
Kinerja Struktur Gedung Perkuliahan 10 Lantai Berdasarkan Analisis Nonlinier Pushover dan Atc-40 (Studi Kasus : Graha Wiyata UNTAG Surabaya)

Mahega Adi Prasetya¹

Balai Besar Wilayah Sungai Pemali Juana Semarang Jawa Tengah

E-mail: mahega803@gmail.com

Ibnusina Wirakusuma²

Inspektorat Daerah Pemerintah Kabupaten Sidoarjo

E-mail: ibnusina.wirakusuma@gmail.com

Gede Sarya³

Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

E-mail: gedesarya@untag-sby.ac.id

Abstrak

Pembangunan struktur gedung tahan gempa sangat penting di Indonesia, mengingat sebagian besar wilayahnya terletak dalam wilayah gempa dengan intensitas moderat hingga tinggi. Intensitas dan besaran gempa yang terjadi di Indonesia selama ini, menyebabkan peraturan gempa di Indonesia selalu dievaluasi dan diperbaiki. Gedung Graha Wiyata UNTAG Surabaya dibangun pada tahun 1988/1990 dan pembebanan gempa yang digunakan masih berdasarkan SNI gempa tahun 1983 sehingga perlu dievaluasi ketahanannya berdasarkan peraturan gempa terbaru yaitu SNI 1726:2019. Penelitian ini bertujuan menganalisis level kinerja bangunan Gedung Graha Wiyata UNTAG Surabaya dengan beban gempa berdasarkan SNI 1726:2019 menggunakan analisis nonlinier Pushover. Level kinerja bangunan ditentukan berdasarkan peraturan ATC-40. Dari hasil analisis nonlinier didapatkan nilai drift ratio sebesar 0,007 (arah x) dan 0,0027 (arah y). Berdasarkan ATC-40, level kinerja bangunan yang didapatkan adalah Immediate Occupancy (IO), dimana tidak ada kerusakan yang berarti pada struktur, bangunan dapat tetap berfungsi dan tidak terganggu dengan masalah perbaikan.

Kata kunci: analisis pushover, level kinerja, SNI 03-1726-2019, ATC-40.

Abstract

The construction of earthquake-resistant building structures is very important in Indonesia, considering that most of its areas are located within earthquake areas with moderate to high intensity. The intensity and magnitude of earthquakes that have occurred in Indonesia, cause earthquake regulations in Indonesia always be evaluated and improved. Graha Wiyata UNTAG Surabaya was built in 1988/1990 and the earthquake design based on the SNI earthquake of 1983 therefore it needs to be evaluated for its resilience based on the latest earthquake regulations, namely SNI 1726: 2019. This study aims to analyze the performance level of the Graha Wiyata UNTAG Surabaya Building building with earthquake load based on the SNI 1726:2019 using Pushover nonlinear analysis. The performance level of the building is determined based on ATC-40. Results of the nonlinear analysis are obtained drift ratio value of 0.007 (x-direction) and 0.0027 (y-direction). Based on ATC-40, the level of building performance is categorized as Immediate Occupancy (IO), where there is no significant damage to the

structure, building can remain functional and not be disturbed by repair problems.

Keywords: *pushover analysis, performance level, SNI 03-1726-2019, ATC-40*

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang secara geografis terletak diantara lempeng tektonik dunia yang menyebabkan wilayahnya sering mengalami fenomena gempa bumi. Dalam beberapa tahun terakhir ini, terdapat gempa dengan magnitudo cukup besar yang terjadi di beberapa wilayah di Indonesia, antara lain gempa Aceh (8,5 SR pada April 2012), gempa Pidie Jaya (6,5 SR pada Desember 2016), gempa Lombok (6,4 SR dan 7 SR pada 2018) serta gempa Donggala-Palu (7,4 SR pada September 2018) [1].

