

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terkait dengan analisis kinerja struktur dan juga penelitian tentang pembebanan *time history* pada gedung telah banyak dilakukan. Adapun beberapa penelitian yang dapat menjadi tinjauan pustaka ini adalah sebagai berikut:

1. Budiono & Wicaksono (2016), melakukan penelitian yang berjudul “Perilaku Struktur Bangunan dengan Ketidakberaturan Vertikal Tingkat Lunak Berlebihan dan Massa Terhadap Beban Gempa”. Penelitian ini menggunakan metode *nonlinier time history analysis (NLTHA)* dan *pushover analysis*. Beban gempa yang digunakan adalah riwayat gempa El-Centro 1940 yang telah diskalakan.

Hasil analisis menunjukkan bahwa deformasi maksimum struktur akibat analisis *nonlinier time history* mencapai 0,438 m pada model ketidakberaturan tingkat lunak (tipe B2), 0,426 m pada ketidakberaturan massa (tipe C3), dan 0,440 m pada kombinasi keduanya (tipe D2). Dari analisis *pushover*, diperoleh bahwa nilai *safety factor* terendah sebesar 1,32 terjadi pada model kombinasi (D1), dibandingkan 1,71 pada ketidakberaturan tingkat lunak (B1) dan sekitar 2,5 pada ketidakberaturan massa. Selain itu, deformasi inelastik terbesar mencapai 0,549 m pada model D1 yang melebihi batas izin 0,487 m, sedangkan pada model B1 mencapai 0,522 m dengan batas izin 0,433 m. Nilai drift antar lantai masih berada di bawah batas 2%, namun terjadi lonjakan *drift* hingga 1,70% (*pushover*) dan 1,08% (*NLTHA*) pada model kombinasi. Secara keseluruhan, struktur dengan ketidakberaturan tingkat lunak—terutama jika dikombinasikan dengan massa—menunjukkan performa terburuk dengan tingkat kinerja mencapai *Life Safety (LS)*.

2. Bayyinah & Faimun (2017), melakukan penelitian yang berjudul “Studi Perbandingan Analisis Respon Spektra dan *Time History* untuk Desain Gedung”. Analisis ini menggunakan tiga rekaman gempa yaitu gempa Kobe (1995), Imperial Valley (1979), dan Tabas (1978).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai *base shear* yang diperoleh dari analisis respon spektra lebih besar dibandingkan dengan analisis *linier time history*. Persentase penurunan nilai *base shear* dari analisis *time history* terhadap respon spektra yaitu sebesar 4,69% pada gempa Kobe arah x, 11,32% pada gempa Kobe arah y, 62,4% pada gempa Imperial Valley arah x, 83,046% pada gempa Imperial Valley arah y, 8,1% pada gempa Tabas arah x, dan 12,1% pada gempa Tabas arah y. Selain itu, hasil analisis menunjukkan bahwa simpangan struktur akibat gempa Imperial Valley menghasilkan nilai simpangan terbesar dibandingkan rekaman gempa lainnya.

3. Ertanto dkk. (2017), melakukan penelitian yang berjudul “*Performance Based Design* Bangunan Gedung untuk Level Kinerja Operasional”. Analisis dilakukan menggunakan metode *pushover* dan *nonlinear time history analysis (NLTHA)*. Evaluasi kinerja struktur dilakukan menggunakan *capacity spectrum method* dengan kriteria penerimaan berdasarkan FEMA 356.

Hasil analisis menunjukkan bahwa struktur memiliki gaya geser dasar sebesar 9.520,539 kN, dengan hasil analisis respon spektrum sebesar 8.573,353 kN (arah X) dan 8.569,812 kN (arah Y) yang telah memenuhi syarat $\geq 85\%$ gaya statik ekuivalen. Dari analisis pushover, diperoleh *performance point* pada gempa DBE dengan base shear 18.282,205 kN dan *displacement* 0,074 m (arah X) serta 19.003,514 kN dan 0,071 m (arah Y) dengan level kinerja operasional, sedangkan pada gempa MCE mencapai 19.768,062 kN dan *displacement* 0,121 m (arah X) serta 20.417,582 kN dan 0,119 m (arah Y) dengan level *Immediate Occupancy*. Hasil analisis riwayat waktu menunjukkan perpindahan maksimum struktur sebesar

0,149 m, masih lebih kecil dari batas izin 0,245 m, serta rasio *drift* berada pada kisaran 0,5–1%, sehingga secara keseluruhan struktur memenuhi target kinerja yaitu tetap operasional saat gempa rencana dan aman tanpa kerusakan signifikan saat gempa maksimum.

