

Analisis Gedung Mall Cipto Center Town Semarang

Dingine Isnaini Mahmuda¹, Talitha Zhafira^{1*}, Muhammad Misbahul Nur Mutaqin¹, Trias Widorini¹

¹ Jurusan Teknik Sipil, Universitas Semarang, Jl. Soekarno-Hatta,
Kota Semarang, Jawa Tengah, Indonesia

Email: thalita@usm.ac.id

Dikirim: 14 Februari 2023

Direvisi: 3 Agustus 2023

Diterima: 3 Agustus 2023

ABSTRAK

Wilayah Indonesia merupakan wilayah yang terletak pada jalur aktif tektonik sehingga termasuk dalam wilayah rawan gempa oleh karena itu pembangunan gedung harus dirancang dengan metode sistem rangka pemikul momen khusus yang memiliki konsep kolom kuat balok lemah dan dikorelasikan dengan sistem dinding geser sehingga mampu menahan beban gempa yang terjadi. Tujuan penelitian ialah untuk melihat kekuatan struktur dengan melakukan analisa dinamis. Berdasarkan hasil uji tanah di lokasi pembangunan gedung *mall* ini dikategorikan dalam situs kelas tanah SE (Tanah Lunak) dengan kategori desain seismik gempa D sehingga pembangunan direncanakan menggunakan sistem ganda untuk menghindari terjadinya kerusakan struktur di masa yang akan datang akibat beban gempa. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode analisis linear dengan meninjau analisis gempa statik ekuivalen dan dinamis respon spektrum menggunakan program bantu *ETABS V.20*. Berdasarkan hasil analisis struktur yang telah dilakukan gedung *mall Cipto Center Town* menunjukkan nilai simpangan antar lantai pada struktur gedung memiliki nilai di bawah simpangan ijin yaitu sebesar 0,004 mm sehingga struktur gedung dinyatakan aman atau memenuhi syarat. Torsi tidak terjadi pada struktur gedung karena nilai maksimum *drift* dibagi dengan rata-rata *drift* berasal dibawah 1,2 dan 1,4.

Kata kunci: perencanaan, gedung *mall*, analisis linear, *ETABS V.20*, kota Semarang

1. PENDAHULUAN

Gempabumi merupakan fenomena alam yang terjadi akibat adanya pengaruh percepatan gerak tanah. Indonesia merupakan negara yang terletak pada jalur tektonik yang cukup aktif (Wicaksana & Rosyidah, 2021). Berdasarkan data gempa yang dikeluarkan SNI 1726-2019 negara Indonesia termasuk dalam kategori negara dengan tingkat kerawanan gempa yang tinggi yaitu berada dalam kategori desain seismik D, E, dan F. Oleh karena itu diperlukan perencanaan bangunan gedung yang baik untuk menghindari terjadinya kerusakan akibat beban gempa (Karisoeh et al., 2018). Perencanaan bangunan ini diperlukan untuk menghindari terjadinya korban jiwa manusia oleh runtuhnya gedung akibat gempa yang kuat. Membatasi kerusakan gedung akibat gempa ringan sampai sedang, sehingga masih dapat diperbaiki. Membatasi ketidaknyamanan penghunian bagi penghuni gedung ketika terjadi gempa ringan sampai sedang (Prismastanto, 2019)

Pusat perbelanjaan modern atau *mall* merupakan tempat khalayak umum guna memenuhi kebutuhan masyarakat dan sebagai pusat perekonomian. Sebagai tempat yang memiliki pusat aktivitas yang cukup tinggi gedung *mall* tidak hanya dirancang berdasarkan aspek estetikanya saja melainkan faktor keamanan struktur suatu gedung juga perlu dirancang dengan baik (Theo et al., 2021). Mengingat *mall* merupakan gedung bertingkat yang sangat rawan terjadi kerusakan struktur akibat beban gempa maka perancangan struktur *mall* harus sesuai dengan persyaratan peraturan yang berlaku.

Gedung *mall Cipto Center Town* ini direncanakan dibangun pada jalan Dokter Cipto kota Semarang. Berdasarkan hasil uji tanah *standart penetration test* perencanaan gedung *mall* ini berada pada kondisi tanah lunak (SE) dengan hasil analisis kategori gempa berada pada kategori desain seismik D. Berdasarkan kondisi tanah dan kategori gempa pada lokasi perencanaan dapat menimbulkan kerusakan fatal dan kerugian apabila tidak dilakukan perencanaan yang sesuai dengan peraturan yang berlaku. Oleh karena itu, gedung *mall Cipto Center Town* ini direncanakan menggunakan sistem ganda yaitu sistem rangka pemikul momen khusus dan sistem dinding geser yang sesuai dengan peraturan perancangan gedung tahan gempa SNI 1726-2019. Perancangan struktur gedung *mall* tahan gempa ini dianalisis berdasarkan analisis statik dan dinamis guna mengetahui tingkat keamanan struktur terhadap beban lateral yang terjadi.

