

PENELITIAN KINERJA STRUKTUR GEDUNG ATRIVM RESIDENCE SURABAYA DENGAN METODE NON-LINEAR TIME HISTORY ANALYSIS

Stefanus Caritas Sonto¹⁾, Nurul Rochmah, ST., MT., M.Sc²⁾

¹⁾Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Email¹⁾: Egansonto08@gmail.com

²⁾Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Email²⁾: Nurul-rochmah@untag-sby.ac.id

Abstrak

Gedung bertingkat pada dasarnya bertujuan untuk mengatasi masalah ketersediaan lahan. Pada SNI 1726–2019, Gedung bertingkat berjumlah 10 lantai ke atas, perlu ditinjau berdasarkan pengaruh Beban Gempa Dinamis yaitu Analisis Riwayat Waktu (Time History Analysis). Gedung Atrivm Residence Surabaya itu sendiri terdiri atas 23 Lantai, yang perencanaan strukturnya berdasarkan SNI lama. Sehingga peneliti melakukan analisis kembali struktur Gedung Atrivm Residence Surabaya dengan mengacu pada SNI terbaru yaitu SNI 1726–2019, SNI 2847–2018, dan SNI 1727–2018 yang menitikberatkan pada elemen struktur utama. Tujuan analisa tersebut adalah mengetahui kapasitas kekuatan elemen utama struktur dan hasil kinerja struktur dengan metode Non-Linear Time History Analysis.

*Hasil analisis tulangan balok, kolom dan dinding geser berdasarkan SNI 2847–2019 menunjukkan bahwa struktur Gedung Atrivm Residence Surabaya memenuhi persyaratan. Sementara itu, hasil evaluasi kinerja struktur berdasarkan nilai Maximum Drift Story, dikategorikan pada Performance Level **IO (Immediate Occupancy)**, dan memenuhi persyaratan keamanan.*

Kata Kunci: *Level Kinerja, SNI 1726–2019, SNI 2847–2019, Time History Analysis*

Abstract

Multi-storey buildings basically aim to address the problem of land availability. Based on SNI 1726-2019, multi-storey buildings totaling more than 10 floors, need to be reviewed based on the influence of Dynamic Earthquake Force using Time History Analysis. Atrivm Residence Surabaya building itself consists of 23 floors, whose structural planning is based on long SNI. So the researchers re-analyzed the structure of the Atrivm Residence Surabaya building with reference to the latest, consist of SNI 1726–2019, SNI 2847–2018, dan SNI 1727– 2018 which focuses on the main structural elements. The purpose of the analysis is to determine the strength capacity of the main elements of the structure and the performance results of the structure with the Non-Linear Time History Analysis Method.

*The results of the analysis of beams, columns and Shearwall based on SNI 2847-2019 showed that the structure of Atrivm Residence Surabaya Building meets the requirements. Meanwhile, the results of the evaluation of the structure performance based on Maximum Drift Story value is categorized at Performance Level **IO (Immediate Occupancy)**, and meets security requirements.*

Keywords: *Performance Level, SNI 1726–2019, SNI 2847–2019, Time History Analysis*

1. PENDAHULUAN

Saat ini bangunan bertingkat didirikan untuk mengatasi masalah keterbatasan lahan yang disebabkan oleh pertumbuhan penduduk yang terus meningkat. Untuk merencanakan suatu struktur gedung bertingkat yang kuat dan aman terhadap beban lateral maka perlu meninjau perilaku struktur paska terjadi gempa. Saat ini dikenal suatu konsep gedung tahan gempa yaitu PBSD (*Performance Base Seismic Design*). Konsep ini merupakan konsep Gedung tahan gempa yang didesain dengan level kerusakan tertentu sesuai dengan level gempa yang direncanakan. Berdasarkan konsep ini terdapat 4 kategori yaitu: *Fully Operational (FO)*, *Immediate Occupancy (IO)*, *Life Safety (LS)*, dan *Collapse Prevention (CP)*.

Dari beberapa metode yang berkaitan dengan Analisa Gempa, *Time History Analysis* merupakan metode Analisa Gempa yang memiliki tingkat kerumitan tinggi, namun dapat menghasilkan tingkat keakuratan yang hampir menyerupai perilaku gempa asli. Pada penelitian Analisa Kinerja, metode yang digunakan adalah *Dinamic Time History Analysis* dimana merupakan suatu cara analisis untuk menentukan riwayat waktu respon dinamik struktur yang berperilaku *Linear* atau *Non-Linear* terhadap gerakan tanah akibat gempa. Beban gempa didefinisikan dalam fungsi waktu, sehingga respon yang terjadi pada struktur Gedung tergantung dari waktu pembebanan. Akibat beban Gempa Rencana maka struktur akan tetap berperilaku elastik untuk Analisis Linear dan berperilaku inelastik untuk Analisis Non-Linear.