Intensitas dan besaran gempa yang terjadi di Indonesia selama ini, menyebabkan peraturan gempa di Indonesia selalu dievaluasi dan diperbaiki. Peraturan gempa Indonesia diawali oleh Peraturan Tahan Gempa Indonesia untuk Gedung (PPTI-UG) tahun 1983, SNI 03-1726 tahun 2002 berdasarkan peta percepatan puncak di batuan dasar Indonesia periode ulang 500 tahun dan yang terbaru SNI 03-1726 tahun 2019 berdasarkan peta gempa 2017 dan mengacu pada ASCE 7-16 [1] [2].

Graha Wiyata merupakan salah satu gedung yang ada di Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya. Gedung ini dibangun pada tahun 1988-1990, oleh karena itu perlu dievaluasi kinerjanya untuk SNI gempa menggunakan pembebanan gempa terbaru yaitu SNI 03 1726-2019. Kinerja struktur ini dianalisa untuk mengetahui level kinerja dari bangunan jika terkena beban gempa rencana sesuai peraturan SNI gempa terbaru, dimana level kinerja yang diijinkan adalah bangunan dapat tetap berdiri walaupun sudah diambang keruntuhan (*Life Safety*).

Metode analisis yang dapat digunakan untuk mengetahui kinerja struktur adalah metode analisis nonlinier pushover dan analisis nonlinier riwayat waktu. Metode analisis nonlinier pushover memiliki perhitungan yang lebih sederhana jika dibandingkan dengan analisis nonlinier riwayat waktu [3] [4]. Analisis nonlinier pushover menggunakan beban lateral static yang nilainya ditingkatkan secara berangsur-angsur sampai struktur mengalami pelelehan (sendi plastis) [4].

Oleh karena itu, penelitian ini akan menganalisis kinerja dari Gedung Graha Wiyata berdasarkan peraturan gempa SNI 03-1726-2019 dengan menggunakan analisis nonlinier pushover.

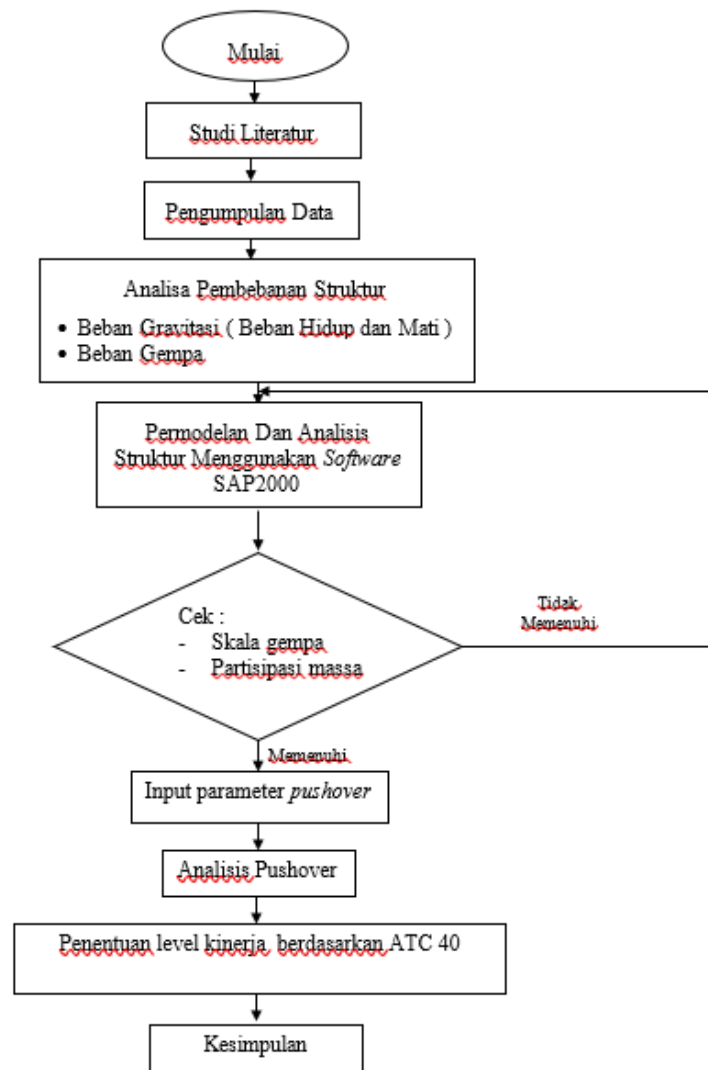
2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan software SAP2000 v 21.0.0 *student version* untuk memodelkan struktur bangunan Deskripsi bangunan terkait dimensi denah, jumlah lantai, tinggi bangunan serta data bangunan lainnya ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Deskripsi Bangunan

