

Analisis Respons Spektrum Struktur Portal Baja Canai Dingin Dua Lantai terhadap Variasi Ketebalan Profil

Indira Gayatri Dian Pramesti¹, Nindyawati²

^{1,2} Program Studi Teknik Sipil, Universitas Negeri Malang

Email: indira.gayatri.2105236@students.um.ac.id; nindyawati.ft@um.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi ketebalan profil terhadap respons gempa portal baja canai dingin dua lantai menggunakan metode analisis respons spektrum linier, dimana penelitian terdahulu umumnya lebih banyak membahas kapasitas elemen, perilaku sambungan, dan sistem dinding geser dibandingkan respons global struktur portal baja canai dingin. Struktur menggunakan profil built-up 2C150x100 box dengan variasi ketebalan 1,2 mm; 1,6 mm; 2,3 mm; 3,0 mm; dan 3,2 mm yang dimodelkan menggunakan SAP2000 v24 pada lokasi Kabupaten Gresik, dengan situs tanah lunak (SE). Parameter gempa desain ditentukan berdasarkan standar gempa Indonesia dengan percepatan spektral desain $SDS = 0,64$ g dan $SD1 = 0,16$ g. Parameter yang dianalisis meliputi periode alami, gaya geser dasar, perpindahan, dan simpangan antar lantai. Hasil studi menunjukkan bahwa peningkatan ketebalan profil menurunkan periode alami dari 1,73 detik menjadi 1,13 detik atau sebesar 34,71%, yang mengindikasikan peningkatan kekakuan struktur secara signifikan. Sebaliknya, gaya geser dasar meningkat seiring bertambahnya ketebalan dengan nilai terbesar 10.541,97 N arah X dan 8.499,46 N arah Y pada model 3,2 mm. Perpindahan menurun dari 10,44 mm menjadi 6,90 mm atau sebesar 33,9%, sedangkan simpangan lantai 1 menurun dari 6,94 mm menjadi 4,48 mm. Seluruh model memenuhi batas simpangan antar lantai yang diizinkan sehingga struktur dinyatakan aman terhadap beban gempa. Berbeda dengan studi terdahulu yang fokus pada sistem dinding geser, pengaku, atau analisis nonlinier pada struktur baja canai dingin, penelitian ini memberikan gambaran respons seismik global pada sistem portal berdasarkan standar gempa Indonesia. Hasil analisis menggarisbawahi bahwa ketebalan profil merupakan parameter yang mengendalikan kekakuan dan kinerja seismik struktur, sehingga dapat menjadi referensi praktis dalam perancangan struktur baja canai dingin di wilayah rawan gempa. Dengan mempertimbangkan aspek keamanan struktur dan efisiensi material, tebal profil 3,0 mm direkomendasikan sebagai dimensi yang paling optimal untuk perancangan.

Kata Kunci: baja canai dingin, respons spektrum, periode getar, gaya geser dasar, perpindahan, simpangan

ABSTRACT

This study addresses the gap regarding the global seismic response of bare CFS portal frames under Indonesian seismic codes, which previous researchs on CFS structures has predominantly focused on shear walls or bracing systems. Consequently, The novelty lies in evaluating the direct influence of thickness on global seismic response without additional stiffening elements. This study investigates the effect of profile thickness variation on the seismic response of a two-story cold-formed steel (CFS) portal frame using linear response spectrum analysis. The structural model employs a built-up 2C150x100 box section with thickness variations of 1.2, 1.6, 2.3, 3.0, and 3.2 mm. Modeling was conducted using SAP2000 v23 for a building in Gresik, Indonesia, situated on soft soil (SE). Seismic parameters followed Indonesian standards with $SDS = 0.6384$ g and $SD1 = 0.158$ g. Evaluated parameters include natural period, base shear, lateral displacement, and inter-story drift. Results indicate that increasing profile thickness significantly reduces the natural period from 1.73 s to 1.13 s (34.71% decrease), reflecting enhanced structural stiffness. Base shear increases with thickness, peaking at 10,541.97 N (X-direction) and 8,499.46 N (Y-direction) for the 3.2 mm model. Lateral displacement decreases from 10.44 mm to 6.90 mm (33.9% reduction), while first-floor inter-story drift drops from 6.94 mm to 4.48 mm. All models satisfy allowable inter-story drift limits, confirming structural safety. These findings demonstrate that profile thickness is a critical parameter controlling seismic performance, providing a practical reference for CFS design in earthquake-prone regions. By considering structural safety and material efficiency, the 3.0 mm profile thickness is recommended as the most optimal dimension for practical design.

Key words: cold-formed steel, response spectrum, fundamental period, displacement, inter-story drift.

Submitted: 12 Mei 2026	Reviewed: 19 Juni 2026	Revised: 27 Juni 2026	Published: 01 Agustus 2026
----------------------------------	----------------------------------	---------------------------------	--------------------------------------

PENDAHULUAN

Bangunan tahan gempa memerlukan sistem struktur yang mampu menahan beban lateral tanpa mengalami kerusakan berlebihan. Kebutuhan struktur ringan dan efisien di Indonesia semakin meningkat seiring perkembangan konstruksi bangunan bertingkat rendah di daerah rawan gempa. Salah satu material yang mulai banyak digunakan adalah baja canai dingin (*cold-formed steel*) karena memiliki berat yang ringan, proses fabrikasi yang cepat, serta rasio kuat terhadap berat yang tinggi (Yu & LaBoube, 2010). Material ini banyak digunakan pada bangunan bertingkat rendah hingga menengah karena kemudahan dalam pemasangan dan mutu dari material yang seragam.

Baja canai dingin dibentuk dari lembaran baja tipis melalui proses pembentukan dingin tanpa pemanasan tinggi sehingga menghasilkan penampang yang ringan dan efisien. Bentuk *built-up* penampang baja canai dingin dari profil kanal C ganda yang disusun berhadapan (*face-to-face*) membentuk profil *box/tube* digunakan untuk meningkatkan kapasitas tekan dan stabilitas struktur (Li & Young, 2022). Kendati demikian, elemen baja canai dingin rentan mengalami tekuk lokal, tekuk distorsional, dan tekuk global akibat ketebalan elemen yang relatif tipis. Perubahan ketebalan profil dapat memengaruhi momen inersia penampang sehingga kekakuan global bangunan dan respons struktur terhadap pembebanan lateral ikut berubah (Yu & LaBoube, 2010).

