

Analisis Ketahanan Gedung Apartemen Surabaya dengan Menggunakan Metode Respon Spektrum

(Performance Analysis of Surabaya Apartment Using Response Spectrum Method)

Iklil Afrida, Winda Tri Wahyuningtyas^{*)}, Krisnamurti
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember
Jl. Kalimantan 37, Jember 68121

^{*)}Penulis Korespondensi E-mail: windatri.teknik@unej.ac.id

Abstrak

Apartemen Surabaya merupakan bangunan 45 lantai yang di fungsikan sebagai apartemen dan mall dengan ketinggian total bangunan 138 m. Apartemen Surabaya terletak di Jalan Laguna Raya KJW Putih, Mulyorejo, Kota Surabaya, Jawa Timur dimana lokasi berdekatan dengan beberapa situs sesar aktif. Letak sesar aktif yaitu sesar aktif Lasem di sebelah utara dengan jarak ± 70 Km, sesar aktif Watu Kosek di sebelah selatan timur laut yang membujur dari Mojokerto hingga Madura dengan jarak ± 30 Km dan sesar aktif Pasuruan di sebelah selatan yang membujur dari Pasuruan sampai Mojokerto dengan jarak ± 50 Km. Sehingga analisis ketahanan gempa diperlukan pada gedung apartemen untuk mengetahui ketahanan terhadap gempa. Analisis dinamik menggunakan metode respon spektrum digunakan untuk menganalisa gedung. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui bagaimana cara mengevaluasi struktur dengan menggunakan analisis dinamik metode respon spektrum sesuai SNI 1726:2019. Hal yang ditinjau yaitu *base shear*, *drift* dan *displacement* pada gedung. Hasil analisa menunjukkan *displacement*, *drift*, dan *base shear* memenuhi syarat yang telah ditentukan. Nilai *drift* terbesar arah X 0.22 mm pada Lt 35 dan arah Y yaitu 0.28 mm pada Lt 23. Sedangkan untuk nilai *displacement* terbesar arah X dan Y yaitu 0.077 m dan 0.106 m.

Kata Kunci: Ketahanan bangunan, analisis dinamik, respon spektrum, rasio simpangan antar lantai, displasemen, gaya geser dasar.

Abstract

Surabaya Apartment is a 45-storey building that functions as an apartment and mall with a total height 138 m. Surabaya Apartment is located at Jalan Laguna Raya KJW Putih, Mulyorejo, Surabaya City, East Java where the location is adjacent to several active fault. The distance of active fault is : Lasem fault in the north ± 70 Km, Watu kosek fault in south east northeast ± 30 Km and Pasuruan fault in the south ± 50 Km. Therefore earthquake analysis is needed to determine earthquake resistance. Dynamic analysis using response spectrum method is used to analyze this apartment. The aim of this research is to evaluated structure using response spectrum method based on SNI 1726:2019. This study evaluated base shear, drift and displacement on the apartment. The analysis results show that displacement, drift and base share fulfilled the requirements. Maximum value of drift in X direction is 0.22 mm on 35th floor and Y direction 0.28mm on the 23rd floor. And maximum value of displacement on X and Y direction is 0.077 m and 0.106 m.

Keywords: Building vulnerability, dynamic analysis, response spectrum, drift ratio, displacement, base shear.

PENDAHULUAN

Gempa merupakan fenomena alam yang tidak dapat diprediksi besar dan waktu terjadinya. Ditinjau dari segi intensitasnya, gempa bervariasi dari gempa kecil, sedang, bahkan gempa besar. Terlepas daribesar kecilnya gempa, suatu struktur bangunan perlu dirancang dengan baik untuk menahan beban gempa yang bekerja padanya.[1].

Indonesia termasuk dalam kategori negara dengan tingkat kerawanan gempa yang tinggi. Hal ini merupakan dampak dari kepulauan Indonesia yang terletak di tengah daerah cincin api pasifik, jalur sabuk alpide, pertemuan antar lempeng tektonik dan terdapat banyaknya gunung berapi aktif [2]. Oleh karena itu, kementerian pekerjaan umum dan perumahan rakyat pada tahun 2017 menerbitkan peta zona gempa di Indonesia [3] agar dapat digunakan untuk kebutuhan pembangunan dan kewaspadaan bagi masyarakat.

Untuk merancang bangunan tinggi, gempa bumi merupakan salah satu faktor yang sangat diperhitungkan,

mengingat gempa akan mengakibatkan guncangan dan goyangan yang dapat merusak struktur bangunan [4]. Gempa adalah suatu bencana yang kerap kali terjadi yang dapat menyebabkan beberapa masalah kerusakan pada bangunan, karena dapat menyebabkan penurunan kekuatan dan kekakuan dari bangunan tersebut.

