

## Kinerja Seismik Struktur *Gable Frame* Baja dengan *Rafter Honeycomb* Menggunakan Elemen Hingga 3 Dimensi

Taufik Ramlan Wijaya<sup>1</sup>, Kumala Chandra Yuga S<sup>\*2</sup>

Fakultas Sains Terapan dan Teknologi, Institut Sains dan Teknologi Nasional, Jakarta Selatan  
e-mail: <sup>1</sup>taufik\_ramlan@istn.ac.id, <sup>\*2</sup>kumalachandra1010@gmail.com

### Abstract

*The performance of steel gable frame structures with honeycomb-type rafters subjected to combined static and seismic loadings was investigated in this study. Two span lengths, 16 m and 24 m, and two site soil conditions, namely rocky soil and hard soil, were considered. These variations resulted in four numerical models. Numerical analyses using ANSYS were conducted to evaluate deformation, stress distribution, and stress ratio (SR) of the four numerical model according to the Indonesian seismic code SNI 1726:2019. Results showed that the honeycomb rafter keeps structural deformation and stresses within allowable safety limits. Maximum deformations of all models ranged from 20.08 mm to 33.84 mm. The maximum stress reached 248.73 MPa, which is still below the yield strength of steel, i.e.  $f_y = 250$  MPa. The stress ratio values varied between 0.88–0.99, indicating safety across all models. The findings confirmed that honeycomb rafters provide reliable seismic performance, balancing structural efficiency and stiffness, and, hence, are suitable for implementation in seismic-prone regions.*

**Keywords:** *honeycomb, seismic, gable frame, deformation, stress ratio*

### Abstrak

Kinerja struktur *gable frame* baja dengan *rafter honeycomb* terhadap beban statik dan seismik telah dikaji. Sebanyak dua variasi bentang, yaitu 16 m dan 24 m, dan dua variasi kondisi situ tanah, yaitu tanah batuan (SB) dan tanah keras (SC), telah dianalisis secara numerik dengan bantuan ANSYS. Besaran-besaran deformasi, distribusi tegangan, dan rasio tegangan (SR) dari empat model struktur yang dihasilkan telah dievaluasi terhadap SNI 1726:2019. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa besaran-besaran tersebut berada dalam batas yang diizinkan. Deformasi maksimum semua model berkisar antara 20,08 mm hingga 33,84 mm. Tegangan maksimum mencapai 248,73 MPa, dan masih di bawah kekuatan luluh baja ( $f_y = 250$  MPa). Nilai rasio tegangan bervariasi antara 0,88–0,99, yang mengindikasikan semua model memenuhi persyaratan keamanan. Temuan tersebut menegaskan bahwa *gable frame* baja dengan *rafter honeycomb* dapat memberikan kinerja seismik yang andal, menyeimbangkan efisiensi dan kekakuan struktural, sehingga cocok untuk diterapkan di wilayah rawan gempa.

Kata Kunci: *honeycomb, seismik, gable frame, deformasi, stress rasio*

### PENDAHULUAN

Struktur kerangka pelana (*gable frame structures*) adalah jenis rangka portal baja yang umumnya dirancang kerangka kaku (*rigid frame*) yang terdiri atas kolom-kolom tegak dan balok-balok atap yang miring (*rafters*) dengan sudut tertentu pada kedua sisinya. Struktur ini banyak digunakan sebagai sistem struktur utama untuk bangunan industri atau komersial berlantai satu dengan bentang yang lebar seperti gudang pabrik atau hanggar pesawat. Rangka yang terbuat dari bahan baja memberikan rasio kekuatan-terhadap-bobot yang tinggi dan memungkinkannya menopang beban-beban yang signifikan pada bentang yang lebar tanpa memerlukan kolom tengah. Dengan dibentuk sebagai struktur kerangka kaku (*rigid frame structure*) maka kolom-kolom dan balok-balok *rafternya* sama-sama dirancang untuk menahan gaya aksial, gaya geser dan momen lentur. Dalam konteks ini, biasanya balok *rafter* menggunakan profil baja *Wide Flange* (WF) lurus, WF melengkung, atau balok sarang lebah (*honeycomb*). Jenis lainnya adalah *rafter* dalam bentuk rangka batang (*truss*) (Al Imran, *et al.*, 2017) atau balok beton pratekan pracetak (Sudjarwo, *et al.*, 2001).