Perilaku struktur terhadap gempa dipengaruhi oleh massa, kekakuan, redaman, dan sistem penahan gaya lateral bangunan. Ketika terjadi gempa, struktur mengalami getaran yang menghasilkan gaya inersia sehingga menyebabkan perpindahan dan deformasi struktur (Chopra, 2017). Respons gempa bangunan bertingkat umumnya dievaluasi melalui parameter periode struktur, base shear, displacement, dan *inter-story drift*. Menurut Chopra (2017), struktur dengan kekakuan lebih tinggi cenderung memiliki periode getar alami yang lebih kecil sehingga deformasi akibat gempa menjadi lebih rendah, sedangkan struktur yang lebih fleksibel akan mengalami simpangan yang lebih besar.

Penggunaan baja canai dingin pada sistem struktur bangunan bertingkat telah banyak diteliti terkait perilaku seismiknya. Deng et al. (2024) mengkaji kinerja lateral dinding geser (*shear wall*) baja canai dingin dengan panel selubung (*slitted sheathing*) dan menunjukkan bahwa penambahan

pengaku meningkatkan kekakuan dan kapasitas lateral struktur secara signifikan. Liu et al. (2023) juga mengonfirmasi bahwa sistem *shear wall* dengan panel baja tipis mampu secara signifikan meningkatkan kekakuan lateral dan mengurangi *displacement* atap.

Wang et al. (2023) menunjukkan bahwa rangka baja modular yang diisi dinding baja canai dingin memiliki kapasitas geser yang baik terhadap beban gempa. Leng et al. (2017) menunjukkan bahwa penggunaan *Oriented Strand Board (OSB)* sebagai material pelapis dinding struktural (*shear wall*) mampu meningkatkan kekakuan sistem dan menurunkan *inter-story drift* struktur portal baja canai dingin dua lantai. Peningkatan kekakuan dinding dan elemen penyangga (*stud pack*) dapat memperbaiki respons dinamik struktur baja canai dingin bertingkat (Singh et al., 2024). Simulasi multi-level pada *shear wall* baja canai dingin, dari bagian terkecil seperti sambungan, lalu satu panel dinding, hingga keseluruhan bangunan mampu menganalisis kinerja seismik struktur secara menyeluruh (Wu & Li, 2022). Selain itu, sistem gabungan antara baja canai dingin dan baja canai panas mampu mencapai kinerja seismik yang memenuhi kriteria FEMA P695 apabila dimodelkan dengan tepat (Kildashti et al., 2019).

Penelitian terdahulu umumnya lebih banyak membahas kapasitas elemen, perilaku sambungan, dan sistem dinding geser dibandingkan respons global struktur portal baja canai dingin. Tao et al. (2023) mengkaji perilaku seismik rangka baja canai dingin tipe C ganda dan menemukan bahwa konfigurasi penampang berpengaruh terhadap kapasitas lateral dan pola deformasi struktur. Zhang et al. (2023) meneliti kinerja *shear wall* baja canai dingin dengan panel baja gelombang (*corrugated steel sheathing*) dan menunjukkan bahwa jenis lapisan panel struktural berpengaruh terhadap kekakuan dan kapasitas geser dinding. Sistem portal tanpa lapisan luar non-struktural (*cladding*) memiliki periode getar alami yang lebih panjang akibat penurunan kekakuan struktur, yang mengindikasikan bahwa kekakuan elemen berpengaruh penting terhadap respons gempa bangunan (Taranu et al., 2023).

Analisis modal menggunakan respons spektrum berbasis lokasi spesifik memberikan hasil yang lebih akurat dibandingkan spektrum desain umum (Khataiwada et al., 2023). Pembaruan parameter gempa pada SNI 1726:2019 diketahui meningkatkan nilai SD_s dan SD_1 sehingga gaya gempa rencana menjadi lebih besar dibandingkan SNI sebelumnya (Jauhari et al., 2021). Dalam

pemodelan numerik menggunakan SAP2000, analisis respons spektrum digunakan untuk mengevaluasi perilaku bangunan bertingkat terhadap beban gempa (Çarbaş & Artar., 2021).

Berdasarkan hal tersebut, studi mengenai analisis variasi ketebalan profil pada portal baja canai dingin dua lantai menggunakan metode respons spektrum linier berdasarkan SNI 1726:2019 masih terbatas. Sebagian besar kajian terdahulu menggunakan sistem *shear wall*, *bracing*, atau analisis nonlinier, sehingga pengaruh langsung ketebalan profil terhadap respons seismik struktur belum terlihat secara jelas. Oleh sebab itu, penelitian ini memiliki kebaruan dalam menganalisis pengaruh variasi ketebalan profil ganda kanal C (*box*) 2C150x100 terhadap periode getar alami struktur, gaya geser dasar (*base shear*), perpindahan (*displacement*), dan simpangan antar lantai (*inter-story drift*) pada sistem portal baja canai dingin dua lantai tanpa elemen pengaku tambahan menggunakan analisis respons spektrum berdasarkan SNI 1726:2019.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana perubahan ketebalan profil *built-up box* (2C150x100) dapat memengaruhi respons gempa global pada struktur portal baja canai dingin dua lantai. Analisis difokuskan untuk mengevaluasi perubahan parameter penting, mulai dari periode getar alami, gaya geser dasar (*base shear*), perpindahan (*displacement*), hingga simpangan antar lantai (*inter-story drift*) akibat beban gempa rencana sesuai standar SNI 1726:2019. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan gambaran mengenai batasan ketebalan profil yang paling aman dan optimal untuk digunakan pada struktur portal tanpa elemen pengaku tambahan seperti dinding geser atau *bracing*.

METODE PENELITIAN

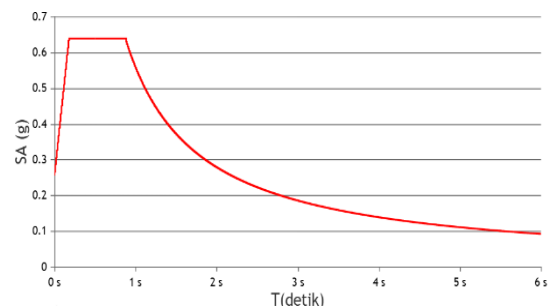
Lokasi dan Parameter Gempa



Gambar 1. Peta Lokasi Kawasan Industri Manyar
(Sumber: Google Earth, 2026)

Lokasi penelitian pada studi portal baja canai dingin ini terletak di Kawasan Industri Manyar, Kabupaten Gresik, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Dasar penentuan kelas situs ini

mengacu pada klasifikasi standar SNI 1726:2019 berdasarkan data investigasi tanah di area tinjauan, di mana situs dikategorikan sebagai Kelas Situs SE (Tanah Lunak) seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Respon Spektrum

(Sumber: Desain Spektra Indonesia, 2026)

