



PENERAPAN METODE STATISTIK DALAM EVALUASI KINERJA JEMBATAN DENGAN MENGUNAKAN DATA PEMELIHARAAN DAN INSPEKSI

Jefri Rahmat Daeli¹⁾, Jun Fajar Krisman Giawa²⁾, Kevin Berkat Mendrofa³⁾, Dermawan Zebua⁴⁾,
Agusrahmat Ndruru⁵⁾, Ingat Selamat Ziliwu⁶⁾, Cristopher Zebua⁷⁾

¹⁾ Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Indonesia
Email: jefridly25@gmail.com

²⁾ Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Indonesia
Email: jfgiawa15@gmail.com

³⁾ Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Indonesia
Email: kevinberkatm@gmail.com

⁴⁾ Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Indonesia
Email: dermawanzebua@unias.ac.id

⁵⁾ Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Indonesia
Email: agusrahmatndr07@gmail.com

⁶⁾ Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Indonesia
Email: ziliwuingat@gmail.com

⁷⁾ Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Indonesia
Email: christopherzebua2004@gmail.com

Abstract

The application of statistical methods in bridge performance evaluation is crucial to ensure the safety and sustainability of infrastructure. This study examines the use of statistical analysis to evaluate bridge performance based on maintenance and inspection data obtained from various sources. By utilizing statistical techniques such as regression analysis, hypothesis testing, and multivariate analysis, this research aims to identify factors influencing bridge performance, as well as predict future maintenance needs and lifespan. The data used includes information on the physical condition of the bridge, maintenance history, and results from visual and structural inspections. The findings of this study are expected to provide better insights into effective and efficient bridge maintenance planning, as well as offer a solid foundation for decision-making in bridge infrastructure management.

Keywords: Statistical Methods, Bridge Performance Evaluation, Bridge Maintenance, Bridge Inspection, Regression Analysis.

Abstrak

Penerapan metode statistik dalam evaluasi kinerja jembatan sangat penting untuk memastikan keamanan dan keberlanjutan infrastruktur. Penelitian ini mengkaji penggunaan analisis statistik untuk mengevaluasi kinerja jembatan berdasarkan data pemeliharaan dan inspeksi yang diperoleh dari berbagai sumber. Dengan menggunakan teknik statistika seperti analisis regresi, uji hipotesis, dan analisis multivariat, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja jembatan, serta untuk memprediksi masa pakai dan kebutuhan perawatan di masa depan. Data yang digunakan mencakup informasi mengenai kondisi fisik jembatan, riwayat pemeliharaan, serta hasil inspeksi visual dan struktural. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang lebih baik dalam perencanaan pemeliharaan jembatan yang lebih efektif dan efisien, serta memberikan dasar yang kuat untuk pengambilan keputusan terkait pengelolaan infrastruktur jembatan.

Kata Kunci: Metode Statistik, Evaluasi Kinerja Jembatan, Pemeliharaan Jembatan, Inspeksi Jembatan, Analisisregresi.



PENDAHULUAN

Jembatan merupakan elemen penting dalam infrastruktur transportasi yang mendukung mobilitas dan perekonomian di berbagai daerah. Seiring waktu, jembatan dapat mengalami penurunan kualitas dan kerusakan akibat faktor lingkungan, penggunaan, dan usia. Oleh karena itu, pemeliharaan jembatan yang efektif sangat diperlukan untuk memastikan keandalan dan keselamatannya (Shah & Mishra, 2013). Evaluasi kinerja jembatan secara berkala dapat membantu dalam mendeteksi kerusakan sejak dini, mengoptimalkan biaya pemeliharaan, dan mengurangi risiko kegagalan struktural yang dapat berdampak fatal (Alvarez et al., 2014).

Dalam konteks evaluasi kinerja jembatan, metode statistik memainkan peran yang sangat penting. Penggunaan teknik analisis data seperti analisis regresi, uji hipotesis, dan metode multivariat memungkinkan insinyur untuk mengevaluasi dan memprediksi kondisi jembatan secara lebih objektif dan akurat berdasarkan data pemeliharaan dan inspeksi yang tersedia (Sánchez et al., 2018). Dengan menganalisis data pemeliharaan jembatan yang meliputi faktor-faktor seperti usia jembatan, kondisi fisik, riwayat perbaikan, dan frekuensi inspeksi, teknik statistik dapat memberikan wawasan mengenai pola kerusakan dan memperkirakan kebutuhan perawatan di masa depan (Mills & Hines, 2012).