Sejumlah studi telah dilakukan untuk mengetahui jenis pilihan profil *rafter* yang paling efektif dari aspek kekuatan, kemampuan layan dan biaya (Ihsanudin & Buwono, 2013; Al Imran *et al.*, 2017; Permana *et al.*, 2019, Yuga S., 2025). Salah satu pilihan sebagai *rafter* adalah balok *honeycomb*, atau

balok kastela (*castellated beams*), yang menawarkan kombinasi antara kekakuan yang memadai dan efisiensi penggunaan material melalui pola berlubang menyerupai sarang lebah. *Rafter honeycomb* adalah profil baja I standar, atau dapat juga profil WF, yang dimodifikasi dengan cara memotong dengan pola tertentu (sering kali heksagonal, menyerupai sarang lebah) dan kemudian ditumpuk dengan cara mengelas untuk membentuk balok yang lebih tinggi. Pola ini tidak hanya berfungsi mengurangi berat struktur, tetapi juga diharapkan dapat meningkatkan kapasitas deformasi dan ketahanan terhadap gaya lateral. Bahkan, penggunaan *rafter* baja *honeycomb* untuk struktur *gable frame* terbukti membuatnya lebih ekonomis secara signifikan (Suhendi, *et al.* 2020).

Kajian-kajian di atas umumnya dilakukan terhadap pembebanan statis, dan bahkan menggunakan pendekatan pemodelan dan analisis dua atau tiga dimensi (lihat misalnya Al Imran *et al.*, 2017; Permana, *et al.*, 2019; Abduh, 2021; dan Pang, *et al.*, 2025). Indonesia merupakan negara yang berbagai wilayahnya sering mengalami gempa bumi karena posisinya yang berada di dalam sabuk api (*ring of fire*). Oleh karena itu, tinjauan terhadap beban seismik merupakan suatu keniscayaan dan faktor utama yang harus diperhitungkan dalam perencanaan setiap struktur bangunan sipil. Keabaian dan kegagalan dalam perencanaan dapat mengakibatkan kerusakan struktural maupun non-struktural yang berdampak pada keselamatan jiwa manusia dan kerugian material yang besar. Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang memperhitungkan kinerja seismik bangunan struktur. Berdasarkan penelusuran literatur, khususnya dari Indonesia, belum banyak kajian mengenai struktur *gable frame* baja akibat beban gempa berdasarkan ketentuan yang berlaku. Sedikit di antaranya adalah penelitian dan kajian oleh Guci dan Yastari (2024), Sulendra, *et al.*, (2024), dan Wijaya dan Yuga S., (2025).

Tidak hanya itu, analisis struktur perlu dilakukan dengan pendekatan yang seakurat mungkin, dan langkah penting dalam hal tersebut bagi seorang analis struktur sipil adalah pemodelan dengan pendekatan tiga dimensi (*3D approach*). Perangkat lunak analisis struktur yang menggunakan pendekatan metode elemen hingga, seperti ANSYS; ABACUS; dan lain-lain; saat ini dianggap dan telah menjadi alat bantu yang paling efektif dan akurat untuk keperluan kajian tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja seismik *rafter honeycomb* pada struktur *gable frame* secara numerik dengan menggunakan metode elemen hingga. Analisis dilakukan untuk mengevaluasi deformasi total, tegangan maksimum, dan *stress ratio* (SR). Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan desain struktur tahan gempa yang efisien serta dapat menjadi referensi untuk aplikasi nyata di lapangan.

## METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini struktur *gable frame* baja dengan *rafter honeycomb* ditinjau untuk: (1) dua ukuran bentang, yaitu 16 m dan 24 m; dan (2) dua kondisi situs tanah, yaitu tanah batuan (SB) dan tanah keras (SC). Kombinasi kedua parameter utama tersebut menghasilkan 4 model struktur *gable frame* yang pengkodeannya diberikan oleh Tabel 1 di bawah. Adapun penampakan secara grafis struktur yang digunakan dalam kajian ini dapat dilihat dalam Gambar 1 dan Gambar 2.

