

Perencanaan Struktur Baja Gedung Kantor Koperasi Lima Lantai: Analisis Kekuatan dan Ketahanan Gempa Berdasarkan SNI 1726 dan SNI 1729

Rheznandya Marel^{1*}, Farrel Al Fasha Saputra², Amin Wakhid³, Eko Rudi Utomo⁴, Nor Hidayati⁵

¹⁻⁵ Universitas Islam Nahdlatul Ulama Jepara, Indonesia

email: rheznandya7321@gmail.com

Article Info :

Received:

29-9-2025

Revised:

31-10-2025

Accepted:

29-12-2025

Abstract

This study examines the structural planning of a five-story cooperative office building using a steel structural system, with emphasis on strength performance and seismic resistance in accordance with SNI 1726 and SNI 1729. The research adopts a quantitative structural engineering approach through three-dimensional modeling and dynamic analysis using the response spectrum method. Seismic parameters were determined based on site location, soil classification, and building risk category, and then used to develop the design response spectrum. Structural performance was evaluated by comparing internal forces on beams and columns with the nominal capacities of steel members under combined gravity and seismic loading. The analysis confirms that all structural elements satisfy strength requirements and comply with the strong column–weak beam concept, ensuring adequate ductility. Global structural behavior was assessed through inter-story drift, base shear distribution, and deformation patterns, all of which remain within allowable limits. The results indicate that the planned steel structural system provides sufficient stiffness, stability, and seismic resistance for medium-rise office buildings in seismic regions.

Keywords: Steel structure, seismic design, response spectrum analysis, SNI 1726, SNI 1729.

Abstrak

Penelitian ini mengkaji perencanaan struktural gedung kantor koperasi lima lantai yang menggunakan sistem struktural baja, dengan penekanan pada kinerja kekuatan dan ketahanan gempa sesuai dengan SNI 1726 dan SNI 1729. Penelitian ini mengadopsi pendekatan rekayasa struktural kuantitatif melalui pemodelan tiga dimensi dan analisis dinamis menggunakan metode spektrum respons. Parameter gempa ditentukan berdasarkan lokasi situs, klasifikasi tanah, dan kategori risiko bangunan, kemudian digunakan untuk mengembangkan spektrum respons desain. Kinerja struktural dievaluasi dengan membandingkan gaya internal pada balok dan kolom dengan kapasitas nominal elemen baja di bawah beban gravitasi dan gempa yang digabungkan. Analisis menunjukkan bahwa semua elemen struktural memenuhi persyaratan kekuatan dan sesuai dengan konsep kolom kuat–balok lemah, memastikan kelenturan yang memadai. Perilaku struktural global dievaluasi melalui pergeseran antar lantai, distribusi gaya geser dasar, dan pola deformasi, yang semuanya tetap dalam batas yang diizinkan. Hasil menunjukkan bahwa sistem struktural baja yang direncanakan menyediakan kekakuan, stabilitas, dan ketahanan gempa yang cukup untuk gedung kantor bertingkat sedang di daerah gempa.

Kata kunci: Struktur baja, desain gempa, analisis spektrum respons, SNI 1726, SNI 1729.



©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

Pembangunan gedung bertingkat untuk fungsi perkantoran koperasi menuntut perencanaan struktur yang tidak hanya efisien secara teknis, tetapi juga memiliki tingkat keselamatan tinggi terhadap risiko kegempaan yang signifikan di wilayah Indonesia. Struktur baja menjadi salah satu pilihan utama karena karakteristiknya yang memiliki rasio kekuatan terhadap berat yang baik, kemampuan daktilitas tinggi, serta kemudahan fabrikasi dan pemasangan pada bangunan bertingkat menengah hingga tinggi. Pemanfaatan struktur baja pada gedung bertingkat telah banyak dikaji dalam berbagai penelitian yang menekankan pentingnya pemenuhan ketentuan standar nasional guna menjamin kinerja struktur terhadap beban gravitasi dan beban lateral gempa (Zega et al., 2022; Zuhriyah et al., 2021). Perencanaan yang tidak mengacu secara konsisten pada standar terkini berpotensi menurunkan tingkat keandalan struktur dalam menghadapi kejadian gempa yang bersifat acak dan berulang.

Standar Nasional Indonesia SNI 1726 mengatur tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non-gedung, sementara SNI 1729 mengatur spesifikasi desain struktur

baja untuk bangunan gedung yang harus dipenuhi dalam setiap tahapan perencanaan. Penerapan kedua standar ini secara terpadu menjadi krusial dalam merancang sistem struktur baja gedung bertingkat agar mampu mendistribusikan gaya gempa secara efektif dan menjaga kestabilan global bangunan. Kajian terhadap penerapan SNI 1726 menunjukkan bahwa karakteristik sistem struktur, tingkat daktilitas, serta distribusi gaya lateral sangat memengaruhi respons struktur terhadap gempa (Jaya et al., 2017; Rifai et al., 2025). Oleh sebab itu, perencanaan struktur baja gedung kantor koperasi lima lantai memerlukan analisis mendalam terhadap parameter kekuatan dan kekakuan sesuai ketentuan standar tersebut.

Bangunan gedung perkantoran koperasi memiliki karakteristik beban operasional yang relatif konstan namun memerlukan tingkat kenyamanan dan keamanan yang tinggi bagi pengguna. Struktur baja yang direncanakan harus mampu memikul kombinasi beban mati, beban hidup, serta beban gempa dengan tingkat deformasi yang masih berada dalam batas layanan dan batas ultimit. Penelitian sebelumnya pada bangunan perkantoran menunjukkan perbedaan signifikan antara hasil analisis gempa statis dan dinamis yang berdampak pada dimensi elemen struktur dan kebutuhan material baja (Ghozi & Rizaldhy, 2023). Kondisi ini memperlihatkan pentingnya pemilihan metode analisis dan parameter desain yang tepat agar kinerja struktur tetap optimal.

Perkembangan peraturan desain struktur baja di Indonesia juga menunjukkan adanya perubahan filosofi desain dari ketentuan lama menuju standar yang lebih adaptif terhadap perkembangan internasional. Perbandingan antara SNI berbasis AISC edisi lama dan edisi terbaru menunjukkan adanya perbedaan pada ketentuan detailing seismik dan faktor reduksi kekuatan yang berpengaruh langsung terhadap hasil perencanaan struktur baja tahan gempa (Dewi et al., 2025). Hal ini menuntut perencana untuk memahami implikasi teknis dari setiap pembaruan standar agar tidak terjadi ketidaksesuaian dalam penerapannya. Dengan mengacu pada SNI 1729 terbaru, perencanaan struktur baja gedung koperasi lima lantai diharapkan mampu memenuhi tuntutan keselamatan struktural dan efisiensi material secara seimbang.