Penentuan kelas situs pada penelitian ini diasumsikan sebagai Kelas Situs SE (Tanah Lunak) berdasarkan SNI 1726:2019. Pemilihan situs SE didasarkan pada pendekatan kondisi batas paling kritis (*worst-case scenario*), di mana tanah lunak memiliki efek rambatan gempa yang lebih tinggi dibandingkan tanah keras. Hal ini dilakukan untuk memastikan struktur portal baja canai dingin mampu mengantisipasi beban gempa pada kondisi yang paling parah. Parameter percepatan gempa atau *Peak Ground Acceleration* (PGA) diperoleh dari Desain Spektra Indonesia dengan nilai sebesar 0,3124 g pada batuan dasar. Parameter lainnya dirangkum pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter Respons Spektrum

(Sumber: Desain Spektra Indonesia, 2026)

Parameter	Nilai
S_S	0.6726
S_I	0.2963
F_a	1.4238
F_v	0.8000
S_{MS}	0.9576
S_{M1}	0.2370
S_{DS}	0.6384
S_{D1}	0.1580

Jenis dan Pendekatan Penelitian

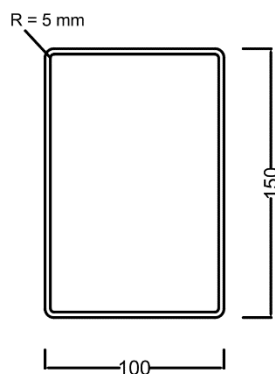
Penelitian ini merupakan kajian numerik dengan pendekatan analisis dinamik linier menggunakan metode respons spektrum (Chopra, 2017; Jauhari et al., 2021). Analisis dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh variasi ketebalan profil terhadap respons seismik portal baja canai dingin dua lantai menggunakan perangkat lunak

Model Struktur

Model struktur berupa struktur portal baja canai dingin dua lantai dengan denah bangunan 6x6 meter dan tinggi antar lantai 3 meter. Struktur

dimodelkan menggunakan profil *built-up* 2C150x100 berbentuk *box/tube* sebagai elemen balok dan kolom (Çarbaş & Artar, 2021). Variasi ketebalan profil yang digunakan yaitu 1,2 mm; 1,6 mm; 2,3 mm; 3,0 mm; dan 3,2 mm. Tumpuan dasar kolom dimodelkan sebagai jepit (*fixed support*).

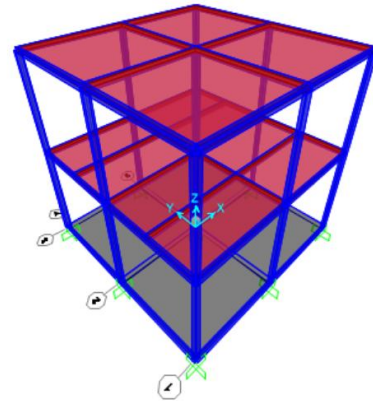
Geometri penampang dimodelkan dengan tinggi 150 mm, lebar 100 mm, radius sudut $R = 5$ mm, serta ketebalan profil sebesar 3 mm seperti pada Gambar 3. Elemen balok (*girder*) dan kolom dalam studi ini menggunakan dimensi profil yang sama, yaitu profil baja canai dingin 2C150x100 mm. Penggunaan dimensi yang seragam ini dipertimbangkan untuk menyederhanakan metode pelaksanaan di lapangan, mempermudah fabrikasi, dan menyeragamkan jenis sambungan antar elemen struktur.



Gambar 3. Profil Penampang
(Sumber: SAP2000 v24, 2026)

Perilaku pemodelan sambungan pada SAP2000 diasumsikan sebagai sambungan kaku atau jepit sempurna (*rigid/moment connection*) tanpa pelepasan gaya (*end releases*). Asumsi jepit sempurna (*rigid*) ini dipilih untuk menyederhanakan analisis perilaku portal, meskipun pada kondisi aktual struktur baja canai dingin memiliki fleksibilitas sambungan yang bersifat *semi-rigid*.

Sambungan balok–kolom di lapangan direncanakan menggunakan alat pengencang mekanis berupa baut/sekrup. Batasan asumsi ini memengaruhi kekakuan lateral global bangunan, yang berpengaruh pada parameter nilai periode getar alami (T) serta simpangan antar lantai (*inter-story drift*). Lantai dimodelkan menggunakan diafragma kaku untuk memperoleh distribusi gaya gempa yang merata pada setiap lantai (Chopra, 2017).



Gambar 4. Pemodelan Struktur
(Sumber: SAP2000 v24, 2026)

Properti Material dan Penampang

Material struktur menggunakan baja canai dingin mutu G550 dengan tegangan leleh sebesar 550 MPa dan modulus elastisitas 200.000 MPa (Badan Standardisasi Nasional, 2017). Rasio Poisson yang digunakan sebesar 0,3 dengan berat jenis baja 78,5 kN/m³. Penampang struktur dimodelkan sebagai *built-up box/tube* berdasarkan dimensi profil 2C150x100 dengan variasi ketebalan sesuai model penelitian. Properti penampang seperti luas penampang dan momen inersia dihitung secara otomatis melalui SAP2000. Material diasumsikan berperilaku linier elastis sesuai pendekatan analisis respons spektrum linier (Chopra, 2017).

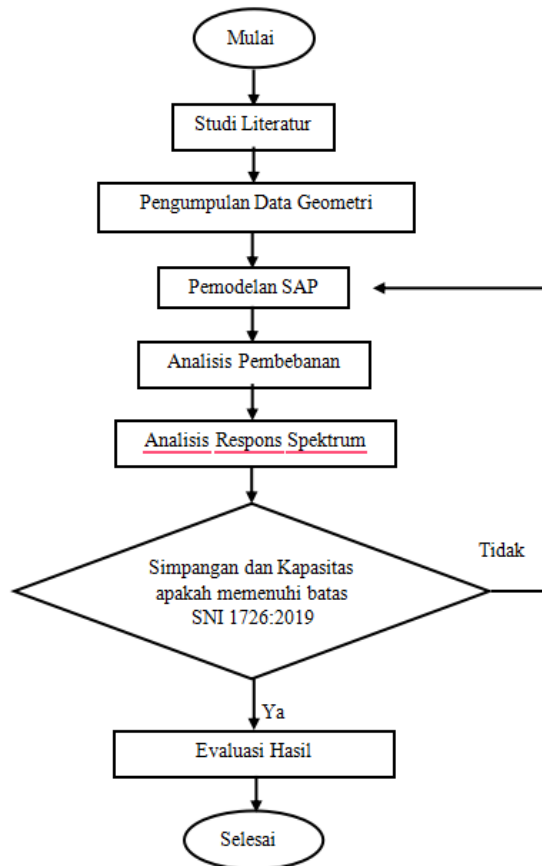
Penentuan Respons Spektrum Desain

Parameter gempa rencana diperoleh berdasarkan SNI 1726:2019 meliputi nilai percepatan spektral periode pendek (S_s), percepatan spektral periode 1 detik (S_1), dan klasifikasi situs tanah (Badan Standardisasi Nasional, 2019). Lokasi penelitian mengambil contoh wilayah Gresik dengan klasifikasi situs tanah lunak (SE) sehingga parameter respons spektrum desain ditentukan berdasarkan kondisi tersebut. Selanjutnya dihitung nilai koefisien situs F_a dan F_v untuk memperoleh parameter SD_s dan SD_1 . Kurva respons spektrum desain kemudian dimasukkan ke dalam SAP2000 sebagai fungsi respons spektrum arah X dan Y. Redaman struktur diasumsikan sebesar 5% sesuai ketentuan umum analisis dinamik linier (Chopra, 2017; Wang et al., 2023).