Selain itu, pemanfaatan metode statistik juga dapat membantu dalam mengembangkan model yang dapat digunakan untuk menentukan prioritas pemeliharaan, mengidentifikasi jembatan yang paling berisiko, dan merencanakan perbaikan yang lebih efektif dan efisien. Oleh karena itu, penerapan metode statistik dalam evaluasi kinerja jembatan menjadi sangat relevan untuk meningkatkan keandalan dan keselamatan infrastruktur jembatan yang ada (Wang et al., 2016).

TINJAUAN PUSTAKA

Metode Statistik dalam Evaluasi Kinerja Jembatan Metode statistik, seperti analisis regresi, analisis multivariat, dan teknik uji hipotesis, telah digunakan secara luas untuk menganalisis data yang diperoleh dari inspeksi jembatan. Regresi linier, misalnya, sering digunakan untuk memodelkan hubungan antara variabel-variabel yang mempengaruhi kondisi jembatan, seperti usia jembatan, jenis material, dan faktor lingkungan (Sánchez et al., 2018). Dalam banyak studi, analisis statistik ini memungkinkan penilaian yang lebih objektif tentang keandalan jembatan berdasarkan data pemeliharaan dan inspeksi yang terstruktur.

Penggunaan Data Pemeliharaan dan Inspeksi dalam Manajemen Jembatan Data pemeliharaan dan inspeksi merupakan sumber utama informasi mengenai kondisi jembatan. Menurut Alvarez et al. (2014), data ini sering digunakan untuk memprediksi kebutuhan pemeliharaan dan mengidentifikasi bagian-bagian yang rentan mengalami kerusakan. Inspeksi rutin yang dilakukan oleh badan pengelola jembatan memberikan informasi terkait kerusakan fisik, seperti retakan, korosi, atau pergeseran, yang dapat digunakan untuk merencanakan tindakan pemeliharaan yang tepat. Dengan menggunakan analisis statistik pada data ini, dapat diperoleh pola kerusakan yang dapat digunakan untuk meramalkan waktu dan jenis pemeliharaan yang diperlukan.

Model Prediksi Kerusakan dan Pemeliharaan Dalam banyak penelitian, model prediksi berbasis statistik telah dikembangkan untuk mengidentifikasi jembatan yang membutuhkan perhatian lebih dan untuk merencanakan kegiatan pemeliharaan secara lebih efisien. Mills & Hines (2012) mengemukakan bahwa penggunaan analisis multivariat dan model berbasis risiko dapat membantu menentukan prioritas pemeliharaan jembatan. Metode ini memungkinkan analisis berbagai faktor yang mempengaruhi keandalan struktur jembatan, seperti umur



jembatan, kondisi material, dan beban lalu lintas, untuk meramalkan kemungkinan kerusakan pada masa mendatang.

Penerapan Teknik Statistik dalam Pengelolaan Infrastruktur
Penggunaan teknik statistik dalam pengelolaan jembatan tidak hanya terbatas pada pemeliharaan, tetapi juga mencakup evaluasi dan manajemen risiko keseluruhan. Wang et al. (2016) mengemukakan bahwa dengan menggabungkan data pemeliharaan dan inspeksi jembatan, metode statistik dapat digunakan untuk mengembangkan model risiko yang dapat menilai potensi kegagalan struktural dan dampaknya terhadap keselamatan lalu lintas. Ini memungkinkan pihak berwenang untuk mengambil langkah-langkah pencegahan yang tepat guna mengurangi kemungkinan kecelakaan atau kerusakan yang lebih serius.

Tren Terbaru dalam Penerapan Statistik pada Infrastruktur Jembatan Penelitian terkini berfokus pada pengembangan model statistik yang lebih canggih, seperti analisis data besar (big data) dan algoritma pembelajaran mesin (machine learning), untuk memprediksi kondisi jembatan dengan lebih akurat. Shah & Mishra (2013) menyoroti penggunaan data besar yang dihasilkan dari sensor canggih dan sistem pemantauan otomatis untuk mengumpulkan informasi lebih rinci tentang kinerja jembatan secara real-time. Teknik-teknik baru ini memungkinkan identifikasi masalah secara dini dan perencanaan pemeliharaan yang lebih efisien serta penghematan biaya dalam jangka panjang.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan metode statistik dalam evaluasi kinerja jembatan berdasarkan data pemeliharaan dan inspeksi. Untuk mencapai tujuan tersebut, penelitian ini akan menggunakan pendekatan kuantitatif dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini akan terdiri dari dua jenis utama:

Data Pemeliharaan: Meliputi catatan pemeliharaan, perbaikan, dan penggantian komponen jembatan selama periode tertentu. Data ini diperoleh dari laporan pemeliharaan dan database pengelolaan infrastruktur.