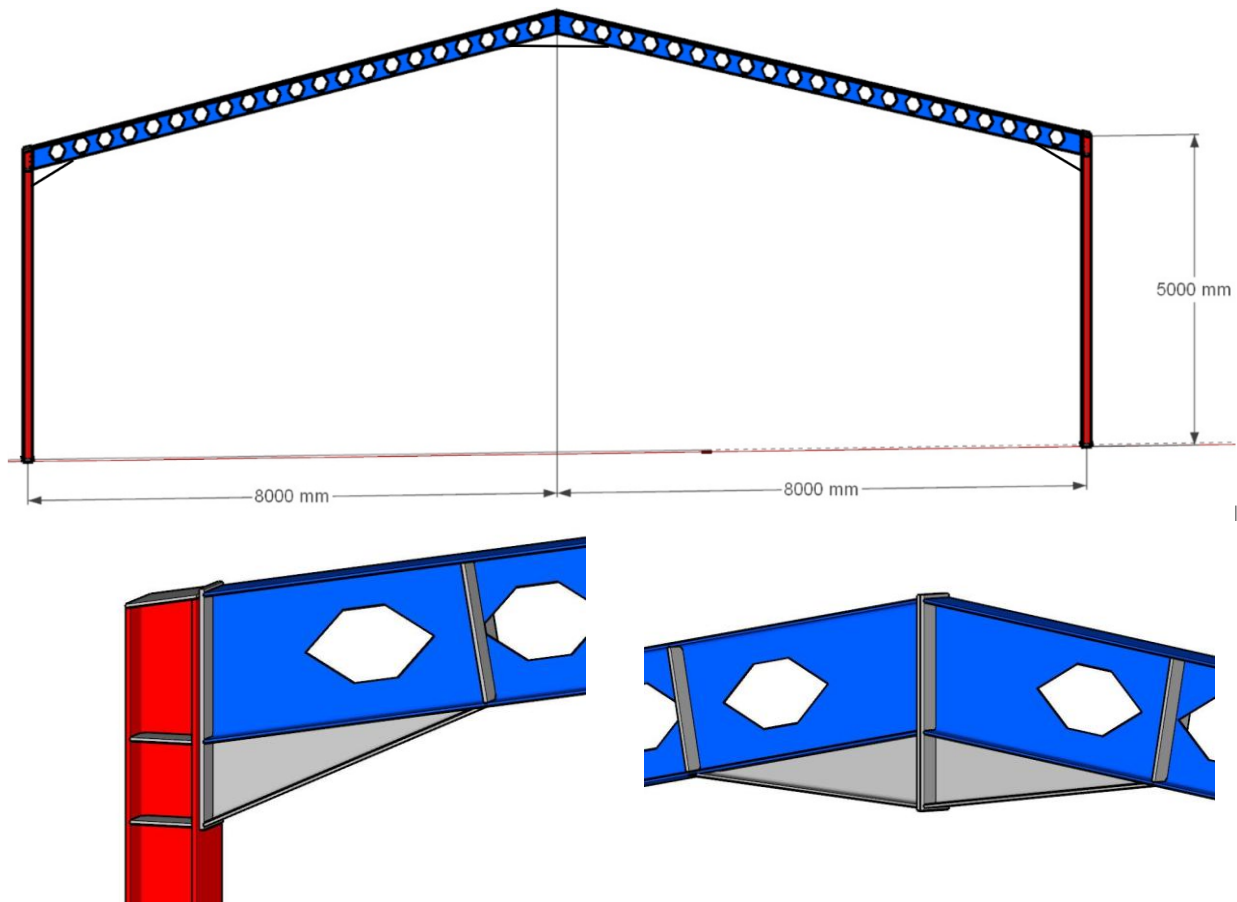
Tabel 1 Kode model menurut ukuran bentang dan kondisi situs tanah

Model No.	Kode Model	Ukuran bentang	Kondisi Situs Tanah
1	2.16.SB	16 meter	Tanah Batuan
2	2.16.SC	16 meter	Tanah Keras
3	2.24.SB	24 meter	Tanah Batuan
4	2.24.SC	24 meter	Tanah Keras

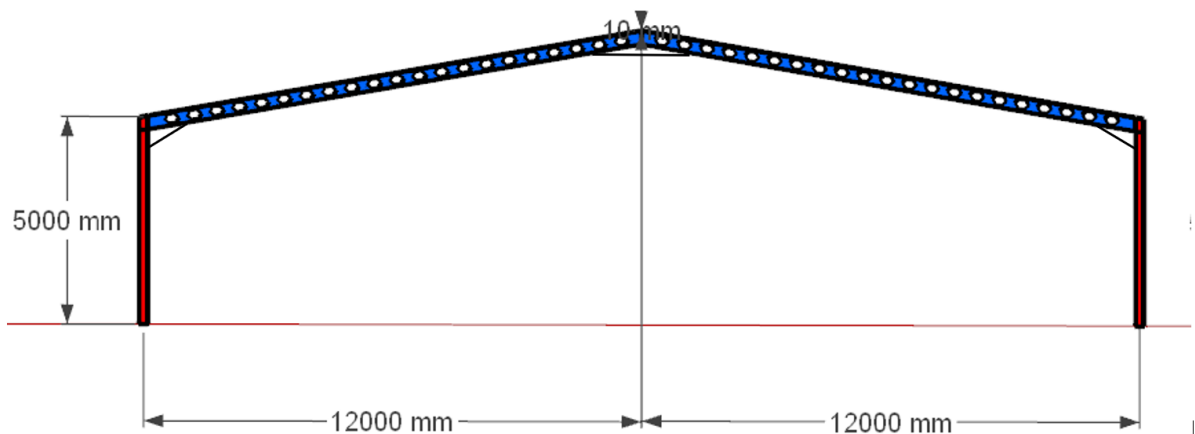
Analisis numerik dari keempat model terhadap beban statis dan seismik dilakukan dengan metode elemen hingga melalui sebuah perangkat lunak berlisensi (ANSYS, 2025). Pemilihan metode dan perangkat lunak tersebut ini didasarkan pada kemampuannya dalam memodelkan perilaku struktural secara detail dan akurat terhadap beban statis maupun dinamis, khususnya beban gempa sesuai dengan ketentuan SNI 1726:2019. Penjelasan lebih rinci terkait pemodelan dan pembebanan seismik dapat dilihat dalam Yuga S. (2025).

