



Evaluasi Perencanaan Kinerja Struktur Gedung Asrama 3 Lantai dengan Analisis Pushover

Ach Rizal Firmansyah^{1*}, Suprpto²

¹⁻²D4 Teknik Sipil, Universitas Negeri Surabaya, Indonesia

Email: ach.20039@mhs.unesa.ac.id¹, suprpto@unesa.ac.id²

*Penulis Korespondensi: ach.20039@mhs.unesa.ac.id

Abstract. Indonesia is located in one of the most active earthquake zones in the world. Earthquakes occur frequently, and one of them is in Malang City, which has had various impacts, including causing many casualties and completely destroying thousands of buildings. The impact of earthquakes on social and economic aspects is enormous. The purpose of this study is to present an overview of the performance of the 3 story dormitory building structure against earthquake threats. The method used to evaluate the structural performance of the building is pushover analysis. Pushover analysis is one of the performance-based design methods that evaluates critical points of the structure under earthquake loads by applying gradual loads until the target displacement is achieved. The analysis was conducted based on the SNI 1726 2019 standard and ATC-40 performance criteria, with structural modelling using ETABS. The results of the analysis are the capacity curve and the maximum total drift values: $X = 0.0129$ and $Y = 0.014$. Based on these results, the structural performance level is Damage Control (DC), meaning the building is safe during an earthquake, the risk of casualties and structural failure is not significant, and the building can be immediately reoccupied.

Keywords: ATC-40; Building Structure Design; ETABS; Pushover Analysis; SNI 172-2019.

Abstrak. Gempa bumi banyak terjadi di Indonesia dan salah satunya adalah Kabupaten Malang yang memiliki berbagai dampak diantaranya menelan banyak korban jiwa dan merusak ribuan bangunan secara total. Dampak gempa bumi terhadap aspek sosial maupun ekonomi sangat besar. Tujuan penelitian ini mengetahui gambaran kinerja struktur gedung Asrama 3 (tiga) lantai terhadap ancaman gempa. Metode yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja struktur gedung, yaitu analisis pushover. Analisis pushover merupakan salah satu performance based design yang mengevaluasi titik titik penting struktur terhadap beban gempa dengan konsep memberikan beban bertahap hingga sesuai dengan target perpindahan. Analisis dilakukan berdasarkan standar SNI 1726-2019 dan kriteria kinerja ATC-40, dengan pemodelan struktur menggunakan ETABS. Hasil analisis penelitian adalah kurva kapasitas dan nilai maksimum total drift arah $X = 0,0129$ dan $Y = 0,0140$. Berdasarkan hasil tersebut, level kinerja struktur adalah Damage Control (DC), artinya bangunan aman saat terjadi gempa, risiko korban dan kegagalan struktur tidak terlalu berarti sehingga gedung segera dapat digunakan kembali.

Kata Kunci: Analisis Pushover; ATC-40; ETABS; Kinerja Struktur Gedung; SNI 172-2019;

1. LATAR BELAKANG

Ketidakaturan pada struktur dan konfigurasi bangunan seringkali tidak dapat dihindari. Salah satu ketidakaturan konfigurasi vertikal adalah *soft story*. Contohnya adalah bangunan tinggi yang bertipe gedung perkantoran, hotel atau apartemen yang pada umumnya mempunyai lobi lebih luas yang berada pada lantai dasar yang desain kolomnya lebih tinggi dibandingkan dengan lantai atasnya (Wallah, 2014). Sejalan dengan ini Badan Nasional Penanggulangan Bencana terus melakukan penguatan kelembagaan dan tata kelola pengurangan risiko bencana melalui pengintegrasian perencanaan penanggulangan bencana ke dalam perencanaan pembangunan daerah, salah satunya melalui penyusunan Dokumen Kajian Risiko Bencana (Bencana, 2021). Semakin sempitnya lahan di kota-kota besar di Indonesia menjadi salah satu alasan dalam mendirikan bangunan tinggi atau pembangunan kearah vertikal. Salah satu indikator bangunan tinggi yaitu memiliki ketinggian diatas 50 meter. Dengan ketinggian

tersebut tentu bangunan tinggi memiliki banyak resiko yang perlu diperhatikan, salah satunya gempa bumi. Untuk menjaga keselamatan penghuninya, bangunan harus memberikan kinerja yang optimal (Pratama D. G., 2024). Bangunan harus direncanakan aman terhadap resiko kerusakan akibat gempa, dimana bangunan diperbolehkan mengalami kerusakan namun tidak mengalami keruntuhan. Dengan demikian, jumlah korban jiwa dapat diminimalisir. Dalam upaya mengurangi resiko kerusakan yang terjadi perlu adanya analisis terhadap beban gempa tersebut (Asmara, 2021).

