



METODE NUMERIK DAN ALAT KOMPUTASI UNTUK MENILAI KEANDALAN SISTEM INFRASTRUKTUR DAN KERENTANAN BAHAYA GEMPA

Sri Wanto^{1*}, Sherly Devianty², Aprilia Wulandari³, Mamik Wantoro⁴

^{1,2,3}Program Studi, Teknik Sipil, Universitas Linggabuana PGRI, Sukabumi

⁴Program Studi, Teknik Sipil, Universitas YAPIS Papua, Jaya Pura

sriwanto@unlip.ac.id

ABSTRACT

Indonesia is an area where most of it is surrounded by the ring of fire. Indonesia is geographically located in the Pacific Ring of Fire, which is the meeting of three world tectonic plates such as the Indo-Australian Plate, Eurasian Plate and Pacific Plate. Therefore, Indonesia is a country prone to disasters such as earthquakes, volcanic eruptions and tsunamis. With the vulnerability of natural hazards that have the potential in the Indonesian region, it is very necessary to mitigate or assess the reliability of the infrastructure system and the vulnerability of earthquake hazards in every existing public facility building. In assessing reliability and vulnerability, numerical methods and computational tools can be used. This article presents one such software that can be used to help model a construction and predict the hazard vulnerability of each stage of an earthquake received by the building. In this modeling, it can also be predicted how much earthquake load the building can receive until it collapses. In this research, the analysis uses the Pushover Analysis method with seismostruct software which will produce a capacity curve. The results of the capacity curve can then be used as a parameter to create a fragility curve, which is the relationship between the probability and displacement of the spectral response. From the results of the fragility curve, it can be predicted under what conditions the building will experience light, medium, heavy damage and collapse with the assumption of increasing earthquake loads.

Keywords: Pushover analysis; seismostruct; capacity curve; fragility curve

ABSTRAK

Letak geografis Indonesia berada di wilayah Ring of Fire atau Cincin Api Pasifik, yakni pertemuan tiga lempeng tektonik dunia seperti Lempeng Indo-Australia, Lempeng Eurasia dan Lempeng Pasifik. Oleh sebab itu, Indonesia termasuk negara yang rawan dilanda bencana seperti gempa bumi, letusan gunung berapi hingga tsunami. Dengan adanya kerentanan bahaya alam yang berpotensi di wilayah Indonesia maka sangat diperlukan sebuah mitigasi atau penilaian keandalan sistem infrastruktur dan kerentanan bahaya gempa dalam setiap bangunan fasilitas umum yang ada. Dalam penilaian keandalan dan kerentanan bisa digunakan dengan metode numerik dan alat komputasi yaitu dalam artikel ini menyampaikan salah satu software yang bisa digunakan dalam membantu membuat pemodelan sebuah konstruksi dan bisa memprediksi kerentanan bahaya dari setiap tahap gempa yang diterima oleh bangunan tersebut. Dalam pemodelan ini juga bisa memprediksi seberapa besar beban gempa yang bisa diterima oleh bangunan ini sampai mengalami runtuh. Dalam penelitian ini analisa yang menggunakan metode Analisis Pushover dengan software seismostruct yang dimana nanti akan menghasilkan sebuah kurva kapasitas. Hasil dari kurva kapasitas maka bisa digunakan sebagai parameter untuk membuat kurva kerapuhan yaitu hubungan antara probabilitas dengan perpindahan dari respon spektral. Dari hasil kurva kerapuhan dapat diprediksi pada kondisi bagaimana bangunan tersebut mengalami kerusakan ringan, sedang, berat dan runtuh dengan asumsi beban gempa yang semakin meningkat.

