E-ISSN: 3031-8629
P-ISSN: 3032-3258
Halaman 2290-2313
Volume 3 Nomor 3 Tahun 2026

Evaluasi Kinerja Seismik Struktur Beton Bertulang Gedung 25 Lantai Menggunakan Metode Pushover Berdasarkan SNI 1726:2019

Muhammad Nur Ikhsan[1], Ahmad Fauzi[2], Aksal Dio Saputra[3], Audyna Nadya Ade Putri[4], Eko Sriharyanto[5], Rani Ulpa[6], Rizky Ardian[7]

[1,2,3,4,5,6,7]Program Studi Teknik Sipil, Universitas Tangerang Raya
e-mail: m.nurikhsan@untara.ac.id

Abstrak

Indonesia merupakan negara yang berada pada wilayah cincin api (Ring of Fire) sehingga memiliki tingkat aktivitas gempa yang tinggi. Bangunan 25 Lantai termasuk ke dalam kategori bangunan dengan tingkat risiko tinggi sehingga harus tetap berfungsi setelah terjadi gempa. Oleh karena itu, diperlukan perencanaan struktur yang mampu memberikan kinerja seismik yang baik. Penelitian ini bertujuan merencanakan struktur atas Gedung 25 Lantai menggunakan analisis dinamik Push Over sesuai SNI 1726:2019. Model struktur dibuat menggunakan perangkat lunak ETABS dengan sistem struktur beton bertulang. Pembebanan meliputi beban mati, beban hidup, dan beban gempa berdasarkan analisis respons spektrum sesuai SNI 1726:2019, yang kemudian digunakan sebagai pola beban lateral pada analisis pushover. Parameter yang dievaluasi meliputi simpangan antar lantai (story drift), perpindahan total (displacement), gaya geser dasar (base shear), momen, gaya aksial, serta kebutuhan tulangan pada balok dan kolom. Hasil analisis menunjukkan gaya geser dasar (base shear) sebesar 100.390,16 kN, simpangan antar tingkat maksimum sebesar 0,0253% (arah X) dan 0,0342% (arah Y), serta perpindahan maksimum sebesar 2,182 mm (arah X) dan 3,783 mm (arah Y). Nilai-nilai tersebut jauh lebih kecil dibandingkan batas simpangan izin SNI 1726:2019, sehingga struktur memenuhi persyaratan simpangan antar lantai serta memiliki kapasitas yang memadai dalam menahan beban gravitasi dan gempa.

Kata kunci: *Gedung 25 Lantai, Beton Bertulang, Kinerja Seismik, Pushover, ETABS, SNI 1726:2019.*

Abstract

Indonesia is located in the Pacific Ring of Fire, making it highly vulnerable to earthquakes. High-rise buildings such as the 25-story building examined in this study are classified as high-risk occupancies that must maintain their structural performance after seismic events. Therefore, structural planning must ensure adequate seismic performance. This study aims to design the superstructure of a 25-story reinforced concrete building using the Pushover analysis method based on SNI 1726:2019. The structural model was developed using ETABS software. Loads considered include dead load, live load, and earthquake load derived from response spectrum analysis, which was subsequently applied as the lateral load pattern for the pushover analysis. The evaluated parameters include inter-story drift, displacement, base shear, bending moment, axial force, and reinforcement requirements. The analysis results show a base shear of 100,390.16 kN, a maximum inter-story drift ratio of 0.0253% in the X-direction and 0.0342% in the Y-direction, and a maximum displacement of 2.182 mm (X-direction) and 3.783 mm (Y-direction). These values are well below the drift limits specified in SNI 1726:2019, indicating that the structure satisfies the code requirements and provides sufficient structural capacity against gravity and seismic loads.

Keywords : *25-Story Building, Reinforced Concrete, Seismic Performance, Pushover Analysis, ETABS, SNI 1726:2019.*

LATAR BELAKANG

Indonesia merupakan salah satu negara dengan tingkat aktivitas gempa bumi tertinggi di dunia karena berada pada pertemuan tiga lempeng tektonik utama, yaitu Lempeng Eurasia, Indo-Australia, dan Pasifik. Kondisi tersebut menyebabkan bangunan gedung harus dirancang agar memiliki ketahanan terhadap beban gempa.

Gempa bumi merupakan peristiwa alam yang tidak dapat diperkirakan kapan dan dimana terjadinya, sehingga ancaman kegempaan di Indonesia akibat aktivitas tektonik maupun vulkanik tersebut perlu terus diantisipasi dalam perencanaan bangunan. Getaran gempa merusak bangunan yang berada dipermukaan dan dapat mengakibatkan kegagalan struktur yang dapat merugikan tidak hanya materi, namun juga dapat menimbulkan korban jiwa. Oleh karena itu, perencanaan struktur gedung haruslah mengadopsi prinsip struktur tahan terhadap gempa, sehingga tidak menimbulkan kerugian materi dan korban jiwa apabila bangunan terkena gempa. SNI 1726:2019 mengenai Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung, memberikan pedoman perancangan struktur bangunan tahan gempa. Namun, prinsip perancangan yang dipakai didasarkan pada penyederhanaan perilaku bangunan secara elastik yang sesungguhnya

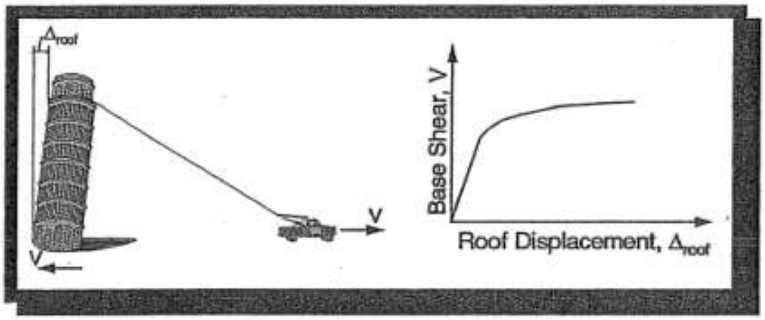
perilaku bangunan terhadap gempa yaitu inelastik. Oleh karena itu, diperlakukan evaluasi dari sebuah struktur yang telah dirancang menggunakan prinsip perancangan secara elastik. Salah satu metode yang digunakan dalam mengevaluasi kinerja struktur tahan gempa yaitu dengan mengadopsi metode performance-based seismic design (PBSD).

PBSD memungkinkan perancangan dan pembangunan bangunan dengan pemahaman yang akurat dan terpercaya mengenai potensi resiko kerugian akibat gempa (Zameeruddin & Sangle, 2021). Prinsip PBSD menekankan pada kinerja struktur yang hendak dicapai. Kinerja tersebut dapat diperoleh melalui evaluasi menggunakan capacity spectrum method (CSM) atau displacement coefficient method (DCM). Kedua metode tersebut digunakan setelah melakukan analisis pushover (analisis nonlinear statik). Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kinerja struktur dari bangunan perkantoran & Apartement 25 lantai menggunakan analisis pushover. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kinerja struktur apakah berada pada level immediate occupancy (IO), life safety (LS), dan collapse prevention (CP) berdasarkan beban gempa dengan periode ulang 500 tahunan (BSE-1N) dan 2500 tahunan (BSE-2N). Selain itu penelitian ini juga akan mengevaluasi parameter daktilitas struktur. Studi-studi terdahulu mengenai analisis pushover dan PBSD, seperti yang dilakukan oleh Zameeruddin & Sangle (2021), Sutanto & Christianto (2022), dan Mechaala et al. (2018), umumnya berfokus pada bangunan bertingkat rendah hingga menengah, sementara penerapannya pada bangunan tinggi (25 lantai) dengan sistem SRPMK berdasarkan SNI 1726:2019 masih terbatas. Kesenjangan inilah yang menjadi dasar dilakukannya penelitian ini, yaitu mengevaluasi kinerja seismik bangunan tinggi menggunakan analisis pushover secara lebih komprehensif, mencakup kurva kapasitas, titik kinerja, serta pola pembentukan sendi plastis. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi perkuatan bangunan yang sudah ada ataupun rekomendasi desain yang lebih baik untuk bangunan bertingkat di masa mendatang.

