



Inventa: Journal of Science, Technology, and Innovation

Vol 1 No 3 April 2026, Hal 393-400
ISSN: 3123-3147 (Print) ISSN: 3123-3155 (Electronic)
Open Access: <https://scriptaintelektual.com/inventa>

Re-Desain Struktur Atas Tahan Gempa Gedung Apartemen Berdasarkan Sni 1726:2019 Di Kota Semarang

Aldino Daffa Cahya Pratama^{1*}, Muhammad Naufal ArRasyid²

¹⁻² Universitas Islam Sultan Agung, Indonesia

email: aldino@gmail.com

Article Info :

Received:
15-04-2026
Revised:
23-04-2026
Accepted:
30-04-2026

Abstract

Indonesia lies within a region of high seismic activity; therefore, the structural design of buildings must adequately account for earthquake effects. The apartment building located in the city of Semarang is a four-story residential structure constructed in 2023 and originally designed in accordance with SNI 1726:2012 provisions. With the enactment of SNI 1726:2019 as the latest regulatory standard, a structural reassessment and redesign of the building's superstructure are required to ensure its safety level and structural performance under seismic loads. This study aims to redesign the superstructure of the apartment building, including beams, columns, and slabs, using the Special Moment Resisting Frame System (SMRF) in compliance with SNI 1726:2019, SNI 1727:2018, and SNI 2847:2019. Structural analysis was conducted using both the equivalent static method and response spectrum analysis with the aid of ETABS software. Seismic parameters were determined based on the site conditions, assuming a soft soil classification (Site Class SE). The design results indicate that the building structure satisfies seismic resistance requirements, as evidenced by the magnitude of the design earthquake forces, inter-story drift limits, and the ductility provisions of the SMRF system. The redesigned dimensions and reinforcement detailing of structural elements—columns, beams, and slabs have been adjusted to fulfill the strong column–weak beam principle. Therefore, the redesigned superstructure of the apartment building, based on SNI 1726:2019, is deemed safe and capable of enhancing structural performance against earthquake effects.

Keywords: Earthquake-resistant building, ETABS, structural redesign, SNI 1726:2019, SRPMK.

Abstrak

Wilayah Indonesia berada pada zona aktivitas seismik yang cukup tinggi, sehingga perencanaan struktur bangunan gedung harus memperhitungkan pengaruh gempa bumi secara memadai. Gedung Apartemen yang berlokasi di Kota Semarang merupakan bangunan hunian bertingkat empat yang dibangun pada tahun 2023 dan dirancang berdasarkan ketentuan SNI 1726:2012. Dengan diberlakukannya SNI 1726:2019 sebagai peraturan terbaru, diperlukan peninjauan dan perancangan ulang struktur atas bangunan guna memastikan tingkat keamanan dan kinerja struktur terhadap beban gempa. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan redesain struktur atas Gedung Apartemen yang meliputi elemen balok, kolom, dan pelat menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) sesuai dengan SNI 1726:2019, SNI 1727:2018, serta SNI 2847:2019. Analisis struktur dilakukan dengan metode statik ekuivalen dan respons spektrum menggunakan perangkat lunak ETABS. Parameter gempa ditentukan berdasarkan kondisi lokasi bangunan dengan klasifikasi tanah lunak Diasumsikan (SE). Hasil perancangan menunjukkan bahwa struktur bangunan telah memenuhi persyaratan ketahanan gempa, ditinjau dari besarnya gaya gempa rencana, simpangan antar lantai (story drift), serta ketentuan daktilitas struktur SRPMK. Dimensi dan penulangan elemen struktur yang dirancang ulang ukuran kolom, balok, pelat guna memenuhi prinsip strong column–weak beam. Dengan demikian, redesain struktur atas Gedung Apartemen berdasarkan SNI 1726:2019 dinyatakan aman dan mampu meningkatkan kinerja struktur terhadap pengaruh gempa bumi.

Kata Kunci: Bangunan tahan gempa, ETABS, Redesain struktur, SNI 1726:2019, SRPMK.



