

STUDI PERBANDINGAN ANALISIS STATIK EKUIVALEN DAN ANALISIS SPEKTRUM RESPONS DINAMIK PADA GEDUNG HOTEL DAN MALL 15 LANTAI DI MAGELANG

Kaira Jesusa Prasodjo¹⁾, Yosafat Aji Pranata^{2,*)}, Sutantra Hartono¹⁾, Maher Salal Hesy Bas Boys¹⁾, Ricky Fransiskus Lumban Gaol¹⁾, Faraz Haiatul Maknun¹⁾

¹⁾Program Sarjana Teknik Sipil Universitas Kristen Maranatha

²⁾Program Magister Teknik Sipil Universitas Kristen Maranatha

Jl. Prof. drg. Soeria Soemantri, Sukawarna, Kec. Sukajadi, Kota Bandung, Jawa Barat 40164

^{*)}Correspondent Author: yosafat.ap@maranatha.ac.id

Abstract

The Aloon-Aloon Mall and Hotel Magelang is a fifteen-story building located in a seismically active zone due to the convergence of the Eurasian and Indo-Australian Plates. This condition necessitates a structural design that complies with seismic resistance standards. However, no specific study has been conducted to evaluate the seismic response of this building based on local site conditions. Therefore, this research is essential to assess the structural performance under earthquake loads in order to enhance safety and reduce potential losses. Earthquake-resistant buildings are structures designed and constructed to minimize damage caused by seismic events. This study aims to evaluate the structural performance under seismic loading in accordance with SNI 1726:2019. The evaluation process was carried out through three-dimensional structural modeling using ETABS software. The seismic response of the 15-story mall and hotel building in Magelang City was analyzed using the equivalent static method and the response spectrum method. Structural modeling was performed using ETABS and SAP2000, with a focus on deformation and internal forces in beams and columns due to seismic loads. The analysis results obtained from both the equivalent static and response spectrum methods were compared. Based on the analysis results, the response spectrum analysis produced a larger deformation in the x-direction, amounting to 111.09 mm, compared to 105.10 mm obtained from the equivalent static analysis. Overall, the building is stable under the applied seismic loads, and no structural strengthening is required.

Keywords: *building, earthquake-resistant structure, deformation, internal forces*

PENDAHULUAN

Gempa bumi adalah pelepasan energi akibat tekanan antar lempeng tektonik yang melebihi batas ketahanannya, sehingga menimbulkan gelombang seismik yang merambat ke permukaan bumi dan menimbulkan getaran serta kerusakan pada struktur bangunan dan

lingkungan di sekitarnya (Tampubolon dkk, 2022). Pulau Jawa merupakan salah satu pulau yang memiliki tingkat kerentanan gempa yang tinggi. Hal ini merupakan dampak dari adanya jalur cincin api (Ring of Fire) yang melintasi Indonesia. Secara seismik, Kota Magelang termasuk wilayah dengan

tingkat bahaya gempa menengah hingga tinggi, yang pada perencanaan bangunan umumnya masuk ke dalam Kategori Desain Seismik (KDS) D hingga E berdasarkan SNI 1726:2019, tergantung jenis tanah dan fungsi bangunan. Kondisi ini menyebabkan percepatan gempa rencana yang relatif besar sehingga gaya gempa yang bekerja pada struktur juga meningkat. Oleh karena itu, Aloon-Aloon Mall Magelang sebagai bangunan bertingkat 5 lantai dengan kepadatan bangunan yang tinggi memiliki potensi risiko gempa yang signifikan dan perlu dilakukan evaluasi ketahanan bangunan sesuai SNI 1726:2019 menggunakan analisis dinamik metode spektrum respons.

Bangunan tahan gempa adalah bangunan yang didesain dan dikonstruksi sedemikian rupa sehingga mampu menahan beban gempa yang mungkin terjadi selama umur bangunan, tanpa mengalami keruntuhan yang membahayakan keselamatan penghuninya (Siswanto, 2018). Prinsip desain bangunan tahan gempa bertujuan untuk memastikan bahwa bangunan memiliki kapasitas yang cukup untuk menahan beban gempa dengan memanfaatkan kekuatan dan kelenturan material serta sistem struktur yang tepat.

Menurut SNI 1726:2019, metode elastik dapat dilakukan dengan menggunakan analisis spektrum, yang melibatkan penentuan respons maksimum dari setiap mode getaran berdasarkan Spektrum Respons Desain. Jenis analisis ini digunakan untuk mengevaluasi respons struktur terhadap

gaya gempa yang kuat dengan menggunakan Metode Integrasi Langsung. Analisis dinamik elastis lebih umum digunakan karena kesederhanaannya (Rifa et al., 2014).

Beban gempa adalah beban yang disebabkan oleh pergerakan tanah akibat proses alam. Untuk bangunan bertingkat tinggi beban gempa harus diterapkan sedemikian rupa sehingga bangunan tersebut harus mampu menahan gempa dengan kala ulang 50 tahun (Prasetyo, 2019). Dalam perencanaannya dapat dilakukan dengan 2 metode, yaitu analisis statis seperti statik ekuivalen dan dinamis seperti respon spektrum. Analisis statik ekuivalen menurut SNI 1726-2019 cocok digunakan untuk bangunan dengan ketinggian kurang dari 40 m, karena metode ini hanya menitikberatkan pada mode getar pertama. Oleh karena itu, metode ini sangat cocok digunakan untuk bangunan yang rendah dan cenderung kaku (Fadli, 2024). Analisis spektrum respons merupakan suatu cara untuk menganalisis hubungan antara periode struktur bangunan dengan nilai percepatan bangunan ketika terkena gempa (Zhafira, 2022).

Rendra (2015) dalam penelitiannya menganalisa bagaimana struktur gedung bertingkat merespon beban gempa dengan menggunakan metode respon spektrum dan *time history*, dan membandingkan keduanya untuk menilai keamanan struktur. (Widorini T, 2022) menggunakan metode respon spektrum untuk menilai deformasi, gaya dalam, dan kekakuan struktur bangunan bertingkat.

(Kusbiantoro A, 2024) menilai kekuatan struktur terhadap gempa bumi berdasarkan spektrum respons daerah rawan gempa dan menghitung parameter desain seperti percepatan maksimum dan simpangan antar lantai. (Prismastanto N, 2019) mengevaluasi kinerja struktur bangunan terhadap beban gempa dengan mempertimbangkan karakteristik bangunan dinamis dan spektrum respons yang relevan. Metode respon spektrum memiliki urgensi yang tinggi dalam analisis struktur tahan gempa karena mampu memberikan hasil yang lebih akurat dan konservatif dibandingkan metode lainnya (Yasa, 2025).

Urgensi dari penelitian ini adalah untuk mempelajari perilaku bangunan mal dan hotel 15 lantai yang terletak di Kota Magelang yang mengalami beban gempa. Hal ini menjadi sangat penting karena Kota Magelang termasuk wilayah yang berada pada tingkat kerawanan gempa menengah hingga tinggi, dipengaruhi oleh aktivitas tektonik. Selain itu, fungsi bangunan mal sebagai fasilitas publik dengan tingkat hunian dan aktivitas yang tinggi menyebabkan potensi dampak kerusakan dan kerugian menjadi signifikan apabila terjadi kegagalan struktur akibat beban gempa. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mempelajari pengaruh analisis statik ekuivalen dan analisis dinamik respons spektrum. Kedua metode yang berbeda ini dapat memberikan perbedaan yang signifikan dalam prediksi perilaku struktur, khususnya pada bangunan bertingkat menengah seperti mall.

