

Contents list available at [Sinta](https://sinta)

ARMATUR

: Artikel Teknik Mesin & Manufaktur

Journal homepage: <https://scholar.ummetro.ac.id/index.php/armatur>

Analisis Stabilitas Struktur Rangka Gudang terhadap Beban *Hoist Crane* 2 Ton Menggunakan Metode *Finite Element*

Abshar Adi Saputro^{1*}, Deri Teguh Santoso²,

Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang, Jl. Hs. Ronggo Waluyo, Telukjambe Timur, Karawang, Indonesia

ARTICLE INFO

*Keywords:**Finite Element Analysis
Hoist Crane
Structural Stability
Deflection
Steel Structure*

ABSTRACT

The increasing demand for efficient material handling systems in industrial warehouses requires the use of lifting equipment such as hoist cranes. However, installing a hoist crane on an existing warehouse structure requires structural evaluation to ensure that the building frame can safely support the applied loads. Insufficient structural capacity may cause excessive deformation and reduce the structural safety of the building. This study aims to analyze the structural stability of a warehouse frame for the installation of a 2-ton hoist crane. The analysis was conducted using Autodesk Inventor with the Finite Element Analysis (FEA) method. Structural data such as frame dimensions, materials, and configuration were obtained through direct observation of the existing warehouse. Three structural configurations were evaluated: a single girder hoist crane on the existing structure, a double girder hoist crane on the existing structure, and a single girder hoist crane with additional structural reinforcement. The analysis focused on maximum deflection and safety factor based on SNI 1729:2015 standards. The results show that the existing warehouse structure does not meet the allowable deflection limits for the installation of a 2-ton hoist crane. Structural reinforcement reduces deflection significantly, but further structural improvement is still required to ensure adequate safety.

Pendahuluan

Perkembangan industri manufaktur yang semakin pesat menuntut sistem pemindahan material yang efisien dan aman

di dalam lingkungan produksi maupun gudang [1]. Sistem pemindahan material memiliki peran penting dalam mendukung kelancaran proses logistik internal,

*Corresponding author: Absharadisaputro012@mail.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.24127/armatur.v7i1.11049>

Received 26 January 2026; Received in revised form 25 March 2026; Accepted 30 March 2026

Available online March 2026

khususnya dalam kegiatan pengangkutan dan pemindahan barang dengan kapasitas beban yang besar [2]. Salah satu peralatan yang banyak digunakan dalam proses tersebut adalah *hoist crane*, yang mampu memindahkan beban secara vertikal maupun horizontal dengan lebih efisien dibandingkan metode pemindahan manual [3]. Penerapan *hoist crane* pada bangunan gudang yang telah ada memerlukan kajian terhadap kemampuan struktur rangka bangunan dalam menahan beban yang bekerja [4]. Beban yang diterima oleh struktur tidak hanya berasal dari berat sendiri peralatan, tetapi juga dari beban angkat maksimum serta faktor dinamis yang terjadi selama proses pengangkatan [5]. Apabila kapasitas struktur tidak mencukupi, maka dapat terjadi deformasi yang berlebihan pada elemen struktur yang berpotensi menurunkan tingkat keamanan bangunan dan mengganggu aktivitas operasional di dalam gudang [6].

Beberapa penelitian sebelumnya telah melakukan analisis kekuatan struktur rangka menggunakan metode numerik seperti *Finite Element Analysis* untuk mengevaluasi tegangan dan deformasi pada struktur baja [7]. Metode tersebut banyak digunakan dalam analisis struktur karena mampu memberikan gambaran distribusi tegangan serta perilaku deformasi struktur secara lebih detail [8]. Penggunaan perangkat lunak rekayasa seperti *Autodesk Inventor* juga semakin banyak dimanfaatkan dalam analisis struktur karena mampu memodelkan sistem rangka secara tiga dimensi dan melakukan simulasi pembebanan secara komputasional [9].