Pada daerah dengan tingkat resiko gempa tinggi sistem ganda ini sangat dibutuhkan guna menghindari terjadinya kerusakan struktur. Ciri khas sistem ganda ini yaitu terdapat kombinasi antara dua sistem struktur guna menahan beban gempa. Dalam sistem ganda ini struktur rangka dan struktur dinding bekerja sama dalam menahan beban gravitasi (beban hidup dan mati) dan lateral (beban angin dan gempa) hal ini berbeda dengan sistem struktur sebelumnya yang hanya memiliki satu sistem yang dominan dalam menahan beban yang terjadi (Lesmana, 2020). Sistem ganda ini sangat cocok diaplikasikan untuk daerah lendutan dan simpangan hingga struktur mencapai kondisi mengalami kerusakan ketika terjadi beban gempa dan tahanan geser ketika terjadi beban gempa. Keuntungan dari sistem ganda ini yaitu dari segi arsitekturalnya sederhana karena tidak memiliki dimensi struktur yang besar.

Ketika terjadi beban gempa pertemuan antara *joint* kolom dan balok akan mengalami kegagalan struktur terlebih dahulu. Hal ini dikarenakan pada kolom dan balok mengalami gaya momen dan geser yang lebih besar dibanding dengan struktur lainnya (Tampubolon, 2021). Oleh karena itu diperlukan metode *strong* kolom *weak beam*. Metode ini terdapat dalam sistem rangka pemikul momen khusus di mana metode ini mendesain kolom lebih kuat dibanding dengan balok. Metode ini digunakan untuk mengantisipasi adanya kegagalan struktur secara tiba-tiba sehingga ketika terjadi beban gempa yang berlebih balok akan mengalami kerusakan terlebih dahulu dibanding dengan kolom. Ketahanan geser pada struktur ini terdapat dalam sistem struktur dinding geser, beban gempa yang diterima struktur akan didistribusikan oleh pelat dinding geser karena memiliki kekakuan dalam menahan gaya gempa (Wiryadi & Sudarsana, 2019). Pengaplikasian dinding geser ini akan sangat efektif apabila dalam pelaksanaannya dipasang dengan baik dan simetris. Penempatan dinding geser ini harus memperhatikan *center of mass* dan *center of rigidity*. Semakin dekat pusat massa dan pusat kekakuan massa semakin efektif pula dinding geser dalam menahan gaya gempa (Lesmana, 2020).

Ketahanan struktur dalam menahan beban gempa dapat ditinjau berdasarkan kestabilan struktur. Stabilitasnya struktur ini dinyatakan apabila struktur tidak mengalami perubahan bentuk atau deformasi ketika menerima beban yang besar (Khoirunnissa et al., 2020). Pada struktur gedung bertingkat perencanaannya harus dirancang memenuhi stabilitas bangunan guna menahan gaya lateral sehingga simpangan yang terjadi tidak melebihi simpangan yang diijinkan. Gaya lateral yang timbul dapat dianalisis berdasarkan metode analisis gempa statik dan dinamis. Pada analisis gempa statik analisis dilakukan pada bangunan rendah dan kaku. Untuk Analisis dinamis dapat memperhitungkan massa, kekakuan, serta redaman yang terjadi (Fadilah & Walujodjati, 2020).

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode pengumpulan data berupa metode studi literatur dengan cara mengumpulkan data berupa data tanah, peraturan, buku, serta jurnal yang berkaitan dengan topik permasalahan yang akan dibahas pada penelitian ini. Data yang telah dikumpulkan kemudian dilakukan analisis perencanaan struktur. Analisis penelitian ini menggunakan metode analisis linear (respon spektrum) yang dilakukan dengan menggunakan program bantu ETABS V.20. Gambar 1, 2, 3, 4, 5, dan 6 merupakan gambar denah lantai dengan alur penelitian sebagai berikut:

2.1 Tahap rencana desain

Nama gedung	= Cipto Center Town
Lokasi	= Jalan Dokter Cipto No 5, Semarang Timur, Kota Semarang, Jawa Tengah.
Tipe bangunan	= Mall
Jumlahh lantai	= Lima Lantai
Ketinggian lantai	= 4 meter
Tinggi bangunan	= ± 20 meter
Struktur bangunan	= Beton bertulang
Mutu beton	
Balok	= 30 MPa
Kolom	= 35 MPa
Pelat	= 30 MPa
Shear Wall	= 35 MPa
Mutu baja tulangan	= 420 MPa
	= 280 MPa
Mutu Baja Profil	= BJ-41
Mutu baut	= A325

2.2 Tahap preliminari desain

Tahap preliminari desain berupa tahap rencana dimensi dan penulangan balok, pelat, kolom, *shearwall*, dan *tie beam*.

2.3 Pembebanan

Perhitungan pembebanan berupa beban gravitasi (beban hidup dan beban mati) serta beban lateral (beban angin dan gempa). Beban mati struktur dihitung secara otomatis dalam program bantu aplikasi yang digunakan dalam hal ini dihitung otomatis oleh *software ETABS V.20* (Badan Standardisasi Nasional, 2020).

2.4 Pemodelan struktur

Pemodelan struktur dilakukan dengan menggunakan program bantu *software ETABS V.20* yang nantinya akan dilakukan analisis terhadap kekuatan struktur. Analisis struktur ini menggunakan metode linear (respons spektrum) dengan tinjauan analisa struktur akibat beban statik dan dinamis. Analisa statik dilakukan berdasarkan getaran akibat adanya beban gempa dan perhitungan gaya geser horizontal yang terjadi pada struktur (Badan Standardisasi Nasional, 2019). Gaya geser dasar nominal statik ekuivalen V yang terjadi di tingkat dasar dapat dihitung dengan persamaan:

$$F_x = \frac{W_x h_x^k}{\sum W_i h_i^k} \times V \quad (1)$$

Analisis statik ekuivalen untuk memperoleh gaya geser horizontal bangunan dapat diitung menggunakan persamaan 1 di mana F_x merupakan gaya seismik lateral, W_i dan W_x merupakan bagian berat seismik efektif total struktur yang ditempatkan pada tingkat I atau x , h_i dan h_x merupakan tinggi bangunan dari dasar sampai tingkat I atau x , dan V merupakan gaya lateral desain total di dasar struktur.