Gedung apartemen Surabaya adalah gedung bertingkat yang memiliki 45 lantai. Gedung apartemen Surabaya terdapat di wilayah Surabaya, Jawa Timur yang memiliki potensi gempa bumi dan kepadatan bangunan cukup tinggi. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis kembali evaluasi ketahanan bangunan gedung apartemen Surabaya yang sesuai dengan SNI 1726:2019 dengan menggunakan analisis dinamik metode respon spektrum.

METODE PENELITIAN

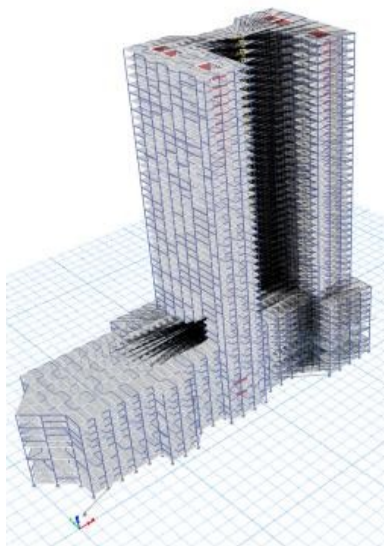
Secara garis besat metode pelaksanaan penelitian terbagi menjadi dua tahap yaitu perhitungan respon spektrum dan tahap perhitungan respon gedung akibat

gempa rencana. Pada tahap pertama dijelaskan secara detail sebagai berikut :

1. Detail bangunan : Bangunan apartemen, Surabaya, 45 lantai
2. Tanah dasar : Tanah sedang (Kelas D)
3. Kategori resiko bangunan : III ($I_e = 1,25$)

Tahap kedua yaitu permodelan struktur dengan menggunakan program bantu struktur. Permodelan menggunakan gambar detail yang didapatkan pada proyek apartemen.

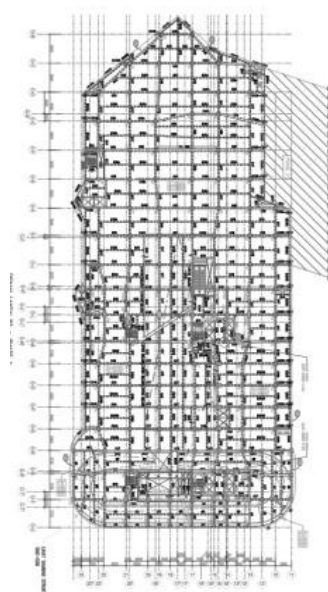
Pemodelan 3D dilakukan dengan menggunakan aplikasi perangkat lunak analisis struktur, yang kemudian akan dianalisis guna mendapatkan *drift*, *displacement* dan *base shear* yang bekerja dalam struktur bangunan.



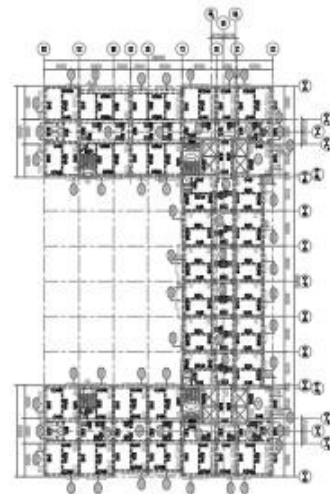
Gambar 1. Diagram Alir Pekerjaan Analisis Respon Spektrum.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Spesifikasi Bangunan



Gambar 2. Denah Apartemen Lantai 1- 9.



Gambar 3. Denah Apartemen Lantai 10 - rooftop.

Tabel 1. Data Elemen Struktur

Tippe	Tebal (cm)
Pelat basemen	15
Pelat tipikal	15
Banlok induk	40/80
Balok anak	30/60
Kolom 1	20/20
Kolom 2	60/60
Kolom 3	100/100

Tabel 2. Material Bangunan

Fungsi	Mutu Beton	
	f'_c Mpa	E_c Mpa
Balok		
Balok anak	40	29725,4
Balok induk	40	29725,4
Kolom		
Kolom struktur	45	31528,6
Wall		
Shearwall	40	29725,4
Pelat		
Pelat atap	35	27805,6
Pelat lantai	35	27805,6
Pelat basemen	35	27805,6
Ground slab	35	27805,6
Pondasi		
Pondasi borpile	30	25742,9

Pemodelan 3D Menggunakan Program Bantu Struktur

Pemodelan 3D dilakukan dengan menggunakan aplikasi bantu yaitu struktur, yang kemudian akan dianalisis guna mendapatkan *drift*, *displacement* dan *base shear* yang bekerja dalam struktur bangunan.

