

## Evaluasi Desain Struktur Bangunan Beton Bertulang (Studi Kasus: Pembangunan Gedung di Kab. Solok)

Agus\*, Muhammad Ridwan & Ziya Arman

Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Padang, Padang-Indonesia

Email: [agusmsc03@gmail.com](mailto:agusmsc03@gmail.com)

Dikirim: 18 April 2024

Direvisi: 21 Juli 2024

Diterima: 23 Juli 2024

### ABSTRAK

Pembangunan gedung bertingkat di Indonesia umumnya menggunakan struktur beton bertulang. Pada penelitian kali ini akan dilakukan evaluasi desain terhadap komponen struktur yang tidak sesuai dengan standar SNI 2847-2019. Tahapan penelitian meliputi studi literatur, pengumpulan data (denah rencana dan detail tulangan sesuai eksisting desain), evaluasi desain, perubahan desain, pemodelan struktur menggunakan *Finit Element Software*, pembebanan struktur dan menentukan penulangan berdasarkan gaya dalam yang dihasilkan. Berdasarkan hasil evaluasi desain, denah elevasi tidak sinkron, begitu juga denah balok dinilai boros (*overdesign*) sehingga perlu dilakukan perubahan desain meliputi perubahan denah balok serta perubahan dimensi balok dan kolom. Dengan material beton K-300 (25 MPa), mutu baja tulangan 400 MPa serta 240 MPa, diperoleh dimensi elemen struktur yang baru. Hasil evaluasi desain struktur memperlihatkan bahwa persyaratan-persyaratan struktur daerah gempa kuat telah terpenuhi dan hasil desain yang baru, lebih efektif dan ekonomis dibandingkan dengan eksisting desain.

**Kata kunci:** evaluasi desain, struktur beton bertulang

### 1. PENDAHULUAN

Pada umumnya pembangunan gedung bertingkat sudah menggunakan struktur beton bertulang. Faktor yang berpengaruh dalam perencanaan struktur gedung bertingkat salah satunya adalah faktor terhadap kekuatan struktur bangunan gedung, di mana faktor tersebut sangat berperan penting terhadap keamanan dan ketahanan bangunan gedung dalam menahan dan menampung beban yang bekerja pada struktur. Oleh karena itu, perencanaan dan desain gedung bertingkat harus dilakukan dengan sangat teliti untuk memastikan kekuatan dan keamanan bagi penghuninya. Bangunan gedung yang terbangun, umumnya telah melalui tahap kajian terutama pada segi desain strukturnya. Hal ini bertujuan agar perencanaan struktur aman dan memenuhi kaedah teknis yang berlaku (Pradono, 2019; Pradono et al., 2021). Bangunan gedung harus sesuai peruntukannya dan tidak diizinkan merubah fungsi bangunan tanpa adanya analisis struktur terlebih dahulu agar keamanan struktur terjamin (Nugroho, 2016).

Salah satu gedung di Kabupaten Solok merupakan proyek gedung yang difungsikan sebagai gedung perpustakaan. Bangunan gedung ini dibangun pada tahun 2023. Secara empirik dan evaluasi terhadap desain eksisting gedung menunjukkan adanya ketidaksesuaian secara kuantitas, dimensi dan penempatan secara *preliminary design*. Pemakaian tulangan pinggang yang berlebihan pada beberapa struktur balok, dan ring balok dan tidak proporsional antara jumlah tulangan tekan dan tarik menjadi latar belakang dari penelitian ini. Sehingga bangunan ini dicoba untuk direview dan dievaluasi serta dimodifikasi sesuai standar SNI 2847:2019 yang berlaku. Evaluasi struktur balok dan kolom bertujuan untuk melihat perilaku dan merencanakan struktur bangunan beton bertulang yang memenuhi standar SNI 2847:2019.