Ruang lingkup penelitian ini adalah bangunan mal dan hotel 15 lantai. Pemodelan struktur bangunan dilakukan dengan *software* ETABS. Dinding dimodelkan sebagai beban mati yang menjadi beban merata pada elemen struktur balok. Pemodelan atap dan tangga dilakukan dengan *software* SAP2000. Perilaku kekakuan dan kekuatan yang ditinjau meliputi deformasi dan gaya-gaya dalam pada kolom dan balok struktur gedung akibat beban gempa rencana. Adapun keterbaruan penelitian ini dibandingkan penelitian sebelumnya terletak pada masih terbatasnya kajian pemodelan bangunan mal dan hotel di wilayah Magelang yang mempertimbangkan kondisi seismik lokal serta penerapan analisis dinamik spektrum respons sesuai SNI 1726:2019, sehingga diharapkan mampu memberikan gambaran respons struktur yang lebih representatif dibandingkan analisis statik ekuivalen yang umum digunakan pada penelitian terdahulu.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dimulai dengan pengumpulan data material, data geometris, dan gambar desain. Parameter yang digunakan dalam analisis statik ekuivalen adalah sebagai berikut:

$$V = C_s \times W \quad (1)$$

$$C_s = \frac{SDS}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (2)$$

Deskripsi :

C_s = Koefisien respons seismik (kN)

W = Berat gempa efektif

SDs = Percepatan spektrum respons desain perioda pendek

R = Faktor modifikasi respons

Ie = Faktor keutamaan gempa

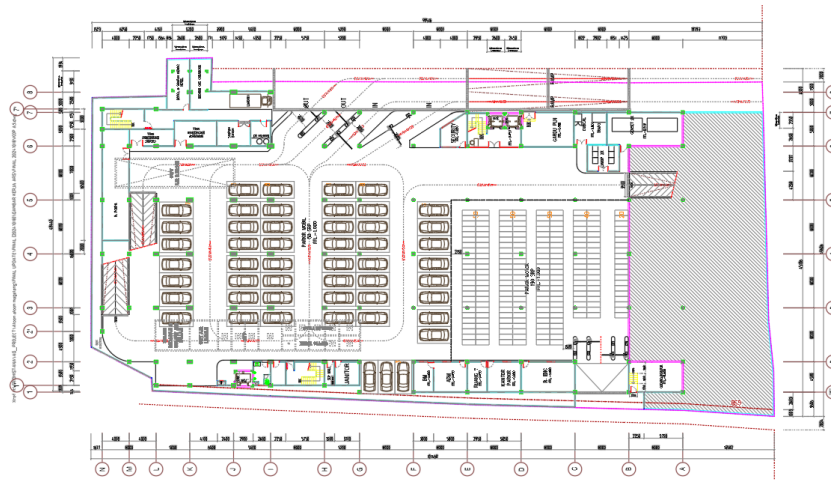
Gaya geser dasar statik (V) berfungsi sebagai tolak ukur penting dalam proses analisis struktur, yang berfungsi untuk memvalidasi gaya geser dasar dinamik yang diperoleh dari analisis spektrum respons. Menurut ketentuan yang ditetapkan dalam SNI 1726:2019 (BSN 2019a), geser dasar dinamik tidak boleh berada di bawah 100% dari nilai geser dasar statik (V) yang dihitung. Dalam kasus di mana geser dasar dinamik tidak memenuhi ambang batas minimum ini, maka perlu diperkenalkan faktor skala desain untuk menyesuaikan hasil respons dinamik yang sesuai, untuk memastikan kepatuhan terhadap kriteria keamanan dan kinerja kode.

$$\text{Scale Factor} = \frac{100\% V_s}{V_d} \quad (3)$$

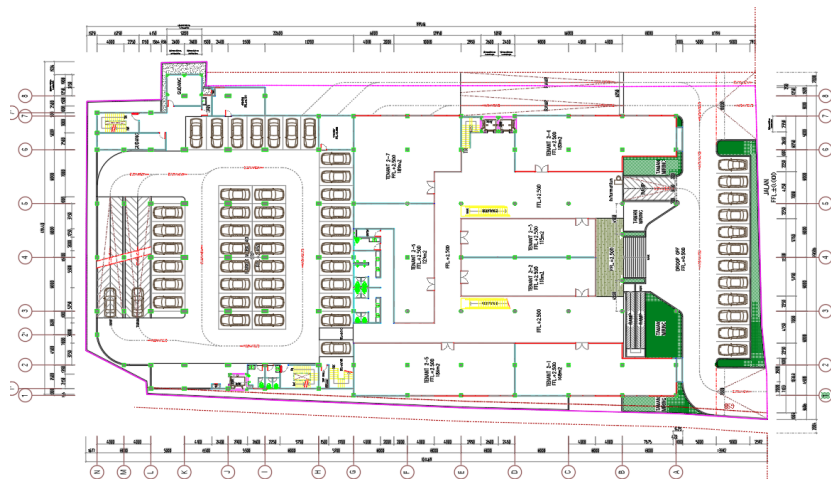
Pembebanan yang diterapkan dalam analisis ini mengikuti kombinasi beban yang ditentukan sebagaimana diuraikan dalam Standar Nasional Indonesia, SNI 1726:2019. Standar ini memberikan pedoman untuk menilai kinerja struktur di bawah berbagai jenis pembebanan, termasuk beban gravitasi (seperti beban mati dan beban hidup), serta beban lingkungan seperti angin dan gaya gempa. Penggunaan kombinasi beban ini memastikan bahwa struktur dievaluasi di bawah skenario yang realistis dan kritis. Pembebanan dilakukan dengan menggunakan kombinasi beban berikut ini seperti yang tercantum dalam SNI 1726:2019. Denah gedung mal dan hotel dapat dilihat pada Gambar 1 sampai 11 dengan pembebanan dilakukan dengan kombinasi pembebanan sebagai berikut (SNI 1726:2019):

1. 1,40 DL + 1,40 SDL
2. 1,20 DL + 1,20 SDL + 1,60 LL
3. 1,45 DL + 1,45 SDL + LL + 1,30 E_x + 0,39 E_y
4. 1,33 DL + 1,33 SDL + LL + 1,30 E_x - 0,39 E_y
5. 1,07 DL + 1,07 SDL + LL - 1,30 E_x + 0,39 E_y
6. 0,95 DL + 0,95 SDL + LL - 1,30 E_x - 0,39 E_y
7. 1,45 DL + 1,45 SDL + LL + 0,39 E_x + 1,30 E_y
8. 1,07 DL + 1,07 SDL + LL + 0,39 E_x - 1,30 E_y
9. 1,33 DL + 1,33 SDL + LL - 0,39 E_x + 1,30 E_y
10. 0,95 DL + 0,95 SDL + LL - 0,39 E_x + 1,30 E_y
11. 1,15 DL + 1,15 SDL + 1,30 E_x + 0,39 E_y
12. 1,03 DL + 1,03 SDL + 1,30 E_x - 0,39 E_y
13. 0,77 DL + 0,77 SDL - 1,30 E_x + 0,39 E_y
14. 0,65 DL + 0,65 SDL - 1,30 E_x - 0,39 E_y
15. 1,15 DL + 1,15 SDL + 0,39 E_x + 1,30 E_y
16. 0,77 DL + 0,77 SDL + 0,39 E_x - 1,30 E_y