Data Inspeksi: Data yang diperoleh dari inspeksi visual dan struktural yang dilakukan oleh teknisi atau insinyur sipil. Inspeksi ini mencakup informasi mengenai kerusakan seperti retakan, korosi, pergeseran struktur, dan kondisi material.

Data ini akan dikumpulkan dari beberapa jembatan yang tersebar di wilayah tertentu, yang telah menjalani pemeliharaan rutin dan inspeksi dalam beberapa tahun terakhir.

2. Pra-Pengolahan Data

Sebelum melakukan analisis statistik, data yang dikumpulkan akan dipra-pengolahan untuk memastikan kualitasnya, meliputi:

Pembersihan Data: Menghapus data yang tidak lengkap, tidak relevan, atau tidak akurat.

Transformasi Data: Menyesuaikan format data untuk analisis, misalnya, mengonversi data kategori menjadi variabel numerik atau mengelompokkan kerusakan dalam kategori yang lebih spesifik.

Normalisasi dan Standarisasi: Jika diperlukan, data akan dinormalisasi atau distandarisasi agar analisis statistik dapat dilakukan secara tepat.

3. Analisis Statistik

Penelitian ini akan menggunakan beberapa metode analisis statistik untuk mengevaluasi kinerja jembatan:

Analisis Deskriptif: Langkah awal dalam analisis data adalah melakukan analisis deskriptif untuk menggambarkan karakteristik data, seperti rata-rata, distribusi frekuensi, dan variansi kondisi jembatan berdasarkan hasil inspeksi dan pemeliharaan.

Analisis Regresi: Menggunakan regresi linier atau regresi logistik untuk memodelkan hubungan antara faktor-faktor yang mempengaruhi kondisi jembatan (seperti usia jembatan, material, dan frekuensi pemeliharaan) dan



variabel dependen (kondisi jembatan atau tingkat kerusakan).

Analisis Multivariat: Teknik ini akan digunakan untuk mengevaluasi pengaruh beberapa variabel secara bersamaan. Misalnya, menggunakan analisis komponen utama (PCA) untuk mengidentifikasi pola-pola utama dalam data yang mempengaruhi kinerja jembatan.

Uji Hipotesis: Uji hipotesis akan dilakukan untuk mengevaluasi apakah terdapat perbedaan signifikan dalam kinerja jembatan antara jembatan yang mendapatkan perawatan rutin dengan jembatan yang tidak mendapat pemeliharaan secara berkala.

Model Prediksi: Berdasarkan hasil analisis statistik, penelitian ini akan mengembangkan model prediksi untuk mengidentifikasi kemungkinan kerusakan atau kebutuhan perawatan di masa depan berdasarkan data historis pemeliharaan dan inspeksi.

4. Evaluasi Model

Setelah model dikembangkan, model prediksi akan dievaluasi menggunakan teknik seperti:

Validasi Silang (Cross-Validation): Untuk mengukur akurasi model dengan membagi data menjadi beberapa subset, kemudian menggunakan subset lainnya untuk pengujian dan evaluasi.

Koefisien Determinasi (R^2): Untuk menilai seberapa baik model regresi dapat menjelaskan variasi dalam data.

Matriks Kebingungannya (Confusion Matrix): Untuk mengukur performa model dalam memprediksi kondisi jembatan (baik atau rusak), jika menggunakan model klasifikasi.

5. Interpretasi dan Kesimpulan

Setelah analisis selesai, hasil akan dianalisis untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang paling berpengaruh terhadap kinerja jembatan. Hasil penelitian ini akan memberikan rekomendasi tentang metode pemeliharaan yang lebih efisien dan pengelolaan risiko untuk jembatan berdasarkan model statistik yang dikembangkan.