Kata kunci: Analisis pushover; seismostruct; kurva kapasitas; kurva kerapuhan

1. PENDAHULUAN

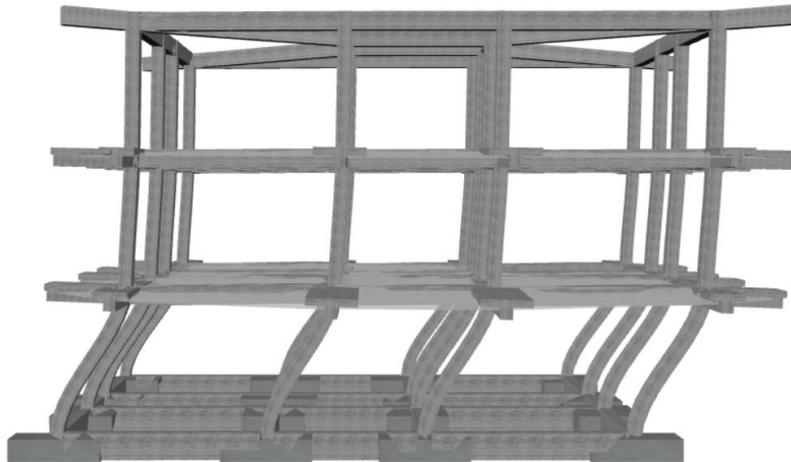
Pada era digitalisasi ini sangat penting dalam penggunaan komputasi sebagai alat bantu menilai keandalan dan kerentanan bahaya alam seperti gempa dan sebagainya. Kelebihan dari penggunaan alat bantu komputasi seperti software bisa dilaksanakan dengan waktu yang cepat dan lebih akurat dibandingkan menggunakan analisa manual. Pada umumnya software digunakan untuk membuat pemodelan pada sebuah objek sebuah bangunan konstruksi dengan menginput beberapa parameter seperti penggunaan material, dimensi, dan metode perhitungan yang akan digunakan. Dalam artikel ini menyampaikan dan memberikan contoh dari penggunaan alat bantu komputasi dengan menggunakan software seismostruct yang dimana menggunakan metode analisa pushover yang menghasilkan sebuah kurva kapasitas dan microsoft excel yang dipakai untuk mengelola data dari kurva kapasitas maka diperoleh kurva kerapuhan/ kerentanan dari beban gempa yang diterima oleh konstruksi tersebut[1].

Dari hasil analisa diatas bisa terlihat pada saat kapan bangunan tersebut menerima beban gempa mengalami tahap kerusakan ringan, sedang, dan runtuh, sehingga dari penilaian kerentanan diatas bisa diprediksi dan bisa direkayasa konstruksi fasilitas umum terutama pada daerah yang rawan gempa dengan melakukan beberapa perkuatan pada konstruksi tersebut. Dengan adanya alat bantu komputasi ini memudahkan kita dalam melakukan penilaian dan kerentanan bangunan dari bahaya alam seperti gempa, sehingga sebuah kerusakan maupun keruntuhan dari bangunan infrastruktur bisa dimitigasi lebih awal sebelum adanya bahaya alam yang terjadi seperti gempa, tsunami, badai maupun banjir bandang[2].

Tujuan dari penelitian ini mengajak dan memberikan pandangan bahwa di era digitalisasi ini kita dituntut untuk mempelajari dan menggunakan alat komputasi ini seperti software dan beberapa aplikasi digunakan untuk menganalisa dan evaluasi bangunan infrastruktur dengan cepat dan akurat, sehingga sangat penting dalam hal mempelajari sebuah software maupun aplikasi untuk mengikuti perkembangan teknologi dengan tujuan mempermudah dalam mitigasi dari bahaya alam.

2. METODE PENELITIAN

Secara umum metode ini sering disebut analisis pushover, dimana perilaku struktur dianalisis dengan menerapkan pola pembebanan statis inkremental yang ditentukan oleh arah lateral simpul kolom balok pada model struktur. Beban massa pada setiap lantai ditempatkan dalam bentuk beban seragam pada model ini. Hasil dari metode pushover ini adalah kurva kapasitas yang menggambarkan gaya geser dasar sebagai fungsi perpindahan lateral struktur[3].