Perencanaan Struktur Gedung Atrivm Residence Surabaya itu sendiri menggunakan Peraturan SNI 1726–2012, SNI 2847–2013 dan SNI 1727–2013. Struktur Gedung ini memiliki jumlah lantai sebanyak 23 Lantai. Pada penelitian ini akan dilakukan Analisa kembali berdasarkan pada standar terbaru SNI 1726–2019 (Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung), SNI 2847–2019 (Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan) dan SNI 1727–2018 (Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain) yang menitikberatkan pada elemen struktur utama guna mengetahui parameter kontrol struktur berupa besaran simpangan, *base shear*, efek torsi, P-Delta, dan parameter kontrol struktur lainnya. Dari parameter-parameter ini penulis dapat mengetahui level kinerja struktur sesuai dengan konsep *Performance Base Seismic Design (PBSD)*.

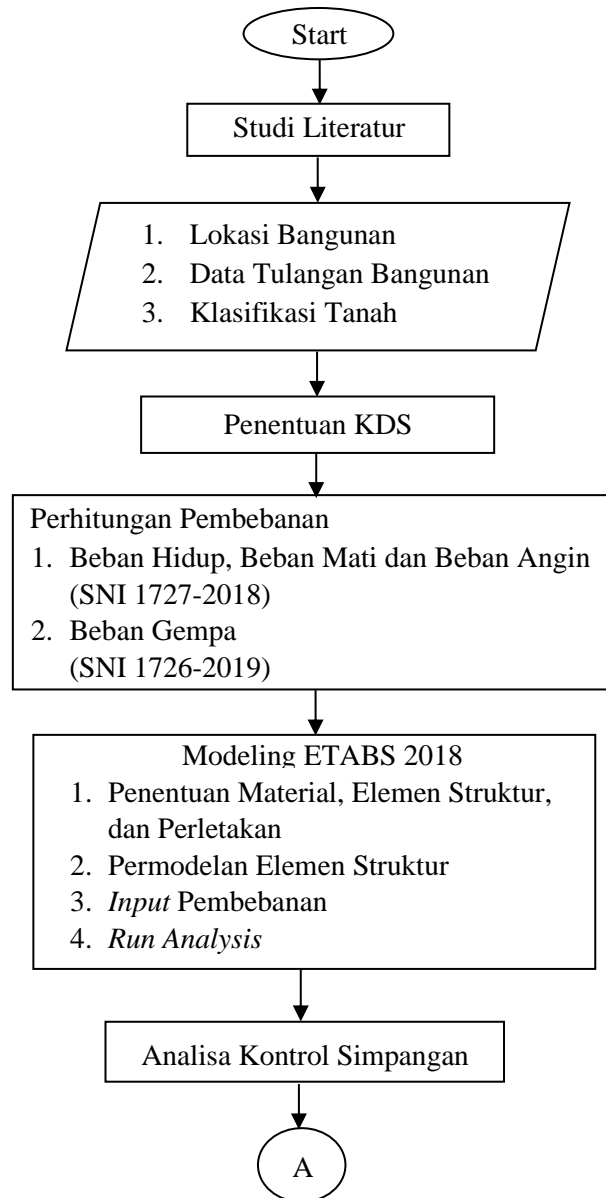
Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang digunakan pada penyusunan Tugas Akhir ini adalah Bagaimana hasil analisis Level Kinerja Struktur dengan metode Non-Linear Time History Analysis?