Validasi permodelan dihitung untuk mengontrol permodelan bangunan.

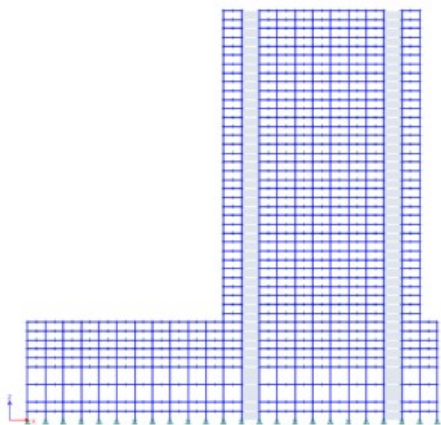
Beban perhitungan manual : 83257835.51 kg
 Total beban dengan program : 85098810.86 kg

Validasi Pembebanan

$$= \frac{(\text{Perhitungan beban rencana} - \text{Beban Etabs})}{\text{Perhitungan beban rencana}}$$

$$= \frac{(83257835.51 - 85098810.86)}{83257835.51} = 0,0216 = 2,16\%$$

Validasi menunjukkan 2.16% < 10% sehingga permodelan dapat digunakan dan dilanjutkan untuk perhitungan.



Gambar 4. Permodelan Struktur

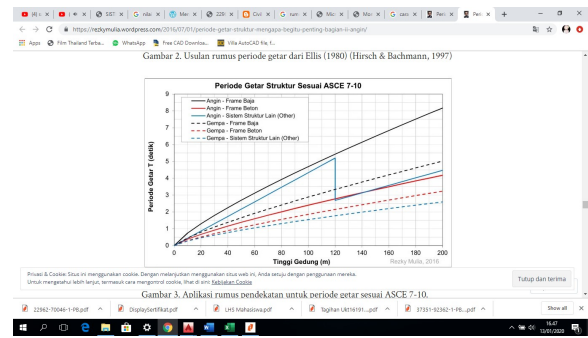
Faktor Reduksi Gempa

Faktor reduksi gempa diambil dari tabel nilai R, Ω₀ dan Cd SNI 1726:2019, nilai faktor reduksi gempa dengan jenis sistem rangka penahan momen dengan rangka momen beton bertulang khusus adalah 8.

Grafik Respon Spektrum

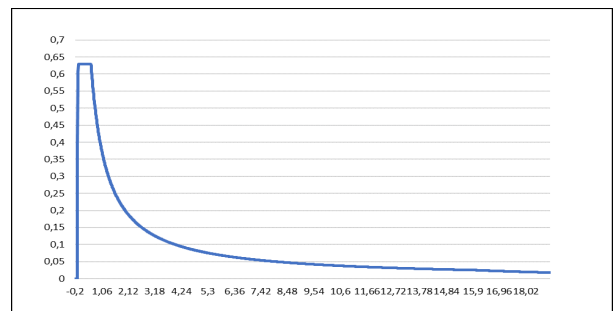
Tanah dasar termasuk dalam kategori tanah sedang (kelas D)

- Kategori resiko bangunan : III (Ie = 1,25)
- Fungsi bangunan : Apartemen
- Tebal plat basement : 150 mm
- Tebal plat lantai : 150 mm
- Tebal plat atap : 150 mm
- Tebal shearwall lift : 250 mm
- Tebal Corewall : 4500 mm
- Jumlah lantai : 45 lantai
- Nilai Ss : 0,8 g
- Nilai Si : 0,3 g
- Nilai Fa : 1,18
- Nilai Fy : 2
- Nilai S_{DS} : 2/3 x Fa x Ss : 0,62933
- Nilai S_{DI} : 2/3 x Fy x Si : 0,4
- Nilai T₀ : 0,2 (S_{DI} / S_{DS}) : 0,1271 s
- Nilai Ts : (S_{DI} / S_{DS}) : 0,635593 s
- T_L : 16 s
- T : 2,4 s



Gambar 5. Penentuan Nilai Periode Getar T Sesuai ASCE 7-10.

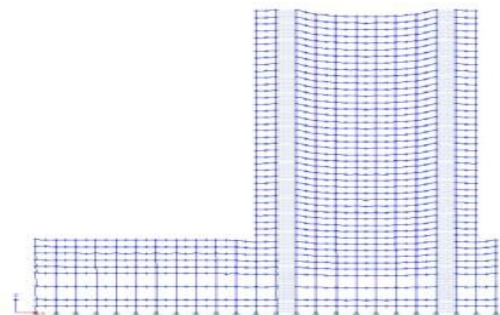
Sehingga didapat grafik respon spektrum sebagai berikut :



Gambar 6. Grafik Respon Spektrum.