Langkah pertama dalam pemodelan adalah melakukan penetapan geometri *gable frame* dengan *rafter honeycomb* berupa dimensi elemen struktur, termasuk tinggi kolom, jarak antar portal, serta detail

konfigurasi *honeycomb*. Semua parameter tersebut ditentukan berdasarkan asumsi desain standar bangunan industri bentang lebar.



Gambar 1. Struktur *gable frame* bentang 16 m dengan *rafter honeycomb* dan detail sambungan pada pertemuan balok-kolom dan pertemuan dua *rafter* di puncak atap

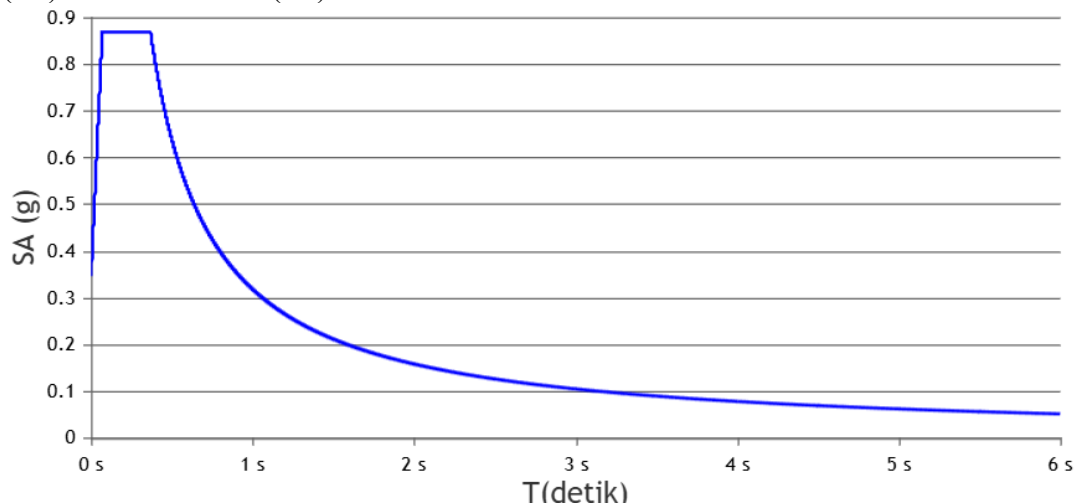


Gambar 2. Struktur *gable frame* bentang 24 m dengan *rafter honeycomb*

Semua elemen struktur dimodel sebagai elemen hingga solid tiga dimensi (*3D solid elements*) yang memperkenankan terjadinya deformasi dalam arah sumbu global  $-x$ ,  $-y$ , dan  $-z$ . Semua model diasumsikan terletak tepat pada bidang dasar (*ground plane*) pada koordinat global agar simetri struktur dan arah pembebanan dapat tercermin dengan baik dalam analisis. Diasumsikan material baja yang digunakan adalah baja struktural mutu BJ-41 dengan Modulus Elastisitas sebesar 200.000 MPa, kuat leleh ( $f_y$ ) 250 MPa, dan kuat tarik maksimum ( $f_u$ ) 410 MPa.

Terkait perletakan, bagian kaki kolom diasumsikan semua derajat kebebasan translasi maupun rotasi terkekang sehingga tidak terjadi pergeseran maupun rotasi pada titik tersebut (*fixed support*). Pendekatan ini dipilih untuk merepresentasikan fondasi kaku yang mampu menahan gaya dan momen tanpa mengalami deformasi signifikan.

Adapun beban yang diterapkan meliputi beban mati (DL), beban hidup (LL), serta beban gempa (EQ). Beban gempa dihitung berdasarkan respons spektrum yang relevan untuk wilayah Sukabumi, Jawa Barat (lihat Gambar 3) yang termasuk di dalam zona merah Peta Gempa Indonesia sebagaimana dinyatakan dalam SNI 1726:2019. Dalam kajian ini kondisi situs tanah yang digunakan adalah tanah keras (SC) dan tanah batuan (SB).



Gambar 3 Spektrum gempa pada kondisi tanah batuan di Sukabumi, Jawa Barat.

