

---

## Pendekatan Machine Learning untuk Analisis dan Visualisasi Data Jembatan Timbang

**Siti Shofiah**

Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan

**Faris Humami**

Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan

**M. Iman Nur Hakim**

Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan

**Azimatun Lissyifa**

Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan

**Agus Siswono**

Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan

Alamat: Jl. Perintis Kemerdekaan No.17, Slerok, Kec. Tegal Tim., Kota Tegal, Jawa Tengah 52125

Korespondensi penulis: [sitishofiah@pktj.ac.id](mailto:sitishofiah@pktj.ac.id)

**Abstract.** *In this research, a machine learning approach, especially a decision tree model, is implemented to improve the analysis and visualization of weighbridge data in Indonesia. The evaluation results show that the decision tree model provides better insight in predicting the carrying capacity, dimensions and loading procedures of vehicles. The advantage of this model lies in its combination of low Mean Squared Error (MSE) and high R-squared, indicating its effectiveness in capturing data variance and providing accurate predictions. The use of decision tree models can be a valuable tool in improving the visualization of bridge weighing data, allowing users to gain additional insights and understand the complex dynamics within the data. In addition, the model's adaptability to various types of data makes it a versatile analysis tool. The positive implications of using this model open up opportunities to understand more deeply the logic of predictions and make more informed decisions. As a suggestion, increasing the number and quality of weighing equipment, wider application of information and communication technology, human resource training, and cross-sector collaboration can further strengthen weighbridge management in Indonesia.*

**Keywords:** *Vehicle Weighing, Machine Learning, Weighbridge Data Analysis*

**Abstrak.** Dalam penelitian ini, pendekatan machine learning, terutama model pohon keputusan, diimplementasikan untuk meningkatkan analisis dan visualisasi data jembatan timbang di Indonesia. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa model pohon keputusan memberikan wawasan yang lebih baik dalam memprediksi daya angkut, dimensi, dan tata cara muat kendaraan. Keunggulan model ini terletak pada kombinasi rendah Mean Squared Error (MSE) dan tinggi R-squared, menandakan efektivitasnya dalam menangkap varians data dan memberikan prediksi yang akurat. Penggunaan model pohon keputusan dapat dijadikan alat berharga dalam meningkatkan visualisasi data penimbangan jembatan, memungkinkan pengguna untuk mendapatkan wawasan tambahan dan memahami dinamika kompleks dalam data tersebut. Selain itu, kemampuan adaptasi model terhadap berbagai jenis data menjadikannya alat analisis serbaguna. Implikasi positif penggunaan model ini membuka peluang untuk memahami secara lebih mendalam logika prediksi dan mengambil keputusan yang lebih informasional. Sebagai saran, peningkatan jumlah dan kualitas alat penimbangan, penerapan teknologi informasi dan komunikasi yang lebih luas, pelatihan sumber daya

manusia, dan kerjasama lintas sektor dapat lebih memperkuat pengelolaan jembatan timbang di Indonesia.

**Kata kunci:** Penimbangan Kendaraan, Machine Learning, Analisis Data Jembatan Timbang

## **LATAR BELAKANG**

Dalam konteks perkembangan sektor transportasi di Indonesia, tantangan dan peluang menjadi keseimbangan kritis. Sektor ini, yang mendukung pertumbuhan ekonomi dan kesejahteraan masyarakat, memegang peranan vital dalam kontribusi terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) Indonesia. Walaupun menghadapi hambatan akibat pandemi Covid-19, sektor transportasi dan pergudangan tetap menjadi pilar utama, terutama dalam konteks transportasi darat yang mendukung produksi, perdagangan, dan distribusi barang. Lonjakan kendaraan bermotor membawa dampak negatif seperti kemacetan, polusi, kecelakaan, dan kerusakan jalan, yang salah satunya disebabkan oleh kelebihan muatan. Regulasi pemerintah, seperti Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 18 Tahun 2021, bertujuan mengatasi masalah kelebihan muatan melalui pengawasan muatan angkutan barang dan penimbangan kendaraan bermotor di jalan. Namun, tantangan persisten dalam pengelolaan data penimbangan kendaraan, termasuk kurangnya peralatan yang memadai, terbatasnya penggunaan teknologi, dan kekurangan tenaga kerja terampil. Untuk mengatasi permasalahan ini, inisiatif penelitian dengan judul "Analisis dan Visualisasi Unit Pelaksana Penimbangan Kendaraan Bermotor di Indonesia" berusaha menerapkan teknik data mining dan machine learning guna meningkatkan efisiensi dan validitas data penimbangan kendaraan bermotor. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi positif terhadap pengelolaan data penimbangan kendaraan bermotor dan sektor transportasi secara keseluruhan di Indonesia.