©2022 Authors.. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.
(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

PENDAHULUAN

Dalam dua dekade terakhir, perkembangan ilmu rekayasa struktur menunjukkan pergeseran signifikan menuju pendekatan berbasis kinerja (performance-based design) dalam merespons risiko seismik global yang semakin kompleks, terutama di kawasan cincin api Pasifik yang memiliki tingkat aktivitas tektonik tinggi. Negara-negara dengan tingkat kerentanan gempa yang signifikan, termasuk Indonesia, dituntut untuk terus memperbarui regulasi teknis guna memastikan bahwa bangunan mampu

mempertahankan integritas strukturalnya selama kejadian gempa besar. Pembaruan standar desain seperti SNI 1726:2019 merepresentasikan respons terhadap kemajuan ilmu pengetahuan dan pengalaman empiris terhadap kegagalan struktur di masa lalu, sekaligus mengintegrasikan parameter hazard terbaru yang lebih representatif terhadap kondisi seismotektonik aktual (Badan Standardisasi Nasional, 2019; Siswanto, 2018).

Pembangunan perkotaan yang semakin vertikal, terutama di kota-kota berkembang seperti Semarang, tuntutan terhadap desain struktur tahan gempa tidak lagi bersifat normatif, melainkan menjadi kebutuhan fundamental yang berkaitan langsung dengan keselamatan publik dan keberlanjutan infrastruktur (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2021). Kajian-kajian terdahulu memperlihatkan bahwa penerapan standar desain terbaru memberikan implikasi signifikan terhadap perubahan parameter desain, termasuk peningkatan gaya gempa rencana, kontrol simpangan antar lantai, serta tuntutan daktilitas struktur melalui sistem seperti Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Studi yang dilakukan oleh Asy'arie dan Wicaksono (2024) menunjukkan bahwa redesain bangunan berdasarkan SNI 1726:2019 menghasilkan perubahan dimensi elemen struktural yang cukup signifikan dibandingkan desain lama, yang berdampak pada peningkatan kapasitas deformasi dan ketahanan struktur.

Temuan serupa juga dikemukakan oleh Fahrudin (2021) dan Melinda (2021), yang menggarisbawahi pentingnya integrasi antara standar gempa (SNI 1726:2019) dan standar beton struktural (SNI 2847:2019) dalam menghasilkan sistem struktur yang tidak hanya kuat, tetapi juga mampu berperilaku daktil saat terjadi gempa. Sementara itu, penggunaan perangkat lunak analisis seperti ETABS telah menjadi praktik umum dalam penelitian dan praktik rekayasa, karena kemampuannya dalam memodelkan respons dinamis struktur secara komprehensif (Solusi Konstruksi, n.d.). Meskipun demikian, sintesis kritis terhadap literatur menunjukkan adanya kecenderungan penelitian yang masih bersifat parsial, terutama dalam mengintegrasikan aspek regulasi terbaru dengan kondisi eksisting bangunan yang telah dirancang berdasarkan standar lama. Sebagian besar studi berfokus pada desain bangunan baru, sementara penelitian mengenai redesain atau evaluasi ulang bangunan eksisting masih relatif terbatas dan seringkali tidak mempertimbangkan secara mendalam interaksi antara parameter beban gempa terbaru dengan karakteristik material dan konfigurasi struktur yang sudah ada (Afandi et al., 2024).

Terdapat inkonsistensi dalam pendekatan analisis yang digunakan, di mana beberapa penelitian hanya mengandalkan metode statik ekuivalen tanpa mengombinasikannya dengan analisis respons spektrum, sehingga menghasilkan gambaran kinerja struktur yang kurang komprehensif (Badan Standardisasi Nasional, 2020a; Badan Standardisasi Nasional, 2020b). Keterbatasan tersebut menimbulkan implikasi serius baik secara ilmiah maupun praktis, mengingat banyak bangunan di Indonesia, termasuk gedung apartemen di kawasan urban, masih dirancang berdasarkan versi standar sebelumnya yang belum sepenuhnya mencerminkan kondisi hazard terbaru. Ketidaksesuaian antara desain awal dengan standar terkini berpotensi menyebabkan underestimation terhadap gaya gempa yang bekerja, yang pada akhirnya dapat meningkatkan risiko keruntuhan struktur saat terjadi gempa besar. Dalam konteks ini, urgensi untuk melakukan redesain struktur atas menjadi semakin relevan, tidak hanya sebagai upaya pemenuhan regulasi, tetapi juga sebagai strategi mitigasi risiko bencana yang berbasis rekayasa (Badan Standardisasi Nasional, 2020c; Siswanto, 2018).