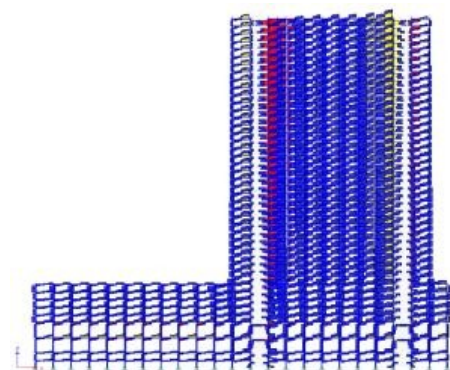
Hasil Pemodelan Etabs

1. Displacement



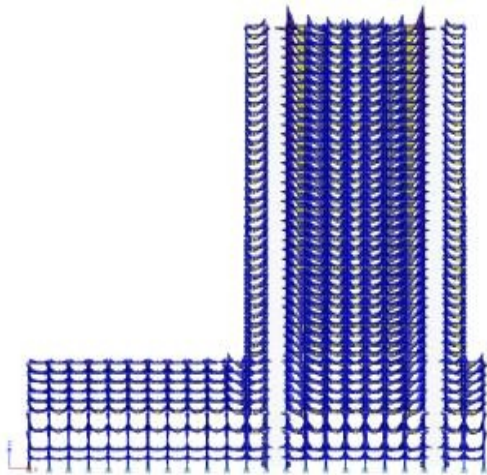
Gambar 8. Displacements (0,9 D - 1 EQx - 0,3 EQy) (mm)

2. Plane Shear Diagram



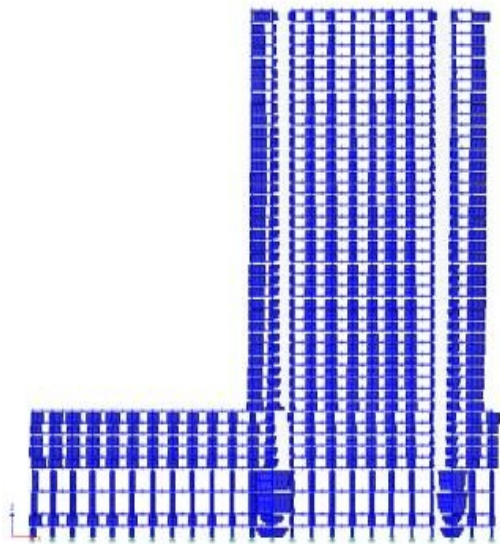
Gambar 9. In-plane shear diagram (0,9 D - 1 EQx - 0,3 EQy) (kN)

3. Plane Moment Diagram



Gambar 10. In-plane momen diagram (0,9 D - 1 EQx - 0,3 EQy) (kN-m)

4. Shear Force

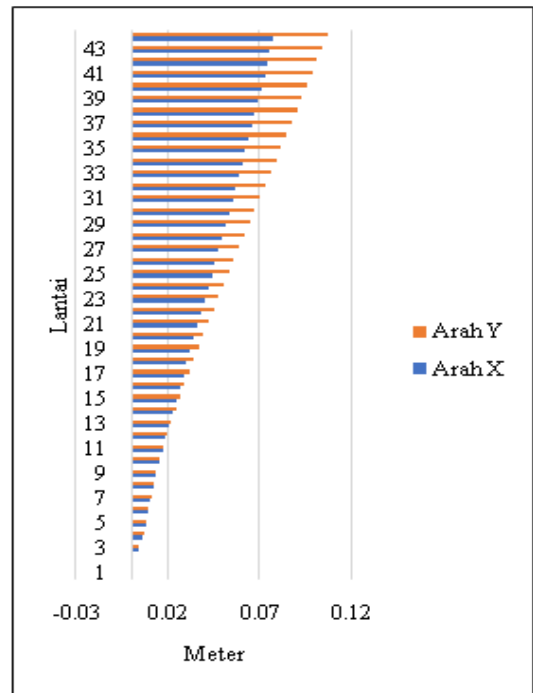


Gambar 11. Shear force (0,9 D - 1 EQx - 0,3 EQy) (kN)