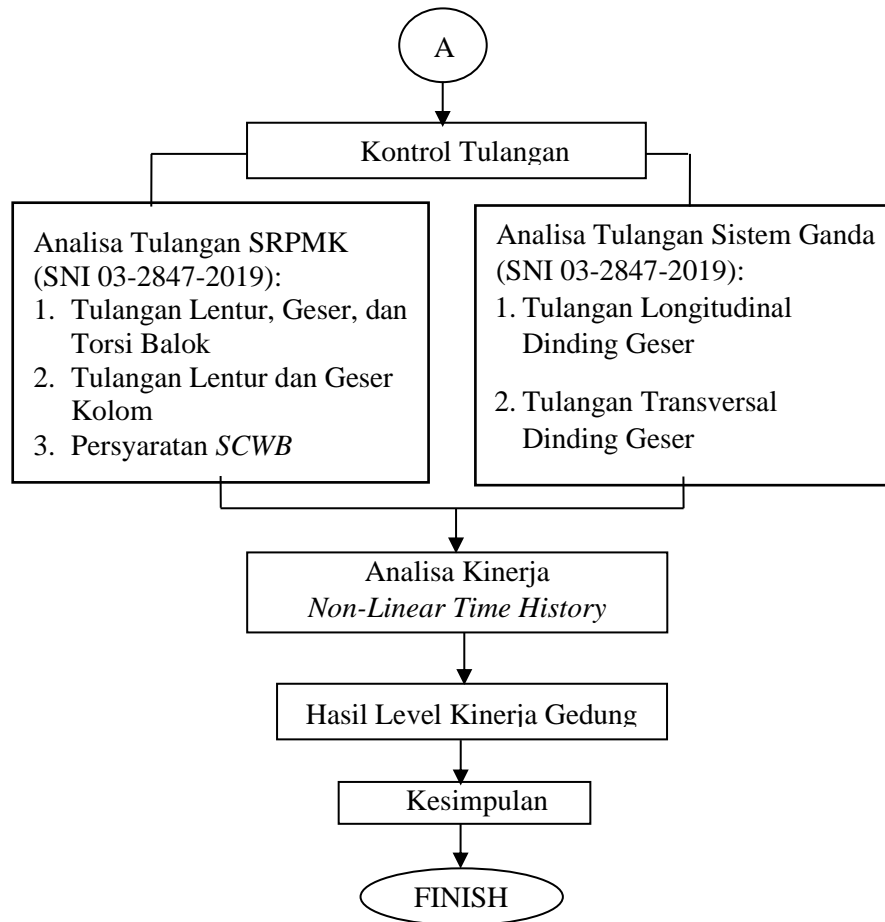
Tujuan Penelitian

Tujuan utama penelitian ini adalah untuk menganalisa Level Kinerja Struktur berdasarkan pada level gempa yang terjadi.

2. METODE PENELITIAN

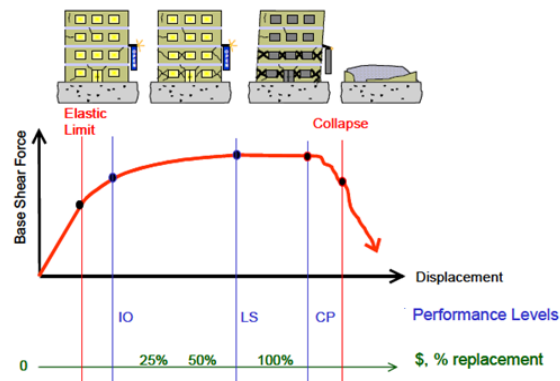


Gambar 1. Diagram Alir
(Sumber: Kajian Penulis)

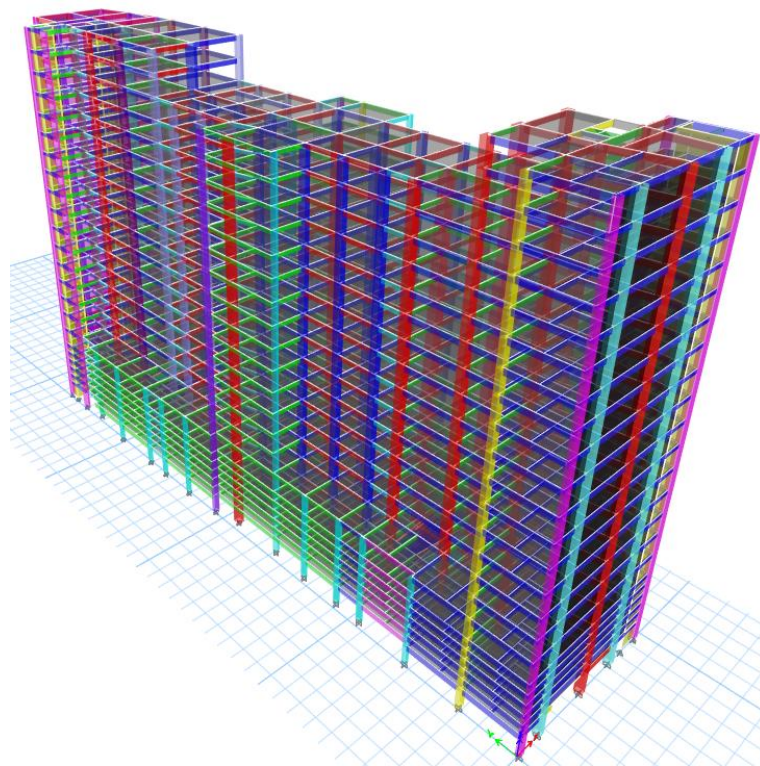


Gambar 1. Diagram Alir (Lanjutan)
(Sumber: Kajian Penulis)