Penelitian ini menempatkan dirinya dalam lanskap keilmuan sebagai upaya untuk menjembatani kesenjangan antara desain berbasis standar lama dan tuntutan standar terbaru melalui pendekatan redesain yang komprehensif terhadap struktur atas bangunan apartemen. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang cenderung terfragmentasi, studi ini mengintegrasikan analisis statik ekuivalen dan respons spektrum dalam satu kerangka analisis yang konsisten, dengan mempertimbangkan parameter beban berdasarkan SNI 1727:2020 serta ketentuan beton struktural SNI 2847:2019. Pendekatan ini diharapkan mampu memberikan pemahaman yang lebih holistik mengenai perubahan perilaku struktur akibat pembaruan standar, sekaligus menghasilkan desain yang memenuhi prinsip strong column-weak beam sebagai salah satu indikator utama kinerja sistem SRPMK (Badan Standardisasi Nasional, 2020b; Badan Standardisasi Nasional, 2020c).

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan redesain struktur atas gedung apartemen di Kota Semarang berdasarkan SNI 1726:2019 dengan fokus pada elemen balok, kolom, dan pelat dalam kerangka Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus. Kontribusi penelitian ini terletak pada pengembangan pendekatan metodologis yang mengintegrasikan analisis beban gempa terbaru dengan

evaluasi kinerja struktur secara menyeluruh, serta memberikan dasar empiris bagi pengambilan keputusan dalam praktik rekayasa struktur tahan gempa di Indonesia. Secara teoretis, penelitian ini memperkaya diskursus mengenai adaptasi standar desain terhadap kondisi eksisting bangunan, sementara secara praktis memberikan rekomendasi teknis yang dapat diterapkan dalam upaya peningkatan keselamatan bangunan di wilayah rawan gempa.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan studi empiris berbasis simulasi numerik, yang berfokus pada pengembangan inovasi redesain struktur atas bangunan tahan gempa melalui pemodelan komputasional tingkat lanjut. Proses penelitian diawali dengan pengumpulan data teknis bangunan eksisting yang mencakup dimensi geometrik, konfigurasi struktur, serta spesifikasi material, yang kemudian ditransformasikan ke dalam model tiga dimensi menggunakan perangkat lunak ETABS sebagai platform analisis utama. Tahapan berikutnya melibatkan penentuan kombinasi beban yang terdiri atas beban gravitasi dan beban gempa sesuai dengan ketentuan SNI 1727:2018 dan SNI 1726:2019, dengan mempertimbangkan klasifikasi tanah lunak kategori SE sebagai representasi kondisi site-specific di Kota Semarang. Model struktur dianalisis menggunakan dua pendekatan komplementer, yaitu metode statik ekuivalen untuk memperoleh estimasi gaya gempa dasar secara global, serta analisis respons spektrum untuk menangkap perilaku dinamis struktur secara lebih akurat. Selanjutnya, hasil analisis digunakan sebagai dasar dalam proses desain ulang elemen beton bertulang meliputi balok, kolom, dan pelat berdasarkan ketentuan SNI 2847:2019 dengan penerapan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), yang menekankan kapasitas daktilitas tinggi dan mekanisme disipasi energi melalui prinsip strong column–weak beam. Keunikan metodologi ini terletak pada integrasi simultan antara pembaruan regulasi, pemodelan numerik presisi tinggi, dan pendekatan desain berbasis kinerja dalam satu alur kerja yang sistematis dan replikatif (Badan Standardisasi Nasional, 2020)

Validasi hasil penelitian dilakukan melalui serangkaian teknik evaluasi berbasis parameter kinerja struktur yang terukur dan sesuai dengan standar desain seismik terkini. Metrik utama yang digunakan mencakup periode getar fundamental sebagai indikator kekakuan global struktur, partisipasi massa untuk memastikan kecukupan representasi mode getar dominan, serta gaya geser dasar (base shear) sebagai refleksi respons struktur terhadap eksitasi gempa. Evaluasi lanjutan difokuskan pada simpangan antar lantai (story drift) yang dibandingkan terhadap batasan yang ditetapkan dalam SNI 1726:2019 guna menjamin kenyamanan dan keselamatan penghuni. Verifikasi terhadap perilaku daktil struktur dilakukan dengan meninjau distribusi gaya dalam elemen serta rasio kapasitas kolom terhadap balok untuk memastikan terpenuhinya mekanisme strong column–weak beam sebagai karakteristik utama SRPMK. Ketahanan metodologis penelitian ini diperkuat melalui pendekatan triangulasi analisis, yakni dengan mengombinasikan hasil metode statik ekuivalen dan respons spektrum, sehingga mampu meminimalkan bias model dan meningkatkan reliabilitas hasil simulasi. Pendekatan evaluatif yang komprehensif ini tidak hanya memastikan kesesuaian terhadap standar teknis, tetapi juga memberikan justifikasi ilmiah yang kuat terhadap efektivitas desain ulang dalam meningkatkan kinerja struktur terhadap beban gempa (Asy'arie & Wicaksono, 2024).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Evaluasi Dimensi Awal Elemen Struktur Berdasarkan Pendekatan Preliminary Design