Langkah-langkah dalam melakukan desain bangunan tahan gempa yang baik dan benar adalah tidak sederhana. Pemahaman tentang kegempaan, gaya yang diterima struktur saat gempa terjadi, serta perilaku material dan struktur pada saat gempa terjadi adalah hal yang sangat penting untuk dikuasai. Secara konseptual sederhana bangunan ini adalah:

1. Beban gempa yang terjadi pada bangunan harus disalurkan ke sistem pondasi melalui berbagai elemen struktur bangunan yang ada.
2. Setiap elemen struktural dan sambungannya harus tidak “runtuh”.
3. Elemen struktural bisa elastis atau non-elastis.

Yang membuat desain bangunan tahan gempa menjadi tidak mudah adalah beban gempa merupakan beban yang tidak terlihat dan kejadiannya hanya merupakan prediksi selama masa layan bangunan. Analisis bangunan dilakukan dengan mengasumsikan bahwa perilaku bangunan dan elemen-elemen strukturalnya masih linear padahal saat terjadinya gempa besar, bangunan diharapkan untuk berperilaku non-linear (terjadi

retak atau sendi plastis) sebagai disipasi energi akibat gaya gempa. Selain itu, banyak asumsi pendekatan yang digunakan dan formula-formula empiris yang memiliki keterbatasan.

**2. METODE PENELITIAN**

Salah satu gedung di Kabupaten Solok merupakan gedung dua lantai, di mana masing-masing lantai memiliki ketinggian 4 meter dan tambahan dudukan kuda-kuda baja ringan 0,45 meter, sehingga total ketinggian bangunan tersebut adalah 8,45 meter yang berfungsi sebagai gedung perpustakaan. Pada bangunan tersebut akan dilakukan evaluasi desain terhadap struktur balok dan kolom bangunan beton bertulang. Data yang digunakan ialah denah rencana serta detail penulangan struktur balok dan kolom. Mutu beton yang digunakan yaitu K-300 (25 MPa), mutu tulangan yang digunakan yaitu 400 MPa untuk tulangan ulir dan 240 MPa untuk tulangan polos.

Langkah-langkah dalam melakukan desain bangunan ini adalah dengan menganalisis gaya yang diterima struktur saat gempa terjadi, serta perilaku material dan struktur pada saat gempa terjadi. Secara umum, langkah-langkah perencanaan bangunan ini dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Pengembangan desain konseptual.
2. Pemilihan sistem struktur yang tepat.
3. Menentukan *performance objectives* dari bangunan.
4. Menghitung/memperkirakan gaya gempa eksternal.
5. Menghitung/memperkirakan gaya gempa internal (analisis linear).
6. Proporsi komponen-komponen struktural.
7. Mengevaluasi *performance* bangunan (drift bangunan, drift per lantai, gaya dalam elemen struktural).
8. *Final detailing* elemen struktural.
9. *Quality Assurance*.

Perhitungan perencanaan dan analisis bangunan ini mengikuti standar peraturan yang ditetapkan di Indonesia, yakni:

- SNI 1726:2019, mengenai Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Kerangka Bangunan Gedung dan Non Gedung.
- SNI 2847:2013, mengenai Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung.
- SNI 2847:2019, mengenai Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung.
- SNI-1727-2020, mengenai Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Stuktur Lain.