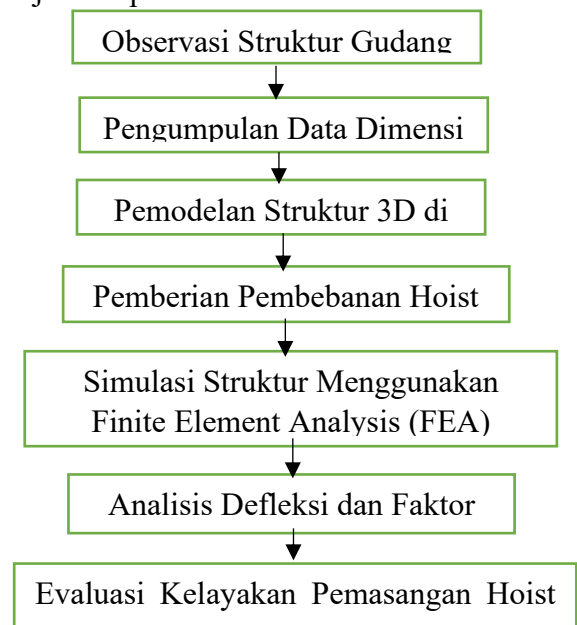
Meskipun demikian, analisis struktur rangka gudang yang digunakan sebagai penopang *hoist crane* masih memerlukan kajian lebih lanjut, terutama pada bangunan gudang yang sudah ada [10]. *Struktur eksisting* seringkali dirancang tanpa mempertimbangkan beban tambahan dari sistem pengangkatan seperti *hoist crane* [11]. Oleh karena itu diperlukan evaluasi terhadap kapasitas struktur untuk mengetahui apakah rangka gudang mampu

menahan beban yang bekerja atau memerlukan modifikasi struktur [12].

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis stabilitas struktur rangka gudang terhadap rencana pemasangan *hoist crane* dengan kapasitas angkat sebesar 2 ton [13]. Analisis dilakukan menggunakan metode *Finite Element Analysis* melalui pemodelan struktur menggunakan perangkat lunak *Autodesk Inventor* [14]. Pada penelitian ini dilakukan beberapa variasi konfigurasi struktur untuk mengevaluasi pengaruh perubahan desain terhadap nilai defleksi dan faktor keamanan struktur [15]. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan rekomendasi teknis terkait kelayakan pemasangan *hoist crane* pada struktur gudang serta kemungkinan modifikasi struktur yang diperlukan untuk meningkatkan keamanan sistem [16].

Metode Penelitian

Penelitian ini bertujuan menganalisis stabilitas struktur rangka gudang untuk pemasangan *hoist crane* berkapasitas 2 ton. Metode penelitian disederhanakan agar mudah dipahami, dimulai dari alur penelitian, pemodelan struktur, hingga analisis keamanan. Tahapan penelitian dilakukan secara sistematis seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Alur ini memudahkan pembaca memahami tahapan penelitian tanpa perlu menyertakan banyak metode minor yang membingungkan.

Pengumpulan Data Struktur

Data struktur gudang diperoleh melalui observasi langsung. Informasi yang dikumpulkan meliputi:

1. Dimensi gudang: panjang 48,6 m, lebar 26,5 m, tinggi 9 m
2. Profil baja rangka: UNP ganda $250 \times 90 \times 9$ mm, kolom tengah WF $200 \times 100 \times 8 \times 5,5$ mm
3. Konfigurasi rangka dan kondisi eksisting struktur

Data ini menjadi dasar pemodelan struktur pada Autodesk Inventor.

Pemodelan Struktur dan Variasi Desain

Struktur gudang dimodelkan dalam bentuk tiga dimensi. Tiga variasi konfigurasi diuji:

1. *Single girder* pada struktur eksisting
2. *Double girder* pada struktur eksisting
3. *Single girder* dengan tambahan rangka untuk memperkuat struktur

Variasi ini digunakan untuk mengevaluasi pengaruh perubahan struktur terhadap defleksi dan faktor keamanan.

Pembebanan Struktur

Beban struktur terdiri dari:

1. Berat hoist crane dan komponen (girder, trolley)
2. Beban angkat maksimum 2 ton
3. Faktor keamanan: 1,67 sesuai SNI 1729:2015

Total beban dihitung sebagai:

$$(2000 \text{ kg} + 1000 \text{ kg} + 364 \text{ kg} + 200 \text{ kg} + 15 \text{ kg}) \cdot 1,67 = 5977 \text{ kg}$$

Perhitungan total beban dilakukan dengan menjumlahkan seluruh beban yang bekerja pada sistem *hoist crane*, yang terdiri atas beban angkat nominal 2000 kg, berat *girder* 1000 kg, berat trolley 364 kg, komponen tambahan 200 kg, dan aksesoris 15 kg. Dari penjumlahan tersebut diperoleh total beban awal sebesar 3579 kg.