Penentuan dimensi awal elemen struktur merupakan tahap fundamental dalam memastikan kinerja sistem rangka terhadap beban gempa. Perhitungan preliminary balok dilakukan dengan pendekatan rasio bentang terhadap tinggi elemen untuk menjamin kekakuan yang memadai. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa tinggi minimum balok induk sebesar 218,75 mm dan lebar minimum sebesar 145,83 mm. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip desain awal beton bertulang yang mengutamakan efisiensi dimensi dan kekuatan struktural (Masagala & Ma'arif, 2016).

Dimensi balok induk kemudian ditetapkan sebesar 200×400 mm untuk memenuhi kriteria kekakuan dan kekuatan. Balok anak dirancang dengan dimensi 150×300 mm berdasarkan hasil perhitungan tinggi minimum 166,66 mm. Perbedaan dimensi ini mencerminkan variasi distribusi beban dan fungsi struktural antar elemen. Hal tersebut konsisten dengan konsep diferensiasi elemen struktur dalam sistem rangka pemikul momen (Zega et al., 2022). Penentuan dimensi kolom dilakukan melalui pendekatan luas penampang bruto yang mampu menahan beban aksial maksimum. Nilai A_g sebesar 160000 mm² menghasilkan dimensi kolom 400×400 mm setelah dilakukan pembulatan teknis.

Pemilihan dimensi ini bertujuan untuk meningkatkan kapasitas tekan sekaligus menjaga stabilitas global struktur. Pendekatan tersebut selaras dengan prinsip desain kolom tahan gempa yang menekankan kekuatan aksial dan daktilitas (Sholeh, 2022).

Evaluasi terhadap dimensi pelat lantai menunjukkan bahwa rasio bentang sebesar 1,75 mengindikasikan sistem pelat dua arah. Ketebalan minimum pelat dihitung sebesar 106,06 mm dan kemudian ditingkatkan menjadi 120 mm untuk alasan keamanan. Sistem pelat dua arah memungkinkan distribusi momen yang lebih merata pada dua arah utama. Pendekatan ini telah banyak digunakan dalam struktur bangunan bertingkat untuk meningkatkan efisiensi distribusi beban (Abidah et al., 2023). Integrasi dimensi balok, kolom, dan pelat membentuk sistem struktur yang saling mendukung dalam menahan beban lateral. Interaksi antar elemen ini sangat penting dalam sistem SRPMK yang mengandalkan mekanisme plastis terkontrol. Kapasitas elemen harus dirancang agar memenuhi prinsip strong column–weak beam. Konsep tersebut terbukti efektif dalam meningkatkan ketahanan struktur terhadap gempa (Zacharia & Turuallob, 2020).

Analisis kuantitatif terhadap dimensi awal menunjukkan bahwa seluruh elemen memenuhi batas minimum yang disyaratkan oleh standar. Dimensi balok dan kolom memberikan rasio kekakuan yang cukup untuk mengontrol deformasi. Hal ini penting untuk mencegah terjadinya soft story mechanism pada bangunan bertingkat. Studi sebelumnya juga menunjukkan bahwa ketidakseimbangan kekakuan dapat meningkatkan risiko keruntuhan (Hendra et al., 2021). Perbandingan dengan penelitian terdahulu menunjukkan bahwa dimensi kolom 400×400 mm termasuk dalam kategori konservatif untuk bangunan empat lantai. Pendekatan konservatif ini memberikan margin keamanan tambahan terhadap beban gempa. Strategi tersebut sering diterapkan pada wilayah dengan tingkat risiko seismik tinggi. Hal ini relevan dengan kondisi seismik Kota Semarang yang memerlukan desain adaptif (Hakim, 2024).