Analisis dinamik dapat dilakukan dengan mengitung kekakuan struktur yang terjadi dengan persyaratan gaya geser gempa dinamis harus lebih besar dibanding gaya geser statis (Badan Standardisasi Nasional, 2019). Analisa ini dapat dihitung berdasarkan persamaan:

$$0,85 V_{statik} < V_{dinamik} \quad (2)$$

Analisis dinamis untuk memperoleh kekakuan bangunan dapat diitung menggunakan persamaan 2 di mana V_{statik} merupakan gaya geser statik dan $V_{dinamik}$ merupakan gaya geser dinamik.

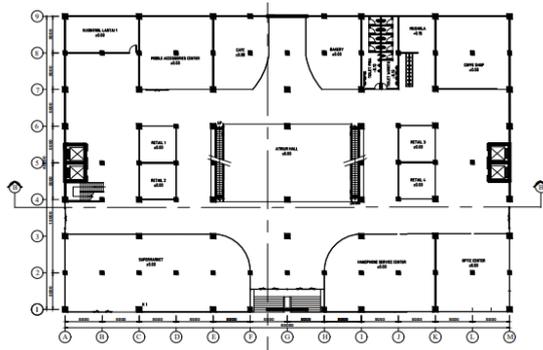
Tingkat keamanan gempa baik dilakukan berdasarkan analisis statik maupun dinamis ditinjau berdasarkan simpangan horizontal yang terjadi dibandingkan dengan simpangan horizontal izin yang terjadi. Penentuan simpangan antar tingkat ini dihitung dari perbedaan defleksi pusat massa dengan persamaan sebagai berikut:

$$\delta x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \quad (3)$$

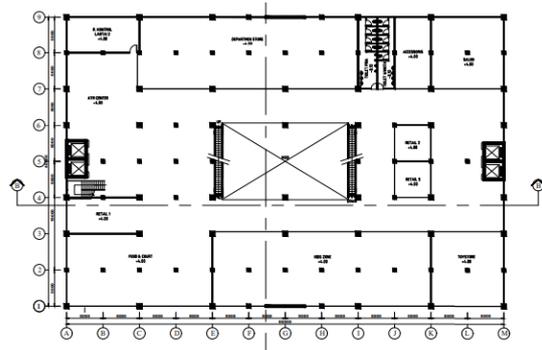
Analisis stabilitas bangunan berdasarkan simpangan yang terjadi dapat dihitung berdasarkan persamaan 3 dimana δx merupakan defleksi pada lantai ke x , C_d merupakan faktor pembesaran defleksi, I_e merupakan faktor keutamaan gedung. Untuk simpangan yang diijinkan oleh struktur dapat dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\Delta a = \frac{0,03}{R} \quad (4)$$

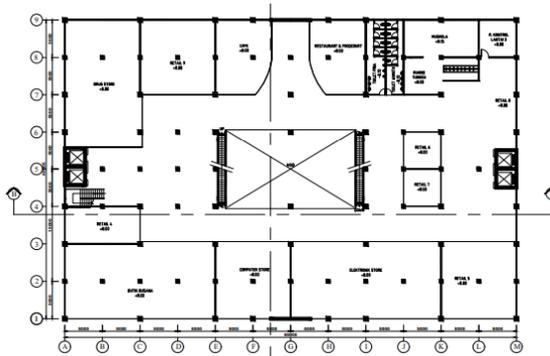
Pada persamaan 4 menunjukan persamaan simpangan yang diijinkan di mana Δa merupakan simpangan yang diijinkan dan R merupakan koefisien modifikasi respons.