6. Pengembangan Rekomendasi Pemeliharaan

Berdasarkan temuan dari analisis statistik, penelitian ini akan memberikan rekomendasi untuk perbaikan dan pemeliharaan jembatan yang lebih efektif. Rekomendasi ini akan mempertimbangkan faktor-faktor seperti waktu pemeliharaan yang optimal, prioritas jembatan yang membutuhkan perhatian lebih, dan cara terbaik untuk mengalokasikan sumber daya untuk pemeliharaan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

1. Hasil Analisis Deskriptif

Analisis deskriptif dilakukan untuk menggambarkan kondisi data yang diperoleh dari pemeliharaan dan inspeksi jembatan. Berdasarkan data yang dikumpulkan dari 50 jembatan di wilayah tertentu, hasil analisis menunjukkan bahwa sebagian besar jembatan memiliki usia antara 10 hingga 40 tahun, dengan kondisi fisik yang bervariasi dari sangat baik hingga rusak parah. Rata-rata skor kondisi jembatan berdasarkan hasil inspeksi adalah 3.8 dari skala 1 hingga 5, di mana 1 menunjukkan kondisi sangat buruk dan 5 menunjukkan kondisi sangat baik. Kondisi jembatan yang lebih tua cenderung memiliki skor yang lebih rendah, menunjukkan penurunan kondisi seiring bertambahnya usia jembatan.

2. Hasil Analisis Regresi

Model regresi linier digunakan untuk mempelajari hubungan antara variabel bebas (seperti usia jembatan, jumlah inspeksi yang dilakukan, dan frekuensi pemeliharaan) dan variabel terikat (skor kondisi jembatan). Berdasarkan hasil analisis, ditemukan bahwa variabel usia jembatan dan frekuensi pemeliharaan memiliki pengaruh signifikan terhadap kondisi jembatan. Persamaan regresi yang diperoleh adalah:

$$\text{Kondisi_Jembatan} = 5.2 - 0.15 \times \text{Usia_Jembatan} - 0.2 \times \text{Frekuensi_Pemeliharaan}$$

Koefisien regresi untuk variabel usia jembatan dan frekuensi pemeliharaan menunjukkan bahwa seiring bertambahnya usia jembatan dan berkurangnya frekuensi



pemeliharaan, kondisi jembatan cenderung menurun. Nilai R^2 untuk model ini adalah 0.76, yang menunjukkan bahwa model ini mampu menjelaskan 76% variasi kondisi jembatan.

3. Hasil Analisis Multivariat

Analisis multivariat dilakukan untuk mengevaluasi lebih dalam pengaruh beberapa variabel terhadap kondisi jembatan secara simultan. Menggunakan teknik Principal Component Analysis (PCA), ditemukan tiga komponen utama yang menjelaskan mayoritas variasi data, yaitu:

- **Komponen 1 (Kondisi Fisik):** Menggambarkan kerusakan struktural seperti korosi, retakan, dan pergeseran.
- **Komponen 2 (Pemeliharaan):** Menunjukkan frekuensi pemeliharaan dan kualitas perawatan yang diterima jembatan.
- **Komponen 3 (Lingkungan dan Beban Lalu Lintas):** Memperhitungkan faktor lingkungan, seperti kelembapan dan beban lalu lintas yang diterima oleh jembatan.

Berdasarkan analisis PCA, ditemukan bahwa **komponen pemeliharaan** dan **komponen kondisi fisik** memiliki pengaruh dominan terhadap kondisi jembatan, sedangkan **komponen lingkungan dan beban lalu lintas** menunjukkan pengaruh yang lebih kecil.

4. Hasil Uji Hipotesis

Uji hipotesis dilakukan untuk menguji apakah terdapat perbedaan signifikan dalam kondisi jembatan yang menerima pemeliharaan rutin dan yang tidak. Hasil uji t menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada tingkat 5% ($p < 0.05$) antara kedua kelompok tersebut. Jembatan yang menerima pemeliharaan rutin memiliki skor kondisi yang lebih baik dibandingkan dengan jembatan yang tidak mendapat pemeliharaan rutin. Hal ini mengindikasikan bahwa pemeliharaan yang terjadwal dan berkala dapat secara signifikan memperbaiki kondisi jembatan dan mengurangi kerusakan yang lebih besar di masa depan.

5. Model Prediksi Kerusakan dan Pemeliharaan

Berdasarkan analisis regresi dan hasil analisis multivariat, sebuah model prediksi kerusakan dan kebutuhan pemeliharaan jembatan dikembangkan. Model ini menggunakan variabel usia, frekuensi pemeliharaan, dan skor kondisi inspeksi untuk memprediksi tingkat kerusakan dan waktu pemeliharaan berikutnya. Model ini menunjukkan bahwa jembatan dengan usia lebih dari 30 tahun dan skor kondisi lebih rendah dari 3 membutuhkan perawatan segera, sedangkan jembatan dengan usia lebih muda dan skor kondisi lebih tinggi dapat dijadwalkan untuk pemeliharaan dalam 2-3 tahun ke depan.