Selanjutnya, total beban tersebut dikalikan dengan faktor keamanan 1,67 sehingga diperoleh beban rencana sebesar 5977 kg atau setara dengan 5,9 ton. Oleh karena itu, pembebanan yang digunakan dalam analisis menggambarkan kondisi kerja sistem secara lebih realistis dan aman, karena telah mencakup keseluruhan komponen beban beserta faktor keamanan. Beban ini diterapkan sebagai beban statis dalam simulasi.

Analisis Struktur

Simulasi dilakukan menggunakan metode Finite Element Analysis (FEA) pada Autodesk Inventor. Analisis difokuskan pada:

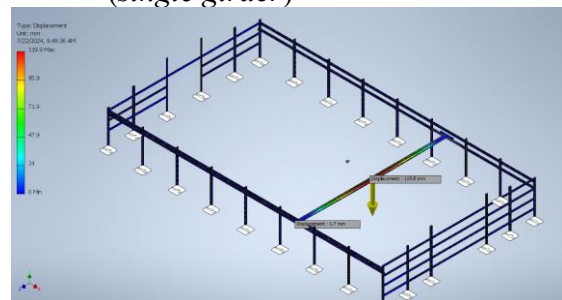
1. Defleksi maksimum (displacement) pada batang girder dan rangka gudang
2. Titik kritis di mana defleksi mendekati batas diizinkan
3. Perhitungan faktor keamanan struktur berdasarkan standar SNI

Hasil analisis digunakan untuk menentukan apakah struktur eksisting mampu menahan beban atau memerlukan penguatan tambahan.

Hasil dan Pembahasan

Defleksi atau displacement adalah vektor yang menunjukkan seberapa jauh dan dalam arah mana titik tertentu pada model telah bergerak dari posisi awalnya akibat beban yang diterapkan. Displacement dalam konteks analisis elemen hingga (FEA) di Autodesk Inventor merujuk pada perubahan posisi atau perpindahan titik titik pada model akibat beban yang diterapkan.

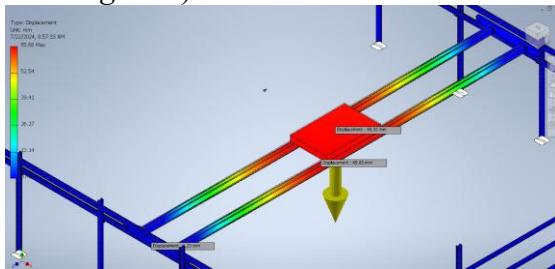
A. Defleksi pada analisis pertama (*single girder*)



Gambar 2. Hasil Analisis Pertama

Defleksi yang terjadi pada simulasi atau defleksi aktual yang telah didapatkan melalui simulasi dapat dilihat bahwa defleksi maksimum yang berwarna merah sebesar 119,8 mm pada girder hoist dan juga 1,7 mm pada struktur 1.

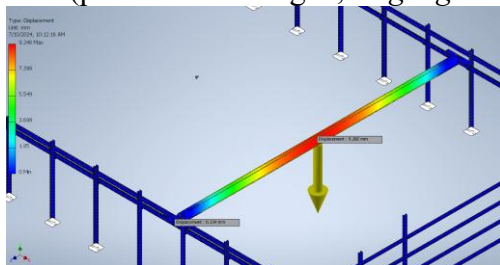
B. Defleksi pada analisis kedua (*double girder*)



Gambar 3. Hasil Analisis Kedua

Defleksi yang terjadi pada simulasi atau defleksi aktual yang telah didapatkan melalui simulasi dapat dilihat bahwa defleksi maksimum yang berwarna merah sekitar 65 mm pada dan juga 1,23 mm pada struktur gudang induk 1.

C. Defleksi pada analisis ketiga (penambahan rangka, *single girder*)



Gambar 4. Hasil Analisis Ketiga

Defleksi yang terjadi pada simulasi atau defleksi aktual yang telah didapatkan melalui simulasi dapat dilihat bahwa defleksi maksimum yang berwarna merah sebesar 9,2 mm pada girder hoist dan juga 0,134 mm pada struktur gudang induk 1.

Untuk mencari *defleksi* yang diizinkan ini, software *Autodesk Inventor* memiliki keterbatasan, oleh karena itu untuk mencari defleksi yang diizinkan ini perlu perhitungan manual. Berdasarkan SNI 1729:2015 defleksi aktual harus kurang dari atau sama dengan *defleksi* diizinkan. Atau secara matematis menjadi

$$\delta_{\text{aktual}} \leq \delta_{\text{diizinkan}} / \Omega \quad (1)$$

Dimana:

$\delta_{\text{diizinkan}}$ = defleksi diizinkan (mm)

δ_{aktual} = defleksi aktual (mm)

Ω = safety factor

Perhitungan matematis untuk menentukan defleksi yang diizinkan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\delta_{\text{diizinkan}} = \frac{F.L^3}{48.E.I} \quad (2)$$

Analisis Pertama (*single girder*)

$$\delta_{\text{diizinkan}} = \frac{(59554.926 \text{ N} \cdot (48 \text{ m})^3)}{(48 \cdot 200000 \text{ Mpa} \cdot 906 \text{ cm}^4)} = 0.757255 \text{ mm}$$

$$\delta_{\text{aktual}} \leq \delta_{\text{diizinkan}} / \Omega$$

$$1.293 \text{ mm} > 0.757255 \text{ mm} / 1.67$$

$$1.293 \text{ mm} > 0.453608 \text{ mm}$$

Karena beban aktual jauh lebih besar dari beban diizinkan maka rangka struktur gudang induk 1 tidak dapat dipasangkan Hoist.

Analisis Kedua (*double girder*)

$$\delta_{\text{diizinkan}} = \frac{(78785,478 \text{ N} \cdot (48 \text{ m})^3)}{(48 \cdot 200000 \text{ Mpa} \cdot 906 \text{ cm}^4)} = 1.00178 \text{ mm}$$

$$\delta_{\text{aktual}} \leq \delta_{\text{diizinkan}} / \Omega$$

$$1.71 \text{ mm} > 1.00178 \text{ mm} / 1.67$$

$$1.71 \text{ mm} > 0.5995868 \text{ mm}$$

Karena beban aktual jauh lebih besar dari beban diizinkan maka rangka struktur gudang induk 1 tidak dapat dipasangkan Hoist.

Analisis Ketiga (penambahan rangka, *single girder*)

$$\delta_{\text{diizinkan}} = \frac{(59554.926 \text{ N} \cdot (48 \text{ m})^3)}{(48 \cdot 200000 \text{ Mpa} \cdot 906 \text{ cm}^4)} = 0.75725 \text{ mm}$$

$$\delta_{\text{aktual}} \leq \delta_{\text{diizinkan}} / \Omega$$

$$0.9062 \text{ mm} > 0.75725 \text{ mm} / 1.67$$

$$0.9062 \text{ mm} > 0.453433 \text{ mm}$$

Karena beban aktual jauh lebih besar dari beban diizinkan maka rangka struktur gudang induk 1 tidak dapat dipasangkan Hoist.

Hasil defleksi atau *displacement* maksimum yang terjadi pada batang *girder* setelah dilakukan analisis yaitu sebesar 422 mm pada Gambar 4.12, yang dimana batas defleksi yang sesuai dengan kaidah keteknikan yaitu 1/700 dari panjang *girder*. Adapun rumusnya sebagai berikut.

$$\delta_{\text{diizinkan}} = \frac{1}{700} \times (\text{panjang girder})$$

$$\delta_{\text{diizinkan}} = \frac{1}{700} \times (25,746 \text{ m})$$

$$= 36,78 \text{ mm}$$

Tabel 1. Displacement Girder Berdasarkan Dimensi

Ukuran Dimensi (m)	Displacement (mm)	Displacement yang Diizinkan (mm)
0,3 x 0,4	119,8	36,78
0,3 x 0,4	65,60	36,78
0,3 x 0,7	9,202	36,78

Tabel 2. Data displacement berdasarkan tipe girder

Tipe	Data Aktual (mm)	Data yang Diizinkan (mm)
Single Girder	1,293	0,453608
Double Girder	1,71	0,5995868
Single Girder (Perubahan Rangka dan Girder)	0,9062	0,453433

Setelah melihat perbandingan ketiganya, cukup signifikan untuk girder girder yang nantinya akan dipasang. Jika melihat perbandingan antara defleksi yang diizinkan dengan defleksi aktual. Terdapat 2 crane yang belum memenuhi atau tidak diizinkan dikarenakan displacement nya cukup jauh, sementara yang ketiga nampaknya berhasil melewati perbandingan, dimana displacement girder tidak melebihi displacement yang diizinkan.

Dari ketiga analisis tersebut dapat dilihat bahwa analisis ketiga cukup memenuhi, dikarenakan girder dengan ukuran 0,3 m x 0,7 m dan penambahan

rangka gedung, displacement pada girder turun dratis. Awalnya pada analisis pertama dan kedua diatas 100 mm, sedangkan analisis ketiga dibawahnya bahkan dibawah batas displacement yang diizinkan yaitu 36,78 mm. Sedangkan untuk rangka gedung nya sendiri bisa kita lihat dibawah ini

Berdasarkan hasil evaluasi terhadap defleksi rangka utama gudang, seluruh konfigurasi yang dianalisis menunjukkan bahwa nilai defleksi aktual masih lebih besar daripada defleksi yang diizinkan setelah memperhitungkan faktor keamanan. Pada konfigurasi *single girder* struktur eksisting, *double girder* struktur eksisting, maupun *single girder* dengan penambahan rangka dan perubahan ukuran girder, nilai lendutan aktual belum memenuhi batas kelayakan yang dipersyaratkan. Dengan demikian, meskipun konfigurasi ketiga menunjukkan penurunan defleksi yang paling signifikan, struktur rangka utama gudang secara keseluruhan masih belum layak untuk pemasangan *hoist crane* 2 ton.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konfigurasi *single girder* dengan penambahan rangka dan perubahan ukuran *girder* memberikan penurunan defleksi paling signifikan dibandingkan dua konfigurasi lainnya. Defleksi pada *girder* turun menjadi 9,202 mm dan telah berada di bawah batas yang diizinkan sebesar 36,78 mm. Namun, pada rangka utama gudang, seluruh konfigurasi masih menunjukkan defleksi aktual yang lebih besar daripada defleksi yang diizinkan, yaitu 1,293 mm pada *single girder*, 1,71 mm pada *double girder*, dan 0,9062 mm pada konfigurasi ketiga. Hal ini menunjukkan bahwa modifikasi yang dilakukan baru efektif meningkatkan kekakuan pada elemen *girder*, tetapi belum cukup untuk membuat keseluruhan struktur gudang memenuhi syarat kelayakan pemasangan *hoist crane* 2 ton. Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa konfigurasi *girder* dan sistem pengaku berpengaruh terhadap besar lendutan, tetapi keamanan struktur tetap harus ditinjau dari respons keseluruhan rangka utama. Dengan

demikian, konfigurasi ketiga dapat dianggap sebagai alternatif terbaik, tetapi struktur gudang eksisting masih memerlukan penguatan lanjutan sebelum *hoist crane* dapat dipasang secara aman.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis *Finite Element Analysis (FEA)* terhadap tiga variasi konfigurasi struktur, diperoleh bahwa konfigurasi *single girder* pada struktur eksisting menghasilkan defleksi *girder* sebesar 119,8 mm, sedangkan konfigurasi *double girder* pada struktur eksisting menghasilkan defleksi sebesar 65,60 mm. Kedua nilai tersebut melebihi batas defleksi yang diizinkan sebesar 36,78 mm, sehingga kedua konfigurasi belum memenuhi persyaratan kelayakan dari sisi elemen *girder*. Pada konfigurasi *single girder* dengan penambahan rangka dan perubahan ukuran *girder*, nilai defleksi *girder* turun menjadi 9,202 mm, sehingga telah berada di bawah batas defleksi yang diizinkan.

Namun demikian, apabila ditinjau dari respons rangka utama gudang, seluruh konfigurasi yang dianalisis masih menunjukkan nilai defleksi aktual yang lebih besar daripada defleksi yang diizinkan setelah memperhitungkan faktor keamanan. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun modifikasi pada konfigurasi ketiga mampu meningkatkan kekakuan dan menurunkan defleksi secara signifikan, struktur gudang eksisting secara keseluruhan masih belum layak untuk pemasangan *hoist crane* 2 ton. Dengan demikian, diperlukan penguatan lanjutan pada rangka utama agar struktur dapat memenuhi persyaratan keamanan dan layanan.

Referensi

- [1] K. Abdullah and B. Santosa, "Analisis Kekuatan Konstruksi Graving Dock Gate Menggunakan Metode Elemen Hingga," *KAPAL*, 2019, [Online]. Available: <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/kapal/article/download/19157/15661>
- [2] W. P. et al., "Optimasi Distribusi Lubang Pada Balok Baja Kastela," *Tek.*, 2018, doi: 10.14710/teknik.v39i1.12234.
- [3] L. A. N. W. et al., "The Fatigue Life Prediction of Gantry Crane with Load Capacity 10 Tons Using Finite Element Method," *J. Tek. Untirta*, 2020, [Online]. Available: <https://jurnal.untirta.ac.id/index.php/ju-tek/article/viewFile/7490/5646>
- [4] L. S. et al., "Numerical Analysis of Stress Fields Generated in the Gantry Crane Beam," *Procedia Eng.*, 2017, [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705817306987/pdf?isDTMRedir=true&download=true>
- [5] Y. Gao and F. Lai, "Finite Element Analysis of Gantry Crane under Moving Load Based on Ansys," *Int. Core J. Eng.*, 2019, doi: 10.6919/ICJE.201909_5(10).0003.
- [6] L. Sowa, T. Skrzypczak, and P. Kwiaton, "The effect of the gantry crane beam cross section on the level of generated stresses," *MATEC Web Conf.*, 2018, doi: 10.1051/mateconf/201815702047.
- [7] J. S. et Al., "Experimental and Finite Element Analysis of Bending Performance of Web-Embedded Double Inverted T-Shaped Steel-Concrete Composite Beams," *Buildings*, 2025, doi: 10.3390/buildings15050717.
- [8] M. S. et Al., "Damage Detection of Gantry Crane with a Moving Mass Based on Support Vector Regression and MAC," *Buildings*, 2024, doi:

- 10.3390/buildings14020458.
- [9] B. G. et al., “Experimental and Numerical Study of the Jib Connection Frame of a Wheeled Crane,” *Appl. Sci.*, 2025, doi: 10.3390/app15094872.
- [10] H. P. et al., “A Study of the Mechanical Behavior of a Steel–Concrete Hybrid Beam Bridge during Construction,” *Buildings*, 2023, doi: 10.3390/buildings13071781.
- [11] J. H. et Al., “Experimental and Numerical Investigation on Behavior of Rectangular Closed Section Steel Truss Beams with Concrete-Filled Joints,” *Buildings*, 2024, doi: 10.3390/buildings14123857.
- [12] G. M. et al., “Stability and Construction Control of Existing Steel Truss Roof Reconstruction Projects: Case Analysis and Numerical Simulation,” *Buildings*, 2025, doi: 10.3390/buildings15122059.
- [13] Y. J. et al., “Research on Deflection Risk Assessment for Steel Box Girder Bridges Based on GA-BP Neural Network,” *Buildings*, 2024, doi: 10.3390/buildings14123923.
- [14] Z. Z. et al., “Deflection Estimation of Truss Structures Using Inverse Finite Element Method Based on a Deflection Sensor,” *Sensors*, 2023, doi: 10.3390/s23031716.
- [15] A. O. et al., “Deflection Predictions of Tapered Cellular Steel Beams Using Analytical Models and an Artificial Neural Network,” *Buildings*, 2025, doi: 10.3390/buildings15060992.
- [16] J. P. L. et al., “Finite Element Analysis of the Flexural Behavior of Steel Plate–High-Performance Concrete (HPC) Slab and Beam Composite Structures,” *Buildings*, 2024, doi: 10.3390/buildings15010027.