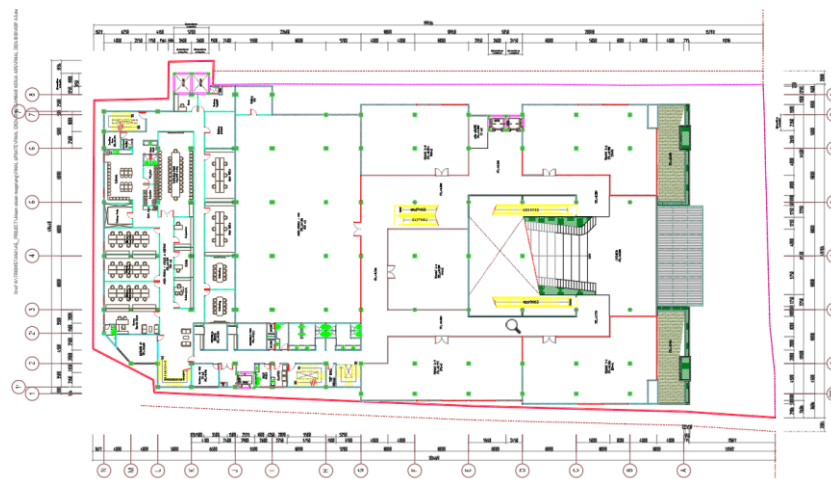
17. $1,03 \text{ DL} + 1,03 \text{ SDL} - 0,39 \text{ E}_x + 1,30 \text{ E}_y$
18. $0,65 \text{ DL} + 0,65 \text{ SDL} - 0,39 \text{ E}_x - 1,30 \text{ E}_y$



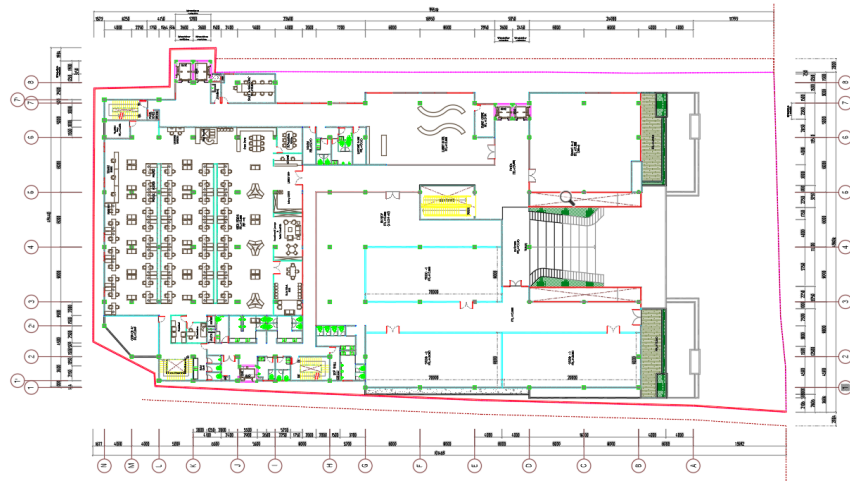
Gambar 1. Denah Lantai 1 (PT. PIBK, 2025)



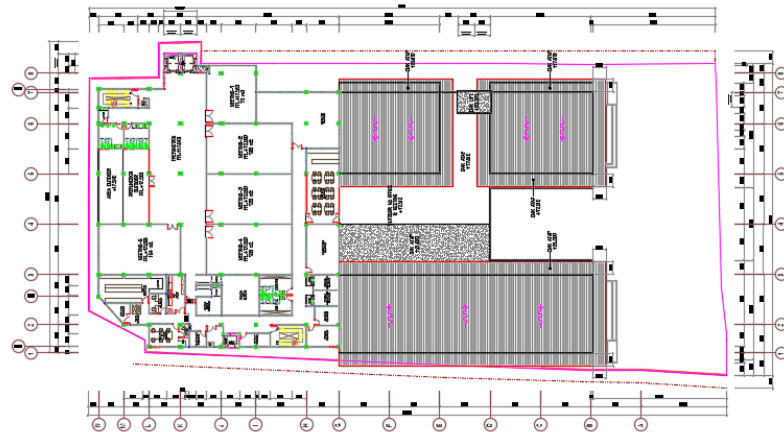
Gambar 2. Denah Lantai 2 (PT. PIBK, 2025)



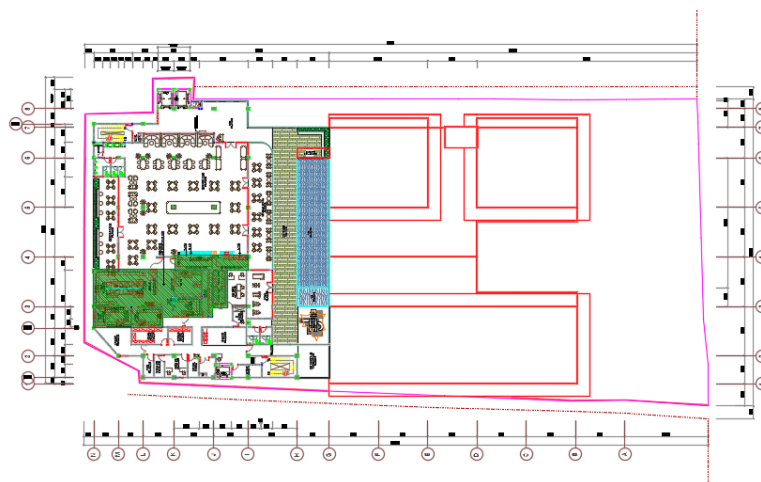
Gambar 3. Denah Lantai 3 (PT. PIBK, 2025)



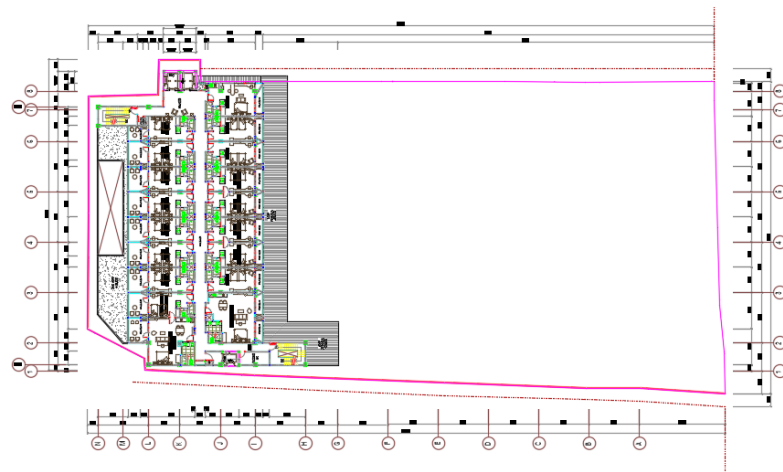
Gambar 4. Denah Lantai 4 (PT. PIBK, 2025)