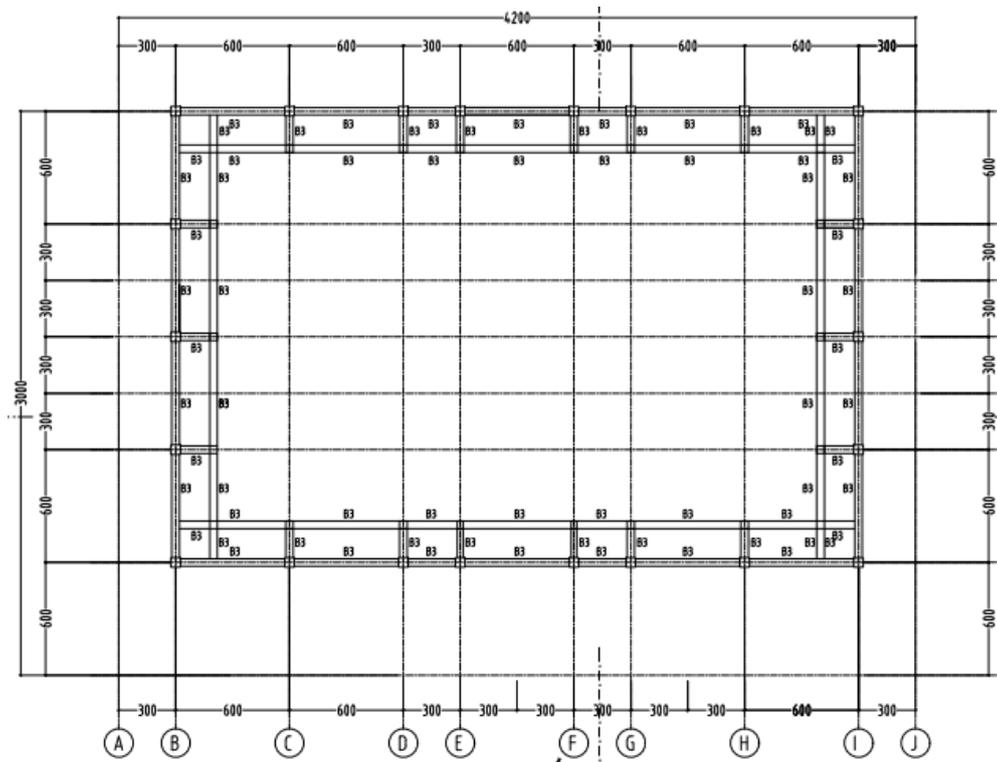
Gambar 1 dan Gambar 2 adalah gambar denah balok gedung dan tabel dimensi struktur material balok kolom untuk perencanaan evaluasi (existing design) menggunakan *FE Program*. Tabel 1 adalah dimensi stuktur dan material balok dan Tabel 2 adalah dimensi stuktur dan material kolom.

**Tabel 1** Dimensi stuktur dan material balok

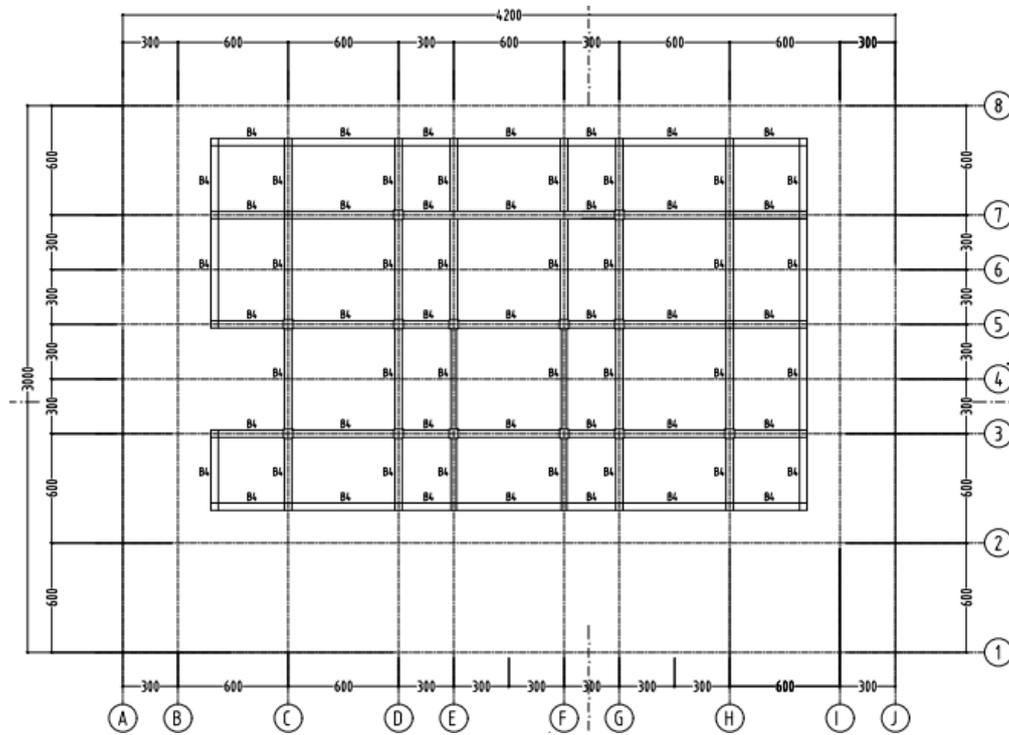
Tipe Balok	Dimensi Balok	Tulangan Balok	
		Tulangan Utama	Tulangan Sengkang
Balok B2	300 × 500 mm	D 16 D 12	D10 – 125 D10 – 150
Balok B2.2	250 × 350 mm	D 12	D10 – 125 D10 – 175
Balok B3	400 × 400 mm	D16 D12	D10 – 125 D10 – 150
Balok B4	250 × 450 mm	D12	D10 – 125 D10 – 175