Analisis pushover

Analisis pushover merupakan analisis statik dengan memberikan beban horizontal, dengan pola pembebanan tertentu, secara bertahap, hingga struktur mencapai batasannya (ATC 40, 1996). Analisis pushover dapat dianalogikan seperti pada Gambar 1, dimana beban horizontal diberikan secara bertahap untuk mendorong (menarik) bagunan hingga mencapai kondisi batasnya (*limit state*).

E-ISSN: 3031-8629
P-ISSN: 3032-3258
Halaman 2290-2313
Volume 3 Nomor 3 Tahun 2026



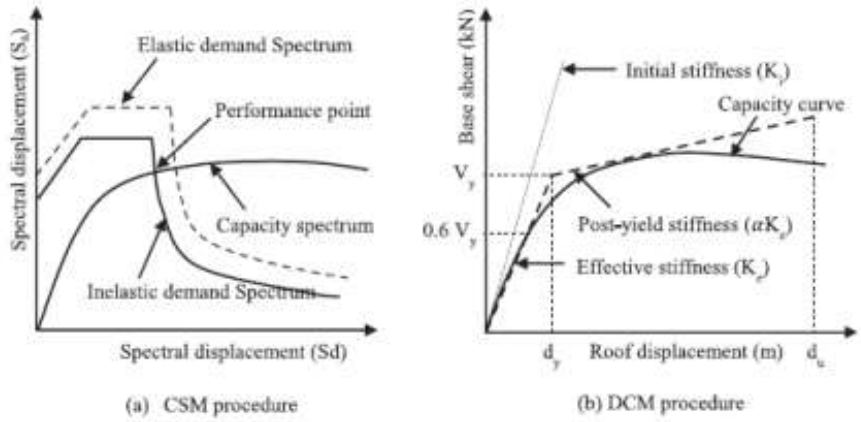
Gambar 1. Analogi pushover analysis (ATC 40, 1996)

Tujuan utama dari analisis pushover adalah untuk memperkirakan kekuatan lateral global, daktilitas dari perpindahan global, serta mekanisme kegagalan struktur saat terkena gaya lateral akibat getaran tanah selama gempa (Sutanto & Christianto, 2022). Analisis pushover digunakan untuk mencari/mengevaluasi kinerja struktur yg dicapai dari hasil perancangan sebelumnya. Kinerja struktur meliputi: (1) kinerja IO/LS/CP dihubungkan dengan beban gempa yg dipakai utk evaluasi. (2) Nilai parameter daktilitas, yg meliputi: R, Ω0, dan Cd.

Meskipun konsep dasar analisis ini cukup sederhana dan bukan merupakan metode terbaik untuk menyelesaikan masalah analisis atau desain, namun informasi yang dihasilan dapat menggambarkan respons inelastic bangunan saat gempa yang dapat digunakan sebagai indikator kinerja suatu bangunan ketika menghadapi goncangan kempa kuat.

Performance-based seismic design (PBSD)

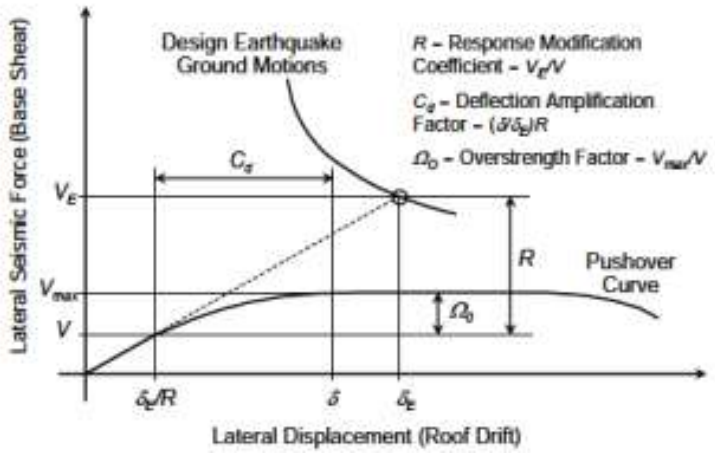
Performance based seismic design (PBSD) adalah proses perancangan bangunan baru atau pengingkatan kinerja seismik pada bangunan yang ada dengan tujuan untuk memastikan bahwa struktur bangunan dapat mempertahankan fungsinya apabila terkena beban seismik (Mehare & Joshi, 2021) Dokumen terkait PBSD telah menyajikan beberapa prosedur evaluasi, termasuk CSM dan DCM, dengan menggunakan analisis pushover statis nonlinier (NLSP). Menurut Mechaala et al. (2018), DCM bekerja dengan memperkirakan perpindahan inelastis sistem MDOF dengan memanfaatkan respons linear dari sistem SDOF.CSM membandingkan kurva kapasitas struktur dengan kurva respons spektrum untuk memperoleh titik kinerja struktur (Rosyidah & Ramadhani, 2020). Dalam CSM, kurva kapasitas dan grafik respons spektrum harus dikonversikan menjadi grafik spectral acceleration (Sa) – spectral displacement (Sd). Metode CSM dan DCM dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Metode CSM dan metode DCM (Zameeruddin & Sangle, 2021)

Faktor modifikasi respons (R)

Faktor modifikasi respons (R) merupakan parameter penting dalam konstruksi desain seismik. Faktor modifikasi respons menggambarkan kapasitas suatu struktur dalam menyerap energi melalui perilaku inelatis (Abdi et al., 2019).



Gambar 3. Definisi faktor daktilitas dari kurva V-δ (FEMA P-695, 2009)

Kurva V-δ pada Gambar 3 diambil dari FEMA P695 (2009) yang menggambarkan perilaku struktur dari kondisi elastik hingga mencapai kondisi inelastik (sesaat sebelum runtuh). Faktor daktilitas akan sulit untuk ditentukan apabila kondisi struktur belum mencapai inelastik, dikarenakan bentuk kurva V-δ yang masih merupakan garis lurus diagonal, dan belum memiliki bagian kurva parabolik. (Prabowo & Lase, 2016)

Berdasarkan Gambar 3, nilai faktor modifikasi respons dapat dihitung menggunakan Persamaan 1

$$R = \frac{VE}{V}$$

Dengan VE = nilai gaya gempa pada saat struktur elastik penuh (R = 1), V = beban seismik rencana yang diberikan pada perancangan struktur.