Analisis kekuatan struktur baja juga perlu mempertimbangkan metode desain yang digunakan, baik pendekatan desain kekuatan izin maupun desain faktor beban dan ketahanan. Berbagai studi menunjukkan bahwa perbedaan metode desain dapat menghasilkan variasi kapasitas elemen struktur dan tingkat keamanan yang berbeda, khususnya pada bangunan bertingkat dengan sistem rangka pemikul momen (Aliyah & Sundari, 2025; Budi, n.d.). Pemilihan metode desain harus disesuaikan dengan karakteristik struktur, tingkat risiko gempa, serta ketentuan standar yang berlaku. Perencanaan yang komprehensif akan membantu memastikan bahwa setiap elemen struktur bekerja secara sinergis dalam menahan beban gempa.

Bangunan bertingkat lima lantai berada pada kategori yang memerlukan perhatian khusus terhadap kontrol simpangan antar lantai dan stabilitas struktur secara keseluruhan. Penelitian mengenai peningkatan jumlah lantai pada bangunan sederhana menunjukkan bahwa penambahan tingkat secara signifikan meningkatkan tuntutan gaya gempa dan respons dinamis struktur (Silalahi & Tarigan, 2022). Kondisi ini mempertegas pentingnya perencanaan awal yang matang pada bangunan bertingkat menengah agar tidak terjadi kegagalan struktur pada saat gempa kuat. Analisis ketahanan gempa yang akurat akan memberikan gambaran kinerja struktur baja terhadap skenario gempa rencana.

Aspek ekonomi juga menjadi pertimbangan penting dalam perencanaan struktur gedung koperasi yang umumnya mengedepankan efisiensi biaya tanpa mengurangi tingkat keselamatan. Studi perbandingan perencanaan struktur tahan gempa menunjukkan bahwa penerapan standar gempa terbaru dapat memengaruhi kebutuhan material dan biaya konstruksi secara signifikan (Arif, 2024; Affandi et al., 2022). Optimalisasi desain struktur baja harus mampu menyeimbangkan antara pemenuhan ketentuan teknis dan efisiensi anggaran pembangunan. Perencanaan yang tidak terintegrasi berpotensi meningkatkan biaya tanpa peningkatan kinerja struktur yang sepadan.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini difokuskan pada perencanaan struktur baja gedung kantor koperasi lima lantai dengan menitikberatkan pada analisis kekuatan dan ketahanan gempa berdasarkan SNI 1726 dan SNI 1729. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan gambaran teknis yang komprehensif mengenai kinerja struktur baja terhadap beban gempa rencana serta implikasinya terhadap dimensi dan kapasitas elemen struktur. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi praktis bagi perencana struktur dalam merancang bangunan perkantoran bertingkat dengan sistem struktur baja yang aman dan andal. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan dapat memperkaya kajian akademik mengenai penerapan standar nasional dalam perencanaan struktur baja tahan gempa di Indonesia.

METODE PENELITIAN

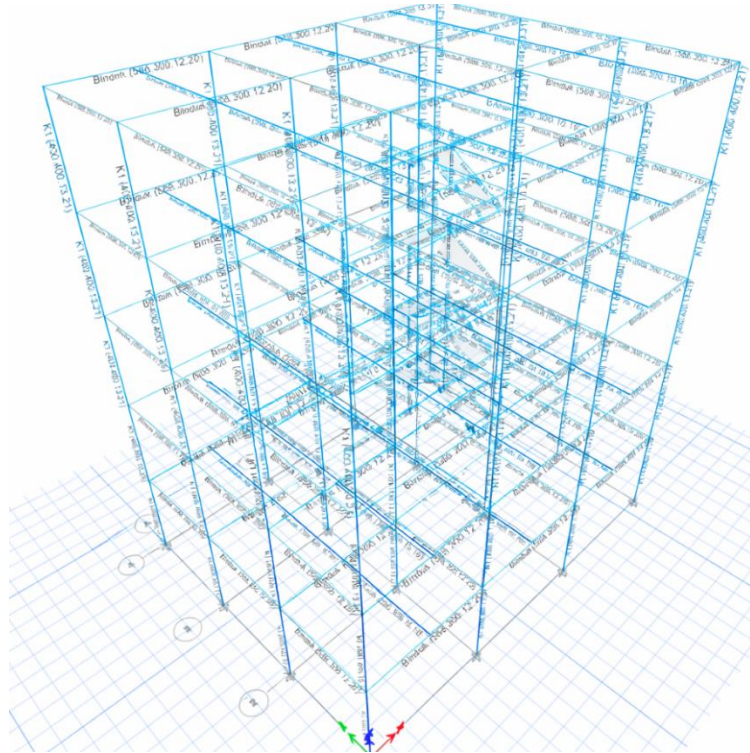
Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif berbasis analisis rekayasa struktur dengan tujuan mengevaluasi kekuatan dan ketahanan gempa gedung kantor koperasi lima lantai berbahan baja struktural. Objek penelitian berupa bangunan gedung bertingkat lima yang dimodelkan sebagai sistem rangka baja pemikul momen, dengan data perencanaan meliputi dimensi elemen struktur, mutu material baja, beban mati, beban hidup, serta beban gempa rencana. Analisis struktur dilakukan dengan pemodelan tiga dimensi menggunakan perangkat lunak analisis struktur, yang mengacu pada ketentuan SNI 1726 sebagai dasar penentuan parameter gempa dan SNI 1729 sebagai acuan perencanaan elemen baja. Parameter seismik ditentukan berdasarkan lokasi bangunan, klasifikasi tanah, dan kategori risiko, kemudian dikonversi menjadi spektrum respons desain untuk dianalisis melalui metode respons spektrum.