Gambar 1. Struktur Analisis Pushover

Gambar 8 diatas menunjukkan deformasi bangunan eksisting akibat beban pushover. Dari Gambar 5 di atas terlihat bahwa kolom mengalami perubahan deformasi cukup besar akibat dari beban pushover.

Kurva Kerapuhan

Kurva kerapuhan digunakan untuk menentukan kemungkinan kerusakan struktural berdasarkan parameter permintaan (intensitas gempa) selama masa pakainya[4]. Parameter tersebut adalah intensitas guncangan tanah berupa Peak Ground Acceleration (PGA), Peak Ground Velocity (PGV) atau perpindahan spektral selama periode tertentu. Fungsi kerapuhan dapat dinyatakan dengan persamaan (1).

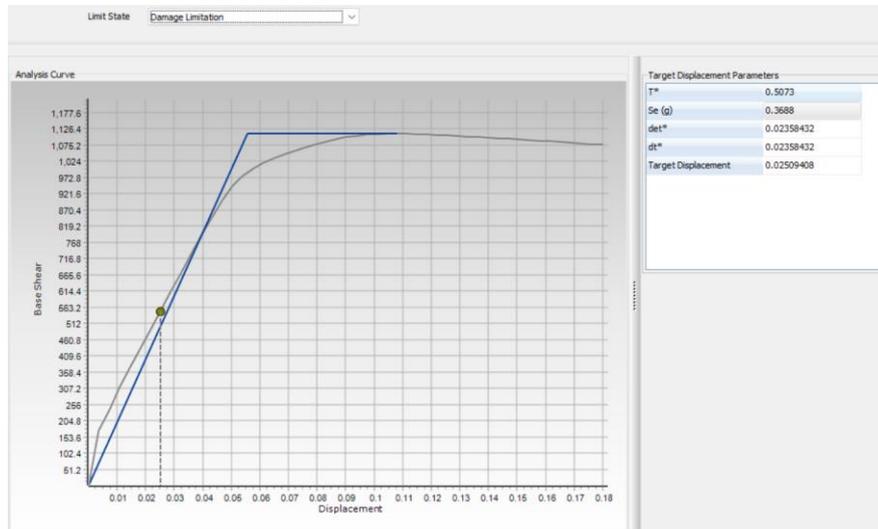
$$P_f [d_s \geq d_{si} | IM] = \Phi \left[\frac{1}{\beta_{ds}} \ln \left(\frac{IM}{IM_{mi}} \right) \right] \quad (1)$$

Di mana:

P_f adalah probabilitas bersyarat untuk berada atau melampaui tingkat kerusakan tertentu, DS adalah ukuran intensitas gempa, IM adalah fungsi kumulatif standar, IM_{mi} adalah nilai median intensitas gempa yang menyebabkan status kerusakan ke- i , dan total adalah dispersi yang mewakili total deviasi standar[5]. Parameter intensitas gempa IM dapat mencakup percepatan/kecepatan/perpindahan puncak tanah, percepatan spektral, kecepatan spektral, atau perpindahan spektral. Dalam makalah ini, perpindahan spektral, S_d , dipilih sebagai parameter intensitas gempa sebagai cara mudah untuk menghubungkan tingkat kerusakan. Ini menunjukkan kapasitas pasca-elastis yang lebih tinggi[6].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