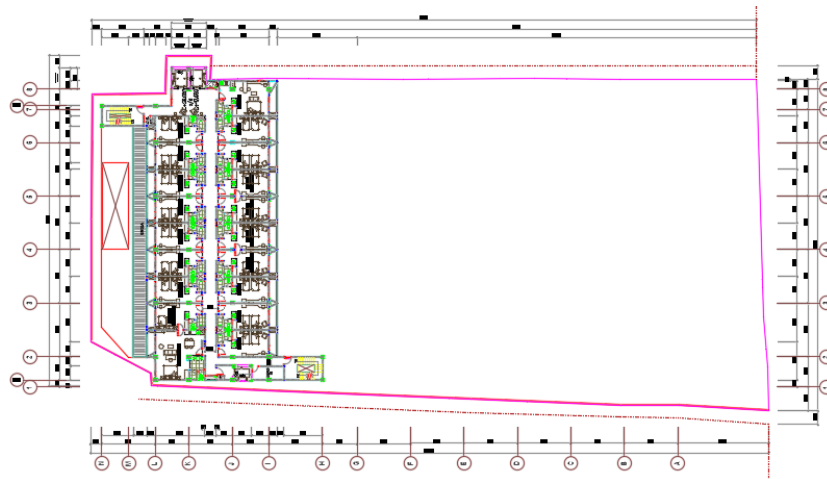
Gambar 5. Denah Lantai 5 (PT. PIBK, 2025)



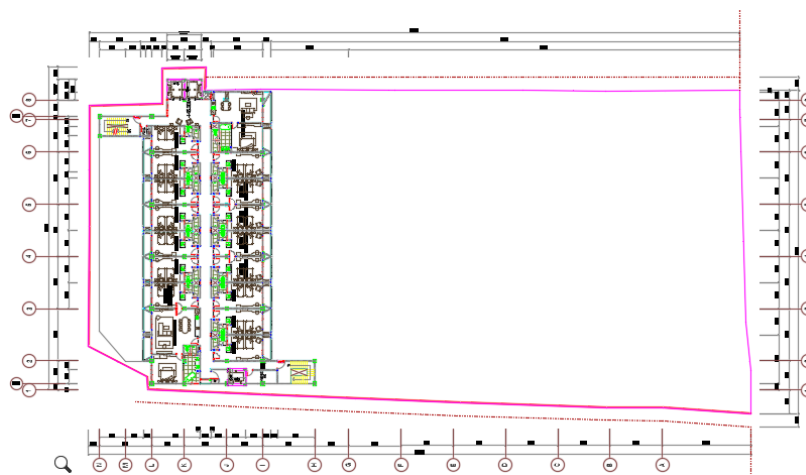
Gambar 6. Denah Lantai 6 (PT. PIBK, 2025)



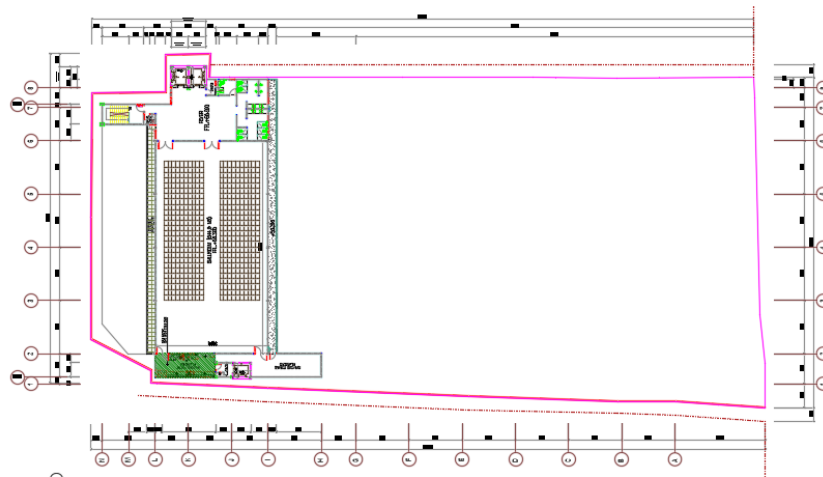
Gambar 7. Denah Lantai 7 (PT. PIBK, 2025)



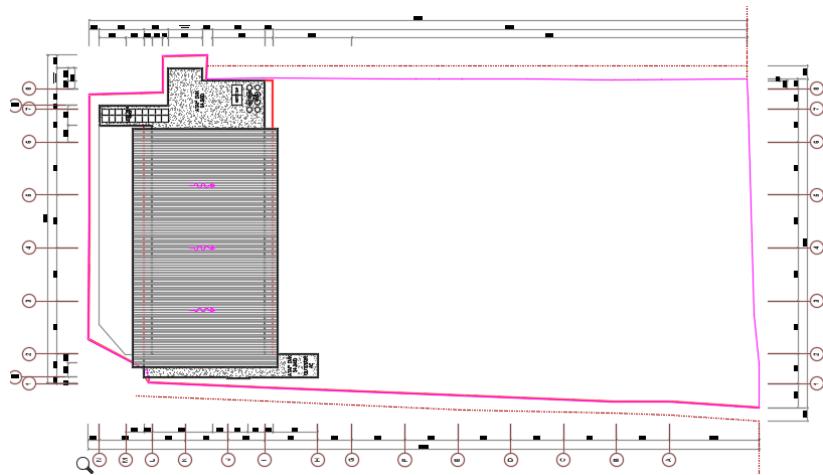
Gambar 8. Denah Lantai 8 s.d. Lantai 12 tipikal (PT. PIBK, 2025)



Gambar 9. Denah Lantai 13 (PT. PIBK, 2025)



Gambar 10. Denah Lantai 14 (PT. PIBK, 2025)



Gambar 11. Denah Lantai 15 (PT. PIBK, 2025)

Gambar 1 hingga 11 menampilkan denah mal dan hotel yang menggambarkan pembagian fungsi ruang sebagai dasar dalam perhitungan struktur, sehingga dapat diketahui peruntukan setiap area yang berpengaruh terhadap pembebanan dan perencanaan elemen struktur. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pemodelan dan analisis struktur gedung secara 3 dimensi yang dilakukan dengan perhitungan metode elemen hingga menggunakan ETABS (CSI, 2024). Analisis dinamik linier respons spektrum pada gedung The