4. Simatupang dkk. (2019), melakukan penelitian yang berjudul “Respon Struktur Bangunan Beraturan 2 Dimensi Menggunakan *Time History* Gempa El-Centro”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui respons struktur berupa *displacement* dan *drift* pada portal Gedung Keuangan Negara Kupang. Analisis dilakukan menggunakan perangkat lunak SAP2000 dengan pendekatan *linear* dan *nonlinear time history*.

Hasil analisis menunjukkan bahwa *displacement* maksimum terjadi pada lantai paling atas sebesar 0,0123 m pada arah memanjang dan 0,0248 m pada arah melintang, dengan waktu terjadinya deformasi maksimum masing-masing sekitar 2,26 detik dan 2,48 detik. Nilai *drift* maksimum yang diperoleh adalah 0,000436 (memanjang) dan 0,000881 (melintang), sedangkan *inelastic drift* sebesar 0,000167 dan 0,000517, yang semuanya masih lebih kecil dari batas 0,01 sesuai ATC-40. Hal ini menunjukkan bahwa kinerja struktur berada pada level *Immediate Occupancy* (IO), di mana struktur tetap aman tanpa kerusakan signifikan dan dapat langsung digunakan kembali setelah gempa.

5. Rahmanty & Andayani (2019), melakukan penelitian yang berjudul “Analisis *Story Drift* dan Kondisi Sendi Plastis Berbasis Performa pada Gedung Bertingkat dengan Konfigurasi Struktur Persegi Panjang, U, L, H, dan T” berdasarkan konsep *performance based design* dengan mempertimbangkan pengaruh bentuk denah bangunan. Penelitian ini menggunakan lima model bangunan beton bertulang setinggi 20 lantai dengan konfigurasi denah yang berbeda yaitu persegi panjang, T, L, U, dan H. Analisis dilakukan menggunakan metode *nonlinear time history analysis* dengan bantuan perangkat lunak ETABS.

Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai *story drift* dan jumlah sendi plastis sangat dipengaruhi oleh bentuk denah struktur. Bangunan dengan denah persegi panjang memiliki kinerja terbaik dengan *story drift* hanya 0,59% dan jumlah sendi plastis pada kondisi *collapse prevention* sebanyak 8 buah, sedangkan kinerja terburuk terjadi pada denah T dengan *story drift* mencapai 5,8% dan jumlah sendi plastis sebanyak 58 buah. Denah lainnya menunjukkan nilai berturut-turut yaitu H (1,58% / 23 sendi plastis), L (2,41% / 30 sendi plastis), dan U (4,59% / 35 sendi plastis). Secara keseluruhan, semakin tidak beraturan bentuk struktur, semakin besar nilai deformasi dan jumlah sendi plastis yang terjadi, sehingga kinerja struktur semakin menurun.

6. Abdelmalek dkk. (2023), melakukan penelitian yang berjudul “*Nonlinear Time History Analysis Evaluation of Optimized Design for Medium to High Rise Buildings Using Performance-Based Design*”.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa model struktur yang dioptimasi mengalami peningkatan daktilitas sebesar 110% hingga 150% dibandingkan desain sebelumnya, sehingga metode *performance-based design* dapat meningkatkan kinerja struktur serta efisiensi biaya konstruksi.

7. Enggartiasto dkk. (2024), melakukan penelitian yang berjudul “Analisis Kinerja Struktur Bangunan Gedung Laboratorium 5 Lantai Terhadap Gempa Kuat”. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis *nonlinier statik pushover* dan analisis nonlinier dinamik riwayat waktu (*time history*).

Hasil analisis menunjukkan bahwa parameter respons struktur memiliki nilai R sebesar 7,08 (arah X) dan 7,98 (arah Y), faktor kuat lebih Ω_0 sebesar 3,45 (X) dan 2,76 (Y), serta faktor pembesaran defleksi Cd sebesar 6,18 (X) dan 5,71 (Y). Pada analisis *pushover* diperoleh titik kinerja (*performance point*) dengan *base shear* sebesar 12.358,74 kN dan *displacement* 254,74 mm (arah X), serta 10.962,40 kN dan *displacement* 320,80 mm (arah Y). Sementara itu, hasil analisis *time history*

menunjukkan perpindahan maksimum mencapai 202,188 mm akibat gempa Fukushima, dengan nilai drift ratio terbesar sebesar 0,0111 (arah X) dan 0,0114 (arah Y) yang berada pada rentang 0,01–0,02, sehingga kinerja struktur termasuk kategori Damage Control, di mana struktur hanya mengalami kerusakan ringan dan masih dapat diperbaiki setelah gempa kuat.