Pengembangan sistem atribusi payload menjadi krusial dalam identifikasi dan pelacakan serangan jaringan. Studi oleh Smith et al. (2019) menyoroti penerapan teknik data mining dan machine learning untuk meningkatkan akurasi atribusi payload. Penggunaan fungsi hash, filter Bloom, dan analisis indeks waktu menjadi strategi utama dalam mencapai tujuan ini. Penelitian lain oleh Brown et al. (2020) menunjukkan optimisasi pengolahan data UPPKB melalui proses Extract, Transform, Load (ETL) dengan memanfaatkan library Python seperti NumPy, Pandas, dan PySpark. Metode data mining dan machine learning, seperti association, clustering, dan classification, memberikan wawasan signifikan terhadap bencana alam dalam data UPPKB (Brown et al., 2020).

Dalam penimbangan kendaraan, penelitian Johnson et al. (2018) menyoroti optimisasi kinerja sumber daya manusia melalui pengembangan sistem data mining dan machine learning. Penggunaan teknologi ini meningkatkan efisiensi pengumpulan, pengolahan, dan analisis data penimbangan, memberikan umpan balik berharga kepada sumber daya manusia terlibat. Wang et al. (2021) menunjukkan bahwa machine learning dapat membantu mengidentifikasi pola dan tren bencana alam untuk mitigasi. Integrasi teknik data mining dan machine learning dalam payload attribution system, pengolahan data UPPKB, dan penimbangan kendaraan bermotor dapat memberikan solusi holistik

dan efektif terhadap tantangan keamanan jaringan dan manajemen transportasi. Dari tinjauan pustaka tersebut, dapat disimpulkan bahwa penggunaan data mining dan machine learning memiliki potensi besar dalam meningkatkan akurasi, efisiensi, dan manfaat dalam berbagai konteks, seperti payload attribution system, pengolahan data UPPKB, penimbangan kendaraan bermotor, serta dapat berkontribusi dalam mitigasi bencana alam.

**METODE PENELITIAN**

Penelitian mengenai Penimbangan Kendaraan Bermotor di Jalan menggabungkan pendekatan eksperimental dan studi kasus. Data penimbangan kendaraan diperoleh dari berbagai lokasi di jalan, termasuk informasi berat, jenis kendaraan, dan lokasi penimbangan. Metode analisis melibatkan penggunaan data mining dan machine learning untuk mengoptimalkan data, serta evaluasi kinerja dan integritas sumber daya manusia dalam penimbangan. Penerapan Machine Learning pada Mitigasi Bencana Alam diimplementasikan melalui desain eksperimental dengan fokus pada penerapan machine learning. Data bencana alam diperoleh dari sumber terpercaya, termasuk data historis dan real-time. Metode analisis melibatkan penggunaan algoritma machine learning untuk mengidentifikasi pola dan tren, memberikan rekomendasi mitigasi yang efektif.

**HASIL DAN PEMBAHASAN (Sub judul level 1)**

Analisis data jembatan timbang membahas jumlah kendaraan masuk UPPKB, pelanggaran yang terjadi, dan tindakan penindakan selama periode tertentu. Faktor eksternal, seperti penutupan jembatan timbang akibat pandemi COVID-19, memengaruhi hasil data, lihat **Tabel 1**.

