

Analisis Performa Struktur Hotel Bertingkat Terhadap Beban Gempa dengan Bantuan *SeismoStruct*

Don Radius Gerald Kabo¹, Trio Pendekar Lonan², Carter David Erenst Kandou³,
Herman Alfis Tumengkol⁴, Julius Everhart Tenda⁵

Teknik Sipil, Politeknik Negeri Manado^{1,2,3,4,5}
E-mail: donkabo74@gmail.com

Abstrak

Indonesia merupakan wilayah rawan gempa bumi sehingga struktur bangunan bertingkat seperti hotel harus dievaluasi terhadap beban lateral secara menyeluruh. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis performa struktur Hotel Aston Manado berlantai 10 terhadap beban gempa menggunakan perangkat lunak *SeismoStruct*. Pemodelan struktur dilakukan berdasarkan data *as-built*, dilanjutkan dengan analisis statik nonlinier (*pushover*) mengacu pada standar ASCE 41-17 dan SNI 1726:2019. Simulasi dilakukan terhadap dua tingkat bahaya gempa, yaitu BSE-1E (*Life Safety*) dan BSE-2E (*Collapse Prevention*). Hasil analisis menunjukkan bahwa kapasitas maksimum struktur tercapai pada base shear sebesar 343 kN dengan displacement atap 38 mm. Target perpindahan untuk kedua tingkat gempa dapat dicapai tanpa melewati batas deformasi yang diizinkan. Hal ini menandakan bahwa struktur gedung memenuhi kriteria kinerja minimum terhadap gempa kuat. Penelitian ini membuktikan efektivitas metode analisis nonlinier berbasis perangkat lunak dan memberikan kontribusi bagi pengembangan kompetensi vokasi dalam mengevaluasi struktur eksisting di daerah seismik aktif.

Kata kunci — analisis *pushover*, beban gempa, kinerja struktur, *SeismoStruct*, struktur eksisting.

1. PENDAHULUAN

Seiring kemajuan teknologi, aplikasi perangkat lunak berbasis *finite element* seperti *SeismoStruct* memungkinkan analisis statik non-linier secara lebih akurat dan efisien. *SeismoStruct* mampu merepresentasikan perilaku material struktural dalam kondisi plastis dan memprediksi performa bangunan dalam menghadapi spektrum gempa seperti BSE-1E dan BSE-2E. Pendekatan ini telah digunakan oleh Faldi et al. (2023) untuk mengevaluasi struktur rumah sakit terhadap skenario gempa berulang, dengan hasil menunjukkan keandalan dalam memetakan kerentanan elemen struktur terhadap keruntuhan lokal.

Beberapa studi sebelumnya telah menyoroti pentingnya integrasi data aktual bangunan (*as-built drawing*) dalam proses pemodelan struktur. Muhammad Hilmi et al. (2021) menyatakan bahwa akurasi data geometri dan material sangat mempengaruhi validitas hasil analisis. Dalam konteks ini, penelitian oleh Wijaya et al. (2023) menggarisbawahi bahwa struktur bangunan eksisting memerlukan pendekatan evaluasi berbeda dari bangunan baru karena adanya degradasi material dan perubahan fungsi penggunaan bangunan.

Meskipun banyak kajian telah dilakukan pada gedung rumah sakit, sekolah, maupun *showroom*, penelitian yang secara spesifik menilai kinerja struktur bangunan hotel bertingkat tinggi di Indonesia, khususnya dengan pemodelan *SeismoStruct* dan skenario gempa BSE-1E dan BSE-2E, masih sangat terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini memiliki nilai kebaruan dalam konteks objek dan pendekatan evaluasi struktur eksisting menggunakan teknologi simulasi seismik terkini.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menilai kemampuan struktur Hotel Aston Manado berlantai 10 terhadap beban gempa bumi dan mengidentifikasi potensi kerusakan struktural yang mungkin terjadi. Penelitian ini mengadopsi pendekatan simulasi numerik menggunakan *SeismoStruct* berdasarkan prosedur evaluasi ASCE 41-17 dengan dua tingkat bahaya gempa (BSE-1E dan BSE-2E), serta mengintegrasikan data geometri aktual dari *as-built drawing*. Adapun manfaat dari penelitian ini antara lain adalah 1. Memberikan acuan praktis bagi perencana dan pengelola bangunan hotel dalam menilai kelayakan struktural pascagempa; 2. meningkatkan kontribusi keilmuan vokasi teknik sipil dalam penguasaan perangkat lunak evaluasi struktur berbasis non-linear, dan; 3. Mendukung pengembangan metode asesmen kondisi struktur eksisting secara lebih akurat dan realistis.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini merupakan studi kuantitatif deskriptif yang bertujuan untuk mengevaluasi kinerja struktur bangunan hotel bertingkat terhadap beban gempa. Pendekatan yang digunakan adalah simulasi numerik berbasis analisis statik nonlinier, dengan memanfaatkan perangkat lunak *SeismoStruct*. Analisis dilakukan berdasarkan prosedur evaluasi seismik ASCE 41-17 untuk bangunan eksisting (*existing buildings*), yang memberikan standar dalam menilai kinerja struktur terhadap dua tingkat bahaya gempa yaitu BSE-1E (*Life Safety*) dan BSE-2E (*Collapse Prevention*) (ASCE, 2023).