Tahapan analisis dimulai dengan penentuan kombinasi pembebanan terfaktor yang mencakup beban gravitasi dan beban gempa, kemudian dilanjutkan dengan evaluasi gaya dalam berupa momen lentur, gaya geser, dan gaya aksial pada elemen balok serta kolom. Kinerja elemen struktur dinilai dengan membandingkan gaya dalam hasil analisis terhadap kapasitas penampang berdasarkan ketentuan desain baja, termasuk pemeriksaan interaksi aksial–lentur dan konsep strong column–weak beam. Evaluasi kinerja global struktur dilakukan melalui pemeriksaan simpangan antar lantai, distribusi gaya geser dasar, serta pola deformasi struktur untuk memastikan stabilitas dan ketahanan terhadap gempa rencana. Seluruh hasil analisis kemudian diinterpretasikan secara komprehensif untuk menilai kesesuaian desain struktur terhadap persyaratan keselamatan, kekakuan, dan kinerja struktur gedung bertingkat menurut standar nasional yang berlaku.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Respons Gempa dan Penentuan Parameter Seismik Struktur Gedung Baja Lima Lantai

Perencanaan struktur baja Gedung Kantor Koperasi lima lantai di Kota Semarang diawali dengan analisis respons gempa yang mempertimbangkan kondisi seismik wilayah serta karakteristik bangunan secara menyeluruh, sehingga perilaku struktur terhadap beban lateral dapat diprediksi secara rasional dan terukur. Penentuan parameter gempa mengacu pada ketentuan SNI 1726, yang menekankan kesesuaian antara fungsi bangunan, kategori risiko, dan kondisi tanah sebagai dasar evaluasi kinerja struktur terhadap gempa rencana. Pendekatan ini sejalan dengan berbagai studi perencanaan struktur baja tahan gempa yang menekankan pentingnya konsistensi parameter seismik sejak tahap awal perencanaan untuk menghindari ketidaksesuaian desain elemen struktur (Zega et al., 2022; Dewi et al., 2025). Bangunan dengan jumlah lantai menengah seperti gedung ini memiliki sensitivitas cukup tinggi terhadap respons spektrum, sehingga akurasi penentuan parameter gempa menjadi faktor dominan dalam pengendalian simpangan dan gaya dalam. Oleh karena itu, analisis pada tahap ini tidak hanya bersifat administratif terhadap peraturan, tetapi juga menentukan kualitas kinerja struktur secara keseluruhan (Ghozi & Rizaldhy, 2023).



Gambar 1. Desain Struktur Pemodelan ETABS 18

Sumber: Perencanaan 2025

Wilayah Kota Semarang secara geoteknik diklasifikasikan sebagai tanah sedang, yang berimplikasi langsung pada besarnya faktor amplifikasi spektrum gempa desain. Parameter percepatan gempa maksimum, percepatan spektral periode pendek, serta percepatan spektral periode satu detik digunakan sebagai input utama dalam penyusunan spektrum respons desain sesuai ketentuan nasional. Nilai-nilai tersebut tidak berdiri sendiri, melainkan saling berkaitan dalam membentuk kurva spektrum yang merepresentasikan respons struktur terhadap berbagai periode getar alami. Ketelitian dalam membaca parameter ini menjadi krusial karena kesalahan kecil dapat berdampak signifikan pada hasil gaya geser dasar dan distribusi gaya lateral (Jaya et al., 2017; Mulia et al., 2017). Untuk memperjelas besaran parameter seismik yang digunakan, data spektrum gempa wilayah Semarang disajikan pada tabel berikut yang menjadi dasar seluruh analisis respons struktur:

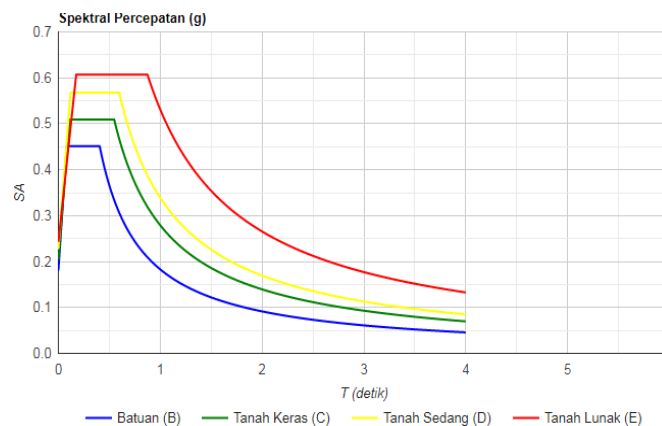
Tabel 1. Parameter Spektrum Gempa untuk Kota Semarang

Variabel	Nilai
PGA (g)	0,345
SS (g)	0,468
S1 (g)	0,237
FA	1,425
FV	2,125
SMS (g)	0,667
SM1 (g)	0,504
SDS (g)	0,444
SD1 (g)	0,336
T0 (detik)	0,632
TS (detik)	0,756

Sumber: Ditjen Cipta Karya (2025)

Nilai-nilai pada Tabel 1 menunjukkan bahwa percepatan spektral desain periode pendek dan periode satu detik berada pada tingkat yang cukup signifikan untuk bangunan bertingkat lima, sehingga kontrol simpangan antar lantai menjadi isu utama dalam perencanaan struktur. Percepatan desain SDS sebesar 0,444 g menempatkan bangunan pada kategori desain seismik yang menuntut sistem struktur dengan daktilitas dan kapasitas disipasi energi yang memadai. Kondisi ini sejalan dengan temuan berbagai penelitian yang menyatakan bahwa bangunan baja di wilayah dengan SDS sedang hingga tinggi harus dirancang dengan kontrol kinerja yang ketat terhadap deformasi dan stabilitas global (Zuhrifah et al., 2021; Nurjaya et al., 2016). Nilai SD1 sebesar 0,336 g juga menunjukkan bahwa pengaruh gempa periode menengah hingga panjang tidak dapat diabaikan, khususnya terhadap respons balok dan kolom utama. Dengan demikian, pemilihan sistem rangka baja dan parameter desain berikutnya harus konsisten dengan karakteristik spektrum ini.

Kurva spektrum respons gempa yang dibentuk dari parameter tersebut menggambarkan hubungan antara periode getar struktur dan percepatan spektral yang bekerja. Pada periode T_0 hingga T_s , respons struktur berada pada zona percepatan konstan dan kecepatan konstan, yang secara praktis menjadi rentang periode dominan bagi bangunan bertingkat menengah. Periode fundamental struktur gedung ini berada pada kisaran 0,6 detik, yang masih berada dalam rentang pengaruh signifikan spektrum desain. Kondisi ini memperlihatkan bahwa respons struktur sangat dipengaruhi oleh nilai SDS dan SD1 yang telah dihitung sebelumnya:



Gambar 2. Grafik Respon Spektrum Gempa Kota Semarang
Sumber: Perencanaan 2025

Visualisasi spektrum ini mempertegas bahwa pendekatan analisis respons spektrum merupakan metode yang relevan dan representatif untuk mengevaluasi kinerja struktur gedung baja lima lantai (Rifai et al., 2025; Istiono et al., 2023). Penerapan analisis respons spektrum pada struktur ini bertujuan untuk memperoleh distribusi gaya lateral yang lebih realistis dibandingkan metode statik ekuivalen, terutama karena konfigurasi struktur baja memiliki kekakuan yang bervariasi pada setiap tingkat. Distribusi massa dan kekakuan yang tidak seragam dapat memicu konsentrasi gaya pada elemen tertentu apabila pendekatan analisis tidak memadai. Berbagai kajian menunjukkan bahwa analisis dinamik respons spektrum mampu menangkap pengaruh mode getar dominan dan interaksi antar mode secara lebih akurat (Hendra et al., 2021; Nugraha et al., 2022). Hal ini menjadi penting dalam perencanaan gedung koperasi yang diharapkan tetap berfungsi pascagempa dengan tingkat kerusakan minimal. Oleh karena itu, hasil analisis ini menjadi dasar utama dalam evaluasi kapasitas balok, kolom, serta sambungan baja.