Kriteria	Deskripsi
Sistem Struktur	- SRPM (arah x) - Struktur dengan dinding geser (arah y)
Fungsi Bangunan	Gedung Perkuliahan
Material	Beton Bertulang
Jumlah Lantai	10 lantai
Lokasi	Surabaya
Tipe Tanah	Tanah Lunak
Panjang Bangunan	45 m
Lebar Bangunan	41 m
Tinggi Bangunan	39 m
Tinggi antar tingkat	4 m
Dimensi balok	50/80 cm ; 40/50 cm
Dimensi kolom	120/120 cm; 60/60 cm

Tahapan penelitian dapat dilihat pada diagram alir di bawah ini.



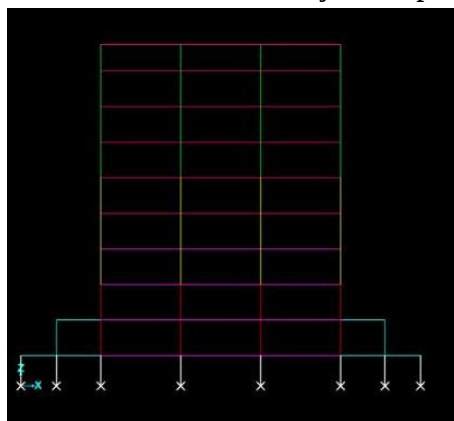
Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Beban yang diinputkan pada permodelan struktur bangunan antara lain : Beban gravitasi, yang terdiri dari beban mati dan beban hidup berdasarkan SNI 03-1727-2013 [5] serta Beban gempa, yang dianalisis berdasarkan SNI 03-1726-2019 [6] dan respon spectrum kota Surabaya. Respon spektrum yang digunakan dalam pembebanan dapat dilihat pada gambar 2.

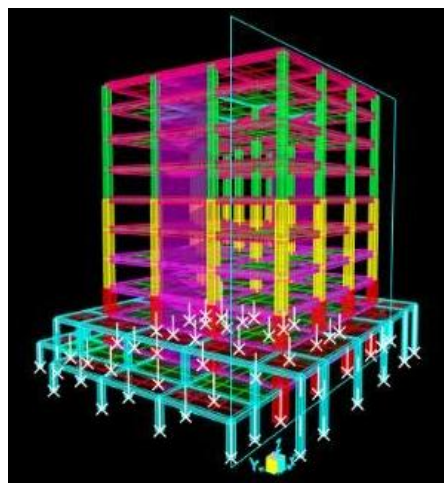


Gambar 2 Respon Spektra Tanah Lunak Kota Surabaya

Metode analisis nonlinier struktur menggunakan analisis nonlinier *pushover*. Penentuan target perpindahan dan level kinerja struktur menggunakan metode ATC-40. Permodelan struktur pada software SAP2000 ditunjukkan pada gambar 3 dan gambar 4.



Gambar 3 Permodelan Struktur (2-D view)

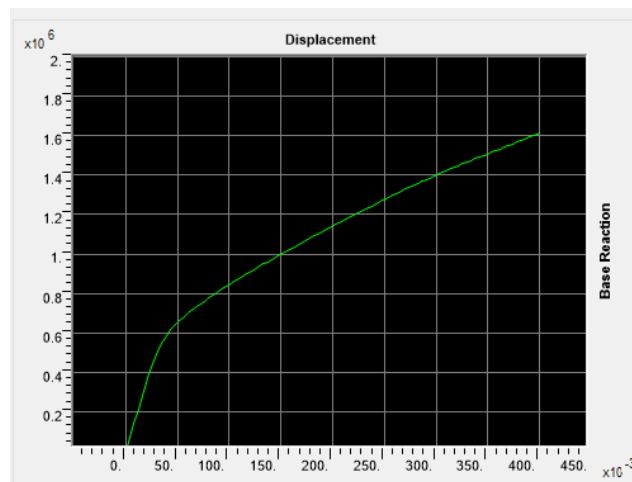


Gambar 4 Permodelan Struktur (3-D view)

