

EVALUASI PERFORMA STRUKTURAL GEDUNG FAKULTAS MIPA UNIVERSITAS JENDERAL SOEDIRMAN TERHADAP GEMPA DENGAN METODE ANALISIS *PUSHOVER*

AN EVALUATION OF STRUCTURAL PERFORMANCE OF THE FACULTY OF MATHEMATICS AND NATURAL SCIENCES BUILDING AT JENDERAL SOEDIRMAN UNIVERSITY AGAINST EARTHQUAKE USING *PUSHOVER* ANALYSIS METHOD

Bangkit Reza P¹, Arif Kurniawan S², Mukti Agung W³

¹²³Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Muhammadiyah Purwokerto

Informasi Artikel

Dikirim, 30 April 2024
Direvisi, 8 Juli 2024
Diterima, 24 Juli 2024

Korespondensi Penulis:

Bangkit Reza Pangestu
Program Studi Teknik Sipil
Universitas Muhammadiyah
Purwokerto
JL. K.H. Ahmad Dahlan
Purwokerto, 53182
Email:
bangkitreza07@gmail.com

ABSTRAK

Indonesia salah satu wilayah yang berada di kawasan gempa aktif, terletak di area Cincin Api Asia Pasifik, serta berada di sentral beberapa lempeng bumi. Dikarenakan letak tersebut wilayah Indonesia sering terjadi gempa bumi. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui apakah struktur gedung Fakultas MIPA Universitas Jenderal Soedirman mampu menahan beban gempa dan memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam SNI 1726-2019. Penelitian ini menggunakan metode analisis *pushover* dengan bantuan *software* ETABS V.20 dalam mengevaluasi kinerja seismik struktur gedung *performance point* dan nilai batas maksimum rasio *drift* yang disesuaikan dengan ATC-40 dan FEMA 356. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai gaya geser (*base shear*) arah x sebesar 9495,73 kN dan arah y sebesar 2076,4281 kN. Serta nilai *displacement* arah x sebesar 0,169842 m, dan arah y sebesar 0,02499 m. Level kinerja berdasarkan ATC-40 diperoleh nilai total *drift* maksimum pada arah x sebesar 0,00455 m, serta pada arah y sebesar 0,00438 m. sedangkan level kinerja berdasarkan FEMA 356 diperoleh nilai perpindahan pada arah x sebesar 0,270 m, serta pada arah y sebesar 0,258687 m. Oleh karena itu, level kinerja pada analisis *pushover* menurut ATC-40, Gedung Fakultas MIPA Universitas Jenderal Soedirman terhadap gempa berada pada level *Immediate Occupancy* (IO). Dan berada pada level *Life Safety* (LS) berdasarkan FEMA 356. Serta pasca terjadinya gempa, struktur gedung tersebut tidak mengalami daktilitas struktur.

Kata Kunci : *Pushover*, Performance, Struktural

ABSTRACT

Indonesia is one of the regions located in an active earthquake area, located in the Asia Pacific Ring of Fire area, and is at the center of several earth plates. Due to this location, Indonesia often has earthquakes. This research was conducted with the aim of knowing whether the structure of the Faculty of MIPA building at Jenderal Soedirman University is able to withstand earthquake loads and meet the requirements set out in SNI 1726-2019. This research uses the *pushover* analysis method with the help of ETABS V.20 software in evaluating the seismic performance of the building structure the *performance point* and the maximum limit value of the *drift* ratio adjusted to ATC-40 and FEMA 356. Based on the calculation results, the x-direction *base shear* force value is 9495,73 kN and the y-direction is 2076,428 kN. as well as the x-direction *displacement* value of 0,169842 m, and the y-direction of 0,02499 m. The performance level based on ATC-40 obtained the maximum total *drift* value in the x direction of 0,00455 m, and in the y direction of 0,00438 m. While the performance level based on FEMA 356 obtained the *displacement* value in the x direction of 0,270 m, and in the y direction of 0,258687 m. Therefore, the performance level in the *pushover* analysis according to ATC-40, the Faculty of Mathematics and Natural Sciences Building of Jenderal Soedirman University against the earthquake is at the *Immediate Occupancy* (IO) level. And is at the *Life Safety* (LS) level based on FEMA 356. And after the earthquake, the building structure did not experience structural ductility.