Analisis numerik telah dilakukan secara lengkap dan bertahap dalam kajian ini (Yuga, 2025). Pertama, struktur ditinjau terhadap kombinasi beban mati dan beban hidup untuk memperoleh kondisi awal terkait tegangan dan deformasi statisnya. Selanjutnya, dilakukan analisis gempa dengan metode respons spektrum untuk memperoleh gaya geser dasar ( $V$ ), deformasi total, distribusi tegangan, serta nilai *stress ratio* (SR). Hasil analisis berupa *contour plot* deformasi, tegangan maksimum, dan nilai SR kemudian dibandingkan dengan batasan standar.

Dalam penentuan pengaruh eksitasi gempa sebagai sebuah beban pada struktur, umumnya diasumsikan percepatan tanah arah horizontal lebih besar daripada arah vertikalnya. Sehingga, eksitasi akibat gempa horizontal jauh lebih menentukan daripada gempa vertikal. Secara praktis hal tersebut dimanifestasikan dalam bentuk gaya geser dasar (*base shear*) ekuivalen statis yang dihitung menggunakan analisis statis sederhana yang ditentukan oleh persamaan (1) berikut. Sedangkan, gaya statis ekuivalen untuk masing-masing model yang digunakan dalam kajian ini dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah.

$$V = \frac{C \times I}{R} W_t \dots \dots \dots (1)$$

di mana:

$V$  = Gaya geser dasar statis ekuivalen

$C$  = Faktor respons gempa yang ditentukan berdasarkan lokasi bangunan dan jenis tanahnya

$I$  = Faktor keutamaan gedung

$R$  = Faktor reduksi gempa yang tergantung pada jenis struktur yang bersangkutan

$W_t$  = Berat total bangunan termasuk beban hidup yang bersesuaian

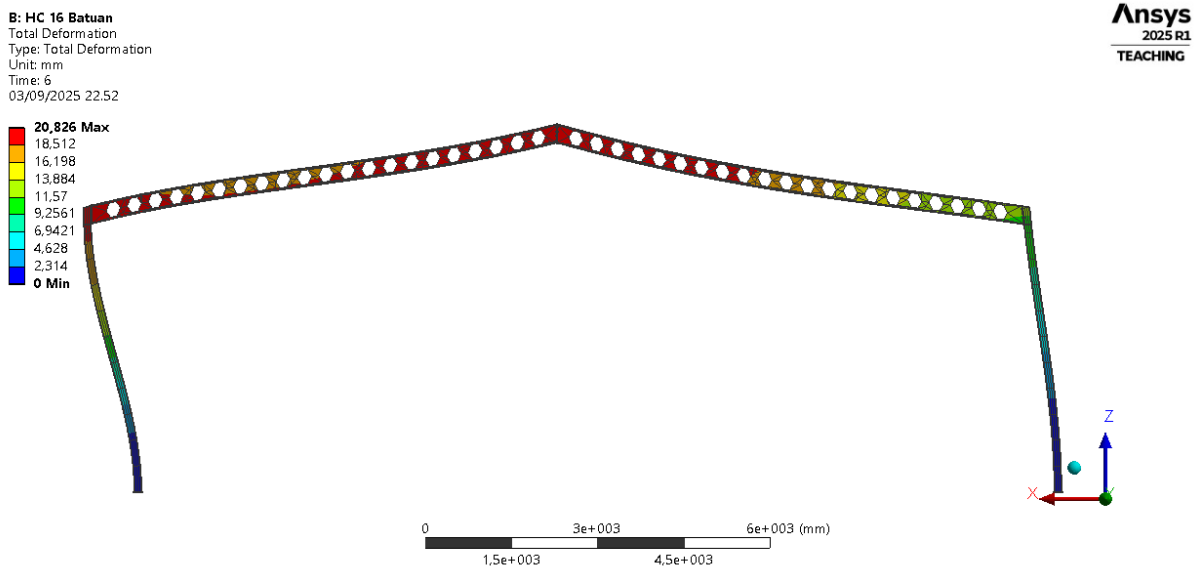
Tabel 2. Gaya geser pada variasi kelas situs

Kelas Situs	Koefisien Respon Seismik ( $C_s$ )	Berat Seismik ( $W$ )		Gaya Geser ( $V$ )	
		16 m (kN)	24 m (kN)	16 m (kN)	24 m (kN)
Tanah Batuan (SB)	0,12	771,65	992,76	83,92	107,96

Tanah Keras (SC)	0,14	771,65	992,76	111,89	143,95
------------------	------	--------	--------	--------	--------

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Simulasi numerik terhadap keempat model struktur *gable frame* tersebut telah dilakukan untuk mengevaluasi kinerja struktur terhadap batas simpangan dan kriteria kekuatan yang diatur oleh SNI 1726:2019. Gambar 3 di bawah menunjukkan simpangan total struktur *gable frame* dengan *rafter honeycomb* dengan bentang 16 meter yang terletak pada tanah batuan (SB). Simpangan total model lainnya memiliki bentuk deformatif yang serupa dengan perbedaan pada besarnya saja.