Faktor kuat lebih (Ω0)

Bedasarkan Gambar 3 yang diambil dari FEMA P695 (2009), nilai Ω0 dapat diperoleh menggunakan Persamaan 2.

$$\Omega 0 = \frac{Vmax}{V}$$

Dengan Vmax = gaya geser maksimum ketika seluruh elemen struktur mengalami pelelehan dan V = beban seismik rencana yang diberikan pada perancangan struktur. Dengan adanya faktor kuat lebih, struktur tetap aman ketika ada getaran yang cukup besar. Nilai Ω0 yang lebih besar menunjukan kekuatan struktur yang lebih tinggi terhadap beban seismik, memastikan struktur bawah tidak gagal lebih dulu daripada struktur atasnya .(Hendrawan & Christianto, 2022).

Faktor pembesaran defleksi (Cd)

Faktor pembesaran defleksi (Cd) menggambarkan kemampuan struktur untuk mengalami deformasi ketika terkena beban gempa (Tavio & Wijaya, 2018). Nilai faktor pembesaran defleksi (Cd) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.

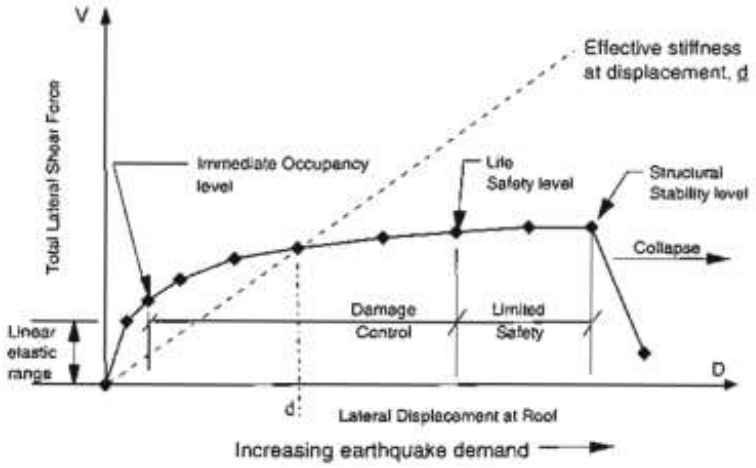
$$Cd = \frac{\delta}{\delta E \,/\, R}$$

Dengan δ = perpindahan atap ketika struktur mencapai kondisi leleh, δ E/R = nilai perpindahan atap ketika struktur diberikan beban seismik rencana sebesar V. Faktor pembesaran defleksi (Cd) diterapkan pada hasil analisis elastis untuk memperhitungkan perilaku non-linear struktur dan memberikan estimasi simpangan maksimum atap dan lantai saat terjadi gempa.

Tingkat kinerja struktur

Teknologi desain gempa saat ini telah mengadopsi konsep performaced based seismic design, yang menggunakan analisis non-linear dengan bantuan software komputer untuk mengevaluasi perilaku inelastik struktur pada berbagai tingkat intensitas gempa, guna menilai kinerja struktur pada kondisi kritis. Menurut ATC 40 (1996), terdapat beberapa tingkatan kinerja struktur yang dapat digambarkan pada kurva hubungan antara gaya-gaya yang bekerja dan perpindahan lateral seperti pada Gambar 4.

E-ISSN: 3031-8629
P-ISSN: 3032-3258
Halaman 2290-2313
Volume 3 Nomor 3 Tahun 2026



Gambar 4. Kurva kapasitas tingkat kinerja struktur (ATC 40, 1996)

Deformasi lateral pada performance point harus diperiksa dengan batasan deformasi pada berbagai tingkat kinerja seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Batasan deformasi untuk setiap tingkat kerja menurut ATC 40 (1996)

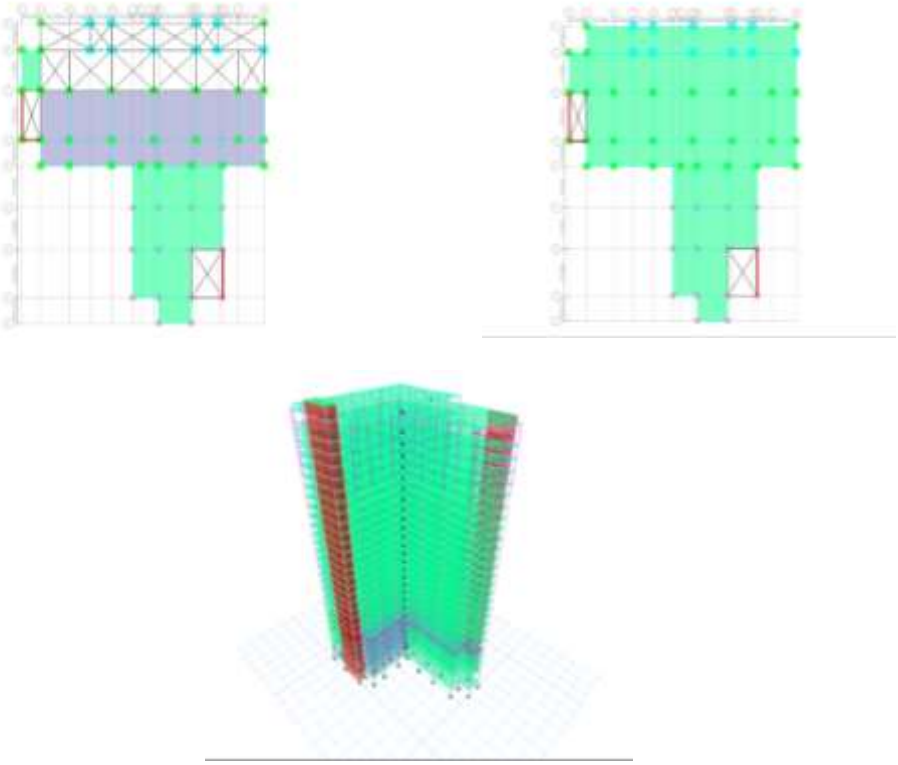
Batasan Simpangan Antar Tingkat	Tingkat Kinerja			
	Immediate Occupancy	Damage Control	Life Safety	Structural Stability
Simpangan Total Maksimum	0,01	0,01–0,02	0,02	0,33 V_i/P_i
Simpangan Inelastik Maksimum	0,005	0,005–0,015	Tidak ada batasan	Tidak ada batasan

Tabel 2. Batasan Deformasi untuk Setiap Tingkat Kinerja Menurut FEMA 356 (2000)

Elemen	Collapse Prevention (S-5)	Life Safety (S-3)	Immediate Occupancy (S-1)
Portal Rangka Beton	4% simpangan sementara atau permanen	2% simpangan sementara; 1% simpangan permanen	1% simpangan sementara; simpangan permanen diabaikan
Dinding Beton	2% simpangan sementara atau permanen	1% simpangan sementara; 0,5% simpangan permanen	0,5% simpangan sementara; simpangan permanen diabaikan

METODE

Pemodelan dan analisis pada penelitian ini dilakukan menggunakan program ETABS. Struktur dimodelkan sebagai struktur 3D dengan sistem struktur berupa balok dan kolom. Perhitungan beban struktur mengacu pada SNI 1727:2020 yang kemudian dievaluasi menggunakan analisis statik non linier.