Penentuan periode fundamental struktur yang digunakan dalam analisis dihitung berdasarkan tinggi efektif bangunan dan koefisien empiris sesuai ketentuan SNI. Nilai periode sebesar 0,632 detik menunjukkan bahwa struktur memiliki tingkat kekakuan yang cukup untuk menahan deformasi berlebih, namun tetap memungkinkan terjadinya perilaku inelastik terkendali pada elemen struktur. Kondisi ini sesuai dengan prinsip desain tahan gempa yang mengedepankan mekanisme leleh terkontrol dibandingkan kegagalan getas (Anthony et al., 2016; Aliyah & Sundari, 2025). Periode ini juga berada dekat dengan batas transisi spektrum, sehingga perubahan kecil pada kekakuan struktur dapat

mempengaruhi gaya gempa desain secara signifikan. Oleh karena itu, konsistensi antara asumsi periode dan dimensi elemen struktur menjadi aspek yang terus dikontrol pada tahap perencanaan lanjutan.

Besarnya faktor amplifikasi tanah F_A dan F_V yang relatif tinggi mencerminkan pengaruh kondisi tanah sedang terhadap peningkatan respons percepatan struktur. Nilai F_A sebesar 1,425 dan F_V sebesar 2,125 mengindikasikan bahwa percepatan spektral dasar mengalami peningkatan yang cukup signifikan sebelum dikonversi menjadi spektrum desain. Fenomena ini banyak dilaporkan dalam studi evaluasi struktur gedung di wilayah dengan kondisi tanah serupa, di mana respons struktur sangat sensitif terhadap variasi sifat tanah (Silalahi & Tarigan, 2022; Nurasih, 2022). Dalam konteks gedung baja lima lantai ini, peningkatan respons tersebut harus diimbangi dengan kapasitas elemen struktur yang memadai agar tidak terjadi kerusakan berlebihan. Oleh karena itu, seluruh parameter seismik yang diperoleh digunakan secara konsisten dalam pemodelan struktur pada perangkat lunak analisis.

Kesesuaian parameter gempa yang digunakan dalam penelitian ini dengan ketentuan SNI juga menunjukkan bahwa perencanaan struktur dilakukan secara konservatif namun tetap efisien. Nilai-nilai SDS dan $SD1$ yang dihasilkan tidak hanya memenuhi ketentuan minimum, tetapi juga memberikan margin keamanan yang memadai terhadap ketidakpastian respons struktur. Pendekatan ini sejalan dengan praktik perencanaan struktur baja modern yang mengintegrasikan aspek kekuatan dan kinerja secara simultan (Putri et al., 2017; Budi, 2023). Dengan dasar parameter gempa yang jelas, evaluasi terhadap gaya geser dasar, distribusi gaya lateral, dan simpangan antar lantai dapat dilakukan secara lebih terarah. Hal ini menjadi landasan penting sebelum masuk pada pembahasan kinerja elemen struktur secara individual.

Integrasi antara data spektrum gempa dan pemodelan struktur memungkinkan identifikasi potensi titik kritis pada sistem rangka baja. Respons struktur terhadap gempa tidak hanya ditentukan oleh besar percepatan, tetapi juga oleh interaksi antara massa, kekakuan, dan redaman struktur. Oleh karena itu, parameter gempa yang telah ditetapkan digunakan sebagai input utama dalam analisis SAP2000 untuk memperoleh respons internal yang representatif. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa ketidaktepatan input spektrum dapat menyebabkan under-design atau over-design elemen struktur baja (Saputra & Muwafiqudinulhaq, 2020; Yudhatama et al., 2025). Dengan demikian, validitas parameter seismik pada tahap ini menjadi prasyarat utama bagi keandalan hasil analisis selanjutnya.

Analisis respons gempa dan penentuan parameter seismik pada gedung ini menunjukkan bahwa struktur dirancang dengan mempertimbangkan karakteristik seismik wilayah Semarang secara komprehensif. Nilai-nilai parameter yang diperoleh memberikan gambaran jelas mengenai tingkat tuntutan seismik yang harus dipikul oleh sistem struktur baja lima lantai. Pendekatan ini memperkuat argumen bahwa pemenuhan SNI 1726 dan keterkaitannya dengan perencanaan elemen baja menurut SNI 1729 merupakan satu kesatuan yang tidak terpisahkan dalam desain struktur tahan gempa (Zhafira et al., 2023; Affandi et al., 2022). Dengan dasar analisis ini, pembahasan selanjutnya akan difokuskan pada evaluasi kinerja elemen struktur baja terhadap kombinasi beban yang bekerja.

Evaluasi Kinerja Elemen Struktur Baja terhadap Kombinasi Beban Gempa dan Gravitasi

Evaluasi kinerja elemen struktur baja pada Gedung Kantor Koperasi lima lantai dilakukan dengan meninjau kapasitas balok dan kolom terhadap kombinasi beban gravitasi dan gempa yang bekerja secara simultan. Kombinasi pembebanan mengikuti ketentuan SNI 1726 yang kemudian diverifikasi terhadap ketentuan kapasitas elemen baja menurut SNI 1729, sehingga hubungan antara tuntutan gaya dalam dan kapasitas penampang dapat dianalisis secara terukur. Pendekatan ini sejalan dengan praktik perencanaan struktur baja gedung bertingkat yang menekankan keseimbangan antara kekuatan nominal dan faktor reduksi kekuatan elemen struktur (Zega et al., 2022; Aliyah & Sundari, 2025). Balok dan kolom diposisikan sebagai elemen utama pemikul gaya gempa, sehingga kegagalan salah satu elemen dapat mempengaruhi stabilitas global struktur. Oleh karena itu, analisis kinerja elemen dilakukan secara rinci pada setiap lantai untuk memastikan konsistensi kapasitas struktur secara vertikal.