Tujuan analisis kinerja yaitu untuk menentukan tingkatan kinerja yang diinginkan dari bangunan. Kinerja seismik dengan menetapkan tingkat kerusakan maksimum yang diizinkan untuk mengidentifikasi bahaya gempa. Dalam perencanaan gedung selain penggunaan beban gravitasi juga menggunakan beban gempa, yang mana beban gravitasi berupa beban mati (*Dead Load*) dan beban hidup (*Live Load*) dan analisis beban gempa menggunakan *Non-Linear Time History Analysis* yaitu nilai pencatatan sejarah waktu pergerakan gempa.



Gambar 2. Ilustrasi Perancangan Berbasis Kinerja
(Sumber: Kajian Penulis)



Gambar 3. Permodelan Gedung Beton Bertulang Atrivm Residence
(Sumber: Kajian Penulis)

Proses Spectra Matching

Proses yang paling penting pada Analisa Riwayat Waktu (*Time History Analysis*) adalah *Spectra Matching* (Penyesuaian Spektrum). Tujuan utama dalam proses ini adalah menyesuaikan *Elastic Response Spectrum (ERS)* yang diperoleh dari *Ground Motion* dengan *Elastic Design Spectrum (EDS)* yang berasal dari SNI 1726:2019.

a. *Elastic Response Spectrum*

Dengan menggunakan *SeismoMatch*, *ground motion* yang di *input* akan menghasilkan *pseudo-acceleration* atau biasa dikenal dengan *Elastic Response*

Spectrum (ERS). Grafik *ERS* inilah yang akan digunakan sebagai parameter dalam proses *Spectra Matching*. Pada tahap selanjutnya grafik *ERS* tersebut akan dilakukan proses *Matching* terhadap *Elastic Design Spectrum (EDS)*.

b. Menentukan Range Periode *Spectra Matching*

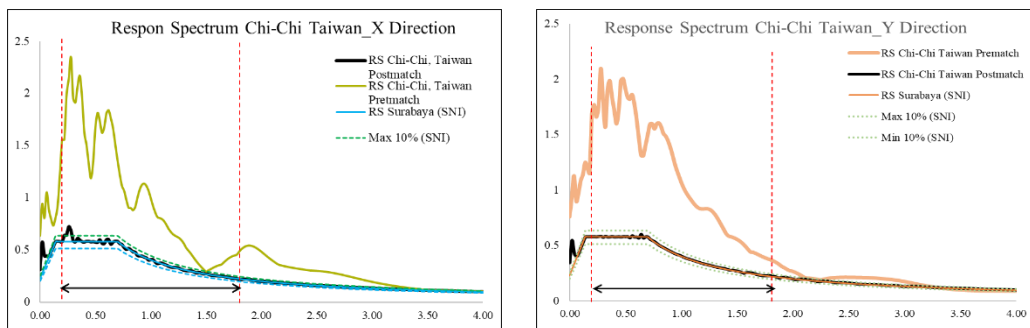
Sebelum melakukan *Spectra Matching*, perlu ditentukan terlebih dahulu *range* periode yang dijadikan focus *Matching*. *Range* tersebut diatur pada SNI 1726–2019; Pasal 7.9.2.3.1, yang berbunyi “*tiap komponen dari gerak tanah harus dicocokkan (matching) dalam rentang $0,8T_{lower}$ sampai dengan $1,2T_{upper}$* ”.

c. *Matching* Grafik *ERS* terhadap *EDS*.

Setelah nilai *range* ditentukan, proses *matching* grafik *ERS* terhadap *EDS* dengan menggunakan *software SeismoMatch*, dapat dilakukan. Dengan diperoleh *spectra matched* tiap *ground motion*, maka secara otomatis pula diperoleh *ground motion* baru dari *software SeismoMatch*. *Ground motion* tersebut yang akan digunakan untuk di *input* kedalam *software ETABS* guna didefinisikan sebagai beban gempa.