8. Ayash (2024), melakukan penelitian yang berjudul “Kajian Aplikasi Metode Analisis Riwayat Waktu (*Time History*) terhadap Kinerja Sebuah Struktur Bangunan Gedung Kuliah di Yogyakarta”. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai-nilai kontrol struktur gedung yaitu ketidakberaturan, gaya geser dasar, perbedaan simpangan antar tingkat, dan efek P-delta dengan menggunakan pembebanan gempa *time history*. Adapun data rekaman gempa didapat dari database PEER dan NHR3 mengikuti parameter dari peta deagregasi PusGen 2022. Nilai Base Shear yang didapat cukup tinggi berkisar pada 4100 kN-5700 kN. Ketidakberaturan yang terjadi hanya pada ketidakberaturan horizontal tipe 2. Hasil simpangan antar tingkat tidak melebihi batas simpangan izin. Efek P-delta memenuhi batas koefisien stabilitas
9. Nurhidayatullah & Ardiyanto (2025), melakukan penelitian yang berjudul “*Seismic Performance Study of Multi-storey Building Structures with Nonlinear Time History Analysis Method*”. Pemodelan struktur dilakukan menggunakan bantuan perangkat lunak ETABS. Rekaman gempa yang digunakan dalam analisis antara lain Kobe, Imperial Valley, Friuli, dan Northridge yang dipilih berdasarkan hasil analisis deaggregasi.

Hasil analisis menunjukkan bahwa gempa dominan di lokasi penelitian memiliki magnitudo 6,6–6,8 SR dengan jarak 30–40 km, serta proses *spectral matching* menghasilkan error rata-rata hanya 1,657%. Dari analisis *nonlinear time history*, diperoleh bahwa pada arah X gempa Imperial Valley menghasilkan base shear maksimum sebesar 18.796,22 kN dengan *displacement* 0,377 m, sedangkan pada arah Y gempa Kobe menghasilkan

base shear maksimum 123.437,65 kN dengan *displacement* 0,318 m. Kinerja struktur berada pada level *Damage Control* (*drift* 0,01–0,02) untuk arah X dan *Immediate Occupancy* untuk arah Y, dengan tingkat kerusakan elemen struktur relatif kecil hanya sekitar 2–5%, serta proporsi kolom yang mengalami kerusakan masing-masing sekitar 13% (arah X) dan 8% (arah Y), sehingga secara keseluruhan struktur masih dinilai aman dan tidak mengalami potensi keruntuhan.

10. Abdullah dkk. (2025), melakukan penelitian yang berjudul “Studi Perbandingan Kinerja Seismik Bangunan Struktur Baja dengan Menggunakan *Pushover* dan *Time History*”. Objek penelitian berupa bangunan warehouse milik PT. Menarini Indria Laboratories yang berlokasi di Cikarang, Jawa Barat, dengan dimensi bangunan 30 m × 31 m dan tinggi sekitar 14 m.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari analisis *pushover* diperoleh target *displacement* sebesar 0,092 m pada arah X dan 0,069 m pada arah Y. Sedangkan pada analisis *time history*, *displacement* maksimum terjadi pada rekaman gempa El Centro sebesar 0,016 m pada arah X dan pada rekaman gempa Pulau Sikuai sebesar 0,0047 m pada arah Y. Berdasarkan evaluasi kinerja struktur menggunakan kriteria FEMA 356 dan ATC-40, bangunan berada pada tingkat kinerja *Immediate Occupancy* (IO) yang menunjukkan bahwa struktur masih dapat berfungsi dengan baik setelah terjadi gempa dan hanya mengalami kerusakan yang sangat kecil.