Keyword : Pushover, Performance, Structural

1. PENDAHULUAN

Dalam menghadapi resiko terjadinya gempa, perlu dipastikan bahwa gedung-gedung bertingkat dirancang dan dibangun dengan memperhatikan performa pada strukturalnya sehingga struktur tersebut dipastikan layak pakai. Kerusakan atau runtuhnya gedung akibat gempa dapat berakibat fatal, dapat memakan korban jiwa serta kerugian ekonomi yang tinggi. Oleh karenanya, penting untuk memahami bagaimana gedung-gedung dapat bertahan selama gempa. Keluarnya peraturan terkait adanya standarisasi dalam perencanaan pembangunan bangunan tahan gempa menjadi aspek yang sangat penting. Hal tersebut tertuang dalam peraturan SNI 1726-2019 yang merupakan pembaruan dari SNI 1726-2012 yang mana revisi tersebut telah memperkenalkan perubahan signifikan dalam pendekatan perencanaan gempa. Oleh karena itu, perlu dilakukan evaluasi terhadap performa struktural gedung-gedung yang telah ada atau sedang dalam masa pembangunan berdasarkan standar ini. Dalam perencanaan perkuatan gedung tidak terlepas dari memperhitungkan beban gempa menurut standar tersebut. Desain berbasis gaya atau *force based design* umumnya digunakan dalam proses perancangan bangunan atau gedung tahan gempa. Dalam peningkatan desain bangunan tahan gempa, mulai diperkenalkannya konsep desain kinerja. Konsep ini mengadopsi perpindahan struktur sebagai pendekatannya (Tavio dan Wijaya, 2018). Penelitian ini mengangkat studi kasus pada gedung dengan struktur beton bertulang dimana fungsi dari gedung tersebut sebagai sarana pendidikan, yaitu Gedung Fakultas MIPA Universitas Jenderal Soedirman. Gedung tersebut terdiri dari 3 lantai serta Rooftop dengan tinggi bangunan 15,30 meter dan luas bangunan 1026 meter persegi. Bangunan ini terletak di Jl. Dr. Soeparno No. 61, Karang Bawang, Grendeng, Kec. Purwokerto, Kab. Banyumas, Jawa Tengah (53122). Sesuai peraturan seismik SNI 1726-2019, percepatan perencanaan seismik untuk kota Purwokerto meningkat secara signifikan dibandingkan dengan SNI 1726-2012. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui apakah struktur gedung tersebut mampu menahan beban gempa dan memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam SNI 1726-2019. Metode analisis pushover digunakan dalam mengevaluasi kinerja seismik struktur gedung berdasarkan performance point yang disesuaikan dengan ATC-40 dan FEMA 356 dengan bantuan software ETABS V.20., serta untuk mengetahui kurva kapasitas dan pengaruh daktilitas struktur gedung tersebut analisis pushover yang dihasilkan dengan panduan FEMA 356, dapat menilai keselamatan bangunan dan menentukan apakah retrofit atau perbaikan diperlukan.

2. METODE PENELITIAN

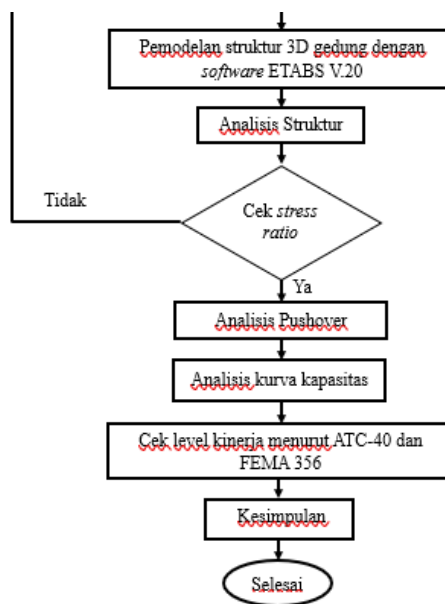
Penelitian menggunakan metode kuantitatif dimana untuk memperoleh data yang akurat untuk penelitian, pengumpulan data harus dilakukan sebelum pemodelan. Proses pengumpulan data sekunder dan informasi tentang bangunan gedung Fakultas MIPA Universitas Jenderal Soedirman, didapatkan informasi berikut:

1. Detail gambar denah proyek gedung Fakultas MIPA Universitas Jenderal Soedirman
2. Detail gambar dimensi balok dan kolom proyek gedung Fakultas MIPA Universitas Jenderal Soedirman
3. Nilai kuat tekan karakteristik beton (K) yang dipakai pada proyek gedung Fakultas MIPA Universitas Jenderal Soedirman
4. Data tanah gedung Fakultass MIPA Universitas Jenderal Soedirman

Data detail gambar kerja yang diperoleh, dipakai sebagai dasar memodelkan struktur gedung dan selanjutnya dianalisis dengan software ETABS V.20, serta referensi Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia di situs rsa.ciptakarya.pu.go.id menggunakan parameter SNI 1726-2019.

2.1. Prosedur Penelitian





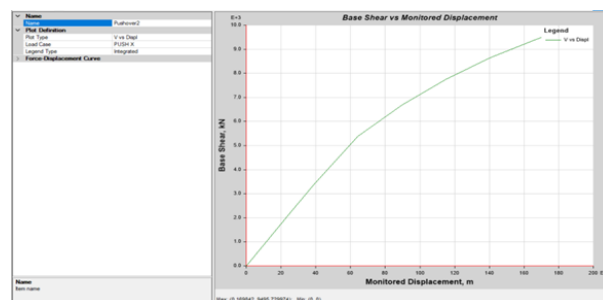
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kurva Kapasitas

Kurva kapasitas adalah kurva yang menunjukkan hubungan antara displacement dengan base shear.

1. Kurva kapasitas arah x



Gambar 2. Kurva kapasitas arah x

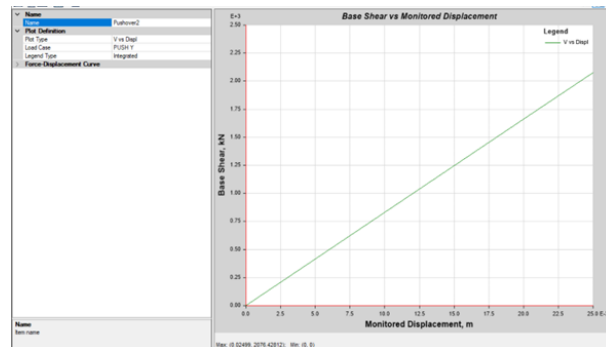
Berdasarkan kurva kapasitas yang diperoleh dari *case pushover* arah x didapat nilai gaya geser maksimum terjadi pada step ke-8.

Tabel 1. Displacement and base force (push x)

Step	Monitored Displ	Base Force
	m	kN
0	0	0
1	0,0252	2198,3169
2	0,038711	3376,8749
3	0,064209	5382,2114
4	0,089793	6687,6847
5	0,114997	7755,7569
6	0,140399	8645,5808
7	0,165708	9382,6263
8	0,169842	9495,73

Sumber : Hasil Analisis

2. Kurva kapasitas arah y



Gambar 3. Kurva kapasitas arah y

Berdasarkan kurva kapasitas yang diperoleh dari *case pushover* arah y didapat nilai gaya geser maksimum terjadi pada step ke-2.

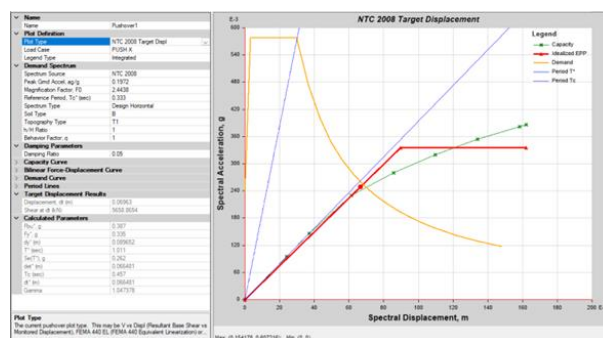
Tabel 2. Displacement and base force (push y)

Step	Monitored Displ m	Base Force kN
0	0	0
1	0,019521	1622,2132
2	0,02499	2076,4281