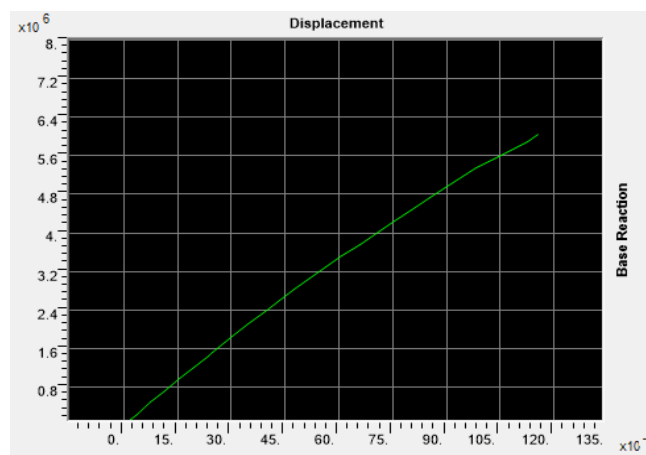
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kurva Kapasitas Analisis *Pushover*

Kurva kapasitas hasil analisis *Pushover* merupakan kurva yang menggambarkan hubungan antara gaya geser dasar (base shear) dan simpangan atap (*roof displacement*) [5] serta menggambarkan kekakuan dan daktilitas struktur [6]. Hasil kurva kapasitas struktur ditunjukkan pada gambar 5 dan gambar 6, masing-masing untuk arah x dan arah y.



Gambar 5 Kurva Kapasitas Pushover (arah x)

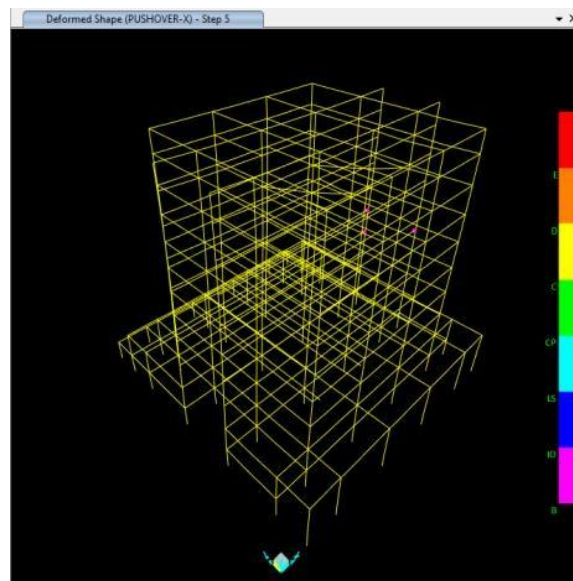


Gambar 6 Kurva Kapasitas Pushover (arah y)

