

RESPON STRUKTUR GEDUNG SERBAGUNA DENGAN MATERIAL BETON BERTULANG

AKMAL RAMDANI WIJAYA¹, ERMA DESIMALIANA²

1. Mahasiswa, Program Studi Teknik Sipil (Institut Teknologi Nasional Bandung)

2. Dosen, Program Studi Teknik Sipil (Institut Teknologi Nasional Bandung)

Email: akmal.ramdani@mhs.itenas.ac.id

ABSTRAK

Pembangunan gedung bertingkat di Indonesia terus meningkat seiring kebutuhan fasilitas publik, sementara kondisi geologis menjadikan Indonesia wilayah rawan gempa. Oleh karena itu, aspek keselamatan struktur menjadi prioritas utama dalam perencanaan. Beton bertulang banyak digunakan karena memiliki kekuatan tinggi, ekonomis, dan mudah dikerjakan. Untuk menilai kinerja struktur terhadap gempa, metode analisis respons spektrum sesuai SNI 1726:2019 digunakan karena mampu menggambarkan perilaku struktur lebih akurat dibanding metode statik ekuivalen. Penelitian Putri dkk. (2021) juga menunjukkan bahwa analisis respons spektrum dapat memberikan gambaran kinerja struktur beton bertulang secara lebih detail. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi respons struktur gedung beton bertulang melalui analisis respons spektrum dengan pemodelan menggunakan ETABS v22, mengacu pada SNI 1726:2019, SNI 2847:2019 dan SNI 1727:2020. Parameter yang ditinjau meliputi periode struktur, modal participant mass ratio, simpangan antar lantai, gaya geser dasar, dan efek P-Delta. Hasil analisis menunjukkan seluruh parameter memenuhi ketentuan, sehingga struktur dinyatakan aman terhadap beban gempa rencana.

Kata kunci: beton bertulang, respon struktur, ETABS

1. PENDAHULUAN

Pembangunan gedung bertingkat di Indonesia semakin meningkat seiring kebutuhan fasilitas publik. Dalam perencanaannya, aspek keselamatan struktur menjadi hal penting, terutama karena Indonesia termasuk wilayah rawan gempa. Beton bertulang masih banyak digunakan karena kuat, ekonomis, dan mudah dikerjakan di lapangan.

Untuk menilai keamanan bangunan terhadap gempa, analisis respon spektrum sesuai SNI 1726:2019 sering digunakan karena dapat menggambarkan perilaku struktur secara lebih akurat dibanding metode statik ekuivalen. Penelitian Putri dkk. (2021) juga menunjukkan bahwa metode respon spektrum mampu memberikan gambaran kinerja struktur beton bertulang pada gedung bertingkat dengan lebih detail.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui respon struktur gedung dengan material beton bertulang melalui analisis respon spektrum, sehingga dapat dievaluasi kinerjanya terhadap ketentuan yang berlaku.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian ini disusun secara sistematis untuk memperoleh hasil analisis yang sesuai dengan tujuan. Tahapan diawali dengan studi literatur dan pengumpulan data dasar bangunan, dilanjutkan dengan pemodelan struktur menggunakan perangkat lunak analisis sesuai ketentuan

SNI. Selanjutnya ditetapkan pembebanan yang terdiri dari beban mati, beban hidup, beban atap, dan beban gempa. Setelah itu dilakukan analisis respon struktur untuk memperoleh hasil berupa periode struktur, modal participant mass ratio, gaya geser dasar, simpangan antar lantai dan pengecekan efek p-delta. Tahap akhir berupa interpretasi hasil dan penarikan kesimpulan yang dikaitkan dengan tujuan penelitian. Adapun data teknis yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebuah proyek struktur bangunan gedung bertingkat dengan fungsi sebagai gedung pertemuan, terdiri atas 3 lantai, berlokasi di Kota Bandung, serta berada pada kelas situs tanah SD (tanah sedang).