Analisis SAP2000

Tahapan analisis dimulai dengan pemodelan geometri struktur, definisi material, dan penampang profil pada SAP2000. Selanjutnya dilakukan pendefinisian pembebanan, kombinasi beban, sumber massa, dan fungsi respons spektrum. Analisis modal dilakukan untuk memperoleh periode alami dan bentuk mode getar struktur (Chopra, 2017). Setelah itu dilakukan

analisis respons spektrum linier dengan jumlah mode yang memenuhi partisipasi massa minimum sebesar 90% pada masing-masing arah utama struktur. Kombinasi respons antar mode dilakukan menggunakan metode SRSS sesuai rekomendasi SNI 1726:2019 (Badan Standardisasi Nasional, 2019; Jauhari et al., 2021).



Gambar 5. Bagan Alir Penelitian
(Sumber: Hasil Analisis Data, 2026)

Output dan Parameter

Parameter utama yang dianalisis meliputi periode struktur, *base shear*, *displacement*, dan *inter-story drift*. Nilai *displacement* digunakan untuk mengevaluasi perpindahan lateral maksimum struktur akibat beban gempa, sedangkan *inter-story drift* dihitung berdasarkan selisih perpindahan antar lantai dan dibandingkan dengan batas izin SNI 1726:2019. Selain itu, *base shear* dianalisis untuk mengetahui pengaruh variasi ketebalan profil terhadap gaya geser dasar struktur. Seluruh hasil kemudian dibandingkan antar variasi ketebalan profil untuk mengevaluasi hubungan antara kekakuan struktur dan respons seismik portal baja canai dingin dua lantai.

Tabel 2. Variasi Ketebalan Profil

Tebal Profil (mm)	Tegangan Leleh (MPa)	Dimensi Penampang
1.2	550	2C150.100.1,2
1.6	550	2C150.100.1,6
2.3	550	2C150.100.2,3
3.0	550	2C150.100.3,0
3.2	550	2C150.100.3,2

(Sumber: Hasil Analisis SAP2000, 2026)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Periode Getar Alami

Peningkatan ketebalan profil baja canai dingin menyebabkan penurunan periode getar alami struktur. Tabel 3 menunjukkan bahwa profil dengan ketebalan 1,2 mm menghasilkan periode terbesar senilai 1,7299 detik, kemudian menurun menjadi 1,5195 detik pada tebal 1,6 mm, 1,2967 detik pada tebal 2,3 mm, 1,1597 detik pada tebal 3 mm, dan mencapai nilai terkecil sebesar 1,1295 detik pada ketebalan 3,2 mm. Penurunan periode dari profil 1,2 mm ke 3,2 mm mencapai persentase sekitar 34,71%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa variasi ketebalan profil memberikan pengaruh langsung terhadap karakteristik dinamik struktur portal baja canai dingin dua lantai.

Perubahan nilai periode getar terjadi karena peningkatan ketebalan profil yang menyebabkan kekakuan global struktur meningkat. Semakin besar kekakuan struktur, maka waktu yang dibutuhkan bangunan untuk bergetar secara alami akan semakin kecil. Menambah ketebalan profil juga meningkatkan momen inersia penampang sehingga elemen struktur menjadi lebih kaku dalam menahan deformasi akibat beban lateral gempa. Kondisi ini sesuai dengan teori dinamika struktur menurut Chopra (2017) yang menyatakan bahwa periode alami dipengaruhi oleh hubungan antara massa dan kekakuan struktur, di mana struktur yang lebih kaku akan memiliki periode getar lebih pendek.

Hasil analisis ini sejalan dengan temuan Leng et al. (2017) yang melakukan uji *shake table* pada bangunan baja canai dingin dua lantai dengan sistem dinding geser dan papan komposit struktural. Studi tersebut menunjukkan bahwa peningkatan kekakuan elemen non-struktural menyebabkan periode getar menjadi lebih kecil dan respons gempa menjadi lebih stabil. Penelitian Singh et al. (2024) juga melaporkan bahwa peningkatan kekakuan sistem lateral menyebabkan periode struktur menjadi lebih pendek. Di samping itu, Taranu et al. (2023) menyatakan bahwa sistem *skeleton frame* tanpa *cladding* memiliki periode

alami lebih panjang akibat penurunan kekakuan struktur.

Penelitian ini memiliki perbedaan dengan sebagian besar kajian terdahulu karena struktur yang dianalisis tidak menggunakan *shear wall*, *bracing*, maupun sistem pengaku tambahan lainnya. Temuan sebelumnya lebih banyak menggunakan analisis nonlinier seperti *time-history* dan *Incremental Dynamic Analysis (IDA)*, sedangkan analisis ini menggunakan metode respons spektrum linier berdasarkan SNI 1726:2019 pada sistem portal baja canai dingin tanpa panel. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi dalam menjelaskan pengaruh variasi ketebalan profil terhadap karakteristik dinamik struktur, khususnya terhadap periode alami bangunan dua lantai.

Tabel 3. Periode Getar Alami Struktur

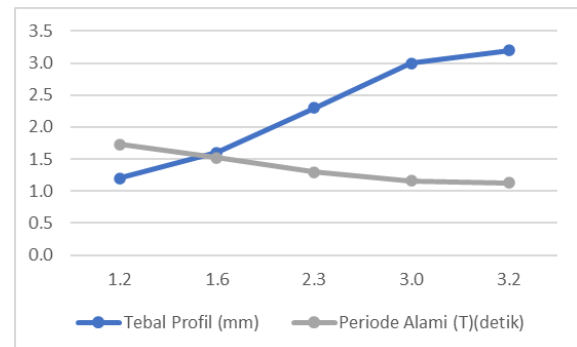
Tebal Profil (mm)	Periode (T) (detik)	Partisipasi Massa (%)
1.2	1.7299	95
1.6	1.5195	94
2.3	1.2967	94
3.0	1.1597	94
3.2	1.1295	94

(Sumber: Hasil Analisis SAP2000, 2026)

Hubungan antara periode dan ketebalan profil ditunjukkan pada Gambar 3. Struktur dengan kekakuan yang lebih tinggi cenderung mengalami deformasi yang lebih kecil sehingga periode getar alami struktur menjadi lebih pendek (Chopra, 2017). Hasil analisis ini didukung dengan studi terdahulu yang menyatakan bahwa peningkatan kekakuan sistem baja canai dingin mampu menurunkan periode alami dan *inter-story drift* struktur (Leng et al., 2017; Singh et al., 2024). Namun, sistem tanpa elemen pengaku tambahan cenderung lebih rentan terhadap perubahan kekakuan profil dibandingkan sistem dengan *shear wall* atau *bracing* (Taranu et al., 2023).