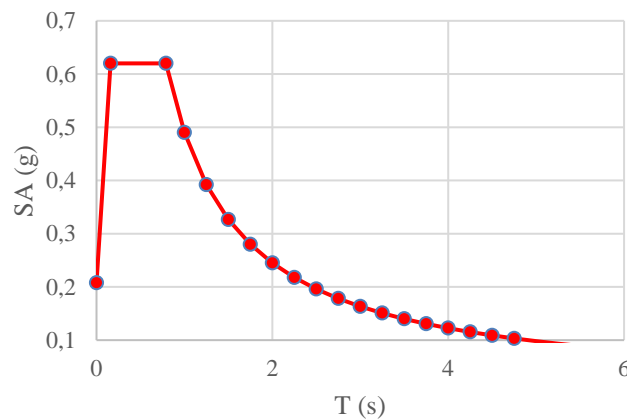
Aloon-Aloon Mall Magelang menggunakan *software* ETABS 21.0.0. Tahapan yang dilakukan adalah pengumpulan data gedung, pemodelan struktur gedung dan mutu material, pemodelan elemen struktur kolom, balok, pelat lantai, dan atap. Beban yang diterapkan adalah beban mati, beban hidup, beban air (pada atap), dan beban percepatan gempa. Hasil analisis akibat gempa rencana dan gempa aktual dievaluasi untuk mengetahui kinerja struktur. Deskripsi bangunan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Deskripsi Bangunan (Pranata et al, 2025)

Deskripsi	Keterangan
Tipe Bangunan	Mall dan hotel
Lokasi Bangunan	-7,476913, 110,219046
Fungsi Bangunan	Tempat perbelanjaan dan penginapan
Kuat Tekan	f_c' 30 MPa
Sistem Struktur	Rangka beton bertulang pemikul momen khusus

Seperti yang dapat dilihat pada Tabel 1, gedung tersebut merupakan gedung yang memiliki ketinggian 54,86 m sehingga rentan terhadap goncangan. Wilayah Magelang termasuk wilayah yang aktif secara seismik, sehingga memiliki potensi kejadian gempa yang perlu diperhitungkan dalam perencanaan struktur bangunan. Meskipun Magelang jarang mengalami gempa bumi besar secara langsung, namun wilayah ini dapat merasakan

dampak gempa bumi yang berpusat di wilayah sekitarnya seperti pada tanggal 30 Juni 2023 terjadi gempa bumi dengan magnitudo 6,4. Gambar 12 menunjukkan grafik respon spektrum di kawasan Alun-Alun Magelang dengan titik koordinat $-7,476913, 110,219046$ dengan jenis tanah sedang. Sumbu x menyatakan periode getar alami (T) dalam detik dan sumbu y menyatakan percepatan spektral (SA) dalam satuan gravitasi bumi.

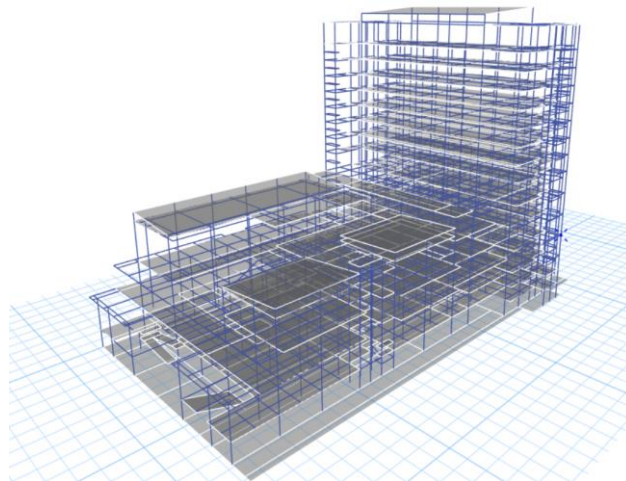


Gambar 12. Respon Spektrum Magelang (PusGen, 2025)

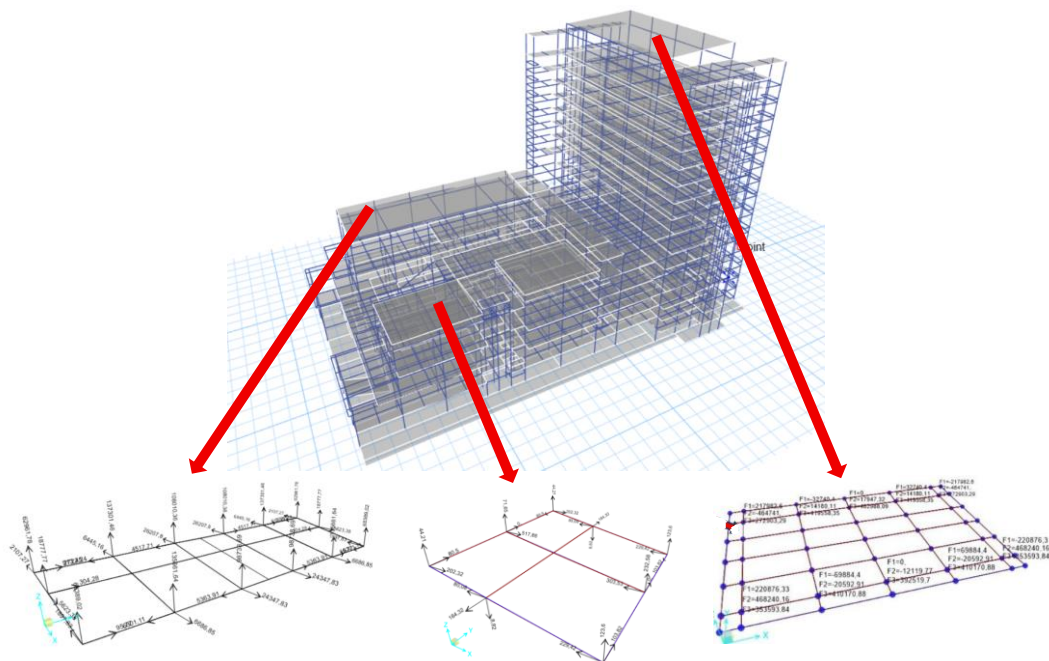
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Gambar 13, analisis struktur diawali dengan pembuatan model 3 dimensi dan meliputi elemen-elemen struktur serta penentuan sifat dan dimensi material, penampang tiap

elemen, dan beban gravitasi yang diperhitungkan dalam penelitian ini adalah beban mati, beban hidup, beban air hujan, dan beban gempa sesuai dengan SNI 1726:2019 (BSN, 2019).