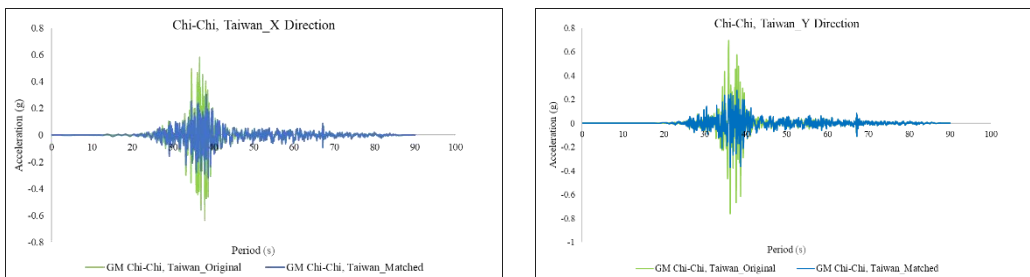
d. Memeriksa Persyaratan SNI 1726–2019

Bila proses *matching* selesai dilakukan, selanjutnya memeriksa syarat *matching* berdasarkan SNI 1726–2019, dimana pada rentang $0,8T_{lower}-1,2T_{upper}$, nilai rata-rata (*mean*) hasil *spectra matching* tidak kurang dari 10% dan tidak lebih dari 10% dari *Elastic Design Spectrum (EDS)*.



Gambar 4. Contoh Grafik *Elastic Design Spectrum (EDS)*

(Sumber: Kajian Penulis)

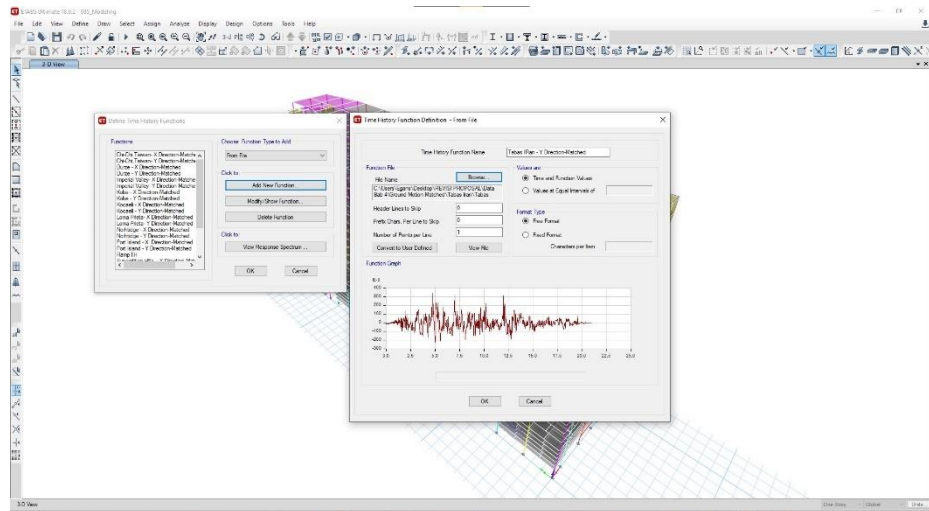


Gambar 5. Contoh Grafik Data *Ground Motion*

(Sumber: Kajian Penulis)

Input Grafik Ground Motion Post Spectra Matching

Pada tahap ini akan dilakukan proses *input ground* hasil *matching*. Dalam kasus ini, terdapat 11 (sebelas) pasang *Ground Motion* yaitu arah-*x* dan arah-*y*, sehingga terdapat 22 *Ground Motion* yang akan di-*input*. Adapun cara meng-*input* pada ETABS adalah *Define – Functions – Time History*. Kemudian akan muncul *toolbox* baru kemudian pada bagian *Choose Function Tipe To Add* pilih *From File – Add New Function* kemudian pilih *file notepad* dari *Ground Motion* yang diinginkan, maka hasil yang akan tampak seperti **Gambar 6**



Gambar 6. *Input Ground Motion Hasil Spectral Matching*
(Sumber: Kajian Penulis)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

– Data Perencanaan Struktur

➤ Data Umum Bangunan

- Fungsi Bangunan : Apartemen
- Jumlah Lantai : 23 Lantai
- Tinggi Gedung : 62.3 m
- Pemilik Proyek : PT. Persada Mulia Unisukses
- Konsultan : Puri Widya Kencana
- Luas Bangunan : 2.387 m²
- Struktur Atap : Pelat Beton

➤ Data Bahan

- Mutu Beton : K350 = 35 Mpa
- Mutu Tulangan Lentur (f_y) : U40 = 400 Mpa
- Mutu Tulangan Geser (f_{ys}) : U40 = 400 Mpa

– Hasil Output Partisipasi Massa

Berdasarkan SNI-03-1726-2019 Pasal 7.9.1 Analisa harus dilakukan untuk menentukan ragam getar alami untuk struktur. Analisa harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar 100% dari massa struktur. Untuk mencapai

ketentuan ini, untuk ragam satu badan kaku (*Single Rigid Mode*) dengan periode 0.05 detik, diizinkan untuk mengambil semua ragam dengan periode di bawah 0.05, tetapi dalam aspek pengecualian, sebagai alternatif, Analisa diijinkan untuk memasukkan jumlah ragam minimum untuk mencapai massa ragam terkombinasi paling sedikit 90% dari massa actual dalam masing-masing arah horizontal orthogonal dari respons yang ditinjau model.