Pola penurunan periode berdasarkan Gambar 3 menunjukkan laju yang semakin mengecil seiring bertambahnya ketebalan profil. Periode getar struktur terus menurun seiring bertambahnya ketebalan profil. Namun, laju penurunan ini cenderung melandai pada ketebalan 3 mm ke 3,2 mm. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh penambahan ketebalan terhadap kekakuan struktur memiliki batas tertentu, di mana peningkatan ketebalan lebih lanjut tidak lagi memberikan peningkatan kekakuan yang cukup besar. Kondisi ini serupa dengan penelitian Li & Young (2022) yang menyatakan adanya batas peningkatan

kapasitas penampang, bahwa penambahan ketebalan dinding profil *built-up* baja canai dingin meningkatkan kapasitas penampang. Akan tetapi, laju perubahan periode semakin mengecil pada dimensi yang lebih besar.



Gambar 6. Grafik Hubungan Ketebalan Profil terhadap Periode Getar

(Sumber: Hasil Analisis Data, 2026)

Gaya Geser Dasar (Base Shear)

Penambahan ketebalan profil menyebabkan respons gaya gempa yang diterima struktur menjadi lebih besar. Profil dengan ketebalan 1,2 mm menghasilkan *base shear* terkecil sebesar 6857,93 N arah X dan 5443,36 N arah Y, sedangkan ketebalan 3,2 mm menghasilkan nilai terbesar sebesar 10541,97 N arah X dan 8499,46 N arah Y. Pada ketebalan 3 mm, nilai base shear mencapai 10244,76 N arah X dan 8247,22 N arah Y atau meningkat sekitar 49,38% arah X dan 51,51% arah Y dibandingkan profil dengan tebal 1,2 mm. Kenaikan gaya geser menunjukkan bahwa struktur yang lebih kaku menerima respons percepatan gempa yang lebih besar sehingga gaya inersia yang bekerja pada struktur ikut meningkat.

Peningkatan kekakuan memengaruhi respons spektrum dan distribusi gaya horizontal bangunan. Struktur dengan periode lebih pendek cenderung menerima percepatan respons yang lebih besar sehingga gaya geser dasar meningkat. Selaras dengan kajian sebelumnya oleh Pan et al. (2024) yang menunjukkan bahwa pengurangan ketebalan baja hingga 50% menyebabkan kapasitas lateral struktur menurun sekitar 48%. Penelitian Tao et al. (2023) juga menegaskan bahwa peningkatan kekakuan melalui sistem *bracing* mampu meningkatkan kapasitas struktur terhadap gaya geser.

Akan tetapi, Wang et al. (2023) memperoleh kapasitas geser yang lebih tinggi pada sistem dengan *cold-formed steel infill wall*, sehingga menunjukkan bahwa penambahan elemen dinding geser dengan pengaku memberikan kontribusi kekakuan yang lebih besar dibandingkan sistem

portal tanpa *panel pengaku* pada analisis ini. Hasil tersebut memperkuat bahwa variasi ketebalan profil memiliki pengaruh langsung terhadap respons gaya gempa portal baja canai dingin dua lantai.

Tabel 4 . Gaya Geser Dasar (*Base Shear*)

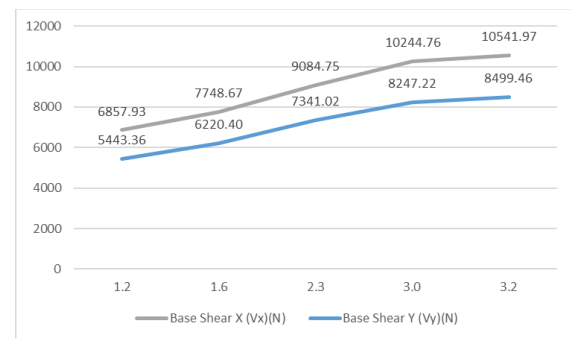
Tebal Profil (mm)	Base Shear X (V_x) (N)	Base Shear Y (V_y) (N)
1.2	6857.93	5443.36
1.6	7748.67	6220.40
2.3	9084.75	7341.02
3.0	10244.76	8247.22
3.2	10541.97	8499.46

(Sumber: Hasil Analisis SAP2000, 2026)

Grafik pada Gambar 4 menunjukkan bahwa nilai gaya geser dasar struktur meningkat seiring bertambahnya ketebalan profil. Kenaikan tersebut menunjukkan bahwa struktur yang lebih kaku menghasilkan respons gaya gempa yang lebih besar (Chopra, 2017). Pola kenaikan *base shear* cukup konsisten pada kelima variasi ketebalan profil. Hal ini sejalan dengan temuan Tao et al. (2023) bahwa tipe penampang yang lebih kaku meningkatkan kapasitas struktur terhadap gaya geser.

Peningkatan *base shear* disebabkan oleh struktur yang semakin kaku dan periode alami yang lebih pendek. Dalam analisis ini, periode berada pada wilayah percepatan yang lebih besar pada kurva respons spektrum, sehingga gaya geser yang bekerja pada struktur ikut meningkat seiring bertambahnya ketebalan profil. Kondisi ini menggambarkan keterkaitan langsung antara kekakuan, periode, dan percepatan spektral dalam analisis respons spektrum (Chopra, 2017; Khatiwada et al., 2023).

Perbandingan antarvariasi ketebalan menunjukkan bahwa laju peningkatan base shear cukup konsisten pada rentang ketebalan 1,2 mm hingga 3,2 mm. Hal ini sejalan dengan kajian Pan et al. (2024) yang menyatakan bahwa pengurangan ketebalan baja hingga 50% menyebabkan kapasitas lateral struktur menurun secara signifikan sebesar 48%. Di sisi lain, Wang et al. (2023) memperoleh kapasitas geser yang jauh lebih tinggi pada sistem dengan *cold-formed steel infill wall*, di mana elemen dinding memberikan kontribusi kekakuan yang jauh lebih besar dibandingkan sistem portal tanpa lapisan pengaku seperti pada penelitian ini. Selaras dengan hasil Deng et al. (2024) yang mengemukakan bahwa penambahan pengaku pada *shear wall* baja canai dingin meningkatkan kapasitas lateral secara signifikan dibandingkan sistem tanpa pengaku.



