

## Analisis Perhitungan Struktur Bangunan Tahan Gempa dengan Kolam Renang Berdasarkan SNI 1726:2019

Heri Istiono<sup>1\*</sup>, Letisia Khoe<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITATS

Email: [heriistiono@itats.ac.id](mailto:heriistiono@itats.ac.id)

### Abstract

*The needs of Indonesian people for places to live and work keeps increasing along with the improvement of its population growth. Unfortunately, the areas for developing buildings get decreasing. One of solution for overcoming this problem is by conducting vertical development such as building an apartment. Many apartments with various innovations have been developed by developers to attract consumers such as the existence of swimming pool on the top of building. However, this sort of vertical development plan is very prone to earthquake as Indonesia has high potential of it. This research analyzed the structural behavior of buildings with and without swimming pool. In addition, it analyzed the need of reinforcement for apartment building structure with swimming pool on the top of building toward the seismic load based on SNI 1726:2019. The analysis of seismic load employed spectrum response method. The needs of beam reinforcement in the dimension 350/500 were 5D19 for pedestal area and 3D19 for ground area. Besides, column 750/750 required reinforcement 28D32, whereas the area of beam-column connections necessitated reinforcement 3 feet Ø16-100. The shear wall in 350 mm thick needed 2 rows reinforcement of 28D36. The wall of swimming pool planned in 150 mm thick required reinforcement Ø10-100. Furthermore, the plate for swimming pool base in 200 mm thick demanded reinforcement of Ø10-50 for pedestal area and Ø10-100 for ground area.*

**Keywords:** *Structural Behavior Control, Structural Calculation, Dual System, Special Moment Resisting Frame System, Special Structural Wall System.*

### Abstrak

Sejalan dengan peningkatan jumlah penduduk di Indonesia, kebutuhan akan tempat tinggal maupun tempat bekerja pun meningkat. Akan tetapi, luas lahan pembangunan semakin menurun. Salah satu solusi untuk mengatasi masalah tersebut adalah pembangunan yang dilakukan secara vertikal, seperti apartemen. Semakin banyak pembangunan apartemen yang dilakukan oleh berbagai *developer* menghasilkan banyak inovasi untuk menarik perhatian konsumen, seperti kolam renang pada atap bangunan. Namun, perencanaan bangunan vertikal seperti itu rawan terhadap gempa bumi. Indonesia memiliki potensi gempa yang tinggi. Pada penelitian ini dianalisis perilaku struktur bangunan dengan kolam renang dan tanpa kolam renang, serta kebutuhan tulangan struktur gedung apartemen dengan kolam renang di atap bangunan terhadap beban gempa berdasarkan SNI 1726:2019. Analisis beban gempa menggunakan metode respon spektrum. Kebutuhan tulangan balok dengan dimensi 350/500, yaitu 5D19 pada daerah tumpuan dan 3D19 pada daerah lapangan. Kolom 750/750 membutuhkan tulangan sebanyak 28D32. Daerah hubungan balok kolom membutuhkan tulangan 3 kaki Ø16-100. Dinding geser dengan tebal 350 mm membutuhkan tulangan sebanyak 2 baris 28D36-175. Dinding kolam renang direncanakan dengan tebal 150 mm membutuhkan tulangan Ø10-100. Sedangkan, pelat dasar kolam renang dengan tebal 200 mm membutuhkan tulangan Ø10-50 untuk daerah tumpuan dan Ø10-100 untuk daerah lapangan.

**Kata kunci:** Kontrol Perilaku Struktur, Perhitungan Struktur, Sistem Ganda, Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus, Sistem Dinding Struktural Khusus.

### 1. Pendahuluan

Ketersediaan lahan diberbagai daerah di Indonesia semakin habis, terutama di kota-kota besar yang padat penduduk, seperti Surabaya. Banyaknya jumlah penduduk menyebabkan kebutuhan lahan pembangunan sebagai tempat tinggal, bekerja dan sebagainya semakin meningka. Solusi mengatasi permasalahan yang terjadi adalah pembangunan yang dilakukan secara vertikal, seperti apartemen, perkantoran dan sebagainya. Apartemen merupakan bangunan tinggi dengan bentuk fisik yang langsing dan tinggi yang mana beban lateral, dalam hal ini adalah beban gempa sangat mempengaruhi struktur bangunan tersebut.