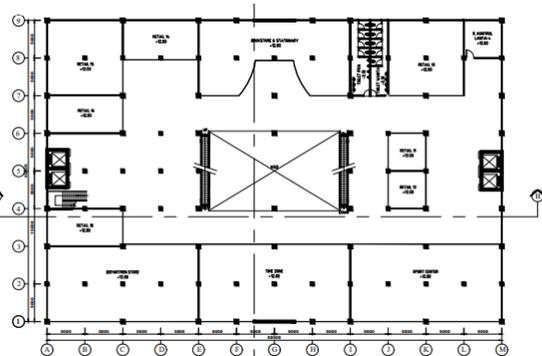
Gambar 1. Denah Lantai 1



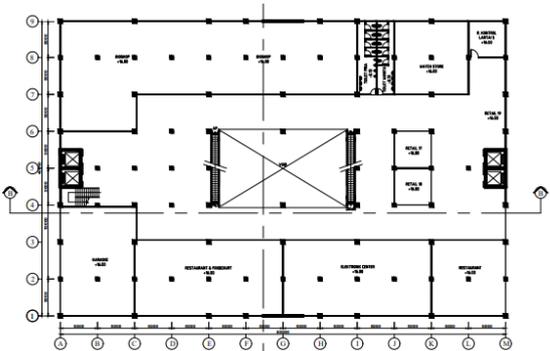
Gambar 2. Denah Lantai 2



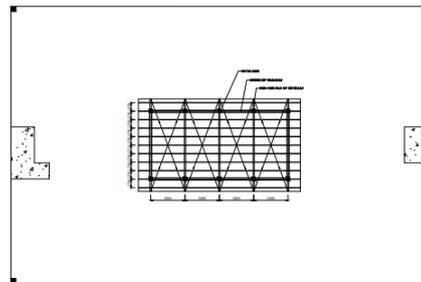
Gambar 3. Denah Lantai 3



Gambar 4. Denah Lantai 4



Gambar 5. Denah lantai 5

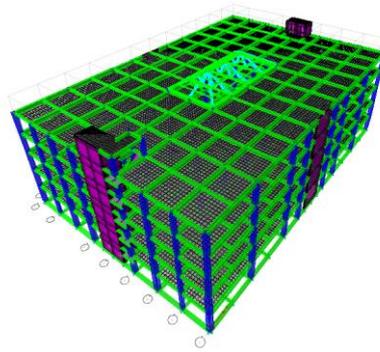


Gambar 6. Denah atap

3. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Pemodelan Struktur

Pemodelan struktur dilakukan dengan adanya pemodelan terhadap beban gravitasi dan beban lateral. Berdasarkan analisis struktur yang telah dilakukan sesuai dengan SNI 1726-2019 struktur gedung *mall* ini termasuk dalam kategori resiko gempa II dengan faktor keutamaan gempa sebesar 1. Struktur gedung ini dianalisis berdasarkan analisis beban gempa statik dan dinamis yang nantinya akan dilakukan analisis terhadap pengecekan struktur berupa simpangan, torsi bangunan, dan diskontinuitas terhadap diafragma.



Gambar 7 Pemodelan struktur 3D

Pada Gambar 7 dapat dilihat hasil pemodelan struktur yang telah dilakukan dengan menggunakan program *ETABS V.20*. berdasarkan hasil pemodelan diperoleh nilai pembebanan struktur. Pembebanan struktur dilakukan berdasarkan peraturan SNI 1727-2020 sesuai dengan tata guna ruang yang telah direncanakan. Pembebanan yang ditinjau dalam kontrol berat bangunan yaitu pembebanan gravitasi seperti beban hidup dan beban mati. Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan selisih berat bangunan antara berat bangunan *ETABS* dengan berat bangunan manual tidak boleh melebihi 5%. Selisih antara berat bangunan *ETABS V.20* dengan perhitungan manual memiliki selisih $4,8\% < 5\%$ sehingga memenuhi persyaratan (Tabel 1).

Tabel 1. Rekapitulasi beban gravitasi

Beban	Beban Etabs (kN)	Beban manual (kN)	selisih
beban mati	81902,628	95507,5	
beban mati tambahan	18653,099		4,8%
beban hidup	39363,594	37858,49	
total	139919,321	133.365,99	

3.2 Partisipasi massa

Pertisipasi massa merupakan jumlah massa bangunan berdasarkan mode ragam getar. Berdasarkan SNI 1726-2019 partisipasi massa bangunan harus memenuhi syarat translasi arah x, translasi arah y, dan rotasi arah z dengan hasil partisipasi massa lebih besar dari 90%. Tabel 2 hasil pemodelan struktur pada *ETABS* menunjukkan pola gerak ragam struktur dengan analisis karakter pada mode 1 menunjukkan gedung bergerak secara bersamaan dan dalam satu arah merespon translasi y dengan periode sebesar 0,702 detik. Pada mode 2 struktur gedung bergerak secara bersamaan dan dalam satu arah merespon translasi x dengan periode 0,685 detik. Kemudian untuk mode 3 struktur gedung bergerak secara bersamaan dan dalam satu arah merespon rotasi kearah z. Ketiga mode dalam pemodelan struktur gedung *mall* ini telah memenuhi persyaratan SNI 1726-2019 di mana mode ragam gerak struktur pada mode 1 dan mode 2 harus merespon gerak translasi dan pada mode 3 merespons gerak rotasi.

Tabel 2. Ragam gerak

Mode 1 Periode 0,702 Detik Translasi arah Y	Mode 2 Periode 0,685 Detik Translasi arah X	Mode 3 Periode 0,481 Detik Rotasi

Tabel 3 menunjukkan hasil partisipasi massa bangunan telah untuk analisa beban gempa statik telah mencapai 100% baik ditinjau arah x maupun arah y dan analisa beban dinamis telah mencapai 99,33% ditinjau dari arah x dan 99,96% ditinjau dari arah y. Hal ini telah sesuai dengan persyaratan yang telah ditetapkan SNI 1726-2019 bahwa partisipasi massa bangunan terkombinasi minimal harus memikul massa struktur sebesar 90%.

