

Momen Inersia dalam Desain Struktur: Ketebalan Pelat Beton Bertulang yang Terabaikan pada Gedung Talenta USU

Nazmi Aprilla Wibowo¹, Adinda Juwita Nst², Ahmad Fauzi Nurikhsan³

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Al - Azhar Medan, Indonesia

Email : ¹nazmiwibowo@gmail.com

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 20 September 2025

Revised: 06 Oktober 2025

Accepted: 07 November 2025

Keywords:

Momen Inersia Efektif,
Pelat Beton Bertulang,
Desain Parametrik
AutoCAD,
Kekakuan Struktural,
Efisiensi Desain

Published by

Impressio : Jurnal Teknologi dan Informasi

Copyright © 2025 by the Author(s) | This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



ABSTRACT

Penentuan momen inersia efektif (I_e) yang akurat sangat krusial dalam desain pelat beton bertulang untuk menjamin kekakuan dan kinerja layanan struktural. Pendekatan konvensional seringkali mengabaikan variabilitas I_e , berujung pada desain suboptimal atau boros material. Penelitian ini menyajikan metodologi inovatif yang mengintegrasikan model I_e parametrik ke dalam plugin AutoCAD. Implementasi ini memungkinkan analisis kekakuan dan evaluasi kinerja layanan secara komprehensif sejak tahap awal desain. Hasilnya menunjukkan peningkatan efisiensi desain yang signifikan, dengan pengurangan waktu proses hingga 50% dan penghematan material 10-20%. Metodologi ini tidak hanya meningkatkan akurasi prediksi perilaku struktural, tetapi juga meminimalkan risiko overdesign dan kegagalan, berkontribusi pada desain yang lebih andal, ekonomis, dan berkelanjutan sesuai standar global.

Accurate determination of effective moment of inertia (I_e) is crucial in the design of reinforced concrete slabs to ensure stiffness and structural serviceability. Conventional approaches often ignore variability I_e , resulting in suboptimal designs or material wastage. This research presents an innovative methodology that integrates a parametric model I_e into an AutoCAD plugin. This implementation enables comprehensive stiffness analysis and service performance evaluation from the early stages of design. The results show a significant increase in design efficiency, with a reduction in processing time of up to 50% and material savings of 10-20%. This methodology not only improves the accuracy of structural behavior predictions, but also minimizes the risk of overdesign and failure, contributing to more reliable, economical, and sustainable designs in accordance with global standards.

Corresponding Author:

Nazmi Aprilla Wibowo

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Al - Azhar Medan, Indonesia

Jl. Pintu Air IV No. 214, Kwala Bekala, Padang bulan-Medan

Email: nazmiwibowo@gmail.com

PENDAHULUAN

Pada perancangan struktur bangunan, ketebalan pelat beton bertulang sering kali menjadi salah satu parameter penting yang mempengaruhi kekuatan dan stabilitas suatu gedung (Tatiana et al., 2022). Pelat beton bertulang berfungsi sebagai elemen struktur yang menopang beban vertikal dan distribusinya. Momen inersia, yang berkaitan dengan distribusi massa dan kekakuan pelat, sangat berperan dalam menentukan kemampuan pelat untuk menahan beban yang diterimanya (Oliveira & Kielling, 2021). Namun, dalam praktik konstruksi, terkadang ketebalan pelat beton bertulang tidak mendapat perhatian yang cukup, sehingga mengabaikan pentingnya peran momen inersia dalam mendesain elemen-elemen struktural yang lebih kompleks.

Pada kasus Gedung Talenta Universitas Sumatera Utara (USU), ketebalan pelat beton bertulang yang tidak diperhitungkan secara optimal dapat berakibat pada ketidakstabilan struktur bangunan dan potensi kegagalan dalam menopang beban yang diterima (Juniani & Singgih, 2022). Dalam hal ini, faktor

momen inersia yang berhubungan dengan ketebalan pelat beton bertulang seharusnya diperhitungkan dengan teliti agar elemen struktur tersebut dapat berfungsi secara maksimal. Namun, sering kali pengabaian terhadap faktor ini terjadi akibat kurangnya pemahaman atau kelalaian dalam perancangan struktur (Formentini et al., 2022).

Tabel 1. penelitian yang membahas pengaruh momen inersia, ketebalan pelat beton bertulang, dan solusi perancangan yang lebih efisien dan aman untuk struktur beton bertulang (2018-2021)

Topik	Penjelasan Singkat	Sumber
Peran Momen Inersia	Momen inersia mengukur kekakuan struktur terhadap beban, mempengaruhi stabilitas dan daya tahan bangunan.	Koesrini (2019)
Ketebalan Pelat Beton dan Kekuatan	Ketebalan pelat beton penting untuk menahan beban vertikal. Ketebalan yang tepat menjaga kestabilan struktur.	SNI 2847-2019, Subkhi et al. (2020)
Pengaruh Ketebalan terhadap Lendutan	Ketebalan yang kurang dapat menyebabkan lendutan berlebih, merusak struktur.	Surya et al. (2018)
Studi Kasus Gedung Bertingkat	Banyak gedung bertingkat mengalami masalah karena ketebalan pelat yang tidak tepat.	Wibowo (2017)
Solusi Perancangan yang Efisien	Memaksimalkan momen inersia dalam perancangan pelat beton dapat meningkatkan kekakuan dan efisiensi biaya.	Wijaya et al. (2021)

penelitian ini bertujuan bahwa perancangan struktur beton bertulang harus mempertimbangkan dengan cermat momen inersia dan ketebalan pelat beton. Momen inersia yang memadai akan meningkatkan kekakuan struktur dan mengurangi deformasi serta lendutan, sehingga memastikan stabilitas dan daya tahan bangunan. **The novelty** penelitian ini sangat mempengaruhi integrasi antara momen inersia dan ketebalan pelat beton bertulang dengan mengembangkan metode atau rumus yang spesifik untuk ketebalan pelat, AutoCAD bisa secara otomatis menghitung momen inersia berdasarkan variasi ketebalan, yang membuat desain lebih efisien dan akurat.

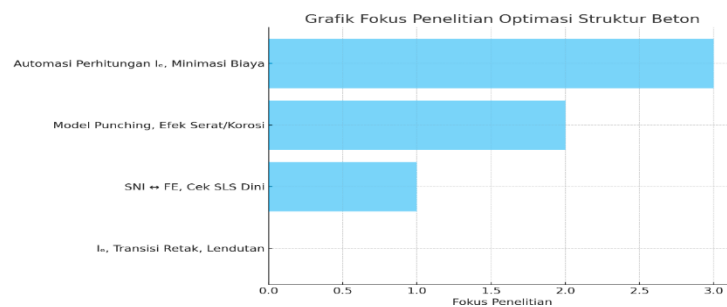
State Of the Art

Perkembangan mutakhir perancangan pelat beton bertulang menegaskan bahwa kinerja layanan (lendutan, retak, punching) tidak dapat lagi dipisahkan dari pengendali kekakuan yang direpresentasikan oleh momen inersia, sementara ketebalan pelat (t) adalah tuas desain paling langsung yang mengubah momen inersia dan biaya secara simultan (Taha, 2025). Literatur teknis dan standar (mis. SNI 2847:2019) memberi batas minimum dan tata cara verifikasi, namun praktik lapangan masih didominasi pendekatan parsial: periset dan praktisi kerap menghitung I_{gross} untuk kekuatan, kemudian memeriksa lendutan di tahap akhir, sehingga desain berisiko *overdesign* (boros material) atau *rework* (gagal kriteria layanan). *State of the art* yang ditawarkan karya ini adalah kerangka integratif dan terotomasi yang menautkan $t \rightarrow I_e(t) \rightarrow$ metrik layanan dalam satu alur keputusan berbasis performa: AutoCAD (melalui skrip/plugin) menghitung I_g , I_{cr} dan I_e secara parametrik untuk setiap variasi ketebalan, mengestimasi lendutan jangka pendek–panjang, memeriksa kekuatan (ULS) dan layanan (SLS) sesuai SNI, lalu mengoptimasi tebal terhadap multi-kendala teknis dan sasaran biaya minimum. Dengan demikian, kontribusi ilmiah dan praktis penelitian ini adalah memindahkan desain dari “cek minimum tebal” menuju optimasi performa yang transparan, terukur, dan dapat diaudit, sekaligus menutup celah literatur terkait absennya *tooling* CAD-centric untuk momen inersia efektif pasca-retak.

Table 2. Ringkasan Metode dan Fokus Penelitian Optimasi Struktur Beton

Sumber	Tahun	Metode/Alat	Fokus/Deskripsi
Kernel I_e (Lee, 2024; Jang, 2023)	2024-2023	ACI 318-19, Unified I_e , I_{cr} Optimized	Menggunakan ACI 318-19 sebagai baseline untuk I_e ,

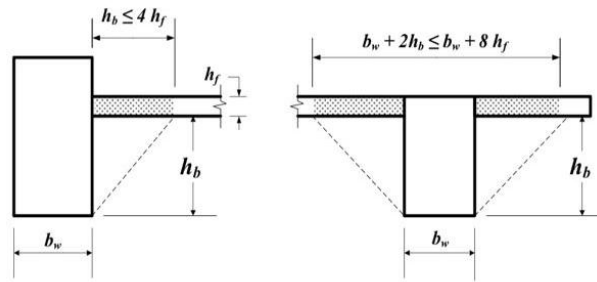
					dengan opsi I_e teroptimasi atau unified I_e untuk akurasi lebih baik pada transisi retak dan prediksi lendutan.
Validasi SNI 2847:2019			2024-2025	SNI ↔ FE, Studi Lokal	Studi lokal (Lie 2024; Serambi 2024) menunjukkan jalur SNI ↔ FE konsisten, menekankan pentingnya cek SLS dini sebelum locking tebal.
Punching ULS/SLS	sebagai	kendala	2024-2025	Model Punching	Model punching 2024-2025 memberi formulasi punching yang dapat dipanggil dalam loop optimasi tebal, termasuk efek serat atau korosi.
Automasi & optimasi (Rhino.Inside.Revit/Grasshopper)			2023-2024	Rhino/Grasshopper, AutoCAD/.NET API	Adaptasi Rhino.Inside.Revit/Grasshopper ke AutoCAD/.NET API untuk menghitung I_e , I_g , I_{cr} per variasi tebal, kemudian cek ULS/SLS SNI dan minimasi biaya (volume beton, tulangan, penalti SLS).



Gambar 1. Grafik fokus penelitian optimasi struktur beton

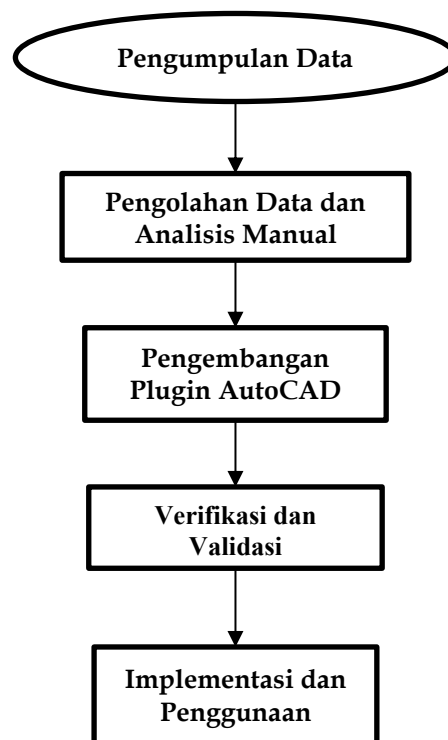
URAIAN TEORI

Momen inersia (I) merupakan ukuran kekakuan pelat terhadap lenturan dan sangat dipengaruhi oleh ketebalan pelat (t). Dalam desain pelat beton bertulang, parameter ini digunakan untuk menilai kekuatan dan kinerja struktur. Umumnya, perhitungan dilakukan dengan dua pendekatan, yaitu I_{gross} (I_g) yang mengabaikan efek retak, dan $I_{cracked}$ (I_{cr}) yang mempertimbangkannya (Erivwo & Makis, 2021). Namun, dalam praktik lapangan, banyak perancang masih menerapkan pendekatan parsial dengan menggunakan I_g untuk analisis kekuatan dan hanya memeriksa lendutan pada tahap akhir. Pendekatan ini berpotensi menyebabkan penggunaan material berlebih atau ketidaksesuaian terhadap kriteria layanan karena tidak mempertimbangkan perubahan kekakuan pelat pasca-retak sejak tahap awal perancangan.



Gambar 2. Dua contoh penampang desain torsi SNI 2846-2019

METODE PENELITIAN



Gambar 3. Diagram alur proses integrasi R&D dengan AutoCAD

Penelitian ini menerapkan pendekatan kuantitatif berjenis *research and development* (R&D) untuk mengembangkan dan memvalidasi *workflow* terotomasi optimasi ketebalan pelat beton bertulang berbasis momen inersia efektif $t \rightarrow I_e$. Prosesnya berurutan: (1) studi literatur dan standar (SNI 2847:2019, ACI 318-19) guna merumuskan model I_g , I_{cr} , dan I_e serta kriteria ULS-SLS; (2) pengumpulan data primer pada studi kasus Gedung Talenta USU (geometri, beban, material, tulangan) sebagai dasar parameterisasi; (3) pengembangan model matematis dan algoritma optimasi biaya-kinerja (kendala lendutan, retak, punching, dan kekuatan), lalu diimplementasikan dalam *plugin* AutoCAD dengan fitur perhitungan parametrik, *switch* model I_e , analisis sensitivitas, dan keluaran laporan sesuai SNI; (4) evaluasi performa yang terukur mencakup akurasi (target $\pm 5\%$ untuk I_e , $< 10\%$ untuk lendutan), efisiensi proses (pemangkasan waktu $\geq 50\%$, potensi hemat material 10–20%), serta pemenuhan seluruh batas ULS-SLS. Keluaran utama berupa *plugin* AutoCAD dan pedoman desain integratif yang dapat diaudit, sementara

keterbatasan—cakupan hanya RC non-prategang, asumsi linear elastik pada layanan, ketergantungan data lapangan, serta platform khusus AutoCAD—dicatat sebagai ruang pengembangan lanjutan. Dengan demikian, metode ini menyajikan alur yang dapat direplikasi, berbasis data, dan terukur untuk menghubungkan keputusan ketebalan pelat dengan respons layanan yang akurat dan ekonomis.

HASIL PENELITIAN

Analisis Data

Studi kasus Gedung talenta Universitas Sumatra Utara, luas denah pelat 4000 x 2000 mm
Tebal plat diambil 100 mm diambil data dari lapangan.

Hasil analisis manual

- Mencari dimensi efektif I_e

$$b_e = b_w + 2(h_b) = 200 + 2(150) = 500 \text{ mm}$$
 Atau

$$b_e = b_w + 8(h_f) = 200 + 8(100) = 1000 \text{ mm}$$
 Maka di pakai $b_e = 500 \text{ mm}$, diambil nilai yang terkecil
- Mencari luasan penampang balok

$$\text{Luas bidang A1} = 500 \times 100 = 50000 \text{ mm}^2$$

$$\text{Luas bidang A2} = 200 \times 150 = 30000 \text{ mm}^2$$
- Mencari penampang titik berat balok

$$Y = \frac{A_1(50) + A_2(175)}{A_t}$$

$$Y = \frac{50000(50) + 30000(175)}{80000}$$

$$= 96,875 \text{ mm}^3$$
- Inersia (I_b) balok

$$I_b = \left[\frac{1}{12} x b_e x h_b^3 + (A_1 + y1^2) \right] + \left[\frac{1}{12} x b_w x b_w^2 + (A_2 + y2^2) \right]$$

$$I_b = \left[\frac{1}{12} x 500 x 100^3 + (35000 + 46,88^2) \right] + \left[\frac{1}{12} x 200 x 150^3 + (30000 + 78,13^2) \right]$$

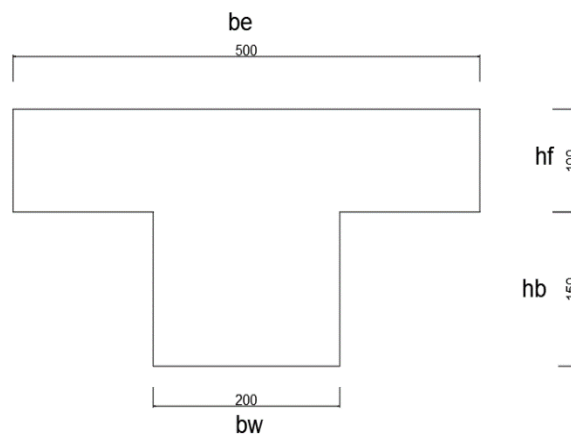
$$= 390.540 \text{ } 10^3 \text{ mm}^4$$

Hasil analisis dengan software AutoCAD

- Penampang balok dengan dimensi ukuran yang sama

```
Command: _pline
Specify start point:
Current line-width is 0.000
Specify next point or [Arc/Halfwidth/Length/Undo/Width]: 200
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: 150
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: 150
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: 100
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: 500
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: 100
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: 150
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: 150
```

Gambar 4. Membuat penampang balok dengan perintah polyline

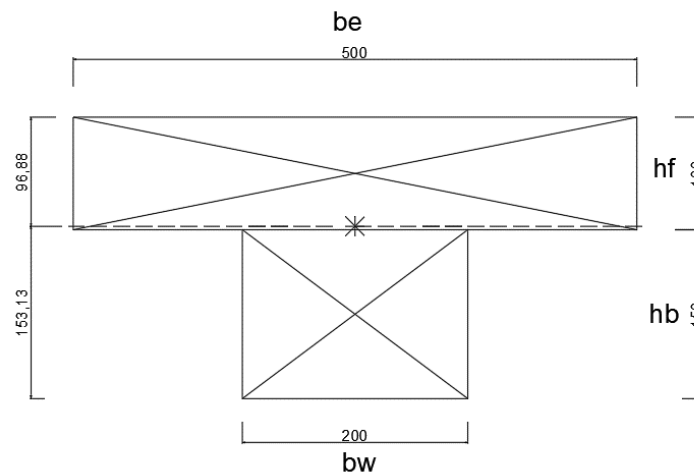


Gambar 5. Hasil penampang balok dari AutoCAD

- Penampang titik berat balok

```
Command: PO  
POINT  
Current point modes: PDMODE=0 PDSIZE=0.000
```

Gambar 6. Membuat penampang titik berat balok dengan perintah point



Gambar 7. Hasil penampang titik berat dari Autocad

```

Command: MASP
MASSPROP
Select objects: 1 found
Select objects:
-----
          REGIONS
-----
Area:                80000.000
Perimeter:           1500.000
Bounding box:        X: 2209.671  --  2709.671
                     Y: -127.061  --  122.939
Centroid:            X: 2459.671
                     Y: 26.064
Moments of inertia:  X: 445233662.818
                     Y: 485140143113.217
Product of inertia:  XY: -5128788193.600
Radii of gyration:   X: 74.602
                     Y: 2462.570
Principal moments and X-Y directions about centroid:
                     I: 390885416.667 along [1.000 0.000]
                     J: 1141666666.666 along [0.000 1.000]

```

Gambar 8. Terdapat momen inersia dari AutoCAD

PEMBAHASAN

Pembahasan ini menguraikan hasil pengembangan dan validasi alur kerja otomatis yang dirancang untuk optimasi ketebalan pelat beton bertulang, dengan fokus pada momen inersia efektif (I_e). Berdasarkan pendekatan *Research and Development* (R&D) kuantitatif, kami berhasil mengintegrasikan studi literatur, data kasus nyata, serta pengembangan model matematis dan algoritma optimasi menjadi sebuah solusi yang fungsional dan praktis. Inti dari penelitian ini adalah perumusan model matematis dan algoritma optimasi yang presisi, yang kemudian diimplementasikan sebagai *plugin* dalam lingkungan AutoCAD. Integrasi ini bukan sekadar fitur tambahan, melainkan sebuah jembatan krusial antara teori optimasi struktural dan praktik rekayasa sehari-hari (Siregar & Nasution, 2025). *Plugin* ini dirancang untuk secara otomatis menghitung dan mengusulkan ketebalan pelat yang optimal berdasarkan kriteria momen inersia efektif, yang secara langsung berkorelasi dengan kinerja struktural dan defleksi (Li et al., 2025).

PENUTUP

Penggunaan model momen inersia efektif (I_e) yang dapat dikonfigurasi secara parametrik dan diintegrasikan dalam platform CAD sangat penting untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi dalam perancangan struktur beton bertulang (Mohammed et al., 2025). Pengembangan *plugin* AutoCAD yang mampu melakukan analisis sensitivitas, switch model I_e , serta mengoptimasi ketebalan pelat berdasarkan berbagai kendala teknis dan biaya, memungkinkan proses desain yang lebih transparan, terukur, dan dapat diaudit. Selain itu, metode ini mampu mengurangi waktu proses hingga 50% dan menghemat material 10–20%, sekaligus memenuhi batasan ULS dan SLS secara komprehensif. Penggunaan model yang kontekstual dan adaptif terhadap material serta sistem yang berbeda juga menjadi faktor kunci dalam meningkatkan presisi prediksi lendutan dan kekuatan struktur (Nastos et al., 2023). Meskipun terdapat keterbatasan seperti cakupan platform AutoCAD dan asumsi linear elastik, pendekatan ini membuka peluang pengembangan lebih lanjut untuk struktur non-prategang dan material baru seperti stainless steel RC. Secara keseluruhan, penelitian ini menyajikan solusi inovatif berbasis data dan otomatisasi yang dapat mempercepat, mengefisienkan, serta meningkatkan kualitas desain struktur beton bertulang.

REFERENSI

- Erivwo, O., & Makis, V. (2021). Journal of Petroleum Science and Engineering Improved abnormal formation pressure detection from drilling performance data in a partially observable setting. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, January, 108947. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2021.108947>
- Formentini, G., Bouissiere, F., Cuiller, C., Dereux, P., & Favi, C. (2022). Journal of Industrial Information Integration Conceptual Design for Assembly methodology formalization : systems installation analysis and manufacturing information integration in the design and development of aircraft architectures. *Journal of Industrial Information Integration*, 26(January), 100327. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2022.100327>
- Juniani, A. I., & Singgih, M. L. (2022). *Design for Manufacturing , Assembly , and Reliability : An Integrated Framework for Product Redesign and Innovation*.
- Li, Z., Liu, Z., Sa, G., Sun, J., Hou, M., & Tan, J. (2025). Knowledge-enhanced large language models for ideation to implementation : A new paradigm in product design. *Applied Soft Computing*, 176(March), 113147. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2025.113147>
- Mohammed, A., Muse, A., & Qorane, A. (2025). Results in Engineering A cooperative governance framework for sustainable digital transformation in construction : The role of digital enablement and digital strategy. *Results in Engineering*, 25(January), 104139. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.104139>
- Nastos, C., Komninos, P., & Zarouchas, D. (2023). Non-destructive strength prediction of composite laminates utilizing deep learning and the stochastic finite element methods. *Composite Structures*, 311(February), 116815. <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2023.116815>
- Oliveira, S. I. De, & Kieling, A. C. (2021). *Journal of Engineering and Technology for Industrial Applications* RESEARCH ARTICLE THE INTEGRATION OF DFMA (DESIGN FOR MANUFACTURING AND ASSEMBLY) AND REVERSE ENGINEERING (ER) APPLIED TO A LANDING GEAR REDESIGN. 4–10.
- Siregar, Z. H., & Nasution, A. F. (2025). *Evaluasi Kritis dan Model Alternatif Hunter Curves untuk Sistem Plumbing Gedung Bertingkat di Medan*. 11(2), 205–217.
- Taha, B. O. (2025). *A Generalized Span – Depth Ratio Model for Minimum Thickness Design of Flat Plate Slabs Incorporating ACI Deflection Criteria*. 1–26.
- Tatiana, G., Dmytro, O., Oleksandra, O., Mykola, O., Галінська, Т. А., Овсій, Д. М., Овсій, О. М., & Овсій, М. О. (2022). *Fundamentals of designing rational slab steel-reinforced concrete structures and elements of floors* Основи проектування раціональних плитних сталезалізобетонних конструкцій і елементів перекриттів. 1(58), 55–65.