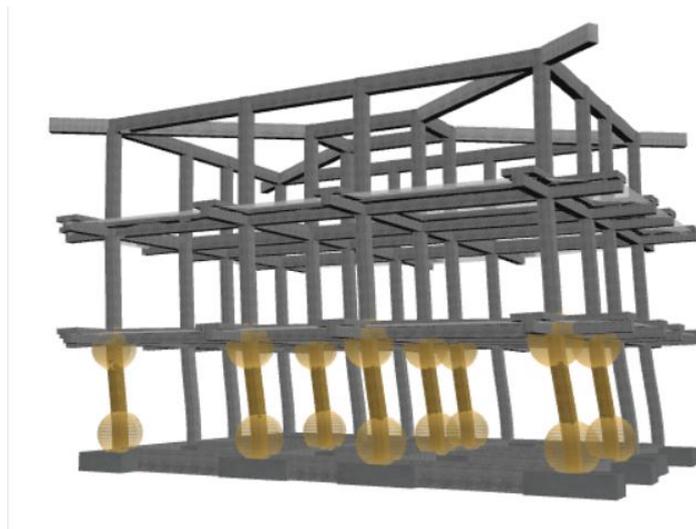
Dari hasil analisa pemodelan diatas menghasilkan sebuah kurva kapasitas seperti yang terlihat pada Gambar 9 yaitu sebuah kurva yang menghubungkan antara gaya geser dasar dengan perpindahan[7].



Gambar 2. Kurva Kapasitas Pada Batas Kerusakan

Parameter Pemodelan

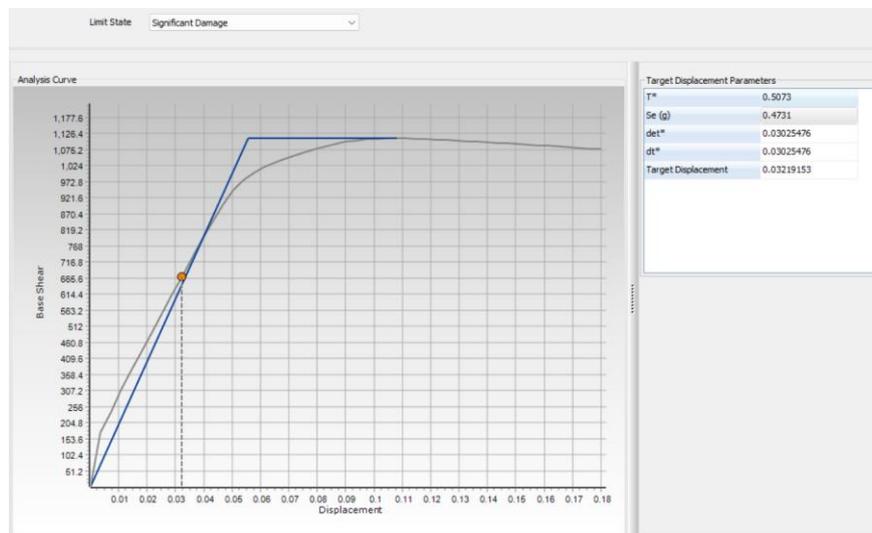
Dari kurva ini menunjukkan bahwa pada perpindahan 0.025 m struktur sudah mulai mengalami batas kerusakan dengan gaya geser dasar 550 kN. Seperti yang terlihat pada Gambar 10 menunjukkan indikator sudah mulai ada kerusakan yang bersifat cord rotation member[8].



Gambar 3. Deformasi Pada Batas Kerusakan

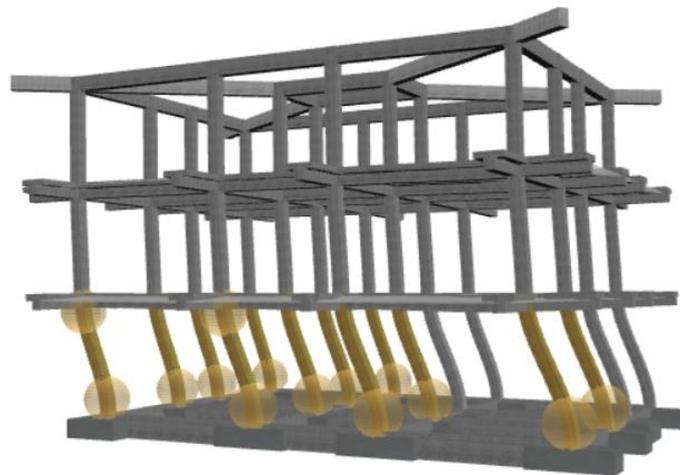
Melihat dari gambar diatas menunjukkan bahwa terdapat 8 kolom yang mengalami batas kerusakan dipelihatkan dengan indikator pada nodal dan pada kolom berwarna kuning. Sedangkan pada

kolom dan pada nodal lainya masih dinyatakan belum mengalami batas kerusakan dengan tidak munculnya indikator warna pada konstruksi tersebut.