Indonesia terletak pada pertemuan tiga lempeng tektonik, yaitu Lempeng Eurasia, Lempeng Pasifik, dan Lempeng IndoAustralia. Letak Indonesia yang berada di pertemuan ketiga lempeng tersebut menyebabkan Indonesia menjadi wilayah yang rawan terjadi gempa bumi (Firdaus, 2025). Gempa bumi adalah peristiwa bergetarnya bumi akibat pelepasan energi di dalam bumi secara tiba-tiba yang ditandai dengan patahnya lapisan batuan pada kerak bumi. Akumulasi energi penyebab terjadinya gempa bumi dihasilkan dari pergerakan lempeng-lempeng tektonik. Energi yang dihasilkan dipancarkan kesegala arah berupa gelombang gempabumi sehingga efeknya dapat dirasakan sampai ke permukaan bumi (BMKG, 2023). Gempa tektonik di Indonesia umumnya memiliki variasi kedalaman, kekuatan (*magnitudo*), serta potensi dampak yang berbeda-beda, tergantung pada jenis pergerakan lempeng dan lokasi pusat gempa. Beberapa gempa bahkan berpotensi menimbulkan tsunami dan kerusakan besar, sehingga pemahaman mengenai karakteristiknya sangat penting untuk meningkatkan kesiapsiagaan dan mitigasi bencana (Nasution, 2026).

Akumulasi energi penyebab terjadinya gempa bumi dihasilkan dari pergerakan lempeng-lempeng tektonik. Salah satu provinsi di Indonesia yang berpotensi terjadi bencana gempa bumi adalah Jawa Timur hal ini dikarenakan berada pada pergerakan sesar dan zona subduksi dua lempeng, akibatnya beberapa kota khususnya Kota Malang juga terkena dampak akibat aktivitas bencana gempa bumi yang tinggi. Pada tahun 2021, gempa bumi mengguncang Kota Malang dengan kekuatan 6,1 SR yang mengakibatkan kerusakan pada rumah dan bangunan (Pratama H. &, 2018). Menurut United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR), pengurangan risiko bencana adalah suatu pendekatan sistematis dalam mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mengurangi risiko bencana melalui upaya pencegahan, mitigasi, persiapan, respons, dan pemulihan. PRB melibatkan langkah-langkah yang diarahkan untuk mengurangi kerentanan masyarakat dan ekosistem terhadap bencana, serta meningkatkan kapasitas mereka dalam menghadapi ancaman tersebut (Herawati, 2023). Berdasarkan data BNPB, selama tahun 2000-2021 tercatat sebanyak 1.471.355 rumah tinggal, 23.552 fasilitas pendidikan, 2.326 fasilitas kesehatan, 18.085 fasilitas ibadah dan 6.286 fasilitas

perkantoran mengalami kerusakan akibat gempa bumi. Dalam konteks ini, gedung asrama termasuk bangunan yang mengalami kerusakan terbesar kedua harus dirancang dengan mempertimbangkan aspek keselamatan yang maksimal (Aldiansyah, 2025). Kondisi ini menjadikan Indonesia sebagai salah satu negara dengan risiko kerusakan bangunan akibat gempa yang cukup besar serta dapat menyebabkan kerugian ekonomi yang signifikan serta korban jiwa (Atalya, 2022). Ada beragam fungsi bangunan dimulai dari fungsi sebagai tempat usaha, kegiatan sosial, keagamaan, hunian hingga fungsi khusus yang diatur pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 36 Tahun 2005 tentang Peraturan Pelaksanaan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2002 Tentang Bangunan Gedung (Christianto, 2022).

Berdasarkan SNI 1726-2019, gedung asrama berisiko paling tinggi terkait ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non-gedung (Nasional B. S., 2019). Gedung asrama 3 (tiga) lantai di Malang merupakan salah satu bangunan yang berfungsi sebagai pusat hunian masyarakat sehingga evaluasi kinerjanya sangat penting untuk menjamin keselamatan penggunanya dalam menghadapi potensi gempa. Hal ini menjadi tantangan bagi pemerintah dan masyarakat untuk memastikan bangunan dirancang dengan lebih aman sesuai Standar Nasional Indonesia 1726-2019, yang mengatur tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung (Yudha, 2022).

Evaluasi terhadap kinerja struktur bangunan dalam menghadapi beban gempa merupakan aspek krusial dalam perencanaan bangunan tahan gempa. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menilai kemampuan struktur dalam menahan gaya gempa adalah analisis *pushover*. Analisis *pushover* merupakan suatu cara analisis statik nonlinier. Dimana gaya horizontal statis diberikan pada pusat massa bangunan yang besarnya secara berangsur-angsur ditingkatkan sampai struktur mencapai batas atau kondisi runtuh (Arifin, 2016). Metode ini dilakukan dengan memberikan beban lateral statis yang meningkat secara bertahap hingga struktur mencapai kondisi keruntuhan (*plastis*) (Masarra, 2026). Analisis *pushover* memodelkan beban gravitasi, hidup, dan gempa sesuai standar nasional, menghasilkan kurva kapasitas dan titik kinerja struktur berdasarkan ATC-40 (Salsabilah D. D., 2025). Melalui pendekatan analisis *pushover*, diperoleh informasi penting mengenai kapasitas struktur dalam memikul beban, mekanisme keruntuhan yang terjadi, serta lokasi-lokasi kritis pada elemen bangunan (Potalangi, 2020). Gambaran mengenai kinerja gedung Asrama 3 (tiga) lantai diharapkan dapat memberikan rekomendasi terhadap pengembangan gedung yang lebih aman serta berkontribusi pada mitigasi risiko bencana di Indonesia.