Gambar 7. Grafik Hubungan Ketebalan Profil terhadap Gaya Geser Dasar
(Sumber: Hasil Analisis Data, 2026)

Perpindahan (*Displacement*)

Perubahan nilai *displacement* pada setiap variasi ketebalan profil ditunjukkan pada Tabel 5. Profil dengan ketebalan 1,2 mm menghasilkan *displacement* terbesar sebesar 10,4393 mm, sedangkan profil dengan ketebalan 3,2 mm menghasilkan nilai perpindahan terkecil sebesar 6,9045 mm. Penurunan *displacement* dari ketebalan profil 1,2 mm ke 3,2 mm mencapai sekitar 33,90%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa peningkatan ketebalan profil memberikan pengaruh langsung terhadap pengurangan deformasi lateral struktur.

Penurunan nilai *displacement* terjadi karena peningkatan ketebalan profil yang menyebabkan kekakuan lateral dan momen inersia penampang menjadi lebih besar. Struktur yang lebih kaku lebih mampu menahan gaya inersia akibat gempa, sehingga simpangan lateral bangunan menjadi lebih kecil. Di sisi lain, peningkatan kekakuan juga menyebabkan periode alami struktur menurun sehingga respons dinamik bangunan menjadi lebih stabil terhadap pembebanan gempa.

Hasil analisis sejalan dengan penelitian Leng et al. (2017) yang menyatakan bahwa peningkatan kekakuan sistem mampu menurunkan deformasi lateral dan *inter-story drift* yang cukup besar. Singh et al. (2024) juga melaporkan bahwa peningkatan kekakuan sistem lateral menghasilkan rasio simpangan atap yang lebih kecil. Di samping itu, Pan et al. (2024) mengungkapkan bahwa pengurangan ketebalan baja canai dingin menyebabkan deformasi struktur menjadi lebih besar akibat penurunan kapasitas geser struktur.

Tabel 5 . Perpindahan (<i>Displacement</i>)			
Tebal Profil (mm)	Periode (T)(detik)	Displacement	
		(U ₁) (mm)	(U ₂) (mm)
1.2	1.7299	6.9435	10.4393
1.6	1.5195	6.0766	9.2011
2.3	1.2967	5.1623	7.8907
3.0	1.1597	4.5915	7.0699
3.2	1.1295	4.4776	6.9045

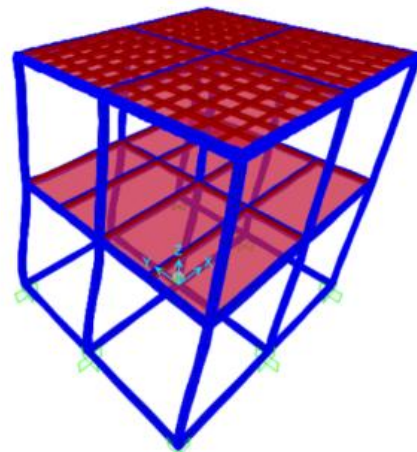
(Sumber: Hasil Analisis SAP2000, 2026)

Gambar 5 menunjukkan bentuk deformasi struktur akibat pembebanan gempa. Deformasi terbesar terjadi pada bagian atas bangunan karena merupakan titik perpindahan lateral maksimum. Kolom tengah pada lantai dasar menerima respons lebih besar akibat akumulasi gaya lateral dari lantai di atasnya, sesuai dengan karakteristik umum struktur portal bertingkat rendah tanpa pengaku lateral (Taranu et al., 2023).

Pola deformasi yang terjadi menunjukkan bahwa struktur berperilaku sebagai sistem *shear-dominant frame*, di mana *displacement* antar lantai semakin besar ke arah atas bangunan. Kondisi ini umum terjadi pada struktur portal bertingkat rendah tanpa pengaku lateral tambahan karena beban gempa sepenuhnya dipikul melalui mekanisme lentur dan geser pada elemen balok-kolom (Çarbaş & Artar, 2021). Penambahan ketebalan profil tidak mengubah pola deformasi yang cukup besar, tetapi secara konsisten mengurangi besarnya perpindahan pada setiap lantai. Hal ini serupa dengan temuan Liu et al. (2023) bahwa peningkatan kekakuan sistem mampu mengurangi *displacement* atap secara signifikan.

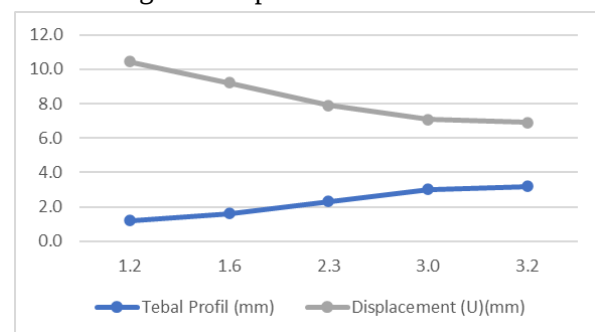
Distribusi deformasi yang terjadi pada seluruh variasi model menunjukkan pola yang serupa, dengan perbedaan yang terlihat jelas pada besarnya nilai *displacement* pada Tabel 5. Hal ini mengkonfirmasi bahwa variasi ketebalan profil mempengaruhi nilai deformasi tanpa mengubah mekanisme perilaku dasar struktur (Chopra, 2017). Kildashti et al. (2019) mengonfirmasi bahwa sistem baja canai dingin yang dimodelkan dengan tepat mampu merepresentasikan pola deformasi struktur secara akurat terhadap beban gempa.

Grafik pada Gambar 6 menunjukkan pola penurunan *displacement*. Semakin tebal profil yang digunakan, maka perpindahan struktur semakin kecil. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan kekakuan struktur mampu mengontrol deformasi lateral bangunan secara efektif, sejalan dengan temuan Leng et al. (2017) yang mengungkapkan bahwa peningkatan kekakuan sistem mampu menurunkan deformasi dan simpangan antar lantai secara signifikan.



Gambar 8. Deformasi Struktur
(Sumber: Hasil Analisis SAP2000, 2026)

Penurunan *displacement* yang konsisten pada seluruh variasi ketebalan menunjukkan bahwa hubungan antara ketebalan profil dan deformasi lateral menurun. Peningkatan ketebalan dari 1,2 mm ke 3,2 mm menghasilkan penurunan *displacement* sebesar 33,90%. Pan et al. (2024) melaporkan bahwa perubahan dimensi penampang baja canai dingin berpengaruh langsung terhadap kapasitas geser dan deformasi struktur, yang mendukung temuan penelitian ini.