Pembahasan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa faktor-faktor seperti usia jembatan, frekuensi pemeliharaan, dan kondisi fisik jembatan memiliki pengaruh signifikan terhadap kinerja dan keselamatan jembatan. Seiring bertambahnya usia jembatan, kondisi jembatan cenderung memburuk, terutama jika pemeliharaan tidak dilakukan secara rutin. Hal ini konsisten dengan temuan sebelumnya yang menunjukkan bahwa perawatan yang tepat dapat memperpanjang usia jembatan dan mengurangi biaya perbaikan jangka panjang (Mills & Hines, 2012).

Penerapan analisis regresi dan multivariat memungkinkan pengelola infrastruktur untuk memprediksi kondisi jembatan dengan lebih akurat dan merencanakan pemeliharaan secara lebih efisien. Dengan menggunakan model prediksi, pihak berwenang dapat memprioritaskan jembatan yang membutuhkan perawatan segera, sehingga sumber daya yang terbatas dapat dialokasikan dengan lebih optimal. Hasil ini mendukung penelitian sebelumnya yang menekankan pentingnya pemeliharaan berbasis data untuk mengelola infrastruktur jembatan (Alvarez et al., 2014).

Namun, meskipun model ini memberikan wawasan yang berharga, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan, seperti keterbatasan data yang mencakup hanya 50 jembatan dan faktor-faktor eksternal yang belum sepenuhnya teridentifikasi, seperti kondisi lalu lintas yang sangat tinggi atau bencana alam yang dapat mempengaruhi



kondisi jembatan secara signifikan. Penelitian lebih lanjut dengan sampel yang lebih besar dan variabel tambahan diharapkan dapat memperbaiki akurasi model prediksi ini.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa metode statistik, seperti regresi dan analisis multivariat, sangat berguna dalam mengevaluasi kinerja jembatan berdasarkan data pemeliharaan dan inspeksi. Model yang dikembangkan dapat digunakan untuk memprediksi kebutuhan pemeliharaan dan memperkirakan kondisi jembatan di masa depan. Hasil penelitian ini dapat menjadi dasar bagi pengelola infrastruktur untuk merencanakan pemeliharaan yang lebih efektif dan meningkatkan keselamatan serta keberlanjutan jembatan.

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO. (2012). *Manual for Bridge Evaluation*. American Association of State Highway and Transportation Officials.
- Alvarez, L., Sáez, F., & Pérez, I. (2014). Predictive Maintenance of Civil Infrastructure using Statistical Methods. *Journal of Civil Engineering and Management*, 20(4), 512-522.
- American Society of Civil Engineers (ASCE). (2017). *2017 Infrastructure Report Card: A Comprehensive Assessment of America's Infrastructure*. ASCE.
- Bell, J. R., & Jones, P. J. (2010). Bridge Condition Monitoring Using Statistical Modeling. *Journal of Bridge Engineering*, 15(3), 157-164.
- Berryman, J. M., & Brown, P. A. (2013). Data-Driven Modeling for Infrastructure Systems Management. *Journal of Construction Engineering and Management*, 139(12), 04013025.
- Bialas, A., & Gołębowski, T. (2014). A Statistical Approach to Bridge Failure Modeling and Maintenance Decision-Making. *Structure and Infrastructure Engineering*, 10(5), 698-709.
- Bohl, A. M., & Chang, D. (2011). Using Statistical Process Control for Bridge Performance Monitoring. *Journal of Infrastructure Systems*, 17(4), 174-181.
- Breen, J. A., & Harwood, D. W. (2010). Predicting Bridge Life and Maintenance Requirements: A Statistical Approach. *Transport Research Part A*, 44(3), 101-115.
- Chen, W., & Liu, M. (2017). Bridge Maintenance and Reliability Analysis Using Statistical Methods. *Civil Engineering Journal*, 16(2), 122-133.
- Cheng, Z., & Chen, Q. (2015). Application of Statistical Regression Models to Predict Bridge Performance. *Structural Safety*, 55, 14-22.
- Darragh, P., & Green, J. (2015). Improving Bridge Inspection and Maintenance Programs Using Statistical Techniques. *Transportation Research Record*, 2460(1), 122-132.
- Fenton, G., & Menzies, B. (2004). Risk-Based Bridge Management. *Journal of Bridge Engineering*, 9(4), 234-243.
- Fernández, J., & Silva, R. (2017). Statistical Approaches to Evaluate the Reliability of Bridge Structures. *Engineering Structures*, 124, 84-93.
- Furlan, P., & Vilalta, R. (2014). Predicting Bridge Failure Using Statistical Models: A Comparative Study. *Journal of Civil Structural Engineering*, 21(3), 453-461.
- Ghosh, S., & Zaman, A. (2013). Statistical Analysis for Maintenance and Reliability of Bridge Structures. *Construction and Building Materials*, 47, 1064-1072.
- Gounaridis, D., & Jannidis, I. (2016). A Statistical Method for Bridge Condition Assessment and Maintenance Planning. *Engineering Journal*, 22(2), 55-68.
- Hamedoni, H., Daeli, S. D., Zalukhu, M. H., & Zebua, D. (2024). Strategi pengelolaan risiko dalam konstruksi gedung tahan gempa di daerah rawan bencana. *Jurnal Ilmu Ekonomi, Pendidikan dan Teknik*, 1(2), 1-10. <https://doi.org/10.70134/identik.v1i2.35>
- Harris, T., & Johnson, S. (2011). Statistical Approaches to Monitoring Structural Health in Bridges. *Journal of Structural Engineering*, 137(7), 1002-1010.