2. KAJIAN TEORITIS

Pembebanan

Pembebanan menjadi aspek penting yang harus diperhitungkan secara akurat agar struktur mampu menahan beban selama masa layanannya. Jenis-jenis beban yang umum diperhitungkan meliputi beban mati (DL), beban hidup (LL), beban angin, dan beban gempa (EQ). Beban mati mencakup seluruh elemen tetap dari bangunan seperti berat struktur dan material. Beban hidup bersifat variatif dan mencerminkan aktivitas manusia serta perlengkapan bangunan. Beban gempa dihitung sebagai gaya lateral ekuivalen akibat gerakan tanah saat gempa, dan menjadi beban dominan dalam desain struktur tahan gempa.

SNI 1726-2019

Sebagai standar nasional, SNI 1726:2019 menetapkan prosedur perencanaan ketahanan gempa bagi infrastruktur gedung dan non-gedung di Indonesia. Standar ini memuat regulasi terkait metode hitung gaya gempa, penentuan gempa rencana, serta pembagian empat kategori risiko bangunan (I–IV) untuk menentukan nilai faktor keutamaan gempa (I_e). Evaluasi seismik pada aturan ini mengandalkan parameter penting seperti respons spektral percepatan SDS dan SD1, spektrum respons desain, dan gaya geser dasar seismik. Penerapan Kategori Desain Seismik (KDS) beserta koefisien respons dalam SNI ini bertujuan agar setiap bangunan dirancang dengan kapasitas yang memadai dalam meredam guncangan gempa spesifik di lokasinya.

Analisis Pushover

Analisis pushover merupakan prosedur statik *non-linier* yang diterapkan untuk menilai kapasitas seismik suatu struktur. Evaluasi ini dilakukan dengan memberikan beban lateral yang ditingkatkan secara bertahap hingga struktur mengalami kegagalan, yang kemudian menghasilkan kurva kapasitas (hubungan antara *base shear* dan perpindahan atap). Melalui metode ini, perpindahan maksimum, sekuens kerusakan komponen structural, serta sendi plastis pertama dapat diidentifikasi. Meski belum seakurat analisis dinamik, metode ini sangat efektif dalam memetakan perilaku inelastis bangunan serta menentukan titik kinerja (*performance point*) saat menghadapi gempa.

Kriteria Struktur Tahan Gempa

Penilaian kinerja struktur terhadap gempa mengacu pada ATC-40, yang membagi tingkat kinerja menjadi empat level utama yaitu *Immediate Occupancy* (IO), *Damage Control* (DC), *Life Safety* (LS), dan *Collapse Prevention* (CP). Masing-masing level menggambarkan tingkat kerusakan struktural dan kelayakan fungsi bangunan pascagempa. Parameter utama yang digunakan adalah drift ratio baik total maupun inelastik yang membandingkan simpangan

lateral dengan tinggi bangunan. Kinerja struktur yang ideal adalah pada level IO atau DC, dimana bangunan tetap aman dan dapat difungsikan kembali dengan sedikit atau tanpa perbaikan. Standar ini menjadi acuan penting dalam menilai struktur bangunan terhadap pengaruh gempa.

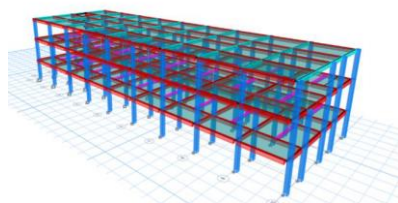
3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan analisis pushover dengan bantuan *software* ETABS. Penelitian ini merupakan data perencanaan struktur gedung asrama 3 (tiga) lantai di Malang. Data umum dari bangunan tersebut adalah: Nama Gedung: Gedung Asrama 3 (tiga) lantai di Malang. Tinggi bangunan: 12.5 meter. Spesifikasi Material: Mutu beton (f_c') 25 Mpa :Mutu besi (f_y) 420 Mpa.

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh secara tidak langsung melalui media perantara, meliputi gambar *Detail Engineering Design* (DED) serta data pengujian tanah. Data struktur yang diekstrak dari DED mencakup denah ruang dan dimensi elemen struktural. Selanjutnya, data tanah diaplikasikan untuk mengidentifikasi kelas situs dalam analisis beban seismik. Kalkulasi pembebanan struktur mengacu pada regulasi SNI 1726:2019 (tata cara perencanaan ketahanan gempa), PPPURG 1987, serta SNI 2847:2019 untuk persyaratan beton struktural. Dari analisis *static* pushover, diperoleh parameter berupa nilai simpangan (*drift*), perpindahan (*displacement*), dan kurva kapasitas, yang menjadi dasar dalam menentukan performance point serta tingkat kinerja (*performance level*) pada struktur gedung asrama 3 (tiga) lantai di Malang ini.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Rekayasa pemodelan struktur diselaraskan secara rigid dengan data teknis dan dokumen *Detail Engineering Design* (DED) dari gedung Asrama 3 (tiga) Lantai di Malang. Representasi tiga dimensi (3D) dari elemen-elemen gedung serta komputasi analisis *pushover* disimulasikan menggunakan perangkat lunak ETABS. Pemilihan *software* ini ditujukan untuk mempermudah visualisasi perilaku inelastis struktur saat dikenai beban lateral bertahap.