2.1 Pelat Lantai

Pada pemodelan struktur digunakan beberapa tipe pelat lantai dengan variasi tebal dan mutu beton. Pelat S1 memiliki tebal 200 mm dengan mutu beton K-350, S2 dan S4 masing-masing setebal 150 mm dengan mutu K-350, S3 setebal 160 mm dengan mutu lebih tinggi yaitu K-400, serta S5 dengan tebal 100 mm dan mutu K-350. Variasi ini dimaksudkan untuk menyesuaikan kebutuhan kekuatan dan fungsi pada setiap bagian bangunan.

2.2 Stuktur Kolom

Pada pemodelan struktur digunakan beberapa jenis kolom bundar dengan dimensi dan mutu beton yang bervariasi. Kolom K1 memiliki diameter 800 mm dengan mutu beton K-350, sedangkan kolom K1a memiliki diameter lebih besar yaitu 1600 mm. Kolom K2 memiliki diameter 700 mm, sedangkan K3 dan K3a masing-masing berdiameter 600 mm. Variasi dimensi kolom ini dirancang untuk menyesuaikan kebutuhan kekuatan dan kapasitas dukung pada tiap bagian struktur bangunan.

2.3 Strktur Balok

Struktur balok pada gedung ini direncanakan menggunakan beton bertulang dengan variasi dimensi dan mutu beton sesuai kebutuhan perencanaan. Balok tipe B1 memiliki dimensi 400×750 mm dengan mutu beton K-350, sedangkan balok tipe B1a berukuran 450×850 mm dengan mutu beton K-350. Untuk balok berukuran besar, tipe B1b menggunakan dimensi 1400×1800 mm dengan mutu beton K-400. Balok tipe B2 dan B6 direncanakan berukuran 350×700 mm dengan mutu beton K-350, sementara tipe B3 berukuran 300×500 mm dan tipe B4 berukuran 200×500 mm, keduanya menggunakan mutu beton K-350. Selanjutnya, balok tipe B5 memiliki dimensi 400×750 mm dengan mutu beton K-350, tipe B7 berukuran 200×400 mm dengan mutu beton K-350, dan terakhir tipe B8 menggunakan dimensi 300×600 mm dengan mutu beton K-225.

2.4 Beban Hidup

Beban hidup yang digunakan dalam pemodelan struktur mengacu pada SNI 1727:2020 tentang beban minimum untuk perancangan bangunan gedung. Karena fungsi utama bangunan termasuk ke dalam kategori ruang pertemuan, maka beban hidup yang diterapkan adalah sebesar 4,79 kN/m².

2.5 Beban Mati

Beban mati pada struktur dihitung berdasarkan komponen non-struktural yang melekat pada pelat lantai. Pada pelat lantai 1 hingga lantai 2, beban mati terdiri dari beban finishing sebesar 1,08 kN/m², plafond dan rangka 0,18 kN/m², serta instalasi mekanikal, elektrik, dan plumbing (M.E.P) sebesar 0,15 kN/m², sehingga total beban tambahan mencapai 1,41 kN/m². Selain itu, beban dinding bata ringan dengan nilai 5,625 kN/m² juga diperhitungkan sebagai bagian dari

beban mati. Untuk pelat lantai 3 (atap), beban mati yang digunakan berasal dari plafond dan rangka sebesar $0,18 \text{ kN/m}^2$ serta M.E.P sebesar $0,15 \text{ kN/m}^2$, dengan total $0,33 \text{ kN/m}^2$. Sementara itu, pada bagian atap datar digunakan beban tambahan sebesar $0,96 \text{ kN/m}^2$ sesuai kategori beban atap (Lr).

2.6 Beban Gempa

Pembebanan gempa ditetapkan mengacu pada SNI 1726:2019 dengan menggunakan parameter PGA, S_s , S_1 , serta hasil perhitungan respons spektrum desain (SMS, SM1, SDS, dan SD1) sebagai dasar analisis struktur.