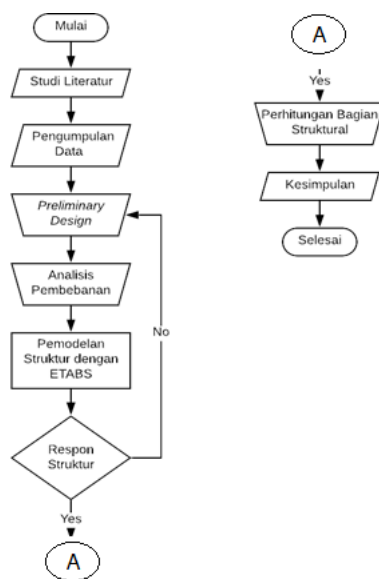
Indonesia merupakan negara yang memiliki potensi gempa bumi yang tinggi karena terletak pada pertemuan lempeng-lempeng dunia. Gempa yang terjadi di Indonesia banyak memakan korban jiwa dan dapat menimbulkan bencana alam lainnya, seperti tsunami. Umumnya digunakan struktur bangunan yang beraturan untuk bangunan tinggi karena dinilai lebih aman ketika beban gempa bekerja pada struktur bangunan [1]. Hal tersebut menyebabkan bentuk fisik apartemen antara satu dengan yang lainnya relatif sama. Oleh sebab itu, *developer property* dapat menambahkan fasilitas-fasilitas umum, seperti kolam renang yang terletak pada atap bangunan untuk menambahkan nilai jual apartemen tersebut.

Keberadaan kolam renang tersebut mengakibatkan massa yang besar pada struktur bangunan. Besarnya massa tambahan pada struktur bangunan mengakibatkan semakin besar beban inersia yang timbul saat gempa terjadi [2]. Adanya kolam renang juga menyebabkan *displacement*, simpangan antar lantai dan periode yang terjadi lebih besar [3].

Dalam penelitian menggunakan apartemen One Galaxy Surabaya sebagai referensi bangunan apartemen dengan kolam renang yang terletak pada posisi teratas bangunan. Analisis akan dilakukan terhadap struktur bangunan dengan dan tanpa kolam renang untuk mengetahui perbandingan kontrol struktur bangunan yang dihasilkan. Perhitungan struktur dilakukan pada struktur dengan kolam renang.

### 2. Metode

Metode yang digunakan adalah pengumpulan data-data bangunan yang diperlukan untuk penelitian, seperti sistem yang digunakan, spesifikasi material yang digunakan, pembebanan, persyaratan gedung tahan gempa dan perhitungan struktur bangunan. Perencanaan struktur bangunan dapat dilihat pada diagram alir pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Pembebanan

Dalam penelitian ini pembebanan direncanakan dalam 2 kondisi, yaitu kondisi dengan kolam renang dan tanpa kolam renang seperti pada tabel 1.

**Tabel 1. Pembebanan Gravitasi**

Jenis Beban	Struktur dengan Kolam Renang		Struktur Tanpa Kolam Renang	
	Berat	Lantai	Berat	Lantai
<b>Lr</b> Atap (kN/m <sup>2</sup> )	1,92	20	0,98	20
<b>LL</b> Apartemen (kN/m <sup>2</sup> )	1,92	1-19	1,92	1-19
Kolam renang (kN/m <sup>2</sup> )	3,59	20		
Ruang mesin lift (kN/m <sup>2</sup> )	7,18	20	7,18	20
<b>DL</b> Plafon (kN/m <sup>2</sup> )	0,05	1-20	0,05	1-20
Penggantung langit-langit (kN/m <sup>2</sup> )	0,10	1-20	0,10	1-20
Mekanikal elektrikal (kN/m <sup>2</sup> )	0,19	1-20	0,19	1-20
Keramik spesi (kN/m <sup>2</sup> )	1,10	1-20	1,10	1-19
Dinding (kN/m)	4,40	1-19	4,40	1-19

Beban gempa akan dianalisis menggunakan analisis respon spektrum berdasarkan SNI 1726:2019. Dari analisis tersebut, diperoleh nilai parameter-parameter yang dibutuhkan.

**Tabel 2. Analisis Respon Spektrum**

Parameter	Simbol	Keterangan
Kelas situs tanah	SD	Tanah sedang
Kategori resiko		II
Faktor keutamaan gempa	I <sub>e</sub>	1,00
Percepatan gempa periode pendek 0,2 detik	S <sub>S</sub>	0,75g
Percepatan gempa periode 1 detik	S <sub>1</sub>	0,40g
Faktor amplifikasi getaran periode pendek 0,2 detik	F <sub>a</sub>	1,20
Faktor amplifikasi getaran periode 1 detik	F <sub>v</sub>	1,90
Percepatan respon spektral periode pendek 0,2 detik	S <sub>MS</sub>	0,90g
Percepatan respon spektral periode 1 detik	S <sub>M1</sub>	0,76g
Desain percepatan spektral periode pendek 0,2 detik	S <sub>DS</sub>	0,60g
Desain percepatan spektral periode 1 detik	S <sub>D1</sub>	0,51g
Periode Getar Struktur	T <sub>0</sub>	0,17 detik
	T <sub>S</sub>	0,85 detik
	T <sub>L</sub>	20 detik
Kategori desain seismik	KDS	D
Faktor skala	SF	1,40 m/s <sup>2</sup>