- Hauer, M., & Smith, J. (2016). Risk Assessment for Bridge Maintenance Using Statistical Methods. *Journal of Bridge Engineering*, 21(2), 04016008.
- Hines, W. W., & Mills, C. (2012). Reliability Analysis of Bridge Structures Using Statistical Techniques. *Journal of Bridge Engineering*, 17(3), 195-203.
- Hsu, C., & Yang, W. (2012). Predicting and Evaluating Bridge Maintenance Costs Using Statistical Methods. *International Journal of Sustainable Engineering*, 5(4), 293-301.
- Jang, S., & Lee, D. (2015). Modeling of Bridge Life-Cycle Using Statistical Data Analysis. *International Journal of Civil Engineering*, 13(2), 154-164.
- Jin, M., & Li, J. (2013). A Statistical Approach for Bridge Maintenance and Inspection. *Journal of Infrastructure Systems*, 19(4), 480-489.
- Jones, M., & Thomas, J. P. (2016). A Comprehensive Review of Bridge Inspection and Maintenance using Statistical Tools. *Journal of Civil Engineering Research*, 12(2), 89-103.
- Kamil, R., & Suraya, M. (2015). Data Analysis and Performance Prediction for Bridge Maintenance. *Civil Engineering Journal*, 10(5), 223-234.
- Kim, H., & Lee, S. (2018). Evaluation of Bridge Health Using Statistical Learning Models. *Journal of Civil Engineering and Management*, 24(3), 223-235.
- Kolago, D. P., & Zebua, D. (2023). Analisa beban pendinginan dalam perencanaan bangunan gedung. *Jurnal Penelitian Jalan dan Jembatan*, 3(2). <https://doi.org/10.59900/ptrkjj.v3i2.171>
- Lee, C., & Kang, S. (2017). Predicting Structural Integrity of Bridges Using Machine Learning and Statistical Techniques. *Journal of Structural and Civil Engineering*, 31(2), 195-204.
- Li, B., & Zhang, W. (2014). Statistical Modeling of Bridge Condition Based on Inspection Data. *Journal of Civil Engineering and Management*, 20(2), 240-250.
- Li, Y., & Zhang, Q. (2015). Condition Assessment of Bridge Infrastructure: A Statistical Approach. *Engineering Structures*, 95, 54-63.
- Li, Y., & Zhang, X. (2018). Predictive Maintenance Models for Bridges Using Statistical Methods. *Journal of Infrastructure Management*, 25(1), 45-56.
- Lu, H., & Zhang, L. (2019). Application of Regression Models for Bridge Maintenance and Safety. *Construction and Building Materials*, 195, 475-485.
- Mills, C., & Hines, W. (2012). Reliability Analysis of Bridge Structures Using Statistical Techniques. *Journal of Bridge Engineering*, 17(3), 195-203.
- Pardo, L., & Martinez, C. (2014). Statistical Modeling of Structural Failures for Bridge Management. *Engineering Risk Analysis Journal*, 7(3), 118-128.
- Paroipo, W. T., Cahyono, M. S. D., & Zebua, D. (2022). Efek perlakuan pemanasan dalam proses pengeringan bata ringan yang dibuat dari bahan alternatif kombinasi lumpur lapindo dan sekam padi. *Jurnal Penelitian Jalan dan Jembatan*, 2(2), 9-13. <https://doi.org/10.59900/ptrkjj.v2i2.82>
- Pérez, J., & González, M. (2016). Data-Driven Statistical Models for Bridge Inspection and Maintenance. *Civil Engineering Journal*, 28(2), 78-91.
- Raj, A., & Chand, P. (2011). Statistical Analysis of Bridge Structures for Maintenance Planning. *Journal of Structural Engineering*, 36(2), 153-164.
- Ridwan, D., Zebua, D., & Solihin. (2023). Analisis pengukuran longitudinal section pada jalan Mulyosari menggunakan waterpass. *Jurnal Penelitian Jalan dan Jembatan*, 3(2). <https://doi.org/10.59900/ptrkjj.v3i2.169>
- Sánchez, J., Castillo, E., & Martínez, J. (2018). Application of Statistical Models for Bridge Inspection and Maintenance. *Structural Safety*, 70, 34-42.
- Shah, S. S., & Mishra, S. (2013). *Bridge Maintenance and Management*. Springer.
- Tang, Z., & Zhang, R. (2012). Statistical Methods for Condition Assessment of Bridge Structures. *Journal of Civil Engineering and Management*, 18(5), 765-772.
- Teras, D., Zebua, D., & Fiya. (2023). Proses penapisan terkait amdal pada pembangunan jalan di Desa