2.2. Lokasi dan Objek Penelitian

Objek penelitian adalah Gedung Hotel Aston Manado, sebuah bangunan hotel berlantai 10 yang berlokasi di Jl. Jenderal Sudirman No.128, Kota Manado, Sulawesi Utara. Bangunan ini memiliki tinggi total 40,25 meter dan luas tapak $\pm 611 \text{ m}^2$ per lantai. Fungsi bangunan sebagai hotel menempatkannya dalam kategori risiko II berdasarkan SNI 1726:2019.

2.3. Sumber dan Jenis Data

Penelitian menggunakan data sekunder berupa *as-built drawing* yang mencakup elemen-elemen struktur utama seperti kolom, balok, pelat, dan konfigurasi lantai. Data ini digunakan untuk memodelkan struktur dalam bentuk tiga dimensi (*3D modeling*) pada *SeismoStruct*. Data tambahan berupa mutu material, berat jenis, dan data gempa diperoleh dari spesifikasi teknis dan regulasi SNI/ASCE.

2.4. Tahapan Penelitian

Prosedur penelitian dilakukan melalui tahapan sistematis sebagai berikut:

- a. Pembuatan Model Struktur
 - Pemodelan geometri bangunan dalam 3D berdasarkan gambar *as-built*, termasuk layout lantai, tinggi antar lantai, posisi kolom dan balok.
 - Penentuan tumpuan struktur diasumsikan jepit penuh pada bagian bawah (*fixed support*).
- b. Penentuan Material dan Penampang
 - Mutu beton digunakan: $f'_c = 25 \text{ MPa}$ untuk seluruh elemen struktural.
 - Baja tulangan: $f_y = 420 \text{ MPa}$ (utama) dan $f_y = 280 \text{ MPa}$ (pelengkap).
 - Penampang elemen struktur seperti balok, kolom, dan pelat ditentukan berdasarkan data rencana.

c. Simulasi Beban dan Analisis

Simulasi dilakukan terhadap dua skenario gempa:

- BSE-1E (*Basic Safety Earthquake 1*): Probabilitas 20% dalam 50 tahun (*Life Safety*)
- BSE-2E (*Basic Safety Earthquake 2*): Probabilitas 5% dalam 50 tahun (*Collapse Prevention*)
- Analisis *pushover* dilakukan untuk mengevaluasi respons struktur terhadap beban lateral gempa.
- Kapasitas struktur dikaji melalui kurva kapasitas (*capacity curve*) yang memplot *base shear* terhadap *roof displacement* (Parinduri et al., 2022).

d. Evaluasi Kinerja dan Target Perpindahan

- Evaluasi dilakukan dengan membandingkan displacement target terhadap hasil simulasi *pushover*.
- Penilaian mengacu pada kriteria *acceptance performance level* dari ASCE 41-17.

2.5. Validasi dan Implementasi

Untuk menjamin validitas hasil simulasi, model struktur diverifikasi melalui pemeriksaan kesesuaian geometri, pembebanan, properti material, dan kondisi batas terhadap dokumen as-built drawing. Proses validasi ini mengikuti prinsip evaluasi struktur eksisting yang direkomendasikan oleh ASCE 41-17 dan didukung pendekatan teknis dari Wijaya et al. (2023), yang menekankan pentingnya representasi aktual bangunan dalam simulasi numerik.

Implementasi metode ini tidak hanya relevan dalam penelitian akademik, tetapi juga sangat penting dalam penguatan pendidikan vokasional, khususnya di bidang teknik sipil terapan. Melalui pendekatan analisis statik nonlinier menggunakan *SeismoStruct*, mahasiswa dan praktisi vokasi memperoleh pengalaman langsung dalam memodelkan dan mengevaluasi struktur secara realistis, yang tidak dapat dicapai hanya dengan pendekatan teoritis atau elastik konvensional.

Penggunaan simulasi berbasis perilaku inelastik membuka pemahaman yang lebih dalam terhadap respons struktur terhadap beban gempa ekstrem, termasuk kemampuan membaca kurva kapasitas (*pushover curve*), mendeteksi titik leleh plastis, serta mengidentifikasi keruntuhan lokal. Hal ini secara langsung mendukung kompetensi utama dalam Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia (KKNI) level 5–6, yang menekankan pada pemecahan masalah berbasis teknologi dan kondisi riil lapangan.