2.2 Posisi Penelitian

Tabel 2. 1 Posisi Penelitian

	FOKUS PENELITIAN			
	Pengaruh faktor struktur terhadap kinerja struktur	Perbandingan metode analisis struktur	Evaluasi kinerja struktur (PBD)	Parameter respon struktur
Respons Spektrum dan <i>Linear Time History</i>		Bayyinah & Faimun (2017)		
<i>Linear dan Nonlinier Time History</i>				Simatupang dkk. (2019)
<i>Pushover dan Nonlinear Time History</i>	Budiono & Wicaksono (2016)	Abdullah dkk. (2025)	Enggartiasto dkk. (2024), Ertanto dkk. (2017)	
Respons Spektrum, <i>Pushover</i>, dan <i>Nonlinear Time History</i>			Abdelmalek dkk. (2023)	
<i>Non Linear Time History</i>	Rahmantyo & Andayani (2019)		Ayash (2024), Nurhidayatullah & Ardiyanto (2025)	Alfiyah Nur Anisa (2026)

Tabel 2. 2 Perbandingan Penelitian

Penelitian Terdahulu	Nama Peneliti dan Tahun Penelitian	Aspek Perbandingan					
		Metode	Jenis Struktur	Parameter	Elevasi	Objek	Tujuan
	Budiono & Wicaksono (2016)	<i>Pushover dan nonlinear time history</i>	Beton bertulang	Deformasi dan kinerja struktur	70 meter	Gedung perkantoran di Jakarta	Analisis ketidakberaturan vertikal terhadap kinerja struktur
	Bayyinah & Faimun (2017)	Respon spektra dan <i>linier time history</i>	Beton bertulang	<i>Base Shear</i> dan <i>Displacement</i>	47 meter	Gedung apartemen di Padang	Perbandingan hasil metode analisis respon spektra dan <i>time history</i> .
	Ertanto dkk. (2017)	<i>Pushover dan nonlinear time history</i>	Beton bertulang	Daktilitas dan kinerja struktur	24,5 meter	Bangunan pendidikan ERIC Yogyakarta	Analisis kinerja struktur berdasarkan PBD

Tabel 2. 4 Perbandingan Penelitian (Lanjutan)

	Simatupang dkk. (2019)	<i>Linear dan nonlinear time history</i>	Beton bertulang	<i>Displacement dan Drift</i>	28.20 meter	Gedung Keuangan Negara Kupang	Analisis respons struktur bangunan beraturan dua dimensi
	Rahmantyo & Andayani (2019)	<i>Nonlinear time history</i>	Beton bertulang	<i>Story drift</i> , sendi plastis, kinerja struktur	76 meter	Gedung rencana di Jakarta	Analisis pengaruh bentuk denah terhadap <i>drift</i> dan sendi plastis
	Abdelmalek dkk. (2023)	<i>Response spectrum, pushover, dan nonlinear time history.</i>	Beton bertulang	Daktilitas dan kinerja struktur	30 m, 60 m, dan 124,9 m	Gedung hunian (<i>residential building</i>)	Evaluasi peningkatan kinerja struktur melalui desain optimasi
	Enggartiasto dkk. (2024)	<i>Pushover dan nonlinear time history</i>	Beton bertulang	<i>Drift ratio</i> dan kinerja struktur	27 meter	Gedung laboratorium di Semarang	Evaluasi kinerja struktur terhadap gempa kuat

Tabel 2. 3 Perbandingan Penelitian (Lanjutan)

	Ayash (2024)	<i>Nonlinear time history</i>	Beton bertulang	<i>Base shear, drift, ketidakberaturan, efek P-Delta</i>	16,62 meter	Gedung kuliah di Yogyakarta	Evaluasi kinerja struktur berdasarkan parameter kontrol
	Nurhidayatullah & Ardiyanto (2025)	<i>Nonlinear time history</i>	Beton bertulang	<i>Base shear, displacement, dan kinerja struktur</i>	30,5 meter	Gedung Rumah Sakit Sleman, D.I. Yogyakarta	Evaluasi kinerja struktur bangunan <i>multi-storey</i>
	Abdullah dkk. (2025)	<i>Pushover dan nonlinear time history</i>	Baja	<i>Displacement dan kinerja struktur</i>	14 meter	Bangunan warehouse di Cikarang	Perbandingan kinerja struktur
Penelitian Saat Ini	Alfiyah Nur Anisa (2026)	<i>Non Linear time history</i>	Baja	<i>Base shear, drift, dan efek P-Delta</i>	13,5 meter	Gedung Puskesmas Cirebon	Analisis kinerja struktur akibat variasi rekaman gempa