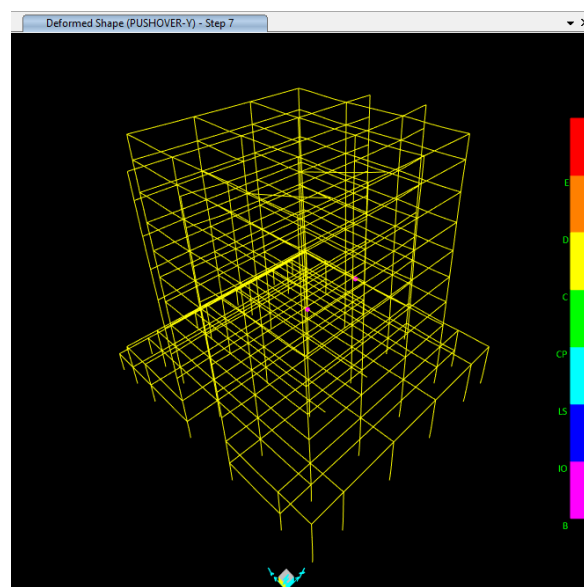
Gambar 5 menunjukkan bahwa berdasarkan kurva kapasitas struktur arah x, nilai maksimum gaya geser yang dapat diterima struktur adalah sebesar 1.616.120, 47 kg dengan nilai perpindahan maksimum sebesar 0,399 m. Sedangkan pada gambar 6, kurva kapasitas arah y menunjukkan bahwa nilai maksimum gaya geser yang dapat diterima struktur adalah sebesar 6.036.499,16 kg dengan nilai perpindahan maksimum sebesar 0,115 m.

3.2. Mekanisme Sendi Plastis

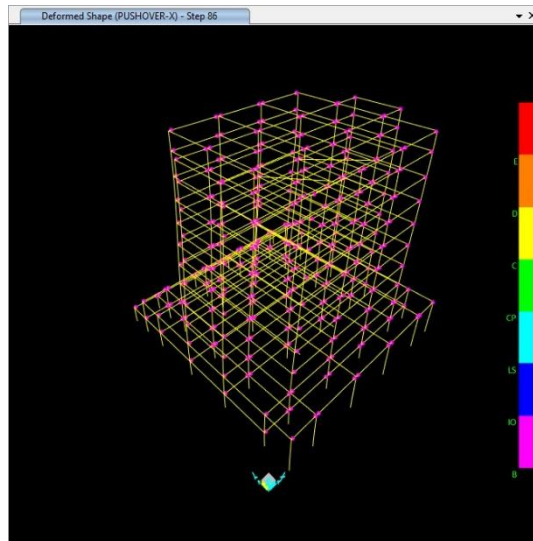
Sendi Plastis merupakan kondisi terjadinya rotasi terus menerus akibat beban siklik, sehingga mulai terbentuk retak-retak akibat adanya regangan baja tarik yang cukup besar. Sendi plastis harus dirancang sedemikian rupa agar menjadi daktil, sehingga mampu sebagai lokasi pendisipasian energi secara stabil. Berdasarkan konsep *Strong Column Weak Beam*, maka dikehendaki sendi plastis atau leleh pertama terjadi di elemen balok. Gambar 7 sampai dengan gambar 12 menunjukkan mekanisme terbentuknya sendi plastis struktur yang terbentuk dari hasil analisis pushover.