Gambar 1. Pemodelan 3D.

Hasil Pembebanan

Analisis pembebanan pada struktur ini merujuk pada standar SNI 1726:2019 mengenai beban minimum desain dan ketahanan gempa bangunan gedung maupun non-gedung. Selain itu, regulasi PPPURG 1987 dan SNI 2847:2019 digunakan sebagai dasar perencanaan beton struktural. Komponen pembebanan yang diperhitungkan dalam model struktur mencakup beban mati, beban hidup, dan kombinasi beban gempa, yaitu:

Beban Mati (Dead Load)

Tabel 1. Beban Mati (*Dead Load*).

Komponen	Berat (kN/m ²)
Keramik + Spesi	0.77
Plafond & Rangka ME	0.172
Plumbing	0.19
	0.2
Total	1.362

Beban Hidup (Live Load)

Tabel 2. Beban Hidup (*Live Load*).

Ruangan	Berat (kN/m ²)
Ruang Kamar	2.4
Ruang Aula	4.79
Koridor	4.79
Lantai Atap	0.96

Beban Gempa

Beban gempa digunakan sebagai respon gempa yang dihitung sesuai dengan SNI 1726:2019 yang terdiri dari beberapa tahapan parameter, yakni: Penentuan Kategori Risiko dan Faktor Keutamaan Gempa (I_e). Mengacu pada tabel klasifikasi bangunan gedung dan non-gedung, struktur Gedung Layanan Akademik ini dikategorikan ke dalam Kategori Risiko II. Berdasarkan fungsinya sebagai fasilitas pertemuan, nilai faktor keutamaan gempa (I_e) yang ditetapkan adalah sebesar 1.00. Penetapan nilai S_s , S_1 , F_a , dan F_v Hasil S_s dan S_1 , diperoleh melalui aplikasi peta gempa *online* (RSA Cipta Karya/Puskim) dengan memasukkan koordinat lintang dan bujur spesifik dari lokasi studi kasus. Nilai tersebut kemudian digunakan untuk menentukan koefisien situs F_a dan F_v .



Gambar 2. RSA Puskim 2019.

Didapatkan nilai S_s berada pada rentang 0.75 – 0.10 sehingga didapatkan nilai S_s adalah 0.848.

Tabel 3. Parameter Respon Spektral Percepatan Gempa Periode Pendek (S_s).

Kelas Situs	Nilai S_s didefinisikan sebagai parameter respons spektral percepatan gempa MCER terpetakan untuk peninjauan struktur pada periode pendek sebesar $T = 0.2$ detik.					
	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.5$	$S_s = 0.75$	$S_s = 0.1$	$S_s = 1.25$	$S_s \geq 1.5$
SA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SB	0.9	0.9	0.9	1.2	1.1	0.9
SD	1.6	1.4	1.3	1.1	1.0	1.0
SE	2.4	1.7			0.9	0.8
SF			$SS^{(a)}$			

Keterangan: Parameter respons spektral percepatan gempa MCER terpetakan untuk periode pendek disimbolkan dengan S_s , sedangkan untuk periode 1.0 detik disimbolkan dengan S_1 . Mengingat nilai S_s yang diperoleh sebesar 0.848 tidak tercantum secara eksplisit pada Tabel koefisien situs (Gambar 2.), maka dilakukan perhitungan secara interpolasi linier. Berdasarkan hasil interpolasi tersebut, didapatkan nilai koefisien situs F_a sebesar 1.22.

Tabel 4. Hasil Interpolasi

SS	0.75	0.85	1
Fa-SD	1.22	1.15	1.1

Tabel 5. Parameter Respond Spektra Percepatan Gempa Periode 1 detik (S_1)

Kelas Situs	Parameter S_1 merupakan nilai dari respons spektral percepatan gempa maksimum dipertimbangkan risiko-tertarget MCER terpetakan yang ditinjau pada periode 1.0 detik.					
	$S_1 \leq 0.1$	$S_1 = 0.2$	$S_1 = 0.3$	$S_1 = 0.4$	$S_1 = 0.5$	$S_1 \geq 0.6$
SA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
SD	2.4	1.7	2.0	1.9	1.8	1.7
SE	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	
SF			$SS^{(a)}$			

Didapatkan respon spektral percepatan pada periode 1 detik (S_1) adalah 0,4 dan nilai F_v diketahui sebesar 2.4. Nilai ini akan digunakan dalam perhitungan selanjutnya untuk menentukan respon spektral gempa desain pada struktur yang dianalisis. Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek SDS dan periode 1.0 detik SD_1 dikalkulasikan

berdasarkan nilai respons spektral gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget MCER melalui persamaan berikut: Spektral gempa besar untuk periode Pendek $SDS = 2/3 SMS = 0.6908$. Spektral gempa besar untuk periode 1 detik $SD1 = 2/3 SMI = 0.639$.