Desain berbasis kinerja dimensi awal ini menjadi parameter awal dalam analisis lanjutan menggunakan ETABS. Model numerik kemudian memverifikasi apakah dimensi tersebut mampu memenuhi kriteria deformasi dan kekuatan. Validasi melalui simulasi memungkinkan evaluasi yang lebih komprehensif terhadap respons struktur. Pendekatan ini sejalan dengan praktik rekayasa modern berbasis simulasi (Sila et al., 2023). Untuk memperjelas hasil perhitungan dimensi awal, data berikut disajikan dalam bentuk tabel yang merangkum parameter utama elemen struktur. Tabel ini menunjukkan hubungan antara hasil perhitungan teoritis dan dimensi desain yang digunakan dalam model.

Tabel 1. Dimensi Awal Elemen Struktur (Preliminary Design)

| Elemen Struktur | h minimum (mm) | b minimum (mm) | Dimensi Rencana (mm) |
|-----------------|----------------|----------------|----------------------|
| Balok Induk | 218,75 | 145,83 | 200 × 400 |
| Balok Anak | 166,66 | 111,10 | 150 × 300 |
| Kolom | — | — | 400 × 400 |
| Pelat | 106,06 | — | 120 (tebal) |

Interpretasi tabel menunjukkan bahwa dimensi rencana yang digunakan dalam desain telah melampaui batas minimum yang dihitung secara teoritis melalui pendekatan preliminary design. Kondisi ini memberikan faktor keamanan tambahan terhadap berbagai ketidakpastian, terutama yang berkaitan dengan variasi beban gempa, kualitas material, serta asumsi dalam pemodelan struktur. Dengan adanya margin dimensi tersebut, elemen struktur memiliki kapasitas lebih dalam menahan gaya internal yang timbul, sehingga risiko kegagalan dapat diminimalkan. Pendekatan ini mencerminkan prinsip kehati-hatian dalam perencanaan struktur tahan gempa, khususnya pada wilayah dengan potensi seismik yang signifikan.

Dimensi yang lebih besar dari batas minimum juga berkontribusi terhadap peningkatan kapasitas disipasi energi struktur saat mengalami deformasi plastis. Dalam sistem struktur tahan gempa, kemampuan untuk menyerap dan mendistribusikan energi gempa menjadi faktor kunci dalam mencegah keruntuhan mendadak. Elemen struktur yang dirancang dengan margin kekuatan yang cukup akan mampu mengalami deformasi inelastik secara terkendali tanpa kehilangan kapasitas secara drastis. Hal ini sejalan dengan konsep desain berbasis kapasitas (capacity design), di mana struktur dirancang untuk

memiliki mekanisme keruntuhan yang terkontrol dan dapat diprediksi (Firmansyah & Machmoed, 2019).

Evaluasi tahap preliminary design menunjukkan bahwa dimensi yang dipilih telah memberikan dasar yang kuat untuk analisis lanjutan. Tidak hanya memenuhi persyaratan minimum yang ditetapkan dalam standar, tetapi juga mempertimbangkan aspek daktilitas, stabilitas, dan kinerja jangka panjang struktur. Integrasi antara pendekatan teoritis dan praktik desain menghasilkan konfigurasi struktur yang optimal dan adaptif terhadap beban gempa. Dengan demikian, pendekatan ini mendukung efektivitas Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dalam merespons beban gempa secara andal serta meningkatkan tingkat keamanan dan keandalan struktur secara keseluruhan (Septian et al., 2022).

Analisis Respons Spektrum dan Partisipasi Massa Struktur

Analisis respons spektrum dilakukan untuk mengevaluasi perilaku dinamis struktur terhadap beban gempa berdasarkan SNI 1726:2019. Pemodelan pada ETABS menghasilkan output partisipasi massa yang menunjukkan kontribusi masing-masing mode getar terhadap respons total struktur. Berdasarkan hasil analisis, diperoleh bahwa partisipasi massa kumulatif pada arah translasi utama, yaitu SumUX dan SumUY, masing-masing mencapai 100% pada mode ke-15. Nilai ini telah melampaui persyaratan minimum sebesar 90%, sehingga dapat disimpulkan bahwa jumlah mode getar yang digunakan sudah memadai dalam merepresentasikan perilaku dinamis struktur secara keseluruhan. Untuk memperjelas hasil output ETABS, data partisipasi massa disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 2. Hasil Partisipasi Massa Struktur dari Analisis Respons Spektrum

| Case | Item Type | Arah (Item) | Static (%) | Dynamic (%) |
|-------|--------------|-------------|------------|-------------|
| Modal | Acceleration | UX | 100 | 100 |
| Modal | Acceleration | UY | 100 | 100 |
| Modal | Acceleration | UZ | 0 | 0 |