Gambar 7 Kondisi leleh pertama struktur pada arah x

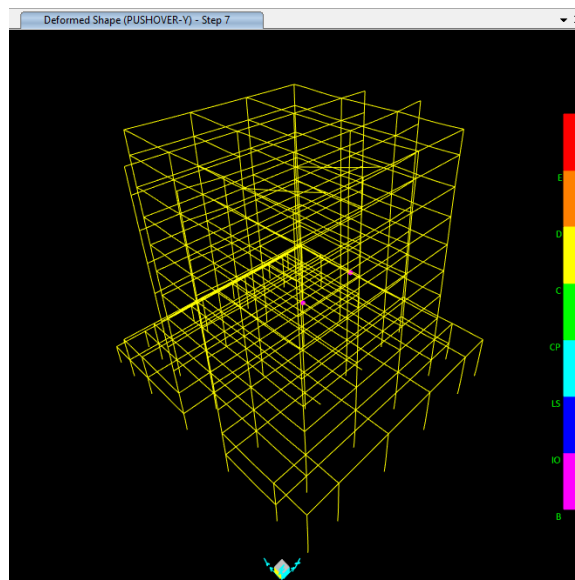


Gambar 8 Kondisi *performance point* struktur pada arah X

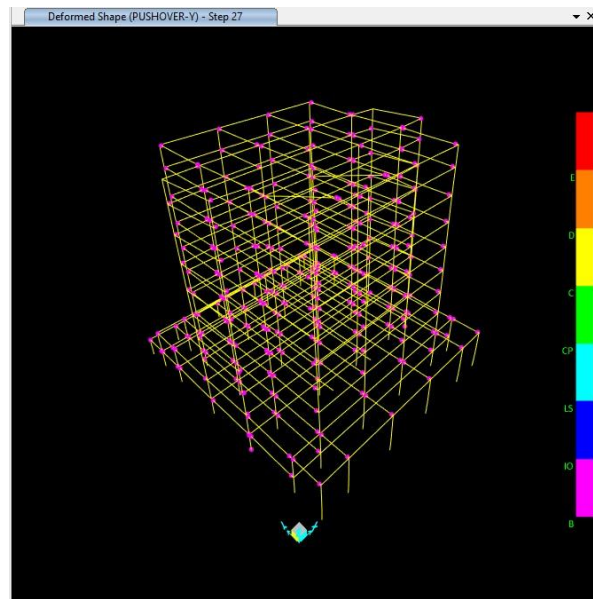


Gambar 9 Kondisi terakhir pasca keruntuhan arah x

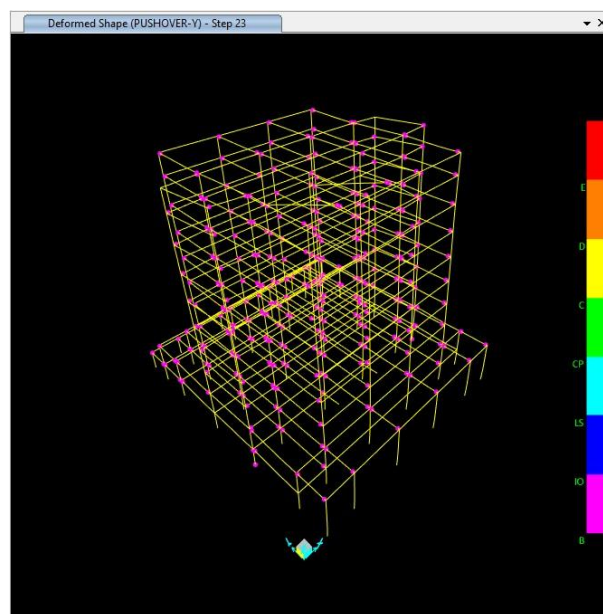
Dari gambar diatas dapat diketahui bahwa sendi plastis pertama kali terjadi pada step 5 dan selanjutnya kondisi saat *performance point* terjadi balok step 56 dan yang terakhir titik plastis terjadi pada step 86, dimana kinerja sendi plastis yang terbentuk adalah kondisi IO (Immediate Occupancy). Kondisi yang menjelaskan bahwa setelah terjadinya gempa, tidak terjadi kerusakan berarti pada struktur. Komponen utama struktur tidak terdislokasi dan tidak runtuh, sehingga risiko korban jiwa terhadap kerusakan struktur sangat rendah.



Gambar 10 Kondisi leleh pertama struktur pada arah y



Gambar 11 Kondisi *performance point* pada arah Y



Gambar 12 Kondisi terakhir pasca keruntuhan arah Y

Dari gambar diatas dapat diketahui bahwa keruntuhan terjadi pertama kali pada balok pada step 7 dan selanjutnya kondisi saat *performance point* terjadi balok step 23 dan yang terakhir titik plastis terjadi pada step 27, dimana kinerja sendi plastis yang terbentuk adalah kondisi IO (Immediate Occupancy).