Kategori Desain Seismik (KDS) suatu struktur wajib ditentukan dengan mengombinasikan klasifikasi kategori risiko serta parameter respons spektral percepatan desainnya SDS dan SD1. Berdasarkan hasil kalkulasi sebelumnya, diperoleh nilai SDS sebesar 0.6908. Jika ditinjau berdasarkan tabel acuan SNI dengan Kategori Risiko II (fungsi gedung perkantoran), maka parameter SDS tersebut menempatkan struktur ini ke dalam Kategori Desain Seismik (KDS) D.

Tabel 6. Kategori Risiko SDS.

Nilai SDS	Kategori Risiko		
	I atau II atau III	IV	
$SDS < 0.167$	A	A	
$0.167 \leq SDS < 0.33$	B	C	
$0.33 \leq SDS < 0.50$	C	D	
$0.50 < SDS$	D	D	

Selain ditinjau dari periode pendek, Kategori Desain Seismik (KDS) juga harus dievaluasi berdasarkan parameter respons spektral percepatan desain periode 1.0 detik SD1. Melalui perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya, diperoleh nilai SD1 sebesar 0.639. Berdasarkan tabel acuan SNI untuk bangunan dengan Kategori Risiko II, besaran nilai SD1 tersebut mengklasifikasikan struktur ke dalam Kategori Desain Seismik (KDS) D.

Tabel 7. Kategori Risiko SD1.

Nilai SDS	Kategori Risiko		
	I atau II atau III	IV	
$SD1 < 0.067$	A	A	
$0.067 \leq SD1 < 0.133$	B	C	
$0.133 \leq SD1 < 0.20$	C	D	
$0.20 < SD1$	D	D	

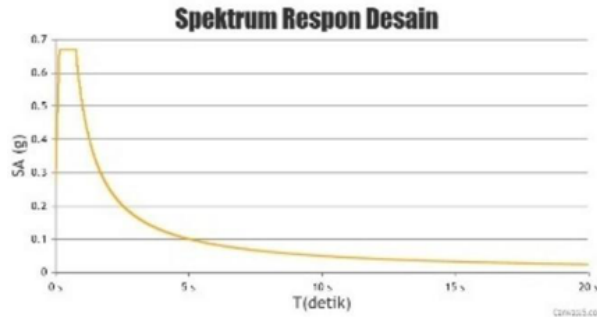
Disimpulkan bahwa Gedung asrama 3 (tiga) lantai di Malang mempunyai sistem ganda rangka pemikul momen khusus dan kategori desain seismic menurut tabel SNI 1726-2019 tergolong pada kategori D dengan nilai koefisien $R = 8$.

D. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25 % gaya seismik yang ditetapkan							
1. Rangka baja dengan bracing eksentris	8	2%	4	TB	TB	TB	TB
2. Rangka baja dengan bracing konsentrasi khusus	7	2%	5%	TB	TB	TB	TB
3. Dinding geser beton bertulang khusus ¹⁰	7	2%	5%	TB	TB	TB	TB
4. Dinding geser beton bertulang biasa ¹¹	6	2%	5	TB	TB	Ti	Ti
5. Rangka baja dan beton komposit dengan bracing eksentris	8	2%	4	TB	TB	TB	TB
6. Rangka baja dan beton komposit dengan bracing konsentrasi khusus	6	2%	5	TB	TB	TB	TB
7. Dinding geser pelat baja dan beton komposit	7%	2%	6	TB	TB	TB	TB
8. Dinding geser baja dan beton komposit khusus	7	2%	6	TB	TB	TB	TB
9. Dinding geser baja dan beton komposit biasa	6	2%	5	TB	TB	Ti	Ti
10. Dinding geser batu bata bertulang khusus	5%	3	5	TB	TB	TB	TB
11. Dinding geser batu bata bertulang menengah	4	3	3%	TB	TB	Ti	Ti
12. Rangka baja dengan bracing terkekang terhadap tumpuan	8	2%	5	TB	TB	TB	TB
13. Dinding geser pelat baja khusus	8	2%	6%	TB	TB	TB	TB

Gambar 3. Faktor Reduksi Gempa.

Nilai Spektrum

Kurva spektrum respon desain diambil berdasarkan persamaan berikut: Untuk $T < T_0$ maka, $S_a = SDS (0.4 + 0.6 T/T_0)$. Untuk $T_0 \leq T \leq T_s$ maka, $S_a = SDS$. Untuk $T \geq T_s$ maka, $S_a = SD1/T$.