### 3.2. Preliminary Design

Bagian struktural pada kedua struktur bangunan memiliki dimensi rencana yang sama. Dimensi awal balok tergantung pada posisi balok tersebut. Posisi balok ada dua, yaitu satu ujung menerus dan dua ujung menerus.

$$\begin{aligned} \text{Satu ujung menerus : } h_{\min} &= \frac{L}{18,50} = \frac{5000}{18,50} = 270,27 \text{ mm} \\ b_{\min} &= \frac{2h}{3} = \frac{2 \times 270,27}{3} = 180,18 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Dua ujung menerus : } h_{\min} &= \frac{L}{21} = \frac{5000}{21} = 238,10 \text{ mm} \\ b_{\min} &= \frac{2h}{3} = \frac{2 \times 238,10}{3} = 158,73 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dimensi balok yang digunakan adalah 350/500 untuk semua balok pada kedua bangunan. Akan tetapi, pada balok yang menjadi tumpuan kolam renang, dimensi yang digunakan adalah 600/900. Pelat lantai yang direncanakan termasuk kategori pelat lantai dua arah karena  $l_y/l_x < 2$ . Tebal pelat lantai yang digunakan ada dua, yaitu 120 mm pada lantai 1-19 dan 200 mm pada lantai 20. Dimensi kolom dapat ditentukan dari perhitungan beban-beban gravitasi yang membebani kolom tiap lantai. Sehingga, kolom direncanakan memiliki dimensi yang berbeda setiap 5 lantai, yaitu 750/750 untuk lantai 1-5, 700/700 untuk lantai 6-10, 650/650 untuk lantai 11-15, dan 600/600 untuk lantai 16-20.

Tebal dinding geser diperoleh antara dua nilai yang terbesar ditambahkan dengan tebal selimut beton.

$$t_{\text{sw}} = \frac{h_w}{25} = \frac{5000}{25} = 200 \text{ mm, digunakan}$$

Jadi, tebal dinding geser yang digunakan adalah 350 mm. Sedangkan, dimensi kolam renang yang direncanakan untuk dinding memiliki ketebalan 150 mm dan pelat dasar 200 mm.

### 3.3. Kontrol Perilaku Struktur

Setelah pembebanan dan preliminary design telah selesai perhitungan, maka data-data tersebut dapat dimodelkan menggunakan program bantuan, yaitu ETABS versi 17. Dari hasil analisis struktur yang dilakukan ETABS, dilakukan kontrol perilaku struktur bangunan tinggi yang ditetapkan.

Dari kedua struktur yang dimodelkan, struktur tanpa kolam renang lebih lentur dibandingkan dengan struktur dengan kolam renang. Hal tersebut dilihat dari nilai periode struktur dengan kolam renang sebesar 2,99 detik. Sedangkan, struktur tanpa kolam sebesar 3,24 detik.

Displacement yang terjadi pada struktur dengan kolam renang sebesar 92,83 mm. Sedangkan, struktur tanpa kolam renang sebesar 106,15 mm. Dari data yang telah diperoleh diketahui bahwa struktur dengan kolam renang menyebabkan perpindahan yang terjadi lebih kecil. Dalam hal ini, kolam renang selain menjadi beban tambahan yang besar sekaligus membantu struktur untuk tidak terlalu mengalami perpindahan ketika beban gempa bekerja.

### 3.4. Perhitungan Struktur

Perhitungan struktur dilakukan hanya pada struktur dengan kolam renang. Dari analisis struktur yang telah dilakukan dan dikontrol, maka diperoleh gaya dalam yang bekerja pada bagian struktural bangunan ketika beban gempa terjadi. Perhitungan menggunakan metode sistem rangka pemikul momen khusus dan sistem dinding struktural khusus berdasarkan SNI 2847:2013.

Perhitungan kebutuhan tulangan pelat lantai menggunakan metode koefisien momen.

Sehingga, diperoleh kebutuhan tulangan untuk masing-masing daerah pelat lantai kedua pelat lantai.

**Tabel 3. Kebutuhan Tulangan Pelat Lantai**

Tebal (mm)	Daerah	M <sub>u</sub> (kNm)	ρ	Tulangan	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )
120	l <sub>x</sub> = l <sub>y</sub>	4,33	0,0026	Ø6-100	283
	t <sub>x</sub> = t <sub>y</sub>	10,73	0,0065	Ø10-100	785
200	l <sub>x</sub> = l <sub>y</sub>	5,58	0,0018	Ø6-100	283
	t <sub>x</sub> = t <sub>y</sub>	13,81	0,0031	Ø10-100	785

Perhitungan kebutuhan tulangan balok 350/500 dibedakan setiap 5 lantai. Perhitungan ini. Sehingga, kebutuhan tulangan balok diperoleh sebagai berikut.