Sumber : Hasil Analisis

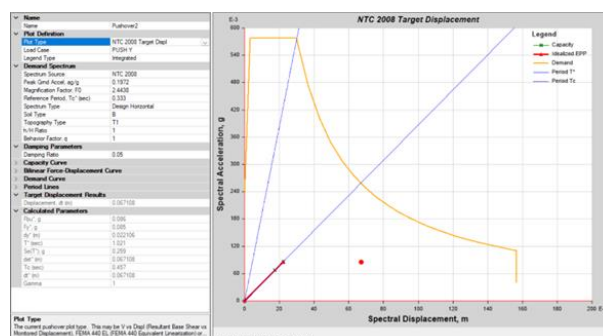
3.2. Metode Analisis Kapasitas Spektrum (ATC-40)

1. Kapasitas spektrum arah x



Gambar 4. Output ATC-40 push x

2. Kapasitas spektrum arah y



Gambar 5. Output ATC-40 push y

3. Rekapitulasi perhitungan simpangan level kinerja

Tabel 3. Rekapitulasi perhitungan simpangan level kinerja

Simpangan antar lantai	Level kinerja		
	Immediate Occupancy	Arah x	Arah y
Simpangan total max	0,01	0,00455	0,00438
Simpangan inelastik max	0,005	0,0002058	0

Sumber : Hasil Analisis

Nilai level kinerja didapat dari persamaan berikut:

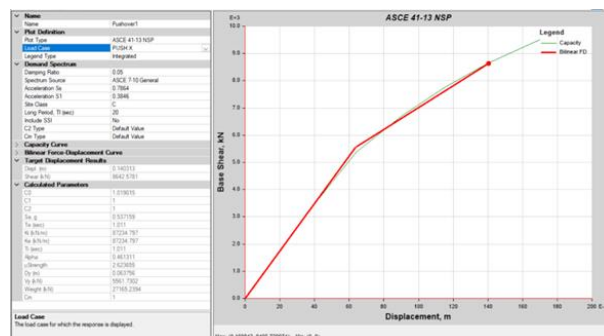
$$\text{Simpangan total max} = \frac{Dt}{H_{total}} \quad (1)$$

$$\text{Simpangan inelastik max} = \frac{Dt-D1}{H_{total}} \quad (2)$$

Berdasarkan hasil tabel 4.14 diatas menunjukan bahwa kondisi gedung pasca gempa termasuk dalam kategori level kinerja IO yang artinya bangunan tidak ada kerusakan yang spesifik pada komponen strukturnya.

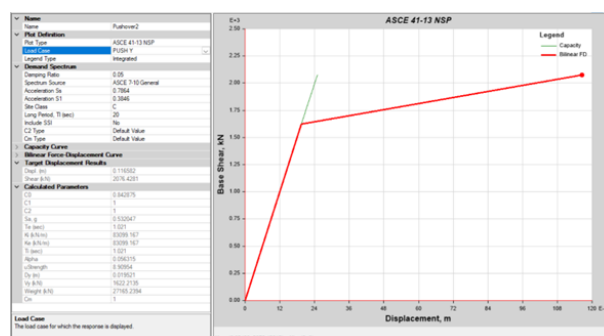
3.3. Metode koefisien perpindahan FEMA 356

1. Koefisien perpindahan arah x



Gambar 6. Output FEMA 356 push x

2. Koefisien perpindahan arah y



Gambar 7. Output FEMA 356 push y

Untuk menentukan nilai target perpindahan (δt) digunakan persamaan berikut:

$$\delta t = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a \frac{T_e^2}{4\pi^2} g \quad (3)$$

Kemudian, untuk mendapatkan nilai C_3 digunakan persamaan berikut:

$$C_3 = 1.0 + \frac{|a| (R-1)^{3/2}}{T_e} \quad (4)$$

Nilai (R) didapat dari persamaan berikut:

$$R = \frac{S_a}{v_y/W} C_m \quad (5)$$

Perolehan hasil perhitungan perpindahan arah x sebesar 0,270 m dan arah y sebesar 0,258687 m. Dari hasil tersebut, nilai perpindahan lebih dari 1,69% - 1,766% dari tinggi bangunan sehingga struktur gedung termasuk dalam kategori *LS (Life Safety)* yang artinya mengalami kerusakan komponen pada strukturnya yang mengakibatkan kekuatan strukturnya berkurang pasca terjadinya gempa.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan pada struktural Gedung Fakultas MIPA Universitas Jenderal Soedirman terhadap gempa dengan menggunakan metode analisis pushover, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