**Tabel 2** Dimensi stuktur dan material kolom

Tipe kolom	Dimensi kolom	Tulangan Kolom	
		Tulangan Utama	Tulangan Sengkang
Kolom K1	450 × 450 mm	12 D 16	D10 – 125
Kolom KA	300 × 300 mm	10 D 12	D10 – 150
Kolom K2	400 × 400 mm	12 D 16	D10 – 125
Kolom KB	300 × 300 mm	8 D12	D10 – 125



Gambar 1. Denah balok elevasi +8.00

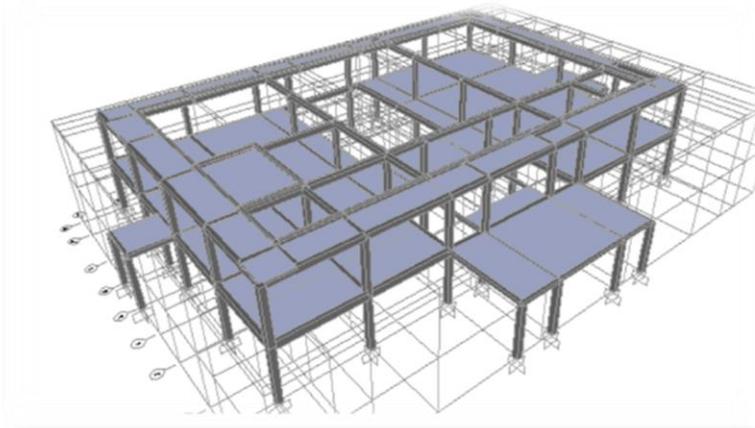


Gambar 2. Denah balok elevasi +8.45

3. HASIL DAN DISKUSI

a. Pemodelan struktur

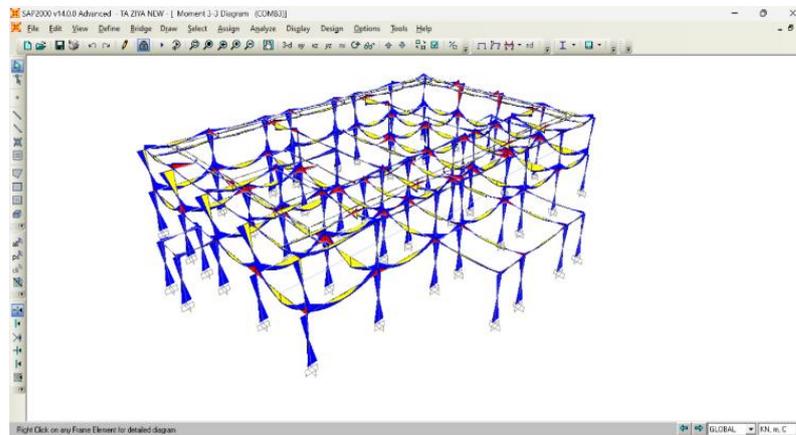
Gambar 3 adalah pemodelan 3D struktur Gedung ini mencakup struktur kolom, balok dan pelat lantai



Gambar 3. Pemodelan Struktur 3 Dimensi

b. Hasil Analisis Struktur

Gambar 4 berikut adalah hasil analisis struktur yang mencakup gaya-gaya dalam.