Deskripsi umum bangunan

Bangunan yang akan dimodelkan dalam analisis ini merupakan gedung beton bertulang dengan sistem penahan gempa berupa sistem rangka pemikul momen khusus yang terdiri dari balok dan kolom. Bangunan memiliki ketinggian total 30,00 meter dengan 25 lantai yang diperuntukan sebagai perkantoran dan apartemen, yang dapat dilihat pada Gambar 5. Bangunan yang akan dievaluasi berlokasi di Jl. Daan Mogot, Kecamatan Cisauk, Kota Tangerang Selatan, dan diasumsikan berada di atas tanah sedang (SD). Data gedung yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.

Data Perencanaan

Struktur Gedung yang direncanakan memiliki fungsi sebagai gedung perkantoran dan apartemen 25 lantai.

Lokasi Perencanaan

Lokasi Perencanaan untuk bangunan berada di Jl. Daan Mogot, Kecamatan Cisauk, Kota Tangerang Selatan.

Data Bangunan

Tabel 3. Data Umum Bangunan

NO.	Parameter	Keterangan
1	Fungsi Bangunan	Perkantoran & Apartemen
2	Jumlah Lantai	25 Lantai
3	Sistem Struktur	SRPMK
4	Mutu Beton	fc' = 30 MPa
5	Mutu Baja Tulangan	fy = 420 MPa (ulir), fy = 280 MPa (polos)
6	Perangkat Lunak	ETABS

- Fungsi Gedung : Gedung Kantor & Apartement
- Jumlah Lantai :25 Lantai Kerja
- Tinggi Bangunan : 30,00 m
- Jarak antar Lantai : Basemen ke Lt. dasar 4,10 m, Lt. Dasar ke Mezz. 4,1 m, Lantai 2 ke lt. 5 3,1 m, lt. 6 ke 8 3,6 m, lt. 9 ke 25 dan Atap 3,2 m.
- Panjang Bentang : 42,15 m (arah x) : 45,95 m (arah y)
- Struktur Bangunan : Beton Bertulang

Data Material

1. Spesifikasi Material Beton

- Mutu Beton (f'c) = 30 Mpa
- Berat Jenis = 2400 kg/m3
- Modulus Elastisitas Beton (Ec)
- Ec = 4700 $\sqrt{}$30 = 25742,960 MPa
- Angka poisson (μ) = 0.2

2. Spesifikasi Material Baja

- Mutu Baja Tulangan Utama (fy) sebesar 420 MPa (BJTS 420A)
- Mutu Baja Tulangan Sengkang (fys) sebesar 280 MPa (BJTP 280)
- Modulus Elastisitas Baja sebesar 200000 MPa

Data Beban

Data beban sebagai gaya luar yang bekerja pada struktur bangunan. Data beban yang direncanakan terdiri Beban Mati (Berat dan Berat Tambahan), Beban Hidup yang diambil sebesar luasan per (m2) yang ditinjau berdasarkan fungsi bangunan yang akan direncanakan, diambil berdasarkan SNI 1727-2013; Beban gempa dengan memperhitungkan hal-hal dasar yang mengacu pada SNI 1726-2012 Pasal 4.1.; dan Beban Angin direncanakan dengan parameter dalam SNI 1727-2013 Pasal 27. Selanjutnya bangunan dirancang mampu menahan beban yang telah dikombinasikan sesuai SNI 1723-2013.

Perencanan Sistem Struktur

Bangunan termasuk dalam Kategori Desain Seismik "D". Maka untuk struktur yang terletak pada daerah/wilayah dengan tingkat risiko gempa yang tinggi dikategorikan sebagai KDS D, E, dan F, harus didesain dengan Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

Pembebanan Struktur

Perhitungan pembebanan dilakukan sebagai input dalam analisa struktur. Pada analisis struktur ini terdapat beberapa asumsi yang diterapkan dalam menganalisis beban-beban yang bekerja. Beban-beban yang diperhitungkan meliputi beban mati, beban hidup dan beban gempa. adapun perhitungan pembebanan pada struktur ini meliputi: Beban mati (Dead Load) atau berat sendiri elemen struktur seperti balok, pelat dan kolom akan dihitung otomatis oleh program bantu (ETABS) berdasarkan input data material dan dimensi elemen struktur. Beban mati tambahan (Superimpose Dead Load) dan merupakan beban yang diinput pada balokmerupakan beban mati

tambahan akibat dinding. Perhitungan beban mati tambahan (SIDL) mengacu kepada PPURG 1987 [12].

Analisis Beban Gempa Respon Spektrum

Respon gempa pada desain berbasis kinerja ini digunakan respon gempa yang dihitung sesuai SNI 1726:2019. Berikut beberapa parameter yang digunakan dalam analisis dinamik linear respon spectrum dalam menghitung beban gempa [6].

- Fungsi Gedung = 25 Lantai
- Kategori Risiko Bangunan = II
- Faktor keutamaan gempa (Ie) = 1,0
- Klasifikasi Situs = Tanah Sedang (SD)

Parameter-parameter percepatan gempa didapat dari respon spektra desain yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Cipta Karya Kementerian PUPR . Respon spektra desain untuk gedung 25 Lantai dapat dilihat pada Gambar 3 di bawah ini.

Analisa Struktur

Analisa struktur dilakukan dengan bantuan software ETABS dan akan diperoleh ouput berupa gaya-gaya dalam yang terjadi, dan kemudian digunakan untuk perhitungan gaya-gaya dalam untuk perencanaan dimensi struktur dan tulangan beton bertulang.

Prosedur analisis

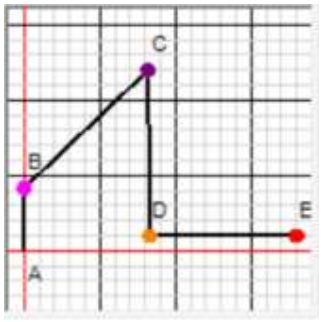
Dalam penelitian ini, perhitungan beban gravitasi pada struktur mengacu pada SNI 1727:2020 dan perhitungan beban gempa mengacu pada SNI 1726:2019. Analisis beban gempa dilakukan menggunakan analisis respon spektrum (ARS). Pada analisis ini, dilakukan perbandingan antara gaya gempa dari analisis statik ekivalen (ASE) dengan gaya gempa hasil ARS yang diperoleh dengan bantuan program ETABS. Hasil dari perbandingan tersebut kemudian akan menjadi dasar dalam menentukan gaya gempa desain pada struktur bangunan. Apabila gaya geser dasar dari hasil ASE lebih besar dari hasil ARS, maka nilai gaya geser dasar ARS perlu diamplifikasi sedemikan sehingga sama dengan gaya geser dasar hasil ASE.