Justifikasi ini diperkuat oleh temuan Faldi et al. (2023), yang menyatakan bahwa metode evaluasi struktur berbasis *pushover analysis* sangat aplikatif untuk diterapkan dalam pendidikan vokasi karena mencerminkan permasalahan nyata yang dihadapi teknisi dan analis struktur di wilayah seismik aktif seperti Indonesia bagian timur. Dengan demikian, metode ini tidak hanya bersifat teoritis, tetapi juga berfungsi sebagai alat transfer keahlian teknis antara dunia akademik dan kebutuhan industri konstruksi tahan gempa.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Simulasi Kurva Pushover

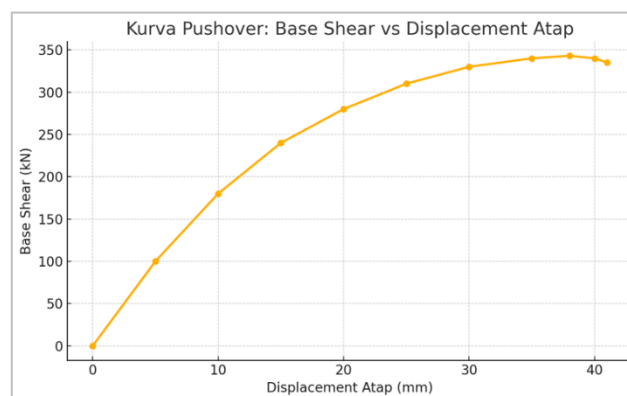
Simulasi menggunakan *SeismoStruct* terhadap struktur Hotel Aston Manado berlantai 10 menghasilkan kurva *pushover* yang menunjukkan hubungan antara gaya geser dasar (*base shear*) dan perpindahan atap (*roof displacement*). Kapasitas maksimum struktur tercapai pada gaya geser dasar sebesar 343 kN dengan perpindahan atap sebesar 38 mm.

Evaluasi terhadap target perpindahan untuk skenario BSE-1E (*Life Safety*) menunjukkan bahwa struktur masih dalam kondisi aman saat mencapai perpindahan 25–30 mm. Sedangkan pada skenario BSE-2E (*Collapse Prevention*), struktur menunjukkan performa daktail dengan penurunan kekakuan yang masih berada dalam batas toleransi, tanpa keruntuhan struktural. Karakteristik lengkung pushover menunjukkan bahwa struktur memiliki perilaku nonlinier yang stabil. Pola kurva yang mendatar setelah titik kapasitas menunjukkan kemampuan struktur dalam menyerap energi gempa melalui deformasi plastis, sejalan dengan standar performa minimum dalam ASCE 41-17 dan SNI 1726:2019. Hal ini menegaskan bahwa struktur mampu mempertahankan integritasnya terhadap gempa kuat yang disimulasikan. Lebih lanjut, implementasi analisis statik nonlinier berbasis SeismoStruct menjadi sarana yang efektif dalam pendidikan vokasi karena memberikan visualisasi langsung terhadap mekanisme keruntuhan, lokasi sendi plastis, dan perilaku inelastik bangunan. Hal ini memperkuat kompetensi vokasional dalam melakukan evaluasi kelayakan struktur bangunan eksisting di wilayah rawan gempa, seperti di kawasan Indonesia Timur. Tabel berikut menyajikan data hasil simulasi:

Tabel 1. Kurva Pushover Struktur Hotel 10 Lantai

Displacement Atap (mm)	Base Shear (kN)
0	0
5	100
10	180
15	240
20	280
25	310
30	330
35	340
38	343
40	340
41	335

Grafik berikut memperlihatkan bentuk visual dari kurva tersebut:



Gambar 1. Kurva Pushover: Base Shear vs Displacement Atap

3.2. Interpretasi Kurva dan Evaluasi Kinerja

Dari data dan grafik kurva *pushover* di atas, terlihat bahwa hubungan antara gaya geser dasar dan perpindahan puncak struktur membentuk pola naik hingga mencapai titik puncak kapasitas geser maksimum (*base shear* maksimum ≈ 343 kN) pada perpindahan 38 mm. Setelah titik ini, terjadi penurunan gaya geser, menandakan bahwa struktur mulai mengalami softening dan kehilangan kekakuan akibat respons inelastik.