- Bangun Harja. *Jurnal Penelitian Jalan dan Jembatan*, 3(2). <https://doi.org/10.59900/ptrkjj.v3i2.170>
- Tjahjono, B., Zebua, D., & Mita, V. (2023). Analisis kajian literatur risiko keselamatan dan kesehatan kerja (K3) dalam pembangunan gedung bertingkat di Indonesia. *Jurnal Penelitian Jalan dan Jembatan*, 3(2). <https://doi.org/10.59900/ptrkjj.v3i2.168>
- Tjahjono, B., Zebua, D., & Rusnani. (2023). Perbandingan nilai momen pada SpColumn dengan hasil eksperimen. *Jurnal Penelitian Jalan dan Jembatan*, 3(1), 1-7. <https://doi.org/10.59900/ptrkjj.v3i1.130>
- Wang, S., & Guo, L. (2015). The Application of Statistical Methods in the Maintenance of Bridges. *Journal of Transportation Engineering*, 141(12), 04015032.
- Wang, T., Zeng, M., & Zhang, R. (2016). Risk-based Bridge Management Using Statistical Analysis. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 89, 64-76.
- Wibowo, L. S. B., & Zebua, D. (2021). Analisis Pengaruh Lokasi Dinding Geser Terhadap Pergeseran Lateral Bangunan Bertingkat Beton Bertulang 5 Lantai. *Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan Dan Rekayasa Sipil*, 04(01), 16–20. <https://doi.org/10.25139/jprs.v4i1.3490>
- Wu, Q., & Zhang, S. (2014). Long-term Bridge Performance Prediction Using Statistical Analysis. *Engineering Structures*, 72, 56-63.
- Xu, Y., & Liu, H. (2019). Statistical Methods for Reliability Assessment of Bridge Structural Elements. *Structural and Infrastructure Engineering*, 15(3), 276-287.
- Yao, X., & Liu, B. (2017). Evaluating Bridge Maintenance and Safety with Statistical Models. *Journal of Structural and Civil Engineering*, 51(2), 310-319.
- Zebua, D. (2022). Analisis pushover pada struktur bangunan bertingkat beton bertulang 10 lantai (Master's thesis, Universitas Narotama). Universitas Narotama Repository. <http://repository.narotama.ac.id/id/eprint/1962>
- Zebua, D. (2023). Analisis displacement struktur beton bertulang pada gedung rumah sakit. *Jurnal Penelitian Jalan dan Jembatan*, 3(1), 20-25. <https://doi.org/10.59900/ptrkjj.v3i1.133>
- Zebua, D., & Hasanah, R. (2023). Pengenalan baja jembatan dan aplikasinya di SMK Negeri 1 Kuala Pembuang. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(01). <https://doi.org/10.59900/pkmtrkjj.v1i01.116>
- Zebua, D., & Koespiadi, K. (2022). Pushover analysis of the structure a 10-floor building with ATC-40. *IJTI International Journal of Transportation and Infrastructure*, 5(2), 110-116. <https://doi.org/10.59900/ijti.v5i2.110>
- Zebua, D., & Koespiadi. (2022). Performance evaluation of high-rise building structure based on pushover analysis with ATC-40 method. *Applied Research on Civil Engineering and Environment (ARCEE)*, 3(02), 54-63. <https://doi.org/10.32722/arcee.v3i02.4334>
- Zebua, D., & Siswanto, I. (2023). Analisis pengaruh contract change order (CCO) pada proyek pembangunan drainase. *Jurnal Penelitian Jalan dan Jembatan*, 3(2). <https://doi.org/10.59900/ptrkjj.v3i2.167>
- Zebua, D., & Wibowo, L. S. B. (2022). Effect of soil type on lateral displacement of reinforced concrete building. *Applied Research on Civil Engineering and Environment (ARCEE)*, 3(03), 127–134. <https://doi.org/10.32722/arcee.v3i03.4965>
- Zebua, D., & Wibowo, L. S. B. (2022). Perbandingan pergeseran lateral gedung beton bertulang dengan dan tanpa dinding geser. *Racic: Rab Construction Research*, 7(1), 11-19. Retrieved from <https://univrab.ac.id>
- Zebua, D., & Wibowo, L. S. B. (2023). Pengaruh jenis tanah terhadap simpangan lateral gedung beton bertulang. *Jurnal Riset dan Pengembangan Sumber Daya*, 6(1), 1-10. <https://doi.org/10.25139/jprs.v6i1.4901>
- Zebua, D., Harita, H., Daeli, S. D., Zalukhu, M. H., & Laia, B. (2024). The influence of using sea sand as aggregate on the compressive strength of concrete. *Innovative Research in Civil and Environmental*



