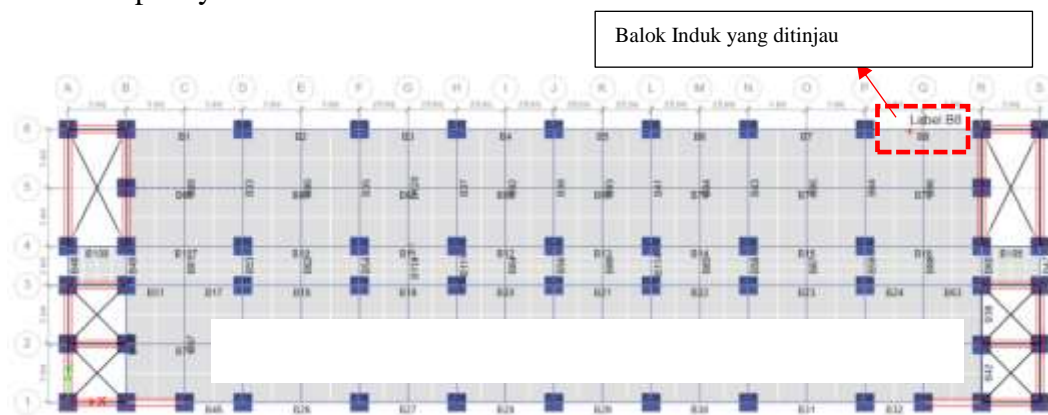
Gambar 6 Lokasi Balok Anak Yang Ditinjau
Sumber : ETABS

Setelah pengecekan desain dengan ETABS, maka akan didapat *output* gaya dalam yang terjadi di balok yang ditinjau.

Perhitungan desain penulangan balok anak ini menggunakan program excel dengan beberapa tahapan, dan mengambil data gaya dalam dari program ETABS.

Penulangan Balok Induk

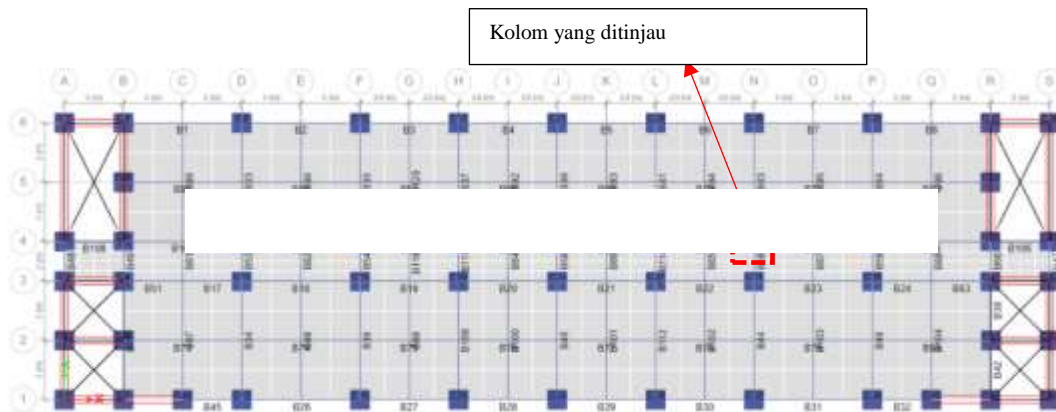
Pada perhitungan dan desain penulangan balok induk pada struktur ini hanya yang ditinjau, yaitu balok induk dengan kode B8 di lantai 16. Berdasarkan hasil pengecekan ETABS desain balok induk untuk dimensinya diubah menjadi 600/400. Seperti perhitungan pada balok anak, maka perhitungan balok induk pun sama tahapannya.



Gambar 7 Lokasi Balok Induk Yang Ditinjau
Sumber : ETABS

Penulangan Kolom

Pada perhitungan dan desain penulangan kolom pada struktur ini hanya yang ditinjau, yaitu balok induk dengan kode C30 di lantai 1. Selain mengambil data gaya dalam dari *output* ETABS, desain kolom juga dibantu aplikasi spColumn.



Gambar 8 Lokasi Kolom Yang Ditinjau
Sumber : ETABS

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perencanaan struktur beton bertulang tahan gempa pada apartemen 25 lantai berdasarkan SNI 1727:2020, SNI 1726:2019 dan SNI 2847:2019, dengan menggunakan *software* ETABS, elemen struktur yang ditinjau berupa balok dan kolom maka dapat disimpulkan :

- Model struktur tidak tergolong pada semua kategori ketidakberaturan horizontal dan vertikal .
- Hasil perhitungan dan pengecekan simpangan antar lantai di struktur ini telah memenuhi syarat.
- Struktur telah aman terhadap pengaruh P- Δ yang bekerja pada bangunannya, sehingga struktur dikatakan telah memenuhi syarat.
- Hasil desain penulangan :
 - Balok Anak 300/500

Longitudinal Tumpuan Atas	6 D22 = Mu 310.78 kN-m
Longitudinal Tumpuan Tengah	2 D13
Longitudinal Tumpuan Bawah	3 D22 = Mu 88.945 kN-m
Longitudinal Lapangan Atas	3 D22 = Mu 130.784 kN-m
Longitudinal Lapangan Tengah	2 D13
Longitudinal Lapangan Bawah	2 D22 = Mu 75.040 kN-m
Sengkang Tumpuan	4D13-100
Sengkang Lapangan	3D13-150
 - Balok Induk 400/600

Longitudinal Tumpuan Atas	7 D22 = Mu 683.588 kN-m
Longitudinal Tumpuan Tengah	2 D16
Longitudinal Tumpuan Bawah	5 D29 = Mu 528.314 kN-m
Longitudinal Lapangan Atas	3 D29 = Mu 250.296 kN-m
Longitudinal Lapangan Tengah	2 D16
Longitudinal Lapangan Bawah	3 D29 = Mu 274.499 kN-m
Sengkang Tumpuan	3D16-100
Sengkang Lapangan	2D16-150
 - Kolom 1000/1000

Longitudinal	16 D29
Sengkang Tumpuan Sumbu Lemah	6D16-100
Sengkang Tumpuan Sumbu Kuat	6D16-100
Sengkang Lapangan Sumbu Lemah	2D16-150
Sengkang Lapangan Sumbu Kuat	2D16-150
 - Rasio pembesian terhadap beton :

Balok anak	=	211.80 kg/m ³
Balok induk	=	249.27 kg/m ³
Kolom	=	192.24 kg/m ³

DAFTAR PUSTAKA

- Agung Pribadi, (2022). *Tertinggi Selama 20 Tahun, Badan Geologi Catat 26 Kejadian Gempa Bumi Merusak Sepanjang Tahun 2021*. Siaran Pers Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor : 6.Pers/04/SJI/2021.
- Anugrah Pamungkas, (2021). *Contoh Laporan Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)*. Deepublish : Yogyakarta.
- Asroni, H. Ali, (2010). *Balok Dan Pelat Beton Bertulang*. Graha Ilmu : Yogyakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, (2019). *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan*, SNI 2847:2019. Jakarta: Standar Nasional Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional, (2019). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*, SNI 1726:2019. Jakarta: Standar Nasional Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional, (2020). *Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*, SNI 1727:2020. Jakarta, Indonesia: Badan Standarisasi Nasional.
- Tjokrodinuljo, (2007). *Teknologi Beton*. Biro penerbit: Yogyakarta
- Wisnu Maulana, (2021). *Modul Prosedur step by step Penggunaan Aplikasi ETABS Perancangan Gedung 12 Lantai Struktur Bangunan Beton Bertulang Berdasarkan SNI 1726:2019*: Depok