Gambar 9. Grafik Hubungan Ketebalan Profil terhadap *Displacement*
(Sumber: Hasil Analisis Data, 2026)

Meskipun demikian, nilai *displacement* terlihat semakin menurun pada ketebalan yang lebih besar, yang menunjukkan adanya batas tertentu dalam peningkatan ketebalan terhadap pengurangan deformasi lateral. Kecukupan penampang perlu dipertimbangkan dalam perancangan struktur agar penambahan ketebalan profil memberikan efek kinerja struktur yang maksimal dan ekonomis tanpa mengurangi keamanan teknis. Analisis ini menguatkan studi Li & Young (2022) mengenai pentingnya mempertimbangkan penyesuaian ketebalan dinding pada profil *built-up* baja canai dingin untuk mencapai kapasitas maksimum yang efisien.

Simpangan Antar Lantai (*Inter-Story Drift*)

Nilai *inter-story drift* pada struktur menunjukkan pola yang cenderung menurun seiring meningkatnya ketebalan profil baja canai dingin seperti yang ditunjukkan pada Tabel 6. Profil dengan tebal 1,2 mm menghasilkan simpangan lantai 1 sebesar 6,94 mm dan lantai 2 sebesar 3,49 mm, sedangkan pada ketebalan 3,2 mm simpangan menurun menjadi 4,47 mm pada lantai 1 dan 2,42 mm pada lantai 2. Variasi 3 mm menghasilkan simpangan lantai 1 sebesar 4,59 mm dan lantai 2 sebesar 2,47 mm atau menurun sekitar 33,86% pada lantai 1 dan 29,22% pada lantai 2 dibandingkan model 1,2 mm.

Evaluasi terhadap SNI 1726:2019 menunjukkan bahwa seluruh variasi profil masih memenuhi batas simpangan antar lantai izin sebesar 0,02h atau 0,02(60) mm untuk tinggi lantai 3 meter. Kontrol batas ini menyimpulkan bahwa struktur portal baja canai dingin dua lantai masih berada dalam batas aman terhadap deformasi lateral akibat gempa (Badan Standardisasi Nasional, 2019). Nilai *inter-story drift* maksimum yang terjadi pada model 1,2 mm sebesar 6,94 mm masih jauh di bawah batas izin, sehingga kelima variasi dinyatakan aman meskipun tanpa elemen pengaku tambahan.

Hasil penelitian ini memperkuat studi et al. (2017) yang menyatakan bahwa peningkatan kekakuan sistem baja canai dingin mampu menurunkan nilai *inter-story drift* struktur portal. Hal serupa juga dilaporkan oleh Singh et al. (2024) di mana peningkatan kekakuan dinding menghasilkan prediksi rasio simpangan atap yang mendekati hasil pengujian eksperimental. Berbeda dengan hasil Wu dan Li (2022) yang menunjukkan bahwa ketahanan *drift* lebih baik pada sistem dinding geser baja canai dingin. Hal ini disebabkan oleh kontribusi sistem lateral yang lebih kaku akibat panel struktural dibandingkan struktur tanpa pengaku yang bergantung sepenuhnya pada mekanisme balok-kolom.

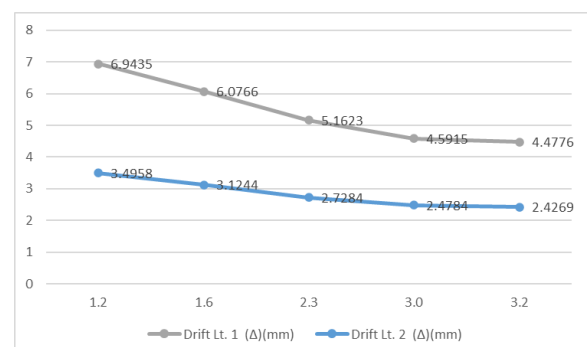
Perbedaan hasil menegaskan bahwa portal baja canai dingin tanpa pengaku tambahan masih memenuhi persyaratan SNI 1726:2019. Namun, penambahan elemen pengaku seperti dinding geser atau *bracing* berpotensi meningkatkan kinerja seismik cukup besar (Deng et al., 2024; Liu et al., 2023). Analisis ini sekaligus mengisi kesenjangan penelitian terkait kinerja seismik portal baja canai dingin tanpa pengaku berbasis standar gempa Indonesia (Jauhari et al., 2021), dan menunjukkan bahwa variasi ketebalan profil merupakan parameter yang efektif dalam mengendalikan

respons lateral struktur baja canai dingin dua lantai.

Tabel 6. Simpangan Antar Lantai (*Inter-story drift*)
(Sumber: Hasil Analisis Data, 2026)

Tebal Profil (mm)	Periode (T) (detik)	Drift		
		(Δ_1) (mm)	(Δ_2) (mm)	Ratio (θ)
1.2	1.7299	6.9435	3.4958	0.00117
1.6	1.5195	6.0766	3.1244	0.00104
2.3	1.2967	5.1623	2.7284	0.00091
3.0	1.1597	4.5915	2.4784	0.00083
3.2	1.1295	4.4776	2.4269	0.00081

Penurunan *inter-story drift* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7 menunjukkan bahwa peningkatan ketebalan profil membuat struktur lebih mampu mengontrol perpindahan antar lantai akibat beban gempa. Distribusi deformasi antar lantai juga terlihat lebih merata sehingga struktur masih memperlihatkan perilaku yang stabil terhadap pembebanan lateral (Çarbaş & Artar, 2021). Pola penurunan *inter-story drift* yang konsisten pada kedua lantai mengkonfirmasi bahwa pengaruh ketebalan profil bersifat menyeluruh terhadap kinerja lateral struktur, tidak hanya pada satu lantai tertentu.



Gambar 10. Grafik Hubungan Ketebalan Profil terhadap *Inter-story drift*
(Sumber: Hasil Analisis Data, 2026)

Perbandingan nilai *inter-story drift* antar lantai menunjukkan bahwa simpangan lantai 1 selalu lebih besar dibandingkan lantai 2 pada seluruh variasi ketebalan. Kondisi ini terjadi karena lantai 1 menahan akumulasi gaya lateral dari seluruh lantai di atasnya sehingga mengalami deformasi yang lebih besar (Chopra, 2017). Zhang et al. (2023) menggarisbawahi bahwa distribusi *inter-story drift* pada sistem struktur portal baja canai dingin dipengaruhi oleh kekakuan elemen lateral, di mana sistem tanpa pengaku cenderung menghasilkan distribusi deformasi yang kurang merata dibandingkan sistem struktur dengan *bracing*. Perbandingan simpangan antar lantai (θ)

pada seluruh model berada jauh di bawah batas izin SNI 1726:2019 (Badan Standardisasi Nasional, 2019), yang berarti bahwa pengaruh P -delta masih dapat diabaikan.