Tabel di atas menunjukkan bahwa partisipasi massa pada arah horizontal (UX dan UY) telah mencapai 100%, sedangkan pada arah vertikal (UZ) tidak memberikan kontribusi dalam analisis gempa. Hal ini menegaskan bahwa respons struktur didominasi oleh gerakan lateral, sesuai dengan karakteristik beban gempa yang bekerja secara horizontal terhadap bangunan. Distribusi partisipasi massa yang mencapai 100% pada kedua arah utama menunjukkan bahwa model struktur telah mampu menangkap seluruh kontribusi massa bangunan terhadap respons gempa, baik pada arah longitudinal (X) maupun transversal (Y).

Penggunaan hingga 15 mode getar dalam analisis menunjukkan pendekatan yang komprehensif dalam menangkap karakteristik dinamik struktur, sehingga tidak ada respons signifikan yang terabaikan. Selain itu, hasil ini mengindikasikan bahwa distribusi massa dan kekakuan struktur relatif merata, sehingga tidak terjadi ketidakaturan dinamis yang berpotensi meningkatkan risiko kerusakan. Kondisi ini sangat penting dalam memastikan bahwa struktur memiliki respons yang stabil dan dapat diprediksi terhadap beban gempa. Secara metodologis, pencapaian partisipasi massa sebesar 100% mencerminkan validitas model numerik yang digunakan dalam ETABS.

Hal ini menunjukkan bahwa proses pemodelan telah dilakukan secara akurat, mulai dari penentuan massa, kekakuan, hingga kondisi batas struktur. Dengan demikian, hasil analisis ini dapat dijadikan dasar yang kuat untuk evaluasi lanjutan terhadap kinerja struktur. Dengan demikian, analisis respons spektrum yang dilakukan tidak hanya memenuhi ketentuan peraturan, tetapi juga menunjukkan keandalan dalam menangkap perilaku dinamis struktur secara menyeluruh. Pendekatan ini memperkuat bahwa desain struktur telah memenuhi prinsip keamanan dan kinerja dalam menghadapi beban gempa.

Evaluasi Simpangan Antar Lantai (Story Drift) Struktur

Evaluasi simpangan antar lantai dilakukan untuk menilai kinerja deformasi struktur akibat beban gempa dan memastikan kesesuaiannya dengan batasan yang ditetapkan dalam SNI 1726:2019. Parameter ini menjadi indikator penting dalam menentukan tingkat keamanan struktur, khususnya dalam mencegah kerusakan elemen non-struktural maupun potensi keruntuhan global. Analisis dilakukan pada seluruh tingkat bangunan untuk arah utama X dan Y berdasarkan hasil output ETABS. Rekapitulasi hasil simpangan antar lantai disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 3. Simpangan Antar Lantai Arah X dan Y

| Story | Displacement | | Elastic Drift | | h | Inelastic Drift | | Drift Limit | Cek |
|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------|--------------------|--------------------|-------------|-----|
| | δe_x (mm) | δe_y (mm) | δe_x (mm) | δe_y (mm) | | Δ_x (mm) | Δ_y (mm) | | |
| Atap | 19,210 | 19,147 | 2,090 | 2,057 | 3500 | 11,495 | 11,314 | 53,846 | OK |
| Lantai 4 | 17,120 | 17,090 | 3,595 | 3,586 | 3500 | 19,773 | 19,723 | 53,846 | OK |
| Lantai 3 | 13,525 | 13,504 | 4,883 | 4,872 | 3500 | 26,857 | 26,796 | 53,846 | OK |
| Lantai 2 | 8,642 | 8,632 | 5,349 | 5,336 | 3500 | 29,420 | 29,348 | 53,846 | OK |
| Lantai 1 | 3,293 | 3,296 | 3,293 | 3,296 | 3500 | 18,112 | 18,128 | 53,846 | OK |

Berdasarkan tabel tersebut, terlihat bahwa nilai simpangan maksimum terjadi pada Lantai 2 dengan nilai sebesar 29,420 mm untuk arah X dan 29,348 mm untuk arah Y. Nilai ini masih berada jauh di bawah batas simpangan yang diizinkan sebesar 53,846 mm. Hal ini menunjukkan bahwa struktur memiliki kekakuan lateral yang cukup untuk mengendalikan deformasi akibat beban gempa. Distribusi simpangan yang relatif bertahap dari lantai dasar hingga atap menunjukkan bahwa tidak terjadi lonjakan deformasi yang signifikan pada satu tingkat tertentu. Kondisi ini mengindikasikan bahwa struktur tidak mengalami soft story mechanism, yang merupakan salah satu penyebab utama kegagalan bangunan saat gempa.