Gambar 13. Pemodelan Struktur Mall dan Hotel pada SAP2000



Gambar 14. Pemodelan Atap di SAP2000

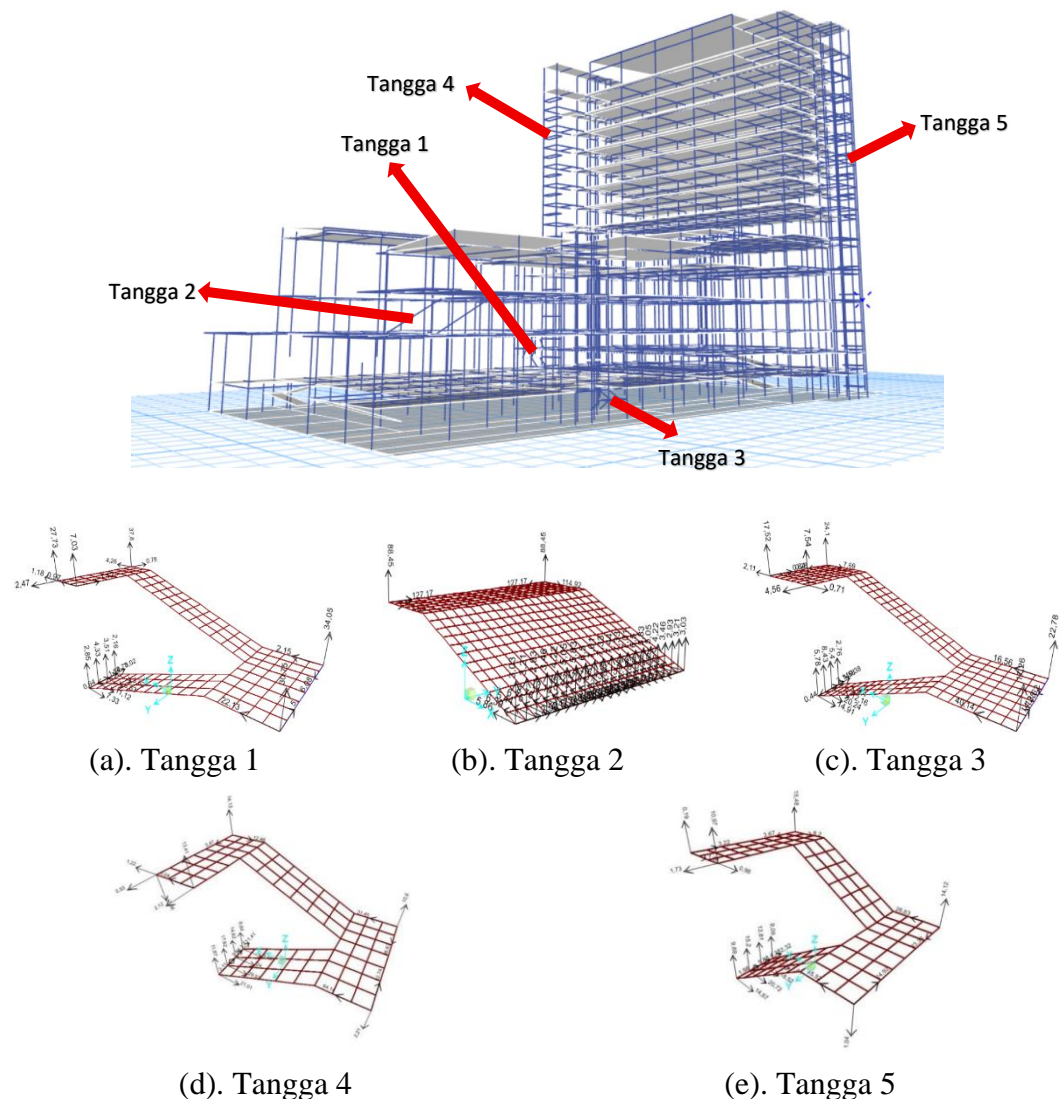
Tangga dan atap seperti yang dapat dilihat pada Gambar 14 dan 15 dimodelkan dengan menggunakan software SAP2000, yang kemudian akan diinput sebagai beban pada balok tangga pada software ETABS 21.0.0. Pada Gambar 15 adalah denah lantai 3d yang menunjukkan letak tangga-tangga di mall tersebut. Gambar 15a adalah tangga 1 yang terletak di lantai 1 sampai

2, Gambar 15b adalah tangga 2 yang terletak di lantai 4 sampai 5, Gambar 15c adalah tangga 3 yang terletak di lantai 2 sampai 4, Gambar 15d dan 15e adalah tangga pada hotel. Berikut ini adalah reaksi perletakan yang terjadi pada beberapa titik dapat dilihat pada tabel 2, dimana reaksi perletakan yang diambil pada tangga adalah pada ujung

kiri tangga, ujung kanan, dan pada bagian tengah tangga.

Secara umum, reaksi perletakan tertinggi terjadi pada bagian tengah tangga yang menanggung beban lebih berat karena letaknya yang lebih jauh dari joint. Reaksi sambungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 2. SDL atau *Super Dead Load* adalah beban tetap permanen yang ditambahkan pada sebuah struktur yang bukan merupakan bagian dari berat

sendiri struktur tersebut. LL atau *Live Load* adalah berat orang atau barang di dalam bangunan. Perpindahan harus dievaluasi untuk mengamati perbedaan deformasi antara pusat massa di tingkat atas dan bawah struktur. Perpindahan yang diijinkan ditentukan dalam Pasal 7.12.1 SNI 1726:2019 (Badan Standardisasi Nasional, 2019), dan batas ini tidak boleh dilampaui untuk memastikan struktur tidak menjadi terlalu fleksibel.



Gambar 15. Pemodelan Tangga di ETABS and SAP2000

Tabel 2. Perbandingan Deformasi Arah X

Deformasi Arah X								
Story Lantai	Statik				Dinamik			
	Deformasi mm	h_{sx} mm	Syarat Batas mm	Keterangan -	Deformasi mm	h_{sx} mm	Syarat Batas mm	Keterangan -
15	105,10	4500	112,5	Aman	111,09	4500	112,5	Aman
14	84,76	3400	85	Aman	83,98	3400	85	Aman
13	80,35	3400	85	Aman	81,67	3400	85	Aman
12	77,20	3400	85	Aman	77,51	3400	85	Aman
11	74,60	3400	85	Aman	73,50	3400	85	Aman
10	70,01	3400	85	Aman	70,28	3400	85	Aman
9	68,26	3400	85	Aman	67,72	3400	85	Aman
8	58,80	3400	85	Aman	64,71	3400	85	Aman
7	48,71	4500	112,5	Aman	55,87	4500	112,5	Aman
6	34,82	4500	112,5	Aman	44,02	4500	112,5	Aman
5	23,91	3500	87,5	Aman	34,21	3500	87,5	Aman
4	14,81	4500	112,5	Aman	23,78	4500	112,5	Aman
3	7,98	4480	112	Aman	13,93	4480	112	Aman
2A	4,13	3040	76	Aman	7,46	3040	76	Aman
2	1,41	6080	152	Aman	2,59	6080	152	Aman

Tabel 3. Perbandingan Deformasi Arah Y

Deformasi Arah Y								
Story Lantai	Statik				Dinamik			
	Deformasi mm	h_{sx} mm	Syarat Batas mm	Keterangan -	Deformasi mm	h_{sx} mm	Syarat Batas mm	Keterangan -
15	96,92	4500	112,5	Aman	101,65	4500	112,5	Aman
14	84,05	3400	85	Aman	83,64	3400	85	Aman
13	82,98	3400	85	Aman	80,97	3400	85	Aman
12	79,45	3400	85	Aman	78,09	3400	85	Aman
11	76,19	3400	85	Aman	76,98	3400	85	Aman
10	72,65	3400	85	Aman	73,54	3400	85	Aman
9	65,30	3400	85	Aman	68,87	3400	85	Aman
8	57,36	3400	85	Aman	64,93	3400	85	Aman
7	49,62	4500	112,5	Aman	58,36	4500	112,5	Aman
6	35,09	4500	112,5	Aman	43,70	4500	112,5	Aman
5	26,91	3500	87,5	Aman	35,13	3500	87,5	Aman
4	13,45	4500	112,5	Aman	24,54	4500	112,5	Aman
3	6,52	4480	112	Aman	15,72	4480	112	Aman
2A	3,17	3040	76	Aman	5,01	3040	76	Aman
2	1,24	6080	152	Aman	3,49	6080	152	Aman