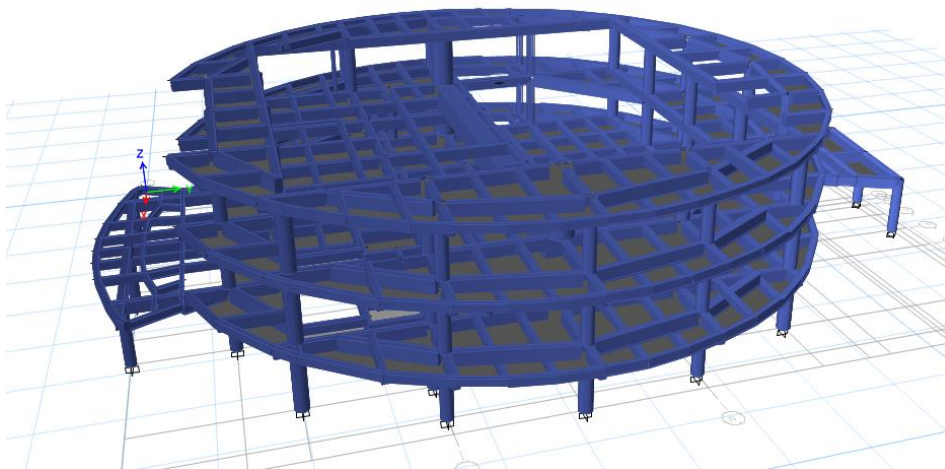
Tabel 2.1 Beban Gempa

PGA $MCE_g (g)$	S_s $MCE_R (g)$	S_1 $MCE_R (g)$	F_a	F_v	$S_{MS} (g)$	$S_{M1} (g)$	$S_{DS} (g)$	$S_{D1} (g)$	T_0	T_s
0.5534	1.3139	0.55	1	1,75	1,3139	0,9625	0,876	0,642	0,15	0,73

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pemodelan Struktur

Pemodelan struktur dilakukan menggunakan ETABS v22 dengan mengacu pada material, dimensi elemen, serta beban sesuai ketentuan SNI 2847:2019, SNI 1726:2019 dan SNI 1727:2020.



Gambar 3.1 Pemodelan 3D Gedung Struktur Beton Bertulang

3.2 Periode Struktur

Periode struktur adalah lamanya waktu struktur dalam menahan getaran akibat beban gempa. Nilai periode yang dihasilkan dari output ETABS v22 akan dibandingkan dengan perhitungan periode maksimum ($T_a \text{ maksimum}$) dan minimum ($T_a \text{ minimum}$). Nilai tersebut menjadi acuan dasar perbandingan nilai periode struktur (T), ketinggian struktur (h_n) dan koefisien (C_t dan x). Batas atas periode struktur yang dihitung (C_t), periode struktur fundamental pendekatan (T_a). Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan nilai T_a pakai sebesar 0,603 detik untuk arah X dan 0,622 detik untuk arah Y.

3.3 Modal Participant Mass Ratio

Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.9.1.1, analisis harus dilakukan untuk menentukan jumlah dan arah ragam getar alami struktur. Analisis ini menyertakan jumlah ragam yaitu 100% dari massa aktual masing-masing arah horizontal orthogonal agar mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi. Hasil analisis dari partisipasi massa menghasilkan jumlah ragam sebesar 100% yaitu pada mode 9. Arah ragam yaitu translasi baik arah X (mode 1) maupun arah Y (mode 2), serta rotasi arah Z (mode 3).

3.4 Gaya Geser Dasar

Analisis gaya geser dasar gempa dilakukan berdasarkan koefisien seismic (C_s) dan berat struktur pada bangunan (W). Nilai koefisien seismic didapat dari data respon spektrum seperti percepatan respon spektral desain periode (S_{DS}), percepatan respon spektral desain periode sebesar 1 detik (S_{D1}), percepatan respon spektral maksimum (S_1), koefisien modifikasi respon (R), periode fundamental struktur (T) dan faktor keutamaan gempa (I_e). Rincian nilai koefisien respon seismic yang telah dihitung (C_s) dapat dilihat pada **Tabel 3.2**.