Tabel 3. Partisipasi massa

Partisipasi massa		
tinjauan	statik	dinamis
UX	100%	99,33%
UY	100%	99,96%

3.3 Analisis statik ekuivalen

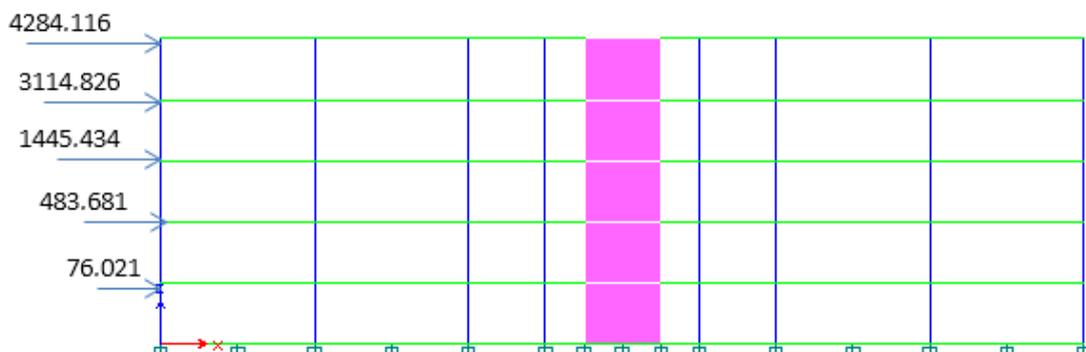
Analisis gempa statik ekuivalen merupakan analisis struktur distribusi beban gempa horizontal yang dilakukan untuk mengetahui gaya geser yang diperoleh struktur tiap lantainya (F). Berdasarkan Tabel 4 dan 5 hasil analisis yang telah dilakukan diperoleh gaya geser gempa tiap lantainya baik ditinjau dengan arah gempa X maupun Y gaya geser yang diterima setiap lantainya semakin bertambahnya tingkat lantai maka gaya geser (FX) yang diterima akan semakin besar juga sehingga sesuai dengan persyaratan SNI 1726-2019. Pada Gambar 8 dan 9 menunjukkan pendistribusian gaya geser horizontal struktur pada tiap lantainya.

Tabel 4. Rekapitulasi perhitungan gaya geser arah X

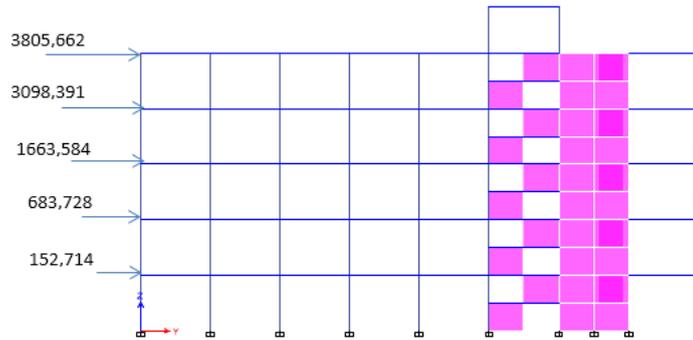
Story	Elevation	Mass	K	$W_x h_x^k$	CV	FX
	m	kN		kN.m		
1	20	2667,5979	1,601	322780	0,455559	4284,116
2	16	2771,2973	1,601	234681,7	0,331221	3114,826
3	12	2038,3301	1,601	108904	0,153703	1445,434
4	8	1305,4402	1,601	36442,16	0,051433	483,6806
5	4	622,4115	1,601	5727,639	0,008084	76,02042

Tabel 5. Rekapitulasi perhitungan gaya geser arah Y

Story	Elevation	Mass	K	$W_x h_x^k$	CV	FY
	m	kN		kN.m		
1	20	2667,5979	1,094	70678,02	0,404682	3805,662
2	16	2771,2973	1,094	57542,72	0,329473	3098,391
3	12	2038,3301	1,094	30895,75	0,1769	1663,583
4	8	1305,4402	1,094	12698,06	0,072705	152,7134
5	4	622,4115	1,094	2836,163	0,016239	152,7134



Gambar 8. Distribusi gaya geser horizontal arah X



Gambar 9. Distribusi gaya geser horizontal arah Y

3.4 Analisis dinamis respon spektrum

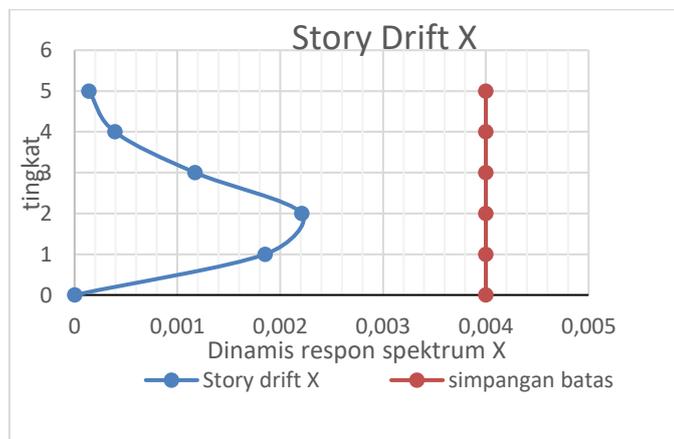
Analisis gempa dinamis respon spektrum merupakan analisis struktur yang dirancang untuk menahan beban gempa dengan lebih akurat pada struktur sesuai dengan persyaratan yang telah ditentukan oleh SNI-1726 – 2019. Sistem struktur termasuk mampu menahan gaya gempa dinamis apabila kombinasi respons untuk geser dasar ragam (V_i) harus lebih besar atau sama dengan 85% geser dasar (V) dari lateral ekuivalen. Pada Tabel 6 menunjukkan hasil gempa dinamis baik ditinjau dari arah x maupun y memiliki hasil gaya geser gempa yang lebih besar dibandingkan gaya geser statik. Hal ini menunjukkan bahwa struktur gedung arah x dan arah y telah mengalami kekakuan dan memberikan kekuatan lateral yang dibutuhkan struktur dalam menahan gaya lateral berupa beban gempa baik dari arah x maupun arah y.