**Tabel 4. Kebutuhan Tulangan Balok**

Tipe Balok		350/500				600/900	
Lantai		1-5	6-10	11-15	16-20	20	
Tulangan Longitudinal	Daerah	Tumpuan +	2D19	3D19	3D19	3D19	5D19
		Tumpuan -	4D19	5D19	5D19	5D19	6D19
		Lapangan +	2D19	2D19	2D19	2D19	3D19
		Lapangan -	2D19	2D19	2D19	2D19	2D19
Tulangan Transversal	Daerah	Sendi Plastis	2Ø10-100	2Ø10-75	2Ø10-75	2Ø10-75	2Ø16-75
		Di Luar Sendi Plastis	2Ø10-200	2Ø10-200	2Ø10-200	2Ø10-200	2Ø16-150

Perhitungan kebutuhan tulangan pada kolom dibedakan setiap 5 lantai. Sehingga, diperoleh kebutuhan tulangan kolom sebagai berikut.

**Tabel 5. Kebutuhan Tulangan Kolom**

Lantai	Tulangan Longitudinal	Tulangan Transversal sebagai Confinement		Tulangan Transversal sebagai Penahan Geser	
		Sendi Plastis	Di Luar Sendi Plastis	Sendi Plastis	Di Luar Sendi Plastis
		1-5	28D32	3 Kaki Ø16-100	3 Kaki Ø16-150
6-10	20D32	3 Kaki Ø16-100	3 Kaki Ø16-150	3 Kaki Ø16-100	3 Kaki Ø16-150
11-15	16D32	3 Kaki Ø16-100	3 Kaki Ø16-150	3 Kaki Ø16-100	3 Kaki Ø16-150
16-20	12D32	3 Kaki Ø16-100	3 Kaki Ø16-150	3 Kaki Ø16-100	3 Kaki Ø16-150
20	12D32	3 Kaki Ø16-100	3 Kaki Ø16-150	3 Kaki Ø16-100	3 Kaki Ø16-150

Kebutuhan tulangan pada dinding geser adalah 2 bari 24D26. Sedangkan, untuk tulangan transversal digunakan tulangan 2Ø16-250. Kebutuhan tulangan struktur kolam renang untuk pelat dasarnya adalah Ø10-100 untuk daerah lapangan dan Ø10-50 untuk daerah tumpuan. Sedangkan, pada dinding kolam dibutuhkan tulangan Ø10-100 untuk daerah tumpuan dan Ø8-200 untuk daerah

lapangan.

#### 4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa struktur dengan kolam renang lebih kaku dibandingkan dengan struktur tanpa kolam renang. Ketika beban gempa bekerja pada struktur, kolam renang dapat membantu struktur dalam menerima beban tersebut. Hal ini dapat dilihat dari nilai perpindahan yang lebih kecil dibandingkan dengan struktur tanpa kolam renang.

Dengan adanya kolam renang pada atap bangunan menyebabkan gaya dalam yang terbesar terjadi pada struktur balok bagian atas. Hal tersebut dapat dilihat dari tulangan balok yang dibutuhkan pada masing-masing lantai yang meningkat seiring dengan bertambahnya lantai. Dimensi balok yang ditumpu kolam renang juga memiliki dimensi yang besar, beserta tulangannya.

#### Referensi

- [1] Tavio dan Usman Wijaya. 2018. **Desain Rekayasa Gempa Berbasis Kinerja**. Yogyakarta : Penerbit Andi.
  - [2] Imran, Iswandi dan Fajar Hendrik. 2016. **Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang**. Bandung : ITB press.
  - [3] Palit, Heronica Imanuel dkk. 2019. **Analisa Bangunan Bertingkat dengan Kolam Renang Akibat Gempa**. *Jurnal Sipil Statik*, Vol 7 (6) : 743 – 748.
  - [4] Rumimper, Berny Andreas Engelbert dkk. 2013. **Perhitungan *Inter Story Drift* pada Bangunan tanpa *Set-back* dan dengan *Set-back* Akibat Gempa**. *Jurnal Sipil Statik*, Vol 1 (6) : 408 – 414.
  - [5] Bayyinah, Dilla Ayu Laila Nurul dan Faimun. 2017. **Studi Perbandingan Analisis Respon Spektra dan *Time History* untuk Desain Gedung**. *Jurnal Teknik ITS* Vol. 6, No.1 : C33 – C38.
-