Tabel 3.1 Penentuan Koefisien Seismik

Model	Arah	C_s minimum (g)	C_s maksimum (g)	C_s hitung (g)	C_s diambil (g)
Beton Bertulang	X	0,048	0,166	0,137	0,137
	Y		0,161		

Pada **Tabel 3.3** menunjukkan hasil analisis dari perbandingan gaya geser yang dimana menghasilkan nilai yang sudah memenuhi persyaratan tanpa harus menambahkan skala faktor.

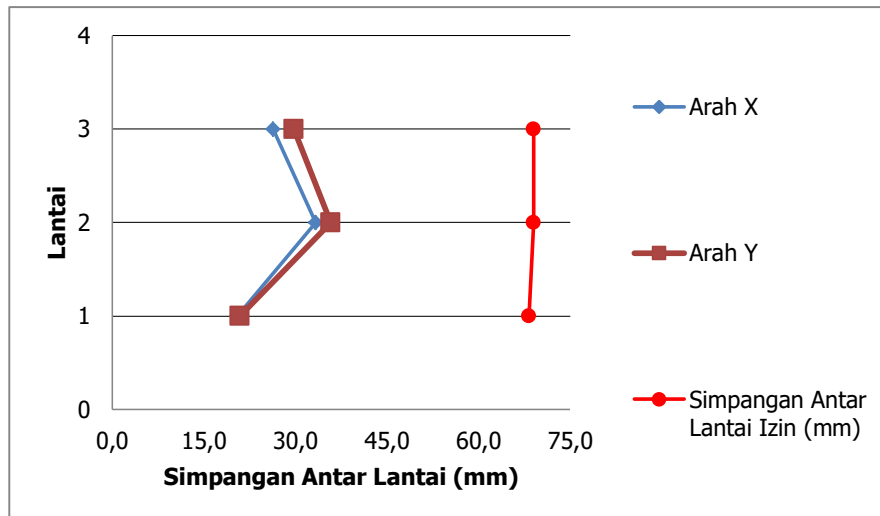
Tabel 3.2 Gaya Geser Dasar

Lantai	Gaya Statik Ekuivalen		Gaya Dinamik		Penambahan Skala Faktor		Keterangan $V_{dx} > V_{sx}$	
	V_{sx} [kN]	V_{sy} [kN]	V_{dx} [kN]	V_{dy} [kN]	V_{sx}/V_{dx}	V_{sy}/V_{dy}	X	Y
3	1015,44	1019,84	1385,59	1411,64	0,73	0,72	OK	OK
2	2569,67	2574,77	3205,27	3219,33	0,80	0,80	OK	OK
1	3398,34	3398,34	4265,89	4262,15	0,80	0,80	OK	OK

3.5 Simpangan Antar Lantai

Simpangan antar tingkat mengacu pada SNI 1726:2019 pasal 7.12.1 dengan simpangan antar tingkat desain (Δ), seperti ditentukan dalam pasal 7.8.6 tidak boleh lebih dari simpangan antar tingkat izin (Δ_a). Dengan parameter sebagai berikut:

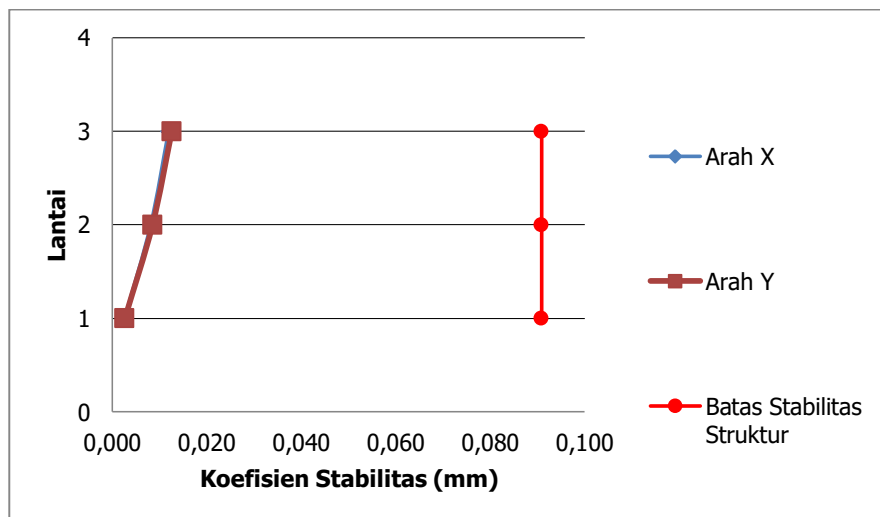
1. Simpangan antar tingkat izin : $\Delta_a = 0,015h$
2. Faktor redundansi : $\rho = 1,3$
3. Story drift inelastic izin : $\Delta_{max} = \Delta / \rho$
4. Faktor pembesaran defleksi : $Cd = 5,5$
5. Faktor keutamaan gempa : $I_e = 1,25$
6. Story drift inelastic : $\Delta = \delta * Cd / I_e$