Untuk penilaian kinerja:

- Target displacement untuk skenario BSE-1E berada pada kisaran 25–30 mm. Dalam rentang ini, struktur masih dalam kondisi *life safety*, di mana elemen utama tetap mampu menahan gaya lateral tanpa kerusakan signifikan pada fungsi utama bangunan.
- Target displacement untuk skenario BSE-2E berkisar antara 35–40 mm. Meskipun terjadi penurunan kekakuan setelah 38 mm, struktur masih menunjukkan kapasitas menahan beban, sehingga memenuhi kriteria *collapse prevention* sebagaimana disyaratkan oleh ASCE 41-17 (Adhitama et al., 2022).

3.3. Pembahasan Akademik dan Vokasional

Hasil ini menunjukkan bahwa struktur bangunan telah dirancang dengan sistem yang mampu bekerja secara *ductile* dan memanfaatkan deformasi plastis sebagai mekanisme perlindungan terhadap keruntuhan. Hal ini selaras dengan temuan Parinduri et al. (2022) yang menyatakan bahwa sistem struktur yang memenuhi *pushover capacity* dengan target displacement dapat dikategorikan aman dalam konteks evaluasi gempa.

Lebih jauh lagi, penerapan *software SeismoStruct* memungkinkan mahasiswa vokasi teknik sipil untuk memahami tidak hanya perilaku elastik struktur, tetapi juga perilaku inelastik yang terjadi pada kondisi ekstrem. Ini memperkuat kompetensi analisis berbasis simulasi sebagai bagian dari kurikulum vokasi teknik sipil yang adaptif terhadap kebutuhan industri konstruksi di wilayah rawan gempa.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa struktur Hotel Aston Manado berlantai 10 memiliki kinerja seismik yang memadai terhadap beban gempa berdasarkan simulasi analisis *pushover* menggunakan *SeismoStruct*. Kapasitas maksimum struktur tercapai pada base shear sebesar 343 kN dan displacement atap sebesar 38 mm, yang masih memenuhi target perpindahan untuk skenario BSE-1E dan BSE-2E sesuai ASCE 41-17. Hal ini membuktikan bahwa struktur memenuhi kriteria minimum untuk kategori *Life Safety dan Collapse Prevention*. Temuan ini juga menegaskan efektivitas metode analisis nonlinier berbasis simulasi dalam mendukung penguatan pendidikan vokasional teknik sipil dalam menghadapi permasalahan struktural aktual di daerah rawan gempa. Penelitian ini memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan kompetensi vokasi teknik sipil, khususnya dalam pemahaman evaluasi struktur eksisting berbasis simulasi numerik. Hasil kajian ini dapat dijadikan referensi teknis bagi perancang bangunan, pengelola gedung eksisting, dan instansi terkait dalam merancang strategi mitigasi risiko gempa secara preventif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Manado atas dukungan fasilitas, bimbingan akademik, dan kemudahan akses perangkat lunak *SeismoStruct* selama proses penelitian ini berlangsung. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada pihak pengelola Hotel Aston Manado yang telah memberikan izin pemanfaatan data teknis bangunan sebagai bahan studi kasus dalam penelitian ini. Dukungan dari berbagai pihak tersebut sangat membantu dalam pencapaian hasil yang bermanfaat, baik dalam pengembangan keilmuan teknik sipil terapan maupun dalam peningkatan kompetensi vokasional di bidang evaluasi struktur bangunan tahan gempa.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhitama, Y. A., Supriyadi, B., & Suhendro, B. (2022). Evaluasi Seismik Gedung Bertingkat Eksisting Menggunakan Prosedur ASCE 41-17. *Jurnal Riset Rekayasa Sipil*, 6(1), 1–10.
- ASCE. (2023). *Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings (ASCE/SEI 41-17)*. American Society of Civil Engineers.
- Faldi, R., Wardi, S., & Sonata, H. (2023). Teknologi Evaluasi Seismik Menggunakan Metode Tier 1 Berdasarkan RSNI ASCE 41-17. *Jurnal Teknik Sipil dan Infrastruktur*, 11(1), 25–32. <https://doi.org/10.31961/jtsi.v11i1.345>
- Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi. (2021). *Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia (KKNI): Level 5 dan 6 untuk Pendidikan Vokasi Teknik Sipil*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pendidikan Vokasi.
- Nugroho, W. O. (2022). Kebutuhan dan Strategi Rehabilitasi Seismik Gedung Beton Eksisting di Indonesia. *Seminar HAKI*, November 2022.
- Parinduri, A. S., Afifuddin, M., & Putra, R. (2022). Evaluasi Kinerja Struktur Beton Bertulang dengan Pushover Analysis Berdasarkan ASCE 41-17. *Journal of The Civil Engineering Student*, 4(2), 204–210.
- Wijaya, I., Wibawa, I. M. S., & Wulandari, A. (2023). Evaluasi Kelaikan Struktur Beton Bertulang Bangunan Showroom di Jalan Imam Bonjol Denpasar. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 3(2), 65–72. <https://doi.org/10.25078/jits.v3i2.459>