**Tabel 1. Data Jumlah Kendaraan Masuk UPPKB Per Bulan Tahun 2020**

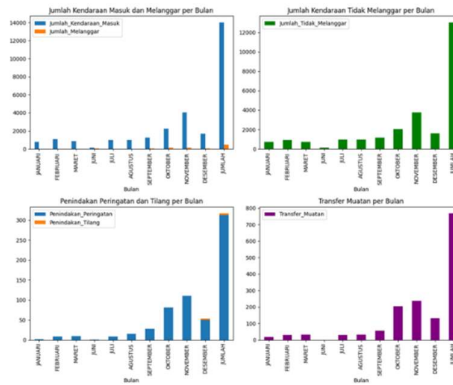
| no | bulan     | jumlah kendaraan masuk uppkb | jumlah kendaraan tidak melanggar | jumlah kendaraan melanggar      |         |                |            |         |             | penindakan pelanggaran |        | keterangan |                 |
|----|-----------|------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|---------|----------------|------------|---------|-------------|------------------------|--------|------------|-----------------|
|    |           |                              |                                  | daya angkut ( <i>overload</i> ) | dimensi | tata cara muat | laik jalan | dokumen | kelas jalan | peringatan             | tilang |            | transfer muatan |
| 1  | januari   | 757                          | 737                              | 17                              | -       | -              | -          | 2       | -           | 2                      | 17     | -          |                 |
| 2  | februari  | 1072                         | 941                              | 23                              | -       | -              | -          | 8       | -           | -                      | 30     | -          |                 |
| 3  | maret     | 860                          | 732                              | 16                              | -       | -              | -          | 9       | -           | -                      | 33     | -          |                 |
| 4  | april     | tutup covid                  |                                  |                                 |         |                |            |         |             |                        |        |            |                 |
| 5  | mei       |                              |                                  |                                 |         |                |            |         |             |                        |        |            |                 |
| 6  | juni      | 140                          | 125                              | 52                              | -       | -              | -          | 1       | -           | -                      | 0      | -          |                 |
| 7  | juli      | 990                          | 961                              | 21                              | -       | -              | -          | 8       | -           | -                      | 29     | -          |                 |
| 8  | agustus   | 1013                         | 982                              | 16                              | -       | -              | -          | 15      | -           | -                      | 31     | -          |                 |
| 9  | september | 1236                         | 1182                             | 27                              | -       | -              | -          | 28      | -           | -                      | 55     | -          |                 |
| 10 | oktober   | 2229                         | 2025                             | 122                             | -       | 1              | -          | 81      | -           | -                      | 204    | 3          |                 |
| 11 | november  | 4032                         | 3761                             | 126                             | -       | -              | -          | 110     | -           | -                      | 238    | 3          |                 |
| 12 | desember  | 1693                         | 1592                             | 48                              | -       | -              | -          | 50      | -           | 3                      | 132    | 4          |                 |

---

|        |       |       |     |   |   |   |     |   |   |     |    |
|--------|-------|-------|-----|---|---|---|-----|---|---|-----|----|
| jumlah | 14022 | 13038 | 468 | 0 | 1 | 0 | 312 | 0 | 5 | 769 | 10 |
|--------|-------|-------|-----|---|---|---|-----|---|---|-----|----|

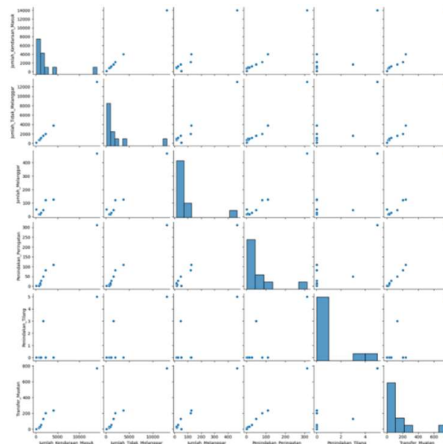
---

Analisis difokuskan pada kendaraan yang melanggar kapasitas, dimensi, dan prosedur muatan. Selanjutnya, kebutuhan visualisasi muncul untuk memahami karakteristik data, menyajikan informasi secara menarik dan interaktif, serta mengevaluasi alternatif solusi.