Gambar 3.2 Grafik Simpangan Antar Lantai

3.6 Pengecekan Efek P- Δ

Berdasarkan SNI 1726:2019, pengaruh P-Delta pada geser tingkat dan momen, gaya dan momen elemen struktur yang dihasilkan dan simpangan antar lantai yang diakibatkannya tidak perlu diperhitungkan apabila koefisien stabilitas (θ) lebih besar dari 0,1 tetapi kurang dari atau sama dengan θ_{max} . Jika θ lebih besar dari θ_{max} , struktur berpotensi tidak stabil dan harus didesain ulang.



Gambar 3.3 Grafik Pengaruh Efek P- Δ

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil analisis respon struktur bangunan beton bertulang menggunakan metode respon spektrum menunjukkan bahwa simpangan antar lantai berada di bawah batas maksimum yang disyaratkan SNI 1726:2019, sehingga memenuhi kriteria kinerja struktur terhadap gempa. Nilai gaya geser dasar yang diperoleh juga memenuhi ketentuan minimum, menandakan kapasitas lateral struktur yang memadai. Selain itu, nilai koefisien stabilitas (θ) akibat efek P-Delta berada

di bawah batas 0,1. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa struktur beton bertulang yang dianalisis dinyatakan aman dan layak terhadap beban gempa rencana sesuai standar perencanaan yang berlaku.

DAFTAR RUJUKAN

- Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI 1726-2019 *tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI 2847 : 2019, *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2020). SNI 1727:2020 *tentang Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Fanny Sara Siandari. (2024). *Evaluasi Kinerja Struktur Bangunan Café di Kabupaten Bandung dengan Time History Berdasarkan FEMA 356*.
- Hilmi, M., Erizal, & Febrita, J. (2023). *Analisis Kinerja Struktur pada Bangunan Bertingkat dengan Metode Analisis Respon Spektrum Berdasarkan SNI 1726:2019*.
- Prayuda, H., Wilasamba, O., Saleh, F., Maulana, T. I., & Firdausa, F. (2022). *Evaluasi Perilaku Seismik Akibat Ketidakberaturan Vertikal pada Gedung Beton Bertulang Bertingkat Tinggi*.
- Putri, A. P., Reinaldy Afdar F., & Septino Khala, C. C. (2021). *Analisis Kinerja Struktur Beton Bertulang Gedung 10 Lantai Menggunakan Metode Respon Spektrum dan Time History*.
- Ramadhan, Y., & Kurniawan, D. (2021). *Evaluasi struktur beton bertulang dengan sistem rangka pemikul momen khusus: Studi kasus Gedung KORPRI Garut*.
- Tanijaya, J. (2019). *Evaluasi Kekuatan Struktur Beton Bertulang pada Bangunan Reguler Akibat Beban Gempa dengan Variasi Jenis Tanah*.
- Zhafira, T., Taufiqy, I., Purwanto, Mustain, & Anggraini, N. K. (2023). *Analisis Dinamis Respon Spektrum dan Statik Ekuivalen pada Bangunan Perguruan Tinggi Universitas Semarang*.