Peralihan ditentukan dengan melakukan perhitungan selisih antara simpangan lantai yang berada di atas dan di bawah tingkat yang sedang dianalisis, sehingga diperoleh besarnya deformasi relatif antar lantai (Nurrahman et al, 2024). Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2 dan Tabel 3

dengan menggunakan h_{sx} yang merupakan tinggi masing-masing lantai, perpindahan yang terjadi pada arah x dan y masih berada dalam batas yang diijinkan, yang mengindikasikan bahwa perpindahan struktur dianggap sangat aman. Perhitungan perpindahan yang diizinkan menggunakan rumus

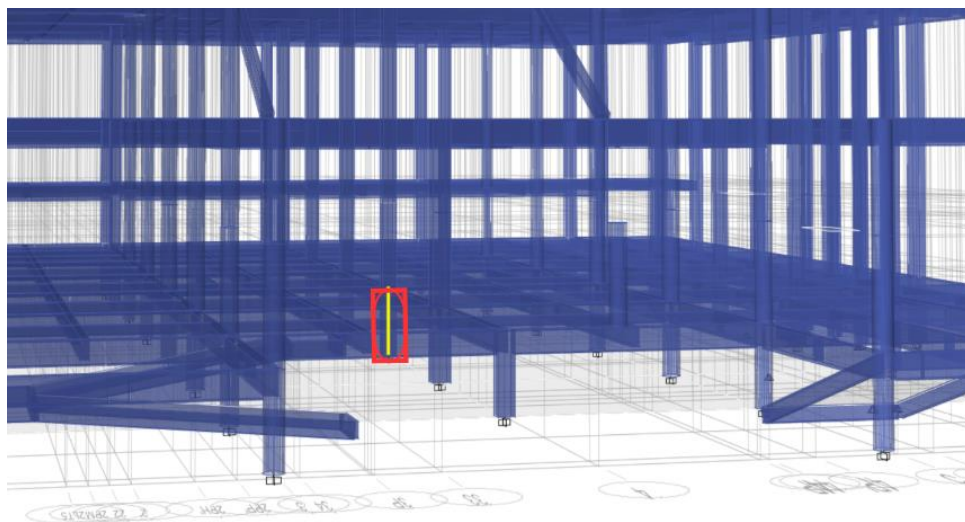
dari SNI 1726:2019 dengan kategori risiko II. Contoh perhitungan diambil pada lantai 6 sebagai berikut:

$$0.025h_{sx}^c = 0,025(4500) = 112,50 \text{ mm}$$

Perhitungan momen dan gaya geser maksimum pada salah satu kolom melibatkan analisis beban mati dan beban hidup. Gaya-gaya dalam yang dihasilkan termasuk momen lentur, gaya geser, dan gaya aksial diperoleh dari analisis struktur dan digunakan untuk membandingkan hasil dari metode statik ekuivalen dan metode spektrum respons. Besarnya beban yang bekerja pada balok dan kolom mempengaruhi gaya geser dan momen lentur yang dihasilkan. Dalam menentukan beban mati struktur, analisis beban hidup juga disertakan untuk menghitung gaya dalam. Hasil dari perhitungan ini mengidentifikasi momen lentur dan gaya geser

maksimum yang harus ditahan oleh balok.

Perhitungan kolom diambil dari area parkir mal, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 16, dengan hasil rinci yang disajikan pada Tabel 5. Perhitungan balok diambil dari area tangga mal, seperti yang diilustrasikan pada Gambar 17, dan hasil lengkap momen dan gaya geser disajikan pada Tabel 6. Hasil analisis menunjukkan bahwa kolom dan balok yang didesain mampu menahan beban yang bekerja dan memenuhi persyaratan kekuatan, dibuktikan dengan kapasitas desain yang lebih besar dari momen dan gaya geser terfaktor yang terjadi. Lebih lanjut, perbandingan antara metode analisis statis dan dinamis menunjukkan bahwa metode dinamis dengan menggunakan spektrum respons menghasilkan efek beban yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode statis.



Gambar 16. Kolom Parkir

Tabel 4. Perbandingan Hasil Gaya Dalam Kolom

Gaya Dalam Kolom Statik										
	P_u kN	M_{ux} kNm	M_{uy} kNm	ϕM_{nx} kNm	ϕM_{ny} kNm	$\phi M_n/M_u$ -	ϕ -	M_{nx} kNm	M_{ny} kNm	Note
Max	-859,75	136,27	129,75	288,96	275,14	2,12	0,75	385,79	367,34	OK
Min	-2144,16	-	-	-	-	2,16	0,65	-430,94	-365,51	OK
Gaya Dalam Kolom Dinamik										
	P_u kN	M_{ux} kNm	M_{uy} kNm	ϕM_{nx} kNm	ϕM_{ny} kNm	$\phi M_n/M_u$ -	ϕ -	M_{nx} kNm	M_{ny} kNm	Note
Max	-475,46	184,06	161,63	299,30	262,83	1,63	0,81	370,42	325,28	OK
Min	-2513,82	-	-	-	-	1,58	0,65	-431,69	-345,12	OK



Gambar 17. Staircase Beam

Tabel 5. Perbandingan Hasil Gaya Dalam Balok

Gaya Dalam Balok Statik								
Status	M_u kNm	ϕM_n kNm	$\phi M_n/M_u$	Note	V_u kN	ϕV_n kN	$\phi V_n/V_u$	Note
Lapangan	59,46	296,04	4,98	OK	43,95	Tidak Perlu	-	OK
Tumpuan	59,46	405,79	6,82	OK	43,95	Tidak Perlu	-	OK
Gaya Dalam Balok Dinamik								
Status	M_u kNm	ϕM_n kNm	$\phi M_n/M_u$	Note	V_u kN	ϕV_n kN	$\phi V_n/V_u$	Note
Lapangan	72,32	296,04	4,09	OK	53,12	Tidak Perlu	-	OK
Tumpuan	72,32	405,79	5,61	OK	53,12	Tidak Perlu	-	OK

Pada tabel 4 dan 5 terdapat beberapa istilah yang disingkat, berikut penjelasan lengkapnya:

P_u = Gaya Aksial Ultimit
 V_u = Gaya Geser Ultimit
 M_u = Momen Ultimit

V_n = Gaya Geser Nominal
 M_n = Momen Nominal
 ϕ = Faktor Keamanan

Suatu bangunan dinyatakan kokoh apabila elemen strukturnya dirancang dengan kapasitas yang cukup untuk menahan beban yang bekerja, sehingga kestabilan bangunan tetap terjaga dan terhindar dari kegagalan struktur (Rosyidah et al, 2019). Pada tabel 4 dan 5, perhitungan gaya pada balok anak tangga tidak membutuhkan tulangan geser karena V_u lebih kecil dari yang sesuai dengan SNI 2847:2019 untuk mendesain tulangan sengkang balok. Berikut ini adalah contoh rumusnya.

$$V_c = 0.17 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \quad (4)$$

Dalam analisis statis dan dinamis, balok pada tumpuan dan bentang tengah menunjukkan kekuatan yang cukup untuk menahan gaya internal yang bekerja, dengan mempertimbangkan faktor keamanan. Hasilnya, balok dianggap mampu mendukung beban yang bekerja pada struktur mal secara efektif. Dengan rasio $\phi M_n / M_u$ 4 hingga 6 kali, memberikan indikator bahwa balok tersebut sangat baik dalam menahan beban gaya dalam yang akan bekerja pada bangunan.