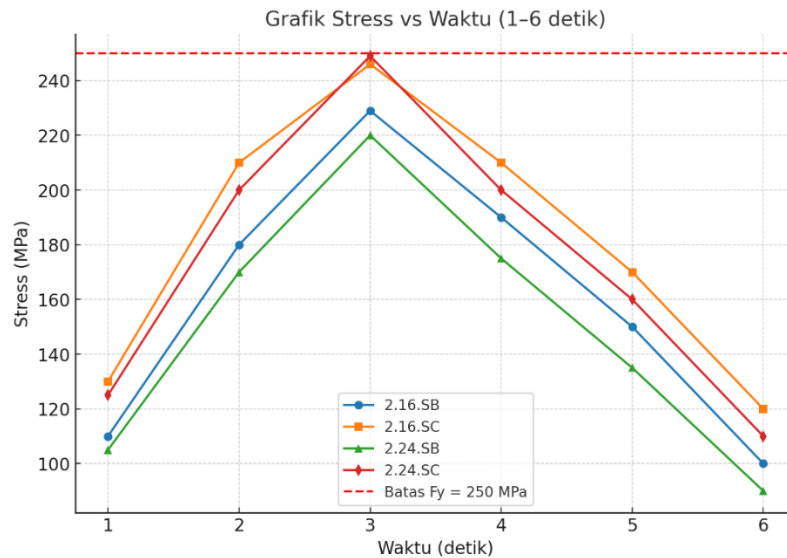
Gambar 4. Deformasi Model 2.16.SB

Analisis lengkap terhadap kombinasi beban statis dan seismik telah berhasil mengungkapkan besaran deformasi total, tegangan maksimum dan rasio tegangan untuk setiap model. Tabel 3 di bawah telah meringkas hasil analisis tersebut. Dapat dilihat dengan jelas bahwa seluruh model yang digunakan secara analitik masih dalam batas kekuatan dan aman.

Tabel 3. Deformasi total, tegangan maksimum dan rasio tegangan untuk semua model

Model	Deformasi (mm)	Tegangan (MPa)	Stress Ratio	Cek
2.16.SB	20,82	228,77	0,91	OK
2.16.SC	22,19	245,77	0,98	OK
2.24.SB	20,89	219,65	0,88	OK
2.24.SC	33,84	248,73	0,99	OK

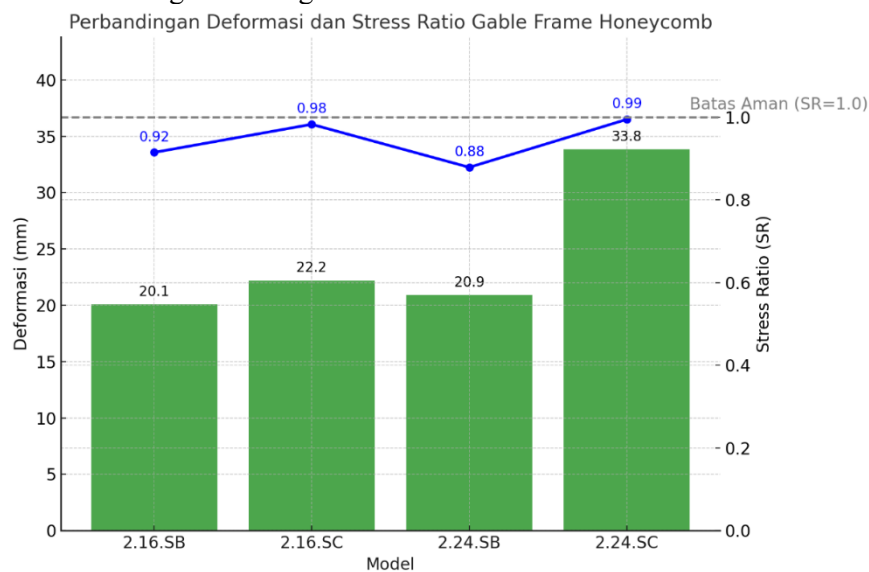
Pengungkapan tegangan-tegangan maksimum setiap model dalam riwayat waktu (*time history*) disajikan dalam Gambar 4 berikut. Dapat dilihat bahwa tegangan maksimum untuk semua model akibat beban seismik bekerja terjadi pada detik ketiga setelah pemberian beban tersebut. Semua tegangan maksimum masih berada dalam batas aman, yakni di bawah tegangan leleh baja ( $f_y$ ) sebesar 250 MPa.