Selanjutnya, dilakukan analisis gaya-gaya dalam menggunakan program ETABS menggunakan kombinasi pembebanan menurut SNI 1727:2020 untuk memperoleh nilai gaya-gaya dalam elemen struktur. Gaya dalam yang diperoleh akan digunakan untuk mendesain penulangan. Hasil desain tulangan kemudian dimasukan ke dalam program ETABS untuk kemudian dilakukan pemodelan sendi plastis untuk melakukan analisis pushover. Dari analisis pushover, didapatkan pola keruntuhan pada model struktur serta kurva pushover (kurva kapasitas). Kurva pushover menunjukan hubungan antara gaya geser dengan perpindahan atap. Kurva ini kemudian digunakan untuk menilai kinerja struktur menggunakan metode metode spektrum kapasitas (CSM) yang mengacu pada ATC 40 (1996), serta metode koefisisien perpindahan (DCM) yang mengacu pada FEMA 356 (2000) dan FEMA 440 (2005). Pola beban lateral pada analisis pushover ini mengikuti distribusi gaya gempa hasil analisis respons spektrum (bukan rekaman percepatan gempa/time-history), sesuai dengan ketentuan pola beban statik ekivalen menurut ASCE 41-17. Analisis pushover dihentikan (kriteria konvergensi) apabila salah satu dari kondisi berikut tercapai: (1) perpindahan target (target displacement) sesuai periode ulang gempa BSE-1N dan BSE-2N telah

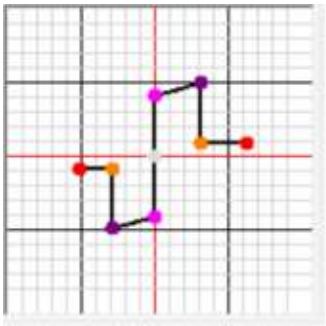
tercapai, (2) terbentuk mekanisme keruntuhan (collapse mechanism) akibat sendi plastis yang melampaui level Collapse Prevention (CP), atau (3) solusi numerik pada ETABS tidak lagi konvergen akibat degradasi kekakuan struktur.

Pemodelan Sendi Plastis

Sendi plastis pada elemen balok dan kolom dimodelkan secara otomatis menggunakan bantuan program ETABS. Pemodelan sendi plastis pada elemen balok kolom mengacu pada ASCE 41-17 yang mengadopsi pola sendi plastis terpusat di kedua ujung elemen struktur. Perilaku sendi plastis yang dipilih yaitu deformation controlled untuk kedua elemen struktur (balok dan kolom). Perilaku sendi plastis berupa deformation controlled mengakibatkan perilaku struktur relatif lebih daktail dibandingkan dengan perilaku sendi force controlled. Hal ini dikarenakan parameter kegagalan ditentukan berdasarkan deformasi ketimbang kekuatan ultimitnya. Berdasarkan ASCE 41-17 (2017), terdapat kriteria penerimaan untuk sendi plastis dengan perilaku deformation controlled, yang didasarkan pada hubungan antara beban dengan deformasi yang terjadi. Grafik kriteria penerimaan sendi plastis dapat dilihat pada Gambar 6



Grafik kriteria Penerimaan sendi plastis kolom



Grafik kriteria Penerimaan sendi plastis balok

Gambar 5. Grafik hubungan beban – deformasi (ASCE 41-17, 2017)

Analisis Push Over

Analisis Push Over dilakukan dengan memberikan beban lateral secara bertahap hingga struktur mencapai kondisi inelastis. Evaluasi dilakukan berdasarkan kurva kapasitas (*capacity curve*), pembentukan sendi plastis (*plastic hinge*), perpindahan target (*target displacement*), dan gaya geser dasar (*base shear*). Tingkat kinerja struktur selanjutnya ditentukan berdasarkan kriteria FEMA 356 dan ATC-40.

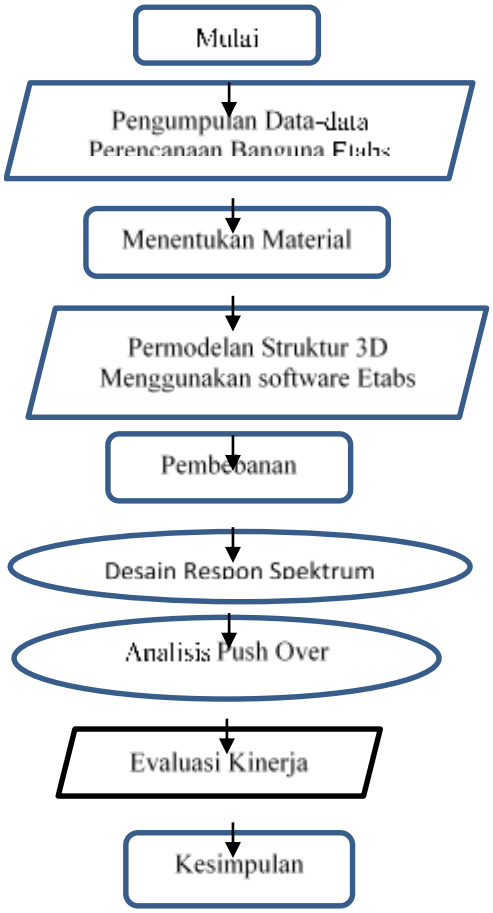
Kontrol Keamanan Struktur

Hasil analisa struktur yang diperoleh dari software ETABS harus dikontrol terhadap suatu batasan-batasan tertentu sesuai dengan persyaratan yang ada.

Bagan Alir Perencanaan

Adapun bagan alir pada penelitian ini pada Gambar 4 sebagai berikut:

E-ISSN: 3031-8629
P-ISSN: 3032-3258
Halaman 2290-2313
Volume 3 Nomor 3 Tahun 2026

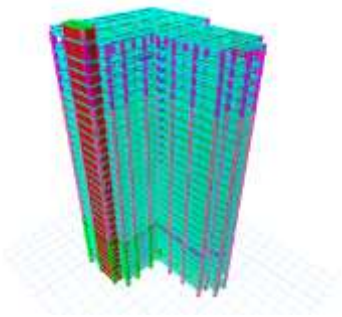


Gambar 6. Bagan Alir Penelitian

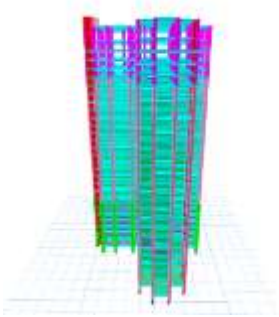
HASIL DAN PEMBAHASAN

Geometri Struktur

Bentuk geometri struktur diperlihatkan pada gambar 2 dan gambar 3 berikut.



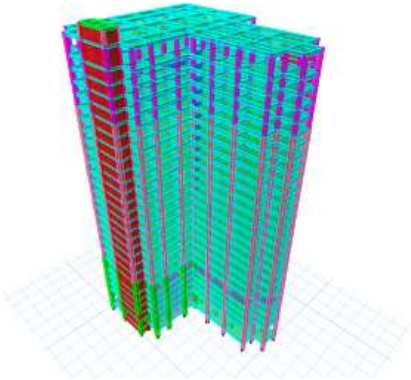
Gambar 7. Geometri Struktur 3D
Sumber: Output ETABS



Gambar 8. Geometri 3D (Tampak Depan)
Sumber: Output ETABS

Permodelan Struktur 3D

Berdasarkan langkah Perencanaan menggunakan Software ETABS, bangunan dimodelkan hingga menyerupai geometri bangunan asli, dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 9. Hasil Pemodelan Struktur

Sumber: Output ETABS

Pembebanan Struktur

Beban mati

- Berat sendiri elemen struktur (Dead Load) yang ditentukan oleh program (Program Determine)
- Beton Bertulang = 24,00 kN/m3
- Beban tambahan = 1,20 kN/m2

Beban Hidup

- Apartemen / kamar pribadi = 1,92 kN/m2
- Apartemen – ruang publik/koridor = 4,79 kN/m2
- Kantor – ruang kantor = 2,4 kN/m2
- Kantor – koridor di atas lantai pertama = 3,83 kN/m2
- Kantor – lobi/koridor lantai pertama= 4,79 kN/m2
- Tangga/bordes = 4,79 kN/m2
- Ruang Simpan = 4,79 kN/m2
- Atap Datar = 0,96 kN/m2
- Dinding ½ bata = 2,50 kN/m2

Parameter Respon Spektrum

Parameter respon spektrum untuk wilayah Tangerang Selatan (kelas situs SD, tanah sedang) dengan nilai Ss=0,7220g, S1 = 0,3150g, Fa = 1,2224, Fv = 1,9850 yang didapat pada laman *rsapuskim2019.litbang.pu.go.id.* Kemudian diperoleh parameter respon spektrum elastik desain SDS = 0,5884g dan S1 = 0,4169g. Desain respon spektrum dapat dilihat pada Gambar 3.