Gambar 4. Desain Respon Spektrum

Hasil Analisis

Dalam analisis beban gempa pada struktur Gedung Asrama 3 (tiga) lantai di Malang berdasarkan SN1726-2019 melalui bantuan program ETABS. Analisis ini mencakup penentuan *mass source respons spectrum*, partisipasi massa ragam, simpangan antar tingkat, dan perhitungan gaya geser dasar (base shear) baik secara statik maupun dinamik. *Mass source* didefinisikan dengan cara mengaktifkan opsi *Specified Load Patterns*, dimana bobot beban diberikan masing-masing: Dead = 1, SIDL = 1, Live = 0,25, dan Lr = 0,25. *Respons spectrum* disesuaikan dengan data yang telah tersedia. Partisipasi massa ragam dianalisis sesuai dengan SNI 1726-2019 dan harus mencapai minimal 90% partisipasi massa dalam arah horizontal. Hasil analisis menunjukkan partisipasi massa pada arah X dan Y mencapai 100% dan 100% secara berturut-turut, sehingga syarat ini terpenuhi. Simpangan antar tingkat didapatkan dari perbedaan defleksi pusat massa tiap lantai.

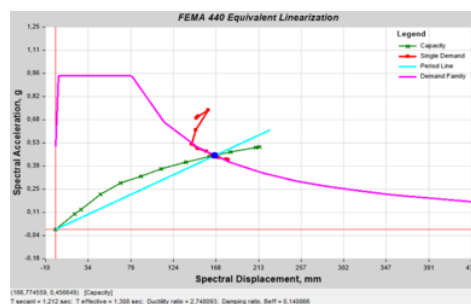
Diketahui bahwa faktor keutamaan gempa (I_e) = 1,00, faktor redundansi (ρ) = 1,3, simpangan izin (Δ_a) = 0,02 h_{sx}, dan faktor pembesaran defleksi (C_d) = 5,5 yang menunjukkan simpangan X dan Y telah memenuhi syarat karena berada pada batas nilai yang diizinkan. Hasil beban gempa static arah X, $V_{sx} = 2109,94,4803$ kN dan arah Y, $V_{sy} = 2109,94$ kN. Didapatkan gaya geser statik dan dinamik telah mencapai 100% dari nilai *static* setelah dilakukan *trial* kedua, sebagaimana disyaratkan SNI 1726:2019.

Gaya geser statik : $V_{sx} 2109,94$ kN : $V_{sy} 2109,94$ kN, Gaya geser dinamik (awal): $V_{dx} 1601,72$ kN: $V_{dy} = 1557,14$ kN. Karena nilai dinamik < 100% nilai statik, maka diperlukan faktor skala: Skala arah X = $2109,94 / 1601,72 = 1,317$: Skala arah Y = $2109,94 / 1557,14 =$

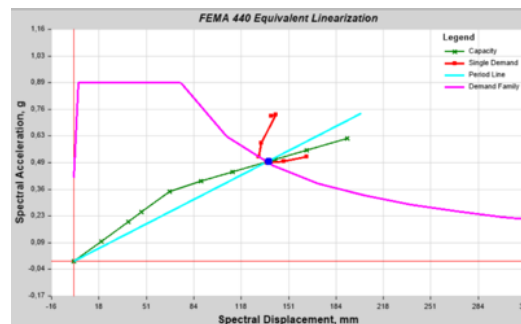
1,355 Setelah diterapkan skala ini, gaya geser dinamik hasil trial kedua menjadi: $V_{dx} = 2109.94$ kN, $V_{dy} = 2109.94$ kN, yang telah memenuhi syarat $V_d \geq 100\% V_s$.

Analisis Pushover

Evaluasi kinerja seismik pada struktur gedung asrama tiga lantai di Malang ini dilakukan melalui simulasi statik *non-linier* (pushover). Prosedur pembebanan lateral diaplikasikan ke dalam empat arah tinjauan, yaitu arah X positif, X negatif, Y positif, dan Y negatif. Dari simulasi tersebut, diperoleh visualisasi kurva kapasitas, mekanisme pembentukan sendi plastis, serta tingkat kinerja akhir struktur. Adapun karakteristik dan bentuk kurva kapasitas pushover untuk pembebanan arah X dan arah Y hasil pemodelan ini disajikan pada Gambar di bawah ini.



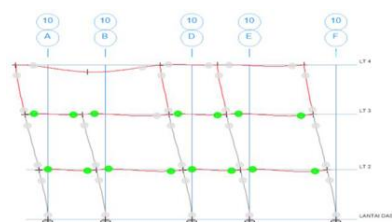
Gambar 5. Kurva Kapasitas Pushover X.



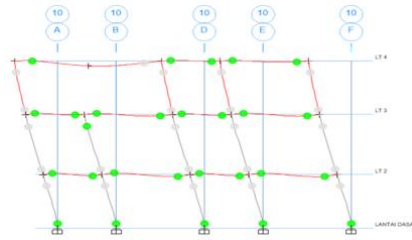
Gambar 6. Kurva Kapasitas Pushover Y.

Kurva kapasitas menunjukkan hubungan antara gaya geser dasar dan perpindahan lateral. Hasilnya mengindikasikan bahwa kekuatan struktur tergantung pada kemampuan momen dan deformasi komponen strukturnya.