Analisi Drift Rasio, Displacement, dan Base Shear

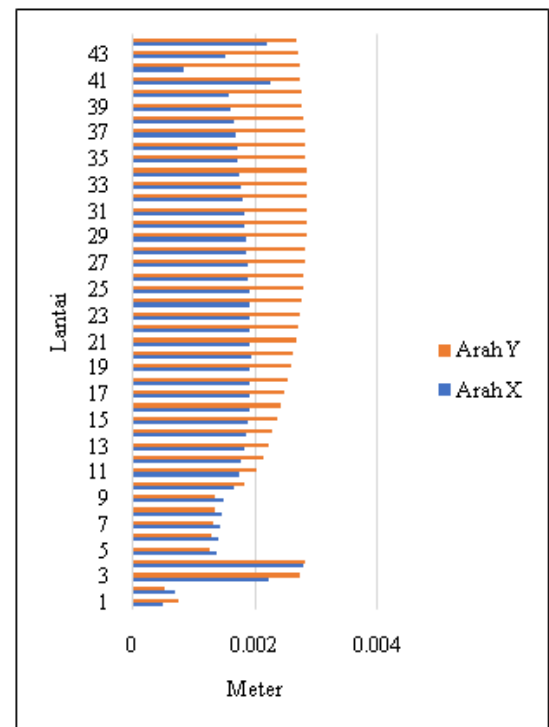
1. Displacement

Menurut SNI 1726:2019 batasan displacement untuk kategori resiko III yaitu $\frac{0,015 \times h_{sx}}{\rho}$. Maka displacement yang diijinkan pada lantai 35 $\frac{0,015 \times 136}{1,3} = 1.569230769$ m.



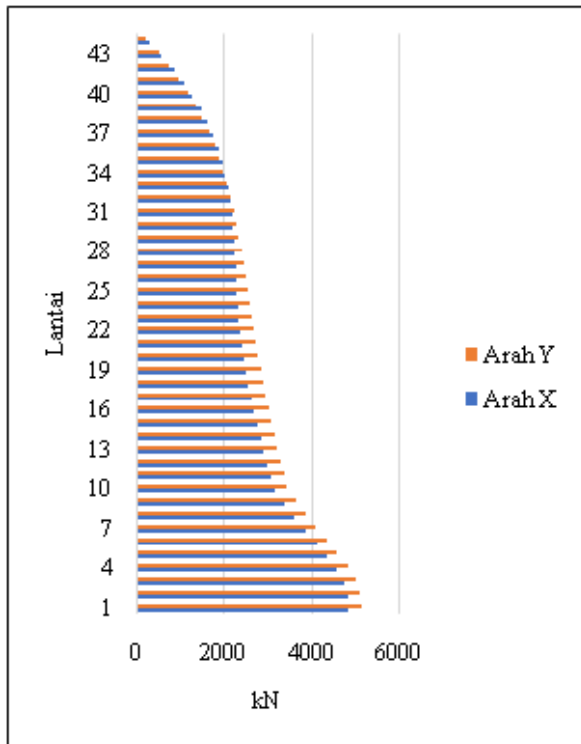
Gambar 12. Grafik Displacement Maksimum Tiap Lantai Arah X dan Y.

2. Drift



Gambar 13. Grafik Drift Maksimum Tiap Lantai Arah X dan Y.

3. Base Shear



Gambar 14. Grafik Base Shear Maksimum Tiap Lantai Arah X dan Y.

Nilai displacement, drift dan base share yang telah didapatkan digunakan untuk menghitung batas layan struktur untuk mengetahui kinerja gedung akibat beban gempa [5]. Persyaratan batas layan struktur, dihitung dari simpangan antar tingkat dari struktur gedung dimana tidak boleh melampaui $0,03/R \times$ tinggi tigkat atau 30 mm untuk arah X dan arah Y [6].

Tabel 3. Kontrol Kinerja Batas Layan Gedung Arah X

Lantai	Δs arah X (m)	As antar tingkat X (m)	Syarat $(0.03/R)*H$	Ket.
A 35	0.07723	0.00222	0.01125	oke
A 34	0.07501	0.00153	0.01125	oke
A 33	0.07348	0.00084	0.01125	oke
A 32	0.07264	0.00228	0.01125	oke
A 31	0.07036	0.0016	0.01125	oke
A 30	0.06876	0.00163	0.01125	oke
A 29	0.06713	0.00166	0.01125	oke
A 28	0.06547	0.0017	0.01125	oke
A 27	0.06377	0.00172	0.01125	oke
A 26	0.06205	0.00174	0.01125	oke
A 25	0.06031	0.00177	0.01125	oke
A 24	0.05854	0.0018	0.01125	oke
A 23	0.05674	0.00181	0.01125	oke
A 22	0.05493	0.00184	0.01125	oke