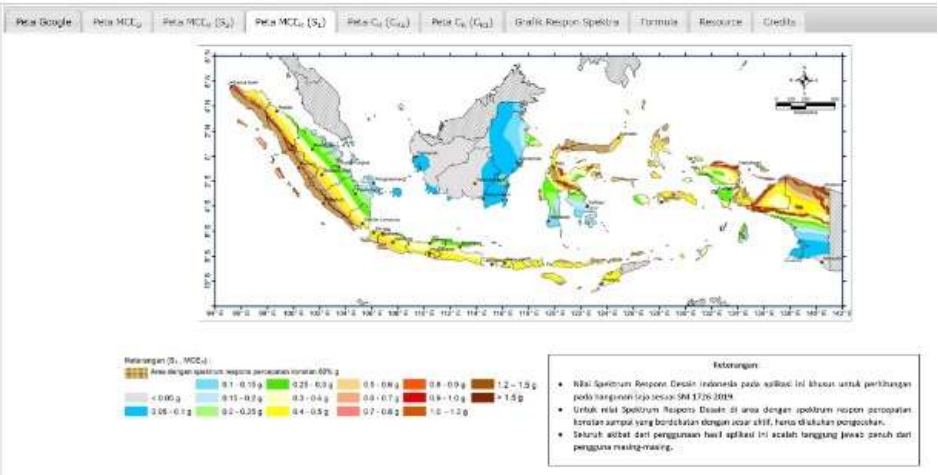
Aspek Gedung Terhadap Kegempaan

Didapat nilai kategori risiko, Faktor keutamaan (Ie) , Klasifikasi situs yang dapat dilihat pada tabel 2

Tabel 2. Aspek Gedung Terhadap Kegempaan

Aspek Gedung	Nilai
Kategori Risiko	II
Faktor keutamaan (Ie)	1,0
Klasifikasi Situs	Tanah Sedang (SD)

Data Gempa Desain Respon Spektrum, dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 10. Desain Respon Spektrum

Sumber: Rsa Cipta karya



Gambar 11. Desain Respon Spektrum

Sumber: Rsa Cipta karya

Gaya Lateral Gempa

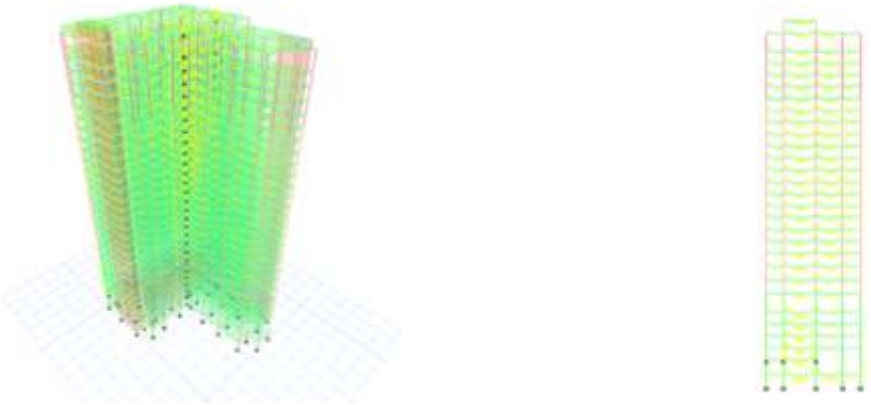
Beban Gempa Direncanakan menggunakan Analisis Dinamik, dengan Ragam Respon Spektrum, dimana hal-hal dasar telah dihitung berdasarkan ketetapan SNI 1726-2012. Didapat nilai periode getar (T), Koefisien respon seismik (Cs), Geser dasar seismik (V) yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai T, Cs, dan V

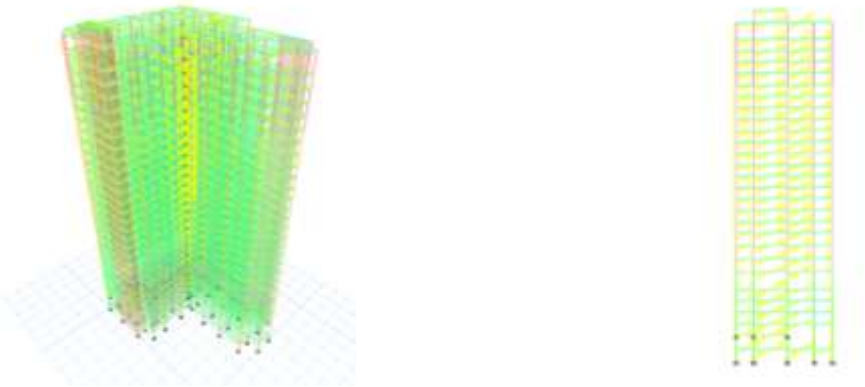
Aspek Gedung	Nilai
Periode Getar (T)	3,5528 detik
Koefisien Respon Seismik (Cs)	0,0841
Geser Dasar Seismik (V)	100390,16 kN

Hasil Run Analisis

- Bidang Momen



- Bidang Lintang



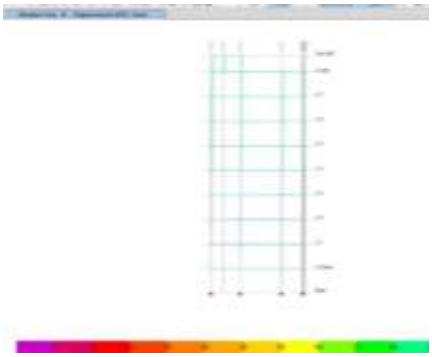
Evaluasi Kinerja Struktur

Kinerja Struktur Menurut SNI 1726 (2019)

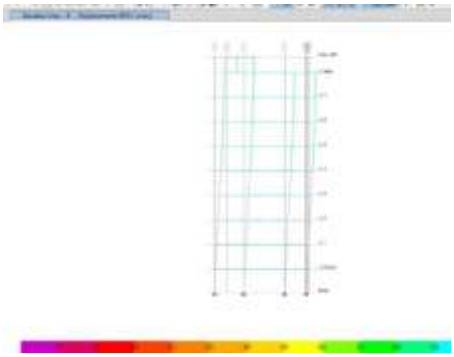
Evaluasi Kinerja Struktur Menurut SNI 1726 (2019) menggunakan nilai simpangan antar tingkat izin sebagai acuan. Nilai simpangan antar tingkat izin dapat ditentukan dengan menggunakan rumus:

$$\Delta_a = 0{,}020 \times h_{sx}$$

Kemudian hasilnya diplotkan seperti Gambar 6 dan Gambar 7



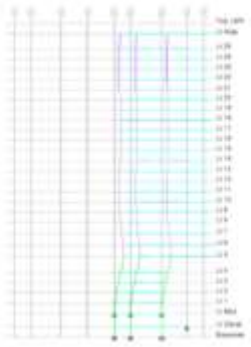
Gambar 12. Simpangan Antar Tingkat Gabungan Arah X