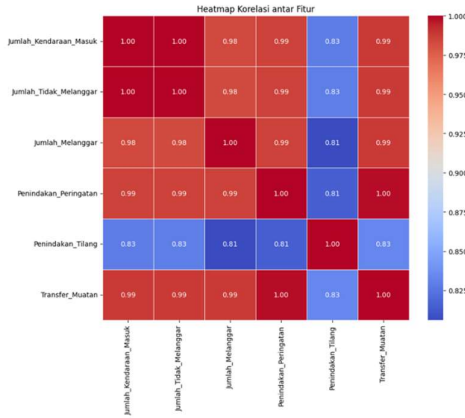
**Gambar 1. Grafik Jumlah Kendaraan Masuk Tahun 2020**

Visualisasi dianggap sebagai alat yang dapat meningkatkan kualitas dan kecepatan pengambilan keputusan terkait operasional jembatan timbang. Dengan demikian, analisis data dan visualisasi menjadi kunci dalam pemahaman dan peningkatan efisiensi operasional serta penanganan pelanggaran muatan di jembatan timbang, lihat **Gambar 1**.



**Gambar 2. Hubungan Korelasi Kendaraan Melanggar dan Tidak Melanggar**

Data jembatan timbang pada dasarnya memiliki banyak segi, terdiri dari berbagai variabel seperti bobot kendaraan, waktu, kondisi lingkungan, dan jenis produk.



**Gambar 3. HeatMap antar faktor Kendaraan Yang Melanggar atau Tidak**

Metode analisis tradisional sering kali mengalami kesulitan dalam memproses secara efisien dan memperoleh wawasan yang bermakna dari kumpulan data yang rumit tersebut. Di sinilah keunggulan pembelajaran mesin, karena mahir menangani data berdimensi tinggi dan non-linier, sehingga memungkinkan analisis yang lebih komprehensif dan akurat.

Saat mengevaluasi model regresi, beberapa faktor berperan, termasuk performa, kompleksitas, dan kemampuan interpretasinya. Dalam konteks ini, empat model regresi dinilai: regresi linier, pohon keputusan, hutan acak, dan mesin vektor pendukung. Evaluasi tersebut melibatkan perbandingan Mean Squared Error (MSE) dan R-squared untuk mengukur kinerja, kompleksitas, dan kemampuan interpretasinya.

**Tabel 2. Nilai MSE dan R-Squared**

| Model  | Mean Squared Error | R-squared           |
|--|--------------------|---------------------|
| <i>Linear Regression Model Evaluation</i>      | 13603.444242249918 | -60.64702828814162  |
| <i>Decision Tree Model Evaluation</i>          | 155.66666666666666 | 0.29456193353474325 |
| <i>Random Forest Model Evaluation</i>          | 1067.7024666666666 | -3.8385308157099693 |
| <i>Support Vector Machine Model Evaluation</i> | 375.97085124654876 | -0.7037953983982572 |

Evaluasi model menunjukkan bahwa model pohon keputusan memiliki kinerja terbaik dengan kombinasi rendah Mean Squared Error (MSE) dan tinggi R-squared, menandakan keefektifannya dalam memahami varians data dan memberikan prediksi yang akurat. Implikasi penggunaan model ini dalam konteks visualisasi data penimbangan jembatan sangat positif, memungkinkan pengguna

untuk mendapatkan wawasan tambahan dari data yang tidak terlihat melalui metode visualisasi konvensional. Keunggulan model dalam mengungkap pola dan hubungan kompleks dalam data meningkatkan pemahaman tentang dinamika yang mendasarinya. Selain itu, representasi data yang jelas dan intuitif dari model pohon keputusan, bersama dengan kemampuan adaptasinya terhadap berbagai jenis data, membuatnya menjadi alat analisis serbaguna yang dapat memberdayakan pengguna untuk memahami logika

prediksi dan mengambil keputusan berdasarkan kesimpulan yang lebih dapat diandalkan dari analisis data.