Lantai	Δs arah X (m)	As antar tingkat X (m)	Syarat $(0.03/R)*H$	Ket.
A 21	0.05309	0.00185	0.01125	oke
A 20	0.05124	0.00187	0.01125	oke
A 19	0.04937	0.00188	0.01125	oke
A 18	0.04749	0.0019	0.01125	oke
A 17	0.04559	0.0019	0.01125	oke
A 16	0.04369	0.00192	0.01125	oke
A 15	0.04177	0.00192	0.01125	oke
A 14	0.03985	0.00194	0.01125	oke
A 13	0.03791	0.00193	0.01125	oke
A 12	0.03598	0.00194	0.01125	oke
A 11	0.03404	0.00195	0.01125	oke
A 10	0.03209	0.00194	0.01125	oke
A 9	0.03015	0.00193	0.01125	oke
A 8	0.02822	0.00193	0.01125	oke
A 7	0.02629	0.00192	0.01125	oke
A 6	0.02437	0.0019	0.01125	oke
A 5	0.02247	0.00187	0.01125	oke
A 4	0.0206	0.00185	0.01125	oke
A 3	0.01875	0.0018	0.01125	oke
A 2	0.01695	0.00176	0.01875	oke
A 1	0.01519	0.00167	0.01875	oke
P5	0.01352	0.00151	0.01125	oke
P4	0.01201	0.00148	0.01125	oke
P3	0.01053	0.00146	0.01125	oke
P2	0.00907	0.00143	0.01125	oke
P1	0.00764	0.00139	0.01125	oke
Mall 2	0.00625	0.0028	0.01125	oke
Mall 1	0.00345	0.00224	0.01125	oke
B 2	0.00121	0.00071	0.01125	oke
B 1	0.0005	0.0005	0.01125	oke

Tabel 4. Kontrol Kinerja Batas Layan Gedung Arah Y

Lantai	Δs arah Y (m)	As antar tingkat Y (m)	Syarat $(0.03/R)*H$	Ket.
A 35	0.10648	0.00269	0.01125	oke
A 34	0.10379	0.00271	0.01125	oke
A 33	0.10108	0.00274	0.01125	oke
A 32	0.09834	0.00275	0.01125	oke
A 31	0.09559	0.00278	0.01125	oke
A 30	0.09281	0.00279	0.01125	oke
A 29	0.09002	0.00281	0.01125	oke
A 28	0.08721	0.00283	0.01125	oke
A 27	0.08438	0.00284	0.01125	oke
A 26	0.08154	0.00285	0.01125	oke

Lantai	Δs arah Y (m)	As antar tingkat Y (m)	Syarat $(0.03/R)*H$	Ket.
A 25	0.07869	0.00286	0.01125	oke
A 24	0.07583	0.00286	0.01125	oke
A 23	0.07297	0.00287	0.01125	oke
A 22	0.0701	0.00287	0.01125	oke
A 21	0.06723	0.00287	0.01125	oke
A 20	0.06436	0.00286	0.01125	oke
A 19	0.0615	0.00285	0.01125	oke
A 18	0.05865	0.00284	0.01125	oke
A 17	0.05581	0.00282	0.01125	oke
A 16	0.05299	0.00281	0.01125	oke
A 15	0.05018	0.00278	0.01125	oke
A 14	0.0474	0.00275	0.01125	oke
A 13	0.04465	0.00272	0.01125	oke
A 12	0.04193	0.00269	0.01125	oke
A 11	0.03924	0.00265	0.01125	oke
A 10	0.03659	0.00261	0.01125	oke
A 9	0.03398	0.00255	0.01125	oke
A 8	0.03143	0.00251	0.01125	oke
A 7	0.02892	0.00244	0.01125	oke
A 6	0.02648	0.00239	0.01125	oke
A 5	0.02409	0.00231	0.01125	oke
A 4	0.02178	0.00223	0.01125	oke
A 3	0.01955	0.00215	0.01125	oke
A 2	0.0174	0.00205	0.01875	oke
A 1	0.01535	0.00184	0.01875	oke
P5	0.01351	0.00137	0.01125	oke
P4	0.01214	0.00135	0.01125	oke
P3	0.01079	0.00132	0.01125	oke
P2	0.00947	0.0013	0.01125	oke
P1	0.00817	0.00128	0.01125	oke
Mall 2	0.00689	0.00284	0.01125	oke
Mall 1	0.00405	0.00275	0.01125	oke
B 2	0.0013	0.00053	0.01125	oke
B 1	0.00077	0.00077	0.01125	oke

Tabel 3 dan Tabel 4 Menunjukkan bahwa kinerja batas layan gedung arah X dan arah Y telah memenuhi syarat batas layan gedung. Dimana nilai simpangan antar tingkat arah X dan arah Y < 0,03R dengan SNI 1726:2019 [6].