Gambar 5. Perbandingan tegangan semua model numerik dalam riwayat waktu (*time history*)

Hasil analisis berupa tegangan maksimum berkorelasi langsung dengan parameter *stress ratio* (*SR*). Sebagaimana dapat dilihat dalam Tabel 3 bahwa pada kelas situs Tanah Batuan (SB), nilai *SR* tercatat 0,91 untuk bentang 16 m dan 0,88 untuk bentang 24 m. Sementara itu, pada kelas situs Tanah Keras (SC), nilai *SR* tercatat sebesar 0,98 untuk bentang 16 m dan 0,99 untuk bentang 24 m. Seluruh nilai tersebut masih berada di bawah batas 1,0 yang ditetapkan sebagai kriteria keamanan. Sehingga secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa penggunaan *rafter honeycomb* untuk struktur *gable frame* baja, baik bentangan 16 m dan 24 m, mampu menahan beban gempa rencana baik pada kondisi Tanah Batuan (SB) maupun Tanah Keras (SC).

Namun, perlu juga dicatat bahwa kondisi situs berpengaruh terhadap respons struktur akibat beban seismik. Dengan merujuk kepada Table 3 dan Gambar 4 di atas terlihat jelas bahwa struktur *gable frame* dengan *rafter honeycomb* yang terletak pada situs Tanah Keras (SC) lebih sensitif terhadap eksitasi gempa daripada struktur yang terletak pada situs Tanah Batuan (SB). Hal tersebut mengkonfirmasi temuan terdahulu oleh Sulendra *et al.*, (2024) dan Bharath & Datta (2019) bahwa perubahan kondisi tanah sangat memengaruhi deformasi dan kekuatan struktur.



Gambar 6. Perbandingan deformasi dan stress ratio Pada Model 2

Dari sisi deformasi, sebagaimana diperkirakan dan terlihat pula dalam Gambar 5 di atas, bahwa besaran deformasi pada bentang 16 m relatif lebih rendah dibandingkan bentang 24 m. Pada bentang 16

m deformasi tercatat 20,08 mm (SB) dan 22,19 mm (SC). Sedangkan pada bentang 24 m deformasi meningkat menjadi 20,89 mm (SB) dan 33,84 mm (SC). Meskipun deformasi pada bentang 24 m lebih besar, nilai tersebut masih dalam batas layan yang dapat diterima sesuai ketentuan SNI. Sementara itu, sebagaimana dilaporkan Wijaya dan Yuga S (2025) struktur *gable frame* baja dengan *rafter* WF lurus tidak dapat memenuhi kriteria keamanan. Hal tersebut karena tegangan maksimum yang bekerja, yaitu 259,95 MPa, melebihi batas leleh kekuatan baja (250 MPa). Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan *rafter honeycomb* mampu menjaga keseimbangan antara efisiensi berat struktur dengan kekakuan yang memadai, bahkan pada bentang yang lebih panjang.

Secara keseluruhan, hasil ini memperlihatkan bahwa penggunaan *rafter honeycomb* untuk struktur *gable frame* memberikan unjuk kerja struktural yang baik terhadap beban gempa. Dengan tegangan maksimum yang masih berada di bawah kapasitas izin baja ( $f_y = 250$  MPa). Perbedaan kelas situs tanah juga memengaruhi besarnya deformasi dan tegangan, di mana tanah keras (SC) menghasilkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan tanah batuan (SB). Namun demikian, seluruh model tetap memenuhi syarat keamanan baik dari aspek kekuatan maupun dari aspek batas layan. Dengan demikian, *rafter honeycomb* dapat dipertimbangkan sebagai alternatif penampang yang efektif dalam desain *gable frame* pada kondisi seismik dengan variasi kelas situs.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Kajian ini telah melakukan simulasi numerik menggunakan metode elemen hingga terhadap struktur *gable frame* dengan *rafter honeycomb* dengan bentang 16 m dan 24 m yang terletak di atas kondisi tanah batuan (SB) dan tanah eras (SC). Dari simulasi tersebut dihasilkan deformasi maksimum pada rentang 20,08 mm dan 33,84 mm dan tegangan maksimum tercatat antara 228,77 MPa dan 248,73 MPa yang masih di bawah kapasitas izin baja sebesar 250 MPa. Nilai stress ratio (SR) yang berkisar antara 0,88–0,99 menunjukkan bahwa seluruh model, baik pada bentang 16 m maupun 24 m serta pada kondisi tanah batuan (SB) maupun tanah keras (SC), tetap berada dalam batas aman sesuai ketentuan SNI 1726:2019. Hal ini membuktikan bahwa penggunaan *rafter honeycomb* pada struktur *gable frame* dapat memberikan keseimbangan antara efisiensi material dengan kekakuan struktural, sehingga layak dipertimbangkan sebagai solusi desain struktur bentang panjang yang tahan terhadap beban gempa. Bahkan kemampuan *rafter honeycomb* didapatkan lebih mampu memenuhi kriteria kekuatan ketimbang *rafter* WF lurus sekalipun untuk bentang menengah, yakni 24 m.