Mekanisme Sendi Plastis Arah X

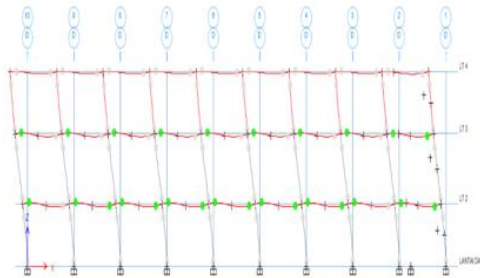


Gambar 7. (Step-3 Terjadinya Sendi Plastis Arah X).

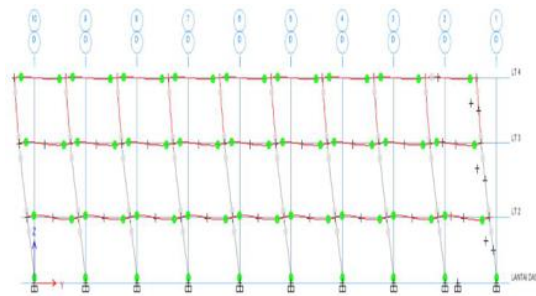


Gambar 8. (Step-10 Terjadinya Sendi Plastis Arah Y).

Mekanisme Sendi Plastis Arah Y



Gambar 9. (Step-3 Terjadinya Sendi Plastis Arah Y).



Gambar 10. (Step-9 Terjadinya Sendi Plastis Arah Y).

Berdasarkan hasil simulasi, pembentukan sendi plastis pada balok arah X mulai terjadi pada step ke-3 hingga step ke-10, yang ditandai dengan munculnya indikator sendi plastis berwarna hijau. Sementara itu, untuk arah Y, sendi plastis mulai terbentuk dari step ke-3 dan berakhir pada step ke-9. Indikator hijau ini merepresentasikan tingkat kinerja *Damage Control* (DC), yang mengindikasikan bahwa struktur bangunan tetap dapat difungsikan pasca-terjadinya gempa ringan. Tidak ditemukannya sendi plastis pada elemen kolom menunjukkan bahwa kerusakan struktur didominasi sepenuhnya oleh elemen balok. Pola keruntuhan ini telah memenuhi prinsip dasar perencanaan desain struktur tahan gempa (*strong column weak beam*).

Tabel 8. Hasil Kurva Kapasitas.

<i>Type</i>	<i>Push X</i>	<i>Push Y</i>
<i>Displacement</i>	162.09	175.14
<i>Base Shear</i>	12533.7	10170.7
<i>Sa (g)</i>	0.6177	0.5099
<i>Sd (mm)</i>	132.37	136.45

Penentuan tingkat kinerja seismik struktur memerlukan parameter rasio simpangan (*drift*) rata-rata. Nilai ini diperoleh dengan membagi output drift pada *performance point* hasil analisis nonlinier ETABS dengan tinggi total bangunan. Selanjutnya, hasil perhitungan drift maksimum untuk arah X-X dan Y-Y tersebut dikonfirmasi dan diklasifikasikan berdasarkan tabel batasan rasio simpangan menurut standar ATC-40 guna menentukan kategori level kinerja struktur yang dicapai.

Tabel 9. Klasifikasi level kinerja ATC-40.

Parameter	IO	DC	LS	SS
Maksimum total <i>drift</i>	0,01	0,01–0,02	0,02	0,33
Maksimum total inelastik <i>drift</i>	0,0005	0,005–0,015	No Limit	No Limit

Diketahui tinggi total bangunan yaitu 12.5m. Maka perhitungan drift maksimum yaitu: Nilai drift maksimum arah X-X = D/H . $0.162/12.5 = 0.0129$ m.....(DC). Nilai drift maksimum arah Y-Y = D/H . $0.175/12.5 = 0.014$ m.....(DC).

Berdasarkan hasil evaluasi kuantitatif, tingkat kinerja struktur bangunan Gedung Asrama 3 (tiga) Lantai di Malang mengacu pada standar ATC-40 berada dalam kategori *Damage Control* (DC) berdasarkan nilai rasio simpangan maksimumnya (*total drift*). Kondisi ini mengindikasikan bahwa struktur tetap berada dalam batas aman dan dapat langsung dioperasikan kembali pasca-terjadinya gempa ringan. Jika diselaraskan dengan regulasi SNI 1726:2019, batas performa minimum yang diwajibkan untuk bangunan dengan Kategori Risiko II adalah *Damage Control* (DC). Dengan demikian, sistem struktural gedung asrama ini dinyatakan telah memenuhi seluruh ketentuan keandalan seismik yang dipersyaratkan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis struktur menggunakan ETABS, diperoleh bahwa, persentase partisipasi massa ragam (*mass participation*) untuk arah X dan Y telah memenuhi kriteria yang disyaratkan oleh SNI 1726:2019, dengan capaian masing-masing sebesar 100%. Di samping itu, seluruh nilai simpangan antartingkat (*story drift*) yang terjadi masih berada di bawah batas izin yang ditetapkan oleh regulasi. Melalui analisis pushover, diperoleh nilai perpindahan (*displacement*) maksimum sebesar 162.09 mm untuk arah X dan 175.14 mm untuk arah Y. Evaluasi lebih lanjut berdasarkan standar ATC-40 menunjukkan rasio simpangan total (*maximum total drift*) sebesar 0.0129 pada arah X dan 0.0140 pada arah Y. Nilai parameter tersebut mengindikasikan bahwa tingkat kinerja struktur Gedung Asrama 3 (tiga) Lantai di Malang ini berada pada level *Damage Control* (DC). Capaian ini menegaskan bahwa struktur

bangunan telah memenuhi batas performa *minimum* yang diwajibkan untuk bangunan Kategori Risiko II berdasarkan SNI 1726:2019.