Balok baja pada struktur ini berfungsi sebagai elemen lentur utama yang menyalurkan beban lantai dan beban gempa ke kolom, sehingga pengendalian momen lentur dan gaya geser menjadi aspek dominan dalam evaluasi kinerjanya. Hasil analisis menunjukkan bahwa momen maksimum terjadi pada balok lantai bawah akibat akumulasi beban dan efek gempa yang lebih besar pada tingkat tersebut. Distribusi momen yang tidak seragam antar lantai mencerminkan variasi kekakuan dan massa struktur yang telah dimodelkan pada tahap analisis. Fenomena ini juga banyak dijumpai pada perencanaan gedung baja bertingkat menengah dengan sistem rangka pemikul momen (Zuhrifah et al., 2021; Putri

et al., 2017). Untuk memperjelas besaran gaya dalam yang terjadi pada balok utama, data momen dan gaya geser hasil analisis ditampilkan pada tabel berikut:

Tabel 2. Gaya Dalam Balok Baja Akibat Kombinasi Beban Terfaktor

Lantai	Momen Maksimum (kNm)	Gaya Geser Maksimum (kN)
1	356,42	214,35
2	331,18	198,74
3	298,56	176,29
4	254,73	149,62
5	197,84	118,45

Nilai momen lentur pada Tabel 2 menunjukkan kecenderungan penurunan dari lantai bawah ke lantai atas, yang menggambarkan distribusi beban lateral gempa yang semakin kecil seiring berkurangnya massa dan gaya inersia. Kondisi ini memperlihatkan bahwa desain balok pada lantai bawah harus memiliki kapasitas lentur yang lebih besar dibandingkan lantai atas. Pendekatan diferensiasi profil balok antar lantai dinilai efektif dalam menjaga efisiensi struktur tanpa mengorbankan keselamatan (Budi, 2023; Fath, 2025). Kapasitas nominal balok yang digunakan dalam perencanaan telah diverifikasi lebih besar dari momen terfaktor hasil analisis, sehingga memenuhi kriteria kuat lentur menurut SNI 1729. Dengan terpenuhinya kriteria ini, balok diharapkan mampu berperilaku daktil dan menjadi lokasi leleh terkendali saat terjadi gempa kuat.

Selain balok, kolom baja dievaluasi sebagai elemen tekan dan lentur yang menerima kombinasi gaya aksial dan momen akibat beban gravitasi dan gempa. Kolom pada lantai bawah menunjukkan gaya aksial terbesar karena menahan beban kumulatif dari seluruh lantai di atasnya. Interaksi antara gaya aksial dan momen lentur menjadi faktor penentu dalam penilaian keamanan kolom, sehingga digunakan diagram interaksi sesuai ketentuan desain baja. Kondisi ini konsisten dengan berbagai penelitian yang menegaskan bahwa kolom merupakan elemen paling kritis dalam struktur baja bertingkat akibat perannya sebagai penopang utama stabilitas global (Anthony et al., 2016; Nurjaya et al., 2016).

Hasil analisis gaya dalam kolom menunjukkan bahwa rasio pemanfaatan kapasitas kolom masih berada di bawah batas maksimum yang diizinkan oleh SNI 1729. Nilai gaya aksial maksimum terjadi pada kolom lantai pertama dengan kombinasi momen yang relatif besar akibat pengaruh gempa arah utama bangunan. Untuk memperjelas besaran gaya aksial dan momen yang bekerja pada kolom utama, data hasil analisis disajikan pada tabel berikut yang menjadi dasar evaluasi kapasitas elemen tekan lentur:

Tabel 3. Gaya Dalam Kolom Baja Akibat Kombinasi Beban Terfaktor

Lantai	Gaya Aksial (kN)	Momen Maksimum (kNm)
1	2.845,67	412,53
2	2.316,42	378,19
3	1.892,35	341,76
4	1.346,28	287,44
5	864,91	214,36

Data pada Tabel 3 memperlihatkan bahwa gaya aksial kolom menurun secara bertahap dari lantai bawah ke lantai atas, yang mencerminkan distribusi beban vertikal yang logis dalam struktur bertingkat. Momen lentur yang masih cukup signifikan pada lantai bawah mengindikasikan pengaruh kuat beban gempa terhadap elemen kolom, sehingga desain kolom tidak hanya didasarkan pada beban aksial semata. Pendekatan evaluasi menggunakan interaksi aksial–lentur terbukti mampu memberikan gambaran kinerja kolom secara komprehensif (Dewi et al., 2025; Ghozi & Rizaldhy, 2023). Seluruh kolom memenuhi kriteria kapasitas interaksi dengan rasio kurang dari satu, yang menandakan bahwa elemen masih berada dalam kondisi aman. Hal ini menunjukkan bahwa pemilihan profil kolom telah mempertimbangkan tuntutan gempa secara memadai.

Hubungan antara kapasitas balok dan kolom juga dievaluasi untuk memastikan terpenuhinya konsep strong column–weak beam yang direkomendasikan dalam perencanaan struktur tahan gempa. Rasio kapasitas kolom terhadap balok pada setiap sambungan utama menunjukkan nilai yang lebih besar dari satu, sehingga mekanisme leleh diharapkan terjadi terlebih dahulu pada balok. Prinsip ini bertujuan untuk mencegah mekanisme runtuh lantai yang bersifat tiba-tiba dan sulit diprediksi (Mulia et al., 2017; Hendra et al., 2021). Penerapan konsep ini menjadi indikator penting bahwa struktur dirancang dengan pendekatan kinerja, bukan sekadar memenuhi kekuatan minimum.

Kinerja elemen struktur juga ditinjau dari aspek simpangan antar lantai yang dipengaruhi langsung oleh kekakuan balok dan kolom. Simpangan maksimum yang terjadi masih berada di bawah batas yang diizinkan oleh SNI 1726, sehingga kenyamanan dan keamanan penghuni tetap terjaga. Kondisi ini menunjukkan bahwa dimensi dan konfigurasi elemen baja mampu memberikan kekakuan lateral yang cukup tanpa menghasilkan gaya dalam yang berlebihan. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa struktur baja bertingkat menengah dapat mencapai kinerja simpangan yang baik apabila desain elemen dilakukan secara proporsional (Rahmawati & Khatulistiani, 2019; Nugraha et al., 2022). Dengan demikian, kinerja elemen struktur pada gedung ini dapat dikategorikan memadai terhadap tuntutan gempa rencana.

Evaluasi kinerja elemen balok dan kolom secara keseluruhan menunjukkan bahwa struktur memiliki cadangan kapasitas yang cukup untuk menahan beban gempa tanpa mengalami kerusakan signifikan. Cadangan kapasitas ini penting dalam menghadapi ketidakpastian respons gempa aktual yang dapat melebihi asumsi perencanaan. Pendekatan desain yang konservatif namun tetap efisien ini juga diterapkan pada berbagai studi perencanaan gedung baja lainnya dengan tingkat keberhasilan yang baik (Saputra & Muwafiqudinulhaq, 2020; Yudhatama et al., 2025). Kesesuaian antara hasil analisis dan ketentuan standar menunjukkan bahwa struktur dirancang secara konsisten dan terintegrasi. Hal ini memperkuat keandalan hasil perencanaan pada tahap ini.