Gambar 13. Simpangan Antar Tingkat Gabungan Arah Y



Gambar 14. Simpangan Antar Tingkat Gabungan Arah X



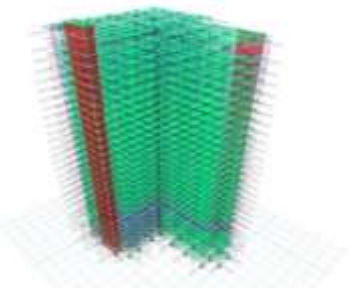
Gambar 15. Simpangan Antar Tingkat Gabungan Arah Y

Menerapkan Setingan Analisa Push Over

Assign Hinge / sendi plastis pada balok & kolom.



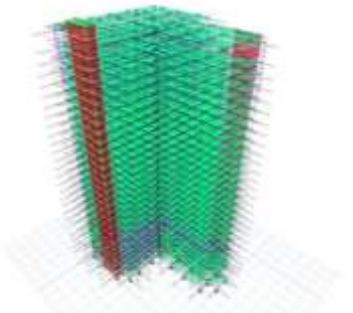
Gambar 16. Grafik Sendi plastis pada balok



Gambar 17. Grafik Sendi plastis pada kolom



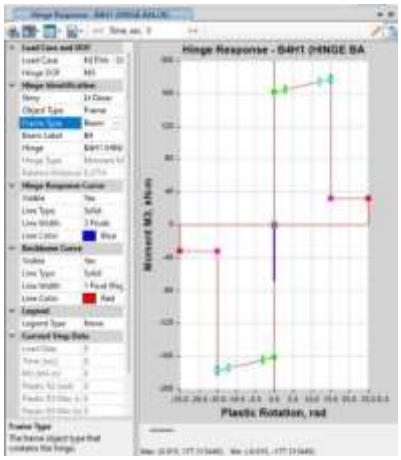
Gambar 18. Grafik Sendi plastis pada balok



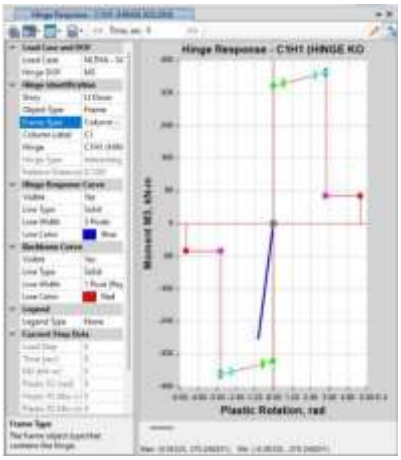
Gambar 19. Grafik Sendi plastis pada kolom

Assign Sendi Plastis

Assign Hinge / sendi plastis pada balok & kolom



Gambar 20. Grafik Sendi plastis pada balok



Gambar 21. Grafik Sendi plastis pada kolom

Cek Story Drift

Untuk hasil story Drift dapat dilihat pada table 4

Tabel 4. Hasil Story Drift

Story	EQX Max Drift (mm)	EQX Drift Ratio	EQY Max Drift (mm)	EQY Drift Ratio
Top LMR	0.253	1/3959	0.342	1/2924
Lt Atap	0.029	1/34246	0.081	1/12398
Lt 25	0.022	1/44604	0.041	1/24150
Lt 24	0.022	1/46483	0.031	1/31868
Lt 23	0.016	1/62546	0.02	1/50817
Lt 22	0.01	1/101599	0.01	1/95615
Lt 21	0.01	1/95932	0.011	1/92577
Lt 20	0.016	1/63334	0.017	1/58736
Lt 19	0.021	1/48552	0.023	1/43817
Lt 18	0.023	1/42569	0.026	1/38045
Lt 17	0.025	1/40062	0.028	1/35776
Lt 16	0.026	1/39040	0.029	1/34915
Lt 15	0.026	1/38700	0.029	1/34634
Lt 14	0.026	1/38730	0.029	1/34629
Lt 13	0.026	1/39041	0.029	1/34870
Lt 12	0.025	1/39783	0.028	1/35526
Lt 11	0.024	1/41653	0.027	1/36995
Lt 10	0.023	1/43650	0.025	1/40016
Lt 9	0.022	1/45826	0.022	1/45299
Lt 8	0.022	1/46069	0.019	1/52738
Lt 7	0.022	1/45528	0.016	1/63843
Lt 6	0.023	1/43775		
Lt 5	0.05	1/19987	0.054	1/18467
Lt 4	0.036	1/27535	0.047	1/21468
Lt 3	0.044	1/22556	0.058	1/17379
Lt 2	0.07	1/14257	0.068	1/14805
Lt 1	0.075	1/13411	0.06	1/16542
Lt Mez	0.03	1/33404	0.006	1/166069
Lt Dasar	0.017	1/58480	0.013	1/77284

Berdasarkan hasil analisis story drift menggunakan ETABS, diperoleh bahwa perpindahan antar tingkat struktur akibat pembebanan gempa arah X (EQX) memiliki nilai maksimum sebesar 0,253 mm dengan rasio drift sebesar 1/3959, yang terjadi pada tingkat Top LMR. Sementara itu,

untuk pembebanan gempa arah Y (EQY), nilai story drift maksimum sebesar 0,342 mm dengan rasio drift sebesar 1/2924, yang juga terjadi pada tingkat Top LMR.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa respons deformasi lateral struktur relatif kecil, dengan nilai drift terbesar terjadi pada bagian atas bangunan. Secara umum, pola story drift menunjukkan bahwa perpindahan antar tingkat bervariasi terhadap ketinggian bangunan dan dipengaruhi oleh kekakuan serta distribusi massa struktur. Nilai story drift selanjutnya dapat dibandingkan dengan batas simpangan antar tingkat yang dipersyaratkan dalam standar perencanaan gempa yang digunakan untuk menentukan pemenuhan kinerja deformasi struktur

Nilai story drift yang sangat kecil (0,0253%-0,0342%) tersebut jauh berada di bawah batas izin SNI 1726:2019 maupun ATC-40 (1996), yang mengindikasikan bahwa kekakuan lateral struktur relatif tinggi dibandingkan kebutuhan minimum untuk memenuhi kriteria simpangan. Kecenderungan ini konsisten dengan pola umum yang dilaporkan pada penelitian sejenis mengenai bangunan tinggi dengan sistem SRPMK, di mana desain sering kali dikendalikan oleh kekakuan (stiffness-driven design) untuk memenuhi batas simpangan dan bukan oleh kapasitas kekuatan elemen. Implikasinya, dimensi elemen struktur (khususnya kolom dan dinding struktural apabila ada) berpotensi dapat dioptimalkan lebih lanjut untuk meningkatkan efisiensi desain dari sisi ekonomis, selama tetap memenuhi persyaratan kekuatan dan daktilitas. Namun demikian, kesimpulan mengenai efisiensi desain ini masih bersifat indikatif berbasis story drift dan idealnya dikonfirmasi melalui kurva kapasitas (capacity curve) hasil analisis pushover yang membandingkan kapasitas struktur terhadap tuntutan (demand) spektrum respons.