Untuk melengkapi khazanah pengetahuan mengenai perilaku struktur *gable frame* akibat pembebanan seismik perlu dilakukan kajian *gable frame* dengan bentangan lebih lebar, misalnya 30 – 40 m, dan bahkan multi portal (*multi bay*). Demikian pula, perlu dilakukan kajian mengenai perilaku sambungan balok kolom struktur tersebut, baik yang menggunakan pelat ujung (*end-plate*) dengan maupun tanpa perkuatan (*stiffener*).

## DAFTAR PUSTAKA

- Al Imran, Priskasari, E. & Santosa, A. (2017). Analisa Perbandingan Portal Gable Frame Baja WF dan Struktur Rangka Baja Siku dan T. *Jurnal Sondir*, Vol. 1, 7 – 13. <https://doi.org/10.36040/sondir.v1i1.2561>
- ANSYS, Inc. (2025). *ANSYS 2025 R1 – Workbench User's Guide*. Workbench, Pennsylvania, USA: ANSYS Inc.
- Badan Standarisasi Nasional (2019). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung*. SNI 1726:2019. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional (BSN).
- Badan Standarisasi Nasional (2020). *Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. SNI 1727:2020. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional (BSN).
- Bharath, K., & Datta, D. (2019). Behaviour of steel frame structure under dynamic loading. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 8(2), 1057–1065. <https://doi.org/10.15680/IJIRSET.2019.0802007>
- Guci, J. M. and Yastari, F. P. (2024). Analisis Penggunaan Balok *Rafter Honeycomb* untuk Struktur Gedung Tahan Gempa dengan Metode LRFD. *Jurnal Bangunan, Konstruksi & Desain*. 2(4), 243 – 253. <https://doi.org/10.25077/jbkd.2.4.243-253.2024>

- Ihsanudin & Buwono, H. K. (2013). Analisis Konstruksi Gable dengan *Rafter* Menggunakan Profil Baja *Honeycomb* dan Truss. *Konstruksia*, 4(2), 77–89. <https://doi.org/10.24853/jk.4.2.%25p>
- Pang, E. B. B., Windah, R. S. & Pandaleke, R. E. (2025). Optimasi Penampang Balok Kolom Pada Portal *Gable*. *Tekno*, 23(91), 35–44. <https://doi.org/10.35793/jts.v23i91.60734>
- Permana, M. B., Priskasari, E., & Erfan, M. (2019). Analisa Portal Gable Frame dengan Pemakaian Balok Castella dibanding WF untuk Bangunan Hanggar. *Jurnal Sondir*, Vol. 1, 34 – 41. <https://doi.org/10.36040/sondir.v3i1.2591>
- Abduh, M. (2021). Efisiensi Rangka Atap Baja WF dengan Baja Castella pada Bangunan Gudang (Studi Kasus Gudang Serutan Farm Dampit PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk.), *Seminar Keinsinyuran*, 699 – 704. <https://doi.org/10.22219/SKPSPPL.V2I1.4432>
- Sudjarwo, P, Hendrawan, N., & Hendrata, D. (2001). Alternatif Pemakaian Struktur Gable Frame Dengan Menggunakan Beton Pratekan Pracetak. *Dimensi Teknik Sipil*, 3(2), 75 – 79.
- Suhendi, C., Paikun, & Kamal, N. (2020). Evaluasi Perencanaan Struktur Bangunan Pabrik Batu, Imitasi Menggunakan Struktur Balok Baja Kastela (*Honeycomb*). *Jurnal Rekayasa Teknologi Nusa Putra*, 6(2), 32– 40. <https://doi.org/10.52005/rekayasa.v6i2.73>
- Sulendra, K., Listiawaty, H. & Sutrisno, M. (2024). Perilaku Struktural Gable frame Baja dengan Variasi Bentang, Jumlah Portal dan Kelas Situs pada Daerah Risiko Gempa Besar. *Rekonstruksi Tadulako*, 5(2), 141 – 150. <https://doi.org/10.22487/renstra.v5i2.620>
- Wijaya, T. R. & Yuga S, K. C. (2025). Evaluasi Numerik Kekuatan Struktur Baja Gable Frame dengan *Rafter* WF Lurus Terhadap Beban Seismik. *Jurnal Jaring SainTek*, 7(2), 87–94. <https://doi.org/10.31599/j3kqpg45>
- Yuga S, K. C. (2025). *Evaluasi Kekuatan Beberapa Konfigurasi Struktur Baja Gable Frame terhadap Beban Statis dan Gempa Menggunakan Elemen Hingga 3D*. Tesis Magister Teknik Sipil, Jakarta: Institut Sains dan Teknologi Nasional (ISTN).