Evaluasi kinerja elemen struktur baja terhadap kombinasi beban gempa dan gravitasi menunjukkan bahwa balok dan kolom Gedung Kantor Koperasi lima lantai memenuhi persyaratan kekuatan dan stabilitas sesuai SNI 1726 dan SNI 1729. Distribusi gaya dalam yang rasional serta rasio kapasitas yang aman mengindikasikan bahwa sistem struktur mampu bekerja secara efektif dalam menahan beban lateral dan vertikal. Temuan ini mendukung pandangan bahwa struktur baja merupakan pilihan yang andal untuk bangunan perkantoran bertingkat menengah di wilayah rawan gempa (Zega et al., 2022; Zhafira et al., 2023). Dengan terpenuhinya kinerja elemen utama, pembahasan selanjutnya akan difokuskan pada evaluasi simpangan, stabilitas global, dan implikasi kinerja struktur terhadap tingkat keselamatan bangunan.

Evaluasi Kinerja Global Struktur dan Ketahanan Gedung terhadap Gempa Rencana

Evaluasi kinerja global struktur Gedung Kantor Koperasi lima lantai dilakukan untuk memastikan bahwa sistem rangka baja tidak hanya memenuhi persyaratan kekuatan elemen individual, tetapi juga mampu berperilaku stabil sebagai satu kesatuan struktur saat menerima beban gempa rencana. Kinerja global ditinjau melalui parameter simpangan antar lantai, gaya geser dasar, serta distribusi deformasi sepanjang tinggi bangunan yang diperoleh dari hasil analisis struktur. Pendekatan ini sejalan dengan konsep desain berbasis kinerja yang menempatkan perilaku struktur secara menyeluruh sebagai indikator utama tingkat keselamatan bangunan (Hendra et al., 2021; Nugraha et al., 2022). Struktur baja bertingkat menengah seperti gedung ini memiliki kecenderungan respons lateral yang dominan, sehingga evaluasi global menjadi aspek yang tidak dapat dipisahkan dari evaluasi elemen. Oleh karena itu, seluruh hasil analisis dirangkum dan ditinjau secara komprehensif untuk memastikan kesesuaian dengan ketentuan SNI 1726.

Salah satu parameter utama dalam penilaian kinerja global struktur adalah simpangan antar lantai yang terjadi akibat beban gempa. Simpangan ini mencerminkan tingkat deformasi struktur dan berhubungan langsung dengan potensi kerusakan elemen nonstruktural maupun struktural. Hasil analisis menunjukkan bahwa simpangan maksimum terjadi pada lantai atas, yang merupakan karakteristik umum bangunan bertingkat dengan sistem rangka baja. Kondisi ini telah banyak dilaporkan pada studi evaluasi gedung baja di wilayah seismik aktif, di mana kontrol simpangan menjadi kriteria utama desain (Rahmawati & Khatulistiani, 2019; Istiono et al., 2023). Untuk memperjelas besaran simpangan antar lantai yang terjadi pada gedung ini, data hasil analisis disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 4. Simpangan Antar Lantai Akibat Beban Gempa

Lantai	Simpangan (mm)	Batas Izin (mm)
1	6,42	20
2	11,35	20
3	15,78	20
4	18,26	20
5	19,84	20

Data pada Tabel 4 menunjukkan bahwa simpangan antar lantai maksimum masih berada di bawah batas izin yang ditetapkan oleh SNI 1726, sehingga struktur dinilai memenuhi persyaratan kinerja layanan dan keselamatan. Nilai simpangan yang meningkat secara bertahap dari lantai bawah ke lantai atas mencerminkan distribusi kekakuan struktur yang relatif seragam. Kondisi ini menandakan bahwa tidak terjadi soft story yang dapat memicu konsentrasi deformasi pada satu tingkat tertentu. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kegagalan gedung baja bertingkat sering kali dipicu oleh simpangan berlebih pada lantai tertentu akibat ketidakseimbangan kekakuan (Jaya et al., 2017; Mulia et al., 2017). Dengan demikian, hasil analisis ini mengindikasikan bahwa konfigurasi struktur gedung koperasi telah dirancang dengan distribusi kekakuan yang baik.

Selain simpangan antar lantai, gaya geser dasar juga digunakan sebagai indikator utama dalam evaluasi kinerja global struktur. Gaya geser dasar mencerminkan total gaya gempa yang harus dipikul oleh struktur pada tingkat dasar dan kemudian didistribusikan ke seluruh elemen vertikal. Nilai gaya geser dasar yang diperoleh dari analisis respons spektrum menunjukkan konsistensi dengan nilai teoritis berdasarkan parameter seismik wilayah Semarang. Hal ini mengindikasikan bahwa pemodelan struktur telah merepresentasikan massa dan kekakuan bangunan secara realistis.

Distribusi gaya geser dasar yang relatif merata antar lantai menunjukkan bahwa sistem rangka baja bekerja secara efektif dalam menyalurkan beban gempa. Kondisi ini mengurangi potensi konsentrasi gaya pada elemen tertentu yang dapat memicu kegagalan lokal. Beberapa studi perbandingan antara analisis statik dan dinamik juga menunjukkan bahwa distribusi gaya yang merata merupakan indikator pemodelan struktur yang baik (Ghozi & Rizaldhy, 2023; Rifai et al., 2025). Untuk memberikan gambaran kuantitatif mengenai distribusi gaya geser dasar tersebut, data hasil analisis disajikan pada tabel berikut:

Tabel 5. Distribusi Gaya Geser Dasar per Lantai

Lantai	Gaya Geser (kN)
1	842,36
2	764,18
3	681,52
4	594,27
5	498,63

Data pada Tabel 5 menunjukkan bahwa gaya geser terbesar terjadi pada lantai bawah dan menurun secara bertahap ke lantai atas, sesuai dengan prinsip distribusi gaya gempa pada struktur bertingkat. Pola ini memperlihatkan bahwa sistem struktur mampu menahan beban lateral tanpa mengalami lonjakan gaya yang tidak terkendali pada tingkat tertentu. Kondisi tersebut sejalan dengan hasil penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa distribusi gaya geser yang proporsional mencerminkan kinerja global struktur yang stabil (Affandi et al., 2022; Nurasih, 2022). Dengan distribusi gaya yang rasional, elemen kolom dan balok dapat bekerja sesuai kapasitas yang telah direncanakan. Hal ini memperkuat keyakinan bahwa struktur memiliki ketahanan yang memadai terhadap gempa rencana.