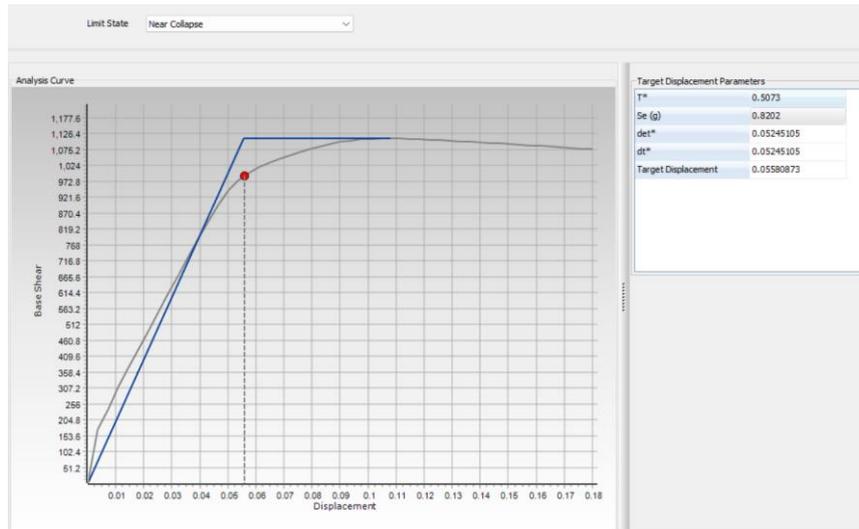


Gambar 4. Kurva Kapasitas Pada Batas Kerusakan Signifikan

Dari kurva ini menunjukan bahwa pada perpindahan 0.032 m struktur sudah mulai mengalami batas kerusakan signifikan dengan gaya geser dasar 672 kN. Seperti yang terlihat pada Gambar 12 menunjukan indikator sudah mulai ada kerusakan signifikan[9].

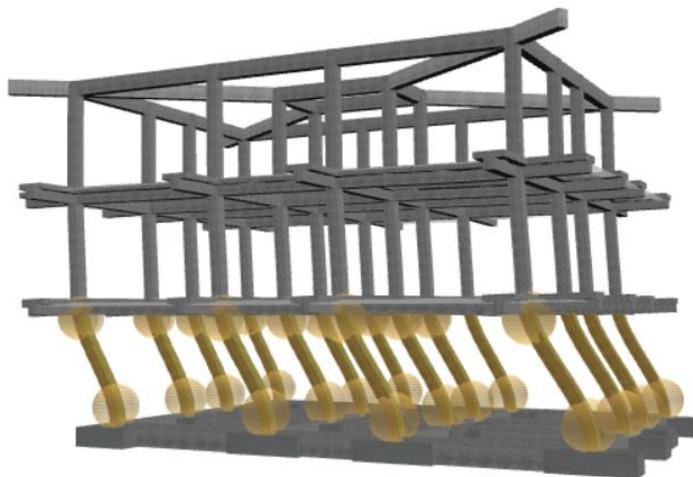


Gambar 5. Deformasi Pada Batas Kerusakan Signifikan



Gambar 6. Kurva Kapasitas Pada Batas Kerusakan Hampir Runtuh

Dari kurva ini menunjukkan bahwa pada perpindahan 0.055 m struktur sudah mulai mengalami batas kerusakan hampir runtuh dengan gaya geser dasar 977 kN. Seperti yang terlihat pada Gambar 14 menunjukkan indikator sudah mulai ada kerusakan hampir runtuh[10].