Pada **Tabel 1.** menunjukkan ragam respons mencapai lebih dari 90% untuk arah X berada pada mode 10 dan untuk arah Y berada pada mode 11. Dapat disimpulkan ketentuan berdasarkan SNI 03-1726-2019 Pasal 7.9.1.1 telah memenuhi syarat.

Tabel 1. Hasil *Output* Partisipasi Massa

Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY
	sec					
1	2.155	0.3506	0.0014	0	0.3506	0.0014
2	2	0.1989	0.0786	0	0.5495	0.08
3	1.897	0.0417	0.5287	0	0.5911	0.6087
4	0.646	0.1047	0.00003222	0	0.6958	0.6087
5	0.602	0.017	0.0766	0	0.7128	0.6853
6	0.564	0.0193	0.078	0	0.7321	0.7633
7	0.353	0.0941	0.000007269	0	0.8262	0.7633
8	0.336	0.0026	0.0878	0	0.8289	0.8512
9	0.299	0.012	0.0236	0	0.8408	0.8748
10	0.237	0.066	0.0056	0	0.9068	0.8804
11	0.234	0.0036	0.0457	0	0.9104	0.9262
12	0.196	0.0056	0.006	0	0.916	0.9322

(Sumber: Kajian Penulis)

– Perbandingan Simpangan dan Defleksi

Mengacu pada SNI 03-1726-2019, simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) tidak boleh lebih simpangan antar lantai tingkat ijin (Δ_a) = 0.010 ρ hsy, dengan hsy adalah tinggi tingkat (mm). Karena struktur yang dirancang untuk kategori desain seismik D maka batas simpangan antar lantai tingkat tidak boleh lebih dari Δ_a/ρ dengan faktor redudansi(ρ) = 1,3.

Tabel 2. Perbandingan Simpangan dan Defleksi Arah X dan Arah Y

Lantai	Tinggi Lantai (mm)	Δ_a (mm)	δ_x (mm)	$\Delta_a > \delta_x$	Lantai	Tinggi Lantai (mm)	Δ_a (mm)	δ_y (mm)	$\Delta_a > \delta_y$
RoofDeck	3100	23.84615	0.0165	OK	RoofDeck	3100	23.84615	0.0165	OK
Lt 15 Upper	3100	23.84615	0.022		Lt 15 Upper	3100	23.84615	0.011	
Lt 15 Lower	3100	23.84615	0.022		Lt 15 Lower	3100	23.84615	0.0165	
Lt 14 Upper	3100	23.84615	0.022		Lt 14 Upper	3100	23.84615	0.011	
Lt 14 Lower	2900	22.30769	0.022		Lt 14 Lower	2900	22.30769	0.0165	
Lt 13 Upper	3100	23.84615	0.0275		Lt 13 Upper	3100	23.84615	0.0165	
Lt 13 Lower	2900	22.30769	0.0275		Lt 13 Lower	2900	22.30769	0.022	
Lt 12 Upper	3100	23.84615	0.033		Lt 12 Upper	3100	23.84615	0.0165	
Lt 12 Lower	3100	23.84615	0.033		Lt 12 Lower	3100	23.84615	0.022	
Lt 11 Unit	3100	23.84615	0.033		Lt 11 Unit	3100	23.84615	0.022	
Lt 10 Unit	3100	23.84615	0.0385		Lt 10 Unit	3100	23.84615	0.022	
Lt 9 Unit	3100	23.84615	0.033		Lt 9 Unit	3100	23.84615	0.0275	
Lt 8 Unit	3100	23.84615	0.0385		Lt 8 Unit	3100	23.84615	0.022	
Lt 7 Unit	3100	23.84615	0.0385		Lt 7 Unit	3100	23.84615	0.022	
Lt 6 Unit	2900	22.30769	0.033		Lt 6 Unit	2900	22.30769	0.022	
Lt 5 Upper	3100	23.84615	0.033		Lt 5 Upper	3100	23.84615	0.022	
Lt 5 Lower	3000	23.07692	0.0275		Lt 5 Lower	3000	23.07692	0.0165	
Lt 4 (P3B)	1500	11.53846	0.011		Lt 4 (P3B)	1500	11.53846	0.0055	
Lt 3 (P3A)	1500	11.53846	0.0055		Lt 3 (P3A)	1500	11.53846	0.0055	
Lt 3 (P2B)	1500	11.53846	0.011		Lt 3 (P2B)	1500	11.53846	0.0055	
Lt 2 (P2A)	1500	11.53846	0.0055	Lt 2 (P2A)	1500	11.53846	0.0055		
Lt 2 (P1B)	1500	11.53846	0.0055	Lt 2 (P1B)	1500	11.53846	0.0055		
P1A	2800	21.53846	0.0055	P1A	2800	21.53846	0.0055		