Hasil perhitungan dengan program ETABS V.20 dengan titik tinjau pada label 11 diperoleh nilai gaya geser (base shear) pada arah x = 9495,73 kN dan pada arah y = 2076,4281 kN. Nilai displacement pada arah x = 0,169842 m dan pada arah y = 0,02499 m. Dari perolehan hasil tersebut struktur mengalami kondisi plastis maksimum.

Evaluasi level kinerja berdasarkan ATC-40 diperoleh nilai total drift maksimum pada arah x = 0,00455 m, serta pada arah y = 0,00438 m. Sehingga nilai arah x dan arah y < 0,01 m, maka dari itu nilai total drift tersebut dikategorikan pada level kinerja (IO) sesuai yang disyaratkan oleh ATC-40.

Evaluasi level kinerja berdasarkan FEMA 356 diperoleh nilai perpindahan pada arah x = 0,270 m, serta pada arah y = 0,258687 m. sehingga nilai (x dan y) < (2% dari tinggi gedung), maka total drift tersebut dikategorikan pada level kinerja (LS), sesuai yang disyaratkan oleh FEMA 356.

Berdasarkan hasil perhitungan level kinerja pada analisis pushover menurut ATC-40, Gedung Fakultas MIPA Universitas Jenderal Soedirman terhadap gempa berada pada level Immediate Occupancy (IO), maka dari itu struktur dapat digunakan kembali pasca terjadinya gempa dikarenakan struktur tidak mengalami kerusakan atau kondisi struktur tersebut dalam keadaan seperti semula saat sebelum terjadi gempa bumi. Dan struktur berada pada level Life Safety (LS) berdasarkan FEMA 356. Sehingga kondisi struktur setelah terjadinya gempa tersebut dapat digunakan kembali apabila telah dilakukan perbaikan pada komponen strukturnya (FEMA 356).

Pasca terjadinya gempa bumi struktur Gedung Fakultas MIPA Universitas Jenderal Soedirman tidak mengalami daktilitas bangunan hal ini karena struktur mengalami kondisi plastis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ASCE. (2000). American Society of Civil Engineers, FEMA 356 Prestandard And Commentary For The Seismic Rehabilitation Of Buildings. In Rehabilitation (Issue November).R. Arulmozhiyal and K. Baskaran, "Implementation of a Fuzzy PI Controller for Speed Control of Induction Motors Using FPGA," *Journal of Power Electronics*, vol. 10, pp. 65-71, 2010.
- [2] ATC-40. (1996). Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings, Volume 1. California: Seismic Safety Commission State of California.
- [3] Desain Spektra Indonesia (RSA). (2021). [online] Available at: <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/index.php?pga=0.3566&ss=0.7864&s1=0.3846&tl=20&kelas=2#grafik>. [Accessed 1 Desember 2023].
- [4] Dewobroto, W. (2006). Evaluasi Kinerja Bangunan Baja Tahan Gempa dengan SAP2000. Tangerang: Universitas Pelita Harapan. Jurnal Teknik Sipil, Vol. 3, No. 1, Januari 2006.
- [5] Pawirodikromo, W. (2012). Seismologi Teknik dan Rekayasa Kegempaan. Yogyakarta: Pustaka Belajar.
- [6] PT. Joglomas Brilian Konsultan. (2023). Shop Drawing (Gambar Rencana Kerja). Banyumas: PT. Joglomas Brilian Konsultan
- [7] SNI 03-1727-1989.(1989). Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- [8] SNI 1726-2019. (2019). Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- [9] SNI 1727-2020. (2020). Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- [10] SNI 2847-2019. (2019). Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- [11] Tavo & Wijaya, U., (2018). Desain Rekayasa Gempa Berbasis Kinerja. II ed. Yogyakarta: Penerbit Andi.