Kinerja global struktur juga ditinjau dari kemampuan sistem rangka baja dalam mempertahankan stabilitas lateral setelah mengalami deformasi akibat gempa. Sistem rangka pemikul momen baja yang digunakan menunjukkan perilaku elastis-inelastis yang terkontrol, sehingga energi gempa dapat terdisipasi melalui mekanisme leleh yang diharapkan. Prinsip ini sejalan dengan konsep desain tahan

gempa yang menekankan daktilitas sebagai parameter utama keselamatan struktur (Anthony et al., 2016; Dewi et al., 2025). Tidak teridentifikasinya ketidakstabilan global atau mekanisme runtuh dini menunjukkan bahwa struktur memiliki kapasitas pascagempa yang baik.

Evaluasi kinerja global juga mempertimbangkan potensi ketahanan struktur terhadap gempa dengan intensitas lebih besar dari gempa rencana. Meskipun analisis difokuskan pada gempa rencana sesuai SNI, cadangan kapasitas struktur yang teridentifikasi pada elemen dan sistem menunjukkan potensi kinerja yang masih aman pada tingkat beban yang lebih tinggi. Beberapa penelitian evaluasi struktur gedung baja menggunakan pendekatan pushover menunjukkan bahwa struktur dengan simpangan terkendali pada tahap desain cenderung memiliki kapasitas pascagempa yang baik (Nugraha et al., 2022; Istiono et al., 2023). Kondisi ini memberikan indikasi bahwa gedung koperasi lima lantai memiliki tingkat ketahanan yang memadai terhadap ketidakpastian gempa. Dengan demikian, struktur tidak hanya memenuhi persyaratan minimum, tetapi juga menunjukkan kinerja yang andal.

Keterpaduan antara hasil evaluasi elemen dan kinerja global struktur memperlihatkan bahwa sistem struktur baja bekerja secara sinergis dalam menahan beban gempa. Tidak ditemukannya anomali respons struktur seperti lonjakan simpangan atau konsentrasi gaya yang berlebihan memperkuat validitas desain yang diterapkan. Hal ini sejalan dengan berbagai studi perencanaan dan evaluasi gedung baja bertingkat di Indonesia yang menekankan pentingnya konsistensi antara desain elemen dan perilaku sistem (Zega et al., 2022; Zhafira et al., 2023). Dengan pendekatan ini, risiko kerusakan struktural dan nonstruktural dapat diminimalkan. Kinerja global yang baik juga memberikan jaminan terhadap keberlanjutan fungsi bangunan pascagempa.

Evaluasi kinerja global struktur menunjukkan bahwa Gedung Kantor Koperasi lima lantai memiliki tingkat ketahanan gempa yang sesuai dengan ketentuan SNI 1726 dan SNI 1729. Simpangan antar lantai yang terkendali, distribusi gaya geser yang rasional, serta stabilitas global struktur mengindikasikan bahwa sistem rangka baja mampu bekerja secara efektif dalam kondisi gempa rencana. Temuan ini memperkuat kesimpulan bahwa perencanaan struktur baja pada gedung ini telah memenuhi aspek kekuatan, kekakuan, dan daktilitas secara terpadu (Aliyah & Sundari, 2025; Fath, 2025). Dengan terpenuhinya kinerja global tersebut, bangunan diharapkan mampu memberikan tingkat keselamatan yang memadai bagi penggunanya.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perencanaan struktur baja Gedung Kantor Koperasi lima lantai telah memenuhi persyaratan teknis kekuatan dan ketahanan gempa berdasarkan ketentuan SNI 1726 dan SNI 1729. Penentuan parameter seismik dan penerapan analisis respons spektrum menghasilkan besaran gaya gempa yang rasional dan sesuai dengan karakteristik wilayah gempa, sehingga mampu merepresentasikan tuntutan seismik yang bekerja pada struktur. Evaluasi elemen struktur memperlihatkan bahwa balok dan kolom memiliki kapasitas yang memadai terhadap kombinasi beban gravitasi dan gempa, serta memenuhi prinsip strong column–weak beam yang penting dalam menjamin perilaku daktil struktur. Dari sisi kinerja global, simpangan antar lantai berada di bawah batas yang diizinkan, distribusi gaya geser berlangsung secara proporsional, dan struktur menunjukkan stabilitas lateral yang baik. Secara keseluruhan, sistem rangka baja yang direncanakan dinilai mampu memberikan tingkat keselamatan struktural yang memadai dan layak diterapkan pada bangunan perkantoran bertingkat menengah di wilayah rawan gempa.

DAFTAR PUSTAKA

- Affandi, I. A., Kusmedi, R. A., Setiawan, Y., & Wacono, S. (2022). Perhitungan Ulang Struktur Atas Gedung B Politeknik Negeri Jakarta Mengacu Sni 1726-2019 Dan Sni 2847-2019. In *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil* (Vol. 4, No. 3, Pp. 234-246).
- Aliyah, A. I., & Sundari, T. (2025). Analisis Struktur Baja Pada Gedung Satpas Dengan Metode Desain Faktor Beban Dan Ketahanan (Dfbk). *Jurnal Multidisiplin Ilmu Akademik*, 2(5), 572-579. <https://doi.org/10.61722/Jmia.V2i5.6727>
- Anthony, A., Savitri, T. F. Y., & Santoso, H. (2016). Evaluasi Kinerja Sistem Rangka Baja Dan Beton Komposit Pemikul Momen Khusus Yang Didesain Berdasarkan Sni 1729: 2015. *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*, 5(2).