Hal lain yang perlu diperhitungkan yaitu kinerja batas utimit gedung, dalam segala hal simpangan antar lantai yang dihitung dari simpangan struktur ($\Delta m \times \xi$) tidak boleh melampaui 0,02 kali tinggi tingkat yang bersangkutan [7].

$$\Delta s \text{ atar tingkat} = \Delta s \text{ Apartement 35} - \Delta s \text{ Apartement 34} \\ = 0,07723 - 0,07501 = 0,00222 \text{ m}$$

$$\xi \times \Delta s \text{ atar tingkat} < 0,02 \times H$$

$$5,6 \times 0,00222 < 0,02 \times 3 \\ 0,012432 < 0,06 \text{ (memenuhi)}$$

Tabel 5. Kontrol Kinerja Batas Ultimit

Lantai	ξ .Am Antar Tingkat X	ξ .Am Antar Tingkat Y	Syarat Am	Ket.
A 35	0.012432	0.015064	0.06	oke
A 34	0.008568	0.015176	0.06	oke
A 33	0.004704	0.015344	0.06	oke
A 32	0.012768	0.0154	0.06	oke
A 31	0.00896	0.015568	0.06	oke
A 30	0.009128	0.015624	0.06	oke
A 29	0.009296	0.015736	0.06	oke
A 28	0.00952	0.015848	0.06	oke
A 27	0.009632	0.015904	0.06	oke
A 26	0.009744	0.01596	0.06	oke
A 25	0.009912	0.016016	0.06	oke
A 24	0.01008	0.016016	0.06	oke
A 23	0.010136	0.016072	0.06	oke
A 22	0.010304	0.016072	0.06	oke
A 21	0.01036	0.016072	0.06	oke
A 20	0.010472	0.016016	0.06	oke
A 19	0.010528	0.01596	0.06	oke
A 18	0.01064	0.015904	0.06	oke
A 17	0.01064	0.015792	0.06	oke
A 16	0.010752	0.015736	0.06	oke
A 15	0.010752	0.015568	0.06	oke
A 14	0.010864	0.0154	0.06	oke
A 13	0.010808	0.015232	0.06	oke
A 12	0.010864	0.015064	0.06	oke
A 11	0.01092	0.01484	0.06	oke
A 10	0.010864	0.014616	0.06	oke
A 9	0.010808	0.01428	0.06	oke
A 8	0.010808	0.014056	0.06	oke
A 7	0.010752	0.013664	0.06	oke
A 6	0.01064	0.013384	0.06	oke
A 5	0.010472	0.012936	0.06	oke
A 4	0.01036	0.012488	0.06	oke
A 3	0.01008	0.01204	0.06	oke
A 2	0.009856	0.01148	0.06	oke
A 1	0.009352	0.010304	0.06	oke
P5	0.008456	0.007672	0.06	oke
P4	0.008288	0.00756	0.06	oke
P3	0.008176	0.007392	0.06	oke
P2	0.008008	0.00728	0.06	oke
P1	0.007784	0.007168	0.06	oke
Mall 2	0.01568	0.015904	0.1	oke

Lantai	ξ .Am Antar Tingkat X	ξ .Am Antar Tingkat Y	Syarat Am	Ket.
Mall 1	0.012544	0.0154	0.1	oke
B 2	0.003976	0.002968	0.06	oke
B 1	0.0028	0.004312	0.06	oke

Hasil perhitungan batas ultimate arah X dan arah Y pada table 5 menunjukkan bahwa struktur masih memenuhi batas ultimate kinerja gedung.

Tabel 6. Kontrol Displacement Maksimum Analisis Respon Spektrum.

Lantai	Ux respon spektrum	Uy respon spektrum	Syarat (0,015h _x)/ρ	Ket.
A 35	0.07723	0.10648	1.5692308	oke
A 34	0.07501	0.10379	1.5346154	oke
A 33	0.07348	0.10108	1.5	oke
A 32	0.07264	0.09834	1.4653846	oke
A 31	0.07036	0.09559	1.4307692	oke
A 30	0.06876	0.09281	1.3961538	oke
A 29	0.06713	0.09002	1.3615385	oke
A 28	0.06547	0.08721	1.3269231	oke
A 27	0.06377	0.08438	1.2923077	oke
A 26	0.06205	0.08154	1.2576923	oke
A 25	0.06031	0.07869	1.2230769	oke
A 24	0.05854	0.07583	1.1884615	oke
A 23	0.05674	0.07297	1.1538461	oke
A 22	0.05493	0.0701	1.1192308	oke
A 21	0.05309	0.06723	1.0846154	oke
A 20	0.05124	0.06436	1.05	oke
A 19	0.04937	0.0615	1.0153846	oke
A 18	0.04749	0.05865	0.9807692	oke
A 17	0.04559	0.05581	0.9461538	oke
A 16	0.04369	0.05299	0.9115385	oke
A 15	0.04177	0.05018	0.8769231	oke
A 14	0.03985	0.0474	0.8423077	oke
A 13	0.03791	0.04465	0.8076923	oke
A 12	0.03598	0.04193	0.7730769	oke
A 11	0.03404	0.03924	0.7384615	oke
A 10	0.03209	0.03659	0.7038461	oke
A 9	0.03015	0.03398	0.6692308	oke
A 8	0.02822	0.03143	0.6346154	oke
A 7	0.02629	0.02892	0.6	oke
A 6	0.02437	0.02648	0.5653846	oke
A 5	0.02247	0.02409	0.5307692	oke
A 4	0.0206	0.02178	0.4961538	oke
A 3	0.01875	0.01955	0.4615385	oke
A 2	0.01695	0.0174	0.4269231	oke