Distribusi kekakuan antar lantai dapat dikatakan merata dan stabil. Kinerja simpangan yang memenuhi batas izin juga mencerminkan efektivitas sistem struktur yang digunakan, yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), dalam mendisipasikan energi gempa melalui mekanisme deformasi plastis yang terkontrol. Sistem ini dirancang untuk memberikan daktilitas tinggi sehingga mampu menahan deformasi besar tanpa mengalami keruntuhan tiba-tiba. Selain itu, kesesuaian nilai drift pada arah X dan Y yang relatif seimbang menunjukkan bahwa struktur tidak mengalami ketidakaturan arah (torsional irregularity) yang signifikan.

Hal ini penting dalam menjaga stabilitas struktur secara keseluruhan, terutama pada bangunan bertingkat yang rentan terhadap efek torsi akibat distribusi massa atau kekakuan yang tidak simetris. Hasil evaluasi simpangan antar lantai menunjukkan bahwa struktur telah memenuhi kriteria kinerja deformasi yang dipersyaratkan. Hal ini mengindikasikan bahwa desain yang dihasilkan tidak hanya aman secara kekuatan, tetapi juga andal dalam mengontrol deformasi. Dengan demikian, struktur dapat dikategorikan memiliki performa yang baik dalam menghadapi beban gempa sesuai dengan standar perencanaan yang berlaku.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis desain Gedung Apartemen yang dirancang sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia, didapatkan kesimpulan sebagai berikut. Berdasarkan analisis yang didapat dengan mengacu pada SNI 1729–2019 tentang “Tata Cara Ketahanan Gempa untuk Struktur Gedung dan Non-Gedung”, diperoleh bahwa kontrol bentuk ragam dan partisipasi massa bangunan telah terpenuhi pada 15 ragam untuk Gedung Apartemen, sehingga partisipasi massa bangunan telah terpenuhi (100%). Pada Gedung Apartemen, mode 1 dan 2 mengalami translasi, sedangkan mode 3 mengalami rotasi. Selain itu, kontrol simpangan antar tingkat untuk Gedung Apartemen aman karena tidak ada simpangan arah X maupun yang melebihi batas limit.

Desain komponen struktur dirancang berdasarkan SNI 2847–2019 yang berisi aturan tentang beton struktural untuk bangunan gedung. Hasil perancangan elemen balok G1 dengan ukuran 200 × 400 mm menunjukkan jumlah tulangan di area tumpuan atas sebanyak 6 D16 dan di area tumpuan bawah juga 6 D16, dengan sengkang berukuran 4 D10-80 pada area tumpuan. Sementara itu, di area lapangan jumlah tulangan di bagian atas adalah 6 D16 dan di bagian bawah juga 6 D16, dengan sengkang berukuran 4 D10-150 pada area lapangan. Kemudian, hasil perencanaan elemen kolom K1 dengan ukuran 400 × 400 mm mendapatkan tulangan utama 20 D24, dengan sengkang 6 D10-80 digunakan