Tabel 6. Tabel kekakuan static dan dinamis

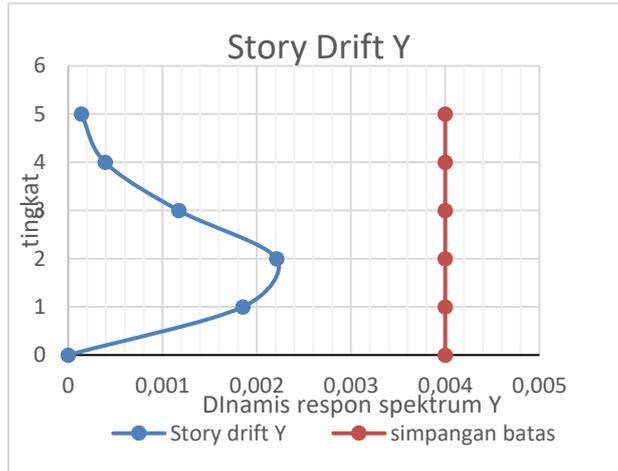
85% Kombinasi gaya geser lateral ekuivalen (kN)	Gaya geser gempa dinamis	
	Arah X (kN)	Arah Y (kN)
11.655,279	16.397,2341	16.372,5187

3.5 Kontrol simpangan antar lantai

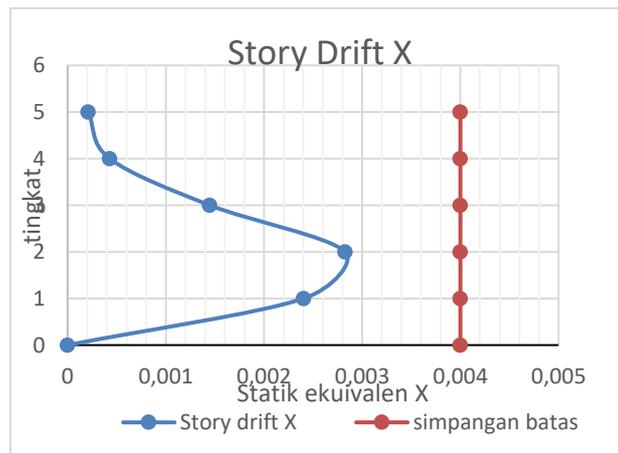
Simpangan antar lantai pada struktur bangunan terjadi akibat beban gempa melampaui batas terjadinya leleh baja dan retak beton. Berdasarkan SNI 1726-2019 simpangan antar lantai ditinjau berdasarkan defleksi pada pusat massa ditingkat atas dan bawah. Simpangan yang terjadi tidak boleh melampaui simpangan yang diijinkan dari suatu struktur.



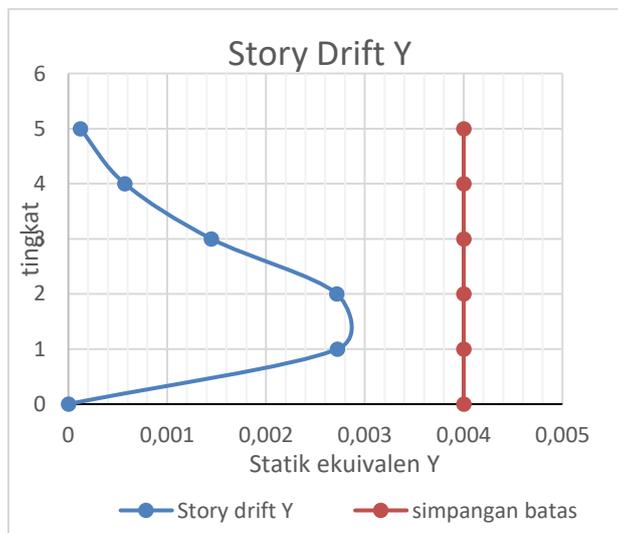
Gambar 10. Grafik simpangan dinamis respon spektrum X



Gambar 11. Grafik simpangan dinamis respon spektrum Y



Gambar 12. Grafik simpangan static ekuivalen X



Gambar 13. Grafik simpangan static ekuivalen Y

Grafik Gambar 10,11,12, dan 13 menunjukkan hasil analisis perhitungan simpangan antar lantai dan batas simpangan yang diijinkan oleh struktur yang dituangkan dalam bentuk grafik. Untuk perhitungan simpangan antar lantai dan batas ijin dipaparkan pada Tabel 7 dan 8 di bawah ini.