Gambar 7. Deformasi Pada Batas Kerusakan Signifikan

4. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan diatas maka dapat disimpulkan bahwa untuk menilai keandalan sistem dan kerentanan dari sebuah bangunan dari bahaya gempa bisa dilaksanakan seperti yang dilaksanakan pada sistem komputasi seperti diatas dengan software seismostruct dengan pemodelan dan hasil analisa dengan salah satu metode analisa pushover. Dari analisa menunjukkan bahwa pada perpindahan 0.025 m struktur sudah mulai mengalami batas kerusakan, pada perpindahan 0.032 m struktur sudah mulai mengalami batas kerusakan signifikan dan perpindahan 0.055 m struktur sudah mulai mengalami batas kerusakan hampir runtuh.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Wanto, S. Sangadji, dan H. A. Saifullah, "Seismic retrofitting of existing steel structures with X-bracing," *AIP Conf. Proc.*, vol. 2482, no. February, 2023, doi: 10.1063/5.0112776.
- [2] M. Rahma, S. Sangadji, Z. F. Virawan, H. A. Saifullah, dan R. H. Devi, "Evaluating Retrofitting Strategies of Low-to-Mid-Rise Reinforced Concrete Structure Based on Its Seismic Fragility," *Int. J. Adv. Sci. Eng. Inf. Technol.*, vol. 13, no. 2, 2023, doi: 10.18517/ijaseit.13.2.17480.
- [3] I. R. Hapsari, S. A. Kristiawan, S. Sangadji, dan B. S. Gan, "Damage States Investigation of Infilled Frame Structure Based on Meso Modeling Approach," *Buildings*, vol. 13, no. 2, 2023, doi: 10.3390/buildings13020298.
- [4] R. H. Devi, S. Sangadji, dan H. A. Saifullah, "Fragility curve of low-to-mid-rise concrete frame retrofitted with FRP," in *E3S Web of Conferences*, 2020. doi: 10.1051/e3sconf/202015603006.
- [5] E. Bruschi dan V. Quaglini, "Assessment of Non-Linear Analyses of RC Buildings Retrofitted with Hysteretic Dampers According to the Italian Building Code," *Appl. Sci.*, vol. 14, no. 7, 2024, doi: 10.3390/app14072684.
- [6] S. Hu dan W. Wang, "Comparative seismic fragility assessment of mid-rise steel buildings with non-buckling (BRB and SMA) braced frames and self-centering energy-absorbing dual rocking core system," *Soil Dyn. Earthq. Eng.*, vol. 142, 2021, doi: 10.1016/j.soildyn.2020.106546.
- [7] P. P. Sumedi, S. Sangadji, dan H. A. Saifullah, "The fragility curve of low-to-mid-rise steel frame buildings retrofitted with inverted V-bracing," in *AIP Conference Proceedings*, 2023. doi: 10.1063/5.0128995.
- [8] E. Gandelli, G. Pertica, L. Faconni, F. Minelli, dan M. Preti, "Seismic Retrofit of Warehouses with Masonry Infills and Glazed Curtain Walls through Hysteretic Braces: Refinement of the Italian Building Code Provisions," *Appl. Sci.*, vol. 13, no. 15, 2023, doi: 10.3390/app13158634.
- [9] R. F. Moreira, J. M. Castro, dan H. Varum, "On the Applicability of Conventional Seismic Design Methodologies to Hybrid RC-Steel Systems," *Ce/Papers*, vol. 5, no. 2, hal. 162–171, 2022, doi: 10.1002/cepa.1711.
- [10] Badan Standardisasi Nasional, "perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi , pemeliharaan dan penilaian kelayakan dan bangunan gedung dan nongedung sebagai revisi struktur bangunan gedung dan nongedung ; Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun," *Sni 1726 2019*, no. 8, hal. Herman Kurnianto, D., Teoretis dan Terapan Bidan, 2019.