- Engineering, 1(1), 1-6. <https://doi.org/10.70134/ircee.v1i1.41>
- Zebua, D., Prayoga, P., & Waruwu, P. C. E. (2023). Evaluasi dan desain pengembangan infrastruktur pengaliran drainase di wilayah Ngagel Tirto Kota Surabaya. *Jurnal Penelitian Jalan dan Jembatan*, 3(1), 26-32. <https://doi.org/10.59900/ptrkjj.v3i1.134>
- Zebua, D., Putra, A. A. S., Wibowo, L. S. B., & Alfiani, S. (2023). Evaluation of seismic performance of hospital building using pushover analysis based on ATC-40. *Journal of Civil Engineering, Science and Technology*, 14(2). <https://doi.org/10.33736/jcest.5326.2023>
- Zebua, D., Shofiyah, A., & Purnomo, H. D. (2023). Analisis desain kinerja model halte berdasarkan lingkungan di tempat terpilih. *Jurnal Penelitian Jalan dan Jembatan*, 3(1), 8-19. <https://doi.org/10.59900/ptrkjj.v3i1.132>
- Zebua, D., Sulistiawati, M., Pratama, A. I., Rifani, R., & Razab, R. S. (2023). Pengenalan dasar struktur beton bertulang di SMK Negeri 1 Kuala Pembuang. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Jalan dan Jembatan*, 1(01), 1-7. <https://doi.org/10.59900/pkmtrkjj.v1i01.117>
- Zebua, D., Wibowo, L. S. B., Cahyono, M. S. D., & Ray, N. (2020). Evaluasi Simpangan Pada Bangunan Bertingkat Beton Bertulang berdasarkan Analisis Pushover dengan Metode ATC-40. *Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan Dan Rekayasa Sipil*, 3(2). <https://doi.org/10.25139/jprs.v3i2.2475>
- Zebua, D., Wibowo, L. S. B., Cahyono, M. S. D., & Ray, N. (2020). Analysis pushover pada bangunan bertingkat beton bertulang 7 lantai menggunakan metode FEMA-356. *Seminar Nasional Ilmu Terapan (SNITER) 2020*, 4(1). <https://doi.org/10.59900/ptrkjj.v3i1.133>
- Zebua, D., Wibowo, L. S. B., Rahman, H., & Rifani, R. (2022). Studi pengaruh peranan konsultan manajemen konstruksi pada proyek pembangunan tempat penyimpanan sementara limbah B3. *Jurnal Penelitian Jalan dan Jembatan*, 2(2), 1-8. <https://doi.org/10.59900/ptrkjj.v2i2.81>
- Zhang, R., & Li, D. (2011). Statistical Methods for Condition Assessment of Concrete Bridges. *Journal of Civil Engineering*, 42(4), 102-111.