(Sumber: Kajian Penulis)

– **Kontrol Tulangan Penampang**

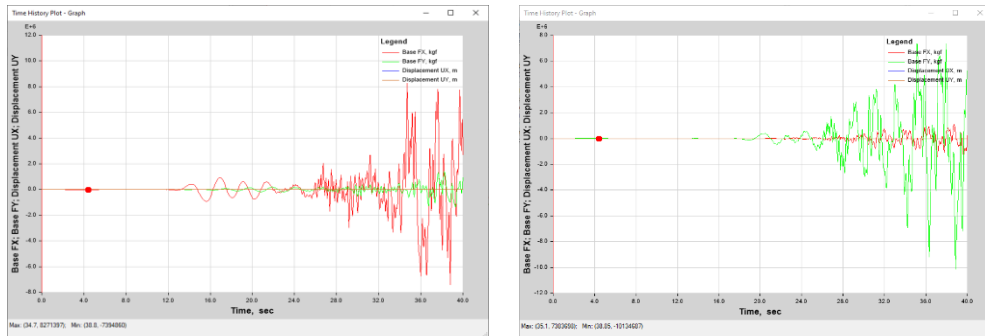
Berdasarkan SNI 2847–2019, kontrol kapasitas penampang pada tiap komponen struktur yakni Kolom, Balok dan Dinding Geser telah memenuhi persyaratan. Berikut adalah tabel dimensi dan penulangan penampang hasil Analisa Struktur

Tabel 3. Dimensi dan Penulangan Komponen Struktur

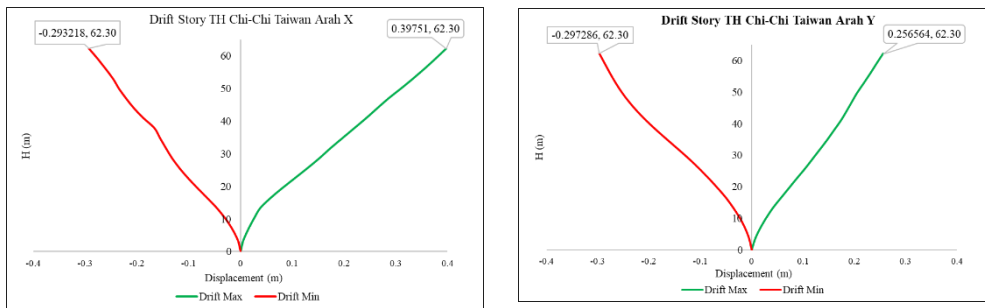
Penampang	Dimensi	Tulangan
	(mm)	
Balok	400 × 700	Tul Atas : 14 – D19
		Tul Bawah : 7 – D19
		Tul Sengkang : 4D10 – 100
		Tul Torsi : 2 – D10
Kolom	700 × 1.400	Tul Utama : 36-D32
		Tul Sengkang : D10-100
Dinding Geser	5.600 × 350	Tul Transversal : D16 – 150
		Tul Longitudinal : D16 – 100

(Sumber: Kajian Penulis)

– **Analisa Level Kinerja**



Gambar 7. Contoh *Plot Base Shear Reaction* Akibat Beban Gempa NLTHA
(Sumber: Kajian Penulis)



Gambar 8. Contoh Grafik *Drift Story* Akibat Beban Gempa NLTHA
(Sumber: Kajian Penulis)

– **Evaluasi Level Kinerja Struktur *Non-Linear Time History Analysis* berdasarkan ATC-40**

Berdasarkan SNI 1726–2019; Pasal 11.3.1.2; Hal 170; Rasio rata-rata dari simpangan antar tingkat harus tidak melebihi dua kali batas pada Tabel 20 (SNI 1726–2019). Rasio dari simpangan lantai harus dihitung sebagai interval defleksi terbesar dari titik sejajar vertikal di atas dan bawah lantai yang dipertimbangkan sepanjang tepi struktur. Untuk struktur dinding geser pasangan bata, batasan Tabel 20 (SNI 1726–2019) yang berlaku untuk struktur pasangan bata tidak boleh diterapkan dan struktur ini harus sesuai dengan batasan untuk struktur lainnya .