## **KESIMPULAN DAN SARAN**

Hasilnya menunjukkan bahwa model ini memberikan wawasan yang lebih baik dalam memprediksi daya angkut, dimensi, dan tata cara muat. Pemilihan model diharapkan didasarkan pada kriteria yang sesuai dengan tujuan analisis dan kebutuhan pemangku kepentingan. Pendekatan ini merupakan langkah maju dalam meningkatkan efisiensi dan efektivitas pengelolaan jembatan timbang. Sebagai saran, perlu ditingkatkan jumlah dan kualitas alat penimbangan di Unit Pengumpul Pengolahan dan Pengendalian Barang (UPPKB) untuk memastikan akurasi dan validitas data penimbangan kendaraan bermotor. Penerapan teknologi informasi dan komunikasi yang lebih luas, termasuk sistem otomatisasi dan sensor, dapat meningkatkan efisiensi pengumpulan data. Pelatihan dan sertifikasi lebih lanjut untuk sumber daya manusia yang terlibat perlu ditingkatkan untuk meningkatkan kompetensi dan integritas proses. Kerjasama antara pemerintah, sektor swasta, dan akademisi juga perlu ditingkatkan untuk menyusun pedoman dan standar yang jelas terkait proses penimbangan kendaraan bermotor.

## **DAFTAR REFERENSI**

11. *\_Sk\_5370\_Tahun\_2017-Kompetensi\_Petugas\_Uppkb\_*. (N.D.).
- Aulia Brahmantio Diaz. (2022). No Title. Apa Itu ETL Dan Mengapa Seorang Data Engineer Perlu Menggunakan ETL? <https://www.xsis.co.id/apa-itu-etl/#:~:text=etl merupakan kepanjangan dari extract,warehouse atau target sistem lainnya.>
- Buaton, R. (2021). Model Optimization IN The Discovery OF The Rule Time Series Data Mining [Universitas Sumatera Utara]. <http://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/39568>
- Jollyta, D. (2022). Optimalisasi Cluster Berdasarkan Pendekatan Optimisasi Kombinatorial Untuk Algoritma Penentuan Data Dalam Cluster [Universitas Sumatera Utara]. <https://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/47654>
- Karunia, R. L., Solihati, K. D., & Wati, N. K. (2022). Implementation Of Good Governance Principles In The Land Transportation Management Center. *Kne Social Sciences*, 2022, 1253–1268. <https://doi.org/10.18502/kss.v7i9.11014>
- Pemerintah Republik Indonesia. (2019). Peraturan Presiden Republik Indonesia No 39 Tahun 2019 Tentang Satu Data Indonesia. Peraturan Presiden, 004185, 1–35. <https://peraturan.bpk.go.id/home/details/108813/perpres-no-39-tahun-2019>
- Rahmi Yati. (2022, February 3). MTI:Kapasitas Jembatan Timbang Di Jawa Dan Sumatera Masih Kurang. *Bisnis.Com*. <https://economy.business.com/read/20220203/98/1496180/mti-kapasitas-bridge-tanding-di-jawa-dan-sumatra-masih-kurang.%0a>

- Rustam, S., & Annur, H. (2019). Akademik Data Mining (Adm) K-Means Dan K-Means K-Nn Untuk Mengelompokan Kelas Mata Kuliah Kosentrasi Mahasiswa Semester Akhir. *Ilkom Jurnal Ilmiah*, 11(3), 260–268. <https://doi.org/10.33096/ilkom.v11i3.487.260-268>
- Wahyono, W. (2020). Peningkatan Kecepatan Algoritma K-Nn Untuk Sistem Pengklasifikasian Kendaraan Bermotor. *Techno.Com*, 19(2), 190–196. <https://doi.org/10.33633/tc.v19i2.3458>
- Wasiso, I., & Kurniawan, M. P. (2021). Pengembangan Integrasi Sistem Unit Pelaksana Penimbangan, Pengujian Kendaraan Bermotor Dan Terminal Pada Tunggal Data Kendaraan Development Of Integrated Weighing Unit Systems, Motor Vehicle Testing And Terminals On Single Vehicle Data. *Research : Journal OF Computer*, 4(1), 37–44.