KESIMPULAN

Penelitian ini menganalisis pengaruh variasi ketebalan profil *built-up* 2C150x100 terhadap respons seismik portal baja canai dingin dua lantai menggunakan metode respons spektrum berdasarkan SNI 1726:2019. Kesimpulan yang diperoleh adalah sebagai berikut.

Semakin tebal profil, periode getar struktur semakin pendek, dari 1,73 detik (tebal 1,2 mm) menjadi 1,13 detik (tebal 3,2 mm), yang menandakan struktur semakin kaku. Gaya geser dasar meningkat seiring bertambahnya ketebalan profil, dengan nilai terbesar pada model 3,2 mm yaitu 10.541,97 N arah X dan 8.499,46 N arah Y. *Displacement* menurun dari 10,44 mm (tebal 1,2 mm) menjadi 6,90 mm (tebal 3,2 mm), menunjukkan bahwa profil yang lebih tebal menghasilkan struktur yang lebih kaku dan lebih sedikit bergerak saat gempa. Simpangan antar lantai pada ketebalan 3,0 mm tercatat 4,59 mm di lantai 1 dan 2,47 mm di lantai 2. Seluruh model memenuhi batas simpangan izin SNI 1726:2019 dan dinyatakan aman terhadap beban gempa.

Penelitian ini mengisi kesenjangan terkait keterbatasan studi portal baja canai dingin tanpa *bracing*. Kebaruan analisis terletak pada pengaruh variasi ketebalan profil terhadap periode, *base shear*, *displacement*, dan *inter-story drift* pada sistem portal baja canai dingin dua lantai tanpa elemen pengaku. Hasil analisis menunjukkan bahwa peningkatan ketebalan profil dapat meningkatkan kekakuan dan kinerja seismik struktur secara signifikan. Dengan mempertimbangkan aspek keamanan struktur dan efisiensi material, ketebalan profil 3,0 mm direkomendasikan sebagai dimensi paling optimal karena efektif mengurangi *displacement* dan simpangan antar lantai tanpa memicu peningkatan gaya geser dasar (*base shear*) yang berlebihan.

Penelitian selanjutnya dapat menggunakan analisis nonlinier untuk melihat perilaku struktur baja canai dingin saat mengalami kerusakan akibat gempa secara lebih detail. Penambahan elemen pengaku seperti *shear wall* atau *bracing* dapat dikaji untuk membandingkan kinerjanya dengan model tanpa pengaku pada penelitian ini. Variasi tipe profil, jumlah lantai, dan jenis sambungan juga perlu diteliti lebih lanjut agar pemahaman tentang perilaku gempa struktur baja canai dingin lebih menyeluruh.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (2017). *SNI 8399:2017 Rangka atap baja ringan*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). *SNI 1726:2019 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2020). *SNI 1727:2020 Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain*.
- Çarbaş, S., & Artar, M. (2021). Optimum design of cold-formed steel frames via five novel nature-inspired metaheuristic algorithms under consideration of seismic loading. *Structures*, 33, 4011–4030. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2021.06.096>
- Chopra, A. K. (2017). *Dynamics of structures: Theory and applications to earthquake engineering* (5th ed.). Pearson Education.
- Deng, R., Ye, L., Wang, Y., Li, P., & Shi, Y. (2024). Lateral performance of cold-formed steel framed shear walls using slitted sheathing with stiffeners. *Engineering Structures*, 304. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2023.117385>
- Jauhari, Z., Nur, A., Fitrah, R., & Apriwelni, S. (2021). Comparative study of SNI 1726:2012 and SNI 1726:2019 guidelines for response spectrum 2D method. *E3S Web of Conferences*, 331. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20213310504>
- Khatiwada, P., Hu, Y., Lumantarna, E., & Menegon, S. (2023). Dynamic modal analyses of building structures employing site-specific response spectra versus code response spectrum models. *CivilEng*, 4(2), 548–565. <https://doi.org/10.3390/civileng4010009>
- Kildashti, K., Samali, B., Mortazavi, M., Ronagh, H., & Sharafi, P. (2019). Seismic collapse assessment of a hybrid cold-formed hot-rolled steel building. *Journal of Constructional Steel Research*. <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2019.01.010>
- Leng, J., Peterman, K., Bian, G., Buonopane, S., & Schafer, B. (2017). Modeling seismic response of a full-scale cold-formed steel-framed building. *Engineering Structures*, 153, 146–165. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2017.10.008>
- Li, Q., & Young, B. (2022). Experimental and numerical investigation on cold-formed steel built-up section pin-ended columns. *Thin-*

Walled Structures.

- <https://doi.org/10.1016/j.tws.2021.108444>
- Liu, S., Feng, R., & Zhong, Y. (2023). Numerical study on the seismic performance of cold-formed steel shear walls with steel sheathing and gypsum board. *Materials*, 16.
<https://doi.org/10.3390/ma16165685>
- Pan, F., Gao, J., Wang, Y., & Wang, T. (2024). Study on seismic performance of cold-formed steel frame structures based on software ABAQUS. *Journal of Physics: Conference Series*, 2808.
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/2808/1/012018>
- Singh, A., Zhang, Z., Wang, X., Schafer, B., & Hutchinson, T. (2024). Practice-oriented numerical model for seismic response of cold-formed steel-framed mid-rise buildings. *Engineering Structures*, 307.
<https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2024.118833>
- Tao, C., Yun, Z., & Bofan, D. (2023). Study on seismic behavior of double leg C-type cold-formed thin-walled steel frame. *Journal of Constructional Steel Research*, 211.
<https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2023.108035>
- Taranu, G., Ungureanu, V., Nagy, Z., Alexa-Stratulat, M., Toma, I., & Luca, S. (2023). Shake table test and numerical analyses of a thin-walled cold-formed steel structure: Part 1—Investigation of the structural skeleton without claddings. *Thin-Walled Structures*, 191.
<https://doi.org/10.1016/j.tws.2022.110258>
- Wang, Q., Su, M., Chen, R., Deng, Z., & Chen, W. (2023). Seismic performance and shear capacity of modular steel frames infilled with cold-formed steel walls with openings. *Thin-Walled Structures*, 189.
<https://doi.org/10.1016/j.tws.2023.110744>
- Wu, F., & Li, Y. (2022). Multi-level simulation studies on seismic performance evaluation of steel-sheathed cold-formed steel framing shear walls. *Journal of Building Engineering*.
<https://doi.org/10.1016/j.jobee.2022.105302>
- Yu, W. W., & LaBoube, R. A. (2010). *Cold-formed steel design* (4th ed.). John Wiley & Sons.
- Zhang, W., Lan, X., Mahdavian, M., & Yu, C. (2023). Seismic performance of cold-formed steel framed shear walls using in-frame corrugated steel sheathing. *Advances in Structural Engineering*, 26(8), 1481–1496.
<https://doi.org/10.1177/13694332231181538>