Lantai	Ux respon spektrum	Uy respon spektrum	Syarat (0,015h _x)/ρ	Ket.
A 1	0.01519	0.01535	0.3923077	oke
P5	0.01352	0.01351	0.3576923	oke
P4	0.01201	0.01214	0.3230769	oke
P3	0.01053	0.01079	0.2884615	oke
P2	0.00907	0.00947	0.2538461	oke
P1	0.00764	0.00817	0.2192308	oke
Mall 2	0.00625	0.00689	0.1846154	oke
Mall 1	0.00345	0.00405	0.1269231	oke
B 2	0.00121	0.0013	0.0692308	oke
B 1	0.0005	0.00077	0.0346154	oke

Nilai *displacement* maksimum yang diijinkan pada gedung yaitu 1.56 m. Hasil *running* program bantu *displacement* yang terjadi tertinggi yaitu pada lantai A35 sebesar 0.077 m arah ux dan 0.106 m arah uy. Kontrol *displacement* pada seluruh gedung sudah memenuhi batas kinerja gedung.

KESIMPULAN

Setelah dilakukan analisis dinamik menggunakan metode respon spektrum maka dapat diambil kesimpulan bahwa simpangan antar lantai (*Drift*) arah X dan Y dinyatakan aman terhadap kinerja batas layan (0.03/R)*H dan batas ultimit ξ .Δm dan hasil dari displasement maksimum arah X didapat 0,07723 m dan arah Y didapat 0,10648 m sehingga dapat dinyatakan telah memenuhi syarat batas maksimum [(0,015h_{xx})/ρ] = 1.57 m.

Hasil simpangan antar lantai (*Drift*) terbesar arah X didapat 0,22 mm pada lantai Apartemen 35 dan arah Y didapat 0,29 mm pada lantai Apartemen 23 sedangkan hasil *base shear* terberat arah X didapat 4871,12 kN pada lantai *Basement* 1 dan arah Y didapat 5160,36 pada lantai *Basement* 1.

Dari kesimpulan diatas dapat diketahui bahwa *displacement*, *drift*, dan *base shear* memenuhi syarat batas layan dan batas ultimit yang telah ditentukan, oleh karena itu struktur bangunan gedung apartement east coast mansion surabaya dinilai layak.

SARAN

Adapun beberapa saran apabila dimasa yang akan datang dilakukan penelitian lanjutan adalah analisis respon spektrum perlu dicoba pada gedung-gedung tinggi lainnya untuk mendalami perilaku seismik gedung bertingkat banyak.

DAFTAR PUSTAKA

[1] R. Kurniawan, D. Nurtanto, and G. A. Hayu, "COMPARATIVE STUDY OF THE BEHAVIOUR OF BUILDING STRUCTURE OF HOTEL DAFAM LOTUS JEMBER BY USING MOMENT RESISTING FRAME AND ECCENTRICALLY BRACED FRAME," *J. Rekayasa Sipil dan Lingkungan*, 2018, doi: 10.19184/jrsl.v2i01.7435.

- [2] Tim Pemutakhiran Peta Bahaya Gempa Bumi Indonesia, *Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia*. 2017.
- [3] Kemen PUPR, *peta zona gempa*. 2017.
- [4] A. M. Reinhorn, "The UB-NEES Versatile High Performance Testing Facility," *13th WCEE*, 2004.
- [5] G. Negro, P., Pinto, A. V., Verzeletti, G. and Magonette, "No PsD Test on a Four Storey R/C Building Designed According to Eurocodes," *J. Struct. Eng.*, 1996.
- [6] SNI 1726:2019, *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. 2019.
- [7] CASCADE6, *Directory of European Facilities for Seismic and Dynamic Tests in Support of Industry*, LNEC (Lisbon). 2005.