Berdasarkan penelitian yang memperoleh kesimpulan dapat diketahui bahwa, penentuan level kinerja bangunan dalam studi ini didasarkan pada evaluasi elemen struktural utama. Oleh karena itu, penelitian lanjutan disarankan untuk melakukan asesmen terhadap komponen non-struktural guna memperoleh gambaran tingkat performa gedung secara menyeluruh. Peningkatan Akurasi Analisis Inelastis untuk memetakan perilaku realistik struktur terhadap berbagai skenario kegempaan, akurasi analisis nonlinear dapat ditingkatkan melalui metode analisis dinamik nonlinier, seperti *Time History Analysis*. Pendekatan ini penting untuk memprediksi secara presisi dampak gempa kuat di masa mendatang serta perilaku pasca-gempa dari struktur bangunan.

DAFTAR REFERENSI

- Aldiansyah, R. (2025). Kinerja struktur gedung menggunakan analisis pushover Gedung Graha Pramesti. *Jurnal Viteks*, 21. <https://doi.org/10.26740/viteks.v3i2.72521>
- Arifin, Z. S. (2016). Analisis struktur Gedung POP Hotel terhadap beban gempa menggunakan metode pushover analysis. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil dan Desain*, 427–440. <https://doi.org/10.23960/jrsdd.v3i3.474>
- Asmara, K. B. (2021). Evaluasi kinerja struktur bangunan tinggi dengan analisis pushover menggunakan aplikasi pemodelan struktur. *Jurnal JRSDD*, 1–11. <https://doi.org/10.23960/jrsdd.v9i1.1721>
- Atalya, P. (2022). BMKG catat ada 10.792 kali gempa di tahun 2022. *Media Indonesia*.
- Badan Penanggulangan Bencana. (2021). *Kajian risiko bencana nasional Provinsi Riau 2022–2026*. PPID Riau.
- BMKG. (2023). *Pengetahuan gempa bumi*. Balai Besar Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika Wilayah III Denpasar.
- Christianto, D. F. (2022). Analisis pushover pada struktur beton dengan external prestressing untuk transfer gaya aksial. *Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 565–577. <https://doi.org/10.24912/jmts.v5i2.16891>
- Firdaus, A. F. (2025). Pemodelan gempa bumi di Provinsi Jawa Timur menggunakan extreme value theory dan probabilistic seismic hazard analysis. *Jurnal Ilmiah Matematika*, 261.
- Herawati, S. S. (2023). *Pengurangan risiko bencana*. PT Literasi Nusantara Abadi Grup.
- J., N. J. (2003). *Crushed glass in macadam for binder course and road base layers*. Balkema Publishers.
- Masarrah. (2026). Evaluasi kinerja struktur jembatan terhadap beban gempa berdasarkan analisis dinamik dan ketentuan SNI terbaru. *Jurnal Ilmu Teknik Sipil Indonesia*, 22.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). *SNI 1726:2019 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa struktur bangunan gedung dan nongedung*. Sitaba PU.

- Nasution, A. R. (2026). Karakteristik gempa tektonik di Indonesia. *P2DMP Universitas Medan Area*.
- Potalangi, J. G. (2020). Analisis keruntuhan gedung bertingkat akibat beban gempa dan beban angin dengan metode pushover. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*.
- Pratama, D. G. (2024). Evaluasi kinerja struktur bangunan tinggi dengan analisis pushover menggunakan aplikasi permodelan struktur. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Halu Oleo*.
- Pratama, H., & (2018). Analisa momen tensor dan mekanisme pusat gempa bumi wilayah Maluku Utara sepanjang tahun 2016 dengan magnitude ≥ 5 SR memanfaatkan program ISOLA-GUI. *Jurnal Sains dan Seni ITS*.
<https://doi.org/10.12962/j23373520.v7i1.29571>
- Salsabilah, D. D., & I. D. (2025). Studi analisis pushover pada gedung lima lantai di RSUD Sosodoro Djatikoesoemo Bojonegoro. *Prosida Widya Saintek*, 92–100.
- British Standards Institution. (2023). *Coated macadam (asphalt concrete) for roads and other paved areas (BS 4987-1)*.
- Wallah, S. E. (2014). Analisis pushover pada bangunan dengan soft first story. *Jurnal Sipil Statik*, 214–224.
- Yudha, S. K. (2022). Mayoritas rumah di Indonesia tak tahan gempa 7 SR. *Republika*.