untuk bagian tumpuan dan 6 D10-150 digunakan untuk bagian lapangan. Adapun hasil perancangan elemen pelat dengan tebal pelat 120 mm didapatkan hasil tulangan D10-150.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidah, D. Y., Musthoffa, M. M., Hasanah, M., & Romadhani, O. (2023). Analisa Elemen–elemen Struktur Tahan Gempa Rumah Sederhana pada Arsitektur Nusantara Rumah Gadang. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 7(2), 367-376. <https://doi.org/10.33379/gtech.v7i2.2026>
- Afandi, M., Listyawan, A. B., & Ahmad, H. H. (2024, June). Re-Desain Pondasi Tiang Pancang pada Pembangunan Revetment Kali Pepe Hilir. In *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil UMS* (pp. 172-179). <https://proceedings.ums.ac.id/sipil/article/view/3971>
- Asy'arie, F. N., & Wicaksono, S. (2024). *Redesain struktur gedung empat lantai berdasarkan SNI 1726:2019*. Tugas Akhir, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Sultan Agung.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). *SNI 1726:2019: Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non-gedung*. BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2020a). *SNI 1726:2019: Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non-gedung*. BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2020b). *SNI 1727:2020: Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain*. BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2020c). *SNI 2847:2019: Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung*. BSN.
- Firmansyah, A., & Machmoed, S. P. (2019). Perencanaan struktur gedung lfc beton bertulang tahan gempa dengan menggunakan sistem ganda pada daerah gempa tinggi. *axial: jurnal rekayasa dan manajemen konstruksi*, 7(2), 83-92. <https://doi.org/10.30742/axial.v7i2.751>
- Hakim, M. F. N. (2024). *Pengaruh variasi zonasi kerawanan gempa bumi terhadap perilaku seismik struktur bangunan tahan gempa di Yogyakarta* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Indonesia).
- Hendra, H., Zulkarnaen, L. V., Rosanti, I., & Ariyansyah, R. (2021). Analisis Struktur Gedung Tahan Gempa Dengan Metode Sistem Ganda (Dual System). *Construction and Material Journal*, 3(3), 189-196. <https://doi.org/10.32722/cmj.v3i3.4205>
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2021). *Cipta Karya*. <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/>
- Lukman Hakim Fahrudin, N. (2021). *Perencanaan Ulang Struktur Beton Bertulang Gedung Rumah Sakit 7 Lantai Berdasarkan SNI 03-2847-2019 dan SNI 03-1726-2019* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Indonesia).
- Masagala, A. A., & Ma'arif, F. (2016). Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa Berlantai 4 (Studi Kasus Gedung Baru Kampus I Universitas Teknologi Yogyakarta). *Semesta Teknika*, 19(1), 80-89. <https://doi.org/10.18196/st.v19i1.1829>
- MELINDA, M. (2021). *RE-DESAIN GEDUNG PODIUM 13 LANTAI APARTEMEN CARSTENZS RESIDENCE DI TANGERANG SELATAN* (Doctoral dissertation, Universitas Mercu Buana Jakarta). <https://repository.mercubuana.ac.id/83301/>
- Nabhilla, R. F., & Hayu, G. A. (2020). Analisis Perilaku Struktur Perkantoran Tahan Gempa Menggunakan Metode Pushover Analysis. *Siklus: Jurnal Teknik Sipil*, 6(2), 141-154. <https://doi.org/10.31849/siklus.v6i2.4889>
- Septian, N., Turuallo, G., & Sulendra, I. K. (2022). Kinerja Portal Struktur Gedung Tahan Gempa dengan Sistem Ganda Menggunakan Metode Pushover Analysis. *REKONSTRUKSI TADULAKO: Civil Engineering Journal on Research and Development*, 35-42.
- Sholeh, M. N. (2022). *Struktur Bangunan Tahan Gempa*. Pustaka Pranala.
- Sila, A. A., Isdyanto, A., La Ola, M. N., Hamdi, F., Masgode, M. B., Aryadi, A., ... & Buarlele, L. (2023). *Dinamika Dan Struktur Tahan Gempa*. Tohar Media.
- Siswanto, A. B. (2018). Kriteria dasar perencanaan struktur bangunan tahan gempa. *Jurnal teknik sipil*, 11, 59-72. <https://jurnal.untagsmg.ac.id/index.php/jts/article/view/787>
- Solusi Konstruksi. (n.d.). *Mengenai ETABS dan keunggulannya versus SAP2000*. <https://solusikonstruksi.com/mengenai-etabs-dan-keunggulan-verus-sap-2000>

- Zacharia, M. Y., & Turuallob, G. (2020). Analisis Struktur Baja Tahan Gempa dengan Sistem SRPMK (Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus) Berdasarkan SNI 1729: 2015 dan SNI. *Civil Engineering Journal*, 1(2). <http://new.jurnal.untad.ac.id/index.php/renstra>
- Zega, B. C., Prasetyono, P. N., Nadiar, F., & Triarso, A. (2022). Desain struktur bangunan baja tahan gempa menggunakan SNI 1729: 2020. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 4(2), 108-113. <https://doi.org/10.26740/proteksi.v4n2.p108-113>