Tabel 7. Perhitungan simpangan antar lantai dinamis respon spektrum X

Elevasi	Tingkat antar lantai	δe_i	δi	$(\delta e_i - \delta e(i-1))$	Δi	Δa	kontrol
m		mm	mm	mm	mm	mm	$\Delta i < \Delta a$
20	20	4	0,001	0,005489	0,00014	0,004	OK
16	16	4	0,00102	0,005627	0,000391	0,004	OK
12	12	4	0,00095	0,005236	0,001172	0,004	OK
8	8	4	0,00074	0,004065	0,002211	0,004	OK
4	4	4	0,00034	0,001854	0,001854	0,004	OK
0	0	4	0	0	0	0,004	OK

Tabel 8. Perhitungan simpangan antar lantai dinamis respon spektrum Y

Elevasi	Tingkat antar lantai	δe_i	δi	$(\delta e_i - \delta e(i-1))$	Δi	Δa	kontrol
m		mm	mm	mm	mm	mm	$\Delta i < \Delta a$
20	4	0,00112	0,006138	1,5E-05	8,3E-05	0,004	OK
16	4	0,00113	0,006221	9,6E-05	0,000528	0,004	OK
12	4	0,00104	0,005693	0,000227	0,001249	0,004	OK
8	4	0,00081	0,004444	0,000407	0,002239	0,004	OK
4	4	0,0004	0,002206	0,000401	0,002206	0,004	OK
0	4	0	0	0	0	0,004	OK

Tabel 9. Perhitungan simpangan antar lantai static ekuivalen X

Elevasi	Tingkat antar lantai	δe_i	δi	$(\delta e_i - \delta e(i-1))$	Δi	Δa	kontrol
m		mm	mm	mm	mm	mm	$\Delta i < \Delta a$
20	4	1,25E-03	0,006892	3,9E-05	0,00021	0,004	OK
16	4	1,29E-03	0,007106	7,8E-05	0,000429	0,004	OK
12	4	1,21E-03	0,006677	0,000263	0,001447	0,004	OK
8	4	9,51E-04	0,005231	0,000514	0,002827	0,004	OK
4	4	4,37E-04	0,002404	0,000437	0,002404	0,004	OK
0	4	0	0	0	0	0,004	OK

Tabel 10. Perhitungan simpangan antar lantai static ekuivalen Y

Elevasi	Tingkat antar lantai	δe_i	δi	$(\delta e_i - \delta e(i-1))$	Δi	Δa	kontrol
m		mm	mm	mm	mm	mm	$\Delta i < \Delta a$
20	4	1,34E-03	0,007343	2,1E-05	0,00012	0,004	OK
16	4	1,36E-03	0,007458	0,000104	0,000572	0,004	OK
12	4	1,25E-03	0,006886	0,000263	0,001447	0,004	OK
8	4	9,89E-04	0,00544	0,000494	0,002717	0,004	OK
4	4	4,95E-04	0,002723	0,000495	0,002723	0,004	OK
0	4	0	0	0	0	0,004	OK

Contoh perhitungan:

$$\delta x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e}$$

$$\delta x = \frac{5,5 \times 1,34E - 03}{1} = 0,007mm$$

$$\Delta x = \delta e_i - \delta e(i - 1)$$

$$\Delta x = 25,515 - 21,678 = 3,837mm$$

$$\Delta i = \Delta x \times \frac{cd}{I_e}$$

$$\Delta i = 3,837 \times \frac{5,5}{1} = 21,104 mm$$

$$\Delta a = 0,03 \times \frac{1}{R}$$

$$\Delta a = 0,03 \times \frac{1}{7} = 0,04mm$$

Keterangan:

δx : defleksi pusat tingkat

δ_{xe} : defleksi pada lokasi yang disyaratkan yang ditentukan dengan analisis elastik

C_d : faktor pembesaran simpangan lateral

I_e : faktor keutamaan gempa.

Δx : simpangan pada lantai ke-x

δe_i : perpindahan elastis yang dihitung akibat gaya gempa desain tingkat kekuatan pada tingkat atas.

$\delta e(i - 1)$: perpindahan elastis yang dihitung akibat gaya gempa desain tingkat kekuatan pada tingkat bawah.

Δi : simpangan antar lantai

Δa : simpangan ijin

Tabel 7 dan 8 menunjukkan hasil analisis simpangan antar lantai secara analisis gempa dinamis dengan memiliki simpangan antar lantai tertinggi ditinjau dari arah x sebesar 0,002211 mm dan arah y sebesar 0,002239 mm memiliki nilai di bawah simpangan ijin struktur yaitu 0,004 mm. Untuk analisis beban gempa statik memiliki simpangan antar lantai ditinjau dari arah x sebesar 0,002827 mm dan arah y sebesar 0,002723 mm memiliki nilai di bawah simpangan ijin yaitu 0,004. Hal tersebut menunjukkan bahwa simpangan antar lantai pada struktur gedung ini memenuhi persyaratan yang telah ditentukan oleh SNI 1726-2019 sehingga gedung *mall* ini aman dari beban gempa.

3.6 Kontrol ketidakberaturan torsi

Ketidakberaturan torsi diatur dalam pasal 7.3. SNI 1726-2019. Ketidakberaturan torsi didefinisikan jika simpangan antar tingkat maksimum yang dihitung termasuk dalam kategori torsi tak terduga dengan salah satu ujung struktur melintang terhadap suatu sumbu lebih dari 1,2 kali dan 1,4 kali. Tabel 11 dan 12 menunjukkan hasil perhitungan antar simpangan maksimum dibagi dengan simpangan rata-rata memiliki hasil di bawah 1,2 dan 1,4 sehingga struktur gedung *mall* ini tidak memiliki ketidakberaturan torsi.