Gambar 4. Hasil Analisis gaya-gaya dalam

Hasil evaluasi desain struktur yang diperoleh memperlihatkan bahwa persyaratan-persyaratan struktur daerah gempa kuat dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRMPK) telah terpenuhi yaitu:

- Partisipasi massa 99,8 % > 90 % (Gambar 5)

Modal Participating Mass Ratios

File View Format-Filter-Sort Select Options

Unit: As Noted Modal Participating Mass Ratios

OutputCase Text	Step Type Text	StepNum Unitless	Period Sec	UX Unitless	UY Unitless	UZ Unitless	SumUX Unitless	SumUY Unitless
MODAL	Mode	1	0.387276	0.0082	0.84213	0.000002201	0.0082	0.84213
MODAL	Mode	2	0.376497	0.48456	0.02449	0.000007566	0.49276	0.86663
MODAL	Mode	3	0.358037	0.37704	0.00179	0.00000496	0.8698	0.86842
MODAL	Mode	4	0.212364	0.00778	0.000002417	0.00014	0.87758	0.86842
MODAL	Mode	5	0.202954	0.00468	0.000004973	0.00012	0.88226	0.86843
MODAL	Mode	6	0.172076	0.00473	0.00019	0.00002899	0.88659	0.86862
MODAL	Mode	7	0.161854	0.00037	0.1251	0.00119	0.88736	0.99372
MODAL	Mode	8	0.158688	0.09467	0.00089	0.00265	0.98203	0.99461
MODAL	Mode	9	0.147341	0.00257	0.00112	0.00007737	0.98459	0.99573
MODAL	Mode	10	0.140143	0.01392	0.00074	0.02392	0.99851	0.99647
MODAL	Mode	11	0.12826	0.00002687	0.00028	0.0000114	0.99954	0.99675
MODAL	Mode	12	0.116431	0.00001171	0.00078	0.00006524	0.99955	0.99753

Record: 11 of 12

Gambar 5. Partisipasi massa

- Simpangan antar tingkat (*drift*) < simpangan yang diizinkan (Tabel 3 dan Tabel 4)

**Tabel 3.** Simpangan antar tingkat statik ekuivalen arah x

Lantai	h (mm)	$\delta_x$ (mm)	$\Delta$ (mm)	Story Drift (mm)	Story drift $\Delta_a$ (mm)	Status
2	4000	7,39	3,70	13,57	40	OK
1	4000	3,69	3,69	13,51	40	OK
0	0	0	0	0	0	-

**Tabel 4.** Simpangan antar tingkat statik ekuivalen arah y

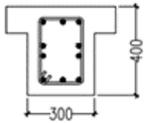
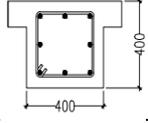
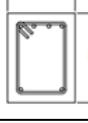
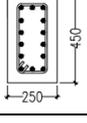
Lantai	h (mm)	$\delta_x$ (mm)	$\Delta$ (mm)	Story Drift (mm)	Story drift $\Delta_a$ (mm)	Status
2	4000	9,33	4,96	18,18	40	OK
1	4000	4,38	4,38	16,04	40	OK
0	0	0	0	0	0	-

- Persyaratan kolom kuat balok lemah sudah terpenuhi. Di mana  $\phi M_{nc1} + \phi M_{nc1} = 374,82 \text{ kNm} > 1,2 \phi (M_{b1} + M_{b2}) = 349,68$
- Analisis dinamis menunjukkan bahwa mode shape 1 dan mode shape 2 mengalami translasi

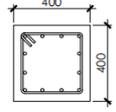
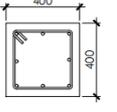
**c. Perencanaan Penulangan Balok dan Kolom**

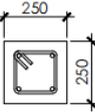
Berdasarkan hasil analisis struktur gaya-gaya dalam yang diperoleh, selanjutnya dilakukan perhitungan perencanaan tulangan elemen struktur kolom dan balok sesuai dengan persyaratan yang ditentukan pada SNI 2847:2019. Perbandingan hasil desain baru dan desain *existing* diperlihatkan sebagaimana Tabel 5 dan Tabel 6 berikut ini.