3.3. Level Kinerja Struktur Berdasarkan ATC-40

Metode spektrum kapasitas atau disebut juga *Capacity Spectrum Method* berdasarkan ATC-40 merupakan salah satu metode untuk dapat mengetahui kinerja struktur dengan menganalisis titik kinerja (*performance point*) yang terbentuk dari perpotongan antara kurva *capacity spectrum* dan *demand spectrum* [7] [8] .*Capacity*

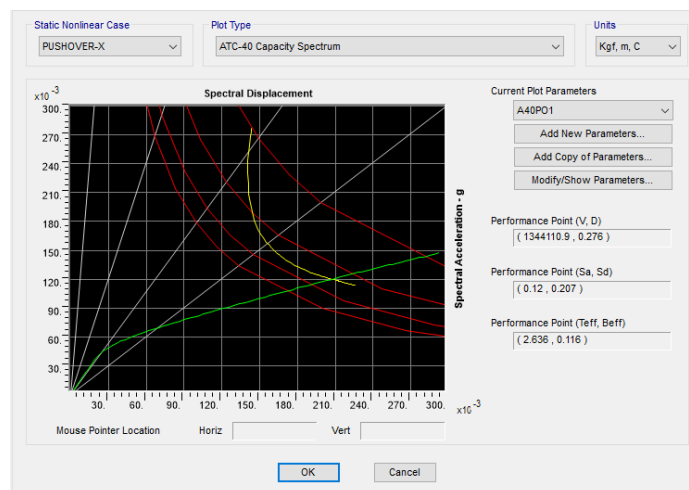
Spectrum atau spektrum kapasitas menunjukkan kapasitas struktur terhadap beban yang diberikan sedangkan *demand spectrum* menunjukkan beban gempa yang diberikan pada struktur berdasarkan kurva respon spektrum lokasi struktur.

Berdasarkan ATC-40 terdapat 4 (empat) level kinerja bangunan, yaitu *Operational (O)*, *Immediate Occupancy (IO)*, *Life Safety (LS)* dan *Collapse prevention (CP)* [6]. Batasan kinerja struktur berdasarkan ATC-40 dapat dilihat pada tabel 2.

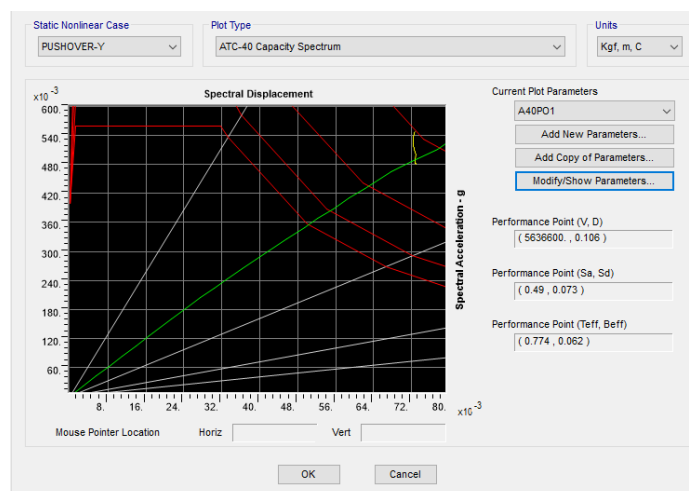
Tabel 2. Batasan Kinerja Struktur (ATC-40) [9]

Parameter	Performance Level			
	IO	Damage control	LS	Structural Stability
Maximum Total Drift	0,01	0,01 s.d 0,02	0,02	$0,33 \frac{V_i}{P_i}$

Gambar 13 dan gambar 14 menunjukkan kurva pushover berdasarkan ATC-40 untuk arah x dan arah y.



Gambar 13 Kurva Pushover ATC-40 arah x



Gambar 14 Kurva Pushover ATC-40 arah y

Dari gambar 13 dan gambar 14 didapatkan target displacement untuk arah x dan arah y berturut-turut adalah sebesar 0,276 m dan 0,106 m, sehingga untuk hasil level kinerja struktur dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Level Kinerja Struktur (ATC-40) arah x

Arah	Target Displacement (m)	Tinggi bangunan (m)	Max. Total Drift	Level Kinerja
Arah X	0,276	39	0,007	IO
Arah Y	0,106	39	0,0027	IO