Tabel 11. Rekapitulasi torsi statik ekuivalen

Statik X				Statik Y			
Story	Max Drift	Avg Drift	Ratio	Story	Max Drift	Avg Drift	Ratio
	mm	mm	mm		mm	mm	mm
Story5	0,004	0,004	1,011	Story5	0,004	0,004	1,029
Story4	0,004	0,004	1,01	Story4	0,004	0,004	1,022
Story3	0,004	0,004	1,008	Story3	0,004	0,004	1,02
Story2	0,003	0,003	1,007	Story2	0,003	0,003	1,019
Story1	0,002	0,002	1,007	Story1	0,002	0,002	1,027

Tabel 12. Rekapitulasi torsi dinamis respon spektrum

Dinamis X				Dinamis Y			
Story	Max Drift mm	Avg Drift mm	Ratio mm	Story	Max Drift mm	Avg Drift mm	Ratio mm
Story5	3,993	3,885	1,028	Story5	4,466	4,218	1,059
Story4	4,093	3,98	1,028	Story4	4,522	4,287	1,055
Story3	3,808	3,709	1,027	Story3	4,138	3,927	1,054
Story2	2,954	2,873	1,028	Story2	3,233	3,074	1,052
Story1	1,35	1,314	1,027	Story1	1,603	1,527	1,05

3.7 Kontrol diskontinuitas diafragma

Daerah bukaan (void)

Void lift : $5 \times 3 = 15 \text{ m}^2$

Void hall : $10 \times 20 = 200 \text{ m}^2$

Void tangga : $2,5 \times 5 = 12,5 \text{ m}^2$

Jumlah void = $227,5 \text{ m}^2$

Daerah struktur

Luas total bangunan = $60 \times 40 = 2.400 \text{ m}^2$

$$\text{diskontinuitas diafragma} = \frac{227,5}{2.400} \times 100\%$$

$\text{diskontinuitas diafragma} = 9,47 \%$

Berdasarkan perhitungan, void pada struktur sebesar $9,47\% \leq 50\%$ sehingga struktur tidak mengalami ketidakberaturan diskontinuitas diafragma.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan simpangan yang terjadi pada struktur gedung *mall Cipto Center Town* ini memiliki nilai simpangan antar lantai tertinggi ditinjau dari arah x sebesar 0,002211 mm dan arah y sebesar 0,002239 mm memiliki nilai di bawah simpangan ijin struktur yaitu 0,004 mm. Untuk analisa beban gempa statik memiliki simpangan antar lantai ditinjau dari arah x sebesar 0,002827 mm dan arah y sebesar 0,002723 mm memiliki nilai di bawah simpangan ijin yaitu 0,004. Hasil analisis tersebut menunjukkan bahwa simpangan antar lantai pada struktur gedung ini memenuhi persyaratan yang telah ditentukan oleh SNI 1726-2019 sehingga gedung *mall* ini aman dari beban gempa.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (2019). Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. *Badan Standardisasi Nasional*, 8, 254.
- Badan Standardisasi Nasional. (2020). Penetapan Standar Nasional Indonesia 1727: 2020 Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung dan Struktur. *Badan Standardisasi Nasional 1727:2020*, 8, 1–336.
- Fadilah, H. M., & Walujodjati, E. (2020). Perbandingan Pembebanan Gempa Bangunan Bertingkat Menggunakan Analisis Static Equivalent dan Analisis Dynamic Time History di Kab. Garut. *Jurnal Konstruksi*, 18(1), 20–30. <https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.18-1.780>
- Karisoh, P. H., Dapas, S. O., & Pandaleke, R. (2018). Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus. *Jurnal Sipil Statik*, 6(6), 361–372.
- Khoirunnissa, U., Djakfar, R., & Setiawan, Y. (2020). Analisis Dinamik Respon Struktur Gedung Beraturan Dan Ketidakberaturan Horizontal. *Construction and Material Journal*, 2(1), 59–68. <https://doi.org/10.32722/cmj.v2i1.2758>
- Lesmana, Y. (2020). *Handbook Analisa dan Desain Shear Wall Beton Bertulang dan Dual System*.
- Prismastanto, N. (2019). Metode Analisis Ragam Spektrum Respons Pada Struktur Gedung Bertingkat. *MoDuluS: Media Komunikasi Dunia Ilmu Sipil*, 1(1), 25. <https://doi.org/10.32585/modulus.v1i1.378>
- Tampubolon, S. (2021). Analisis Kekuatan Geser Pada Hubungan Balok-Kolom Interior Beton Bertulang. *Journal of Civil Engineering Building and Transportation*, 5(1), 56–63. <https://doi.org/10.31289/jcebt.v5i1.3731>

- Theo, R. (2021). Perencanaan Mall Di Jalan Raya Solo – Wonogiri Telukan Surakarta, *thesis*. Universitas Atma Jaya Yogyakarta
- Wicaksana, A., & Rosyidah, A. (2021). Perbandingan Perancangan Bangunan Tahan Gempa Menggunakan SNI 1726:2012 Dan SNI 1726:2019. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil*, 18(1), 88–99.
<https://doi.org/10.30630/jirs.v18i1.416>
- Wiryadi, I. G. G., & Sudarsana, I. K. (2019). Analisis Pengaruh Bentuk Dinding Geser Beton Bertulang terhadap Kapasitas dan Luas Tulangan. *Jurnal Spektran*, 7(2), 187–194.