**Tabel 5.** Perubahan desain balok B2, B3, dan B4

Existing			Desain Baru		
<b>Balok B2</b> 	Atas	3 D 16		Atas	6 D 16
	Pinggang	4 D 12		Pinggang	-
	Bawah	3 D 16		Bawah	3 D 16
	Sengkang	D 10 – 125/150		Sengkang	Ø 10 - 150
<b>Balok B3</b> 	Atas	3 D 16		Atas	5 D 16
	Pinggang	2 D 12		Pinggang	-
	Bawah	3 D 16		Bawah	2 D 16
	Sengkang	D 10 – 125/150		Sengkang	Ø 10 - 100
<b>Balok B4</b> 	Atas	3 D 12		Atas	3 D 16
	Pinggang	8 D 12		Pinggang	-
	Bawah	3 D 12		Bawah	2 D 16
	Sengkang	D 10 – 125/150		Sengkang	Ø 10 - 150

**Tabel 6.** Detail penulangan kolom K1, K2, dan K3

Kolom K1		Kolom K2	
	Tul. Pokok	12 D 16	
	Sengkang	Ø 10 - 125	
	Selimit beton	40 mm	
	Beton	K300	
	Tul. Pokok	8 D 16	
	Sengkang	Ø 10 - 125	
	Selimit beton	40 mm	
	<b>Beton</b>	K-300	

Kolom K3	
	
Tul. Pokok	4 D 16
Sengkang	Ø 10 - 125
Selimit beton	40 mm
Beton	K-300

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil evaluasi desain struktur Gedung dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Denah elevasi +8.00 m tidak sinkron dengan denah elevasi +8.45 m, begitu juga denah balok +8.45 m dinilai boros (overdesign) sehingga dilakukan perencanaan ulang.
2. Desain ulang komponen struktur balok dan kolom menyebabkan perubahan perencanaan denah balok pada elevasi +8.00 dan elevasi +8.45, penambahan denah kolom pada elevasi +8.00, perubahan pada dimensi balok B2 ( 300 × 400 mm ) menjadi ( 300 × 500 mm ) ; B3 ( 400 × 400 mm ) menjadi ( 300 × 400 mm ) dan B4 ( 150 × 200 mm ).
3. Persyaratan-persyaratan struktur daerah rawan gempa kuat (SRMPK) seperti partisipasi massa 99,8% > 90%, simpangan antar tingkat (drift) < simpangan yang diizinkan, persyaratan kolom kuat balok lemah terpenuhi di mana momen kolom > momen balok. Oleh karena itu *review design* yang dilakukan memenuhi persyaratan desain struktur SNI 2847:2019 dan memperbaiki kekeliruan desain pada perencanaan awal (*existing*).

#### DAFTAR PUSTAKA

- Nugroho, F., 2016. Penerapan Analisis Pushover Untuk menentukan Kinerja Struktur Padabangunan Eksisting Gedung Beton Bertulang. Jurnal Momentum 18.
- Pradono, M., 2019. View of Kajian Penerapan Standar Tahan Gempa pada Pemeriksaan Struktur Gedung Terbangun. Jurnal Alami 3.
- Pradono, M.H., Hape, S.R., Yunus, A.F., Yufhendmindo, M.R., 2021. Pemodelan Struktur Bangunan di Mamuju Pasca Gempabumi 15 Januari 2021. Jurnal ALAMI : Jurnal Teknologi Reduksi Risiko Bencana 5, 1–7. <https://doi.org/10.29122/alami.v5i1.4864>
- SNI 1726:2019, 2019. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Kerangka Bangunan Gedung dan Non Gedung.
- SNI 2847:2013, 2013. Persyaratan Beton Stuktural untuk Bangunan Gedung.
- SNI 2847:2019, 2019. Persyaratan Beton Stuktural untuk Bangunan Gedung.
- SNI-1727-2020, 2020. Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain.