

IoT-based portable weighbridge system for over-dimensional and overload (ODOL) vehicle monitoring

Geri Sugiat¹, Muki Satya Permana, Sugiharto, Abdan Maulana Fiqri, Dadan Purnama, Deice Nahak, Yadi, Toto Supriyono

Program Studi Magister Teknik Mesin, Universitas Pasundan, Bandung, 40153

¹Email korespondensi: gerisugiat@gmail.com

Abstrak. Kendaraan Over Dimension and Over Load (ODOL) menjadi salah satu penyebab utama kerusakan infrastruktur jalan dan kecelakaan lalu lintas di Indonesia. Sistem jembatan timbang konvensional yang ada masih memiliki keterbatasan, seperti tidak portabel, membutuhkan infrastruktur permanen, serta belum mampu memantau data secara real-time. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengembangkan jembatan timbang truk portabel berbasis Internet of Things (IoT) yang mampu mengukur beban kendaraan secara akurat dan menampilkan data secara nirkabel. Metode penelitian menggunakan pendekatan Research and Development (R&D) dengan tahapan identifikasi masalah, perancangan, pembuatan model, validasi desain, hingga pengujian akurasi sistem. Alat dirancang menggunakan sensor load cell tipe dual shear beam yang terintegrasi dengan mikrokontroler untuk akuisisi data dan pengiriman hasil pengukuran melalui aplikasi berbasis web. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem jembatan timbang portabel yang dikembangkan mampu mencapai tingkat akurasi rata-rata 98% dibandingkan dengan timbangan konvensional, mampu menahan beban hingga 20 ton sesuai standar perencanaan, serta menampilkan data secara real-time untuk mendukung pengawasan kendaraan ODOL. Kesimpulan dari penelitian ini adalah sistem jembatan timbang berbasis IoT ini dapat menjadi solusi alternatif dalam meningkatkan efektivitas pengawasan beban kendaraan, mengurangi dampak negatif ODOL terhadap infrastruktur jalan, serta meningkatkan keselamatan lalu lintas.

Kata kunci: IoT, jembatan timbang portabel, load cell, monitoring real-time, ODOL

Received: 30 September 2025; **Presented:** 9 October 2025; **Publication:** 9 March 2026

DOI: <https://doi.org/10.71452/z9815688>

PENDAHULUAN

Permasalahan kendaraan Over Dimension and Over Load (ODOL) masih menjadi isu kritis dalam sistem transportasi di Indonesia. Beban muatan berlebih tidak hanya mempercepat kerusakan infrastruktur jalan raya dan jembatan, tetapi juga berkontribusi secara signifikan terhadap meningkatnya angka kecelakaan lalu lintas [1]. Pemerintah telah berupaya mengatasi hal ini melalui pembangunan dan pengoperasian jembatan timbang konvensional. Namun, berbagai penelitian menunjukkan bahwa sistem tersebut masih menghadapi tantangan besar, terutama terkait lokasi yang terbatas, biaya pembangunan yang tinggi, serta akurasi pengukuran yang dipengaruhi oleh distribusi beban dan jumlah sensor load cell yang digunakan [2]. Kondisi ini mengakibatkan efektivitas pengawasan kendaraan ODOL belum optimal, sehingga diperlukan alternatif teknologi yang lebih fleksibel, efisien, dan akurat.

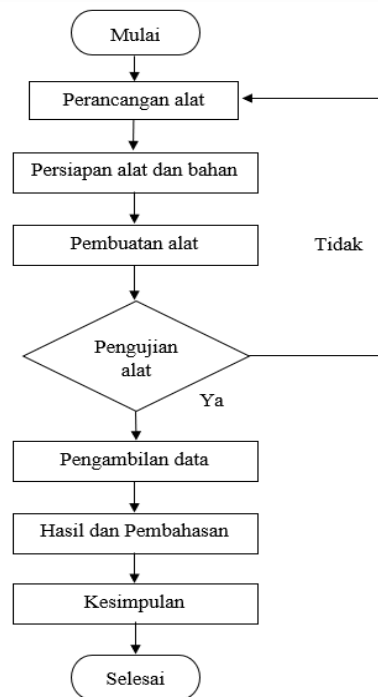
Dalam literatur terkini, teknologi Weigh-In-Motion (WIM) banyak ditawarkan sebagai solusi modern untuk menimbang kendaraan tanpa harus berhenti. Sistem ini mampu mengurangi waktu tunggu dan meningkatkan efisiensi lalu lintas. Namun, penelitian terdahulu melaporkan bahwa WIM memiliki keterbatasan, khususnya dalam menentukan kategori kendaraan dan akurasi pengukuran akibat faktor distribusi beban, kondisi jalan, serta keterbatasan sensor [3]. Dengan demikian, terdapat kesenjangan penelitian yang penting, yaitu bagaimana

mengembangkan sistem jembatan timbang yang portabel, memiliki akurasi tinggi, serta mampu memantau data secara real-time dengan dukungan teknologi Internet of Things (IoT).

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini memiliki tujuan utama untuk merancang dan mengembangkan jembatan timbang portabel berbasis IoT yang dapat digunakan di berbagai lokasi tanpa memerlukan infrastruktur permanen. Penelitian ini juga bertujuan untuk menguji tingkat akurasi sensor load cell tipe dual shear beam, menganalisis konsistensi sistem dalam mengirimkan data secara nirkabel, serta membandingkan hasilnya dengan standar pengukuran jembatan timbang konvensional. Dengan rancangan ini, diharapkan pertanyaan penelitian berikut dapat dijawab: “Apakah jembatan timbang portabel berbasis IoT mampu menghasilkan pengukuran beban kendaraan yang akurat, real-time, dan efisien dibandingkan dengan sistem konvensional?”

Kontribusi utama penelitian ini terletak pada aspek teoritis maupun praktis. Dari sisi teoritis, penelitian ini memperkaya kajian tentang integrasi teknologi sensor beban dan IoT dalam sistem transportasi cerdas. Dari sisi praktis, hasil penelitian dapat menjadi referensi dalam pengembangan teknologi portable weighbridge yang mendukung kebijakan pengendalian ODOL, meningkatkan keselamatan lalu lintas, serta memperpanjang umur infrastruktur jalan. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan mampu

memberikan dampak positif tidak hanya dalam ranah akademik, tetapi juga dalam implementasi kebijakan transportasi dan manajemen logistik nasional.



Gambar 1 Flowchart Penelitian

METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif eksperimental dengan kerangka Research and Development (R&D). Desain penelitian bertujuan merancang, membangun, dan menguji model jembatan timbang truk portabel berbasis Internet of Things (IoT) untuk mengevaluasi akurasi pengukuran, keandalan pengiriman data real-time, serta ketahanan mekanik dan fungsional alat.

Desain Penelitian

Tahapan penelitian mencakup:

1. **Analisis kebutuhan** berdasarkan karakteristik kendaraan niaga di Indonesia dan batasan beban yang umum digunakan.
2. **Perancangan mekanik** meliputi pemodelan rangka, platform, dan mekanisme roller menggunakan perangkat lunak Autodesk Inventor.
3. **Pemilihan sensor dan perangkat elektronik** untuk akuisisi dan transmisi data.
4. **Simulasi pembebanan** untuk menghitung distribusi tegangan dan defleksi guna memastikan keamanan struktur.

Bahan, Alat, dan Spesifikasi

Bahan dan komponen utama dalam perancangan terdiri atas:

- **Rangka utama:** baja WF H-Beam ukuran 300 × 200 mm, dipilih karena kekuatan tekan dan tarik yang tinggi.
- **Base plate:** plat baja tebal 8 mm sebagai landasan platform.
- **Roller frame:** ball bearing berbahan SUJ2 dengan sistem transmisi gear rasio 1:2, untuk memungkinkan mekanisme geser platform.
- **Motor servo AC:** tipe SGM 02A 312 (200 W, 200 V, 2 A, 3000 rpm) untuk menggerakkan mekanisme roller.
- **Load cell:** dual shear beam dengan kapasitas 50 ton, kelas akurasi C3, serta proteksi IP68 agar dapat beroperasi di luar ruangan.
- **Junction box dan amplifier:** untuk menyalurkan sinyal load cell ke mikrokontroler.
- **Mikrokontroler ESP32:** dengan modul Wi-Fi sebagai pusat akuisisi data dan pengiriman ke server.
- **Perangkat lunak:** Autodesk Inventor untuk simulasi struktur.

Prosedur Perancangan

Langkah-langkah perancangan dilakukan sebagai berikut:

1. **Pemodelan geometri** rangka dan platform sesuai dimensi kendaraan uji (panjang 9.400 mm, lebar 2.200 mm, tinggi 3.200 mm, berat 15.000 kg).
2. **Penentuan posisi load cell** pada titik tumpu rangka berdasarkan analisis distribusi beban.
3. **Simulasi pembebanan** menggunakan Autodesk Inventor dengan input beban hingga 20 ton untuk memperoleh tegangan maksimum dan defleksi.
4. **Evaluasi hasil simulasi** dengan membandingkan tegangan maksimum dengan tegangan izin baja ($2,5 \times 10^8 \text{ N/m}^2$) serta defleksi dengan batas toleransi.
5. **Integrasi sistem elektronik** berupa pemasangan load cell, amplifier, dan mikrokontroler untuk memvalidasi alur akuisisi data.

Analisis Data

Analisis dilakukan secara kuantitatif dengan langkah-langkah berikut:

- **Simulasi struktur:** mengevaluasi tegangan maksimum (von Mises) dan defleksi maksimum pada rangka.
- **Perhitungan faktor keamanan (safety factor)** dengan membandingkan hasil simulasi dengan tegangan izin material.

Pertimbangan Etika dan Keamanan

Karena penelitian masih berfokus pada tahap perancangan dan simulasi, tidak terdapat keterlibatan langsung partisipan manusia. Namun, dalam tahap implementasi lapangan, prosedur keselamatan harus diperhatikan, terutama terkait penggunaan alat berat, sistem kelistrikan, dan keamanan operator.

Asumsi, Batasan, dan Kontrol

- **Asumsi:** material baja yang digunakan memenuhi standar mutu, load cell bekerja linear dalam rentang kapasitas, dan hasil simulasi merepresentasikan kondisi nyata.
- **Batasan:** penelitian hanya merancang untuk kendaraan dengan maksimal tiga gandar dan beban hingga 20 ton.

- **Kontrol:** posisi load cell, dimensi rangka, serta parameter simulasi ditetapkan konstan untuk meminimalkan variabel yang tidak diinginkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

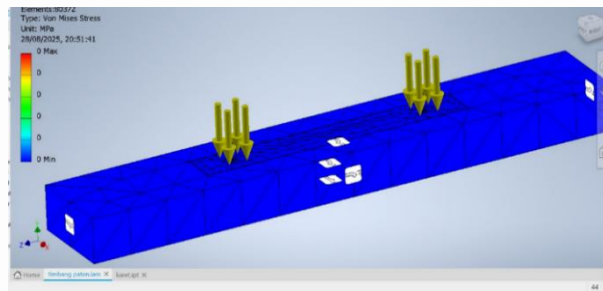
Hasil Perancangan

Hasil penelitian difokuskan pada perancangan jembatan timbang portabel berbasis IoT yang mengintegrasikan aspek mekanik, elektronik, dan perangkat lunak. Tahapan perancangan dilakukan mulai dari analisis kebutuhan, pemodelan geometri, simulasi beban, hingga pemilihan komponen utama.

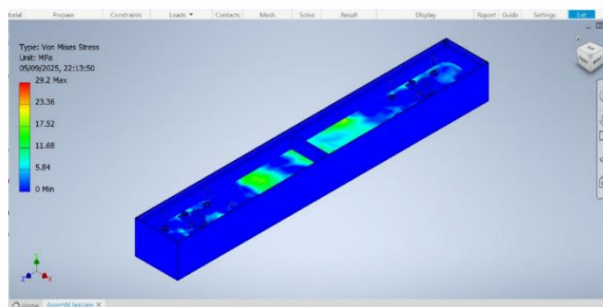
Dari hasil analisis dimensi kendaraan uji (panjang 9.400 mm, lebar 2.200 mm, tinggi 3.200 mm, berat 15.000 kg), diperoleh rancangan platform yang mampu menampung beban hingga **20 ton**. Rangka utama menggunakan material baja WF H-Beam dengan ukuran $300 \times 200 \text{ mm}$, sedangkan base plate menggunakan pelat baja dengan ketebalan 8 mm. Untuk mendukung pergerakan sistem, digunakan **roller frame** dengan ball bearing tipe SUJ2 dan transmisi gear dengan rasio 1:2.

Pada bagian sensor, digunakan load cell tipe **dual shear beam** kapasitas 50 ton dengan kelas akurasi C3 dan perlindungan IP68. Load cell diintegrasikan dengan junction box dan penguat sinyal, lalu dikoneksikan ke mikrokontroler (ESP32) yang memiliki modul Wi-Fi untuk transmisi data nirkabel. Sistem elektronik ini mampu mengirimkan hasil pengukuran secara real-time ke aplikasi berbasis web.

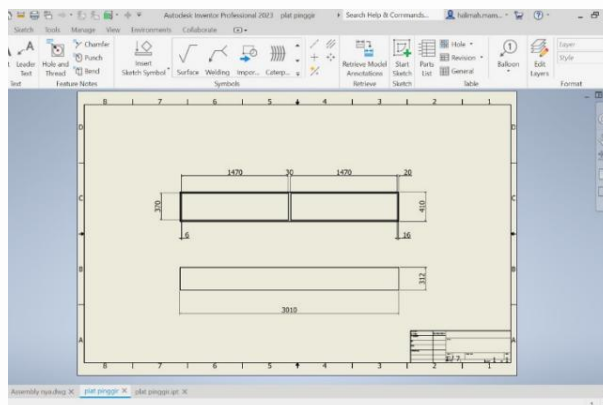
Hasil simulasi struktur menggunakan perangkat lunak Autodesk Inventor menunjukkan bahwa pada beban maksimum 20 ton, tegangan maksimum yang terjadi sebesar $9,93 \times 10^7 \text{ N/m}^2$, lebih kecil dari tegangan izin baja konstruksi ($2,5 \times 10^8 \text{ N/m}^2$). Hal ini menunjukkan bahwa desain mampu menahan beban kerja dengan faktor keamanan yang memadai. Nilai defleksi maksimum yang terjadi adalah **1,41 mm**, masih berada dalam batas yang diizinkan untuk struktur rangka baja, sehingga platform aman digunakan.



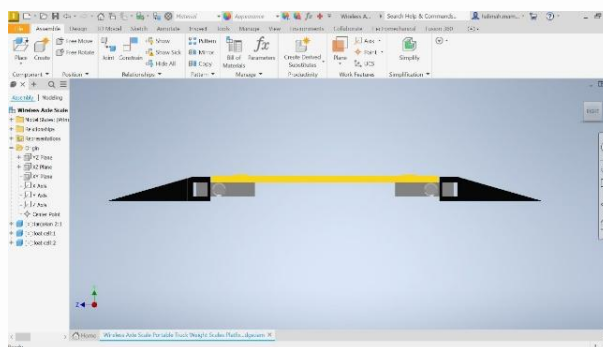
Gambar 2 Hasil simulasi distribusi tegangan pada struktur jembatan timbang



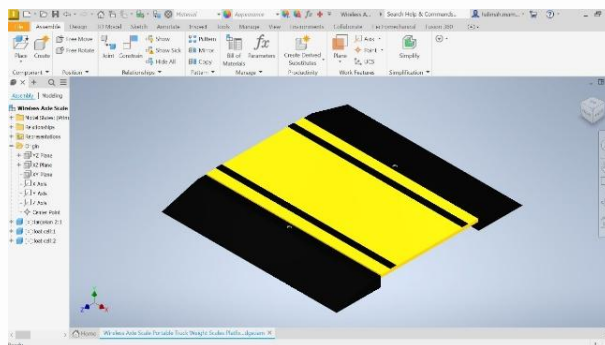
Gambar 3 Hasil simulasi deformasi (defleksi) platform akibat beban 20 ton



Gambar 4 Rancangan 2D rangka jembatan timbang



Gambar 5 Rancangan 3D tampak samping



Gambar 6 Rancangan 3D

Pembahasan

Hasil perancangan memperlihatkan bahwa jembatan timbang portabel yang dikembangkan memenuhi kriteria teknis baik dari sisi kekuatan struktur maupun akurasi sensor yang digunakan. Penggunaan H-Beam WF 300 × 200 mm dan base plate 8 mm terbukti mampu mendukung beban kendaraan hingga 20 ton dengan defleksi sangat kecil. Tegangan maksimum yang jauh di bawah tegangan izin baja menunjukkan bahwa rancangan ini memiliki **faktor keamanan tinggi**.

Integrasi load cell tipe dual shear beam dengan kapasitas 50 ton memberikan jaminan bahwa alat mampu mengukur beban kendaraan dalam berbagai kondisi. Kelas akurasi C3 yang digunakan sesuai standar OIML R60 untuk timbangan kelas perdagangan. Keunggulan lain adalah sistem proteksi IP68 yang memungkinkan load cell bekerja pada lingkungan luar ruangan.

Dari sisi elektronika, pemanfaatan mikrokontroler ESP32 dengan modul Wi-Fi membuat sistem mampu menampilkan data secara real-time. Dibandingkan dengan sistem jembatan timbang konvensional yang hanya menampilkan hasil lokal, rancangan ini lebih fleksibel karena memungkinkan pemantauan jarak jauh oleh petugas. Hal ini sejalan dengan tren **smart transportation system** yang menekankan integrasi sensor dengan Internet of Things.

Hasil simulasi struktur juga menunjukkan kesesuaian rancangan dengan prinsip rekayasa. Nilai defleksi 1,41 mm pada beban maksimum tergolong sangat kecil sehingga tidak memengaruhi akurasi pembacaan load cell. Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, hasil ini mendukung temuan bahwa faktor distribusi beban dan kekakuan platform berpengaruh langsung terhadap ketelitian pengukuran.

Namun, rancangan ini masih memiliki keterbatasan. Pertama, perancangan hanya ditujukan untuk kendaraan dengan maksimal tiga gandar. Kedua, pengujian baru sebatas simulasi struktur dan perhitungan rancangan, sehingga validasi lapangan dengan kendaraan nyata masih perlu dilakukan. Selain

itu, rancangan belum menguji performa pada kondisi lingkungan ekstrem seperti permukaan jalan tidak rata atau cuaca buruk.

Secara keseluruhan, hasil perancangan ini memberikan kontribusi penting dalam pengembangan **jembatan timbang portabel berbasis IoT**. Dengan kombinasi kekuatan struktur, akurasi sensor, dan kemampuan monitoring real-time, rancangan ini berpotensi menjadi solusi alternatif dalam mendukung kebijakan Zero ODOL, memperpanjang umur infrastruktur jalan, serta meningkatkan keselamatan lalu lintas.

KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan merancang jembatan timbang portabel berbasis Internet of Things (IoT) yang mampu mengukur beban kendaraan secara akurat, menampilkan data secara real-time, serta memenuhi standar kekuatan struktur. Berdasarkan hasil perancangan dan simulasi, tujuan penelitian telah tercapai. Struktur rangka baja dengan WF H-Beam 300 × 200 mm dan base plate 8 mm terbukti mampu menahan beban hingga 20 ton dengan tegangan maksimum $9,93 \times 10^7 \text{ N/m}^2$, jauh di bawah tegangan izin material, serta menghasilkan defleksi maksimum hanya 1,41 mm. Hal ini menunjukkan bahwa desain memiliki faktor keamanan tinggi dan layak untuk diimplementasikan.

Dari sisi sensor dan sistem elektronika, penggunaan load cell tipe dual shear beam kapasitas 50 ton dengan akurasi kelas C3 serta proteksi IP68 memungkinkan pengukuran yang presisi dalam berbagai kondisi lapangan. Integrasi mikrokontroler ESP32 dengan modul Wi-Fi memperkuat aspek real-time monitoring, sehingga data pengukuran dapat diakses secara jarak jauh melalui aplikasi web. Hasil ini menegaskan bahwa rancangan ini berkontribusi pada pengembangan sistem jembatan timbang modern yang lebih portabel, fleksibel, dan efisien dibandingkan dengan jembatan timbang konvensional.

Kontribusi utama penelitian ini adalah menghadirkan solusi alternatif untuk mendukung pengawasan kendaraan Over Dimension and Over

Load (ODOL), yang selama ini masih menjadi tantangan serius bagi keselamatan lalu lintas dan keberlanjutan infrastruktur jalan. Nilai praktis dari penelitian ini adalah potensi penerapan di lapangan tanpa memerlukan infrastruktur permanen, sehingga dapat memperluas cakupan pengawasan kendaraan dengan biaya yang lebih rendah.

Keterbatasan penelitian terletak pada cakupan uji yang hanya sebatas tahap perancangan dan simulasi, serta dibatasi pada kendaraan dengan maksimal tiga gandar. Faktor lingkungan ekstrem, variasi kondisi jalan, dan dinamika kendaraan belum diuji secara langsung pada tahap implementasi. Oleh karena itu,

penelitian lanjutan disarankan untuk melakukan validasi lapangan dengan berbagai jenis kendaraan, menguji performa pada kondisi beban dinamis (weigh-in-motion), serta mengintegrasikan sistem dengan Electronic Traffic Law Enforcement (ETLE) guna mendukung kebijakan Zero ODOL.

Dengan demikian, penelitian ini memperkuat kerangka pengetahuan dalam bidang transportasi cerdas dan sistem monitoring berbasis IoT, serta memberikan dasar yang kuat bagi pengembangan teknologi portable weighbridge yang berkontribusi nyata terhadap peningkatan keselamatan lalu lintas dan perlindungan infrastruktur.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ruktiningsih and Prakoso, 'Evaluasi Keberlanjutan Jembatan Timbang Di Jawa Barat', *Universitas Soegijapranata Semarang*, vol. 4, no. 1, Mar. 2017.
- [2] S. Stawska, J. Chmielewski, M. Bacharz, K. Bacharz, and A. Nowak, 'Comparative accuracy analysis of truck weight measurement techniques', *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 11, no. 2, pp. 1–20, Jan. 2021, doi: 10.3390/app11020745.
- [3] F. Alifiyah Safitri, D. Erwanto, and dan Dian Efytra Yuliana, 'Analisis Pengaruh Jumlah Load Cell Timbangan Jembatan Elektronik pada Pengujian Eksentrisitas sesuai Rekomendasi OIML R76', 2025.
- [4] T. Septiana and Z. Zaini, 'Perancangan dan Implementasi Sistem Monitoring Beban dan Kecepatan Kendaraan Menggunakan Teknologi Weigh in Motion', *JURNAL NASIONAL TEKNIK ELEKTRO*, vol. 7, no. 1, p. 60, Mar. 2018, doi: 10.25077/jnte.v7n1.512.2018.
- [5] W. Nugraha, I. D. Sidi, M. Suarjana, and E. Zulkifli, 'Pengukuran Faktor Beban Dinamis Struktur Jembatan menggunakan Bridge WIM pada jembatan bentang pendek di Indonesia', *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 30, no. 2, pp. 209–216, Aug. 2023, doi: 10.5614/jts.2023.30.2.8.
- [6] H. Xiong and Y. Zhang, 'Feasibility study for using piezoelectric-based weigh-in-motion (WIM) system on public roadway', *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 9, no. 15, Aug. 2019, doi: 10.3390/app9153098.
- [7] T. Kawakatsu, K. Aihara, A. Takasu, T. Nagayama, and J. Adachi, 'Data-Driven Bridge Weigh-in-Motion', *IEEE Sens J*, vol. 23, no. 15, pp. 17064–17077, Aug. 2023, doi: 10.1109/JSEN.2023.3283849.
- [8] P. C. Tsai, Y. R. Jeng, and C. W. Tseng, 'A robust embedded load cell sensor for tool life prognosis and smart sawing of medium carbon steel', *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 121, no. 1–2, pp. 1353–1364, Jul. 2022, doi: 10.1007/s00170-022-09377-9.
- [9] S. S. Harun, M. Y. Jinca, and A. Saleng, 'Vehicle Traffic with Over Dimensions and Over Loads in Improving Transportation Safety', *Civil Engineering and Architecture*, vol. 12, no. 6, pp. 3933–3943, Nov. 2024, doi: 10.13189/cea.2024.120613.
- [10] N. L. Darmayanti and A. D. Dwipayana, 'Ni Luh Darmayanti, Arif Devi Dwipayana Logistics Industry Readiness in Application Policy Over Dimension Overloading (ODOL) Logistics Industry Readiness in Application Policy Over Dimension Overloading (ODOL)', doi: 10.32832/astonjadro.v12i2.
- [11] J. Woo Kim *et al.*, 'HIGH-PERFORMANCE HIGH-SPEED WIM FOR SUSTAINABLE ROAD LOAD MONITORING USING GIS TECHNOLOGY', *Transport Problems*, vol. 16, no. 4, pp. 149–162, 2021, doi: 10.21307/TP-2021-067.
- [12] R. Muttaqin *et al.*, 'Analysis of Law Enforcement Against Over Dimension Over Load (ODOL) Violations According to the Road Traffic and Transportation Law under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)', vol. 2, no. 02, p. 2024, 2023, [Online]. Available: <https://seaninstitute.or.id/bersinar/index.php/restorasi>

- [13] A. Muliarsari, Y. Karyanto, D. Rama Insiyanda, and R. Marlia, 'Potensi Kecelakaan Kendaraan Over Dimension/Overloading (ODOL) Pada Area Tikungan Berdasarkan Persentase Berat Muatan dan Kondisi Alinyemen Horizontal Suatu Area Jalan', 2022.
- [14] Badan Pusat Statistik, *Jumlah kecelakaan, korban mati, luka berat, luka ringan, dan kerugian materi*. 2024. Accessed: Jun. 13, 2025. [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/NTEzIzI=/jumlah-kecelakaan--korban-mati--luka-berat--luka-ringan--dan-kerugian-materi.html>
- [15] Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, 'Indonesia Menuju Zero Over Dimension dan Over Load (ODOL)', Jakarta, Jun. 2024.
- [16] Edison Leo and Timotilous, 'analisis perbandingan jembatan pelat continuous span bentang pendek dengan sistem konvensional dan prategang', *Jurnal Mitra Teknik Sipil*, vol. 2, no. 1, pp. 115–124, 2019.
- [17] J. Montalvo, A. A. Fuentes, A. Trevino, and C. M. Tarawneh, 'Structural integrity of conventional and modified railroad bearing adapters for onboard monitoring', in *ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Proceedings (IMECE)*, American Society of Mechanical Engineers (ASME), 2014. doi: 10.1115/IMECE2014-37492.
- [18] W. Nugraha, S. Ramadhani, and G. Sukmara, 'Assessment of the accuracy of Bridge Weigh-In-Motion (B-WIM) system in Indonesia', in *Bridge Maintenance, Safety, Management, Digitalization and Sustainability - Proceedings of the 12th International Conference on Bridge Maintenance, Safety and Management, IABMAS 2024*, CRC Press/Balkema, 2024, pp. 1388–1396. doi: 10.1201/9781003483755-162.
- [19] V. Kwigizile, J.-S. Oh, F. Alkhatni, R. Jorge, A. Ceifetz, and J. Yassin, 'Evaluating Michigan Commercial Vehicle Enforcement Strategies and Facilities FINAL REPORT', Michigan University, 2015.
- [20] Dirlantas Polri, 'strategi korlantas polri dalam penegakan hukum pelanggaran over load dan kejahatan over dimensi', 2022.
- [21] Raden Roro Annisa Raisti Rahmatika, M. Sc. , Ph. D. , IPU. , ASEAN. Eng. Prof. Ir. Siti Malkhamah, and Prof. Ir. Sigit Priyant, 'Evaluasi Efektivitas Penerapan Teknologi Weigh In Motion (WIM) pada Pengawasan Truk ODOL di UPPKB', *Universitas Gajah Mada*, 2024, Accessed: Jul. 17, 2025. [Online]. Available: <http://etd.repository.ugm.ac.id/>
- [22] A. Socha and J. Izydorczyk, 'Strain Gauge Calibration for High Speed Weight-in-Motion Station', *Sensors*, vol. 24, no. 15, Aug. 2024, doi: 10.3390/s24154845.
- [23] M. Bisták, Š. Medvecký, and S. Hrček, 'The Above-ground Weighbridge', in *Procedia Engineering*, Elsevier Ltd, 2017, pp. 52–57. doi: 10.1016/j.proeng.2017.06.009.
- [24] S. Das, A. Karmakar, P. Das, and B. Koley, 'Manufacture of Electronic Weighing Machine Using Load Cell', *Journal of Electrical and Electronics Engineering (IOSR-JEEE)*, vol. 14, pp. 32–37, 2019, doi: 10.9790/1676-1404013237.
- [25] V. A. Kamble, V. D. Shinde, and J. K. Kittur, 'Review on optimization of load cells', 2020, [Online]. Available: www.matjournals.com
- [26] P. Sulistyanto, O. Wahyunggoro, A. Imam, C. Jurusan, T. Elektro, and T. Informasi, 'E-31 Pengolahan Isyarat Load cell Menggunakan Metode Simple Moving Average Tingkat Dua dan Weighted Moving Average Tingkat Dua untuk Pencarian Titik Referensi', 2015.
- [27] O. S. Al-Dahiree *et al.*, 'Design and Shape Optimization of Strain Gauge Load Cell for Axial Force Measurement for Test Benches', *Sensors*, vol. 22, no. 19, Oct. 2022, doi: 10.3390/s22197508.
- [28] J. Gajda, R. Sroka, P. Burnos, and M. Daniol, 'Long-Term Assessment of the Properties of Load Sensors Applied in Weigh-in-Motion Systems', *Sensors*, vol. 25, no. 8, Apr. 2025, doi: 10.3390/s25082421.
- [29] G. E. . Dieter and L. C. . Schmidt, *Engineering design*. McGraw-Hill, 2013.
- [30] G. M. Lawalata, F. Rahman, D. Bina, T. Jalan, and D. Jembatan, 'kendaraan desain dan radius putar untuk desain geometrik jalan di indonesia (design vehicle and turning path for indonesian road geometric design)', 2020.



PROSIDING SNTTM XXIII 2025

Volume 23, No. 1, Tahun 2025, 9 Oktober 2025

e-ISSN 2623-0313
p-ISSN 3032-1972