Tabel 4. Level Kinerja Struktur Gedung Arah X berdasarkan ATC-40

Output Case	Dt	Max Drift	Performance Level
	m		
Chi-Chi Taiwan	0.39751	0.0063806	IO
Durze_Turkey	0.360773	0.0057909	
Imperial Valley	0.382949	0.0061469	
Kobe	0.223135	0.0035816	
Kocaeli	0.115648	0.0018563	
Loma Prieta	0.347533	0.0055784	
Northridge	0.283334	0.0045479	
Port Island	0.261067	0.0041905	
Supersition Hills	0.232967	0.0037394	
Sylmar-Northridge	0.312804	0.0050209	
Tabas Iran	0.226266	0.0036319	

(Sumber: Kajian Penulis)

Tabel 5. Level Kinerja Struktur Gedung Arah Y berdasarkan ATC-40

Output Case	Dt	Max Drift	Performance Level
	m		
Chi-Chi Taiwan	0.256564	0.0041182	IO
Durze_Turkey	0.297521	0.0047756	
Imperial Valley	0.281979	0.0045261	
Kobe	0.315497	0.0050642	
Kocaeli	0.160261	0.0025724	
Loma Prieta	0.246506	0.0039568	
Northridge	0.239666	0.003847	
Port Island	0.173768	0.0027892	
Supersition Hills	0.260753	0.0041854	
Sylmar-Northridge	0.287581	0.0046161	
Tabas Iran	0.286331	0.004596	

(Sumber: Kajian Penulis)

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil “Penelitian Kinerja Struktur Gedung Atrivm Residence Surabaya dengan Metode *Non-Linear Time History Analysis*” diperoleh hasil evaluasi kinerja berdasarkan ATC-40 dengan metode *Non-Linear Time History Analysis* pada Gedung Atrivm Residence diperoleh hasil analisis perhitungan *Maximum Total Drift Ratio* diperoleh pada arah X sebesar 0,0063 yang disebabkan oleh Gempa TH Chi-Chi Taiwan dan arah Y sebesar 0,0051 yang disebabkan oleh Gempa TH Kobe. Kedua nilai tersebut kurang dari 0,01 sehingga disimpulkan bahwa Performance Level Gedung Atrivm Residence dikategorikan IO (*Immediate Occupancy*).

5. REFERENSI

- Anam, Syaiful. 2019. “*Studi Perbandingan Level Kinerja Bangunan Srpkm 6 Lantai Dengan Menggunakan Metode Pushover Dan Non-Linear Time History Analysis*”. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
- Fahmianto, Syahrizal. 2019. “*Evaluasi Kinerja Gedung SPRMK Betingkat Dengan Menggunakan Metode Pushover Analysis Dan Non-Linier Time History Analysis Sesuai Peraturan Gempa SNI 03-1726-2012 dan Peraturan Gempa 03-1726-2019*”. Tugas Akhir, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Negeri Yogyakarta.
- FEMA-273. 1997. *NEHRP Guidelines For Seismic Rehabilitation Of Building, Phase I*. Virginia: American Society Of Civil Engineers.
- FEMA-273. 2000. *Prestandard and Commentary For The Seismic Rehabilitation Of Building*. Virginia: American Society Of Civil Engineers.
- Lesmana, Yudha. 2019. “*Konsep dan Desain Sistem Rangka Momen Khusus (SRMK) Beton Bertulang Tahan Gempa Berdasarkan SNI 2847:2013 dan SNI 1726:2012*”. Surabaya: Deepublish.
- Lesmana, Yudha. 2020. “*Handbook Prosedur Analisa Beban Gempa Struktur Bangunan Gedung Berdasarkan SNI 1726-2019*”. Makasar: Nas Media Pustaka.
- Lesmana, Yudha. 2020. “*Handbook Desain Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847-2019*”. Makasar: Nas Media Pustaka.
- Lesmana, Yudha. 2020. “*Handbook Analisa dan Desain Shear Wall Beton Bertulang Dual System Berdasarkan SNI 2847-2019 & 1726-2019*”. Makasar: Nas Media Pustaka.
- Pacific Earthquake Engineering Research center, 2021. Available at: <http://peer.berkeley.edu>*
- Puji Susanto, 2018. “*Analisa Perbandingan Perilaku Gedung Fixed Base dan Isolated Structure Pada Daerah Zona Gempa Tinggi Akibat Beban Gempa Non-Linear Time History Analysis*” Tugas Akhir, Fakultas Teknik Sipil, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
- PUSKIM, 2021 Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman, Available at: <http://puskim.pu.go.id>.*
- SNI 03-2847-2019 “*Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*”
- SNI 03-1726-2019 “*Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Gedung*”
- SNI 03-1727-2018 “*Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*”