Pola pembentukan sendi plastis yang diperoleh dari tahapan analisis pushover (Gambar 16 -- Gambar 21) menunjukkan bahwa sendi plastis pada tahap-tahap awal pembebanan lateral cenderung terbentuk lebih dahulu pada ujung-ujung balok dibandingkan pada kolom, yang mengindikasikan tercapainya mekanisme strong column-weak beam sebagaimana dituntut oleh filosofi desain SRPMK pada SNI 1726:2019 dan SNI 2847:2019. Kondisi ini mengarah pada mekanisme keruntuhan yang bersifat daktail (ductile beam-sway mechanism) dan bukan mekanisme soft-story yang getas (brittle), sehingga struktur memiliki kapasitas disipasi energi yang lebih baik saat menerima beban gempa besar. Meskipun demikian, penilaian kuantitatif mengenai jumlah dan level kinerja sendi plastis (B-IO, IO-LS, LS-CP, atau melebihi CP) pada tiap tahap pembebanan sebaiknya disajikan secara tabulatif agar mekanisme keruntuhan struktur dapat dievaluasi secara lebih rinci.

Level Kinerja Struktur

Konsep evaluasi kinerja struktur umumnya membedakan Immediate Occupancy (IO), Life Safety (LS), dan Collapse Prevention (CP). FEMA menjelaskan bahwa level tersebut menggambarkan tingkat kerusakan dan kemampuan struktur setelah gempa. Sebagai indikasi awal berbasis drift, nilai story drift pada struktur ini berada jauh di bawah batas drift yang umumnya diasosiasikan dengan level kinerja tersebut. Meskipun demikian, indikasi berbasis drift ini bersifat sementara dan perlu dikonfirmasi melalui evaluasi kurva kapasitas serta titik kinerja hasil analisis pushover secara langsung.

Tabel 5. Level Kinerja Struktur

Level kinerja	Kondisi umum	Indikasi Berdasarkan Drift
Immediate Occupancy (IO)	Kerusakan kecil, struktur masih dapat digunakan	Indikasi memenuhi
Life Safety (LS)	Kerusakan cukup signifikan tetapi struktur masih memiliki kapasitas keselamatan	Memenuhi
Collapse Prevention (CP)	Struktur mendekati kondisi kritis tetapi belum runtuh	Memenuhi

Kontrol Displacement

Tabel 6. Hasil Kontrol Displacement

Story	EQX Max Ux (mm)	EQX Joint	EQY Max Uy (mm)	EQY Joint
Top LMR	2.078	44	3.783	44
Lt Atap	2.182	65	2.811	43
Lt 25	2.112	65	2.424	43
Lt 24	2.04	65	2.304	43
Lt 23	1.971	65	2.203	43
Lt 22	1.92	65	2.14	43
Lt 21	1.889	65	2.107	43
Lt 20	1.855	65	2.072	43
Lt 19	1.805	65	2.018	43
Lt 18	1.739	65	1.945	43
Lt 17	1.664	65	1.861	43
Lt 16	1.584	65	1.771	43
Lt 15	1.502	65	1.68	43
Lt 14	1.419	65	1.587	43
Lt 13	1.337	65	1.495	43
Lt 12	1.255	65	1.403	43
Lt 11	1.174	65	1.313	43
Lt 10	1.097	65	1.227	43
Lt 9	1.028	65	1.147	43
Lt 8	0.969	65	1.076	43
Lt 7	0.917	65	1.008	43
Lt 6	0.887	65	0.951	43
Lt 5	0.902	65	0.887	43
Lt 4	0.982	65	0.731	43
Lt 3	0.949	65	0.746	70
Lt 2	0.817	63	0.656	70
Lt 1	0.594	63	0.477	70
Lt Mez	0.165	5	0.036	5
Lt Dasar	0.056	66	0.043	67
Basemen	0	1	0	1

Summary Hasil Displacement

Tabel 7. Hasil Displacement

Parameter	Hasil
Jumlah story	30
Displacement maksimum arah X – EQX	2,182 mm
Lokasi maksimum X	Lt Atap
Joint maksimum X	65
Displacement maksimum arah Y – EQY	3,783 mm
Lokasi maksimum Y	Top LMR
Joint maksimum Y	44

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis struktur menggunakan ETABS, struktur menunjukkan respons deformasi lateral yang relatif kecil terhadap pembebanan gempa. Perpindahan maksimum (*Joint Displacement*) sebesar 2,182 mm pada arah X dan 3,783 mm pada arah Y. Nilai *Story Drift* maksimum sebesar 0,253 mm dengan rasio 1/3959 (0,0253%) pada arah X, sedangkan arah Y sebesar 0,342 mm dengan rasio 1/2924 (0,0342%). Hasil tersebut menunjukkan simpangan antar lantai yang kecil dan tidak mengindikasikan deformasi lateral berlebihan. Struktur memiliki kekakuan yang memadai dalam menahan gempa. Namun, penentuan tingkat kinerja IO, LS, atau CP tetap memerlukan analisis nonlinear, terutama melalui evaluasi *plastic hinge* dan kurva kapasitas struktur.

DAFTAR PUSTAKA

Analisis pushover terhadap variasi penampang kolom pada struktur gedung special plate shear wall. (n.d.).

Analisis struktur Gedung DPRD Kota Bukittinggi menggunakan SNI beton bertulang 2847:2019 dan SNI gempa 1726:2019. (n.d.).

Applied Technology Council. (1996). *ATC-40: Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings*. Applied Technology Council.

Badan Standardisasi Nasional. (2017). *SNI 2052:2017: Baja tulangan beton*. Badan Standardisasi Nasional.

Badan Standardisasi Nasional. (2019a). *SNI 1726:2019: Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung*. Badan Standardisasi Nasional.

Badan Standardisasi Nasional. (2019b). *SNI 2847:2019: Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung*. Badan Standardisasi Nasional.

Badan Standardisasi Nasional. (2020). *SNI 1727:2020: Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain*. Badan Standardisasi Nasional.

Computers and Structures, Inc. (n.d.). *ETABS user manual*. Computers and Structures, Inc.

Dipohusodo, I. (1994). *Struktur beton bertulang*. Gramedia.

Federal Emergency Management Agency. (2000). *FEMA 356: Prestandard and commentary for the seismic rehabilitation of buildings*. Federal Emergency Management Agency.

Federal Emergency Management Agency. (2005). *FEMA 440: Improvement of nonlinear static seismic analysis procedures*. Federal Emergency Management Agency.

Perencanaan struktur beton bertulang gedung 4 lantai di Kota Manado menggunakan SNI 2847:2019 dan SNI 1726:2019. (n.d.).

Perencanaan struktur beton bertulang gedung rumah susun 4 lantai di Kota Manado. (n.d.)..

Setiawan, A. (2016). *Perencanaan struktur beton bertulang berdasarkan SNI 2847:2013*. Erlangga.