Hasil perhitungan *drift ratio* dan batasan level kinerja berdasarkan ATC-40 menunjukkan bahwa gedung yang ditinjau termasuk dalam kategori *Immediate Occupancy* (IO) dikarenakan nilai *drift ratio* kurang dari 0.01. Hal tersebut menunjukkan bahwa bila terjadi gempa bumi gedung tidak akan mengalami kerusakan struktur yang berarti sehingga bangunan tersebut tetap aman dan dapat segera berfungsi kembali.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis pushover, gedung yang ditinjau mempunyai nilai maksimum gaya geser sebesar 1.616.120, 47 kg dengan nilai perpindahan maksimum sebesar 0,399 m untuk arah x serta nilai maksimum gaya geser sebesar 6.036.499,16 kg dengan nilai perpindahan maksimum sebesar 0,115 m untuk arah y. Gambar pola keruntuhan struktur menunjukkan bahwa sendi plastis pertama terjadi di balok, kemudian pada step keruntuhan terakhir untuk arah x dan arah y, kategori sendi plastis yang terbentuk adalah *immediate occupancy* (IO). Berdasarkan ATC-40, nilai drift ratio untuk arah x dan arah y adalah sebesar 0,007 dan 0,002, sehingga level kinerja Gedung termasuk dalam kategori *Immediate Occupancy* (IO), yaitu gedung tidak mengalami kerusakan struktur yang berarti dan dapat segera difungsikan kembali.

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah melakukan perbandingan analisis non linier antara metode nonlinier *pushover* (beban dorong) dengan metode nonlinier *time history* (riwayat waktu).

5. REFERENSI

- [1] A. S. N. Sodik dan R. Andayani, "Pengaruh Penerapan SNI 1726:2019 terhadap Desain Struktur Rangka Momen Beton Bertulang di Indonesia," *Jurnal Rekayasa Sipil*, pp. 1-12, 2021.
- [2] PusGen, Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017, Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Pemukiman Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2017.
- [3] Q. H. Tran, J. Huh, V. B. Nguyen, A. Haldar, C. Kang dan K. M. Hwang, "Comparative Study of Nonlinear Static and Time History Analyses of Typical Korean STS Container Cranes," *Advances in Civil Engineering*, pp. 1-13, 2018.

-
- [4] S. Anam, B. Sutriyono dan R. Trimurtiningrum, “Studi Perbandingan Kinerja Gedung Beton Bertulang SRPMK 6 Lantai dengan Menggunakan Metode Pushover dan Nonlinier Time History Analysis,” *Jurnal Ilmiah MITSU*, pp. 33-41, 2020.
 - [5] B. S. Nasional, “SNI 03-1727-2013 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain,” Badan Standardisasi Nasional, Jakarta, 2013.
 - [6] B. S. Nasional, “). SNI 03-1726-2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung,” Badan Standardisasi Nasional, Jakarta, 2019.
 - [7] K. B. Asmara, M. Isneini dan C. N. D.W.S.B.U, “Evaluasi Kinerja Struktur Bangunan Tinggi dengan Analisis Pushover menggunakan Aplikasi Permodelan Struktur (Studi Kasus : The Venetian Tower),” *JRSDD*, vol. 9, no. 1, pp. 177-188, 2021.
 - [8] R. Suwondo dan S. K. Ashour, “Seismic Assessment of RC building According to ATC 40, FEMA 356 and FEMA 440,” *Arab J Sci Eng*, pp. 7691-7699, 2014.
 - [9] Masbudi, E. Purwanto dan A. Supriyadi, “Evaluasi Kinerja Struktur Gedung dengan Analisis Pushover (Studi Kasus : Gedung Bedah Sentral Terpadu Rumah Sakit Bethesda Yogyakarta),” *e-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, pp. 1056-1064, 2015.
 - [10] M. R. Saputra, B. D. Handono dan M. R. Mondoringin, “Evaluasi Kinerja Gedung Fakultas Hukum Universitas Sam Ratulangi akibat Beban Gempa,” *Jurnal Sipil Statik*, vol. 8, no. 5, pp. 679-686, 2020.
 - [11] A. T. Council, “ATC-40 : Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings,” Seismic Safety Commission State of California, California, 1996.