- Arif, A. (2024). *Analisis Perbandingan Penulangan Struktur Beton Tahan Gempa Terhadap Biaya Konstruksi Berdasarkan Sni Gempa 1726: 2019 Dengan Sni 03-2847-2002 Dan Sni 2847: 2013 Pada Perencanaan Struktur Hotel 5 Lantai Grand Victoria Kedonganan* (Doctoral Dissertation, Politeknik Negeri Bali).
- Budi, G. S. Analisis Struktur Baja Gedung Perkuliahan 7 Lantai Dengan Ketentuan Desain Kekuatan Izin (Dki). *Jelast: Jurnal Teknik Kelautan, Pwk, Sipil, Dan Tambang*, 8(3).
- Darmansyah., & Chairani, E. (2022). Analisa Struktur Balok Beton Pada Pembangunan Rumah Tempat Usaha 6 Lantai Di Jalan Perniagaan N0. 55 Medan. *Jurnal Teknik Sipil*, 1(1), 28-34. <https://doi.org/10.30743/jtsip.V1i1.5773>
- Dewi, I. C., Fp, A. I., & Priyono, P. (2025). Analisa Perbandingan Peraturan Sni Tahun 2015 (Aisc 341-10) Dan Sni Tahun 2020 (Aisc 341-16) Terhadap Perencanaan Bangunan Baja Tahan Gempa:(Studi Kasus: Gedung Rangka Baja Klinik Ultra Medica Surabaya). *Extrapolasi*, 22(02), 178-190. <https://doi.org/10.30996/Ep.V22i02.132438>
- Fath, A. N. (2025). *Alternatif Dan Penentuan Profil Baja Pada Bangunan Gedung Bertingkat 6 Lantai (Studi Kasus: Pembangunan Kost Haryono)* (Doctoral Dissertation, Universitas Gadjah Mada). <https://etd.repository.ugm.ac.id/penelitian/detail/249183>
- Ghozi, M., & Rizaldhy, A. I. (2023). Perbandingan Struktur Gedung Perkantoran Bpr Delta Artha Dengan Desain Beban Gempa Statis Dan Dinamis Berdasarkan Sni 1729-2020. *Inter Tech*, 1(2), 1-9. <https://doi.org/10.54732/I.V1i2.1060>
- 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>
- Istiono, H., Septiarsilia, Y., Fitriyah, D. K., Komara, I., & Nuciferani, F. T. (2023). Evaluasi Struktur Gedung Hotel Swiss-Belhotel Darmo Surabaya Menggunakan Analisis Pushover Berdasarkan Sni 1726-2019. *Jurnal Teknologi Dan Manajemen*, 4(2), 97-110. <https://doi.org/10.31284/J.Jtm.2023.V4i2.4533>
- Jaya, A., Winar, H., Santoso, H., & Pudjisuryadi, P. (2017). Evaluasi Sni 1726: 2012 Pasal 7.2. 5.1 Mengenai Distribusi Gaya Lateral Terhadap Kekakuan Dan Kekuatan Pada Sistem Ganda Srpmpk Dan Srbkk. *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*, 6(1).
- Kabdiyono, E. A., & Winita, A. (2022). Studi Komparasi Penulangan Gedung 8 Lantai Dengan Sni 1726: 2012 Dan Sni 1726: 2019 Studi Kasus: Gedung Hotel X Di Kota Bandung, Jawa Barat. *Jurnal Tera*, 2(1), 1-13. <https://doi.org/10.59832/Jt.V2i1.78>
- Mulia, H. S., Edwin, S., Santoso, H., & Pudjisuryadi, P. (2017). Perencanaan Struktur Baja Berdasarkan Kekakuan Dan Kekuatan Sistem Ganda Srpmpk Dan Srbek Bentuk Diagonal Menurut Sni 1726: 2012 Pasal 7.2. 5.1. *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*, 6(2), 96-103.
- Nugraha, F. A., Pertiwi, D., Susanti, E., Propika, J., & Istiono, H. (2022, November). Kinerja Struktur Gedung Baja Tahan Gempa Menggunakan Analisis Pushover Pada Gedung Office Momen Surabaya. In *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan*.
- Nurasih, S. M. (2022). Analisis Dan Evaluasi Struktur Gedung Auditorium Fem Ipb Berdasarkan Sni 1726: 2019 Dan Sni 2847: 2019. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 7(3), 221-230. <https://doi.org/10.29244/jsil.7.3.221-230>
- Nurjaya, M. S., Sudika, I. G. M., & Astariani, N. K. (2016). Analisis Struktur Baja Berdasarkan Sni 1726-2002 Dan Sni 1726-2012 Pada Pembangunan Gedung Kantor Penelitian Perikanan Tuna Denpasar-Bali. *Jurnal Teknik Gradien*, 8(1), 107-121.
- Putri, M. D. S., Wibowo, G. E., Tudjono, S., & Wibowo, H. (2017). Redesain Struktur Gedung Kuliah Umum Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Menggunakan Konstruksi Baja Berdasarkan Sni 1729-2015 Dan Sni 7972-2013. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 6(3), 182-196. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jkts/article/view/17102>

- Rahmawati, D. F., & Khatulistiani, U. (2019). Analisa Drift Gedung Struktur Baja Tahan Gempa Menggunakan Kombinasi Two Story-X Bracing Dan X Bracing Di Surabaya. *Axial: Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Konstruksi*, 7(1), 1-16. <https://doi.org/10.30742/Axial.V7i1.703>
- Rifai, A., Taufiq, M., & Nurdin, A. L. (2025). Analisis Rangka Batang Atap Stadion Sesuai Sni 1726: 2019, Sni 1727: 2020 Dan Sni 1729: 2020 Metode Dfbt (Studi Kasus: Struktur Atap Stadion Capar, Desa Capar, Kec. Jatinegara, Kab. Tegal, Jawa Tengah). *Era Sains: Jurnal Penelitian Sains, Keteknikan Dan Informatika*, 3(3), 41-52.
- Saputra, A. A., & Muwafiqudinulhaq, A. (2020). Analisis Struktur Dan Perencanaan Ketahanan Gempa (Sni 1726: 2012) Warehouse Pt. X Di Gresik. *Wahana Teknik*, 9(2), 27-40.
- Silalahi, H. C., & Tarigan, J. (2022). Analisis Ketahanan Struktur Atas Rumah Instan Sederhana Sehat Dengan Perhitungan Beban Gempa Di Upgrade 3 (Tiga) Lantai. *Jurnal Syntax Admiration*, 3(11), 1412-1424. <https://doi.org/10.46799/Jsa.V3i11.505>
- Yudhatama, A., Zain, A., & Ismail, M. R. (2025). Analisis Struktur Balok Tahan Gempa Pada Bangunan Gedung Asrama Iai An Nur Lampung. *Jurnal Konstruksi*, 23(1), 57-66. <https://doi.org/10.33364/Konstruksi/V.23-1.2090>
- 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>
- Zhafira, T., Kurniawan, I. B., Purwanto, P., Hidayat, M. F., & Prayuda, H. (2023). The The Structure Analysis Of Five Floor Mall Building In Semarang City According To Sni 1726-2019 And Sni 2847-2019. *Journal Of Civil Engineering And Planning (Jcep)*, 4(1), 1-13. <https://doi.org/10.37253/Jcep.V4i1.6872>
- Zuhrifah, F., Halim, A., & Aditya, C. (2021). Analisis Portal Baja Pada Gedung Bertingkat Tinggi Berdasarkan Sni 03-1729-2002 Dan Sni 1729: 2015: Studi Kasus: Gedung Laboratoria Kampus 3 Universitas Widyagama Malang. *Bouwplank Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 1(1), 43-53. <https://doi.org/10.31328/Bouwplank.V1i1.216>