SIMPULAN

Pemodelan struktur gedung The Aloon – Aloon Magelang telah berhasil diselesaikan dalam bentuk tiga dimensi, berdasarkan gambar *as built drawing* dari kontraktor dan data pendukung

lainnya yang relevan. Perhitungan beban yang diterapkan pada struktur meliputi beban mati, beban hidup, dan beban hujan, semuanya sesuai dengan SNI 1726:2019. Dari analisis yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa metode statik ekuivalen dan metode spektrum respons menghasilkan nilai gaya dalam yang berbeda, dengan metode spektrum respons menghasilkan hasil yang lebih tinggi.

Untuk kolom, metode statik ekuivalen menghasilkan gaya sebesar 136,27 kNm, sedangkan analisis spektrum respons menghasilkan 184,06 kNm. Pada balok, ekuivalen statik menghasilkan 59,46 kNm, dibandingkan dengan 72,32 kNm dari respon spektrum. Untuk perpindahan, perpindahan maksimum pada arah X di lantai paling atas adalah 105,10 mm dengan metode statik ekuivalen, dan 111,09 mm dengan respons spektrum. Pada arah Y, perpindahan maksimum masing-masing sebesar 96,92 mm dan 101,65 mm. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa struktur Magelang Mall telah memenuhi standar yang disyaratkan dan stabil terhadap beban gempa, sehingga tidak perlu dilakukan modifikasi struktur.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberi dukungan selama proses penyusunan artikel jurnal ini, terutama kepada Universitas Kristen Maranatha dan PT Pulau Intan Bajaperkasa Konstruksi yang memberikan kesempatan magang dan memberikan data penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi Yasa, P., Kedaton, K.H.S.P., Prayoga, M.H., & Bhisama, I.B.P., 2025, *Comparison of equivalent static, response spectrum, and time history seismic load methods on domes*. Bentang: Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil, 13(1), 97–109.
- BSN (National Standardization Agency), 2019, SNI 1726:2019 - Earthquake resistance planning procedures for building and non-building structures (*in Indonesian*). National Standardization Agency, Indonesia.
- BSN (National Standardization Agency), 2019, SNI 2847:2019 - Requirements for Structural Concrete for Building (*in Indonesian*). National Standardization Agency, Indonesia.
- Computer and Structures, Inc., 2024, *ETABS Building Analysis and Design Technical Notes*. USA: Computer and Structures, Inc.
- Computer and Structures, Inc., 2022, *SAP2000 Structural Analysis and Design*. USA: Computer and Structures, Inc.
- Fadli M., 2024, Comparison of Equivalent Statics and Response Spectrum Methods in the Analysis of Low-Rise Building Structures (*in Indonesian*). Protection: Journal of Civil Engineering, 5(1): 45-52.
- Kusbiantoro, A., Kusumawardani, R., Nugroho, U., Sutarto, A., Dzikri, M.A., Nugraha, M.A.R., Yus, R.A., Indonesia, B.G., Furqon, S.H. al, Firdaus, N., & Khanza, M., 2024, Respon Struktur Beton Gedung Apartemen dan Perkantoran 20 Lantai akibat Beban Gempa dengan Menggunakan Metode Respon Spektrum. *Wahana Teknik Sipil*, 29(1), 273–286.
- Nurrahman, J.\S., & Pramudiyanto, 2024, Evaluasi Kinerja Struktur Bangunan Gedung Terhadap Beban Gempa Dengan Metode Analisis Respon Spektrum Dan Time History (Studi Kasus: Gedung UNU Yogyakarta). *Journal of Civil Engineering and Sustainable Infrastructure*, 01(01), 35–46.
- Pranata, Y.A., Hartono, S., Maknun, F.H., Boys, M.S.H.B., Prasodjo, K.J., Gaol, R.F.L., 2025, MBKM Internship Program Report at PT Pulau Intan Project The Aloon-Aloon Mall and Hotel Magelang. Universitas Kristen Maranatha.
- Prasetyo A., 2018, Analysis of Earthquake Resistant Building Planning Using Reinforced Concrete Structures Based on SNI 2847:2013, SNI 1727:2013, and SNI 1726:2012 Regulations (*in Indonesian*). Logic Journal: Scientific Journal of Lemlit Uswagati Cirebon, 22(3): 1978-2560.
- Prismastanto, N., 2019, Response Spectrum Analysis of RDE Reactor Building Design (*in*

- Indonesian*). MoDuluS: Communication Media of Civil Science World, 1(1), 52-57.
- PT. Pulau Intan Bajaperkasa Konstruksi, 2025, Structure Plan of The Aloon-Aloon Mall and Hotel Magelang (*in Indonesian*).
- PT. Pulau Intan Bajaperkasa Konstruksi.
- PuSGen, 2021, Indonesia Design Response Spectrum Application. PuSGeN, DBTPP, DG Human Settlements, Ministry of PUPR.
- Ramadhan, A.H., Artiani, G.P., & Triastuti, N.S., 2024, Performance Analysis of Multi-storey Building Structure with Response Spectrum Method in KONI Building Project, Central Jakarta (*in Indonesian*). Scientica: Scientific Journal of Science and Technology, 14(1), 30-38.
- Rendra, R., Kurniawandy, A., & Djauhari, Z., 2015, Analysis of Structural Performance in Multi-Story Buildings with Response Spectrum Method (*in Indonesian*). Scientific Journal of Civil and Environmental Engineering, 1(1), 45-54.
- Rosyidah, A., Alfariiez, D.F., & Wicaksono, M.A., 2019, Penguatan Struktur pada Bangunan dengan Mutu Beton Rendah. *PORTAL Jurnal Teknik Sipil*, 11(01), 16–21.
- Siswanto, A.B., & Salim, M.A., 2019, Basic Criteria Design of Earthquake Resistant Building Structures. *Proceedings of the 5th International Conference on Sustainable Built Environment (ICSBE 2018)*. MATEC Web of Conferences, 280:01004.
- Tampubolon, S.P., Sarassantika, I.P.E., & Suarjana, I.W.G., 2022, Structural damage analysis and disaster management due to earthquake, tsunami, and liquefaction in Palu (*in Indonesian*). Bentang: Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil, 10(2), 169–186.
- Tuwanakota, E., & Banten, C.P., 2021, Strength Analysis of Structures Based on Spectrum Response to Future Earthquake Forces in Sorong City (*in Indonesian*). Karkasa Journal, 3(2), 17-25.
- Widorini, T., Crista, N.H., & Widiatmoko, K.W., 2022, Analisis Dinamik Struktur Menara USM dengan Metode Respons Spektrum. *Wahana Teknik Sipil*, 27(1), 114–121.
- Zhafira R., 2022, Response Spectrum Analysis of Multi-Story Building Structure (*in Indonesian*). Journal of Civil Engineering and Planning, 10(2): 89-97.